

**No. Inventaris: 320.S.01.2024**



**SKRIPSI**

**ANALISIS PERKUATAN TANAH DENGAN *RETAINING WALL*  
PADA JALAN LAMBARO – BATAS KOTA SIGLI  
STA 72+550**

**Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar**

**SARJANA TEKNIK**

**Program Studi Teknik Sipil Universitas Malikussaleh**

**Disusun oleh,**

**TARI IRMANISA**

**190110110**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MALIKUSSALEH**

**2024**

**SURAT PERNYATAAN  
ORISINALITAS**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Tari Irmanisa

NIM : 190110110

Dengan ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa di dalam skripsi ini tidak terdapat bagian atau satu kesatuan yang utuh dari skripsi, tesis, buku atau bentuk lain yang saya kutip dari karya orang lain tanpa saya sebutkan sumbernya yang dapat dipandang sebagai tindakan penjiplakan. Sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat reproduksi karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain yang dijadikan seolah-olah karya asli saya sendiri. Apabila ternyata terdapat dalam Skripsi saya bagian-bagian yang memenuhi standar penjiplakan maka saya menyatakan kesediaan untuk dibatalkan sebahagian atau seluruh hak gelar kesarjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya untuk dapat dipergunakan seperlunya.

Lhokseumawe, 05 Februari 2024

Saya yang membuat pernyataan

Tari Irmanisa  
NIM. 190110110

## LEMBAR PENGESAHAN JURUSAN

Judul Skripsi : Analisis Perkuatan Tanah Dengan *Retaining Wall* Pada  
Jalan Lambaro - Batas Kota Sigli STA 72+550  
Nama Mahasiswa : Tari Irmanisa  
NIM Mahasiswa : 190110110  
Bidang : Transport  
Tanggal Seminar : 05 Februari 2024

Skripsi ini merupakan persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh.

Lhokseumawe, 05 Februari 2024  
Penulis,

**Tari Irmanisa**  
NIM. 190110110

Mengetahui,

Pembimbing Utama

**Prof. Dr. Ir. Wesli, M.T**  
NIP. 196112312006041021

Ketua Program Studi

**Nura Usrina, S.T., M.T**  
NIP. 201806199004142001

Pembimbing Pendamping

**Lis Ayu Widari, S.T., M.T**  
NIP. 196703192003122001

Wakil Dekan Bidang Akademik

**Dr. Ing. Sofyan, S.T., M.T**  
NIP. 197508182002121003

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah S.W.T yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga Proposal Skripsi dengan judul **Analisis Perkuatan Tanah Dengan *Retaining Wall* Pada Jalan Lambaro-Batas Kota Sigli STA 72+550** dapat diselesaikan. Proposal Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mengerjakan skripsi pada program Strata-1 di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Herman Fithra, M.T., IPM., ASEAN Eng selaku Rektor Universitas Malikussaleh.
2. Bapak Dr. Muhammad Daud, S.T., M.Sc selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh.
3. Bapak Dr. Ing. Sofyan, S.T., M.T selaku Wakil Dekan Bidang Akademik Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh.
4. Ibu Nura Usrina, S.T., M.T selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Malikussaleh
5. Bapak Prof. Dr. Ir. Wesli, M.T selaku pembimbing utama.
6. Ibu Lis Ayu Widari, S.T., M.T selaku pembimbing pendamping.
7. Bapak Dr. Ir. Abdul Jalil, S.T., M.T selaku ketua penguji.
8. Ibu Muthmainnah, S.T., M.T selaku anggota penguji

Penulis menyadari bahwa Proposal Skripsi ini jauh dari kesempurnaan karena keterbatasan pengetahuan, untuk itu kritik dan saran sangat diharapkan agar dapat melakukan perbaikan untuk penulisan ilmiah lainnya.

Lhokseumawe, 05 Februari 2024

Tari Irmanisa  
Nim. 190110110

## LEMBAR PERSEMBAHAN

*Bismillahirrahmanirrahim*

*Alhamdulillah..alhamdulillah..alhamdulillahirabbil"amin..*

Sujud syukur saya persembahkan kepada Allah subhanahu wata'ala yang Maha Agung dan Maha Tinggi, Maha Adil, dan Maha Penyayang, atas rahmat dan taburan kasih sayangmu yang telah memberi saya kekuatan, dengan membekali ilmu yang berlimpah sehingga terselesaikan skripsi ini. Sholawat dan salam selalu terlimpahkan kepangkuan nabi Muhammada SAW.

**Saya persembahkan karya sederhana ini kepada orang yang sangat saya kasihi dan sayangi**

### **Ibu dan Bapak Tercinta**

Saya persembahkan karya sederhana ini kepada cinta pertama dan pintu syurga saya Ayahanda Suryadi dan Ibunda Yusriati. Terimakasih dan penghormatan yang sebesar-besarnya anakmu ini ucapkan dan berikan kepada Ibu dan Bapak untuk segala doa, perjuangan dan pengorbanan yang tiada pernah berhenti. Terimakasih ya Allah engkau telah menganugerahkan sepasang insan yang terbaik dalam hidup saya.

*“Ya allah ya Rahman ya Rahim peliharalah kasih sayang yang memenuhi jiwa mereka terhadap kami, dan terimalah kesungguhan mereka mendidik kami, jangan engkau sia siakan pemeliharanya terhadap kami, ya allah berikanlah balasan yang setimpal syurgamu untuk bapak dan ibu saya dan jauhkanlah mereka dari panasnya api neraka.”*

### **Adik dan Kakak tersayang**

Untuk kakak saya Sri Rahayu dan adik saya Mawar Safira, saya sangat bangga dan bersyukur memiliki kalian semua, terimakasih untuk semua kasih sayang serta

bantuan yang telah di berikan. Terimakasih telah memberikan semangat dan motivasi, terimakasih sudah menjadi pendengar yang baik dalam setiap keluh kesah saya dalam menyelesaikan skripsi ini. Semoga kita selalu menebarkan cinta dan kasih sayang serta kekompakan dalam bersaudara.

### **Untuk Teman-Teman Seperjuangan**

Terimakasih saya ucapkan untuk teman-teman yang telah menemani selama ini, yang telah menjadi tempat berkeluh kesah, susah senang bersama, yang telah memberikan dukungan serta semangat dan yang selalu memberikan motivasi. Untuk Jeni, Tika, Salwa Dan Team X (Meli, Jerni, Disa, Suhaima, Farah, Fikri, Ata, Boy) terimakasih untuk kalian semua yang telah mewarnai kehidupan di perantauan ini dan telah mengajarkan saya banyak kebaikan dan telah membantu dan mendukung saya untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

### **Untuk Dosen Pembimbing dan Dosen Penguji**

Terimakasih saya ucapkan kepada Bapak Prof. Dr. Ir. Wesli, M.T, Ibu Lis Ayu Widari, S.T., M.T untuk seluruh ilmu yang sudah Bapak dan Ibu berikan dan sudah bersedia membimbing saya dari belum memiliki judul skripsi sampai skripsi ini selesai, semoga skripsi saya ini dapat dibanggakan.

Terimakasih saya ucapkan kepada Bapak Dr. Ir. Abdul Jalil, S.T., M.T dan Ibu Muthmainnah, S.T., M.T karena sudah bersedia memberi masukan kepada saya, semoga kritik dan saran Bapak dan Ibu menjadi bekal ilmu saya di kemudian hari.

## ANALISIS PERKUATAN TANAH DENGAN *RETAINING WALL* PADA JALAN LAMBARO-BATAS KOTA SIGLI STA 72+550

Oleh: Tari Irmanisa

NIM: 190110110

Pembimbing utama : Prof. Dr. Ir. Wesli, M.T  
Pembimbing pendamping : Lis Ayu Widari, S.T., M.T  
Ketua penguji : Dr. Ir. Abdul Jalil, S.T., M.T  
Anggota penguji : Muthmainnah, S.T., M.T

### ABSTRAK

Jalan Nasional Lambaro – Batas Kota Sigli merupakan Jalan Nasional lintas Provinsi Aceh. Kondisi jalan yang masih terdapat banyak lereng-lereng tebing curam yang berpotensi terjadi longsor. Dinding penahan tanah atau *retaining wall* merupakan salah satu komponen yang harus diperhatikan dalam sektor pembangunan konstruksi dalam hal apapun, apalagi dalam kawasan tersebut terdapat lereng curam yang dapat mengakibatkan kelongsoran. Adapun tujuan pada penelitian ini adalah untuk mengetahui besarnya nilai stabilitas lereng terhadap guling, geser dan daya dukung dengan perkuatan menggunakan metode Fellenius dan untuk mengetahui besarnya nilai stabilitas dinding penahan tanah terhadap guling, geser dan daya dukung padajalan Lambaro-Batas Kota Sigli STA 72+550 dengan dengan beban gempa. Adapun dalam melakukan analisa stabilitaslereng memerlukan tahapan-tahapan mulai dari perhitungan tekanan tanah lateral menggunakan teori Rankine. Lalu menganalisa *retaining wall* secara manual terhadap stabilitas terhadap penggeseran penggulingan dan daya dukung tanah menggunakan metode Fellenius dan menghitung nilai faktor keamanan lereng menggunakan persamaan terzaghi. Hasil analisis stabilitas lereng tanpa beban gempa terhadap guling didapatkan nilai sebesar  $7,5 > 1,5$  (aman), stabilitas terhadap geser didapatkan nilai sebesar  $2,93 > 1,5$  (aman) dan perhitungan terhadap daya dukung didapat nilai sebesar  $50 \text{ t/m}^2$  dengan  $q_{\max}$   $1,68 \text{ t/m}^2$ . Untuk hasil perhitungan nilai faktor keamanan lereng didiapatkan nilai sebesar  $2,58 > 1,5$  (aman).

Kata kunci: faktor keamanan, longsor, *retaining wall*, stabilitas dinding, tanah lateral.

## DAFTAR ISI

<b>SURAT PERNYATAANORISINALITAS</b> .....	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN JURUSAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>iii</b>
<b>LEMBAR PERSEMBAHAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR NOTASI DAN ISTILAH</b> .....	<b>xii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Ruang Lingkup dan Batasan Penelitian.....	3
1.6 Metode Penelitian .....	3
1.7 Hasil Penelitian.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1 Tanah .....	5
2.1.1 Pengertian tanah.....	5
2.1.2 Klasifikasi tanah.....	6
2.2 Dinding Penahan Tanah .....	11
2.3 Tanah Lateral.....	12
2.3.1 Teori rankine .....	13
2.3.2 Tekanan tanah dalam keadaan diam (Ko).....	14



2.3.3 Tekanan tanah dalam keadaan aktif ( $K_a$ ).....	15
2.3.4 Tekanan tanah pasif ( $K_p$ ).....	16
2.4 Parameter Tanah.....	18
2.4.1 Kohesi ( $c$ ).....	19
2.4.2 <i>Poisson ratio</i> ( $\nu$ ).....	19
2.4.3 Sudut geser dalam ( $\phi$ ).....	20
2.4.4 Modulus elastisitas tanah ( $E$ ).....	21
2.5 Lereng.....	22
2.5.1 Keruntuhan lereng.....	22
2.5.2 Macam-macam keruntuhan lereng.....	22
2.5.3 Stabilitas lereng.....	23
2.5.4 Stabilitas dinding penahan tanah.....	25
2.6 Metode Fellenius.....	28
2.7 Beban Gempa.....	30
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>	<b>31</b>
3.1 Tahapan Pelaksanaan Penelitian.....	31
3.2 Lokasi Penelitian.....	33
3.3 Pengumpulan Data.....	33
3.4 Analisis dan Pengolahan Data.....	35
3.4.1 Analisis stabilitas lereng metode Fellenius.....	35
3.4.2 Analisis stabilitas.....	35
3.5 Beban Gempa.....	36
3.6 Penelusuran Penelitian Terdahulu.....	39
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>45</b>
4.1 Hasil.....	45
4.1.1 Pengujian laboratorium.....	45
4.1.2 Stabilitas lereng.....	47

4.1.3 Dinding penahan tanah.....	47
4.1.3 Analisis stabilitas dinding penahan tanah .....	49
4.1.4 Analisis faktor keamanan.....	49
4.2 Pembahasan .....	50
4.2.1 Analisis stabilitas lereng .....	50
4.2.2 Analisis stabilitas dinding penahan tanah .....	50
4.2.3 Analisis faktor keamanan.....	51
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>52</b>
5.1 Kesimpulan.....	52
5.2 Saran.....	52
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>54</b>
<b>LAMPIRAN A PERHITUNGAN.....</b>	<b>58</b>
A.1 Stabilitas Lereng Metode Fellenius .....	58
A.2 Stabilitas Dinding Penahan Tanah.....	64
<b>LAMPIRAN B DATA.....</b>	<b>76</b>
<b>LAMPIRAN C GAMBAR.....</b>	<b>78</b>
<b>LAMPIRAN D BIODATA MAHASISWA.....</b>	<b>80</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Sistem klasifikasi tanah <i>unified</i> .....	9
Tabel 2. 2 Sistem klasifikasi tanah AASHTO .....	10
Tabel 2. 3 Nilai angka <i>poisson ratio</i> ( $\nu$ ).....	19
Tabel 2. 4 Hubungan antara sudut geser dalam dengan jenis tanah.....	20
Tabel 2. 5 Hubungan antara sudut geser dalam, tingkat plastisitas dan jenis tanah .....	20
Tabel 2. 6 Modulus elastisitas tanah ( $e$ ).....	21
Tabel 2. 7 Nilai faktor kapasitas dukung terzaghi (1943).....	27
Tabel 2. 8 Nilai faktor aman terhadap bidang longsor.....	27
Tabel 3. 1 Periode ulang dan percepatan dasar gempa .....	36
Tabel 3. 2 Faktor koreksi jenis tanah setempat .....	37
Tabel 3. 3 Penelitian terdahulu.....	42
Tabel 4. 1 <i>Index and physical properties</i> .....	45
Tabel 4. 2 <i>Atterberg limit</i> .....	46
Tabel 4.3 <i>Triaxial test, direct shear test, consolidation test, unconfinedcompression test</i> .....	46
Tabel 4. 4 Analisis ukuran butir.....	47
Tabel 4. 5 Beban yang bekerja pada dinding eksisting.....	48
Tabel 4. 6 Nilai tekanan tanah lateral.....	49
Tabel 4. 7 Hasil analisis stabilitas dinding penahan tanah tanah .....	49
Tabel B. 1 <i>Index and physical properties</i> .....	76
Tabel B. 2 <i>Atterberg limit</i> .....	76
Tabel B. 3 Analisis ukuran butir .....	76
Tabel B.4 <i>Triaxial test, direct shear test, consolidation test, unconfined compression test</i> .....	76
Tabel B. 5 Parameter tanah .....	77

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Tekanan tanah dalam kondisi diam ( <i>at rest</i> ) .....	14
Gambar 2. 2 Distribusi tekanan tanah aktif pada DPT .....	16
Gambar 2. 3 Tekanan tanah pasif.....	17
Gambar 2. 4 Diagram fase tanah.....	18
Gambar 2. 5 Gaya yang bekerja pada irisan .....	29
Gambar 2. 6 Irisan pada bidang longsor .....	30
Gambar 3. 1 Bagan alir tahapan pelaksanaan penelitian .....	32
Gambar 3. 2 Lokasi penelitian .....	33
Gambar 3. 3 Dinding penahan tanah eksisting.....	34
Gambar 3. 4 Dimensi dinding penahan tanah eksisting.....	34
Gambar 3. 5 Diagram fase tanah jalan Lambaro-batas Kota Sigli STA 72+550.....	38
Gambar 3. 6 Peta zona gempa Indonesia .....	38
Gambar 4. 1 Dimensi dinding penahan tanah eksisting.....	47
Gambar 4. 2 Diagram gaya yang bekerja pada dinding penahan tanah .....	48
Gambar A.2.1 Grafik daya dukung Terzaghi.....	75
Gambar C. 1 Survey lokasi penelitian.....	78
Gambar C. 2 Lokasi dinding penahan tanah .....	78

## DAFTAR NOTASI DAN ISTILAH

$\phi$	= Sudut geser tanah ( $^{\circ}$ )
B	= Lebar pondasi/kaki dinding penahan (m)
c	= Kohesi tanah ( $\text{kN/m}^2$ )
Df	= Kedalaman pondasi (m)
e	= Angka pori
E	= Modulus Elastisitas (MPa)
H	= Tinggi dinding penahan tanah (m)
H	= Tinggi dinding (m)
Ka	= Koefisien tekanan tanah aktif
Ka	= Koefisien tekanan tanah aktif
Ko	= Koefisien tekanan tanah saat diam
Ma	= Momen tanah aktif ( $\text{kNm}$ )
Nc, Nq, N $\gamma$	= Faktor kapasitas dukung Terzaghi
Pa	= Tekanan tanah aktif ( $\text{kN/m}$ )
q <sub>n</sub>	= Tekanan pondasi neto
Qu	= Kapasitas hitung ultimit
q <sub>ult</sub>	= Kapasitas dukung ultimit
q <sub>ult</sub>	= Tegangan batas
q <sub>un</sub>	= Kapasitas dukung ultimit neto
SF	= Faktor Keamanan
$\Sigma M_t$	= Momen yang mengakibatkan penggulingan ( $\text{kN.m}$ )
$\Sigma M_g$	= Momen yang melawan penggulingan ( $\text{kN.m}$ )
$\Sigma Ph$	= Jumlah gaya-gaya horizontal ( $\text{kN}$ )
$\Sigma Rh$	= Tahanan dinding penahan tanah terhadap pergeseran ( $\text{kN}$ )
v	= Faktor koreksi pengaruh jenis tanah
V	= Angka poisson tanah

$\sigma_h$	= Tekanan tanah horisontal saat diam (kN/m)
$\sigma_v$	= Tekanan tanah vertikal saat diam (kN/m)
$\gamma$	= Berat volume tanah (kN/m <sup>3</sup> )

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Jalan Nasional Lambaro–Batas Kota Sigli merupakan Jalan Nasional lintas Provinsi Aceh. Dari segi penggunaan, jalan ini sangat sering dilalui kendaraan yang merupakan penghubung antara kabupaten kota di wilayah Provinsi Aceh. Kondisi jalan yang masih terdapat banyak lereng-lereng tebing curam yang berpotensi terjadi longsor.

Longsor dapat terjadi pada hampir setiap lereng alami ataupun buatan secara tiba-tiba. Longsor terjadi akibat meningkatnya tegangan geser dan menurunnya kuat geser pada bidang longsor. Faktor lain untuk timbulnya longsor adalah rembesan dan aktifitas geologi seperti patahan, rekahan dan liniasi (Mau et al., 2017).

Menurut Braja M Das (1995) kuat geser adalah gaya perlawanan yang dilakukan oleh tiap butir tanah terhadap desakan atau tarikan. Kuat geser tanah ditentukan berdasarkan kohesi dan sudut geser dalam. Kohesi adalah gaya tarik menarik antara partikel dalam batuan, dinyatakan dalam satuanberat per satuan luas, sedangkan sudut geser dalam merupakan sudut yang dibentuk dari hubungan antara tegangan normal dan tegangan geser didalam material tanah atau batuan. Kekuatan geser tanah ini adalah kekuatan yang berfungsi sebagai gaya untuk melawan atau menahan penyebab kelongsoran/keruntuhan. Gaya penahan longsor adalah tahanan geser tanah maksimum yang dapat dimobilisasi tanah sepanjang bidang longsor.

Dinding penahan tanah atau *retaining wall* merupakan salah satu komponen yang harus diperhatikan dalam sektor pembangunan konstruksi dalam hal apapun, apalagi dalam kawasan tersebut terdapat lereng curam yang dapat mengakibatkan kelongsoran dan daerah disekitarnya akan mengalami efek yang besar dari perubahan tanah tersebut.

Fokus dalam penelitian ini berada pada STA 72+550 yang merupakan kawasan jalan yang sering mengalami keruntuhan (*collapse*), hal tersebut mengakibatkan kerusakan pada konstruksi badan jalan. Penurunan pada badan jalan tersebut yang diperkirakan karena kurang ketepatan dalam memperhitungkan *ultimate bearing capacity* tanah dasar (*sub grade*). Mencegah lereng yang berpotensi longsor menjadi tidak longsor (aman) dapat dilakukan dengan tindakan yang terukur diantaranya melakukan terasering, penanaman pohon hingga melakukan perkuatan pada lereng dengan *retaining wall*.

Dilihat berdasarkan metodenya penelitian ini merupakan penelitian observasional (*survey*) yang hasil akhirnya dapat digunakan sebagai perencanaan ataupun untuk menjadi referensi dalam menentukan perbaikan lereng yang efisien digunakan. Berdasarkan fungsinya maka penelitian ini dikategorikan dalam penelitian terapan yaitu penelitian ini diharapkan dapat menjadi solusi dari perbaikan kerusakan jalan yang disebabkan oleh kelongsoran.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini ialah sebagai berikut:

1. Seberapa besar nilai stabilitas dinding penahan tanah terhadap guling, geser dan daya dukung pada jalan Lambaro-Batas Kota Sigli STA 72+550 dengan perkuatan menggunakan metode Fellenius?
2. Seberapa besar nilai stabilitas dinding penahan tanah terhadap guling, geser dan daya dukung pada jalan Lambaro-Batas Kota Sigli STA 72+550 dengan penambahan beban gempa?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui besarnya nilai stabilitas dinding penahan tanah terhadap guling, geser dan daya dukung pada jalan Lambaro-Batas Kota Sigli STA 72+550 dengan perkuatan menggunakan metode Fellenius.



2. Untuk mengetahui besarnya nilai stabilitas dinding penahan tanah terhadap guling, geser dan daya dukung padajalan Lambaro-Batas Kota Sigli STA 72+550 dengan penambahan beban gempa.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Dengan mengetahui besarnya nilai stabilitas dinding penahan tanah maka akan didapat nilai faktor keamanan yang mana dapat digunakan sebagai referensi apakah dinding penahan tanah tersebut aman atau tidak dari penggulingan dan pergeseran dan sebagai referensi mahasiswa yang mengambil topik yang sama dengan penelitian ini.

#### **1.5 Ruang Lingkup dan Batasan Penelitian**

Ruang lingkup dan batasan masalah pada penelitian ini adalah lokasi penelitian *retaining wall* terdapat di jalan Lambaro- batas Kota Sigli STA 72+550 yaitu Kecamatan Muara Tiga dan beban eksternal yang dihitung hanya beban gempa.

