

SKRIPSI
EVALUASI DESAIN DAN ANALISIS DINDING PENAHAN TANAH
(DPT) PADA KAWASAN STRATEGIS PARIWISATA NASIONAL (KSPN)
SPAM KEK MANDALIKA

Diajukan Sebagai Syarat Menyelesaikan Studi
Pada Program Studi Teknik Sipil Jenjang Strata I
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Mataram



DISUSUN OLEH:

I WAYAN WIRANATA

418110112

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
TAHUN 2023

**HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING
SKRIPSI
EVALUASI DESAIN DAN ANALISIS DINDING PENAHAN TANAH
(DPT) PADA KAWASAN STRATEGIS PARIWISATA NASIONAL (KSPN)
SPAM KEK MANDALIKA**

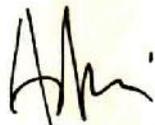
Disusun oleh:

I WAYAN WIRANATA

418110112

Mataram, 13 Juni 2023

Pembimbing I



Dr. Heni Pujiastuti, ST., MT.

NIDN. 0828087201

Pembimbing II



Ahmad Zarkasi, ST., MT.

NIDN. 0819068903

Mengetahui,

UNIVERSITAS MUHAMMADYAH MATARAM

FAKULTAS TEKNIK

Dekan.



Dr. H. Aji Syailendra Ubaidillah, ST., M.Sc.

NIDN. 0806027101

HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI
SKRIPSI
EVALUASI DESAIN DAN ANALISIS DINDING PENAHAN TANAH
(DPT) PADA KAWASAN STRATEGIS PARIWISATA NASIONAL (KSPN)
SPAM KEK MANDALIKA

Yang Dipersiapkan dan Disusun Oleh:

NAMA : I WAYAN WIRANATA

NIM : 418110112

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji

Pada hari Senin, 19 Juni 2023

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Susunan Tim Penguji

Penguji I : Dr. Heni Pujiastuti, ST., MT.

Penguji II : Ahmad Zarkasi, ST., MT.

Penguji III : Ir. Isfanari, ST., MT.



Mengetahui,

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM

FAKULTAS TEKNIK

Dekan,



Dr. H. Aji Syallendra Ubaidillah, ST., M.Sc.

NIDN. 0806027101

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TULIS

Dengan ini menyatakan:

1. Skripsi yang berjudul:

“Evaluasi Desain dan Analisis Dinding Penahan Tanah (DPT) Pada Kawasan Strategis Pariwisata Nasional (KSPN) SPAM KEK Mandalika” ini merupakan salah satu persyaratan untuk memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Mataram.

2. Sumber yang saya gunakan dalam penulisan skripsi ini telah saya cantumkan sesuai ketentuan yang berlaku di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Mataram.

3. Jika dikemudian hari terbukti bahwa karya tersebut bukan hasil karya tulis asli atau plagiasi dari orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi yang berlaku Pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Mataram.

Mataram, 23 Juni 2023

Yang Membuat Pernyataan



IWAYAN WIRANATA

NIM. 418110112



**MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN DAN
PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
UPT. PERPUSTAKAAN H. LALU MUDJITAHID UMMAT**

Jl. K.H.A. Dahlan No.1 Telp.(0370)633723 Fax. (0370) 641906 Kotak Pos No. 108 Mataram
Website : <http://www.lib.ummat.ac.id> E-mail : perpustakaan@ummat.ac.id

**SURAT PERNYATAAN BEBAS
PLAGIARISME**

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Mataram, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : I WAYAN WIRANATA
NIM : 418110112
Tempat/Tgl Lahir : MATARAM / 08 Juni 1999
Program Studi : TEKNIK SIPIL
Fakultas : TEKNIK
No. Hp : 085338209904
Email : WayanWira99.ww@gmail.com

Dengan ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi/KTI/Tesis* saya yang berjudul :

EVALUASI DESAIN DAN ANALISIS DINDING PENAHAN TANAH (CPPT)
PADA KAWASAN STRATEGIS PARIWISATA KOASIONAL (ESPM) SPAM
KEC. MAHADALIKA

Bebas dari Plagiarisme dan bukan hasil karya orang lain. 98%

Apabila dikemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian dari Skripsi/KTI/Tesis* tersebut terdapat indikasi plagiarisme atau bagian dari karya ilmiah milik orang lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dan disebutkan sumber secara lengkap dalam daftar pustaka, saya bersedia menerima sanksi akademik dan/atau sanksi hukum sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Muhammadiyah Mataram.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun dan untuk dipergunakan sebagai mana mestinya.

Mataram, 22 JUNI.....2023

Penulis



I WAYAN WIRANATA
NIM. 418110112

Mengetahui,

Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT



Iskandar, S.Sos.,M.A. why
NIDN. 0802048904

*pilih salah satu yang sesuai



**MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN DAN
PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
UPT. PERPUSTAKAAN H. LALU MUDJITAHID UMMAT**

Jl. K.H.A. Dahlan No.1 Telp.(0370)633723 Fax. (0370) 641906 Kotak Pos No. 108 Mataram
Website : <http://www.lib.ummat.ac.id> E-mail : perpustakaan@ummat.ac.id

**SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN
PUBLIKASI KARYA ILMIAH**

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Mataram, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : I WAYAN WIRANATA
 NIM : 410110112
 Tempat/Tgl Lahir : MATARAM / 08 JUNI 1999
 Program Studi : TEKNIK SIPIL
 Fakultas : TEKNIK
 No. Hp/Email : 085.338.209004 / wayanwiraga.ww@gmail.com
 Jenis Penelitian : Skripsi KTI Tesis

Menyatakan bahwa demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada UPT Perpustakaan Universitas Muhammadiyah Mataram hak menyimpan, mengalih-media/format, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Repository atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama *tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta* atas karya ilmiah saya berjudul:

EVALUASI DESAIN DAN ANALISA DINAMIKA PENAHAN TANAH (DPT)
PADA KAWASAN STRATEGIS PARIWISATA NASIONAL (KSPN) SDAM
KEK MANDALIKA

Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh. Apabila dikemudian hari terbukti ada pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah ini menjadi tanggungjawab saya pribadi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya tanpa ada unsur paksaan dari pihak manapun.

Mataram, 22 JUNI 2023
Penulis



I WAYAN WIRANATA
NIM. 410110112

Mengetahui,
Kepala UPT Perpustakaan UMMAT



Iskandar, S.Sos.,M.A.
NIDN. 0802048904

MOTTO HIDUP

“Sertakanlah Tuhan Yang Maha Esa di setiap langkah-langkah dalam hidupmu, dan do’a kedua orang tuamu agar diberi kemudahan dalam setiap langkah perjalananmu, karena kekuatan terbesar datang dari doa kedua orang tuamu.

Apapun yang kamu jalani harus percaya dengan proses yang berjalan dan nikmatilah setiap proses baik suka maupun duka yang dilalui karena semua merupakan adalah proses untuk mendapatkan hasil yang baik untuk kedepannya, karena tanpa adanya proses tidak akan pernah ada kata hasil. Apapun yang kita lakukan tetaplah menjadi orang yang berguna untuk semua.”

(I Wayan Wiranata, 2023)

Belajar dari kemarin, hiduplah untuk hari ini, berharap untuk besok. Yang penting jangan berhenti bertanya. Hidup itu seperti sebuah sepeda, agar tetap seimbang kita harus tetap bergerak.

(Albert Einstein)

HALAMAN PERSEMBAHAN

1. Kepada Ibu dan Bapak tercinta, segala bentuk dukungan yang telah diberikan yang begitu melimpah hingga saya bisa sampai pada titik ini dan mampu menyelesaikan perkuliahan ini, saya permohonan maaf dan juga terimakasih yang sebesar-besarnya atas semua yang telah diberikan.
2. Kepada Dosen Pembimbing I, Dr. Heni Pujiastuti, ST., MT, saya ucapkan banyak-banyak terimakasih telah membimbing saya dalam pengerjaan skripsi pada Laboratorium Universitas Muhammadiyah Mataram. Banyaknya ilmu serta pengalaman yang ibu bagi kepada saya, menjadi semangat saya untuk bisa mengerjakan dan juga menyelesaikan skripsi ini.
3. Kepada Dosen Pembimbing II, Ahmad Zarkasi, ST., MT, rasa hormat serta ucapan terimakasih saya kepada bapak yang sedalam dalamnya yang sudah memberikan motivasi serta arahan, ilmu serta pengalaman yang bapak bagi akan selalu saya ingat dan menjadikannya sebagai motivasi diri.
4. Untuk teman-teman seperjuangan angkatan 18 Fakultas Teknik Muhammadiyah Mataram, yang selalu saling memberikan dorongan agar bisa menyelesaikan skripsi ini saya ucapkan terimakasih sebanyak-banyaknya.
5. Untuk teman-teman yang bersama-sama dalam mengerjakan penelitian pada Laboratorium Universitas Muhammadiyah Mataram, terimakasih sudah saling membantu satu sama lain dalam mengerjakan penelitian hingga kita bisa sama-sama menyelesaikannya, dan terimakasih untuk pengalaman dan ilmu yang kalian berikan.

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberikan rahmat, taufik serta hidayahnya sehingga penyusun dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “**Evaluasi Desain Dan Analisis Dinding Penahan Tanah (DPT) Pada Kawasan Strategis Pariwisata Nasional (KSPN) SPAM KEK Mandalika**” ini dengan baik dan tepat waktu. Adapun tujuan dari Skripsi ini adalah untuk dapat digunakan sebagai persyaratan dalam menempuh gelar Sarjana Strata 1 (S-1) pada Program Studi Teknik Sipil.

Tak lepas dari berbagai hambatan, rintangan, dan kesulitan yang muncul, penyusun mengucapkan banyak-banyak terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu sehingga Skripsi ini bisa berjalan dengan baik. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan banyak terimakasih kepada :

1. Bapak **Drs. Abdul Wahab, M.A.** selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Mataram.
2. Bapak **Dr. H. Aji Syailendra Ubaidillah, S.T., M.Sc.** selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.
3. Bapak **Adryan Fitrayudha, ST., MT.** selaku ketua jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Mataram.
4. Ibu **Dr. Heni Pujiastuti, S.T., M.T.** selaku dosen pembimbing I.
5. Bapak **Ahmad Zarkasi, S.T., M.T.** selaku Dosen pembimbing II
6. Dan untuk semua Dosen dan Pihak Sekretariat Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.
7. Kedua orang tua saya yang senantiasa mensupport serta memberikan do'a dan materi untuk menunjang kelancaran dalam penyelesaian tugas akhir ini dengan maksimal.
8. Teman-teman yang bersama-sama dalam Laboratorium Universitas Muhammadiyah Mataram yang saling mendukung dalam mengerjakan penelitian hingga kita bisa menyelesaikannya bersama-sama.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan, karena keterbatasan dan pengalaman yang dimiliki oleh penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca guna

menyempurnakan skripsi ini. Semoga skripsi ini bermanfaat dan dapat menjadi bahan masukan bagi rekan-rekan dalam penyusunan skripsi.

Mataram, 01 Mei 2023

Penyusun



IWAYAN WIRANATA
NIM. 418110112



ABSTRAK

Tanah merupakan aspek penting dalam perencanaan konstruksi, oleh karena itu daya dukung tanah merupakan faktor yang menentukan kestabilan, kelayakan dan umur suatu konstruksi. Beberapa Teknik pengendalian tanah diantaranya perencanaan dinding penahan tanah sehingga dapat meminimalisir terhadap dampak yang timbul terutama pada daerah pemukiman dengan kondisi tanah yang berbeda ketinggian antara titik satu dengan yang lain. Dinding Penahan Tanah (DPT) merupakan suatu konstruksi yang berfungsi untuk menahan tanah lepas atau alami dan mencegah keruntuhan tanah yang miring/lereng yang dimana tanahnya tidak dijamin untuk menahan lereng/kemiringan tanah itu sendiri. Penelitian ini membahas tentang dinding penahan tanah tipe gravitasi eksisting tanpa kaki, tipe gravitasi rencana dengan kaki dan tipe kantilever. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui dimensi dari dinding penahan tanah tipe gravitasi dan alternatif tipe kantilever, menghitung stabilitas/*safety factor* (SF) terhadap guling, geser, dan daya dukung pada dinding penahan tanah gravitasi dan kantilever serta menganalisis stabilitas/*safety factor* (SF) *overall* pada dinding penahan tanah kantilever dengan program plaxis.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah perhitungan secara manual dengan metode Bhisop dan metode finite elemen dengan program plaxis. Perhitungan dimulai dari desain dimensi dinding penahan tanah, perhitungan gaya-gaya dan momen yang bekerja pada dinding penahan tanah, gaya akibat tekanan tanah lateral, gaya gempa, pembebanan pada dinding penahan tanah, serta mencari nilai *safety factor* (SF) baik terhadap guling, geser, dan daya dukung pada dinding penahan tanah tipe gravitasi dan alternatif tipe kantilever. Pada penelitian ini digunakan juga metode finite elemen dengan program Plaxis 8.2 untuk mencari stabilitas/*safety factor* (SF) *overall* pada dinding penahan tanah tipe kantilever.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa dimensi DPT eksisting tipe gravitasi dalam kondisi tidak aman dengan hasil *safety factor* (SF) terhadap guling, geser, dan daya dukung tidak memenuhi syarat. Pada desain dinding penahan tanah tipe gravitasi rencana pembangunan baru dengan dimensi H=7m, B=3,5m, tinggi kaki=1m, lebar badan=2,5m, lebar atas 0,6m. Dengan dimensi tersebut nilai *safety factor* (SF) dinding tipe gravitasi terhadap stabilitas eksternal menunjukkan bahwa dinding yang direncanakan dapat memikul gaya guling, geser, serta keruntuhan daya dukung. Untuk desain dinding penahan tanah alternatif tipe kantilever dengan dimensi H=6,7m, B=3,5m, tinggi kaki=0,7m, lebar badan=0,6m, lebar atas=0,3m. Dengan dimensi tersebut nilai *safety factor* (SF) dinding penahan tanah alternatif tipe kantilever terhadap stabilitas eksternal menunjukkan bahwa dinding yang direncanakan dapat memikul gaya guling, geser, serta keruntuhan daya dukung, dan secara stabilitas keseluruhan (*overall*) dengan analisis program Plaxis 8.2 dinding penahan tanah alternatif tipe kantilever aman terhadap longsor.

Kata Kunci: Dinding penahan tanah, Dinding Gravitasi, Dinding Kantilever, Dimensi, Stabilitas Lereng, Faktor Keamanan, Tanggul.

ABSTRACT

The soil's bearing capacity determines a structure's stability, practicability, and durability. The design of retaining walls, which minimize the impacts, is one of the soil control techniques, particularly in residential areas with varying ground elevations. Retaining walls contain natural or porous soil and prevent the collapse of sloping areas where the soil cannot support the slope. This study examines the current gravity-type retaining wall without a footing, the planned gravity-type retaining wall with a footing, and the cantilever-type retaining wall. This study's objectives are to determine the dimensions of gravity-type retaining walls and alternative cantilever-type walls, to calculate the stability/safety factor (SF) against overturning, sliding, and bearing capacity for both gravity-type and cantilever-type retaining walls, and to analyze the overall stability/safety factor (SF) of the cantilever-type retaining wall using the Plaxis program. This study's research methodologies include manual calculations utilizing the Bishop method and finite element analysis utilizing the Plaxis software. The calculations include designing the dimensions of the retaining walls, determining the forces and moments acting on the walls, taking into account lateral earth pressure, seismic forces, and loading conditions, and determining the safety factors (SF) against overturning, sliding, and bearing capacity for both gravity-type and alternative cantilever-type retaining walls. In addition, a finite element analysis using the Plaxis 8.2 program is utilized to determine the cantilever-type retaining wall's overall stability/safety factor (SF). The results indicate that the dimensions of the existing gravity-type retaining wall are unsafe because the safety factors (SF) against overturning, sliding, and bearing capacity does not satisfy the specifications. The calculated safety factors (SF) for the intended gravity-type retaining wall with dimensions of $H=7\text{m}$, $B=3.5\text{m}$, footing height= 1m , body width= 2.5m , and top width= 0.6m indicate that the gravity wall can withstand overturning, sliding, and bearing capacity failures. The alternative cantilever-type retaining wall design with dimensions of $H=6.7\text{m}$, $B=3.5\text{m}$, footing height= 0.7m , body width= 0.6m , and top width= 0.3m demonstrates that the designed cantilever wall can withstand failures involving overturning, sliding, and bearing capacity. In addition, the Plaxis 8.2 global stability analysis confirms that the alternative cantilever-type retaining wall is secure against sliding.