#### **1.6 Metode Penelitian**

Metode pelaksanaan penyelidikan tanah yang mencakup dua kelompok yaitu pengujian lapangan dan pengujian laboratorium yang dimana hasil kedua metode ini saling berhubungan satu sama lainnya. Pengujian dilaksanakan sesuai standard pengujian *American Society for Testing Material* (ASTM).

Dalam menghitung nilai faktor keamanan lereng dan dinding penahan tanah metode yang akan digunakan ialah metode Fellenius, selanjutnya menghitung faktor stabilitas dinding penahan tanah. Jika nilai faktor keamanan dinding penahan tanah yang didapat tidak memenuhi nilai faktor kemananan maka dapat dilakukan pergantian jenis perkuatan pada lereng untuk meningkatkan nilai stabilitasnya.

Adapun dalam melakukan analisa stabilitas *retaining wall* memerlukan tahapan-tahapan mulai dari perhitungan tekanan tanah lateral menggunakan teori Rankine. Lalu menganalisa *retaining wall* secara manual stabilitas terhadap

penggeseran, stabilitas terhadap penggulingan dan stabilitas terhadap daya dukung tanah menggunakan metode Fellenius dan menghitung nilai faktor keamanan lereng menggunakan persamaan terzaghi. Kemudian menghitung stabilitas dinding penahan tanah dengan memperhitungkan beban gempa.

### 1.7 Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil penelitian mengenai analisis perkuatan tanah dengan *retaining wall* pada jalan lambaro-batas kota Sigli STA 72+550 diperoleh nilai tekanan tanah lateral aktif sebesar 3,712 ton dan tekanan tanah lateral pasif sebesar 7,4797 ton dengan nilai koefisien tekanan tanah aktif sebesar 0,7294 dan koefisien tekanan tanah pasif sebesar 1,37 ton.

Hasil perhitungan stabilitas dinding penahan tanah terhadap guling didapatkan nilai sebesar  $7,5 > 1,5$  yang berarti *retaining wall* aman terhadap penggulingan. Stabilitas terhadap geser didapatkan nilai sebesar  $2,93 > 1,5$  yang juga berarti *retaining wall* aman terhadap penggeseran, dan perhitungan terhadap daya dukung didapat nilai sebesar  $50 \text{ ton/m}^2$  dengan  $q_{\text{max}} 1,68 \text{ ton/m}^2$ . Untuk hasil perhitungan nilai faktor keamanan didapatkan nilai sebesar  $2,58 > 1,5$  yang berarti aman.

Hasil perhitungan faktor aman lereng menggunakan perhitungan manual dengan metode Fellenius didapatkan nilai faktor aman sebesar  $1,29 < 1,5$  (tidak aman) sehingga lereng mengalami keruntuhan. Hasil perhitungan stabilitas dinding penahan tanah dengan perkuatan dan penambahan beban gempa didapatkan hasil stabilitas terhadap guling sebesar  $4,87 > 1,5$ , stabilitas terhadap geser sebesar  $3 > 1,5$  dan terhadap daya dukung sebesar  $50 \text{ ton/m}^2$ .

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Tanah

Pada kondisi alam, tanah dapat terdiri dari dua atau lebih campuran jenis-jenis tanah dan kadang-kadang terdapat pula kandungan bahan organik. Partikel-partikelnya mungkin berbentuk bulat, bergerigi maupun bentuk-bentuk diantaranya. Umumnya pelapukan akibat proses kimiadapat terjadi oleh pengaruh oksigen, karbondioksida air (terutama yang mengandung asam atau alkali) dan proses-proses kimia yang lain. Jika hasil pelapukan masih berada di tempat asalnya, maka tanah ini disebut tanah residual (*residual soil*) dan apabila tanah berpindah tempatnya, disebut tanah terangkut (*transported soil*) (Hardiyatmo, 2002).

##### 2.1.1 Pengertian tanah

Istilah-istilah seperti kerikil, pasir, lanau, dan lempung digunakan dalam teknik sipil untuk membedakan jenis-jenis tanah. Tanah merupakan material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong di antara partikel-partikel padat tersebut (*Braja M. Das*).

Menurut Bowles (1989) menyatakan tanah adalah campuran partikel-partikel yang terdiri dari salah satu atau seluruh jenis berikut.

1. Berangkal (*boulders*) adalah potongan batuan yang besar, biasanya lebih besar dari 250 sampai 300 mm dan untuk ukuran 150 mm sampai 250 mm.
2. Kerikil (*gravel*) adalah partikel batuan yang berukuran 5 mm sampai 150 mm.
3. Pasir (*sand*) adalah partikel batuan yang berukuran 0,074 mm sampai 5 mm, yang berkisar dari kasar dengan ukuran 3 mm sampai 5 mm sampai bahan halus yang berukuran  $< 1$  mm.

4. Lanau (*silt*) adalah partikel batuan yang berukuran dari 0,002 mm sampai 0,0074 mm. Lempung (*clay*) adalah partikel mineral yang berukuran lebih kecil dari 0,002 mm yang merupakan sumber utama dari kohesi pada tanah yang kohesif.
5. Koloid (*colloids*) adalah partikel mineral yang diam dan berukuran lebih kecil dari 0,001 mm.

Tanah ialah material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong di antara partikel-partikel padat tersebut ( *Braja M. Das*)

### 2.1.2 Klasifikasi tanah

Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tapi mempunyai sifat yang serupa ke dalam kelompok-kelompok dan subkelompok-subkelompok berdasarkan pemakaiannya. Sistem klasifikasi memberikan suatu bahasa yang mudah untuk menjelaskan secara singkat sifat-sifat umum tanah yang bervariasi tanpa penjelasan yang terperinci.

Menurut Hary Christady H (2002), terdapat dua sistem klasifikasi yang sering digunakan, yaitu *Unified Soil Classification System* dan AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*). Sistem-sistem ini menggunakan sifat-sifat indeks tanah yang sederhana seperti distribusi ukuran butiran, batas cair dan indeks plastisitas. Klasifikasi tanah dari Sistem *Unified* pertama diusulkan oleh Casagrande (1942), kemudian direvisi oleh kelompok teknisi dari USBR (*United State Bureau of Reclamation*). Tanah dapat dikategorikan berdasarkan jenisnya menjadi 3 bagian yaitu:

1. Tanah kohesif: tanah kohesif merupakan tanah berbutir halus dan memiliki rekatan antara butir-butirnya contoh: lempung (*Clay*), lanau (*Silt*).
2. Tanah non-kohesif: tanah non-kohesif merupakan tanah berbutir kasar dan tidak memiliki rekatan antar butir-butirnya contoh: kerikil (*Gravel*), pasir (*Sand*).

3. Tanah campuran: tanah campuran merupakan campuran dari tanah kohesif dan juga tanah non-kohesif, contoh: pasir kelempungan (pasir > lempung), lempung kepasiran (lempung > pasir).

Sistem klasifikasi tanah sangat membantu perancangan dalam memberikan pengarahan melalui cara empiris yang tersedia dari hasil pengalaman yang telah lalu. Tetapi perancangan harus berhati-hati dalam penetapannya karena penyelesaian masalah stabilitas, kompresi (penurunan), aliran air yang didasarkan pada klasifikasi tanah sering menimbulkan kesalahan yang berarti.

A. Sistem USCS (*Unified Soil Classification System*)

Pada Sistem *Unified*, tanah diklasifikasikan ke dalam tanah berbutir kasar (kerikil dan pasir) jika kurang dari 50% lolos saringan nomer 200, dan sebagai tanah berbutir halus (lanau/lempung) jika lebih dari 50% lolos saringan nomer 200. Selanjutnya, tanah diklasifikasikan dalam sejumlah kelompok dan subkelompok. Simbol-simbol yang digunakan tersebut adalah:

G = kerikil (*gravel*)

S = pasir (*sand*)

C = lempung (*clay*)

M = lanau (*silt*)

O = lanau atau lempung organik (*organic silt or clay*)

Pt = tanah gambut dan tanah organik tinggi (*peat and highly organic soil*)

W = gradasi baik (*well-graded*)

P = gradasi buruk (*poorly-graded*)

H = plastisitas tinggi (*high-plasticity*)

L = plastisitas rendah (*low-plasticity*)

Prosedur untuk menentukan klasifikasi tanah Sistem *Unified* sebagai berikut:

1. Tentukan apakah tanah berupa butiran halus atau butiran kasar secara visual atau dengan cara menyaringnya dengan saringan nomer 200.
2. Jika tanah berupa butiran kasar:
  - a) Saring tanah tersebut dan gambarkan grafik distribusi butiran.

- b) Tentukan persen butiran lolos saringan no.4. Bila persentase butiran yang lolos kurang dari 50%, klasifikasikan tersebut sebagai kerikil. Bila persen butiran yang lolos lebih dari 50%, klasifikasikan sebagai pasir.
  - c) Tentukan jumlah butiran yang lolos saringan no.200. jika persentase butiran yang lolos kurang dari 5%, pertimbangkan bentuk grafik distribusi butiran dengan menghitung  $C_u$  dan  $C_c$ . Jika termasuk bergradasi baik, maka klasifikasikan sebagai GW (bila kerikil) atau SW (bila pasir). Jika termasuk bergradasi buruk, klasifikasikan sebagai GP (bila kerikil) atau SP (bila pasir).
  - d) Jika persentase butiran tanah yang lolos saringan no.200 diantara 5-12%, tanah akan mempunyai sifat keplastisan (GW-GM, SW-SM, dan sebagainya).
  - e) Jika persentase butiran yang lolos saringan no.200 lebih besar 12%, harus dilakukan uji batas-batas *Atterberg* dengan menyingkirkan butiran tanah yang tinggal dalam saringan no.40.
3. Jika tanah berbutir halus:
- a) Kerjakan uji batas-batas *Atterberg* dengan menyingkirkan butiran tanah yang tinggal dalam saringan no. 40.
  - b) Untuk H (plastisitas tinggi), jika plot batas-batas *Atterberg* pada grafik plastisitas di bawah garis A, tentukan apakah tanah organik (OH) atau anorganik (MH). Jika plotnya di atas garis A, klasifikasikan sebagai CH.
  - c) Untuk L (plastisitas rendah), jika plot batas-batas *Atterberg* pada grafik plastisitas di bawah garis A dan area yang diarsir, tentukan klasifikasi 7 tanah tersebut sebagai organik (OL) atau anorganik (ML) berdasar warna, bau atau perubahan batas cair dan batas plastisnya dengan mengeringkannya di dalam oven.
  - d) Jika plot batas-batas *Atterberg* pada grafik plastisitas jatuh pada area yang diarsir, dekat dengan garis A atau nilai LL sekitar 50, gunakan simbol dobel.

Tabel 2. 1 Sistem klasifikasi tanah *unified* (Hardiyatmo, 2014)

Divisi Utama		Kode klp	Nama Jenis		Nama Jenis				
Tanah berbutir kasar 50% butiran tertahan saringan no. 200 (0,075 mm)	Kerikil 50% atau lebih dari fraksi kasar tertahan saringan no. 4(4,75mm)	Kerikil bersih (sedikit atau tak ada butiran halus)	GW	Kerikil gradasi baik dan campuran pasir-kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	Klasifikasi berdasarkan persentase butiran halus, kurang dari 5% lolos saringan no. 200; GM, GP, SW, SP. Lebih dari 12% lolos saringan no. 200; batas klasifikasi yang mempunyai simbol dobel	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ , $C_c = \frac{(D_{10})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3			
		Kerikil banyak kandungan butiran halus	GP	Kerikil gradasi buruk dan campuran pasir-kerikil atau tidak mengandung butiran halus		Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW			
			GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil pasir-lempung		Batas-batas atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$	Bila batas atterberg berada d daerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai dobel simbol		
		GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil pasir-lempung	Batas-batas atterberg di atas A atau $PI > 7$					
	Pasir lebih dari 50% fraksi kasar lolos saringan no. 4(4,75mm)	Kerikil bersih (sedikit atau tak ada butiran halus)	SW	Pasir gradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus		$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ , $C_c = \frac{(D_{10})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3			
			SP	Pasir gradasi buruk, pasir kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus		Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW			
		Kerikil banyak kandungan butiran halus	SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau		Batas-batas atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$	Bila batas atterberg berada d daerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai dobel simbol		
			SC	Pasir berlempung, campuran pasir-lempung		Batas-batas atterberg di atas A atau $PI > 7$			
			Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos saringan no. 200 (0,075 mm)	Lanau dan lempung batas cair 50% atau kurang		ML		Lanau tak organik dan pasir sangat halus, serbuk batuan atau pasir halus berlanau atau berlempung	<p>Bagan Plastisitas Untuk klasifikasi tanah berbutir-halus dan fraksi halus dari tanah berbutir-kasar Batas Atterberg yang digambarkan di bawah yang diarsir merupakan klasifikasi batas yang membutuhkan simbol ganda</p> <p>Peramaan garis A <math>PI = 0,73(LL - 20)</math></p> <p>Garis A; <math>PI = 0,73 (LL - 20)</math></p>
						CL		Lempung tak organik dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung kurus (lean clays)	
OL	Lanau organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah								
Lanau dan lempung batas cair > 50%	MH	Lanau tak organik atau pasir halus, lanau elastis							
	CH	Lempung tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk (fat clays)							
	OH	Lempung organi dengan plastisitas sedang sampai tinggi							
Tanah dengan kadar orgnaik tinggi	Pt	Gambut dan tanah lain dengan kandungan organik tinggi	Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488						

B. Sistem AASHTO (*American Association Of State Highway and Transporting Official*)

Tabel 2. 2 Sistem klasifikasi tanah AASHTO (*Hardiyatmo, 2014*)

Klasifikasi umum	Tanah berbutir (35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No. 200)						
	A-1		A-3	A-2-4	A-2		
	A-1-a	A-1-b			A-2-5	A-2-6	A-2-7
Analisis ayakan (% lolos) No. 10 No. 40 No. 200	Maks 50 Maks 30 Maks 15	Maks 50 Maks 25	Min 51 Maks 10	Maks 35	Maks 35	Maks 35	Maks 35
Sifat fraksi yang lolos ayakan No. 40 Batas Cair (LL) Indeks Plastisitas (PI)	Maks 6		NP	Maks 40 Maks 10	Min 41 Maks 10	Maks 40 Min 11	Min 41 Min 11
Tipe material yang paling dominan	Batu pecah, kerikil, dan pasir		Pasir halus	Kerikil dan pasir yang berlanau atau berlempung			
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Baik sekali sampai baik						
Klasifikasi umum	Tanah lanau-lempung (35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No. 200)						
Kalsifikasi kelompok	A-4		A-5		A-6		A-7 A-7-5* A-7-6*
Analisis ayakan (% lolos) No. 10 No. 40 No. 200	Min 36		Min 36		Min 36		Min 36
Sifat fraksi yang lolos ayakan No. 40 Batas Cair (LL) Indeks Plastisitas (PI)	Maks 40 Maks 10		Maks 41 Maks 10		Maks 41 Min 11		Min 41 Min 11
Tipe material yang paling dominan	Tanah berlanau				Tanah berlempung		
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Biasa sampai jelek						



Sistem klasifikasi AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials Classification*) berguna untuk menentukan kualitas tanah untuk perencanaan timbunan jalan, *subbase* dan *subgrade*. Sistem ini terutama ditujukan untuk maksud dalam lingkup tersebut. Sistem klasifikasi tanah AASHTO pertama kali diperkenalkan oleh Hoentogler dan Tarzaghi yang akhirnya diambil oleh *Bureau Of Public Roads*. Pengklasifikasian sistem ini berdasarkan kriteria ukuran butir dan plastisitas. Sistem klasifikasi AASHTO membagi tanah ke dalam 8 kelompok, A-1 sampai A-8 termasuk sub-sub kelompok, seperti yang dapat dilihat pada Tabel 2.2.

## 2.2 Dinding Penahan Tanah

*Retaining wall* atau juga biasa disebut dinding penahan tanah adalah konstruksi yang dibangun untuk menahan tanah atau mencegah keruntuhan tanah yang curam atau lereng yang dibangun di tempat yang kemantapannya tidak dapat dijamin oleh lereng itu sendiri, serta untuk mendapatkan bidang yang tegak. Dinding penahan tanah merupakan konstruksi untuk menahan tekanan tanah lateral (Febe & Sasongko, 2019).

Menurut Nur & Hakam (2010), dinding penahan tanah adalah bangunan yang berfungsi menstabilkan kondisi tanah tertentu, yang pada umumnya dipasang pada daerah tebing yang labil. Jenis konstruksi dinding penahan tanah antara lain pasangan batu dengan mortar, pasangan batu kosong, beton, kayu dan sebagainya. Dinding penahan tanah merupakan suatu struktur yang direncanakan dan dibangun untuk menahan tekanan tanah lateral yang ditimbulkan oleh tanah urug atau tanah asli yang labil, sehingga dinding penahan tanah aman terhadap pergeseran, penggulingan dan keruntuhan kapasitas dukung tanah.

Dinding penahan tanah adalah suatu konstruksi yang dibangun untuk menahan tanah atau mencegah keruntuhan tanah yang curam atau lereng yang dibangun di tempat kemantapannya tidak dapat dijamin oleh lereng itu sendiri, serta untuk mendapatkan bidang yang tegak (Ramdhani et al., 2017).

Dinding penahan tanah adalah konstruksi yang digunakan untuk memberikan stabilitas tanah atau bahan lain yang kondisi massa bahannya tidak memiliki kemiringan alami, menahan atau menopang timbunan tanah atau ongkongan material lainnya. Menurut Sofyan dan Frizaldi (2017) dinding penahan tanah (*retaining wall*) dibagi menjadi beberapa jenis yaitu:

1. Dinding penahan tanah gravitasi (*gravity wall*)

Penggunaan dinding penahan tanah ini biasanya digunakan untuk menahan tanah pada lereng yang terlalu tinggi dan pada tepi sungai. Dinding penahan tanah jenis ini dibuat dari beton tidak bertulang atau pasangan batu, walaupun kadang beberapa dibuat dengan beton bertulang namun sedikit

2. Dinding penahan tanah kantilever (*Cantilever wall*)

Dinding penahan tanah ini terdiri dari kombinasi dinding dengan beton bertulang yang tersusun dari suatu dinding vertikal dan tapak lantai yang berbentuk huruf T. Stabilitas konstruksinya diperoleh dari berat sendiri dinding penahan tanah dan berat tanah diatas tumit tapak (*hell*). Biasanya ketinggian dinding ini tidak lebih dari 6– 7 meter.

3. Dinding penahan tanah konterfort (*counterfort wall*)

Dinding tipe ini terdiri dari dinding beton bertulang tipis yang di bagian dalam dinding pada jarak tertentu didukung oleh pelat/dinding vertikal yang disebut *counterfort* (dinding penguat).

4. Dinding penahan tanah butters (*buffers wall*)

Dinding *buttrass* hampir sama dengan dinding *konterfort*, hanya bedanya bagian *konterfort* diletakkan di depan dinding. Pada tipe ini, struktur *konterfort* berfungsi memikul tegangan tekan. Pada dinding ini, bagian tumit lebih pendek dari pada bagian kaki.

### 2.3 Tanah Lateral

Tekanan tanah lateral merupakan parameter utama dalam perancangan dinding penahan tanah. Oleh karena itu diperlukan perkiraan tanah lateral secara

kuantitatif pada pekerjaan konstruksi, baik untuk analisis perencanaan maupun analisis stabilitas. Tekanan aktual yang terjadi di belakang dinding penahan cukup sulit untuk diperhitungkan karena begitu banyak variabelnya. Ini termasuk jenis bahan penimbunan, kepadatan dan kadar airnya, jenis bahan di bawah dasar pondasi, ada tidaknya beban permukaan, dan lainnya.

Dalam perencanaan dinding penahan tanah pasti ada beban yang berpengaruh terhadap tekanan yang terjadi di sekitar dinding penahan tanah. Selain pengaruh dari tekanan tanah terdapat juga pengaruh akibat adanya pengaruh akibat beban merata yang berada di atas dinding penahan tanah. Biasanya dalam konstruksi dinding penahan tanah pasti akan ada beban yang berada di atasnya, seperti beban jalan, beban bangunan dan lain sebagainya. Beban yang berada di atas bangunan tersebut memberikan tekanan kepada bangunan yang ada di bawahnya.

Besar dan distribusi tekanan tanah pada dinding penahan tanah sangat bergantung pada gerakan ke arah lateral tanah relatif terhadap dinding. Apabila lapisan tanah tersebut keras, maka daya dukung tanah tersebut cukup kuat untuk menahan beban yang ada, tetapi bila kondisi tanah lunak, maka perlu penanganan khusus agar mempunyai daya dukung yang baik (Setiawan, 2012).

Teori yang membahas tentang tekanan tanah lateral yaitu teori Rankine (1857). Teori ini memberikan analisis mengenai besar dari kedua jenis tekanan tanah lateral yang disebut dengan tekanan aktif dan tekanan pasif. Menurut teori Rankine tekanan pada dinding akan meningkat sesuai dengan kedalamannya (Kusnan, 2017). Pada prinsipnya kondisi tanah dalam kedudukannya ada 3 kemungkinan yaitu:

1. Dalam keadaan diam ( $K_0$ ).
2. Dalam keadaan aktif ( $K_a$ ).
3. Dalam keadaan pasif ( $K_p$ ).

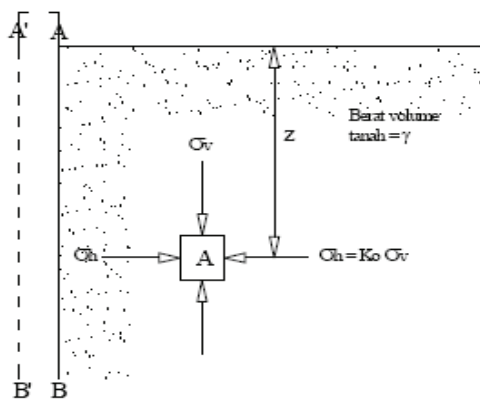
### 2.3.1 Teori rankine

Teori Rankine (1857) dalam Hardiyatmo (2014), analisis tekanan tanah lateral dilakukan dengan asumsi-asumsi sebagai berikut:

1. Tanah dalam kedudukan keseimbangan plastis, yaitu sembarang elemen tanah dalam kondisi tepat akan runtuh.
2. Tanah urug tidak berkoheesi ( $c = 0$ ).
3. Gesekan antara dinding dan tanah urug diabaikan atau permukaan dinding dianggap licin sempurna ( $\delta = 0$ ).

### 2.3.2 Tekanan tanah dalam keadaan diam ( $K_0$ )

Tekanan tanah lateral adalah gaya yang ditimbulkan oleh akibat dorongan tanah dibelakang struktur penahan tanah. Besar tekanan lateral sangat dipengaruhi oleh perubahan letak (*displacement*) dari dinding penahan dan sifat-sifat tanah asli.



Gambar 2. 1 Tekanan tanah dalam kondisi diam (*at rest*) (Das, 1993)

Pada gambar di atas tanah dibatasi oleh dinding dengan permukaan licin AB yang dipasang sampai kedalaman tak terhingga. Suatu elemen tanah yang terletak pada kedalaman  $z$  akan mendapat tekanan arah vertikal  $\sigma_v$  dan tekanan arah horisontal  $\sigma_h$ , dimana  $\sigma_v$  dan  $\sigma_h$  merupakan tekanan efektif dan tekanan total tanah.

Apabila dinding AB dalam keadaan diam, maka tanah akan berada dalam keadaan keseimbangan statis (*static equilibrium*). Rasio tekanan arah horisontal dan vertikal disebut koefisien tekanan tanah dalam keadaan diam (*coefficient of earth pressure at rest*)  $K_0$  yaitu tekanan arah horisontal dan vertikal, untuk menghitung koefisien tekanan tanah lateral saat diam dapat digunakan persamaan 2.1.

$$K_o = \frac{\sigma_h}{\sigma_v} \quad (2.1)$$

Karena  $\sigma_v = \gamma z$ , maka tekanan lateral saat diam adalah:

$$\sigma_h = K_o (\gamma z) \quad (2.2)$$

Keterangan:

$\sigma_h$  = tekanan tanah horisontal saat diam (kN/m)

$\sigma_v$  = tekanan tanah vertikal saat diam (kN/m),

$K_o$  = koefisien tekanan tanah saat diam,

$\gamma$  = berat volume tanah (kN/m<sup>3</sup>),

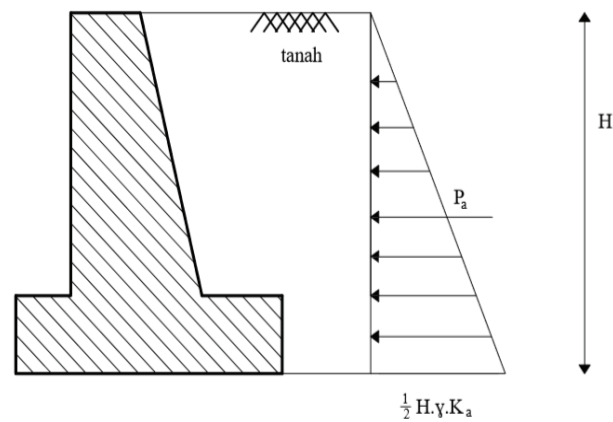
$z$  = kedalaman dinding (m).

$H$  = tinggi dinding (m)

### 2.3.3 Tekanan tanah dalam keadaan aktif ( $K_a$ )

Kondisi tekanan tanah aktif merupakan kondisi dimana dinding bergerak menjauhi bagian tanah timbunan atau apabila dinding penahan tanah bagian atas bergerak relatif ke depan terhadap dasarnya. Hal ini disebabkan oleh adanya momen yang terjadi atau bekerja pada dinding tersebut. Sedangkan nilai banding tekanan horisontal dan tekanan vertikal terjadi, didefinisikan sebagai koefisien tekanan tanah aktif ( $K_a$ ). Nilai tekanan aktif lebih kecil dari nilai tekanan saat diam. Gerakan dinding tanah menjauhi tanah urugan menghilangkan pertahanan dibelakang dinding. Tekanan aktif tanah yang bekerja pada bidang vertikal (yang merupakan bidang utama) adalah tekanan tanah aktif menurut Rankine (*Rankine's active earth pressure*).

Konsep tekanan tanah aktif sangat penting untuk masalah- masalah pada stabilitas tanah, pemasangan batang-batang penguat pada galian, desain dinding penahan tanah dan lain sebagainya. Permasalahan disini adalah untuk menentukan faktor keamanan terhadap keruntuhan yang disebabkan oleh gaya lateral. Pemecahan diperoleh dengan membandingkan gaya-gaya yang bekerja pada dinding penahan tanah, yaitu gaya guling dan geser, seperti yang terlihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Distribusi tekanan tanah aktif pada DPT (Sugianti, 2013)

Momen pada tanah aktif

$$Ma = Pa \times H/3 \quad (2.3)$$

$$Pa = \frac{1}{2} \gamma \times H^2 \times Ka \quad (2.4)$$

dengan harga  $Ka$  untuk tanah datar adalah:

$$Ka = tg^2(45 - \frac{\varphi}{2}) \quad (2.5)$$

Keterangan:

$Ma$  = momen tanah aktif (kNm)

$Pa$  = tekanan tanah aktif (kN/m)

$Ka$  = koefisien tekanan tanah aktif

$\gamma$  = berat volume tanah (kN/m)

$H$  = tinggi dinding penahan tanah (m)

$\varphi$  = sudut gesek tanah ( $^{\circ}$ ).

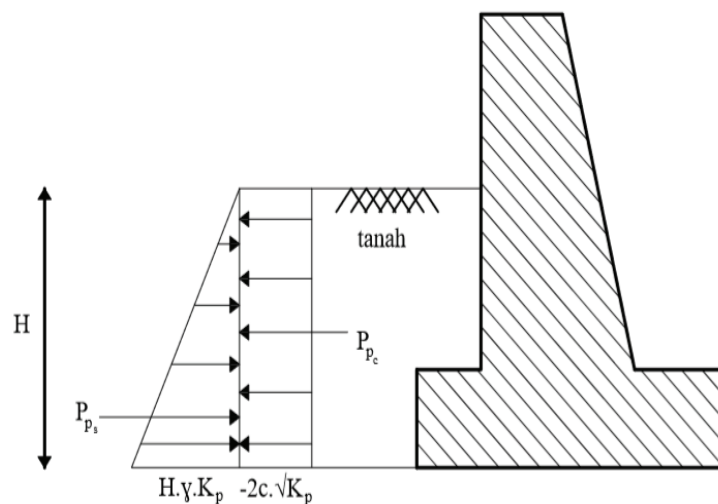
### 2.3.4 Tekanan tanah pasif ( $Kp$ )

Tekanan tanah pasif merupakan tekanan tanah ke samping yang berlawanan dengan tekanan aktif, yang merupakan tegangan utama besar (*major principal stress*). Besarnya gaya tegangan lateral yang terjadi bertambah dengan bertambahnya regangan dalam tanah seiring dengan Bergeraknya dinding, nilai banding tekan horisontal dan vertikal yang terjadi didefinisikan sebagai koefisien tekanan tanah

pasif atau  $K_p$ . Maka tanah akan mengalami keruntuhan geser akibat desakan dinding penahan, saat gaya lateral tanah mencapai nilai yang konstan yaitu pada nilai maksimumnya.

Berlawanan dengan terjadinya tekanan tanah aktif, pada tekanan tanah pasif, kondisi tekanan tanah yang bekerja pada dinding akan bertambah dari kondisi seimbang sampai suatu harga maksimum yang mungkin. Tekanan tanah lateral maksimum yang mengakibatkan keruntuhan geser tanah akibat gerakan dinding menekan tanah urug disebut tekanan tanah pasif (*passive earth pressure*). Berbeda dengan tekanan aktif, tekanan pasif memberikan gaya yang menghambat terjadinya kerusakan geser terhadap dinding penahan tanah (Das, 2006).

Tekanan tanah pasif menunjukkan nilai maksimum dari gaya yang dapat dikembangkan oleh tanah pada gerakan struktur penahan terhadap tanah urugannya, yaitu tanah harus menahan gerakan dinding penahan tanah sebelum mengalami keruntuhan, tekanan tanah pasif dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Tekanan tanah pasif (Hardiyatmo, 2010)

$$P_p = \frac{1}{2} \gamma_2 K_p H^2 \quad (2.6)$$

$$K_p = tg^2 \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right) \quad (2.7)$$

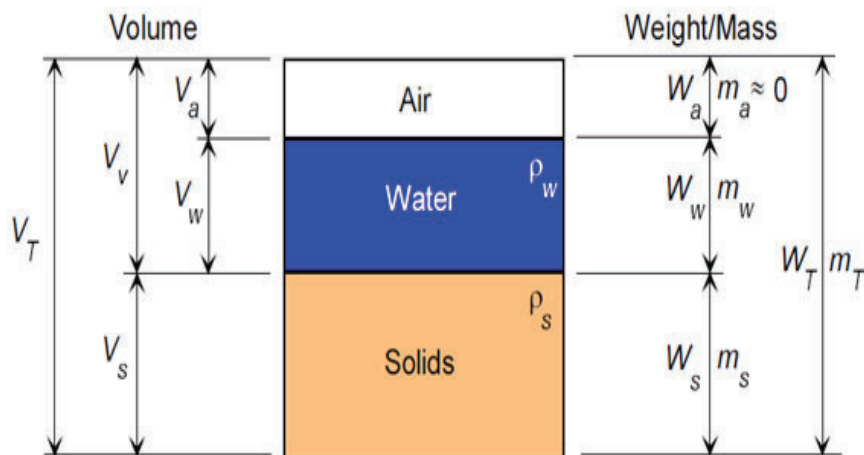
Keterangan:

- $K_p$  = koefisien tekanan tanah pasif  
 $\phi$  = sudut gesek tanah ( $^\circ$ )  
 $\gamma$  = Berat volume tanah ( $\text{kN/m}^3$ )  
 $H$  = Tinggi dinding penahan tanah (m)

## 2.4 Parameter Tanah

Adapun data parameter tanah didapatkan dari hasil pengujian laboratorium maupun dari hasil interpolasi data-data tanah yang sudah ada. Hasil dari parameter tanah inilah yang menjadi masukan untuk pengukuran dan analisa selanjutnya. Dalam pengambilan sampel tanah dan pengujian laboratorium tidak dilakukan pada seluruh lokasi daerah yang ditinjau melainkan di beberapa titik yang mewakili daerah tersebut. Data yang diperlukan dapat berupa data pengujian di laboratorium dan data hasil pengujian di lapangan.

Pemahaman mengenai komposisi tanah diperlukan untuk mengambil keputusan dalam memperoleh parameter tanah. Untuk lebih memahami komponen tanah, kita harus mampu mengkuantifikasi volume dan berat ketiga fase yang sistematisnya dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 4 Diagram fase tanah



Keterangan:

- $ms, mw, ma$  = massa solid, air, dan udara.  
 $Ws, Ww, Wa$  = berat solid, air, dan udara.  
 $Vs, Vw, Va$  = volume solid, air, dan udara.  
 $gs, gw, ga$  = kepadatan solid, air, dan udara.  
 $Wt, Vt$  = total berat tanah dan total volume tanah.  
 $Vv$  = volume void.

#### 2.4.1 Kohesi (c)

Kohesi merupakan gaya tarik menarik antar partikel tanah dengan sudut geser tanah, dan dinyatakan dalam satuan berat per satuan luas. Kohesi pada tanah akan semakin besar jika kekuatan geser juga semakin besar, deformasi dapat terjadi akibat adanya kombinasi keadaan kritis dari tegangan normal dan geser. Nilai dari kohesi (c) diperoleh dari pengujian *triaxial (Triaxial Test)* dan pengujian kuat geser langsung (*Direct Shear Test*). Nilai kohesi secara empiris ditentukan dari data sendiri.

#### 2.4.2 Poisson ratio (v)

*Poisson ratio* adalah perbandingan antara kontraksi lateral terhadap regangan longitudinal, jika suatu bahan ditarik secara linear. Angka *poisson* dapat ditentukan berdasarkan jenis tanah, seperti terlihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Nilai angka *poisson ratio (v)* (Bowles, 1997)

Jenis Tanah	$v$ (Angka <i>Poisson</i> )
Lempung	0,40 – 0,50
Lempung tak jenuh	0,10 – 0,30
Lempung berpasir	0,20 – 0,30
Lantau	0,30 – 0,35
Pasir padat	0,20 – 0,40
Pasir kasar	0,15
Pasir halus	0,25
Batu	0,10 – 0,40
<i>Loess</i>	0,10 – 0,30

### 2.4.3 Sudut geser dalam ( $\phi$ )

Sudut geser merupakan sudut yang dibentuk dari hubungan antara tegangan normal dan tegangan geser di dalam material tanah atau batuan. Sudut geser merupakan sudut rekahan yang dibentuk jika suatu material dikenai tegangan atau gaya terhadapnya yang melebihi tegangan gesernya. Semakin besar sudut geser dalam suatu material maka material itu akan lebih tahan menerima tegangan luar yang dikenakan terhadapnya.

Kekuatan geser dalam mempunyai variabel kohesi dan sudut geser dalam. Sudut geser dalam bersamaan dengan kohesi menentukan tanah akibat tegangan yang bekerja berupa tekanan lateral tanah. Nilai sudut geser dalam juga didapatkan dari pengukuran *engineering properties* tanah berupa *Triaxial Test* dan *Direct Shear Test*. Hubungan antara sudut geser dalam dengan jenis tanah ditunjukkan pada Tabel 2.4 dan Tabel 2.5.

Tabel 2. 4 Hubungan antara sudut geser dalam dengan jenis tanah (*Das, B.M.,1995*)

Jenis tanah	Sudut Geser Dalam
Kerikil kepasiran	35° – 40°
Kerikil kerakal	35° – 40°
Pasir padat	35° – 40°
Pasir lepas	30°
Lempung kelanauan	25° – 30°
Lempung	25°– 30°

Tabel 2. 5 Hubungan antara sudut geser dalam, tingkat plastisitas dan jenis tanah (*Bjerrum, L, Simons, N, E, 1960*)

Jenis tanah	Tingkat plastisitas	Sudut geser dalam
Lantau	Rendah	35 – 37
Lanauberlempung	Sedang	31- 35
Lempung	Tinggi	< 31

#### 2.4.4 Modulus elastisitas tanah ( $E$ )

Nilai modulus elastisitas tanah ( $E$ ) menunjukkan besarnya nilai elastisitas tanah yang merupakan perbandingan antara tegangan yang terjadi terhadap regangan. Nilai ini bisa didapatkan dari *Triaxial Test*. Untuk mendapatkan nilai modulus elastisitas tanah pasir menggunakan korelasi dari pengujian N-SPT dan CPT dapat menggunakan persamaan Schmermaan (1970) sebagai berikut :

$$E_s = 2 q_c \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad (2.8)$$

Modulus elastisitas menggambarkan kekakuan suatu material yang berarti bahwa apabila suatu material memiliki nilai modulus elastisitas yang besar, maka semakin kecil nilai perubahan bentuk yang terjadi apabila diberi tegangan tertentu. Tegangan adalah besaran yang menyatakan perbandingan antara suatu besaran gaya terhadap luas penampang. Nilai modulus elastisitas tanah dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2. 6 Modulus elastisitas tanah ( $e$ ) (Fadilah dan Tunafiah, 2018)

Jenis tanah	E (Kg/cm <sup>2</sup> )
Lempung	
Sangat lunak	3 – 30
Lunak	20 – 40
Sedang	45 – 90
Keras	70 – 200
Berpasir	300– 426
Pasir	
Berlanau	50 – 200
Tidak padat	100 – 250
Padat	500 – 1000
Pasir dan kerikil	
Padat	800 – 2000
Tidak padat	500 – 1400
Lanau	20 – 200
Loess	150 – 600
Serpih	1400 – 14000

## 2.5 Lereng

Lereng merupakan suatu permukaan tanah yang miring dan membentuk sudut tertentu terhadap suatu bidang horizontal. Pada tempat dimana terdapat dua permukaan tanah yang berbeda ketinggian, maka akan ada gaya-gaya yang bekerja mendorong sehingga tanah yang lebih tinggi kedudukannya cenderung bergerak ke arah bawah yang disebut dengan gaya potensial gravitasi yang menyebabkan terjadinya longsor.

### 2.5.1 Keruntuhan lereng

Menurut Hardiyatmo (2014) kelongsoran lereng alam dapat terjadi dari hal-hal sebagai berikut ini.

1. Penambahan beban pada lereng. Tambahan beban lereng dapat berupa bangunan baru, tambahan beban air yang masuk ke pori-pori tanah maupun yang menggenangi di permukaan tanah dan beban dinamis oleh tumbuhan-tumbuhan yang tertiuap angin dan lain-lain,
2. Penggalan atau pemotongan tanah pada kaki lereng,
3. Penggalan yang mempertajam kemiringan lereng,
4. Perubahan posisi muka air secara cepat (*rapid drawdown*) (pada bendung, sungai dan lain-lain),
5. Kenaikan tekanan tanah lateral oleh air (air yang mengisi retakan akan mendorong tanah ke arah lateral),
6. Gempa bumi.

### 2.5.2 Macam-macam keruntuhan lereng

Menurut Hardiyatmo (2006) karakteristik kegagalan lereng dapat dibagi beberapa macam jenis longsoran berikut ini:

1. Longsoran rotasional

Longsoran rotasional biasanya terjadi pada lereng yang tanahnya homogen. Bidang longsor berbentuk lingkaran dan dalam, dan massa tanah yang longsor

cenderung menyatu, walaupun kadang-kadang tampak adanya *scarp* di bagian atas longsor, longsor rotasional dapat terjadi pada timbunan atau galian.

#### 2. Longsor translasional

Longsor translasional terjadi pada bidang longsor datar dan massa tanah yang berbentuk baji. Bidang longsor dapat terjadi mengikuti lapisan tanah lempung lunak dengan kuat geser rendah, atau lapisan lanau tersisip diantara dua lapisan lempung.

#### 3. Aliran

Longsor ini berupa aliran lanau atau lumpur berupa gerakan material tanah dangkal di dekat permukaan. Aliran lumpur ini, sering terjadi pada lereng tajam yang tanah pembentukannya berupa pasir atau lanau dengan atau sedikit kandungan lempung.

#### 4. Longsor blok

Longsor blok biasanya terjadi dalam bentuk blok massif dari material tanah atau batuan yang bergerak dalam satu kesatuan dan terjadi disepanjang bidang longsortertentu. Longsor tipe ini sangat berbahaya karena terjadi sangat cepat dan tanpa tanda-tanda awal.

#### 5. Runtuhan Batuan

Runtuhan batuan terjadi dalam bentuk jatuhnya batu-batu ke permukaan jalan. Batuan jatuh akibat pelapukan lapisan batuan yang berada di bawahnya.

#### 6. Rayapan (*Creep*)

Rayapan atau rangkakan (*creep*) merupakan gerakan tanah atau batuan pembentuk lereng yang kurang lebih kontinyu dalam arah tertentu. Rayapan ini terjadi pada tanah di dekat permukaan maupun pada kedalaman tertentu.

### 2.5.3 Stabilitas lereng

Gaya-gaya gravitasi cenderung menyebabkan ketidak stabilan pada lereng alami. Jika komponen gravitasi sedemikian besar sehingga perlawanan terhadap geseran yang dapat dikerahkan oleh tanah pada bidang longsornya terlampaui, maka

akan terjadi kelongsoran lereng. Pada perhitungan selanjutnya, dalam metode ini dianalisa gaya-gaya yang bekerja pada setiap irisan. Berdasarkan Hardiyatmo (2014), faktor keamanan didefinisikan sebagai nilai banding antara gaya yang menahan dan gaya yang menggerakkan, atau dapat dilihat pada persamaan 2.9 berikut ini.

$$SF = \frac{\tau}{\tau d} \quad (2.9)$$

Keterangan:

$\tau$  = tahanan geser yang dapat dikerahkan tanah (kN/m<sup>2</sup>)

$\tau d$  = tegangan geser yang terjadi akibat gaya berat tanah yang akan longsor (kN/m<sup>2</sup>)

SF = faktor aman

Menurut teori Mohr-Coulomb dalam Hardiyatmo (2014) menyebutkan tahanan terhadap tegangan geser ( $\tau$ ) yang dapat dikerahkan oleh tanah, disepanjang bidang longsohnya yang dapat dilihat di persamaan 2.10.

$$\tau = c + \sigma tg\phi \quad (2.10)$$

Keterangan :

$\tau$  = tegangan geser (kN/m<sup>2</sup>).

$c$  = kohesi (kN/m<sup>2</sup>).

$\phi$  = sudut geser dalam tanah (derajat)

$\sigma$  = tegangan normal (kN/m<sup>2</sup>)

Dengan cara yang sama, tegangan geser yang terjadi ( $\tau d$ ) akibat beban tanah dan beban-beban lain pada bidang longsohnya dihitung dengan persamaan 2.11.

$$\tau d = cd\sigma tg\phi d \quad (2.11)$$

Substitusi dari Persamaan 2.10 dan Persamaan 2.11 ke Persamaan 2.12 diperoleh faktor aman seperti pada persamaan 2.12.

$$SF = \frac{c + \sigma x tg}{\sigma x d + \sigma x tg\phi x d} \quad (2.12)$$

$$c x d + \sigma x tg\phi x d = \frac{c}{SF} + \sigma \frac{tg\phi}{SF} \quad (2.13)$$

#### 2.5.4 Stabilitas dinding penahan tanah

Stabilitas dinding penahan tanah terdiri dari kontrol terhadap guling dan geser. Pengecekan stabilitas ini dilakukan setelah semua gaya-gaya yang bekerja pada dinding penahan tanah telah diketahui hasilnya. Total gaya yang bekerja pada dinding penahan tanah digabungkan sesuai dengan arah momen dan gaya yang bekerja pada dinding penahan tanah itu sendiri, kemudian gaya-gaya yang bekerja tersebut diuji kestabilannya terhadap guling dan geser. Selain itu, pengecekan terhadap stabilitas daya dukung tanah perlu juga dilakukan untuk mengetahui keamanan stabilitasnya.