Keywords: Retaining wall, Gravity wall, Cantilever wall, Dimensions, Slope Stability, Safety Factor, Embankment.



DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TULIS.....	iv
SURAT PERNYATAAN PLAGIARISME	v
SURAT PERNYATAAN PUBLIKASI ILMIAH.....	vi
MOTTO HIDUP	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
ABSTRAK	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR NOTASI.....	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	5
2.1. Tinjauan Pustaka.....	5
2.1.1 Penelitian Terdahulu	5
2.1.2 Tanah	7
2.1.3 Jenis Lapisan Tanah.....	10
2.2. Landasan Teori	13
2.2.1 Klasifikasi Tanah	13
2.2.2 Kadar Air	14
2.2.3 Berat Jenis	14

2.2.4 Kuat Geser Langsung	15
2.2.5 Tekanan Tanah Lateral	16
2.2.6 Stabilitas Lereng	22
2.2.7 Dinding Penahan Tanah	25
2.2.8 Program Plaxis 8.2.....	34
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	35
3.1. Gambaran Umum Penelitian.....	35
3.2. Studi Pustaka	36
3.3. Metode Pengumpulan Data.....	36
3.3.1 Data Skunder	36
3.3.2 Data Primer	38
3.4. Analisis Data.....	44
3.5. Tahapan Analisis Menggunakan Program Plaxis 8.2	45
3.6. Bagan Alir.....	47
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	48
4.1. Umum	48
4.2. Data Tanah dan Pembebanan.....	49
4.2.1 Data Tanah	49
4.2.2 Data Pembebanan	56
4.3. Analisis Dinding Penahan Tanah (DPT) Tipe Gravitasi (<i>Eksisting</i>).....	56
4.3.1 Data Dinding Penahan Tanah	58
4.3.2 Perhitungan Berat sendiri DPT.....	58
4.3.3 Tekanan Tanah Lateral Yang Bekerja Pada Dinding Penahan Tanah	62
4.3.4 Tekanan Tanah Aktif Total Setelah Terjadi Gempa.....	66
4.3.5 Analisis Stabilitas Terhadap Guling.....	69
4.3.6 Analisis Stabilitas Terhadap Geser (<i>Sliding</i>)	70
4.3.7 Analisis Stabilitas Terhadap Daya Dukung Tanah	71
4.3.8 Rekapitulasi nilai SF DPT Tipe Gravitasi (<i>Eksisting</i>).....	76

4.4. Analisis Dinding Penahan Tanah (DPT) Tipe Gravitasi (Rencana).....	76
4.4.1 Data Dinding Penahan Tanah	76
4.4.2 Perhitungan Berat Sendiri DPT	78
4.4.3 Tekanan Tanah Lateral Yang Bekerja Pada DPT	82
4.4.4 Tekanan Tanah Aktif Total Setelah Terjadi Gempa.....	84
4.4.5 Analisis Stabilitas Terhadap Guling	88
4.4.6 Analisis Stabilitas Terhadap Geser (<i>Sliding</i>)	89
4.4.7 Analisis Stabilitas Terhadap Daya Dukung Tanah	90
4.4.8 Rekapitulasi Nilai SF DPT Gravitasi Rencana.....	93
4.5. Analisis Dinding Penahan Tanah (DPT) Kantilever	93
4.5.1 Data Dinding Penahan Tanah	93
4.5.2 Perhitungan Berat Sendiri DPT	95
4.5.3 Tekanan Tanah Lateral Yang Bekerja Pada DPT Kantilever.....	99
4.5.4 Tekanan Tanah Aktif Total Setelah Terjadi Gempa.....	103
4.5.5 Analisis Stabilitas Terhadap Guling	106
4.5.6 Analisis Stabilitas Terhadap Geser (<i>Sliding</i>)	106
4.5.7 Analisis Stabilitas Terhadap Daya Dukung Tanah	107
4.5.8 Rekapitulasi Nilai SF DPT Kantilever	111
4.6. Analisis Faktor Keamanan Dengan Program Plaxis 8.2.....	112
4.6.1 Data Parameter Tanah Tanah	112
4.6.2 Perhitungan Plaxis	113
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	119
5.1. Kesimpulan	119
5.2. Saran	120
DAFTAR PUSTAKA	121
LAMPIRAN	122
DOKUMENTASI	140

DAFTAR TABEL

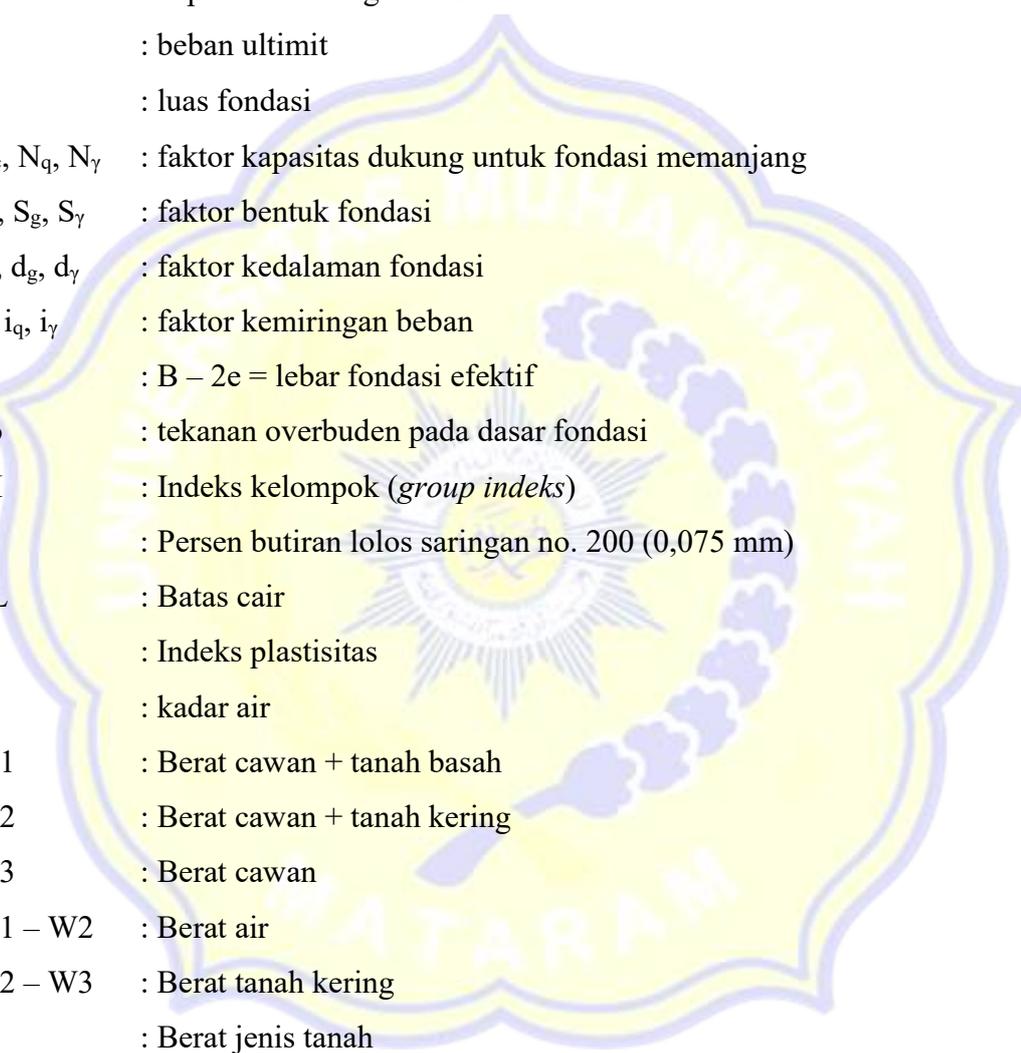
Tabel 2.1 Konsistensi Tanah Lempung Dalam Kisaran N.....	11
Tabel 2.2 Klasifikasi Kekuatan Tak-Terdrainase/ <i>Undrained</i>	11
Tabel 2.3 Koefisien Friksi Dari Mineral Pembentuk Pasir.....	12
Tabel 2.4 Batasan-Batasan Ukuran Golongan Tanah.....	23
Tabel 2.5 Hubungan Nilai Faktor Keamanan Lereng Dan Intensitas Longsor	25
Tabel 2.6 Faktor-Faktor Kapasitas Dukung Terzaghi (1943)	32
Tabel 3.1 Beban Lalu Lintas Untuk Analisis Stabilitas (DPU,2001).....	40
Tabel 4.1 Data Jenis Lapisan Tanah.....	50
Tabel 4.2 Tabel Hasil Uji Penetrasi Konus	50
Tabel 4.3 Hasil Uji Kadar Air Rata-Rata Tanah Dasar	51
Tabel 4.4 Hasil Uji Kadar Air Rata-Rata Pada Tanah Permukaan.....	51
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Berat Volume Tanah Kering Dan Volume Tanah Basah Pada Tanah Permukaan Dan Tanah Dasar	52
Tabel 4.6 Daftar Nilai Berat Jenis Air Pada Masing-Masing Temperatur	53
Tabel 4.7 Hasil Pengujian Berat Jenis Tanah Untuk Sampel Bawah.....	53
Tabel 4.8 Hasil Pengujian Berat Jenis Tanah Untuk Sampel Permukaan.....	58
Tabel 4.9 Hasil Perhitungan Uji Geser Pada Tanah Dasar.....	59
Tabel 4.10 Hasil Perhitungan Uji Geser Pada Tanah Permukaan	61
Tabel 4.11 Hasil Perhitungan Berat Sendiri DPT Tipe Gravitasi (<i>Eksisting</i>)	62
Tabel 4.12 Hasil Perhitungan Tekanan Tanah Yang Bekerja Pada DPT	65
Tabel 4.13 Perhitungan Faktor Daya Dukung Tanah.....	73
Tabel 4.14 Rekapitulasi SF Pada DPT Tipe Gravitasi (<i>Eksisting</i>).....	76
Tabel 4.15 Hasil Perhitungan Berat Sendiri DPT Tipe Gravitasi (Rencana).....	81
Tabel 4.16 Hasil Perhitungan Tekanan Tanah Yang Bekerja Pada DPT	84
Tabel 4.17 Perhitungan Faktor Daya Dukung Tanah.....	91
Tabel 4.18 Rekapitulasi SF Pada DPT Tipe Gravitasi (Rencana).....	93
Tabel 4.19 Hasil Perhitungan Berat Sendiri DPT Tipe Kantilever	99
Tabel 4.20 Hasil Perhitungan Tekanan Tanah Yang Bekerja Pada DPT	102
Tabel 4.21 Perhitungan Faktor Daya Dukung Tanah.....	110
Tabel 4.22 Rekapitulasi SF Pada DPT Kantilever Tipe Kantilever	111

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Skema Tanah Dan Pengujian Pada Uji Geser Langsung.....	16
Gambar 2.2	Tekanan Tanah Lateral Saat Runtuh A). Tekanan Tanah Aktif Dan B). Tekanan Tanah Pasif.....	17
Gambar 2.3	Kondisi Keseimbangan Plastis	18
Gambar 2.4	Keping Keruntuhan (<i>Failure Wedge</i>) Yang Dalam Menurunkan Persamaan Coulomb Untuk Tekanan Aktif. Perhatikan Dapat Mempunyai Harga \pm Dan $0 < A < 1800$	20
Gambar 2.5	Keruntuhan Tanah: (A) Kondisi Keruntuhan Yang Diasumsikan; (B) Menunjukkan Bahwa Gaya-Gaya Resultan Tidak Melalui Titik 0; Sehingga Keseimbangan Statis Tidak Dipenuhi; (C) Segitiga Gaya Untuk Menghasilkan P_a (Bowles, 1991).....	21
Gambar 2.6	Gaya Segitiga.....	22
Gambar 2.7	Gaya Yang Bekerja Pada Metode Bishop	24
Gambar 2.8	Dinding Penahan Tanah	26
Gambar 2.9	Estimasi Awal Perencanaan Dimensi Dinding Penahan Tanah	27
Gambar 2.10	Diagram Tekanan Tanah Aktif Dan Pasif Pada Tanah Kohesif..	28
Gambar 3.1	Peta Lokasi Dinding Penahan Tanah (DPT)	35
Gambar 3.2	Peta Zonasi Gempa Indonesia	37
Gambar 3.3	Nilai Spektrum Respon Desain Gempa.....	37
Gambar 3.4	Sampel Tanah Permukaan	38
Gambar 3.5	Sampel Tanah Bawah	39
Gambar 3.6	Bagan Alir Penelitian	47
Gambar 4.1	Penampang Melintang Tanggul Eksisting SPAM KEK Mandalika	48
Gambar 4.2	Penampang Melintang Tanggul Eksisting SPAM KEK Mandalika	49
Gambar 4.3	Grafik Perbandingan Tegangan Normal Dan Tegangan Geser (Sampel Tanah Bawah)	54

Gambar 4.4	Grafik Perbandingan Tegangan Normal Dan Tegangan (Sampel Tanah Permukaan)	55
Gambar 4.5	Dimensi Dinding Penahan Tanah Eksisting Tipe Gravitasi	57
Gambar 4.6	Beban Yang Bekerja Pada DPT Eksisting.....	59
Gambar 4.7	Gaya-Gaya Yang Bekerja Pada DPT Eksisting.....	63
Gambar 4.8	Gaya-Gaya Tekanan Tanah Lateral Akibat Gempa Yang Bekerja Pada DPT	67
Gambar 4.9	Dimensi Dinding Penahan Tanah Rencana Tipe Gravitasi	77
Gambar 4.10	Beban Yang Bekerja Pada DPT Rencana.....	79
Gambar 4.11	Gaya-Gaya Yang Bekerja Pada DPT Rencana.....	82
Gambar 4.12	Gaya-Gaya Tekanan Tanah Lateral Akibat Gempa Yang Bekerja Pada DPT	86
Gambar 4.13	Dimensi Dinding Penahan Tanah Rencana Type Kantilever	94
Gambar 4.14	Beban Yang Bekerja Pada DPT Kantilever.....	96
Gambar 4.15	Gaya-Gaya Yang Bekerja Pada DPT Kantilever.....	100
Gambar 4.16	Gaya-Gaya Tekanan Tanah Lateral Akibat Gempa Yang Bekerja Pada DPT Kantilever	104
Gambar 4.17	Tegangan Terhadap Daya Dukung Tanah.....	109
Gambar 4.18	Pemodelan Lereng Kantilever Input Plaxis 8.2	113
Gambar 4.19	Data Beton Bertulang	113
Gambar 4.20	Data Tanah Dasar	114
Gambar 4.21	Data Tanah Permukaan.....	114
Gambar 4.22	Jaring-Jaring Elemen	115
Gambar 4.23	Perhitungan Grafik Freatik	115
Gambar 4.24	Perhitungan Tegangan Awal.....	116
Gambar 4.25	Perpindahan Toal Sebelum Pembebanan	116
Gambar 4.26	Perpindahan Total Setelah Pembebanan.....	117
Gambar 4.27	Setting Plaxis Untuk Mendapatkan SF	118
Gambar 4.28	Nilai Angka Kemanan Lereng	118

DAFTAR NOTASI



τ	: tahanan geser tanah
c	: kohesi tanah
φ	: sudut geser dalam tanah
σ	: tegangan normal
q_u	: kapasitas dukung ultimit
P_u	: beban ultimit
A	: luas fondasi
N_c, N_q, N_γ	: faktor kapasitas dukung untuk fondasi memanjang
S_c, S_g, S_γ	: faktor bentuk fondasi
d_c, d_g, d_γ	: faktor kedalaman fondasi
i_c, i_q, i_γ	: faktor kemiringan beban
B'	: $B - 2e =$ lebar fondasi efektif
P_o	: tekanan overbuden pada dasar fondasi
GI	: Indeks kelompok (<i>group indeks</i>)
F	: Persen butiran lolos saringan no. 200 (0,075 mm)
LL	: Batas cair
PI	: Indeks plastisitas
w	: kadar air
$W1$: Berat cawan + tanah basah
$W2$: Berat cawan + tanah kering
$W3$: Berat cawan
$W1 - W2$: Berat air
$W2 - W3$: Berat tanah kering
G	: Berat jenis tanah
$W1$: Berat piknometer kosong
$W2$: Berat piknometer + tanah kering
$W3$: Berat piknometer + tanah + air
$W4$: Berat piknometer + air
PI	: Indeks Plastisitas
PL	: Batas Cair

m_1	: berat tanah basah dalam cawan
m_2	: berat tanah kering oven
v_1	: volume tanah basah dalam cawan
v_2	: volume tanah kering oven
γ_w	: berat volume air
NP	: Non plastis
Γ	: Berat volume tanah
Df	: Kedalaman fondasi
B	: Lebar atau diameter fondasi



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanah merupakan aspek penting dalam perencanaan konstruksi, oleh karena itu daya dukung tanah merupakan faktor yang menentukan kestabilan, kelayakan dan umur suatu konstruksi. Beberapa Teknik pengendalian tanah diantaranya perencanaan dinding penahan tanah sehingga dapat meminimalisir terhadap dampak yang timbul terutama pada daerah pemukiman dengan kondisi tanah yang berbeda ketinggian antara titik satu dengan yang lain.