##### A. Stabilitas terhadap geser

Kontrol stabilitas terhadap geser dilakukan dengan membagi jumlah gaya yang menahan dinding penahan tanah terhadap penggeseran dengan jumlah gaya tekan arah horisontalnya dan hasilnya harus lebih besar atau sama dengan faktor amannya yaitu 1,5. Gaya-gaya yang menggeser dinding penahan tanah akan ditahan oleh sebagai berikut:

- a. Gesekan antara tanah dengan dasar fondasi.
- b. Tekanan tanah pasif bila di depan dinding penahan terdapat tanah

Dengan menggunakan rumus persamaan yaitu:

$$F_{S_{\text{geser}}} = \frac{\sum R_h}{\sum P_h} \quad (2.14)$$

$$\sum R_h = c \times B \times \sum W \times \tan \varphi \quad (2.15)$$

Keterangan:

- $c$  = kohesi tanah dasar
- $B$  = lebar kaki dinding penahan (m)
- $\sum W$  = berat total dinding penahan dan tanah diatas pelat pondasi
- $\varphi$  = sudut geser dalam

##### B. Stabilitas terhadap guling

Momen penggulingan ini dilawan oleh momen akibat berat sendiri dinding penahan tanah dan momen akibat berat tanah di atas pelat pondasi. Kontrol

stabilitas terhadap guling dilakukan dengan membagi total momen tahan yang bekerja pada dinding penahan tanah dengan total momen gulingnya dan hasilnya harus lebih besar atau sama dengan faktor amannya yaitu 1,5. Dengan menggunakan rumus persamaan yaitu:

$$Fs_{\text{guling}} = \frac{\sum Mt}{\sum Mg} \quad (2.16)$$

Keterangan:

$\sum Mt$  = jumlah momen melawan guling (kN.m)

$\sum Mg$  = jumlah momen menyebabkan guling (kN.m)

#### C. Daya dukung tanah

Kontrol stabilitas terhadap daya dukung tanah, dilakukan dengan menghitung kapasitas dukung ultimit. Kapasitas dukung ultimit dihitung dengan menggunakan persamaan Terzaghi untuk beban miring dan eksentris (*Hardiyatmo, H. C, 1994*)

$$qu = c \times Nc \times Fcd \times Fci + q \times Nq \times Fqd \times Fqi + 0.5 \times B' \times N\gamma \times F\gamma d \times F\gamma i \quad (2.17)$$

Keterangan:

$qu$  = kapasitas hitung ultimit;

$Nc, Nq, N\gamma$  = faktor kapasitas dukung Terzaghi

$\gamma$  = berat volume tanah (kN/m<sup>3</sup>)

$c$  = kohesi tanah (kN/m<sup>2</sup>)

#### D. Faktor keamanan

Faktor keamanan terhadap stabilitas daya dukung tanah harus lebih besar atau sama dengan 2, menggunakan persamaan Terzaghi:

$$SF = \frac{qu}{q_{max}} = \left( \frac{qu}{(\sum V)/B(1-6e/B)} \right) \quad (2.18)$$

$Fs = 1$ , maka tanah dalam keadaan akan longsor. Umumnya, harga 1,5 untuk angka keamanan terhadap kekuatan geser dapat diterima untuk merencanakan stabilitas suatu dinding penahan tanah. Besar faktor keamanan sangat tergantung pada kualitas



hasil penyelidikan tanah dan pengalaman perencana. Semakin rendah kualitas penyelidikan tanah dan pengalaman perencana maka semakin besar faktor keamanan (Ramadhan et al., 2019a).

Berikut di bawah ini adalah nilai-nilai faktor kapasitas dukung Terzaghi (1943) dalam Hardiyatmo (2014) yang dapat dilihat pada Table 2.7.

Tabel 2. 7 Nilai faktor kapasitas dukung terzaghi (1943) (*Hardiyatmo, 2014*)

Ø	Keruntuhan geser umum			Keruntuhan geser lokal		
	Nc	Nq	N $\gamma$	Nc'	Nq'	N $\gamma$ '
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

Menurut Bowles (1984) membedakan tingkat longsor berdasarkan faktor aman dapat dilihat pada Tabel 2.8.

Tabel 2. 8 Nilai faktor aman terhadap bidang longsor (*Bowles, 1984*)

Faktor Aman	Kejadian
$SF \leq 1,07$	Longsor sering terjadi (lereng labil)
$1,07 \leq SF \leq 1,25$	Longsor dapat terjadi (lereng kritis)
$SF \geq 1,25$	Longsor jarang terjadi (lereng relatif stabil)

#### E. Eksentrisitas

Eksentrisitas ( $e$ ) diperoleh dengan mengambil jumlah momen terhadap pusat

dasar dinding sama dengan nol.

$$e = \frac{B}{2} - \frac{\sum Mp + \sum Ma}{\sum Mw} \quad (2.19)$$

Keterangan:

$Ma$  = momen tekanan aktif (ton.m)

$Mp$  = momen tekanan pasif (ton.m)

$Mw$  = momen berat sendiri bangunan (ton.m)

Analisis stabilitas dinding penahan tanah mempunyai peran yang sangat penting pada perencanaan konstruksi-konstruksi sipil. Lereng yang tidak stabil sangatlah berbahaya terhadap lingkungan sekitarnya, oleh sebab itu analisis stabilitas dinding penahan tanah sangat diperlukan. Ukuran kestabilan dinding penahan tanah diketahui dengan menghitung besarnya faktor keamanan (Pangemanan et al., 2014).

Maksud analisis stabilitas adalah untuk menentukan faktor aman dari bidang longsor yang potensial. Faktor aman didefinisikan sebagai nilai banding antara gaya yang menahan dan gaya yang menggerakkan (Mina et al., 2019).

## 2.6 Metode Fellenius

Analisis stabilitas lereng cara Fellenius (1927) menganggap gaya-gaya yang bekerja pada sisi kanan-kiri dari sembarang irisan mempunyai resultan nol pada arah tegak lurus bidang longsor. Faktor aman didefinisikan sebagai berikut:

$$F = \frac{\text{jumlah momen dari tahanan geser sepanjang bidang longsor}}{\text{jumlah momen dari berat massa tanah yang longsor}} \quad (2.20)$$

$$F = \frac{\sum Mr}{\sum Md} \quad (2.21)$$

Lengan momen dari berat massa tanah tiap irisan adalah  $R \sin \Theta$ , maka:

$$\sum Md = \sum_{i=1}^{i=n} Wi \sin \Theta_i \quad (2.22)$$

Dengan cara yang sama, momen menahan tanah yang akan longsor adalah:

$$\sum Mr = R \sum_{i=1}^{i=n} cai + (Wi \cos \theta_i \operatorname{tg} \varphi) \quad (2.23)$$

Sehingga persamaan untuk faktor aman menjadi:

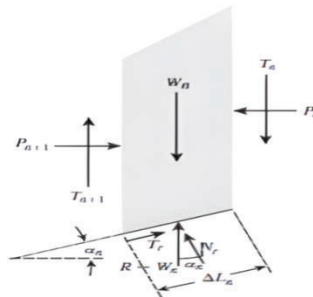
$$F = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} c a_i + (W_i \cos \theta_i \operatorname{tg} \varphi)}{\sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin \theta_i} \quad (2.24)$$

Keterangan:

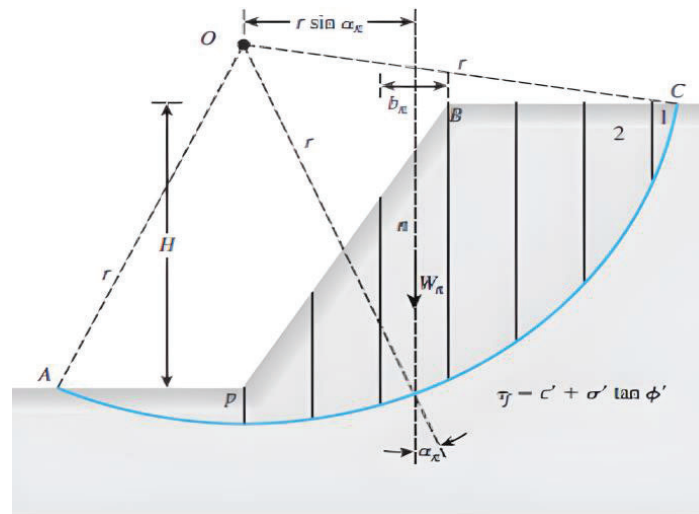
- $R$  = jari-jari lingkaran bidang longsor
- $n$  = jumlah irisan
- $W_i$  = berat massa tanah irisan ke-i
- $a_i$  = panjang lengkung lingkaran pada irisan ke-i
- $\varphi$  = sudut geser dalam tanah (derajat/ $^{\circ}$ )
- $c$  = kohesi tanah ( $\text{kN/m}^2$ )

Metode ini dilakukan dengan cara membagi bidang longsor ke beberapa irisan agar lebih mudah dilakukan analisis terhadap faktor keamanan lereng. Adapun langkah-langkah perhitungan dengan metode Fellenius adalah sebagai berikut:

1. Menentukan bidang lengkung kelongsoran dengan dibantu program *Autocad* untuk mendapat besarnya jari-jari  $R$  dan titik pusat lingkaran ( $P$ ).
2. Membagikan bidang longsor ke beberapa irisan agar memudahkan perhitungan luas bidang longsor secara akurat.
3. Menentukan sudut bidang longsor pada tiap-tiap irisan.
4. Melakukan perhitungan luas tiap-tiap irisan menggunakan persamaan luas berdasarkan bentuk-bentuk irisan.
5. Melakukan perhitungan berat irisan tanah ( $W$ ).
6. Menghitung faktor keamanan lereng dengan menggunakan persamaan 2.24.



Gambar 2. 5 Gaya yang bekerja pada irisan



Gambar 2. 6 Irisan pada bidang longsor

## 2.7 Beban Gempa

Pada setiap konstruksi bangunan pasti selalu memperhitungkan adanya faktor gempa. Faktor gempa adalah suatu faktor yang sangat penting karena mempengaruhi keamanan dan kestabilan suatu bangunan. Gaya gempa ditentukan oleh berat konstruksi itu sendiri dan juga ditentukan oleh koefisien gempa (Sugianti, 2013).

Faktor minimum adalah 0,1 percepatan gravitasi yang dipertimbangkan untuk mengalikan dengan massa bangunan sebagai gaya horisontal menuju ke arah yang paling tidak aman pada struktur bangunannya (*Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, 2013*). Koefisien gempa yang digunakan didasarkan pada Peta Zona Gempa Indonesia (2004) yang diterbitkan oleh Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. Koefisien gempa dapat dihitung dengan menggunakan 2.25.

$$ad = z \cdot ac \cdot V \quad (2.25)$$

$$k = ad/g \quad (2.26)$$

keterangan:

- $z$  = koefisien zona gempa;
- $ac$  = percepatan gempa dasar (g)
- $v$  = faktor koreksi pengaruh jenis tanah.

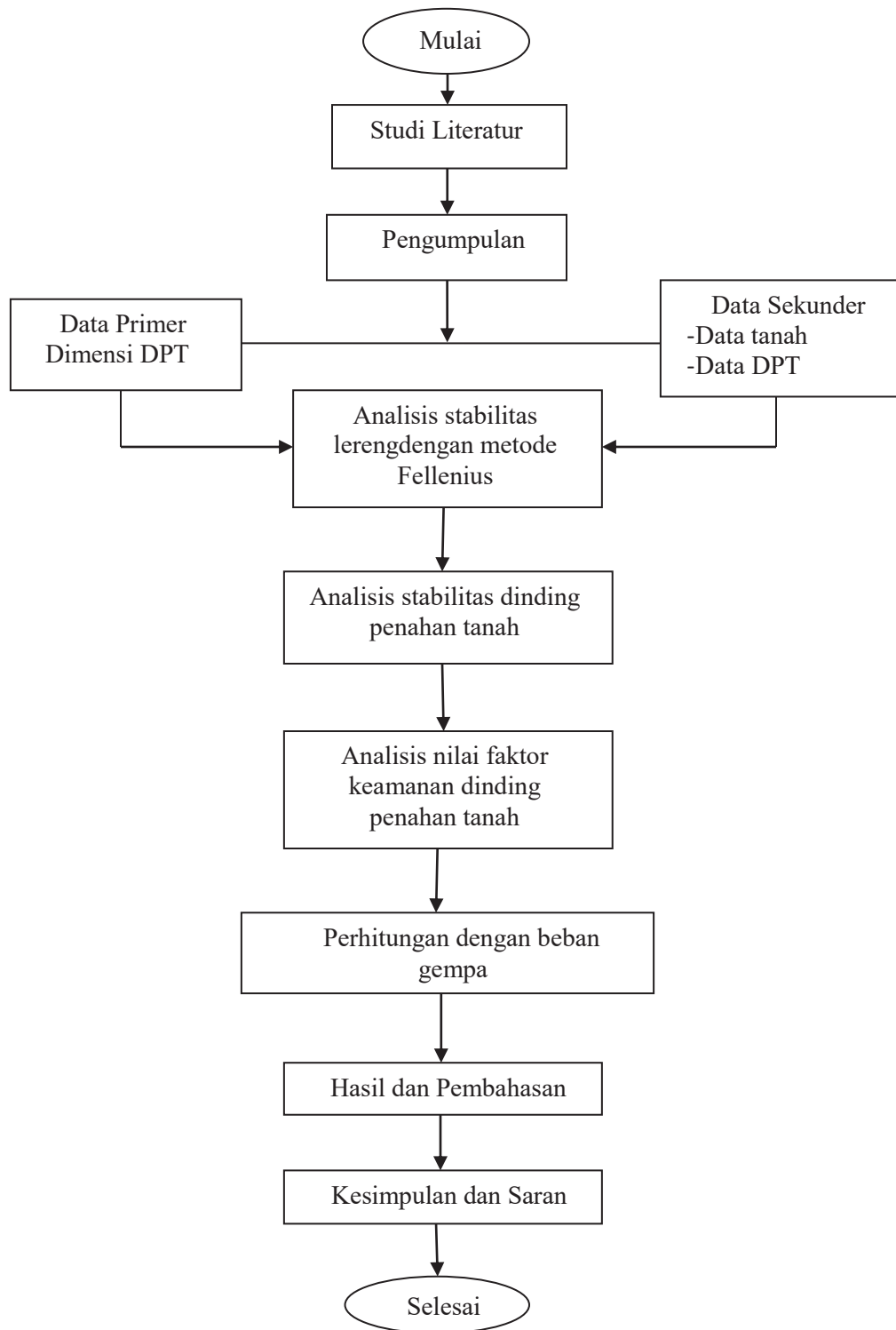
## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Tahapan Pelaksanaan Penelitian**

Tahapan pelaksanaan penelitian yang akan dilakukan terdiri dari beberapa tahapan, mulai dari tahapan persiapan, studi literatur, pengumpulan data, analisis stabilitas lereng, analisis stabilitas dinding penahan tanah, dan analisis faktor keamanan dinding penahan tanah.

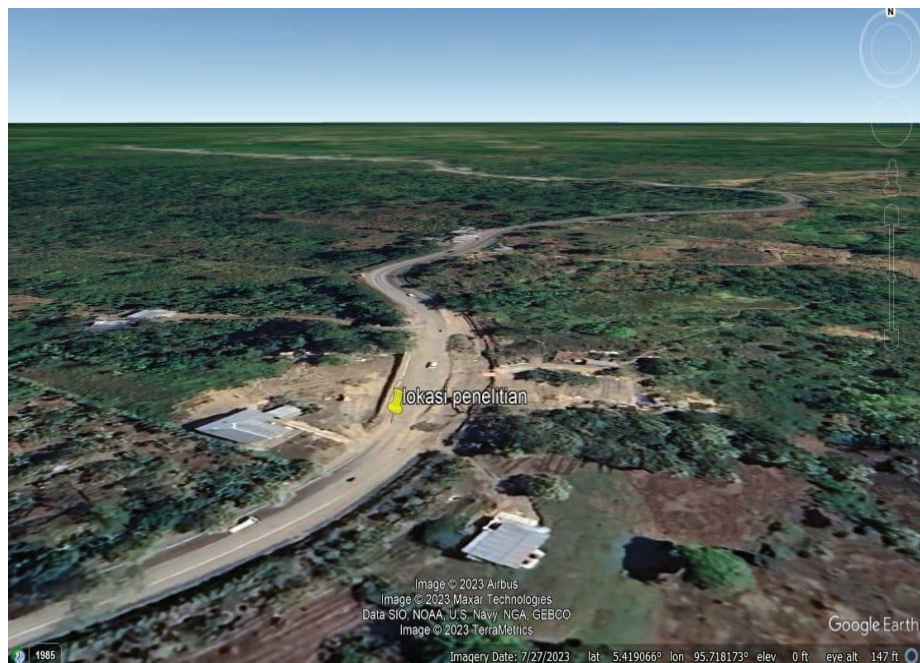
Tahapan persiapan dimulai dengan penentuan tema penelitian dan lokasi penelitian. Tahapan kedua yaitu melakukan studi literatur dengan mencari referensi yang sesuai dengan judul proposal dan menganalisis parameter-parameter yang nantinya akan digunakan. Tahapan selanjutnya adalah mengumpulkan data-data dan informasi yang berkaitan dengan objek yang akan diteliti. Setelah mendapatkan data-data yang diperlukan kemudian dilakukan penggambaran lereng yang akan diteliti dengan bantuan *software Autocad* untuk mendapatkan garis kemiringan lereng, kemudian menentukan pias-pias pada lereng untuk memudahkan menghitung berat tanah lereng. Setelah itu barulah kemudian melakukan analisis stabilitas dinding penahan tanah dengan menghitung nilai tekanan tanah lateral yaitu tekanan tanah aktif dan tekanan tanah pasif terlebih dahulu, setelah itu dilanjutkan menghitung stabilitas dinding penahan tanah terhadap guling, geser dan daya dukung. Hasil dari perhitungan stabilitas dinding penahan tanah kemudian dilakukan perhitungan faktor keamanan dinding penahan tanah sesudah dan sebelum diberikan beban gempa. Untuk nilai beban gempa penentuan zona gempa (zona Z) ditentukan berdasarkan letak koordinat dari Jalan Lambaro-Batas Kota Sigli STA 72+550, zona tersebut ditandai dengan warna orange sehingga zona tersebut memiliki angka koefisien 0,8 - 0,9 g, kemudian koefisien beban gempa dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.25. Tahapan penelitian dapat dilihat pada bagan alir pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Bagan alir tahapan pelaksanaan penelitian

### 3.2 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada Proyek Preservasi Jalan Lambaro-batas Kota Sigli STA 72+550 (Longsor dan Pelebaran Jembatan) Kecamatan Muara Tiga, Kabupaten Aceh Besar, Provinsi Aceh yang lokasinya dapat dilihat pada Gambar 3.2.



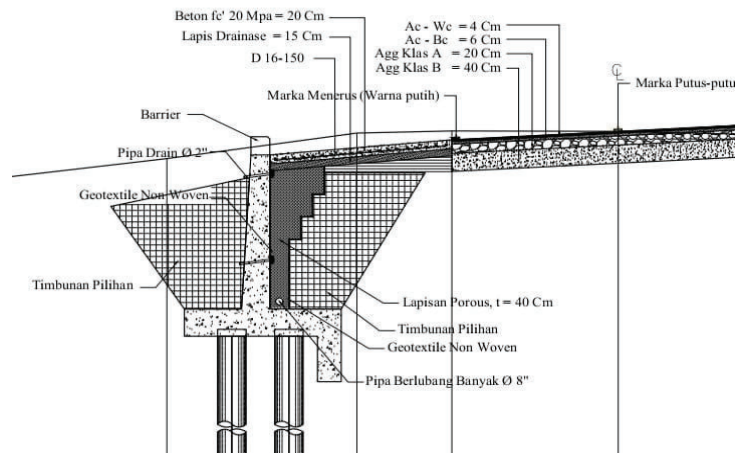
Gambar 3. 2 Lokasi penelitian

### 3.3 Pengumpulan Data

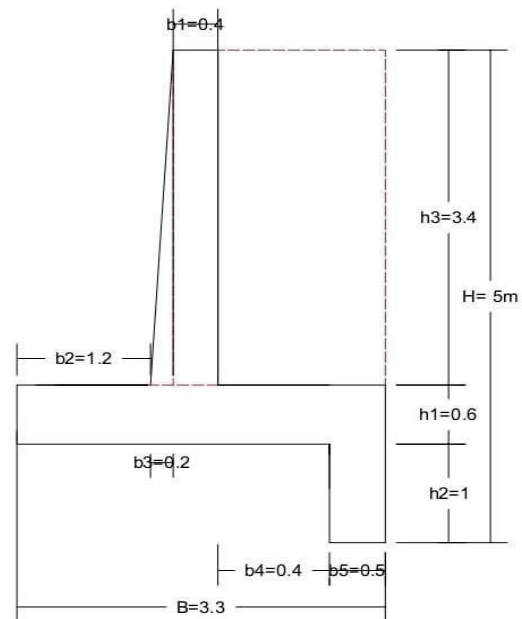
Sumber data dalam penelitian ini didapatkan dari Proyek Preservasi Jalan Lambaro - Batas Kota Sigli (Longsor dan Pelebaran Jalan) yang dilaksanakan oleh PT. Beutari Sejati Persada yang telah melakukan penyelidikan tanah. Data tanah yang diperlukan dalam dalam kegiatan ini dalam penelitian antara lain :

1. *Soil properties*, meliputi: berat isi tanah kering ( $\gamma_d$ ), berat isi tanah basah ( $\gamma_{sat}$ ), kadar air tanah ( $w$ ), berat jenis tanah ( $G_s$ )
2. *Soil Engineering*, meliputi: hasil dari uji geser (*Direct Shear Test*) dan uji kuat tekan (*Unconfined Test*).

Pada studi kasus ini dinding penahan tanah yang direncanakan akan dibangun pada jalan Lambaro-batas Kota Sigli menggunakan dinding penahan tanah dengan tipe kantilever dengan pondasi tiang pancang. Dinding penahan tanah eksisting dengan tipe kantilever dapat dilihat pada Gambar 3.3 dan dimensi dinding penahan tanah dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3. 3 Dinding penahan tanah eksisting



Gambar 3. 4 Dimensi dinding penahan tanah eksisting



### 3.4 Analisis dan Pengolahan Data

Untuk menghitung nilai faktor keamanan dinding penahan tanah metode yang akan digunakan ialah metode Fellenius. Jika nilai faktor keamanan lereng yang didapat tidak memenuhi nilai faktor keamanan lereng minimum sesuai dengan persyaratan perencanaan geoteknik SNI 8460-2017 maka dapat dilakukan pergantian jenis perkuatan pada lereng untuk meningkatkan nilai stabilitasnya.