Kawasan Strategis Nasional (KSN) adalah wilayah yang penataannya diprioritaskan karena mempunyai pengaruh sangat penting secara nasional terhadap kedaulatan negara, pertahanan dan keamanan negara, ekonomi, sosial, budaya dan/atau lingkungan termasuk wilayah yang ditetapkan sebagai warisan dunia. (UU Penataan Ruang 26/2007). Untuk pulau Lombok terdapat KSN dari sudut kepentingan lingkungan hidup yaitu Kawasan Taman Nasional Gunung Rinjani. Selain itu dari sudut kepentingan ekonomi terdapat Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) Mandalika yang ditetapkan berdasarkan PP 52 tahun 2014 tanggal 14 juli. Kawasan tersebut dengan luas 1.035,67 ha (seribu tiga puluh lima koma enam puluh tujuh hektar) terletak dalam wilayah Kecamatan Pujut, Kabupaten Lombok Tengah merupakan zona pariwisata.

Pada lokasi proyek Sistem Pengelolaan Air Minum (SPAM) Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) Mandalika terdapat banyak lereng yang perlu penanganan untuk mengatasi kelongsoran. Pada peta site lokasi (Instalasi Pengolahan Air) IPA SPAM Mandalika yang berbatasan dengan jalan desa setempat. Level ketinggian jalan desa dengan permukaan halaman lokasi IPA mempunyai ketinggian lebih dari 5 meter, maka dari itu dibutuhkan penanganan untuk menghindari terjadinya longsor ke areal IPA SPAM KEK Mandalika. Longsor sering terjadi terutama disaat musim hujan datang, dan juga sering terjadi di berbagai tempat sehingga menyebabkan kerusakan sarana dan prasarana yang bisa menghambat aktifitas kegiatan perekonomian serta korban jiwa. Bencana longsor merupakan bencana

yang dapat dicegah dan diperdiksi. Mencegah terjadinya kelongsoran agar aman dari kelongsoran dapat dilakukan berbagai macam Tindakan yang terukur diantaranya melakukan terasering, penanaman pohon hingga melakukan perkuatan tanah miring dengan dinding penahan tanah.

Tanah apabila berada pada kondisi kepadatan atau dengan kedar air tertentu akan memiliki kekuatan yang cukup untuk memberikan beban pada struktur yang menompangnya atau sebaliknya akan mampu menompang struktur yang ada di atasnya, khususnya apabila bebannya merupakan kompresi/tekan. Tanah yang akan dilewati/diberikan beban dorongan secara aktif terus menerus pada struktur dinding/lerengnya akan cenderung terguling atau akan tergeser. Untuk mencegah terjadinya guling maupun geser pada tanah miring dibutuhkan struktur Dinding Penahan Tanah.

Dinding Penahan Tanah (DPT) merupakan suatu konstruksi yang berfungsi untuk menahan tanah lepas atau alami dan mencegah keruntuhan tanah yang miring/lereng yang dimana tanahnya tidak dijamin untuk menahan lereng/kemiringan tanah itu sendiri. Dinding penahan tanah (DPT) bertujuan untuk pengendalian tanah demi menanggulangi terjadinya kelongsoran. Kondisi tanah yang dianggap kurang stabil dan tanah berkontur dengan elevasi berbeda seperti yang ada pada Lokasi IPA SPAM KEK Mandalika mengakibatkan longsor. Daerah yang mengalami kelongsoran salah satunya adalah Dinding Penahan Tanah pada pagar IPA SPAM KEK Mandalika yang berbatasan dengan jalan desa. Berdasarkan hasil pengamatan lapangan Dinding Penahan Tanah (DPT) pada pagar IPA SPAM KEK Mandalika yang mengalami kelongsoran, dibutuhkan perhitungan/perencanaan ulang untuk mengevaluasi Kembali Dinding Penahan Tanah (DPT) serta mendapatkan angka factor keamanan Dinding Penahan Tanah (DPT).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan pada latar belakang, maka terdapat beberapa rumusan masalah dalam penelitian ini, yaitu:

1. Berapa nilai *Safety Factor* (SF) perkuatan dinding penahan tanah (DPT)

- gravitasi tanpa kaki (*Eksisting*)?
2. Berapa nilai *Safety Factor* (SF) perkuatan dinding penahan tanah (DPT) gravitasi dengan kaki (perencanaan pembangunan baru)?
 3. Berapa nilai *Safety Factor* (SF) perkuatan dinding penahan tanah (DPT) Kantilever (alternatif menggunakan beton bertulang)?
 4. Berapa nilai *Safety Factor* (SF) *overall* DPT kantilever dengan Program Plaxis 8.2?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah jawaban dari rumusan masalah yang ada pada penelitian, yaitu:

1. Mengetahui nilai *Safety Factor* (SF) perkuatan dinding penahan tanah (DPT) gravitasi tanpa kaki (*Eksisting*).
2. Mendapatkan nilai *Safety Factor* (SF) perkuatan dinding penahan tanah (DPT) gravitasi dengan kaki (perencanaan pembangunan baru).
3. Mendapatkan nilai *Safety Factor* (SF) perkuatan dinding penahan tanah (DPT) Kantilever (alternatif menggunakan beton bertulang).
4. Mendapatkan nilai *Safety Factor* (SF) *overall* DPT tipe kantilever dengan Program Plaxis 8.2.

1.4 Manfaat

Manfaat yang didapatkan dari dilakukannya penelitian ini, yaitu:

1. Hasil penelitian dapat menambah pengetahuan tentang perbandingan perkuatan dinding penahan tanah baik dengan gravitasi maupun kantilever.
2. Hasil penelitian ini dapat digunakan untuk menentukan dasar acuan perkuatan tanggul pada daerah IPA SPAM KEK Mandalika.
3. Bagi penulis dan mahasiswa sendiri berguna sebagai tambahan perkembangan ilmu pengetahuan.

1.5 Batasan Masalah

Adapun beberapa batasan masalah yang digunakan untuk membatasi dalam penyusunan penelitian ini , yaitu:

1. Lokasi penelitian berada pada dinding penahan tanah di kawasan IPA SPAM KEK Mandalika.
2. Metode perkuatan dinding penahan tanah (DPT) menggunakan tipe Gravitasi (tanggul) dan tipe Kantilever (beton).
3. Mutu beton untuk dinding penahan tanah (DPT) Kantilever menggunakan beton $f'c$ 20 Mpa.
4. Penelitian tidak mencakup proses dan metode pelaksanaan.
5. Data tanah yang digunakan adalah hasil penyelidikan dilapangan dan analisis penelitian laboratorium.
6. Hanya menganalisis nilai *Safety Factor (SF)* untuk perencanaan Dinding Penahan Tanah (DPT).
7. Tidak menghitung rencana anggaran biaya (RAB).

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

2.1.1 Penelitian Terdahulu

Annisa (2018) telah melakukan penelitian yang dengan judul “*Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah Dan Perencanaan Perkuatan Lereng Menggunakan Geotekstil pada bantaran sungai Gajah Putih*” penelitian tersebut bertujuan untuk mengetahui angka aman dinding pasangan batu, dinding penahan tanah serta merencanakan perkuatan lereng menggunakan geotekstil. Metode yang digunakan pada penelitian tersebut menggunakan analisis perhitungan manual menurut teori rankine dan dilakukan analisis menggunakan program plaxis. Variasi yang digunakan pada perkuatan geotekstil dengan memodelkan lereng menjadi 1 jenjang dan 2 jenjang. Analisis dilakukan dalam kondisi dimana muka air dalam keadaan normal dan pada saat banjir serta memperhitungkan akibat beban merata pejalan kaki dan beban gempa. Berdasarkan penelitian tersebut didapatkan angka aman dinding pasangan batu dengan beban merata pejalan kaki dengan beban gempa sebesar 1,232 dan 1,016, pada kondisi muka air banjir sebesar 1,235 dan 1,015. Angka aman $< 1,5$ sehingga menyebabkan ketidak stabilan dan dan terjadi keruntuhan. Untuk dinding penahan tanah pada kondisi normal didapat hasil angka aman terhadap geser, guling dan kapasitas dukung tanah berturut-turut sebesar 4,346; 7,520 dan 4,288 dan pada kondisi muka air banjir sebesar 3,885; 6,923 dan 3,59. Perhitungan menggunakan plaxis didapatkan angka aman dengan beban pejalan dan beban gempa pada kondisi muka air normal sebesar 2,949 dan 1,563 dan pada kondisi banjir sebesar 3,027 dan 1,564. Angka aman tersebut menunjukan bahwa dinding penahan tanah tersebut aman dan stabil. Pada perencanaan perkuatan lereng menggunakan geotekstil variasi 1 pada kondisi muka air normal didapatkan angka aman sebesar 2,433 dan 1,579. Dan pada kondisi muka air banjir sebesar 2,494 dan 1,574. Angka aman variasi 2 pada kondisi muka air normal didapatkan angka aman sebesar 2,665 dan 1,569 dan pada kondisi muka air banjir

sebesar 2,733 dan 1,567. Dari angka aman yang diperoleh menunjukkan bahwa perkuatan lereng menggunakan geotekstil stabil dan aman.

Fajar (2016) melakukan penelitian dengan judul “*Analisis Stabilitas Lereng Dengan Dinding Penahan Tanah Kantilever Menggunakan Program Plaxis, (Studi Kasus Jalan Piyungan-Batas Gunung Kidul, Yogyakarta)*”. Lokasi penelitian dilakukan pada lereng yang berada didaerah piyungan, kabupaten Bantul provinsi DIY. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui angka aman lereng sebelum dan sesudah diberi perkuatan dinding penahan tanah jenis kantilever dengan menggunakan dua metode perhitungan yaitu fellenius dan program plaxis. Hasil analisis dari penelitian tersebut yaitu angka aman lereng sebelum diberi perkuatan dihitung dengan menggunakan metode fellenius sebesar 0,95085 dan menggunakan program plaxis sebesar 0,9522. Angka aman dari hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa lereng tidak aman atau tidak stabil. Sedangkan untuk lereng yang sudah diberi perkuatan dinding penahan tanah kantilever menggunakan metode fellenius didapatkan angka aman sebesar 1,744 dan menggunakan plaxis sebesar 1,7413. Nilai angka aman tersebut lebih besar dari angka aman yang disyaratkan yaitu 1,5 sehingga dapat disimpulkan dari analisis yang dilakukan pada lereng didaerah piyungan dengan perkuatan dinding penahan tanah kantilever stabil atau aman.

Rendy (2020) melakukan penelitian dengan judul “*Analisis Stabilitas Lereng Dengan Dinding Penahan Tanah Kantilever Pada Lereng Jalann Ponorogo-Trenggalek Stasiun 23+600 menggunakan Program Plaxis)*”. Lokasi penelitian dilakukan pada lereng yang berada didaerah jalan penghubung Kota Ponorogo dan Kota Trenggalek Provinsi Jawa Timur. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui angka aman lereng tanpa perkuatan dan setelah diberi perkuatandinding penahan tanah kantilever yang diharapkan dapat menahan gaya lateral yang terjadi. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode elemen hingga plaxis 8.6 dan perhitungan manual menggunakan metode bishop. Analisis stabilitas lereng menggunakan program plaxis bertujuan untuk mengetahui angka aman lereng sebelum dan sesudah dilakukan perkuatan menggunakan dinding penahan tanah jenis kantilever asil perhitungan angka aman pada lereng tanpa

perkuatan menggunakan program plaxis tidak didapatkan nilai angka aman, maka dilakukan perhitungan manual dan didapatkan nilai angka aman sebesar 0,484. Dengan nilai angka aman $< 1,25$ lereng tidak aman terhadap keruntuhan. Pada lereng dengan perkuatan dinding penahan tanah kantilever menggunakan program plaxis 8.6 pada kondisi masa konstruksi tanpa beban gempa sebesar 1,3538 dan dengan beban gempa sebesar 1,3529. Sedangkan nilai angka aman pada kondisi paska konstruksi tanpa beban gempa didapatkan nilai angka aman sebesar 1,2683 dan dengan beban gempa sebesar 1,2678. Dengan nilai angka aman $> 1,25$, maka lereng aman terhadap keruntuhan.

Suripto (2019) melakukan penelitian dengan judul “*Perencanaan dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever Pada Saluran II Budar Di Desa Kemuning Lor Kecamatan Arjasa Kabupaten Jember*”. Lokasi penelitian dilakukan pada lereng yang berada didaerah saluran II Budar di desa Kemuning Lor Kabupaten Jember. Tujuan dari studi ini adalah untuk menganalisa perencanaan dinding penahan tanah di lokasi tersebut dengan menggunakan tipe dinding penahan tanah kantilever dan perhitungan manual. Hasil analisa menunjukkan bahwa dinding penahan tanah kantilever dengan dimensi $H = 7$, $B = 5$, $T = 0,5$, T_t dan $T_h = 0,7$, $L_t = 0,7$ dan $L_h = 3,3$, kantilever tersebut dinyatakan aman dengan nilai faktor aman untuk tanah kohesi sebesar $FS_{guling} = 3,26$, $FS_{geser} = 2,05$, $FS_{DayaDukungTanah} = 5,44$ dan $FS_{kelongsoran} = 1,20$. Dari hitungan tersebut dapat diperoleh penulangan D19-150, D19-75, dengan tulangan bagi $\emptyset 14-250$.