#### 3.4.1 Analisis stabilitas lereng metode Fellenius

Analisis stabilitas lereng dilakukan untuk mengetahui nilai faktor aman pada suatu lereng, dengan diketahuinya angka nilai faktor aman maka memudahkan untuk merencanakan pembangunan pada lereng tersebut dan untuk mengetahui resiko keruntuhan pada lereng tersebut, dan juga untuk mengetahui apakah lereng tersebut stabil atau tidak, jika lereng tersebut tidak stabil maka kita dapat melakukan perkuatan pada lereng tersebut. Metode ini dilakukan dengan cara membagi bidang longsor ke beberapa irisan agar lebih mudah dilakukan analisis terhadap faktor keamanan lereng. Adapun langkah-langkah perhitungan dengan metode *Fellenius* adalah sebagai berikut:

1. Menentukan bidang lengkung kelongsoran dengan dibantu program *Autocad* untuk mendapat besarnya jari-jari R dan titik pusat lingkaran (P).
2. Bidang longsor dibagi ke beberapa irisan agar memudahkan perhitungan luas.
3. Menentukan sudut bidang longsor pada tiap-tiap irisan.
4. Melakukan perhitungan luas tiap-tiap irisan menggunakan persamaan luas berdasarkan bentuk-bentuk irisan.
5. Melakukan perhitungan berat irisan tanah (W).
6. Menghitung faktor keamanan lereng dengan menggunakan persamaan 2.24.

#### 3.4.2 Analisis stabilitas

Untuk mencari stabilitas dinding penahan tanah yang pertama dilakukan adalah mencari parameter tanah pada lokasi tersebut. Parameter tanah yang

digunakan adalah nilai kohesi, nilai sudut geser dan berat jenis tanah. Untuk nilai kohesi dan sudut geser tanah didapat dari pengujian *triaxial (Triaxial Test)* dan pengujian kuat geser langsung (*Direct Shear Test*). Data tanah yang didapat akan digunakan untuk menghitung stabilitas lereng.

Sebelum menghitung nilai faktor keamanan maka terlebih dahulu untuk mencari stabilitas dinding penahan tanah terhadap guling, geser dan terhadap daya dukung menggunakan metode *Fellenius*. Untuk mencari stabilitas terhadap geser dapat menggunakan persamaan 2.14. Untuk mencari stabilitas terhadap guling dapat digunakan persamaan 2.16. Untuk menghitung stabilitas terhadap daya dukung dapat menggunakan persamaan 2.17, dari hasil stabilitas dinding penahan tanah tersebut barulah bisa menghitung faktor aman.

### 3.5 Beban Gempa

Lokasi jalan Lambaro-batas Kota Sigli STA 72+550 terdiri batuan maka faktor koreksi  $v = 0.8$  Percepatan gempa pada lokasi tersebut memiliki koefisien gempa (E) berkisar antara 0,8 g–0,9 g dengan periode ulang 10 tahunan. Untuk melihat periode ulang dan percepatan dasar gempa maka dapat dilihat pada Tabel 3.1

Tabel 3. 1 Periodeulang dan percepatan dasar gempa(*KP-06, 2009*)

Periode ulang (tahun)	Ac (gal=cm/det <sup>3</sup> )
10	90
20	130
100	190
200	220
500	250
1000	280
5000	330

Koreksi pengaruh jenis tanah setempat sesuai SNI 03-1726-2002 diuraikan dalam Tabel 3.2.

Tabel 3. 2 Faktor koreksi jenis tanah setempat (SNII 03-1726-2002)

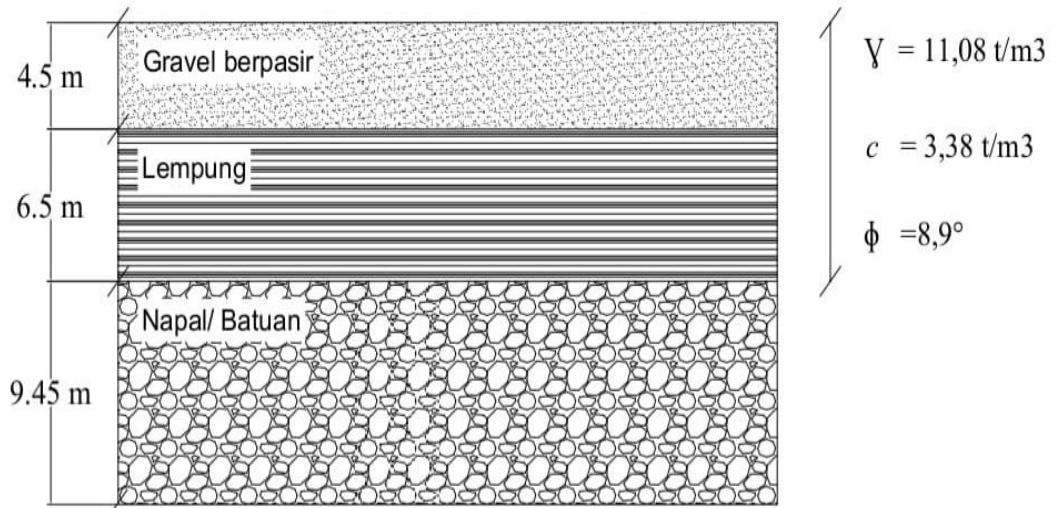
Kelompok	Jenis tanah	Periode perdominan $T_s$ (detik)	Koreksi V
1	Batuan: a) Perlapisan terbentuk sebelum periode kuarter disebut batuan b) Lapisan diluvial diatas lapisan batuan dengan tebal kurang 10 m	$T_s \leq 0,25$	0,80
2	Diiluvial: a) Lapisan diluvial di atas lapisan batuan dengan tebal lebih dari 10 m b) Lapisan alluvial di atas lapisan batuantebal kurang dari 10 m	$0,25 < T_s \leq 0,50$	1,00
3	Alluvium	$0,25 < T_s \leq 0,50$	1,10
4	Alluvium lunak	$T_s \geq 0,75$	1,20

Catatan:

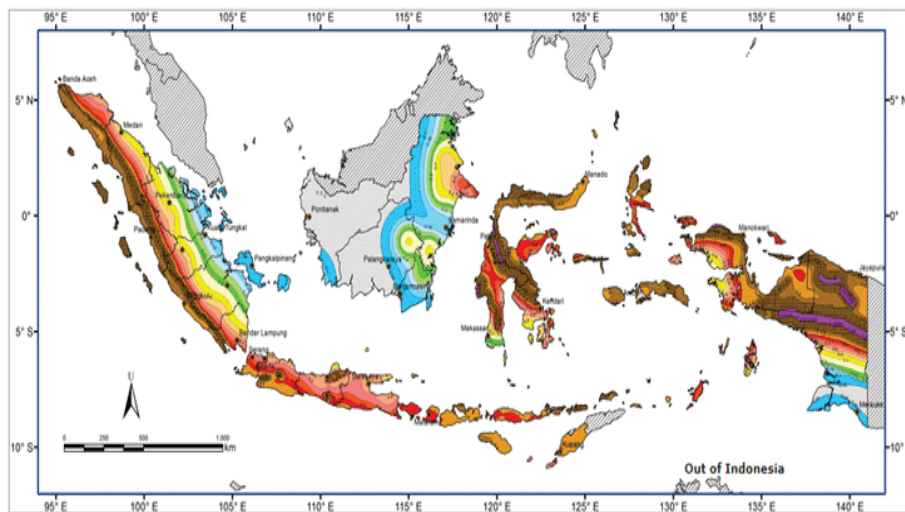
- 1) Yang termasuk dalam lapisan diiluvial adalah lapisan pasir padat, kerikil bongkahan, lempung keras.
- 2) Yang termasuk lapisan alluvial adalah lapisan endapan baru seperti endapan sungai, longsoran.

Penentuan nilai faktor koreksi ditentukan berdasarkan data dari laporan penyelidikan mekanika tanah. Adapun ruas jalan Lambaro-batas Kota Sigli yaitu berupa lapisan batuan, sehingga untuk nilai faktor koreksi yang diambil adalah 0,8. Diagram fase tanah pada STA 72+550 dapat dilihat pada Gambar 3.5.

Penentuan zona gempa (zona Z) ditentukan berdasarkan letak koordinasi dari lokasi yang akan diteliti yaitu jalan Lambaro-Batas Kota Sigli. Jalan Lambaro-batas Kota Sigli STA 72+550 tersebut terletak pada bagian yang berwarna orange, sehingga zona tersebut memiliki angka koefisien 0,8 g - 0,9 g dan pada penelitian ini diambil koefisien 0,9 g. Peta zona gempa dapat dilihat pada Gambar 3.6.



Gambar 3. 5 Diagram fase tanah pada jalan Lambaro-batas Kota Sigli STA 72+550



KETERANGAN ( $S_S, MCE_R$ ):

Area dengan spektrum respons percepatan konstan 150% g	0.1 - 0.15 g	0.25 - 0.3 g	0.5 - 0.6 g	0.8 - 0.9 g	1.2 - 1.5 g	2.5 - 2.8 g
< 0.5 g	0.15 - 0.2 g	0.3 - 0.4 g	0.6 - 0.7 g	0.9 - 1.0 g	1.5 - 2.0 g	
0.05 - 0.1 g	0.2 - 0.25 g	0.4 - 0.5 g	0.7 - 0.8 g	1.0 - 1.2 g	2.0 - 2.5 g	

Dikembangkan oleh:  
Tim Revisi Peta Gempa Indonesia-2010 bersama dengan Tim Pengembangan Peta Gerak Tanah Seismik dan Koefisien Risiko.

Didukung Oleh:  
Kementerian Pekerjaan Umum (PU), Institut Teknologi Bandung (ITB), Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG), Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), Kementerian Riset dan Teknologi, Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) + Australia-Indonesia Facility for Disaster Reduction (AIFDR), dan software dari United States Geological Survey (USGS).

PETA ZONASI GEMPA INDONESIA



KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM

Jakarta, Juli 2010  
MENTERI PEKERJAAN UMUM,  
DIONO KIRMANTO

Gambar 3. 6 Peta zona gempa Indonesia

### 3.6 Penelusuran Penelitian Terdahulu

Penelusuran penelitian terdahulu adalah referensi yang sangat penting pada penelitian ini karena digunakan sebagai acuan dalam penelitian yang dilakukan. Berikut beberapa penelusuran penelitian terdahulu yang berhubungan dengan penelitian ini.

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Maria Febe dan Imam Haria Sasongko 2019) dengan judul Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah Dengan Perkuatan Bronjong Pada Jalan Tol Ulujami Pondok Ranji Ramp Bintaro Viaduct. Metode penelitian ini adalah Perhitungan tekanan tanah lateral menggunakan Teori Rankine, untuk perhitungan stabilitas daya dukung tanah dihitung dengan menggunakan persamaan Terzaghi, perhitungan stabilitas lereng menggunakan metode Fellenius dan perangkat lunak Plaxis. Didapati nilai faktor keamanan terhadap geser sebesar  $2,225 \geq 1,5$  (aman), terhadap guling sebesar  $1,740 \geq 1,5$  (aman), dan daya dukung tanah sebesar  $1,740 \geq 1,5$  (aman). Untuk faktor keamanan stabilitas lereng didapatkan nilai sebesar 1,67.

Pada penelitian yang dilakukan oleh (EndenMina, Woelandari Fathonah, Fricha Desy Candra Sari, 2019 ) dengan judul Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah Untuk Perkuatan Tebing Badan Jalan Suradita–Kranggan. Metode penelitian ini adalah Analisis stabilitas lereng menggunakan metode Fellenius menghitung stabilitas talud bronjong menggunakan teori Rankine dan Coulomb. Dari hasil analisis stabilitas lereng yang diperkuat dengan bronjong menggunakan pondasi *bore pile* menunjukkan bahwa stabilitas terhadap gaya geser tidak aman, sehingga penulis merekomendasi-kan perkuatan lereng menggunakan turap beton.

Dengan hasil perhitungan diperoleh perencanaan kedalaman turap beton  $D = 7,129$  m, total panjang turap yang digunakan  $L = 13,767$  m ~ 14 m dengan  $M_{max} = 13,51$  ton m. Tipe turap beton yang digunakan 50 x 22 cm tipe E. Analisa stabilitas tanah yang diperkuat dengan turap beton diperoleh nilai deformasi lateralnya sebesar 43,88 mm yang menunjuk-kan bahwa hasil deformasi lebih. Hasil analisis stabilitas lereng sebelum diberikan pekuatan berdasarkan perhitungan faktor keamanan dengan

metode Fellenius menggunakan perhitungan manual diperoleh nilai sebesar 1,325 sedangkan dengan *software Rocscience Slide* metode Fellenius diperoleh sebesar 1,244 dan dengan metode Bishop menggunakan perhitungan manual diperoleh nilai sebesar 1,331 sedangkan dengan *software Rocscience Slide metode Bishop* diperoleh sebesar 1,292. Dari hasil ke empat analisis SF, menunjukkan bahwa hasil SF dengan perhitungan manual didapat lebih besar dari hasil SF menggunakan *software Rocscience Slide*.

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Wihardi, Munirwansyah, Sofyan M. Saleh) dengan judul Analisis Stabilitas Lereng Menggunakan *Software Plaxis 8.6* Dengan Dinding Penahan Tanah (*Retaining Wall*) (Studi Kasus Ruas Jalan Nasional Banda Aceh-Medan Sta 83+135 Gunung Seulawah). Metode yang digunakan pada penelitian ini Metode elemen hingga. Total *displacement* (Perpindahan Total) yang terjadi setelah dilakukan perkuatan lereng dengan dinding penahan tanah, pemasangan 3 (tiga) ankur dengan panjang 15 (lima belas) meter dan sudutnya  $75^\circ$  dan mengubah sudut kemiringan lereng menjadi  $15^\circ$  dengan menggunakan *software Plaxis* akibat pengaruh beban lalu lintas sebesar  $12 \text{ kN/m}^2$  yaitu  $2,94 \times 10^3 \text{ m}$ . Faktor Keamanan pada kondisi existing dengan menggunakan *software Plaxis* pada Ruas Jalan Banda Aceh – Medan Sta 83+135 Gunung Selawah adalah tidak aman. Faktor keamanan sesudah dilakukan perkuatan dan mengubah sudut kemiringan lereng menjadi  $15^\circ$  dengan *software Plaxis* akibat pengaruh beban lalu lintas adalah aman.

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Mila K. Wardani, Felicia T. Nuciferani, Mohamad F.N. Aulady) dengan judul Perencanaan Dinding Penahan Tanah Untuk Menanggulangi Kelongsoran Pada Kompleks Peternakan Ayam Di Kecamatan Kandangan, Kediri, Jawa Timur. Metode yang digunakan pada penelitian ini Dengan melakukan analisa stabilitas lereng. Dengan pembagian pias sebanyak 5, maka nilai SF terendah didapatkan dengan metode *Entry and Exit*. Pada pembagian pias sampai dengan 50 nilai SF juga masih belum memenuhi standar keamanan yang ada. Semakin besar nilai pembagian pias, maka nilai SF juga cenderung mengecil.

Dapat diketahui bahwa nilai SF lereng pada Kecamatan Kandangan, Kabupaten Kediri masih belum memenuhi syarat keamanan, maka perlu dilakukan perbaikan, dengan membuat terasiring, namun nilai SF masih belum memenuhi standar keamanan, maka dilakukan kombinasi perbaikan yaitu terasiring dan penambahan beronjong. Dengan kombinasi tersebut didapatkan nilai SF terkecil adalah 1.541 dimana memenuhi batas aman penanggulangan kelongsoran.

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Ramadhan et al., 2019b) dengan judul Faktor Keamanan Stabilitas Lereng pada Kondisi Eksisting dan Setelah Diperkuat Dinding Penahan Tanah Tipe *Counterfort* dengan Program *Plaxis*. Metode yang digunakan pada penelitian ini menggunakan metode irisan. Hasil analisis stabilitas lereng pada kondisi eksisting menggunakan program *Plaxis 2D* dengan beban kendaraan yaitu sebesar  $15 \text{ kN/m}^2$ , persyaratan aman yang diizinkan  $> 1,25$ . Faktor Keamanan pada kondisi existing (*natural condition*) dengan Program *Plaxis 2D* dan metode irisan pada Km 438+775 adalah sebesar 1,038 dengan kondisi lereng tidak aman ( $\text{SF} < 1,25$ ). Hasil analisis stabilitas lereng pada kondisi eksisting dengan menggunakan program *Plaxis 2D*, menunjukkan bahwa faktor keamanan (*safety factor*) pada Km 438+775 yaitu sebesar 1,038 dengan kondisi lereng tidak aman ( $\text{SF} < 1,25$ ). Hasil analisis stabilitas lereng pada kondisi eksisting dengan menggunakan metode irisan (*ordinary method*), dalam memudahkan perhitungan untuk mendapatkan faktor keamanan (*safety factor*), maka dilakukan dengan cara membagikan bidang longsor (*slip surface*) kedalam beberapa irisan. Faktor Keamanan setelah diperkuat dinding penahan tanah tipe *Counterfort* dengan Program *Plaxis 2D* pada Km 438+775 adalah sebesar 1,268 dengan kondisi lereng tidak aman ( $\text{SF} < 1,50$ ).

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Ciptaning et al., 2018) dengan judul Analisis Stabilitas Lereng Dengan Kontruksi Dinding Penahan Tanah Tipe *Counterfort*. Metode yang digunakan pada penelitian ini Metode Fellenius menggabungkan pemodelan menggunakan *software Geoslope*. Faktor Keamanan pada kondisi *existing* dengan cara manual (metode Fellenius) dan *software* (program

*Geo Slope*) pada semua titik tinjauan adalah tidak aman dengan daerah kelongsoran di atas kecuali STA 13+885 dengan daerah kelongsoran di bawah. Faktor Keamanan dinding penahan tanah tipe *Counterfort* yang didapat stabilitas terhadap guling, stabilitas terhadap geser dan stabilitas daya dukung adalah kondisi aman.

Faktor Keamanan pada kondisi existing dengan cara manual (metode Fellenius) dan *software* (program *Geo Slope*) pada semua titik tinjauan adalah tidak aman dengan daerah kelongsoran di atas kecuali STA 13+885 dengan daerah kelongsoran di bawah. Faktor Keamanan sesudah dilakukan perkuatan lereng dengan dinding penahan tanah tipe *Counterfort* dengan *software* (program *Geo Slope*) akibat pengaruh beban gempa pada STA 13+885 adalah tidak aman. Penanganan dilakukan pada kelongsoran di bagian sebelah bawah lereng pada STA 13+885 dengan dinding penahan tanah tipe *Counterfort*. Faktor Keamanan sesudah dilakukan perkuatan lereng dengan dinding penahan tanah tipe *Counterfort* dengan *software* (program *Geo Slope*) akibat pengaruh beban gempa pada STA 13+885 adalah tidak aman. Perlu dilakukan penanganan tambahan dengan cara mengubah sudut kemiringan lereng agar nilai faktor keamanan (FK) > 1,5.

Beberapa penelitian terdahulu disajikan dalam bentuk tabel yang dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3. 3 Penelitian terdahulu

No	Peneliti	Variabel	Metode	Output
1	Febe, M., & Sasongko, I. H. (2019). Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah Dengan Perkuatan Bronjong Pada Jalan Tol Ulujami – Pondok Ranji Ramp Bintaro Viaduct. <i>Construction And Material Journal</i> , 1(1), 91–100.	Dinding penahan tanah, bronjong, stabilitas dinding penahan	Perhitungan tekanan tanah lateral menggunakan Teori Rankine, untuk perhitungan stabilitas daya dukung tanah dihitung dengan menggunakan persamaan Terzaghi, perhitungan stabilitas lereng dengan menggunakan metode Fellenius dan perangkat lunak Plaxis	Nilai stabilitas lereng dan faktor keamanan didapatkan dengan nilai diatas batas standar (aman)



2	Mina, E., Fathonah, W., & Sari, F. D. C. (2019). Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah Untuk Perkuatan Tebing Badan Jalan Suradita - Kranggan. <i>Fondasi : Jurnal Teknik Sipil</i> , 8(1)	Stabilitas lereng, talud bronjong, turap beton	Analisis stabilitas lereng menggunakan metode Fellenius menghitung stabilitas talud bronjong menggunakan teori Rankine dan Coulomb.	Dengan hasil perhitungan diperoleh perencanaan kedalaman turap beton 50 x 22 cm tipe E.
3	Setiawan, H. (2012). Perbandingan Penggunaan Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever Dan Gravitasi Dengan Variasi Ketinggian Lereng. <i>Journal Teknik Sipil Dan Infrastruktur</i> , 1(2), 36-57.	Retaining wall, plaxis	Metode elemen hingga	Faktor Keamanan adalah tidak aman. Faktor Keamanan sesudah dilakukan perkuatan dan mengubah sudut kemiringan lereng adalah aman.
4	Mila K. Wardani (2018) erencanaan dinding penahan tanah untuk menanggulangi kelongsoran pada kompleks peternakan ayam di Kecamatan Kandangan, Kediri, Jawa Timur. <i>Borneo Engineering: Jurnal Teknik Sipil</i> ISSN 2581-1134 Vol. 2 No. 2	Longsor, dinding penahan tanah, kombinasi terasering, bronjong	Metode analisa kelongsoran	nilai SF lereng pada belum memenuhi syarat keamanan, maka perlu dilakukan perbaikan.. setelah dilakukan perbaikan didapat nilai SF aman .
5	Ramadhan, R., Munirwansyah, M., & Sungkar, M. (2019). Faktor Keamanan Stabilitas Lereng Pada Kondisi Eksisting Dan Setelah Diperkuat Dinding Penahan Tanah Tipe Counterfort Dengan Program Plaxis. <i>Reka Buana : Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Dan Teknik Kimia</i> , 5(1), 1-11.	Longsoran, counterfort	Metode Irisan	Faktor Keamanan tidak aman (SF < 1,25). Faktor Keamanan setelah diperkuat dinding penahan tanah tipe Counterfort kondisi lereng tidak aman (SF < 1,50).