2.1.2 Tanah

A. Definisi tanah

Tanah merupakan kumpulan tubuh alam yang menduduki sebagian besar daratan planet bumi, istilah tubuh alam bebas yaitu hasil pelapukan buatan yang menduduki sebagian besar permukaan bumi dan mempunyai sifat yang mudah dipengaruhi oleh iklim (Bambang Suhendro 2015). Tanah berasal dari pelapukan batuan, yang prosesnya dapat secara fisik dan kimia. Sifat-sifat teknis tanah, kecuali dipengaruhi oleh sifat batuan induk, yang merupakan material asalnya, juga dipengaruhi oleh unsur-unsur luar yang menjadi penyebab terjadinya

pelapukan tersebut. (Hardiyatmo 2002).

Dari penjelasan diatas dapat disimpulkan bahwa tanah baik secara fisik dan kimia berasal dari pelapukan batuan yang menduduki sebagian besar permukaan bumi. Tanah juga merupakan tempat tinggal bagi umat manusia yang ada di bumi dan sudah menjadi kepentingan manusia baik untuk mendirikan bangunan, dll. Tanah sebagai kebutuhan kepentingan manusia dan juga sangat penting untuk manusia mengetahui sifat-sifat dan macam-macam tanah yang ada. Berikut merupakan sifat-sifat teknis dari tanah.

B. Sifat-sifat teknis tanah

1. Tanah granuler

Tanah - tanah granuler seperti pasir, krikil batuan dan campuran mempunyai sifat-sifat teknis yang sangat baik. Sifat-sifat tanah tersebut antara lain:

- memiliki kapasitas dukung tinggi dan penurunan yang kecil baik digunakan untuk timbunan dan badan jalan.
- mudah dipadatkan dan menghasilkan gaya lateral yang kecil dan merupakan material yang cocok untuk tanah urug pada dinding penahan tanah.
- tanah yang baik untuk timbunan karena memiliki kuat geser yang tinggi.
- bila tidak dicampur dengan material lain tidak dapat digunakan sebagai bahan timbunan tanggul, bendungan, kolam renang dan lain-lain. Karena permeabilitasnya besar. Galian pada tanah granuler yang terendam air memerlukan penanganan air yang baik.

a) Kerapatan relatif

Kuat geser dan kompresibilitas tanah granuler tergantung dari kepadatan butir yang biasanya dinyatakan dalam kerapatan relative (D_r). jika tanah granuler digunakan untuk timbunan maka kepadatannya dinyatakan dengan persen atau kepadatan relative (R_c)

b) Bentuk dan ukuran butir

Hal lain yang penting mengenai tanah granuler ialah bentuk dan ukuran butirnya. Semakin kasar dan besar ukuran butirnya maka semakin besar kuat gesernya. Oleh pengaruh gaya geser, butiran yang kecil mudah

sekali terguling, sedangkan butiran besar, akibat geseran, butiran akan memaksa satu sama lain. Semeikian pula dengan gradasinya, semakin gradasinya baik maka semakin besar kuat gesernya.

c) Kapasitas dukung

Kerikil dan pasir dalam kepadatan yang sedang atau besar mempunyai kapasitas dukung yang tinggi. Kerikil berpasir yang lembab dan terletak diatas permukaan muka air memiliki sedikit kohesi, karena itu tebing galian dapat dibuat tegak asalkan dicegah dari erosi aliran air pekerjaan pemompaan akan menelan biaya besar jika galian terletak dibawah muka air tanah. Namun jika galian tidak terlalu besar maka dapat menggunakan pompa air dengan kapasitas sedang.

2. Tanah kohesif

Tanah kohesif seperti lempung, lempung berlanau, lempung berpasir atau berkerikil yang sebgaaian besar butiran tanahnya terdiri dari butiran halus. Kuat geser tanah ini ditentukan terutama dari kohesinya. Tanah-tanah kehesif umumnya mempunyai sifat-sifat sebagai berikut:

- kuat geser rendah.
- bila basah bersifat plastis dan mudah mampat (mudah menurun).
- menyusut bila kering dan mengembang bila basah.
- berkurang kuat gesernya, bila kadar air nya bertambah.
- berkurang kuat gesernya bila struktur tanahnya terganggu.
- perubahan volumenya dengan bertambahnya waktu akibat rangkak (*creep*) pada beban yang konstan.
- merupakan material kedap air.
- material yang jelek untuk tanah urug karena menghasilkan gaya lateral yang tinggi.

a) Kuat geser

Untuk analisis stabilitas fondasi pada jangkaka pendek, kuat geser lempung diperoleh dari uji triaksial, uji tekan bebas dilaboratorium dan uji geser kipas di laboratorium atau dilapangan. Salah satu karakteristik tanah

berbutir halus yang kohesif adalah plastisitas, yaitu kemampuan butir tanah untuk tetap melekat satu sama lain.

b) Plastisitas dan konsistensi

Dalam pekerjaan fondasi tiga nilai kadar air yang memberikan indikasi sangat berguna memperkirakan perilaku tanah berbutir halus, yaitu kadar air (w) di tempat pekerjaan fondasi, dan dua batas - batas konsistensi, batas cair (LL) dan batas plastis (PL) hal ini memberikan sesuatu yang penting dalam kaitan dengan stabilitas tanah.

3. Tanah Lanau

Lanau adalah material yang butir-butirannya lolos saringan no 200. Peck, dkk (1953) dan membagi tanah ini menjadi dua kategori, yaitu lanau yang dikarakteristikan sebagai tepung batu yang tidak berkoheisi dan tidak plastis dan lanau yang bersifat plastis. Sifat teknis lanau tepung batu mendekati sifat pasir halus. Dikarenakan berbutir halus banyak sifat-sifat teknis lanau tidak menguntungkan. Berikut ini adalah sifat-sifat tanah lanau:

- kuat geser rendah setelah penerapan beban
- kapilaritas tinggi
- permeabilitas rendah
- kerapatan relative rendah dan sulit untuk dipadatkan

4. Tanah Organik

Tanah dalam kondisi alamnya dapat mengandung bahan organik. Biasanya, dalam persentase bahan organik yang rendah (kira-kira 2%). Tanah organik mempunyai karakteristik yang tidak menguntungkan seperti kuat geser yang rendah, mudah mampat, bersifat asam, dan sifat-sifat lain yang dapat merusak bahan bangunan.

2.1.3 Jenis Lapisan Tanah

A. Lapisan Tanah Lempung

Tanah lempung adalah kelompok-kelompok partikel kristal berukuran koloid yang dihasilkan dari pelapukan kimiawi batuan, yang salah satu penyebabnya adalah air yang mengandung asam atau alkali, oksigen, dan

karbondioksida. Hampir semua mineral lempung berbentuk lempengan yang mempunyai permukaan spesifik (perbandingan antara luas permukaan dengan massa) yang tinggi. Akibatnya sifat-sifat partikel ini sangat dipengaruhi oleh gaya-gaya permukaan. Tanah lempung memiliki sifat, sebagai berikut:

- 1) Bersifat kohesif
- 2) Sudut gesernya kecil atau dianggap 0
- 3) Premeabilitasnya rendah
- 4) Volume menyusutnya saat kering dan mengembang saat basah

Konsistensi tanah lempung mempunyai nilai SPT dalam kisaran N yang bervariasi, tergantung banyak air yang terkandung di dalamnya yang ditunjukkan pada table 2.1 dan 2.2.

Tabel 2.1 Konsistensi Tanah Lempung Dalam Kisaran N

	Tanah Kohesif				
Penetrasi, N	<4	4-6	6-15	16-25	>25
Berat isi, γ (kN/m^3)	14-18	16-18	16-18	16-18	>20
Konsistensi	Sangat lunak	Lunak	Sedang	Kenyal	Keras

(sumber: Hadiyatmo 2011)

Tabel 2.2 Klasifikasi Kekuatan Tak-Terdrainase/*Undrained*

Konsistensi Tanah	Cu (kN/m^2)
Sangat kaku/keras	>150
Kaku (stiff)	100-150
Teguh sampai kaku	75-100
Konsistensi Tanah	Cu (kN/m^2)
Teguh	50-75
Lunak sampai Teguh	40-50
Lunak	20-40
Sangat Lunak	<20

(sumber :Hadryatmo 2011)

B. Lapisan Tanah Pasir

Distribusi ukuran partikel tanah berbutir kasar dapat ditentukan dengan metode pengayakan (*sieving*). Dari hasil pengayakan, pasir dan kerikil dapat dibagi menjadi fraksi-fraksi kasar, medium, dan halus. Pasir dan kerikil dapat dideskripsikan sebagai bergradasi baik jika tidak ada partikel-partikel yang ukurannya menyolok dalam rentang distribusi dan jika masih terdapat partikel-partikel yang berukuran sedang, bergradasi buruk jika ukurannya seragam atau jarang terdapat partikel berukuran sedang (terdapat loncatan ukuran tanah). Untuk material pasir, gaya friksi yang terjadi antara butiran-butiran dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu tipe-tipe mineral pasir, bentuk, densitas, berat jenis, dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2.3. Koefisien Friksi Dari Mineral Mineral Pembentuk Pasir

Mineral	<i>Static Coefficient of Friction</i>
<i>Clear quartz</i>	0.11
<i>Milky quartz</i>	0.14
<i>Rose quartz</i>	0.13
<i>Microline feldspar</i>	0.12
<i>Calcite</i>	0.14
<i>Muscovite</i>	0.43
<i>Chlorite</i>	0.53
<i>Tale</i>	0.36

(sumber :Hadryatmo 2011)

Karakteristik kekuatan geser pasir dapat ditentukan dari hasil-hasil uji triaksial dalam kondisi terdrainasi maupun hasil-hasil pengujian geser langsung, yang dinyatakan dalam parameter-parameter tegangan efektif c' dan Φ' . Karakteristik pasir kering dan pasir jenuh adalah sama.

Untuk pasir rapat, sudut tahanan geser maksimum (Φ' maks) jauh lebih besar dari sudut friksi sesungguhnya (Φ_u) antara permukaan-permukaan masing-masing partikel dimana perbedaan tersebut menunjukkan energi yang dibutuhkan untuk mengatasi keterikatan dan menyusun kembali partikel-partikel tersebut. Di dalam praktek pada umumnya, dimana dipakai faktor keamanan untuk kekuatan geser dan

regangan yang relatif rendah, digunakan tegangan puncak untuk menentukan keruntuhan.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Klasifikasi Tanah

Tanah merupakan dasar dari suatu struktur atau konstruksi, baik itu bendungan, struktur gedung, struktur jalan, maupun bangunan konstruksi lainnya. Tanah terdiri dari berbagai jenis dan memiliki sifat khusus contoh tanah pasir adalah tanah yang tidak kohesif dan tidak plastis sedangkan tanah lempung adalah tanah yang bersifat kohesif dan plastis. Pada umumnya istilah-istilah tanah dalam teknik sipil dapat disebut kerikil, pasir, lempung, atau lanau (*silt*), tergantung dari ukuran butiran yang paling dominan pada tanah tersebut. Material campurannya ditambah sebagai nama tambahan dibelakan material unsur utama.

Tanah dapat digolongkan menjadi tiga jenis atau kategori yaitu tanah non kohesif, kohesif dan tanah organik. Pada tanah non kohesif, antara butirannya saling lepas (tidak ada ikatan) diantaranya seperti krikil dan pasir, tanah kohesif antar butirannya saling mengikat seperti lempung, dan tanah organik tidak baik untuk dasar bangunan (Bambang Suhendro 2015).

Beberapa organisasi telah menentukan batasan - batasan ukuran untuk golongan jenis tanah (*soil separate size limits*) berdasarkan ukuran partikelnya. Pada Tabel 2.4 dapat dilihat batasan batasan ukuran golongan tanah berdasarkan ukuran butir tanah yang telah di kembangkan oleh beberapa organisasi yang ahli di bidang nya.

Tabel 2.4. Batasan-Batasan Ukuran Golongan Tanah

Nama Kelompok	Ukuran Butir (mm)			
	Kerikil	Pasir	Lanau	Lempung
<i>Massachusetts Institute of Teknologi (MIT)</i>	>2	2-0,06	0,06-0,002	<0,002
<i>U.S Departemen of Agriculture (USDA)</i>	>2	2-0,06	0,005-0,002	<0,002

<i>American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)</i>	76,2-2	2-0,075	0,075-0,002	<0,002
<i>Unifield Soil Classification System (U.S. Bureau of Reclamation)</i>	76,2-4,75	4,75-0,075	Halus (yaitu Lanau dan lempung)<0,0075	

(Sumber: Das, 1987)

Jenis dan ukuran butir pada setiap tanah di berbagai lokasi sangatlah beragam, contoh jenis tanah lempung yang bercampur dengan pasir dan krikil pada suatu tempat, di mana jenis ukuran berbeda tetapi tetap memiliki kecenderungan pada jenis tertentu.

2.2.2 Kadar Air

Kadar air tanah adalah percobaan yang diperuntukan agar mendapatkan persentase air yang terdapat dalam sampel tanah yang bersumber pada berat basah dan berat keringnya dan disebutkan dengan satuan persen. Penentuan kadar air bisa dihitung menggunakan persamaan 2.1. yang terdapat dalam SNI 1965-2008 sebagai berikut:

$$w = \frac{w_1 - w_2}{w_2 - w_3} \dots \dots \dots (2.1)$$

dengan;

- w : kadar air (%)
- W1 : Berat cawan + tanah basah (gram)
- W2 : Berat cawan + tanah kering (gram)
- W3 : Berat cawan (gram)
- W1 – W2 : Berat air (gram)
- W2 – W3 : Berat tanah kering (gram)

Kadar air benda uji dilaporkan dengan ketelitian 1% atau 0,1%

2.2.3 Berat jenis

Berat jenis (*specific gravity*) (Gs) atau berat spesifik (*specific weight*) yaitu perbandingan antara berat butiran tanah dengan air suling (destilasi) dengan volume yang sama pada temperatur tertentu (Paduraksa., 2014) berat jenis dapat

dihitung melalui persamaan 2.2 sebagai berikut:

$$G = \frac{\text{Berat butir}}{\text{Berat air dan volume tang sama}} = \frac{W}{Ww}$$
$$G = \frac{w1-w2}{(w4-w1)-(w3-w2)} = \dots\dots\dots(2.2)$$

dengan;

G : Berat jenis tanah

W1 : Berat Piknometer kosong (gram)

W2 : Berat Piknometer + tanah kering (gram)

W3 : Berat Piknometer + tanah + air (gram)

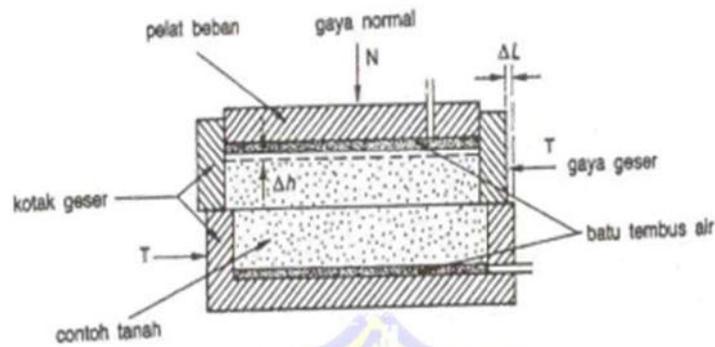
W4 : Berat Piknometer + air (gram)

2.2.4 Kuat geser langsung (*Direct Shear test*)

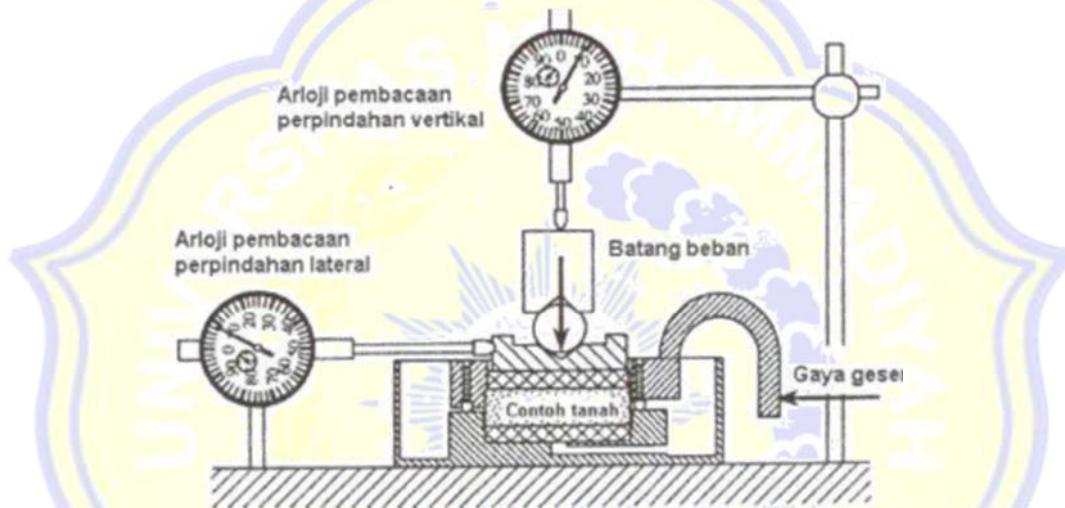
Kuat geser tanah merupakan gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir-butir tanah terhadap desakan atau tarikan. Dengan dasar pengertian ini, bila tanah mengalami pembebanan ditahan oleh:

1. Kohesi tanah yang bergantung pada jenis tanah dan kepadatannya, tetapi tidak tergantung dari tegangan normal yang bekerja pada bidang geser
2. Gesekan antara butir-butir tanah yang besarnya berbanding lurus dengan tegangan normal pada bidang gesernya.