6	Ciptaning, K., Yunus, Y., & Saleh, S. M. (2018). Analisis Stabilitas Lereng Dengan Kontruksi Dinding Penahan Tanah Tipe Counterfort. <i>Jurnal Arsip Rekayasa Sipil Dan Perencanaan</i> , 1(2),	Longsor, geoslope, counterfort	Metode Fellinius menggabungkan pemodelan menggunakan software Geoslope.	Faktor Kemanan dinding penahan tanah tipe Counterfort yang didapat adalah kondisi aman.
7	Oscar Fithrah Nur , Abdul Hakam (2010). Analisa Stabilitas Dinding Penahan Tanah (Retaining Wall) Akibat Beban Dinamis Dengan Simulasi Numerik	Dinamika tanah, dinding penahan tanah, stabilitas dinamis.	Metode Fellinius	Stabilitas lereng aman
8	Donald Donny Supit (2019). Analisis Perhitungan Kestabilan Dinding Penahan Tanah Studi Kasus Proyek Interchange Manado	Stabilitas, kontrol gaya-gaya, dinding penahan tanah, beban gempa	Metode Fellinius	Stabilitas lereng aman, faktor keamanan lereng aman.
9	Melania Kalalo Jack H. Tico, Agnes T. Mandagi (2017). Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah (Studi Kasus: Sekitar Areal Pt. Trakindo, Desa Maumbi, Kabupaten Minahasa Utara)	Stabilitas Dinding Penahan Tanah, Muka Air Tanah, Gempa Pseudostatik, Faktor Keamanan	Menghitung stabilitas lereng dengan Metode Fellinius, faktor keamanan dengan persamaan terzaghi. Pemodelan dengan plaxis.	Faktor keamanan lereng aman, namun jika dipengaruhi beban gempa lereng menjadi tidak stabil.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil

Hasil penelitian ini dapat diperoleh apabila seluruh rangkaian analisis data telah dilakukan. Hasil dari penelitian ini terdiri dari analisis stabilitas lereng terhadap geser, guling, daya dukung dan faktor keamanan lereng.

##### 4.1.1 Pengujian laboratorium

Pengujian mekanika tanah dilakukan untuk mengetahui sifat fisis dan sifat mekanik dari tanah, seperti kadar air, spesifikasi graviti, berat isi, batas-batas *atterberg* (*atterberg limit*), analisa butir saringan, pengujian kuat tekan bebas, untuk mengetahui karakteristik tiap jenis tanah dan untuk perhitungan daya dukung tanah dan analisis penurunan (*settlement*) akibat beban pondasi maupun bangunan lainnya.

##### A. *Index and physical properties*

Pada pengujian ini didapatkan nilai dari kadar air tanah, berat jenis tanah, berat awal, berat kering dan nilai dari derajat kejenuhan. Hasil pengujian *Index and physical properties* dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 *Index and physical properties* (PT.Beutari Sejati Persada)

Kadar air (w)	(%)	28,65
Berat jenis (Gs)		2,6771
Berat awal ( $\gamma_n$ )	(gr / cc)	1,425
Berat kering ( $\gamma_d$ )	(gr / cc)	1,108
Derajat kejenuhan (Sr)	(%)	54,17

##### B. *Atterberg limit test*

Pada pengujian *atterberg limit* yang di amati adalah batas cair dan batas plastis. Pengujian *atterberg limit* dapat menggambarkan secara garis besar sifat-sifat tanah. Pengujian ini dilakukan dengan mengacu pada SNI 3422 :

2008. Hasil dari pengujian *atterberg limit* dapat dilihat pada Tabel 4.2 dibawah ini.

Tabel 4. 2 *Atterberg limit(PT.Beutari Sejati Persada)*

<i>Liquid limit</i>	LL (%)	67,66
<i>Plastic limit</i>	PL (%)	25,46
<i>Plastic index</i>	PI (%)	42,20
Klasifikasi tanah	LEMPUNG	CH or OH

### C. *Engineering properties*

Pada pengujian *engineering properties* terdiri dari pengujian *triaxial*, penguujian *direct shear*, konsolidasi dan pengujian tekanan bebas. Hasil dari pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 3 *Triaxial test, direct shear test, consolidation test, unconfinedcompression test(PT.Beutari Sejati Persada)*

<b>Triaxial test</b>		
Sudut geser dalam ( $\phi$ )	°	8,961
Kohesi (C)	kg/cm <sup>2</sup>	0,787
<b>Direct shear test</b>		
Sudut geser dalam ( $\phi$ )	°	8,507
Kohesi (Cm)	kg/cm <sup>2</sup>	0,338
<b>Consolidation test</b>		
Compression ratio (Cc)	%	0,258
Coefficient of consolidation (Cv avrg)	cm <sup>2</sup> /sec	0,00476
Initial void ratio		
<b>Unconfined compression test</b>		
Undisturbed compressive strain (Quu)	kg/cm <sup>2</sup>	1,868
Remolded compressive strain (Qur)	kg/cm <sup>2</sup>	0,407
Sensitivity (SI)	kg/cm <sup>2</sup>	4,592

### D. Analisis ukuran butir

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui klasifikasi dari tanah tersebut. Sifat-sifat tanah tertentu banyak tergantung kepada ukuran butirannya, besar butiran tanah juga merupakan dasar untuk mengklasifikasikan dan mendeskripsikannya. Hasil pengujian ukuran butir dapat dilihat di Tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Analisis ukuran butir (*PT.Beutari Sejati Persada*)

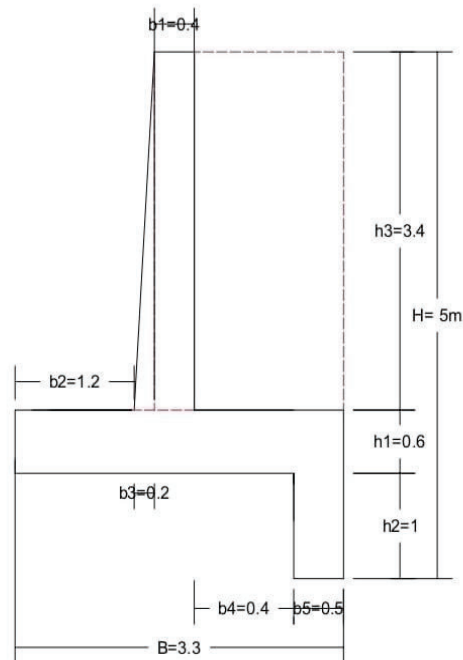
Kerikil	(%)	0,00
Pasir	(%)	11,03
Lanau	(%)	18,62
Lempung	(%)	70,35

#### 4.1.2 Stabilitas lereng

Analisis stabilitas lereng pada kondisi sebelum diberikan perkuatan dinding penahan tanah akan dilakukan perhitungan secara manual menggunakan metode Fellenius dengan bantuan *software Autocad*. Tahapan perhitungan stabilitas lereng dapat dilihat pada lampiran A. Untuk hasil yang didapat dari perhitungan manual nilai angka keamanan (*safety factor*) lereng sebelum diberikan perkuatan didapatkan nilai sebesar  $1,8 < 2$  yang berarti lereng dalam keadaan tidak aman.

#### 4.1.3 Dinding penahan tanah

Pada penelitian ini dinding penahan tanah yang diamati adalah tipe kantilever. Dimensi dari dinding penahan tanah dapat dilihat pada Gambar 4.1.

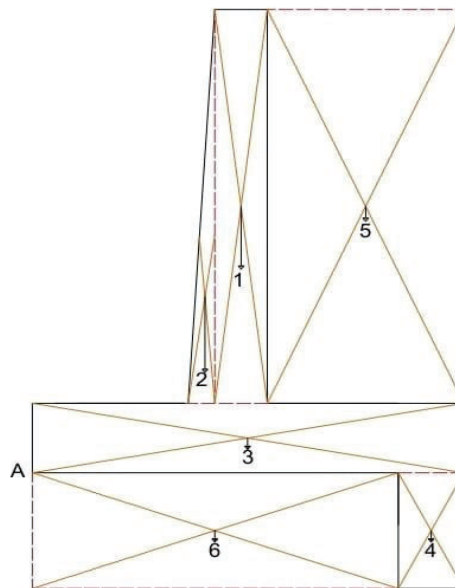


Gambar 4. 1 Dimensi dinding penahan tanah eksisting

Dari data sekunder yang diperoleh, data yang diketahui yaitu:

1. Mutu beton ( $f_c'$ ) = 20 Mpa
2. Berat volume beton ( $\gamma_c$ ) = 2,4 t/m<sup>3</sup>
3. Berat volume air ( $\gamma_w$ ) = 1 t/m<sup>3</sup>

Untuk menghitung nilai faktor keamanan lereng maka terlebih dahulu kita lakukan adalah menghitung beban yang bekerja pada dinding penahan tanah, diagram beban yang bekerja pada dinding dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4. 2 Diagram gaya yang bekerja pada dinding penahan tanah

Nilai dari beban yang bekerja pada dinding kantilever tanpa beban gempa dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4. 5 Beban yang bekerja pada dinding eksisting

Area	Luas (m <sup>2</sup> )	Berat (t/m)	Lengan momen terhadap titik A	Moment (ton.m)
1	1,36	3,264	1,6	2,053
2	0,34	0,816	1,33	1,254
3	2,46	4,752	2,5	7,84
4	0,5	1,92	3,05	3,28
5	5,1	5,56	2,55	6,037
6	0,6	3,1	1,4	4,34

Untuk menghitung tekanan tanah lateral menggunakan teori Rankine, teori ini memberikan analisis mengenai besar dari kedua jenis tekanan tanah lateral yang disebut dengan tekanan aktif dan tekanan pasif. Menurut teori Rankine tekanan pada dinding akan meningkat sesuai dengan kedalamannya. Untuk menghitung tekanan tanah lateral aktif menggunakan persamaan 2.4 dan untuk menghitung tekanan tanah lateral pasif menggunakan persamaan 2.6. Hasil analisis tekanan tanah lateral dinding penahan tanah dapat dilihat pada Tabel 4.6

Tabel 4. 6 Nilai tekanan tanah lateral

Jenis tekanan tanah	Koef. Tekanan	Tekanan tanah
Aktif	0,7294	3,712
Pasif	1,37	7,4797

#### 4.1.3 Analisis stabilitas dinding penahan tanah

Metode yang digunakan untuk menghitung stabilitas lereng yaitu dengan menggunakan metode fellinius yaitu dengan menganggap gaya-gaya yang bekerja pada sisi kanan-kiri dari sembarang irisan mempunyai resultan nol pada arah tegak lurus bidang longsor. Metode ini juga mengasumsikan gaya-gaya geser yang bekerja pada potongan dapat diabaikan sehingga hanya gaya-gaya horizontal yang dihitung. Hasil analisis stabilitas lereng eksisting tanpa tiang pancang dapat dilihat pada Tabel 4.7 berikut.

Tabel 4. 7 Hasil analisis stabilitas dinding penahan tanah tanah

Hasil	Tanpa beban gempa	Dengan beban gempa
Guling	7,5	4,87
Geser	2,93	3
Daya dukung	50t/m <sup>2</sup>	50 t/m <sup>2</sup>

#### 4.1.4 Analisis faktor keamanan

Faktor keamanan lereng dapat dihitung dengan menggunakan persamaan terzaghi dan didapatkan nilai faktor keamanan dinding penahan tanah sebelum diberi beban gempa sebesar 2,58 (aman) dan faktor keamanan dinding penahan

tanah dengan memperhitungkan beban gempa sebesar 2,58 (aman). Pada dinding yang bebaskan gaya gempa di dapatkan hasil dari perhitungan lebih rendah di dapatkan dari dinding yang tanpa beban gempa namun masih dalam angka yang aman.

## **4.2 Pembahasan**

Pembahasan dilakukan setelah didapatkan semua data-data yang diperlukan dalam penelitian ini yaitu berupa data laboratorium, dan juga ukuran dari dimensi dinding penahan tanah. Sehingga didapatlah data-data yang akan digunakan sebagai acuan untuk menyelesaikan penulisan skripsi. Dari data parameter tanah diatas maka dapat dilakukan analisa perbaikan stabilitas. Pada penelitian ini terlebih dahulu dilakukan analisa stabilitas eksisting tanpa beban gempa untuk mendapatkan nilai faktor aman lereng.

### **4.2.1 Analisis stabilitas lereng**

Hasil analisis stabilitas lereng sebelum diberi perkuatan dilakukan perhitungan secara manual dengan menggunakan metode Fellenius didapatkan hasil nilai faktor aman lereng sebesar  $1,29 < 1,5$ , sehingga lereng tersebut dapat dikategorikan tidak aman, hal ini juga didapatkan pada penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Maria Febe dan Imam Haria Sasongko (2019) dengan judul Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah Dengan Perkuatan Bronjong Pada Jalan Tol Ulujami Pondok Ranji Ramp Bintaro Viaduct didapatkan hasil nilai keamanan lereng sebesar 1,67.

### **4.2.2 Analisis stabilitas dinding penahan tanah**

Analisis stabilitas dinding penahan tanah dilakukan analisis dengan 2 tahapan, yaitu dengan memperhitungkan beban gempa dan tanpa memperhitungkan beban gempa. Pada perhitungan stabilitas dinding penahan tanah tanpa beban gempa didapatkan nilai stabilitas dinding lebih tinggi dari pada stabilitas dinding dengan penambahan beban gempa pada nilai stabilitas



guling dan daya dukung, namun pada stabilitas geser lebih rendah. Hasil ini juga didapatkan pada penelitian terdahulu yang dilakukan Donald Donny Supit (2019). Analisis Perhitungan Kestabilan Dinding Penahan Tanah Studi Kasus Proyek Interchange Manado didapatkan hasil Stabilitas dinding aman.

#### **4.2.3 Analisis faktor keamanan**

Faktor keamanan lereng dihitung menggunakan persamaan terzaghi dan didapatkan nilai faktor keamanan dinding penahan tanah tanpa beban gempa didapatkan nilai sebesar 2,58 (aman) dan faktor keamanan dinding penahan tanah dengan memperhitungkan beban gempa sebesar 2,58 (aman). Dari nilai faktor keamanan yang di dapat maka dapat di simpulkan dinding penahan tanah yang berada di jalan Lambaro-Batas Kota Sigli dapat aman, yaitu dapat menahan momen guling dan geser yang ada di lokasi tersebut. Pada dinding yang bebaskan gaya gempa di dapatkan hasil dari perhitungan stabilitas guling dan geser lebih rendah di dapatkan dari dinding yang tanpa beban gempa namun masih dalam angka yang aman. Hasil ini juga didapatkan pada penelitian terdahulu yang dilakukan Donald Donny Supit (2019). Analisis Perhitungan Kestabilan Dinding Penahan Tanah Studi Kasus Proyek *Interchange* Manado didapatkan hasil nilai faktor keamanan dinding dalam kategori aman.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil yang didapat dalam analisis stabilitas lereng pada jalan Lambaro-Batas Kota Sigli STA 72+550 dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pada analisis stabilitas dinding penahan tanah tanpa beban gempa menggunakan perhitungan manual didapatkan nilai stabilitas lereng terhadap guling sebesar  $7,5 > 1,5$  (aman), nilai stabilitas terhadap geser dengan nilai sebesar  $3 > 1,5$  (aman) dan nilai stabilitas terhadap daya dukung sebesar  $50 \text{ ton/m}^2$ .
2. Pada analisis stabilitas lereng dengan beban gempa menggunakan perhitungan manual didapatkan nilai stabilitas lereng terhadap guling sebesar  $4,87 > 1,5$  (aman), nilai stabilitas terhadap geser dengan nilai sebesar  $3 > 1,5$  (aman) dan nilai stabilitas terhadap daya dukung sebesar  $50 \text{ ton/m}^2$ .
3. Dari hasil analisis nilai faktor keamanan yang didapatkan menggunakan perhitungan manual dengan persamaan terzaghi pada dinding penahan tanah didapatkan nilai sebesar  $2,58 > 1,5$  (aman).
4. Dari hasil stabilitas dinding penahan tanah tanpa beban gempa dan pada dinding penahan tanah dengan beban gempa dapat disimpulkan bahwa stabilitas dinding dengan beban terhadap guling, geser dan daya dukung sudah memenuhi syarat dan aman, namun angkanya masih berada dibawah dari dinding penahan tanah tanpa beban gempa.

#### **5.2 Saran**

Setelah mengetahui kesimpulan dari hasil penelitian ini maka saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah:

1. Dari hasil perhitungan yang didapat untuk nilai stabilitas terhadap geser adalah nilai paling rendah, sehingga untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan perhitungan dengan memperhitungkan beban lalu lintas agar

didapatkan hasil yang lebih teliti dan dapat menggunakan perkuatan yang lebih efisien.

2. Diperlukan perbandingan hasil analisis dengan metode atau program lain untuk mendapatkan perbandingan hasil yang lebih beragam.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abramson, L. W. et al, *Slope Stability and Stabilization Methods*. Wiley and Sons Inc, New York, 1996.
- A.E. Turagan, Violetta G.M.P., O.B.A., Sompie. (2014) : Analisis Kestabilan Lereng Dengan Metode Fellenius (Studi Kasus: Kawasan Citraland), *Jurnal Sipil Statik* Vol.2 No.1 Hal. 39-40.
- Akmal, Fadhly Zul (2016). “Analisa Stabilitas Lereng di Desa Sukamakmur, Kabupaten Bogor, Menggunakan Metode Fellenius Melalui Aplikasi Geostudio Slope/W”. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- ASTM C1372 *Standard Specification for Segmental Retaining Wall*.
- Badan Standarisasi Nasional. (2013). Standar Nasional Indonesia Tentang Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain. SNI 1727:2013.
- Bowles, J. E. (n.d.). *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*. Perpustakaan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Retrieved June 11, 2023
- Ciptaning, K., Yunus, Y., & Saleh, S. M. (2018). Analisis Stabilitas Lereng Dengan Kontruksi Dinding Penahan Tanah Tipe Counterfort. *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil Dan Perencanaan*
- Das, Braja M (translated by Mochtar. N. E and Mochtar I.B.), (1995), “Mekanika Tanah (Prinsip- prinsip Rekayasa Geoteknis)” Jilid 2, Jakarta, Penerbit Erlangga.
- Das, Braja M. (1990). “*Principles Of Foundation Engineering, second edition*”. Boston. PWS- KENT Publishing Company.
- Das, B. M. (2011). *Principles of Foundation Engineering*. 7th edition. Cengage Learning. Stamford USA
- Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, 2013, *Standar Perencanaan Irigasi, Kriteria Perencanaan Bagian Bangunan Utama KP-02*
- Duncan, J.M., 2005. *Soil Strength and Slope Stability*. John Willey & Son INC. New York.

- Fadhilah, L., & Sudarno. (2017). Perencanaan Dinding Penahan Tanah Untuk Perbaikan Longsor Di Ruas Jalan Balerejo Kalegen. *Reviews in Civil Engineering*, 25–28.
- Febe, M., & Sasongko, I. H. (2019). Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah Dengan Perkuatan Bronjong Pada Jalan Tol Ulujami – Pondok Ranji Ramp Bintaro Viaduct. *Construction and Material Journal*
- Gunawan, G. (2017). Perencanaan Ulang Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever Pada Tebing di Jalan Sulawesi Kulim. Universitas Lancang Kuning.
- Hardiyatmo, H. C, 1994. "Mekanika Tanah 2*
- Hasyim, A, *Slope Stability Analysis in Saturated Slope, Faculty of Civil Engineering* Universiti Teknologi Malaysia, inside.mines.edu, Malaysia, 2007.
- Kurniawan, I. (2019). Desain Bronjong Untuk Perkuatan Tebing Pada Hilir Jembatan Moncongloe Di Sungai Jenelata, Kab. Gowa, Makasar. Skripsi Universitas Muhammadiyah Makasar. Makasar.
- Kusnan, K. (2017). Model Alat Rancang Bangun Untuk Menentukan Garis Aliran Rembesan Air (Seepage Line Formation) Di Timbunan Tubuh Bendungan Tipe Urugan Homogen. *WAKTU: Jurnal Teknik UNIPA*
- Lukmanto, A. A. (2018). Perancangan Dinding Penahan Tanah Sebagai Pelindung Daerah Reklamasi Di Kabupaten Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur. Skripsi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Surabaya.
- Mau, J., Rasidi, N., & Hanggara, I. (2017). Studi Penentuan Faktor Keamanan Stabilitas Lereng Menggunakan Metode Fellinius Dan Bishop Pada Dinding Penahan Batu Kali Di Jl. Raya Beji Puskesmas Kota Batu. *EUREKA : Jurnal Penelitian Teknik Sipil Dan Teknik Kimia*
- Mekanika-tanah-jilid-1-oleh-braja-m-das*
- Mina, E., Fathonah, W., & Sari, F. D. C. (2019). Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah Untuk Perkuatan Tebing Badan Jalan Suradita - Kranggan. *Fondasi : Jurnal Teknik Sipil*
- Nur, O. F., & Hakam, A. (2010). Analisa Stabilitas Dinding Penahan Tanah (Retaining Wall) Akibat Beban Dinamis Dengan Simulasi Numerik. *Jurnal Rekayasa Sipil*