Parameter kuat geser tanah ditentukan melalui uji laboratorium pada benda uji yang diambil langsung dari lapangan. Tanah yang diambil dari lapangan diusahakan tidak mengalami perubahan pada kondisinya diutamakan tanah asli (*undisturbed*) dimana kadar air dan susunan tanah tidak berubah. Pengambilan sampel tanah asli disarankan menggunakan tabung untuk meminimalisir perubahan kondisi tanah. gambar berikut merupakan gambaran alat uji geser langsung bisa diamati dalam Gambar 2.1.



a) Skema Contoh Tanah Setelah Tergeser



Gambar 2.1. Skema Tanah Dan Pengujian Pada Uji Geser Langsung
(sumber: Hardiyatmo, 2012)

2.2.5 Tekanan Tanah Lateral

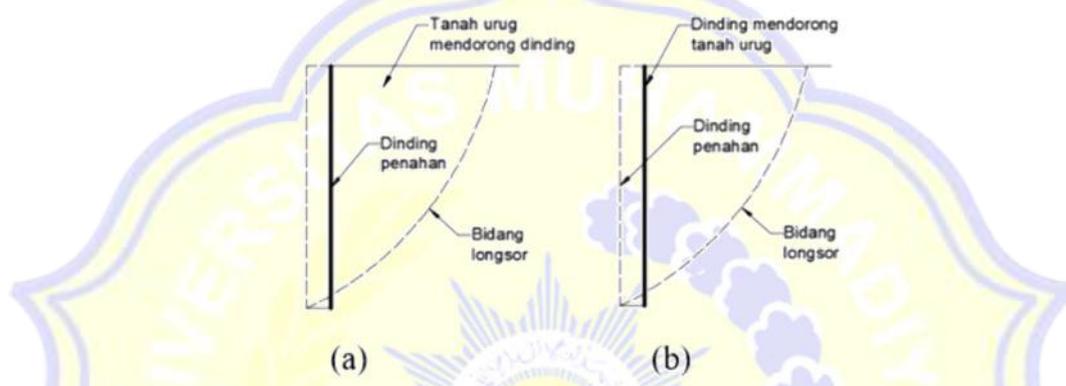
Kata lateral berasal dari bahasa Inggris yang berarti ke sisi. Kata yang memiliki arti yang sama yaitu *to the side* atau *sideways*. Dengan demikian tekanan tanah dapat diartikan gaya yang bekerja ke sisi dinding penahan tanah (Surendro 2015). Analisis dan perhitungan tekanan tanah lateral digunakan untuk perancangan dinding penahan tanah dan struktur penahan tanah lainnya.

Tekanan tanah lateral adalah gaya yang ditimbulkan oleh akibat dorongan tanah di belakang struktur penahan tanah. Besarnya tekanan lateral sangat dipengaruhi oleh perubahan letak (*displacement*) dari dinding penahan dan sifat-sifat tanahnya (Hardiyatmo 2012). Tekanan tanah lateral adalah gaya yang ditimbulkan oleh akibat dorongan tanah dibelakang struktur penahan tanah. Besar

tekanan tanah lateral sangat dipengaruhi oleh perubahan letak (*displacement*) dari tembok penahan dan sifat-sifat tanah asli.

A. Tekanan tanah aktif dan tekanan tanah pasif

Tekanan tanah aktif dapat diartikan sebagai tekanan horizontal (P_a), yaitu tekanan yang bersifat mendorong struktur dinding penahan tanah. Sedangkan tekanan tanah pasif dapat diartikan sebagai tekanan horizontal yang bersifat menahan struktur dinding penahan tanah (Surendro 2015). Tekanan tanah lateral aktif dan pasif saat runtuh dapat dilihat seperti pada gambar 2.2 berikut ini.

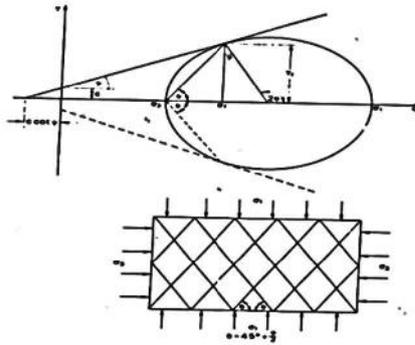


Gambar 2.2. Tekanan Tanah Lateral Saat Runtuh a). Tekanan Tanah Aktif dan, b). Tekanan Tanah Pasif.

Variasi besarnya tekanan tanah lateral yang terkait dengan sifat tanah tergantung dari : tipe tanah, apakah tanah berupa tanah kohesif atau non kohesif (tanah granuler), porositas, kadar air, dan berat volumenya. Besarnya tekanan tanah juga tergantung dari tingginya tanah pada belakang tanggul.

B. Teori rankine

Teori rankine (1857) mempertimbangkan keadaan tegangan pada massa tanah ketika kondisi keseimbangan plastisnya telah tercapai, yaitu Ketika keruntuhan gesernya pada suatu titik terjadi pada seluruh tanah. Teori tersebut memenuhi kondisi pemecahan plastisitas batas bawah, dapat dilihat pada gambar 2.3 berikut.



Gambar 2.3. Kondisi Keseimbangan Plastis

Dari gambar diatas terlihat bahwa kondisi tegangan pada saat keruntuhan elemen dua-dimensi, dimana parameter-parameter kekuatan geser yang dinyatakan dengan c dan Φ . Keruntuhan geser terjadi sepanjang suatu bidang yang membentuk sudut sebesar $(45^\circ + \Phi/2)$ terhadap bidang utama. Kondisi keseimbangan plastis hanya dapat dibentuk jika pada tanah yang bersangkutan terjadi deformasi yang cukup besar. Untuk suatu tanah semi tak-terbatas dengan permukaan horizontal dan memiliki batas vertikal yang terbuat dari dinding berpermukaan halus dengan kedalaman semi tak-terbatas. Tanah diasumsikan bersifat homogen dan isotropik. suatu elemen tanah pada kedalaman z akan menerima tegangan vertical σ_z dan tegangan horizontal σ_x . Oleh sebab itu, tegangan-tegangan vertical dan horizontal menjadi tegangan-tegangan utama.

Jika terjadi pergerakan dinding menjauhi tanah, maka nilai σ_x berkurang karena tanah berdilatasi atau mengembang ke luar, dimana pengurangan σ_x merupakan suatu fungsi yang tidak diketahui dari regangan lateral pada tanah. Jika pengembangan tanah yang terjadi cukup besar, nilai σ_x berkurang sampai suatu nilai minimum sedemikian rupa sehingga terbentuk kondisi keseimbangan plastis.

Kondisi ini terjadi karena penurunan tegangan horizontal σ_x , maka σ_x merupakan tegangan utama kecil (σ_3). Tegangan vertical merupakan tegangan utama besar (σ_1). Hubungan antara σ_1 dan σ_3 pada saat tanah mencapai kondisi keseimbangan plastis dapat diturunkan dari lingkaran mohr. Sehingga dapat dirumuskan pada persamaan 2.3 berikut:

$$\sin \theta = \frac{\frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_3)}{\frac{1}{2}(\sigma_1 + \sigma_3 + 2c \cot \theta)} \dots \dots \dots (2.3)$$

$$\sigma_3 = \sigma_1 \left(\frac{1 - \sin \theta}{1 + \sin \theta} \right) - 2c \sqrt{\frac{1 - \sin \theta}{1 + \sin \theta}} \dots \dots \dots (2.4)$$

σ_1 adalah tekanan *overburden* pada kedalaman z, yaitu:

$$\sigma_1 = \gamma z$$

Tegangan horizontal untuk kondisi ini didefinisikan sebagai tekanan aktif (P_A), yaitu tekanan akibat berat sendiri tanah. Jika $K_A = \frac{1 - \sin \theta}{1 + \sin \theta}$ didefinisikan sebagai koefisien tekanan aktif, maka persamaan 2 dapat ditulis sebagai

$$P_A = K_A \gamma z - 2c \sqrt{K_A} \dots \dots \dots (2.5)$$

Jika dinding bergerak ke arah massa tanah, maka yang akan terjadi kompresi lateral pada tanah dan nilai σ_x akan bertambah sampai mencapai kondisi plastis. Untuk kondisi ini, σ_x mencapai nilai maksimum dan merupakan tegangan utama besar σ_1 . Tegangan σ_z , sama dengan tekanan *overburden*, yaitu merupakan tegangan utama kecil.

$$\sigma_1 = \gamma z$$

Hubungan antara σ_1 dan σ_3 pada saat tanah mencapai kondisi keseimbangan plastis dapat diturunkan dari lingkaran Mohr. Sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\sigma_3 = \sigma_1 \left(\frac{1 + \sin \theta}{1 - \sin \theta} \right) + 2c \sqrt{\frac{1 + \sin \theta}{1 - \sin \theta}} \dots \dots \dots (2.6)$$

Jika $K_p = \frac{1 + \sin \theta}{1 - \sin \theta}$ didefinisikan sebagai koefisien tekanan pasif, maka persamaan (2.7) dapat ditulis sebagai

$$P_p = K_p \gamma z - 2c \sqrt{K_p} \dots \dots \dots (2.7)$$

Pada dasarnya rumusan Rankine diturunkan dengan mengasumsikan kohesi (c)=0

C. Teori Coulomb

Teori tekanan tanah yang dikemukakan oleh C.A.Coulomb sekitar tahun 1776, sebagai berikut:

1. Tanah adalah isotropik dan homogen yang mempunyai gesekan dalam dan kohesi.

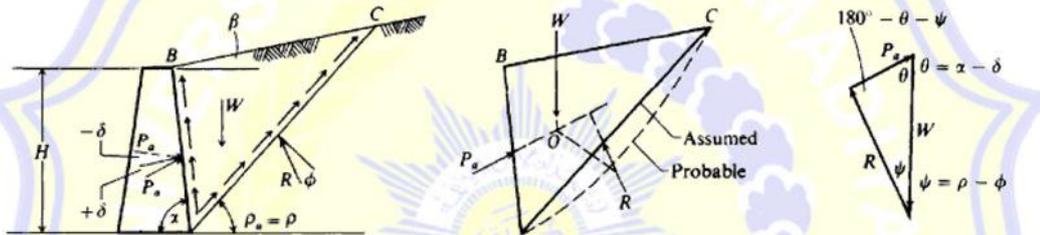
$$P_a = \frac{W \sin(\rho - \emptyset)}{\sin(180 - \alpha - \rho + \emptyset + \delta)} \dots \dots \dots (2.9)$$

Dari persamaan diatas dapat dilihat bahwa harga $P_a = f(\rho)$; artinya semua faktor lainnya yang diberikan adalah konstan, sedangkan harga P_a yang paling diperlukan adalah harga yang terbesar. Dengan menggabungkan Persamaan (a) dan (b), kita dapatkan

$$P_a = \frac{\gamma H^2}{2 \sin^2 \alpha} \left[\sin(\alpha + \rho) \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\sin(\alpha - \beta)} \right] \frac{W \sin(\rho - \emptyset)}{\sin(180 - \alpha - \rho + \emptyset + \delta)} \dots \dots \dots (2.10)$$

maka harga maksimum dari gaya dinding aktif P_a diperoleh sebesar $dP_a/d\rho = 0$ untuk menghasilkan

$$P_a = \frac{\gamma H^2}{2} \frac{\sin^2(\alpha + \emptyset)}{\sin^2 \sin(\alpha - \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\emptyset + \delta) \sin(\emptyset - \beta)}{\sin(\alpha - \delta) \sin(\alpha + \beta)}} \right]^2} \dots \dots \dots (2.11)$$



Gambar 2.5. Keruntuhan Tanah : (a) Kondisi keruntuhan yang diasumsikan; (b) Menunjukkan Bahwa Gaya-Gaya Resultan Tidak Melalui Titik O; Sehingga Keseimbangan Statis Tidak Dipenuhi; (c) Segitiga Gaya Untuk Menghasilkan P_a (Bowles, 1991)

Jika $\beta = \delta = 0$ dan $\alpha = 90^\circ$ (untuk sebuah dinding vertikal licin yang mempunyai urugan balik horizontal), maka persamaan diatas dapat disederhanakan menjadi

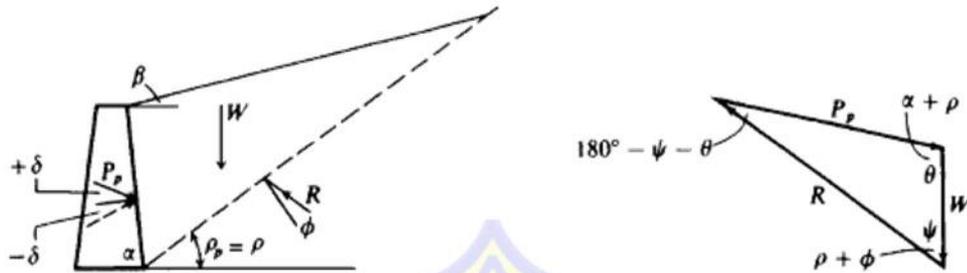
$$P_a = \frac{\gamma H^2}{2} \frac{(1 - \sin \emptyset)}{(1 + \sin \emptyset)} = \frac{\gamma H^2}{2} \tan^2 \left(45 - \frac{\emptyset}{2} \right) \dots \dots \dots (2.12)$$

jika $K_\alpha = \frac{(1 - \sin \emptyset)}{(1 + \sin \emptyset)}$

maka $P_a = \frac{\gamma H^2}{2} K_\alpha$

dimana $K_\alpha = \frac{\sin^2(\alpha + \emptyset)}{\sin^2 \sin(\alpha - \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\emptyset + \delta) \sin(\emptyset - \beta)}{\sin(\alpha - \delta) \sin(\alpha + \beta)}} \right]^2} \dots \dots \dots (2.13)$

Tekanan tanah pasif diturunkan dengan cara serupa kecuali inklinasi pada dinding dan segitiga gayanya seperti pada gambar dibawah 2.6 ini



Gambar 2.6. Segitiga Gaya

Berat dari massa yang runtuh yang diasumsikan adalah

$$W = \frac{\gamma H^2}{2} \sin(\alpha + \rho) \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\sin(\rho - \beta)} \dots\dots\dots(2.14)$$

dan dengan menggunakan rumus dari segitiga gaya diperoleh

$$P_p = W \frac{\sin(\rho + \theta)}{\sin(180 - \rho - \theta - \delta - \alpha)}$$

Dengan menetapkan turunan $dP_p/d\rho = 0$ maka diperoleh harga minimum dari P_p sebagai berikut:

$$P_p = \frac{\gamma H^2}{2} \frac{\sin^2(\alpha - \theta)}{\sin^2 \sin(\alpha - \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\theta + \delta) \sin(\theta + \beta)}{\sin(\alpha + \delta) \sin(\alpha + \beta)}} \right]^2} \dots\dots\dots(2.15)$$

Untuk sebuah dinding vertical licin (*smooth vertical wall*) yang mempunyai urugan balik horizontal ($\delta = \beta = 0$ dan $\alpha = 90^\circ$), maka persamaan (f) disederhanakan menjadi:

$$P_p = \frac{\gamma H^2}{2} \frac{1 + \sin\theta}{1 - \sin\theta} = \frac{\gamma H^2}{2} \tan^2 \left(45 + \frac{\theta}{2} \right) \dots\dots\dots(2.16)$$

Dapat ditulis juga:

$$P_p = \frac{\gamma H^2}{2} K_p \dots\dots\dots(2.17)$$

2.2.6 Stabilitas Lereng

Pada Lereng terbentuk akibat adanya beda tinggi antara dua elevasi tanah yang menyebabkan munculnya daerah miring yang menghubungkan antara dua elevasi tanah yang berbeda. Dari proses terjadinya lereng dapat dibagi menjadi dua kategori yaitu yang terbentuk secara alami dan buatan. Lereng yang terbentuk secara alami seperti lereng pada daerah pegunungan, lereng ditepian sungai, dan

lain sebagainya dan lereng yang sengaja dibuat oleh manusia untuk keperluan pembangunan baik itu berupa pembuatan jalan, Gedung dan bangunan lainnya. kestabilan pada lereng sangat penting untuk diperhatikan, lereng yang tidak stabil dapat berpotensi besar untuk terjadi longsor dan dapat menyebabkan adanya kerugian baik material dan nonmaterial.

Analisis stabilitas lereng tidak mudah dilakukan dan banyak faktor yang mempengaruhi perhitungan. Adapun faktor-faktor tersebut antara lain tanah yang terdiri dari berbagai lapis, aliran rembesan air dalam tanah, perbedaan sifat dari masing-masing lapisan tanah, dan lain sebagainya.

A. Penyebab longsor

Menurut Hardiyatmo (2012), Tanah longsor merupakan perpindahan material pembentuk lereng berupa batuan, bahan rombakan, tanah, atau campuran dari material tersebut yang bergerak ke bawah atau keluar lereng. Tanah Longsor adalah jenis bencana alam yang terjadi karena Gerakan massa tanah atau batuan, yang keluar dari lereng akibat dari adanya gangguan kestabilan tanah dari sebelumnya, (BNPB 2010). Adapun faktor-faktor penyebab dari tanah longsor dapat di bagi menjadi yaitu faktor alam dan faktor manusia.

1. Faktor alam

Penyebab tanah longsor akibat faktor alam yaitu gempa, kondisi geologi seperti pelapukan batuan, aktifitas gunung berapi, erosi, iklim dan topografi.

2. Faktor manusia

Penyebab tanah longsor akibat aktifitas manusia yaitu penebangan hutan pada daerah perbukitan, penambangan batu di lereng tebing yang terjal, sistem drainase pada lereng yang tidak baik, serta pengembangan daerah yang tidak diimbangi dengan kesadaran masyarakat sekitar.

Faktor aman didefinisikan sebagai nilai banding antara gaya yang menahan dan gaya yang menggerakkan. Dapat dilihat pada Persamaan (2.18).

$$SF = \tau / \tau_d \dots\dots\dots(2.18)$$

dengan:

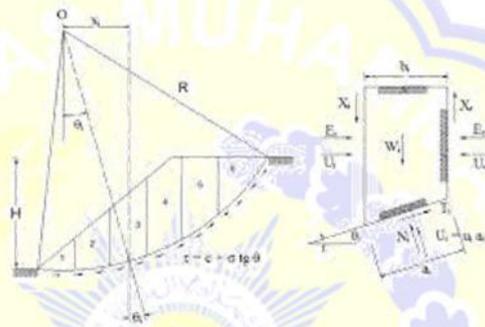
SF = faktor aman

τ = tahanan geser maksimum

τ_d = tahanan geser yang timbul akibat gaya berat tanah yang akan longsor

B. Metode Bishop

Metode Bishop adalah metode yang di gunakan untuk menganalisis kestabilan lereng asli tanpa perkutan. Metode bishop merupakan metode yang sederhana dan memiliki tingkat ketelitian yang tinggi. Metode ini sangat cocok untuk mencari keruntuhan kritis secara otomatis yang berbentuk bujur sangkar untuk mencari faktor keamanan minimum. Gaya yang bekerja dan rumus yang di gunakan dalam untuk menghitung dalam metode bishop dapat dilihat pada gambar 2.7. berikut ini.



Gambar 2.7. Gaya Yang Bekerja Pada Metode Bishop

(Sumber: A.W. Bishop, 1955)

$$Sf = \frac{(cx\Delta x + w \tan \phi)}{w \sin \phi} \dots \dots \dots (2.19)$$

$$m = \cos \alpha \left(1 + \frac{(\tan \alpha \tan \phi)}{F} \right) \dots \dots \dots (2.20)$$

Dengan,

SF = Safety factor

C = Kohesi (kN/m²)

Φ = Sudut gesek dalam tanah

α = Sudut irisan dengan bidang longsor

W = Berat irisan tanah (kN/m)

Q = Beban Merata

Δx = Panjang irisan (m)

F = Faktor Aman Rencana

Menurut buku sifat-sifat fisik & geoteknis tanah yang diterbitkan oleh Bowles (1989) tentang keruntuhan lereng, dibagi menjadi 3 kelompok rentang

faktor keamanan (SF) ditinjau dari intensitas kelongsorannya, seperti yang diperlihatkan pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5. Hubungan Nilai Faktor Keamanan Lereng dan Intensitas Longsor

Nilai factor keamanan (SF)	Kejadian/Intensitas Longsor
SF kurang dari 1,07	Longsor terjadi biasa/sering (Lereng labil)
SF antara 1,07 sampai 1,25	Longsor pernah terjadi (Kritis)
SF diatas 1,25	Longsor jarang terjadi

(Sumber: Bowles (1989))

2.2.7 Dinding Penahan Tanah

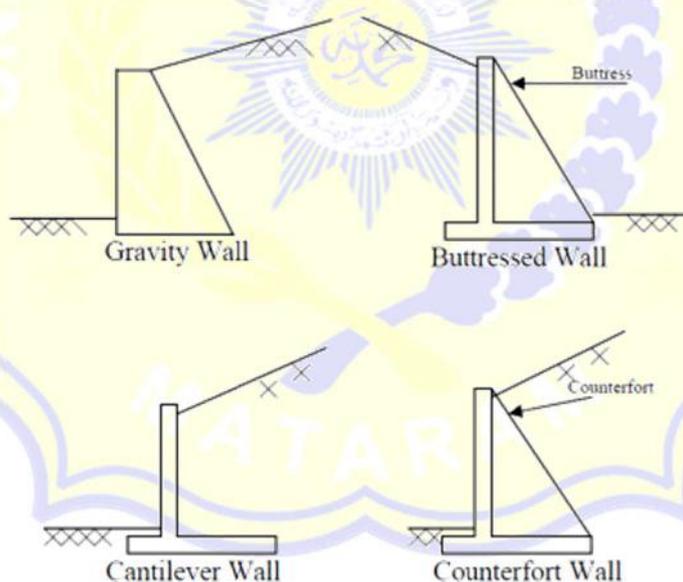
Dinding penahan tanah adalah bangunan struktur yang berfungsi untuk menahan tanah lepas atau alami dan mencegah keruntuhan pada lereng yang tidak stabil atau berpotensi longsor serta menjaga kestabilan lereng atau tanah timbunan. Berdasarkan cara untuk mencapai stabilitasnya, Dinding penahan tanah dibagi menjadi 7 jenis. Yaitu:

1. Dinding gravitasi. Dinding yang mengandalkan beratnya untuk mencapai kestabilan tanah.
2. Dinding kantilever. Dinding beton bertulang yang menggunakan aksi dari bagian kantilever dindingnya untuk menahan massa tanah yang berada berada dibelakang dinding.
3. Dinding pertebalan belakang (*counterfort retaining wall*). Mirip dengan dinding katilever hanya aja memiliki bagian dinding kantilever yang cukup panjang untuk menahan tekanan yang sangat tinggi dibelakang dinding dan juga memiliki pertebalan pada bagian belakang dinding.
4. Dinding pertebalan depan (*buttressed retaining wall*). Mirip dengan dinding pertebalan belakang, hanya saja petebalannya berada disebelah depan.
5. Dinding kisi (*crib walls*). Dinding yang dibangun dari potongan-potongan beton precast, logam, atau kayu, dan topang oleh angkur-angkur yang ditanak didalam tanah untuk mencapai kestabilan tanah.
6. Tumpuan jembatan (*bridge abutment*). Dinding dengan perluasan dinding tumpuan (*wing wall*) untuk menahan urugan jalan masuk (*approach fill*) dan

juga menahan erosi.

Dinding penahan tanah jenis kantilever paling banyak di gunakan selain karena ekonomis juga serta cocok di gunakan untuk ketinggian 2,5-6meter jika ketinggian lereng atau tanah timbunan lebih dari 6 meter maka yang lebih cocok di gunakan adalah dinding penahan tanah jenis kantilever dikarenakan pada bagian dasar dari dinding vertikal akan timbul momen lentur yang cukup besar sehingga tidak ekonomis, salah satu solusinya yaitu diberi sirip pada bagian dalam dinding penahan tanah tersebut.

Dinding penahan tanah merupakan bangunan struktur yang paling banyak digunakan dalam berbagai proyek konstruksi. Dinding penahan tanah kantilever merupakan dinding dan beton bertulang yang berbentuk huruf T terbalik. Jenis dinding penahan tanah kantilever memiliki ketebalan dinding yang relative tipis dan diberi tulangan untuk menahan momen dan gaya lintang yang bekerja pada dinding penahan tanah tersebut. Pada gambar 2.8 di bawah ini dapat dilihat beberapa jenis dinding penahan tanah.



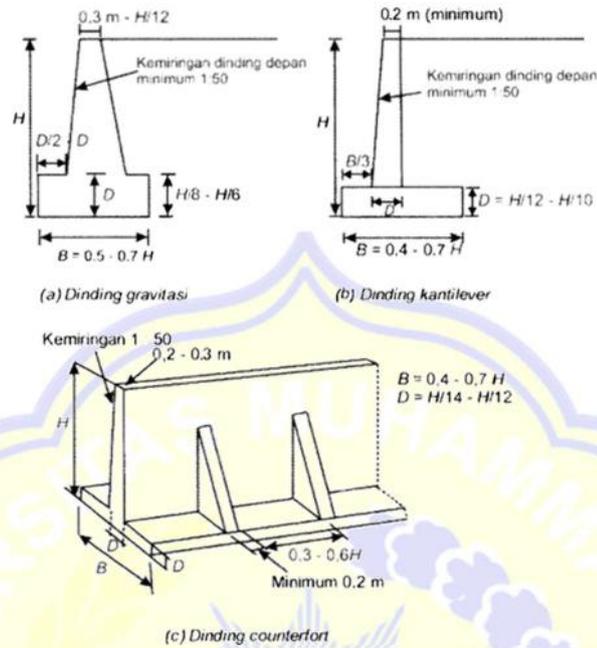
Gambar 2.8. Dinding Penahan Tanah

(sumber: *earth Retaining Structures Manual, 2010*)

A. Perencanaan Dinding Penahan Tanah

Perencanaan dinding penahan tanah pada dasarnya dilakukan dengan *trial and error*. Dari hasil tersebut didapatkan dimensi dinding penahan tanah yang

ideal dan memenuhi syarat stabilitas. Estimasi perencanaan dinding penahan tanah dapat dilihat pada gambar 2.9 berikut ini.



Gambar 2.9. Estimasi awal Perencanaan Dimensi Dinding Penahan Tanah
(sumber: Hardiyatmo, 2011)

B. Koefisien tekanan tanah lateral dinding penahan tanah

Dalam merencanakan bangunan penahan tanah, tentu nilai tekanan tanah lateral diperlukan untuk mengetahui tekanan – tekanan yang bekerja. Namun sebelum mengetahui tekanan tanah lateral, terlebih dahulu mengetahui koefisien tekanan tanah lateral tersebut. Sama halnya dengan tekanan tanah lateral, koefisien tekanan tanah lateral juga terdapat koefisien tekanan tanah aktif dan pasif.

1. Permukaan tanah horizontal

Bila permukaan tanah horizontal, koefisien tekanan tanah aktif (*coefficient of active earth pressure*) atau K_a menurut Rankine dinyatakan dalam Persamaan (2.21) Sedangkan koefisien tekanan tanah pasif (*coefficient of passive pressure*) atau K_p menurut Rankine dinyatakan dalam Persamaan (2.22).

$$K_a = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \dots \dots \dots (2.21)$$

$$K_p = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) \dots \dots \dots (2.22)$$

2. Permukaan tanah miring

Tekanan tanah pada permukaan miring dapat ditentukan dengan pertolongan lingkaran mohr atau dengan memperhatikan keseimbangan tanah yang akan longsor. Koefisien tekanan tanah aktif pada permukaan miring dinyatakan dalam Persamaan (2.23) Sedangkan koefisien tekanan tanah pasif dinyatakan dalam Persamaan (2.24).

$$K_a = \cos\beta \frac{\cos\beta - \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\phi}}{\cos\beta + \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\phi}} \dots\dots\dots(2.23)$$

$$K_p = \cos\beta \frac{\cos\beta + \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\phi}}{\cos\beta - \sqrt{\cos^2\beta - \cos^2\phi}} \dots\dots\dots(2.24)$$

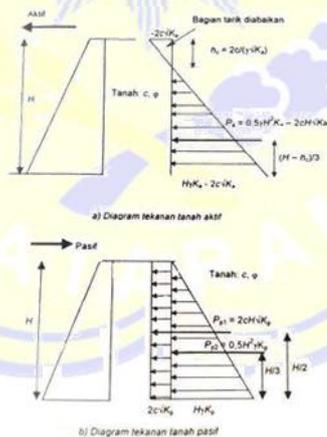
C. Tekanan tanah lateral dinding penahan tanah

Pada perencanaan bangunan penahan tanah, tekanan tanah aktif bekerja dengan gaya – gaya yang cenderung mengurangi keseimbangan bangunan penahan tanah atau bagian tanah yang bekerja menekan bangunan penahan tanah. Sedangkan tekanan tanah pasif merupakan gaya perlawanan tanah akibat dari tekanan tanah aktif tersebut.

Tekanan – tekanan tanah lateral yang terjadi adalah sebagai berikut.

1. Tekanan tanah lateral akibat tanah

Tekanan tanah lateral akibat tanah dapat dilihat pada Berikut.