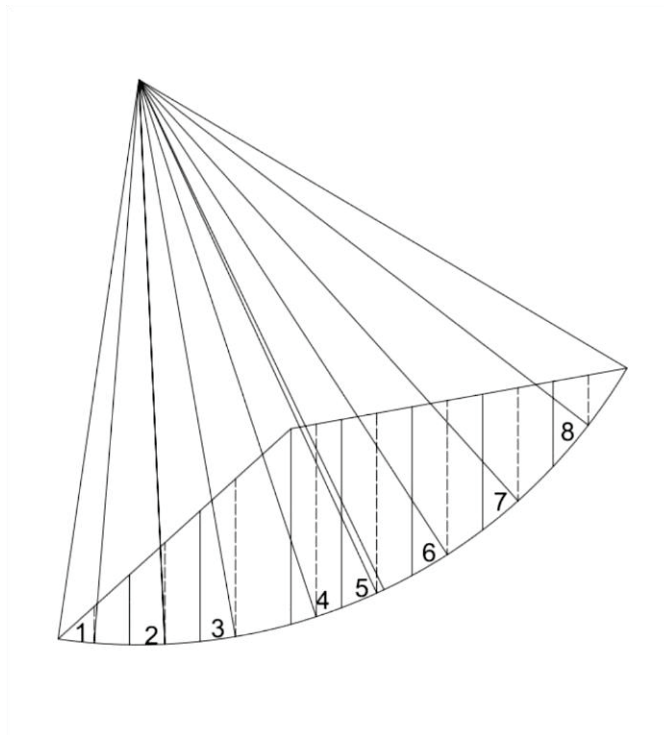
- Pangemanan, V. G. M., E, T. A., & Sompie, O. B. A. (2014). Analisis Kestabilan Lereng Dengan Metode Fellenius (Studi Kasus: Kawasan Citraland). *Jurnal Sipil Statik*
- Pranata, H. 2010. Analisis Dinding Penahan Tanah Dengan Perhitungan Manual Dan Kontrol Gaya-Gaya Dalam Yang Bekerja Pada Dinding Penahan Tanah Dengan Metode SAP 2000 Plane-Strain. Tugas Akhir. Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta
- Putra, S., Gde, T., Ardana, W., Dodiak, M., & Made, A. (2010). Analisis stabilitas lereng pada badan jalan dan perencanaan perkuatan dinding penahan tanah. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 14(1).
- Ramadhan, R., Munirwansyah, M., & Sungkar, M. (2019a). Faktor Keamanan Stabilitas Lereng pada Kondisi Eksisting dan Setelah Diperkuat Dinding Penahan Tanah Tipe Counterfort dengan Program Plaxis. *Reka Buana : Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Dan Teknik Kimia*
- Ramadhan, R., Munirwansyah, M., & Sungkar, M. (2019b). Faktor Keamanan Stabilitas Lereng pada Kondisi Eksisting dan Setelah Diperkuat Dinding Penahan Tanah Tipe Counterfort dengan Program Plaxis. *Reka Buana : Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Dan Teknik Kimia*
- Ramdhani, M., Surjandari, N. S., & Purwana, Y. M. (2017). Analisis Stabilitas Lereng Akibat Beban Gempa Dengan Perkuatan Dinding Penahan Tanah Menggunakan Software Geoslope Di Desa Tambakmerang, Girimarto, Wonogiri. *Matriks Teknik Sipil*
- Setiawan, H. (2012). Perbandingan Penggunaan Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever Dan Gravitasi Dengan Variasi Ketinggian Lereng. *Journal Teknik Sipil Dan Infrastruktur*
- Terzaghi, K, & peck, R. B.(1993) “Mekanika Tanah dalam Praktik Rekayasa”. Penerbit Erlanga. Jakarta.
- Wagola, E. S, & Rasyid, M. (2020). Analisis stabilitas dinding penahan tanah tipe kantilever pada landfill TPA Kota Masohi Kabupaten Maluku Tengah Provinsi Maluku. *Rekayasa Sipil* 14.1 (2020): 70-74.
- Wardani, Tri. 2014. Pengaruh Penggunaan Peta Gempa 2010 Terhadap Analisis Stabilitas Lereng Bendungan Keuliling Aceh. Universitas Komputer Indonesia. Bandung.
- Winanda, R. A., Setyanto, & Hadi, Y. M. (2017). Perencanaan Dinding Penahan Tanah Concrete Cantilever Dengan Menggunakan Program Plaxis. *JRSDD*, 5(4), 1–13

- Zaika, Y., & Syafi'ah. (2011). Pengaruh Beban Dinamis dan Kadar Air Tanah Terhadap Stabilitas Lereng Pada Tanah Lempung Berpasir. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 5(1), 35–39.
- Zain, M. Nukhalid (2015). “Analisa Stabilitas Lereng Embung dengan Menggunakan Kombinasi Dinding Penahan Tanah *Kantilever* dan *Geotekstil* dengan Bantuan Perangkat Lunak”. Malang: Universitas Brawijaya Malang.
- Zordin, Rinto, and Yuki Achmad Yakin. 2017. "Analisis Keruntuhan Dinding Penahan Tanah Studi Kasus Condotel di Parongpong Bandung (Hal. 82-91)."

## LAMPIRAN A PERHITUNGAN

### A.1 Stabilitas Lereng Metode Fellenius

Analisis stabilitas lereng metode Fellenius (1927) menganggap gaya-gaya yang bekerja pada sisi kanan-kiri dari sembarang irisan mempunyai resultan nol pada arah tegak lurus bidang longsor.



Gambar A.1 Bidang kelongsoran pada STA 72+550 section 00+050

#### 1. Irisan ke-1

	Berat volume tanah ( $\gamma$ )	=	11,08 kN/m <sup>3</sup>
	Kohesi tanah ( $c$ )	=	7,87 kN/m <sup>2</sup>
	Sudut gesers dalam ( $\varphi$ )	=	8,51 °
	Lebar irisan ( $b$ )	=	0,769 m
	Tinggi irisan ( $h$ )	=	0,706 m
	Kemiringan kelongsoran ( $\theta$ )	=	5 °
	Panjang lengkung kemiringan( $\alpha$ )=	0,77 °	



A. Luas irisan (A1)  $= \frac{1}{2}(0,769 \times 0,706)$   
 $= 0,268 \text{ m}^2$

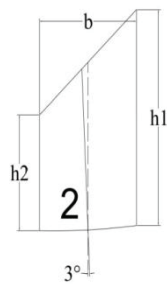
B. Berat irisan tanah (W1)  $= \gamma x A_i$   
 $= 11,08 \times 0,268$   
 $= 2,973 \text{ kN}$

C. Tahanan geser ( $W1 \sin \theta_1$ )  $= 2,973 \times \sin 5$   
 $= 2,356 \text{ kN}$

D. Momen melawan geser (Mr)  $= (2,973 \times \cos 5) \times \tan 8,51$   
 $= 1,095 \text{ kN}$

E. Tahanan geser komponen kohesi  $= c_i \cdot \alpha_i$   
 $= 7,87 \times 0,77$   
 $= 6,06 \text{ kN}$

## 2. Irisan ke-2



$(\gamma)$   $= 11,08 \text{ kN/m}^3$

$(c)$   $= 7,87 \text{ kN/m}^2$

$(\varphi)$   $= 8,51^\circ$

$(b)$   $= 0,76 \text{ m}$

$(h1)$   $= 1,416 \text{ m}$

$(h2)$   $= 0,76 \text{ m}$

$(\theta)$   $= 3^\circ$

$(\alpha)$   $= 0,76^\circ$

A. Luas irisan (A2)  $= 0,76 \times 1,416 \times 0,76$   
 $= 12,055 \text{ m}^2$

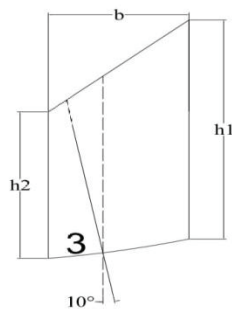
B. Berat irisan tanah (W2)  $= \gamma x A_i$   
 $= 11,08 \times 12,055$   
 $= 133,57 \text{ kN}$

C. Tahanan geser ( $W2 \sin \theta_2$ )  $= 133,57 \times \sin 3$   
 $= 18,849 \text{ kN}$

D. Momen melawan geser (Mr)  $= (18,849 \times \cos 3) \times \tan 8,51$   
 $= 171,788 \text{ kN}$

E. Tahanan geser komponen kohesi  $= c_i \cdot \alpha_i$   
 $= 7,87 \times 0,76$   
 $= 5,98 \text{ kN}$

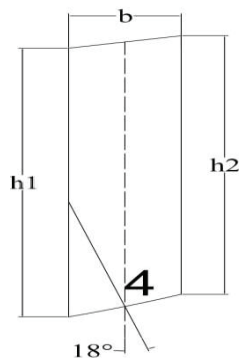
## 3. Irisan ke-3



$$\begin{aligned}
 (\gamma) &= 11,08 \text{ kN/m}^3 \\
 (c) &= 7,87 \text{ kN/m}^2 \\
 (\varphi) &= 8,51^\circ \\
 (b) &= 0,977 \text{ m} \\
 (h1) &= 2,118 \text{ m} \\
 (h2) &= 1,416 \text{ m} \\
 (\theta) &= 10^\circ \\
 (\alpha) &= 0,996^\circ
 \end{aligned}$$

- A. Luas irisan ( $A_3$ )  $= 0,977 \times 2,118 \times 1,416$   
 $= 19,578 \text{ m}^2$
- B. Berat irisan tanah ( $W_3$ )  $= \gamma \times A_i$   
 $= 11,08 \times 19,578$   
 $= 216,928 \text{ kN}$
- C. Tahanan geser ( $W_3 \sin \theta_3$ )  $= 216,928 \times \sin 10$   
 $= -118,014 \text{ kN}$
- D. Momen melawan geser ( $Mr$ )  $= (216,928 \times \cos 10) \times \tan 8,51$   
 $= 236,466 \text{ kN}$
- E. Tahanan geser komponen kohesi  $= c_i \cdot \alpha_i$   
 $= 7,87 \times 0,996$   
 $= 7,84 \text{ kN}$

## 4. Irisan ke-4

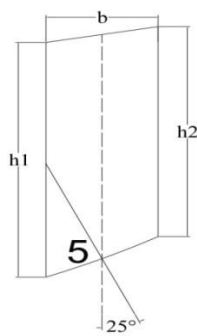


$$\begin{aligned}
 (\gamma) &= 11,08 \text{ kN/m}^3 \\
 (c) &= 7,87 \text{ kN/m}^2 \\
 (\varphi) &= 8,51^\circ \\
 (b) &= 0,542 \text{ m} \\
 (h1) &= 2,183 \text{ m} \\
 (h2) &= 2,037 \text{ m} \\
 (\theta) &= 18^\circ \\
 (\alpha) &= 0,571^\circ
 \end{aligned}$$

- A. Luas irisan ( $A_4$ )  $= 0,542 \times 2,183 \times 2,037$   
 $= 23,379 \text{ m}^2$

- B. Berat irisan tanah (W4)  $= \gamma x A_i$   
 $= 11,08 x 23,379$   
 $= 259,037 \text{ kN}$
- C. Tahanan geser ( $W4 \sin \theta_4$ )  $= 259,037 x \sin 18$   
 $= -194,534 \text{ kN}$
- D. Momen melawan geser (Mr)  $= (259,037 x \cos 18) x \tan 8,51$   
 $= -222,212 \text{ kN}$
- E. Tahanan geser komponen kohesi  $= c_i \cdot \alpha_i$   
 $= 7,87 x 0,571$   
 $= 4,49 \text{ kN}$

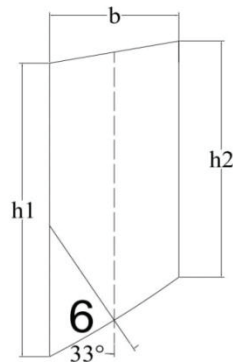
## 5. Irisan ke-5



- ( $\gamma$ )  $= 11,08 \text{ kN/m}^3$   
 ( $c$ )  $= 7,87 \text{ kN/m}^2$   
 ( $\varphi$ )  $= 8,51^\circ$   
 ( $b$ )  $= 0,76 \text{ m}$   
 ( $h_1$ )  $= 2,037 \text{ m}$   
 ( $h_2$ )  $= 1,824 \text{ m}$   
 ( $\theta$ )  $= 25^\circ$   
 ( $\alpha$ )  $= 0,838^\circ$

- A. Luas irisan (A5)  $= 0,76 x 2,037 x 1,824$   
 $= 21,390 \text{ m}^2$
- B. Berat irisan tanah (W5)  $= \gamma x A_i$   
 $= 11,08 x 21,390$   
 $= 237 \text{ kN}$
- C. Tahanan geser ( $W5 \sin \theta_5$ )  $= 237 x \sin 25$   
 $= -31,367 \text{ kN}$
- D. Momen melawan geser (Mr)  $= (237 x \cos 25) x \tan 8,51$   
 $= -305,186 \text{ kN}$
- E. Tahanan geser komponen kohesi  $= c_i \cdot \alpha_i$   
 $= 7,87 x 0,838$   
 $= 6,59 \text{ kN}$

## 6. Irisan ke-6



$$\begin{aligned}
 (\gamma) &= 11,08 \text{ kN/m}^3 \\
 (c) &= 7,87 \text{ kN/m}^2 \\
 (\varphi) &= 8,51^\circ \\
 (b) &= 0,76 \text{ m} \\
 (h1) &= 1,824 \text{ m} \\
 (h2) &= 1,467 \text{ m} \\
 (\theta) &= 33^\circ \\
 (\alpha) &= 0,91^\circ
 \end{aligned}$$

A. Luas irisan ( $A_6$ )  $= 0,76 \times 1,824 \times 1,467$   
 $= 18,232 \text{ m}^2$

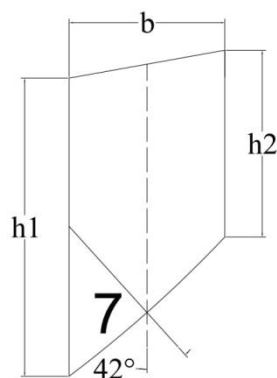
B. Berat irisan tanah ( $W_6$ )  $= \gamma \times A_i$   
 $= 11,08 \times 18,232$   
 $= 202 \text{ kN}$

C. Tahanan geser ( $W_6 \sin \theta_6$ )  $= 202 \times \sin 33$   
 $= 201,994 \text{ kN}$

D. Momen melawan geser ( $M_r$ )  $= (201 \times \cos 33) \times \tan 8,51$   
 $= 3,484 \text{ kN}$

E. Tahanan geser komponen kohesi  $= c_i \cdot \alpha_i$   
 $= 7,87 \times 0,91$   
 $= 7,16 \text{ kN}$

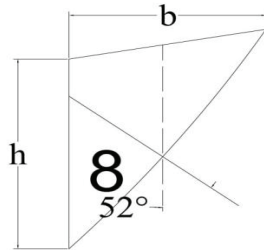
## 7. Irisan ke-7



$$\begin{aligned}
 (\gamma) &= 11,08 \text{ kN/m}^3 \\
 (c) &= 7,87 \text{ kN/m}^2 \\
 (\varphi) &= 8,51^\circ \\
 (b) &= 0,76 \text{ m} \\
 (h1) &= 1,467 \text{ m} \\
 (h2) &= 0,914 \text{ m} \\
 (\theta) &= 42^\circ \\
 (\alpha) &= 1,02^\circ
 \end{aligned}$$

- A. Luas irisan (A7)  $= 0,76 \times 1,467 \times 0,914$   
 $= 13,191 \text{ m}^2$
- B. Berat irisan tanah (W7)  $= \gamma x A_i$   
 $= 11,08 \times 13,191$   
 $= 146,153 \text{ kN}$
- C. Tahanan geser ( $W7 \sin \theta_7$ )  $= 146,153 \times \sin 42$   
 $= -133,953 \text{ kN}$
- D. Momen melawan geser ( $M_r$ )  $= (146 \times \cos 42) \times \tan 8,51$   
 $= 75,946 \text{ kN}$
- E. Tahanan geser komponen kohesi  $= c_i \cdot \alpha_i$   
 $= 7,87 \times 1,02$   
 $= 8,02 \text{ kN}$

## 8. Irisan ke-8



- ( $\gamma$ )  $= 11,08 \text{ kN/m}^3$   
 ( $c$ )  $= 7,87 \text{ kN/m}^2$   
 ( $\varphi$ )  $= 8,51^\circ$   
 ( $b$ )  $= 0,798 \text{ m}$   
 ( $h_2$ )  $= 0,919 \text{ m}$   
 ( $\theta$ )  $= 52^\circ$   
 ( $\alpha$ )  $= 1,33^\circ$

- A. Luas irisan (A8)  $= \frac{1}{2} \times 0,798 \times 0,919$   
 $= 0,367 \text{ m}^2$
- B. Berat irisan tanah (W8)  $= \gamma x A_i$   
 $= 11,08 \times 0,367$   
 $= 4,063 \text{ kN}$
- C. Tahanan geser ( $W8 \sin \theta_8$ )  $= 4,063 \times \sin 52$   
 $= 4 \text{ kN}$
- D. Momen melawan geser ( $M_r$ )  $= (4 \times \cos 52) \times \tan 8,51$   
 $= 0,860 \text{ kN}$
- E. Tahanan geser komponen kohesi  $= c_i \cdot \alpha_i$   
 $= 7,87 \times 1,33$   
 $= 10,467 \text{ kN}$

Setelah semua gaya yang bekerja pada setiap irisan dihitung maka kemudian dapat dihitung nilai faktor keamanan lereng dengan persamaan sebagai berikut:

$$F = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} c_{ai} + (W_i \cos \theta_i \operatorname{tg} \varphi)}{\sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin \theta_i}$$

$$F = \frac{(56,625 + 267,029)}{250,660} = 1,29 < 1,5$$

Nilai angka aman yang didapatkan pada analisis menggunakan metode Fellenius pada lereng sebelum dilakukan perkuatan adalah sebesar  $1,29 < 1,5$ , sehingga lereng terjadi kelongsoran.

## A.2 Stabilitas Dinding Penahan Tanah

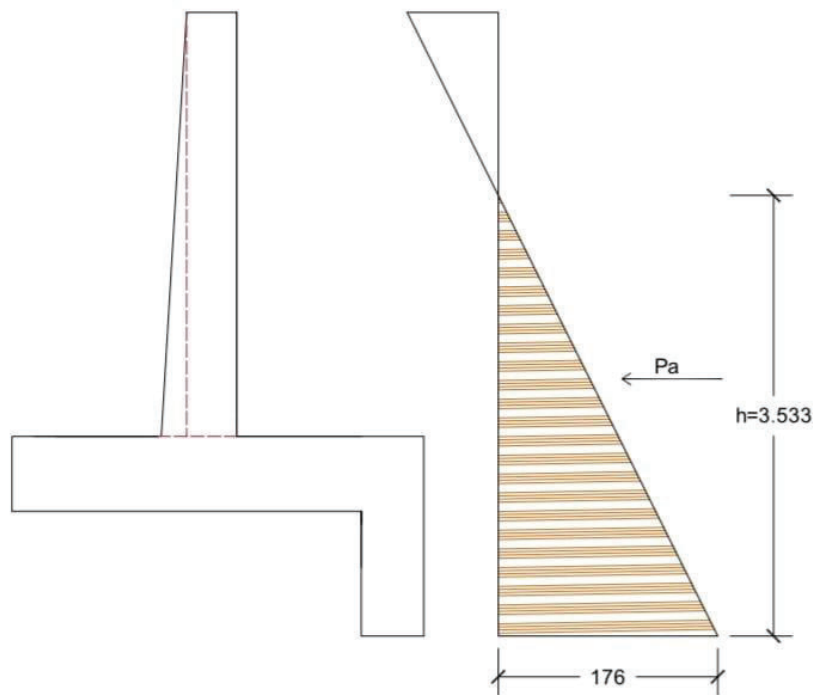
Dari data sekunder yang diperoleh, maka data yang diketahui yaitu:

1. Data tanah:
  - Berat volume tanah ( $\gamma$ ) = 11,08 t/m<sup>3</sup>
  - Sudut gesek ( $\varphi$ ) = 8,9°
  - Kohesi tanah ( $c$ ) = 3,38 t/m<sup>2</sup>
2. Data beton:
  - Mutu beton ( $f_c'$ ) = 20 Mpa
  - Berat volume beton ( $\gamma_c$ ) = 2,4 t/m<sup>3</sup>
3. Dimensi dinding penahan tanah:
  - H = 5 m
  - hc = 1,467 m
  - h1 = 0,6 m
  - h2 = 1 m
  - h3 = 3,4 m
  - B = 3,3 m
  - b1 = 0,4 m
  - b2 = 1,2 m
  - b3 = 0,2 m
  - b4 = 1 m
  - b5 = 0,5 m

### A.2.1 Tekanan tanah lateral

Tekanan tanah lateral pada penelitian ini hitung menggunakan persamaan Rankine, Teori ini memberikan analisis mengenai besar dari kedua jenis tekanan tanah lateral yang disebut dengan tekanan aktif dan tekanan pasif.