Gambar 2.10. Diagram Tekanan Tanah Aktif Dan Pasif Pada Tanah Kohesif (sumber: Hardiyatmo, 2006)

Berdasarkan Gambar 2.9. tersebut, maka tekanan aktif total (P_a) dan tekanan pasif total (P_p) dinyatakan dengan Persamaan (2.25) dan (2.26) berikut ini.

$$P_a = 0,5 H^2 \gamma K_a \dots\dots\dots(2.25)$$

$$P_p = 0,5 H^2 \gamma K_p \dots\dots\dots(2.26)$$

Dengan:

P_a = tekanan tanah aktif total (kN/m²)

P_p = tekanan tanah pasif total (kN/m²)

γ = berat volume basah tanah (kN/m³)

H = tinggi dinding penahan tanah (m)

K_a = koefisien tekanan aktif

K_p = koefisien tekanan pasif

2. Tekanan tanah lateral aktif akibat gempa

Tekanan tanah lateral akibat gempa juga perlu diperhitungkan untuk analisis struktur dalam kondisi kritis setelah terjadi gempa. Metode yang digunakan untuk perhitungan adalah Metode Seed-Withman 1970. Metode ini juga dikembangkan berdasarkan metode *limit state analyses*, dimana pada metode ini analisa perhitungan tegangan lateral saat gempa adalah pada persamaan (2.27):

$$P_{ae} = \Sigma P_a + P_e$$

P_{ae} = Total tegangan lateral aktif saat terjadi gempa

ΣP_a = Total tegangan lateral aktif Rankine

$$= 1/2 \times \gamma \times H^2 \times K_a$$

P_e = Tegangan lateral aktif saat gempa (Seed-Withman 1970)

$$= \frac{3}{8} \times \left(\frac{ah_{max}}{g} \right) \times \gamma \times H^2 \dots\dots\dots(2.27)$$

g = nilai gravitasi

$$M_{ae} = P_{ae} \times y$$

M_{ae} = Momen akibat tekanan tanah aktif saat gempa.

$$\Sigma M_a = M_{ae} + \Sigma M_{ta}$$

= Total Momen yang terjadi akibat tekanan tanah aktif

ah = nilai percepatan gempa arah horizontal

D. Stabilitas DPT Terhadap Pergeseran

Stabilitas dinding penahan tanah terhadap pengeseran di pengaruhi oleh

gaya gesekan antara tanah dengan dasar fondasi (δh) digunakan rumus $2/3\phi$, serta tekanan tanah pasif (P_p) apabila di depan dinding penahan terdapat tanah timbunan, Faktor aman terhadap penggeseran dinyatakan dengan persamaan (2.28) berikut ini.

$$SF_{gs} = \frac{\Sigma R_h}{\Sigma P_a} \geq 1,5 \dots \dots \dots (2.28)$$

$$\Sigma R_h = \Sigma P_v \times \tan \delta h + (Bc) \dots \dots \dots (2.29)$$

Untuk tanah granuler ($c=0$)

$$\Sigma R_h = W f = W \operatorname{tg} \delta h \dots \dots \dots (2.29a)$$

Untuk tanah kohesif ($\phi=0$)

$$\Sigma R_h = c_a B \dots \dots \dots (2.29b)$$

Dengan:

- ΣR_h = tahanan dinding penahan tanah terhadap penggeseran
- ΣP_v = Jumlah gaya-gaya verikal yang menahan gaya horizontal
- W = berat total dinding penahan tanah dan tanah diatas pelat pondasi
- δh = sudut gesek antara tanah dan dasar pondasi
- c_a = $ad \cdot c$ = adhesi antara tanah dan dasar pondasi
- c = kohesi tanah dasar
- ad = factor adhesi
- B = lebar pondasi
- ΣP_a = jumlah gaya-gaya horizontal
- f = koefisien gesek antara tanah dengan dasar pondasi.
- ϕ = sudut gesek tanah

Faktor aman terhadap penggeseran dasar pondasi (F_{gs}) minimum diambil 1,5 (SNI 8460 2017). Namun Bowles menyatakan bahwa:

$$SF_{gs} \geq 1,5 \text{ untuk tanah dasar granuler}$$

$$SF_{gs} \geq 2 \text{ untuk tanah dasar kohesif}$$

E. Stabilitas DPT Terhadap Penggulingan

Tekanan tanah lateral yang diakibatkan oleh tanah di belakang dinding penahan cenderung menggulingkan dinding penahan dengan pusat rotasi pada ujung kaki depan pelat pondasi. Momen penggulingan ini dilawan oleh momen

akibat berat sendiri dinding penahan tanah dan momen akibat berat tanah di atas dasar pondasi. Faktor aman terhadap penggulingan (SF_{gl}) dinyatakan dengan Persamaan (2.30) berikut ini.

$$SF_{gl} = \frac{\Sigma Ms}{\Sigma Ma} \dots \dots \dots (2.30)$$

$$\Sigma Ms = W \cdot y$$

$$\Sigma Ma = \Sigma Pa \cdot y + \Sigma Pae \cdot y$$

Dengan:

ΣMs = momen yang melawan penggulingan (kN.m)

ΣMa = momen yang mengakibatkan penggulingan (kN.m)

W = berat tanah di atas pelat pondasi dan berat sendiri dinding Penahan (kN)

y = Jarak gaya dengan lengan momen (o)

B = lebar kaki dinding penahan (m)

ΣPa = Jumlah gaya-gaya horizontal (kN)

ΣPae = jumlah gaya-gaya akibat gempa (kN)

Faktor aman terhadap penggulingan adalah ≥ 2 (SNI 8460 2017), dan bergantung pada jenis tanah, yaitu:

$SF_{gl} \geq 1,5$ untuk tanah dasar granuler

$SF_{gl} \geq 2$ untuk tanah dasar kohesif

F. Stabilitas DPT Terhadap Daya Dukung Tanah

Perhitungan stabilitas daya dukung tanah dasar terdapat beberapa persamaan yang digunakan, seperti persamaan Terzaghi (1943) dan persamaan Vesic (1975) dan Hansen (1970). Dalam perhitungan stabilitas terhadap daya dukung tanah dasar digunakan persamaan Terzaghi dan melibatkan faktor kapasitas dukung ultimit untuk pondasi memanjang menurut Terghazi yang dapat dilihat pada Tabel 2.6 berikut.

Tabel 2.6 Faktor-Faktor Kapasitas Dukung Terzaghi (1943)

ϕ	Keruntuhan Geser Umum			Keruntuhan Geser Lokal		
	N_c	N_q	N_γ	N'_c	N'_q	N'_γ
0	5,7	1	0	5,7	1	0
5	7,3	1,6	0,5	6,7	1,4	0,2

lanjutan tabel 2.6

φ	Nc	Nq	N γ	N'c	N'q	N' γ
10	9,6	2,7	1,2	8	1,9	0,5
15	12,9	4,4	2,5	9,7	2,7	0,9
20	17,7	7,4	5	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	8,3	5,7
34	52,6	36,6	35	23,7	11,7	9
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	65,5	87,1

(sumber : Terzaghi (1943), dalam Hardiyatmo, 2011)

Untuk nilai Nc, Nq, dan N γ pada persamaan Terzaghi bisa diambil dari tabel 2.6 faktor daya dukung tanah Terzaghi atau dengan persamaan sebagai berikut:

$$N_c = \frac{1}{\tan \varphi} \times \frac{a^2}{2 \times \cos^2 \left(45 + \frac{\varphi}{2}\right)^2 - 1} \dots\dots\dots(2.31)$$

$$N_q = N_c \times \tan \varphi + 1 \dots\dots\dots(2.32)$$

$$N_\gamma = \frac{1}{2} \times \tan \varphi \times \frac{K_{p\gamma}}{\cos^2(\varphi) - 1} \dots\dots\dots(2.33)$$

$$\varphi = \frac{\varphi}{180} \times \pi$$

$$a = e^{\left(\frac{3x\pi}{4} - \varphi\right) \tan \varphi}$$

Df = kedalaman pondasi

Pada rumus Terzaghi tidak memberikan nilai K γ . Secara pendekatan cernica (1995), mengusulkan nilai K γ :

$$K_{p\gamma} = 3 \times \tan^2 x \ 45^\circ + \frac{1}{2} \times (\varphi + 33^\circ)$$

Pada persamaan Terzaghi, dalam penggunaan perhitungan daya dukung tanah dasar pada dinding penahan tanah tidak tepat. Hal ini disebabkan karena pada persamaan ini hanya berlaku untuk fondasi yang di bebani secara vertikal dan sentris. Sedangkan resultan beban – beban pada dinding penahan tanah pada umumnya miring dan eksentris. Maka dari itu perhitungan daya dukung tanah dasar dinding penahan tanah menggunakan persamaan Terzaghi pada Persamaan

(2.34) berikut ini.

$$Q_u = c \cdot N_c + D_f \cdot \gamma \cdot N_q + 0.5 \cdot B \cdot N_\gamma \dots\dots\dots(2.34)$$

Dengan:

Q_u = Kapasitas dukung ultimit untuk pondasi memanjang (kN/m²)

c = Kohesi tanah (kN/m²)

D_f = Kedalaman pondasi (m)

e = eksentrisitas beban (m)

γ = berat volume tanah (kN/m³)

N_c, N_q, N_γ = faktor kapasitas dukung Terzaghi

Faktor aman terhadap keruntuhan kapasitas dukung tanah dasar di hitung dengan Persamaan (2.35) berikut ini.

$$SF = \frac{Q_u}{Q_{maks}} \geq 3 \dots\dots\dots(2.35)$$

Dengan:

Q_u = kapasitas dukung ultimit (kN/m²), dan

Q_{maks} = tekanan maksimal akibat beban struktur (kN/m²).

Untuk persamaan yang digunakan pada tekanan akibat beban struktur (Q_{maks}) adalah dengan mencari nilai eksentrisitas beban (e) digunakan persamaan (2.36)

$$e = \frac{\frac{B}{2} \Sigma M_{ms} - (\Sigma M_a + \Sigma M_{ae})}{\Sigma P_v} \dots\dots\dots(2.36)$$

dengan:

ΣM_{ms} = Jumlah momen penahan DPT

ΣM_a = Jumlah momen akibat tekanan tanah

ΣM_{ae} = Jumlah momen akibat gempa

ΣP_v = Jumlah gaya-gaya vertical

B = Lebar pondasi

Maka pada rumus nilai Q_{maks} dan Q_{min} digunakan persamaan (2.37)

$$Q_{maksmin} = \frac{\Sigma P_v}{B} \times \left(1 \pm \frac{6e}{B} \right) \dots\dots\dots(2.37)$$

2.2.8 Program Plaxis 8.2

Plaxis adalah suatu program aplikasi yang digunakan untuk menganalisis permasalahan dibidang geotekstil dalam perencanaan bangunan ketekniksipilan. Pemodelan lereng hingga pondasi serta kondisi tanah berbagai macam variasi dapat dengan mudah dan mengetahui kondisi tanah ketika bangunan diimplementasikan dilapangan, aplikasi plaxis dapat diasumsikan menjadi cerminan dan kondisi sebenarnya dilapangan. Tahapan analisis menggunakan program plaxis 8.2 melalui beberapa tahapan yang harus dilakukan antaranya:

1. Input data

Tahapan input data pada program plaxis meliputi data property tanah, kekuatan, pemodelan geometri lereng, pembebanan, kemudian melakukan meshin, dan initial condition. Kemudian masuk ketahap selanjutnya.

2. Calculation

Tahapan calculation merupakan tahapan perhitungan atau analisis dimana pada tahapan ini dapat dilakukan dengan berbagai macam kondisi. Kemudian hasil dari calculation dapat dilihat pada bagian output.

3. Output

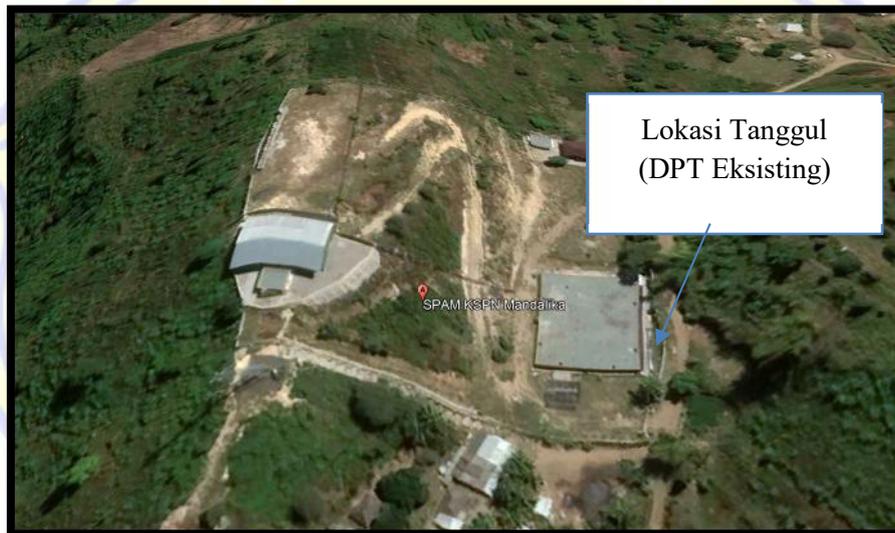
Hasil dari analisis pada tahap calculation sebelumnya dapat dilihat pada tahap output ini. Hasil analisis pada tahap output dapat ditampilkan dalam bentuk angka dan gambar.

BAB III

METODELOGI PENELITIAN

3.1. Gambaran Umum Penelitian

Pada pembangunan SPAM KEK Mandalika Tahap I dengan kapasitas IPA 50 l/d dibangun dinding penahan/tanggul pada pagar. Dinding Penahan Tanah (DPT) SPAM KEK Mandalika merupakan struktur bangunan yang digunakan untuk perkuatan tanggul tanah pada pagar bangunan Reservoir yang berbatasan dengan jalan desa dengan lebar ± 6 m. Lokasi Penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Peta Lokasi Dinding Penahan Tanah (DPT)
(sumber:google earth 2022)

Pembangunan Tanggul pada pagar SPAM KEK Mandalika meski sudah dilakukan perkuatan dengan type gravitasi namun tetap mengalami pergerakan tanah yang menyebabkan kelongsoran. Longsornya perkuatan dinding dengan type gravitasi ini terjadi sepanjang ± 18 meter secara bersamaan. Selain itu, kondisi tanah dasar yang ada pada dinding yang longsor merupakan kategori tanah lanau berlempung berdasarkan hasil laporan sondir SPAM Mandalika. Maka dari itu dinding penahan tanah perlu dilakukan evaluasi desain dan direncanakan desain ulang dengan penanganan khusus agar tanah menjadi stabil.

3.2. Studi Pustaka

Tahapan studi literatur, yaitu mencari dan mempelajari literatur atau referensi-referensi yang akan digunakan dan berhubungan dengan topik penelitian, agar penelitian tidak salah dan sesuai dengan prosedur yang berlaku. Studi pustaka merupakan metode dalam mencari dan mengumpulkan data guna menunjang kelancaran dalam penelitian. Dimana para peneliti mencari dan atau melengkapi referensi yang bersangkutan berupa data, dokumen-dokumen dan gambar yang berhubungan dengan penelitian yang akan dilakukan sehingga mempermudah ketika pengolahan data serta analisa data berikutnya.

3.3. Pengumpulan Data

Mengumpulkan data merupakan bagian penting yang ada disaat penelitian sedang dimulai dengan merangkum hasil-hasil dari sejumlah jenis penelitian yang sudah direncanakan sebelumnya. Tahap pengumpulan data, data yang akan digunakan pada penelitian ini yaitu data skunder yang berasal dari laporan penyelidikan tanah SPAM Mandalika oleh PT. BSBK dan PT. Miniontek. Untuk data primer akan digunakan data dari hasil observasi lapangan dan hasil laboratorium uji.