#### 1. Tekanan tanah lateral aktif



Gambar A.2 Diagram tekanan tanah aktif

Koefisien tekanan tanah aktif dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\begin{aligned} K_a &= \operatorname{tg}^2\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right) \\ &= \operatorname{tg}^2\left(45 - \frac{8,9}{2}\right) \\ &= 0,7294 \end{aligned}$$

Setelah koefisien tekanan tanah aktif didapatkan, maka nilai tekanan tanah aktif dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$\begin{aligned} \text{Alas diagram} &= H \times \gamma \times K_a - 2c \sqrt{K_a} \\ &= 5 \times 1,108 \times 0,7294 - 2(3,38)\sqrt{0,7294} \\ &= 1,7325 \end{aligned}$$

Kedalaman retakan  $h_c$  (dari muka tanah)

$$\begin{aligned} H_c &= \frac{2 \times c}{\gamma \times \sqrt{K_a}} \\ &= \frac{2 \times 3,38}{11,08 \times \sqrt{0,7294}} \\ &= 0,7143 \end{aligned}$$

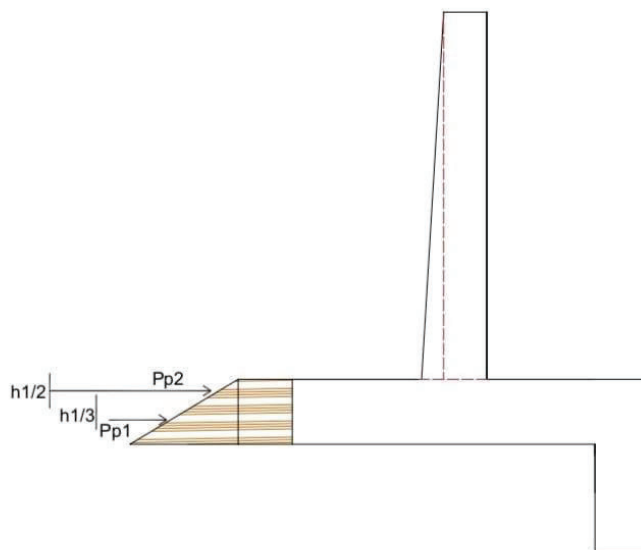
$$\begin{aligned} h &= H - h_c \\ &= 5 - 0,7143 \\ &= 4,2856 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_a &= \frac{1}{2} \times \text{alas diagram} \times h \\ &= \frac{1}{2} \times 1,7325 \times 4,2856 \\ &= 3,712 \text{ ton} \leftarrow \end{aligned}$$

Perhitungan momen untuk tekanan tanah aktif sebagai berikut:

$$\begin{aligned} M_a &= P_a \times \frac{h}{3} \\ &= 3,712 \times \frac{4,2856}{3} \\ &= 5,3 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

## 2. Tekanan tanah pasif



Gambar A.2.2 Diagram tekanan tanah pasif



Koefisien tekanan tanah pasif dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$\begin{aligned} K_p &= tg^2\left(45 + \frac{\varphi}{2}\right) \\ &= tg^2\left(45 + \frac{8,9}{2}\right) \\ &= 1,37 \end{aligned}$$

Setelah koefisien tekanan tanah pasif didapatkan, maka nilai dari tekanan tanah pasif dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P_{p1} &= \frac{1}{2} \times h_1^2 \times \gamma' \times K_p \\ &= \frac{1}{2} \times 0,6^2 \times 11,08 \times 1,37 \\ &= 2,7323 \text{ ton} \end{aligned}$$

Tekanan tanah pasif akibat kohesi ( $P_{p2}$ ) dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P_{p2} &= 2 \times c \times \sqrt{K_p} \times h_1 \\ &= 2 \times 3,38 \times \sqrt{1,37} \times 0,6 \\ &= 4,7474 \text{ ton} \end{aligned}$$

Jumlah tekanan tanah pasif yang bekerja:

$$\begin{aligned} \sum P_p &= P_{p1} + P_{p2} \\ &= 2,7323 + 4,7474 \\ &= 7,4797 \text{ ton} \longrightarrow \end{aligned}$$

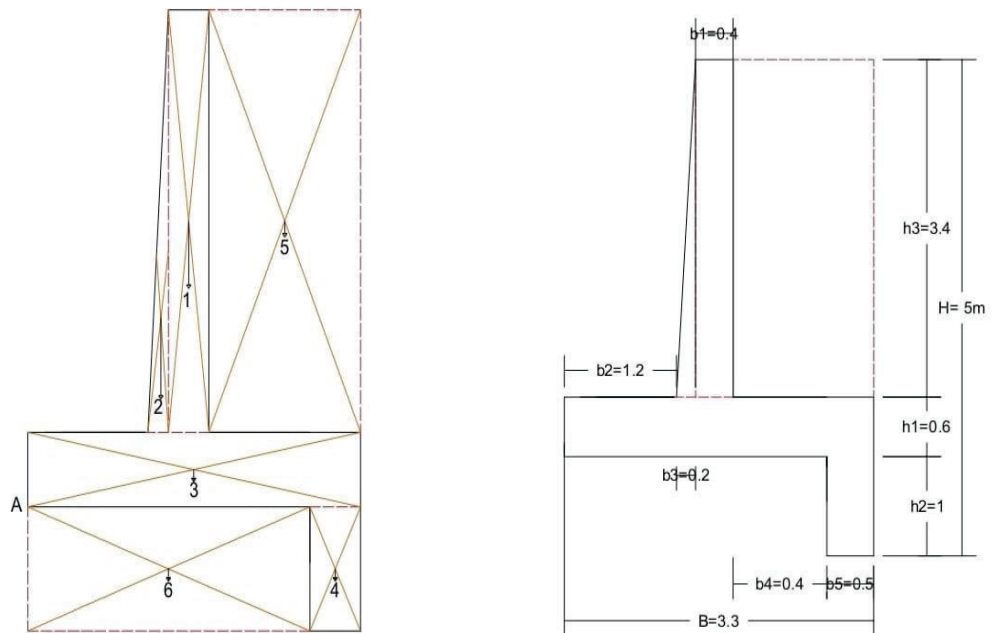
Perhitungan momen untuk tekanan tanah pasif sebagai berikut:

$$\begin{aligned} M_{p1} &= P_{p1} \times \frac{1}{3} \times h_1 \\ &= 2,7323 \times \frac{1}{3} \times 0,6 \\ &= 0,5464 \text{ ton.m} \\ M_{p2} &= P_{p2} \times \frac{1}{2} \times h_1 \\ &= 4,7474 \times \frac{1}{2} \times 0,6 \\ &= 2,3737 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

Jumlah momen pasif yang bekerja sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \sum M_p &= M_{p1} + M_{p2} \\ &= 0,5464 + 2,3737 = 2,92 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

## 3. Berat sendiri bangunan



Gambar A.2.3 Diagram berat sendiri bangunan dan dimensi dinding

Perhitungan berat sendiri bangunan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Beton W1} &= b1 \times h3 \times \gamma_c \\ &= 0,4 \times 3,4 \times 2,4 \\ &= 3,264 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beton W2} &= \frac{1}{2} \times b3 \times h3 \times \gamma_c \\ &= \frac{1}{2} \times 0,2 \times 3,4 \times 2,4 \\ &= 0,816 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beton W3} &= B \times h1 \times \gamma_c \\ &= 3,3 \times 0,6 \times 2,4 \\ &= 4,752 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beton W4} &= b5 \times h2 \times \gamma_c \\ &= 0,5 \times 1 \times 2,4 \\ &= 1,2 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tanah W5} &= (b_4 + b_5) \times h_3 \times \gamma \\
 &= (1 + 0,5) \times 3,4 \times 1,108 \\
 &= 5,65 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tanah W6} &= (B - b_5) \times h_2 \times \gamma \\
 &= (3,3 - 0,5) \times 1 \times 1,108 \\
 &= 3,102 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Perhitungan momen berat sendiri bangunan sebagai berikut:

$$M = W \times \text{lengan momen terhadap titik A}$$

$$\begin{aligned}
 M_1 &= W_1 \times \left( \frac{1}{2} \times b_1 \right) + (b_2 + b_3) \\
 &= 3,264 \times \left( \frac{1}{2} \times 0,4 \right) + 0,2 + 1,2 \\
 &= 5,22 \text{ ton.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_2 &= W_2 \times \left( \frac{1}{3} \times b_3 \right) + b_2 \\
 &= 0,816 \times \left( \frac{1}{3} \times 0,2 \right) + 1,2 \\
 &= 1,028 \text{ ton.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_3 &= W_3 \times \left( \frac{1}{2} \times B \right) \\
 &= 4,752 \times \left( \frac{1}{2} \times 3,3 \right) \\
 &= 7,84 \text{ ton.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_4 &= W_4 \times \left( \frac{1}{2} \times b_5 \right) + (B - b_5) \\
 &= 1,2 \times \left( \frac{1}{2} \times 0,5 \right) + (3,3 - 0,5) \\
 &= 3,28 \text{ ton.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_5 &= W_5 \times \left( \frac{1}{2} \times (b_4 + b_5) \right) + b_1 + b_2 + b_3 \\
 &= 5,65 \times \left( \frac{1}{2} \times (1 + 0,5) \right) + 0,4 + 1,2 + 0,2 \\
 &= 15,54 \text{ ton.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_6 &= W_6 \times \left( \frac{1}{2} \times (B - b_5) \right) \\
 &= 3,102 \times \left( \frac{1}{2} \times (3,3 - 0,5) \right) \\
 &= 4,34 \text{ ton.m}
 \end{aligned}$$

#### 4. Perhitungan momen akibat gempa

Percepatan gempa di lokasi jalan Lambaro-batas Kota Sigli ditentukan sebagai berikut:

- $z = 0,8 - 0,9 g$
- $ac = 90 \text{ cm/det}^2$
- $v = 0,8$  (*jenis tanah : batuan*)
- $g = 981 \text{ cm/det}^2$

Perhitungan percepatan gempa dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned} ad &= z \times ac \times v \\ &= 0,9 \times 90 \times 0,8 \\ &= 64,8 \end{aligned}$$

Perhitungan koefisien gempa sebagai berikut:

$$\begin{aligned} E &= \frac{ad}{g} \\ &= \frac{64,8}{981} \\ &= 0,066 \end{aligned}$$

Perhitungan gaya gempa yang terjadi pada dinding penahan tanah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} G1 &= W1 \times E \\ &= 3,264 \times 0,066 \\ &= 0,215 \text{ ton} \\ G2 &= W2 \times E \\ &= 0,816 \times 0,066 \\ &= 0,053 \text{ ton} \\ G3 &= W3 \times E \\ &= 4,75 \times 0,066 \\ &= 0,313 \text{ ton} \\ G4 &= W4 \times E \\ &= 1,2 \times 0,066 \\ &= 0,079 \text{ ton} \end{aligned}$$

Jumlah gaya gempa yang bekerja:

$$\begin{aligned}\Sigma G &= G1 + G2 + G3 + G4 \\ &= 0,66 \text{ ton}\end{aligned}$$

Momen akibat gempa pada struktur:

$$MG = G \times \text{lengan momen terhadap dasar}$$

$$\begin{aligned}MG1 &= G1 \times \left(\frac{1}{2} \times h3\right) \\ &= 0,215 \times \left(\frac{1}{2} \times 3,4\right) \\ &= 1,915 \text{ ton.m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}MG2 &= G2 \times \left(\frac{1}{3} \times h3\right) \\ &= 0,053 \times \left(\frac{1}{3} \times 3,4\right) \\ &= 1,186 \text{ ton.m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}MG3 &= G3 \times \left(\frac{1}{2} \times h1\right) \\ &= 0,313 \times \left(\frac{1}{2} \times 0,6\right) \\ &= 0,094 \text{ ton.m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}MG4 &= G4 \times \left(\frac{1}{2} \times h2\right) \\ &= 0,079 \times \left(\frac{1}{2} \times 1\right) \\ &= 0,039 \text{ ton.m}\end{aligned}$$

Jumlah momen gempa yang bekerja:

$$\begin{aligned}\Sigma MG &= MG1 + MG2 + MG3 + MG4 \\ &= 1,915 + 1,186 + 0,094 + 0,039 \\ &= 3,234 \text{ ton.m}\end{aligned}$$

5. Perhitungann stabilitas dinding penahan tanah

a. Kondisi normal

1) Stabilitas terhadap geser

$$SF = \frac{\Sigma Rh}{\Sigma Ph} \geq 1,5$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{c \times B + \sum W \times \tan \varphi}{\sum Pa + \sum Pp} \geq 1,5 \\
&= \frac{3,38 \times 3,3 + 18,785 \times \tan(8,9)}{3,712 + 7,4797} \\
&= 2,93 \geq 1,5 \text{ (aman)}
\end{aligned}$$

2) Stabilitas terhadap guling

$$\begin{aligned}
SF &= \frac{\sum Mt}{\sum Mg} \geq 1,5 \\
&= \frac{\sum Mw + \sum Mp}{\sum Ma} \\
&= \frac{37,248 + 2,92}{5,3} \\
&= 7,5 \geq 1,5 \text{ (aman)}
\end{aligned}$$

3) Stabilitas terhadap daya dukung

Perhitungan stabilitas terhadap daya dukung dengan menggunakan persamaan Terzaghi sebagai berikut:

Dengan  $\phi = 8,5$ , maka untuk mendapatkan nilai  $Nc$ ,  $Nq$ , dan  $N\gamma$  dapat dilihat pada grafik A.2.1 daya dukung Terzaghi.

$$Nc = 8$$

$$Nq = 2$$

$$N\gamma = 0,2$$

$$D = 1 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
qult &= c \times Nc + Df \times \gamma \times Nq + 0,5 \times B \times \gamma \times N\gamma \\
&= 3,38 \times 8 + 1 \times 11,08 \times 2 + 0,5 \times 3,3 \times 1,4 \times 0,2 \\
&= 50 \text{ ton/m}^2
\end{aligned}$$

Perhitungan kapasitas dukung ultimit neti sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
Qun &= qu - D \times \gamma \\
&= 50 - 1 \times 1,108 \\
&= 48,9 \text{ ton/m}^2
\end{aligned}$$

Perhitungan tekanan pondasi neto sebagai berikut:

$$\begin{aligned} q_n &= q - D \times \gamma \\ &= 20 - 1 \times 1,108 \\ &= 18,92 \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan faktor aman sebagai berikut:

$$\begin{aligned} F &= \frac{q_{un}}{q_n} \\ &= \frac{48,9}{18,92} \\ &= 2,58 \geq 1,5 \text{ (aman)} \end{aligned}$$

Perhitungan kapasitas dukung (tegangan ijin) sebagai berikut:

$$\begin{aligned} q_a &= \frac{q_u}{F} \\ &= \frac{50}{2,58} \\ &= 19,37 \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} e &= \frac{B}{2} - \frac{\sum Mp + \sum Ma}{\sum Mw} \\ &= \frac{3,3}{2} - \frac{2,92 + 5,3}{37,248} \\ &= 1,43 < 1,65 \text{ (B/6)} \end{aligned}$$

Karena di dapatkan hasil  $e < B/6$  maka:

$$\begin{aligned} Q_{\max} &= \frac{\sum V/B}{1 + 6e/B} \\ &= \frac{\frac{20}{3,3}}{1 + \frac{6 \times (1,43)}{3,3}} \\ &= 1,68 \text{ ton/m}^2 < 19,37 \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\min} &= \frac{\sum V/B}{1 - 6e/B} \\ &= \frac{\frac{20}{3,3}}{1 - \frac{6 \times (1,43)}{3,3}} \\ &= 3,7 \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

## b. Kondisi gempa

1) Stabilitas terhadap geser sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 SF &= \frac{\sum Rh}{\sum Ph} \geq 1,5 \\
 &= \frac{c \times B + \sum W \times \tan \varphi}{\sum Pa + \sum Pp + (-\sum G)} \geq 1,5 \\
 &= \frac{3,38 \times 3,3 \times 18,784 \times \tan(8,9)}{3,712 + 7,4797 + (-0,66)} \\
 &= 3 \geq 1,5 \text{ (aman)}
 \end{aligned}$$

2) Stabilitas terhadap guling sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 SF &= \frac{\sum Mt}{\sum Mg} \geq 1,5 \\
 &= \frac{\sum Mw + \sum Mp}{\sum Ma + \sum MG} \\
 &= \frac{37,248 + 2,92}{5,2 + 3,234} \\
 &= 4,87 \geq 1,5 \text{ (aman)}
 \end{aligned}$$

3) Stabilitas terhadap daya dukung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 qult &= c \times Nc + D \times \gamma \times Nq + 0,5 \times B \times \gamma' \times N\gamma \\
 &= 3,38 \times 8 + 1 \times 11,08 \times 2 + 0,5 \times 3,3 \times 1,4 \times 0,2 \\
 &= 50 \text{ ton/m}^2
 \end{aligned}$$

Perhitungan kapasitas dukung ultimit neto sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 qun &= qu - D \times \gamma \\
 &= 50 - 1 \times 1,108 \\
 &= 48,9 \text{ ton/m}^2
 \end{aligned}$$

Perhitungan tekanan pondasi neto sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 qn &= q - D \times \gamma \\
 &= 20 - 1 \times 11,08 \\
 &= 18,92 \text{ ton/m}^2
 \end{aligned}$$

Perhitungan faktor aman sebagai berikut:

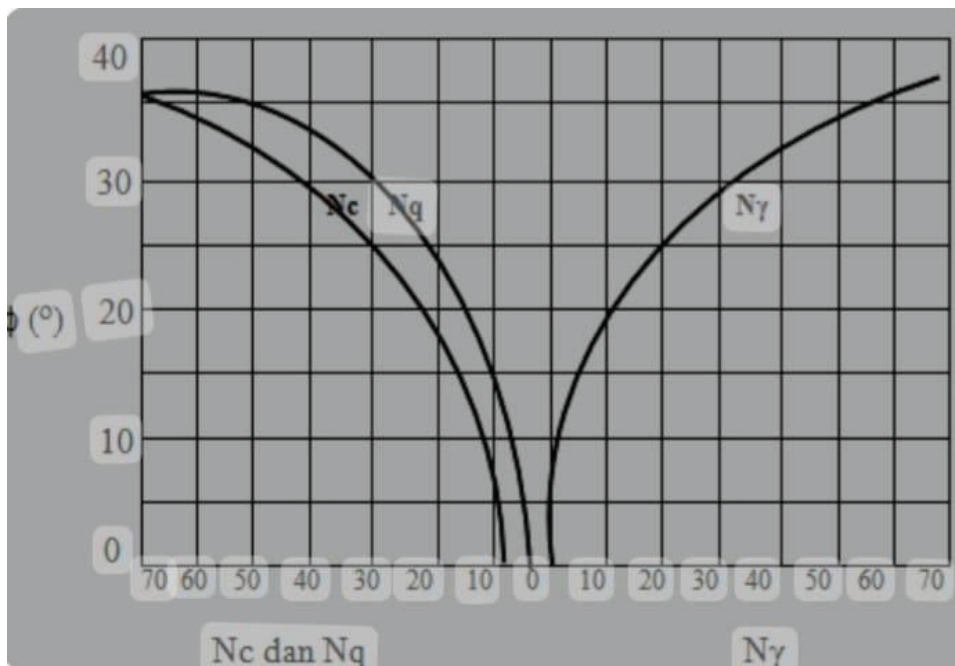
$$\begin{aligned}
 F &= \frac{qun}{qn} = \frac{48,9}{18,92} \\
 &= 2,58 \geq 1,5 \text{ (aman)}
 \end{aligned}$$



Perhitungan kapasitas dukung (tegangan ijin) sebagai berikut:

$$\begin{aligned} q_a &= \frac{qu}{F} \\ &= \frac{50}{2,58} \\ &= 19,37 \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} e &= \frac{B}{2} - \frac{\sum Mp + \sum Ma + \sum MG}{\sum Mw} \\ &= \frac{3,3}{2} - \frac{2,92 + 5,3 + 3,234}{37,248} \\ &= 1,34 < 1,65 \text{ (B/6)} \end{aligned}$$



Gambar A.2. 1 Grafik daya dukung Terzaghi

**LAMPIRAN B**  
**DATA**

Tabel B. 1 *Index and physical properties (PT.Beutari Sejati Persada)*

Kadar air (w) (%)	28,65
Berat jenis (Gs)	2,6771
Berat awal ( $\gamma_n$ ) (gr / cc)	1,425
Berat kering ( $\gamma_d$ ) (gr / cc)	1,108
Derajat kejenuhan (Sr) (%)	54,17

Tabel B. 2 *Atterberg limit (PT.Beutari Sejati Persada)*

<i>Liquid limit</i>	LL (%)	67,66
<i>Plastic limit</i>	PL (%)	25,46
<i>Plastic index</i>	PI (%)	42,20
Klasifikasi tanah		CH or OH

Tabel B. 3 *Analisis ukuran butir(PT.Beutari Sejati Persada)*

Kerikil (%)	0,00
Pasir (%)	11,03
Lanau (%)	18,62
Lempung (%)	70,35

Tabel B. 4 *Triaxial test, direct shear test, consolidation test, unconfined compression test (PT.Beutari Sejati Persada)*

<b>Triaxial test</b>		
Sudut geser dalam ( $\phi$ )	°	8,961
Kohesi (C)	kg/cm <sup>2</sup>	0,787
<b>Direct shear test</b>		
Sudut geser dalam ( $\phi$ )	°	8,507
Kohesi (Cm)	kg/cm <sup>2</sup>	0,338
<b>Consolidation test</b>		
Compression ratio (Cc)	%	0,258
Coefficient of consolidation (Cv avrg)	cm <sup>2</sup> /sec	0,00476
Initial void ratio		
<b>Unconfined compression test</b>		
Undisturbed compressive strain (Quu)	kg/cm <sup>2</sup>	1,868
Remolded compressive strain (Qur)	kg/cm <sup>2</sup>	0,407
Sensitivity (SI)	kg/cm <sup>2</sup>	4,592

Tabel B. 5 Parameter tanah(*PT.Beutari Sejati Persada*)

<b>Tebal lapisan</b>	<b>Jenis tanah</b>	<b>Berat jenis (<math>\gamma</math>) kN/m<sup>3</sup></b>	<b>Kohesi (c) kN/m<sup>2</sup></b>	<b>Sudut geser dalam (<math>\phi</math>) °</b>
0 – 4,5	Lempung berpasir	18	0	3
4,5 – 6,5	Lempung	11	7	7

**LAMPIRAN C**  
**GAMBAR**



Gambar C. 1 Survey lokasi penelitian



Gambar C. 2 Lokasi dinding penahan tanah



Gambar C. 3

**LAMPIRAN D**  
**BIODATA MAHASISWA**

**1. Personal**

Nama : Tari Irmanisa  
Nim : 190110110  
Bidang : Transport  
Alamat : Dusun Al-Ikhsan, Desa Kotalintang, Kec.  
Kualasimpang, Kab. Aceh Tamiang, Provinsi  
Aceh.  
No. Hp/Telepon : 0822-6765-9655

**2. Orang Tua**

Nama Ayah : Suryadi  
Pekerjaan : Buruh kilang  
Umur : 58 Tahun  
Alamat : Dusun Al-Ikhsan, Desa Kotalintang, Kec.  
Kualasimpang, Kab. Aceh Tamiang, Provinsi  
Aceh.  
Nama Ibu : Yusriati  
Pekerjaan : Ibu Rumah Tangga  
Umur : 55 Tahun  
Alamat : Dusun Al-Ikhsan, Desa Kotalintang, Kec.  
Kualasimpang, Kab. Aceh Tamiang, Provinsi  
Aceh.

**3. Pendidikan Formal**

Asal SLTA (Tahun) : SMA Negeri 1 Kejuruan Muda (2015-2018)  
Asal SLTP (Tahun) : SMP Negeri 1 Kualasimpang (2012-2015)  
Asal SD (Tahun) : SD Negeri Kotalintang (2006-2012)

**4. Pendidikan Non Formal**

Kursus/Penelitian : -  
Institut Pelaksan : -  
Tanggal Pelaksana : -

**5. Software Komputer yang dikuasai**

Jenis Software : Microsoft Office  
Tingkat Penguasaan : Intermediate  
Jenis Software : Microsoft Excel  
Tingkat Penguasaan : \*) Basic/Intermediate/Advance  
Jenis Software : Autocad  
Tingkat Penguasaan : \*) Basic/Intermediate/Advance  
Jenis Software : ArcGis  
Tingkat Penguasaan : \*) Basic/Intermediate/Advance

Lhokseumawe, 05 Februari 2024

Mahasiswa yang bersangkutan

Tari Irmanisa