Dari proses mengumpulkan data dapat diperoleh hasil dari penelitian yang dilakukan seperti, kadar air, berat jenis, berat volume basah dan kering, kuat geser yang setelahnya akan diolah agar mengetahui pengaruh dan hasil dari pengujian. Berikut adalah data tanah, beban-beban yang bekerja dan geometri lereng/tanggul. Pengumpulan data dilakukan melalui beberapa tahapan diantaranya adalah sebagai berikut:

3.3.1 Data skunder

Data skunder yang digunakan pada penelitian ini diantaranya adalah:

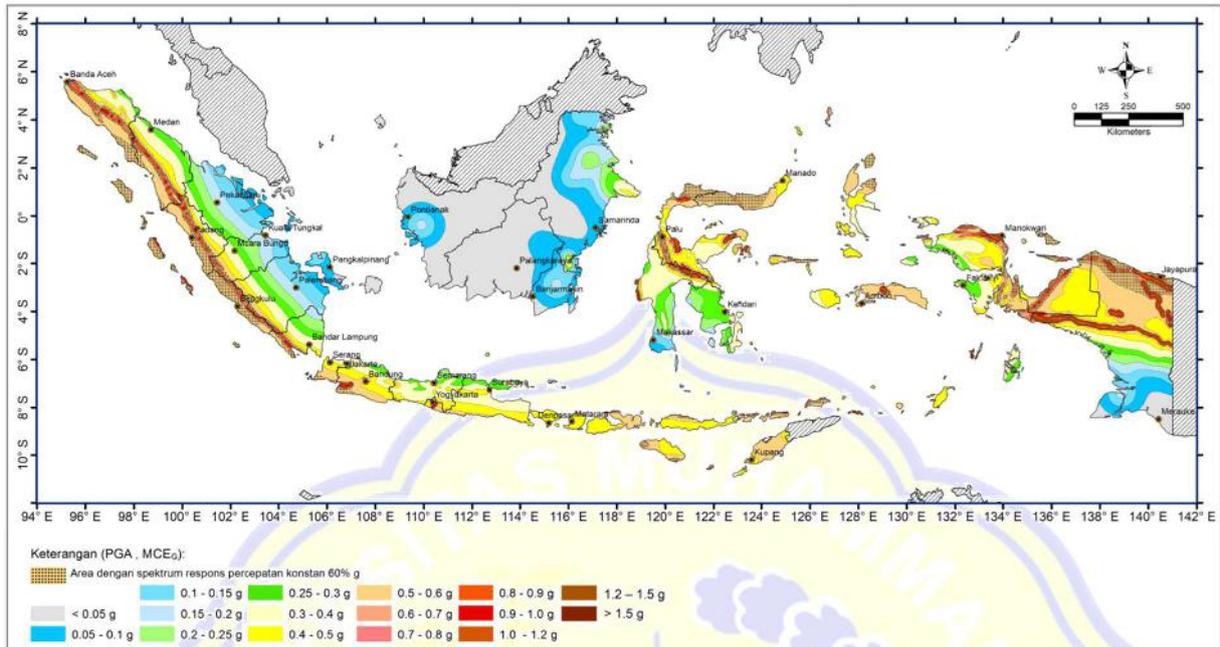
1. Data Laporan penyelidikan tanah SPAM Mandalika

Data tanah terdiri dari terdiri dari data lapisan tanah, Uji penetrasi konus, dan Analisa daya dukung.

2. Data kegempaan

Data kegempaan yang digunakan pada penelitian ini yaitu peta zonasi gempa

Indonesia yang diperoleh dari internet seperti pada gambar 3.2 berikut:



Gambar 3.2. Peta Zonasi Gempa Indonesia (SNI 1726-2019)

(Sumber : <https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021>)



Gambar 3.3. Nilai spektrum Respon desain gempa (SNI 1726-2019)

(Sumber : <https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021>)

3. Data beban lalu lintas

Data beban lalu lintas mengacu pada SNI 8460:2017 tentang Persyaratan Perancangan Geoteknik

Tabel 3.1 Beban Lalu Lintas untuk Analisis Stabilitas dan beban diluar jalan
(DPU,2001)

Kelas Jalan	Beban lalu lintas (kPa)	Beban di luar jalan (*) (kPa)
I	15	10
II	12	10
III	12	10

(Sumber : SNI 8460:2017 Persyaratan Percangan Geoteknik.)

Keterangan: (*) Beban dari bangunan rumah-rumah sekitar lereng

3.2.2 Data Primer

Pada penelitian ini akan dibutuhkan data pengujian sample tanah yang akan diuji dilaboratorium. Data pengujian sampel tanah dilakukan untuk mendapatkan nilai berat volume tanah dasar, berat volume tanah permukaan, kohesi tanah, dan sudut geser tanah, yang akan digunakan pada perhitungan selanjutnya. Berikut beberapa tahapan untuk data primer yang dibutuhkan adalah:

A. Pengambilan sampel tanah

Pengambilan sampel yang dilakukan dengan metode menggunakan pipa diameter 4 inci untuk pengujian laboratorium. Sampel tanah didapatkan dan tersimpan di wadah lalu akan dimasukan kedalam Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Muhammadiyah Mataram agar dapat dilakukannya riset terhadap sampel tanah yang telah diambil.



Gambar 3.4 Sample tanah permukaan



Gambar 3.5 sample tanah bawah

B. Pengujian kadar air tanah (SNI 1965: 2008)

Pengujian kadar air tanah bertujuan untuk memeriksa kadar air suatu contoh tanah. Kadar air tanah adalah perbandingan antara berat air yang dikandung dan berat kering tanah, dinyatakan dalam persen.

a. Alat yang digunakan

1. Oven dengan suhu dapat diatur konstan pada $105-110^{\circ}\text{C}$.
2. Timbangan yang mempunyai ketelitian sekurang-kurangnya
 - 0,01 gr untuk berat kurang dari 100 gr
 - 0,1 gr untuk berat antara 100 gr – 1000 gr
 - 1,00 gr untuk berat lebih dari 1000 gr
3. Desicator
4. Cawan timbang bertutup dari gelas atau logam tahan karat.

b. Sample tanah basah yang akan diperiksa kadar airnya, dengan berat minimum tergantung pada ukuran terbesar dari butir tanah:

1. Tanah berbutir halus, berat minimum 10gr – 25gr
2. Tanah berpasir berat minimum 50 – 100 gr
3. Tanah berkerikil lebih banyak.

c. Prosedur pelaksanaan

1. Bersihkan dan keringkan cawan timbang, kemudian timbang dan catat beratnya (=W1).
2. Masukkan contoh tanah basah kedalam cawan timbang, kemudian Bersama tutupnya timbang (=W2)
3. Dalam keadaan terbuka cawan Bersama tanah dimasukkan kedalam oven (105-110°C) selama 16-24 jam. Tutup cawan diserahkan dan jangan sampai tertukar dengan cawan lain.
4. Cawan dengan tanah kering diambil dari oven, didinginkan dalam desikator. Setelah dingin ditutup.
5. Cawan tertutup Bersama tanah kering ditimbang (=W3)

d. Perhitungan

1. Berat cawan + tanah basah : W2
2. Berat cawan + tanah kering : W3
3. Berat cawan kosong : W1
4. Kadar air (w) = $\frac{Ww}{Ws} = \frac{W2-W3}{W3-W1} \times 100$ (3.1)

Kadar air (w) dilaporkan dalam % dengan ketelitian dua angka dibelakang koma pada persamaan 3.1.

C. Pengujian berat isi tanah

Pengujian berat isi/volume tanah bertujuan untuk mendapatkan berat isi tanah yang merupakan perbandingan antara berat tanah basah dengan volumenya dalam gr/cm³. Pengujian ini dilakukan secara rutin Bersama-sama dengan pengujian lainnya di laboratorim. Pelaksanaan pengujian ini menggunakan metode silinder tipis yang dimasukkan kedalam tanah, sehingga tidak dapat dilakukan pada jenis tanah berpasir lepas atau terdapat banyak sekali kerikil.

a. Alat yang digunakan

1. Cincin (*ring*)
2. Jangka sorong
3. Pisau/spatula
4. Timbangan dengan ketelitian (0,001) gr

b. Benda uji

1. Sample tanah asli dilapangan

c. Prosedur pelaksanaan

1. Ambil cincin, kemudian bersihkan dan timbang beratnya (W1)
2. Letakkan bagian yang tajam dipermukaan tanah dan tekan dengan hati-hati sampai tanahnya masuk keseluruhannya kedalam cincin
3. Potong dan ratakan kedua sisinya dengan pisau
4. Bila ada sedikit lubang tumpul dengan tanah yang sama
5. Bersihkan sisa-sisa tanah yang menempel pada bagian luar cincin, kemudian timbang cincin berisi tanah
6. Hitung volume tanah dengan mengukur ukuran dalam cincin dengan ketelitian 0,01 cm
7. Peralatan dibersihkan dan disimpan Kembali pada tempatnya.

d. Perhitungan

Berat isi tanah dapat dihitung sebagai berikut :

1. Berat cincin : W1 gr
2. Berat cincin + tanah : W2 gr
3. Berat tanah : W2-W1 gr
4. Volume tanah = volume cincin : V cm³
5. Berat isi tanah basah :

$$\gamma_{wet} = \frac{(W_2 - W_1)}{V} \text{ gr/cm}^3 \dots\dots\dots(3.2)$$

6. Berat isi tanah kering :

$$\gamma_{dry} = \frac{(\gamma_{wet})}{(1+w)} \text{ gr/cm}^3 \dots\dots\dots(3.3)$$

D. Pengujian berat jenis tanah

Pengujian berat jenis tanah bertujuan untuk mendapatkan berat jenis tanah yang merupakan perbandingan antara berat butir-butir dengan berat air ditilasi diudara dengan volume yang sama pada temperature tertentu. Biasanya diambil untuk temperature 27,5%.

a. Alat dan bahan

1. Piknometer, yaitu botol-botol dengan selembat sempit dan dengan tutup (dari gelas) yang berlubang kapiler, dengan kapasitas 50cc atau lebih besar

2. Timbangan dengan ketelitian 0,011 gr.
 3. Air destilasi bebas udara (dalam *wash bottle*)
 4. Oven dengan suhu dapat diatur pada 105°C - 110°C
 5. Decimator
 6. Termometer
 7. Cawan porselen (*mortar*) dengan posetel (penumbuk berkepala karet) untuk menghancurkan gumpalan tanah menjadi butir-butir tanpa merusak butir-butirnya.
 8. Alat vacum/kompor
- b. Benda uji
- Sample tanah seberat sekitar 30-40 gr yang akan digunakan untuk pemeriksaan secara duplo (2 percobaan terpisah)
- c. Prosedur pelaksanaan
1. Piknometer dibersihkan luar dan dalam dan dikeringkan, kemudian ditimbang (=W1)
 2. Contoh tanah dihancurkan dalam cawan porselen dengan menggunakan pestel, kemudian dikeringkan dalam oven. Ambil tanah kering dari oven dan langsung dimasukkan dalam Piknometer dengan tutupnya berisi tanah bimbang (=W2)
 3. Isikan air 10cc kedalam Piknometer, sehingga tanah terendam seluruhnya dan biarkan 2 – 10 jam
 4. Tambahkan air destilasi sampai kira-kira setengah/ dua pertiga penuh. Udara yang terperangkap diantaranya butir-butir halus dikeluarkan/dihilangkan yang dapat dilakukan salah satu cara:
 - piknometer bersama air dan tanah dimasukkan dalam jana tertutup yang divacum dengan pompa vacum (tidak melebihi 100mm Hg), sehingga gelembung-gelembung udara keluar menjadi air bersih.
 - piknometer direbus dengan hati-hati sekitar 10 menit dengan sekali-kali piknometer dimiringkan untuk membantu keluarnya udara kemudian didinginkan.

5. piknometer ditambah air destilasi sampai penuh dengan tutup. Bagian luar piknometer dikeringkan dengan kain kering. Setelah piknometer berisi tanah dan air ditimbang (=W3). Air dalam piknometer diukur suhunya dengan thermometer. (T°c)
6. piknometer dikosongkan dan dibersihkan kemudian diisi air penuh dengan destilasi bebas udara ditutup diluarnya dikeringkan dengan kain kering. piknometer penuh air ditimbang (W4). Hal ini dikerjakan setelah nomer 5

d. Perhitungan

1. Berat jenis butir-butir tanah pada suhu (T°c) adalah :

$$G = \frac{\text{berat butiran}}{\text{berat air dan volume yang sama}} = \frac{W}{W_w} \dots \dots \dots (3.4)$$

$$G = \frac{(W_2 - W_1)}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)} = \frac{(W_2 - W_1)}{(W_2 - W_1) - (W_3 - W_4)} \dots \dots \dots (3.5)$$

2. Berat jenis tanah pada temperature 27.5°C adalah :

$$G (27,5^\circ) = G (t^\circ) \frac{\text{berat jenis air pada } t^\circ}{\text{berat jenis air pada } 27,5^\circ} \dots \dots \dots (3.6)$$

E. Uji kuat geser tanah (*direct shear test*)

Jumlah minimum benda uji adalah tiga untuk setiap sample yang diuji. Ketebalan minimum benda uji adalah 1,3 cm, yaitu paling sedikit 6 kali diameter maksimum partikel tanah, dan benda uji diberi label rasio diameter terhadap ketebalan paling sedikit 3:1.

1. Uji geser langsung

Pengujian kuat geser langsung dilakukan dengan prosedur sebagai berikut:

- a. Ukur diameter dan volume cincin timbang
- b. Cetak benda uji dengan ring atau ring, ratakan kedua permukaan dengan pisau, kemudian timbang. (dengan 3 kali pengujian)
- c. Menguji benda uji kadar air sesuai SNI 1965:2008
- d. Artinya, dilakukan uji kebocoran pada benda uji sesuai SNI 03-3637-1994.
- e. Tempatkan benda uji dalam kotak slide uji tertutup, pasang batu pori terlapis kertas saring di bagian bawah, perbaiki benda uji.
- f. Pasang kotak geser secara horizontal dan pasang pendorong vertical untuk memberikan beban normal pada benda uji sedemikian rupa sehingga

bebanyangn diserap oleh benda uji sam dengan beban yang diberikan.

- g. Terapkan beban normal pertama, kemudian isi kotak pembawa uji dengan air sampai permukaan benda uji terisi.
- h. Buka kunci rumah penggeser dan sesuaikan strip pengukur gaya pengukur regangan sehingga jarum berada pada posisi nol.
- i. Test akan dibatalkan jika pembacaan meter beban terus menunjukkan nilai yang sama atau jika pembacaan meter turun.
- j. Turunkan benda terpasang dan lepaskan benda uji
- k. Ulangi Langkah a sampai i pada benda uji jika dengan beban dua kali beban normal dari pengujian pertama
- l. Ulangi Langkah a sampai i pada benda uji ketiga dengan beban normal tiga kali beban normal pertama.

Berikut Hasil bacaan pada alat Direct shear test pada rentang waktu per 15-30 detik dengan maksimum 15 kali bacaan (apabila bacaan sudah mencapai keruntuhan sebelum mencapai 15 kali bacaan atau 3 kali bacann berturut-turut dengan hasil y ang sama maka pengujian dihentikan dengan nilai bacaan tersebut.

- m. Hitung gaya geser (P) yaitu mengalikan pembacaan pengukur beban geser dengan angka kalibrasi
- n. Hitung tegangan geser maksimum (T)
- o. Buat grafik hubungan antara tegangan normal sebagai sumbu x dengan tegangan geser maksimum sebagai sumbu y
- p. Hubungkan ketiga titik yang diperoleh sehingga membentuk garis lurus hingga memotong sumbu y lalu tentukan kohesi (c) dan sudut gesek (ϕ).

3.4. Analisis Data

Metode analisis data adalah metode atau cara yang digunakan untuk menyederhanakan dan mempermudah dalam memahami data yang peroleh. Data yang didapatkan kemudian dianalisis berdasarkan tahap pengerjaannya. Pada penelitian ini, tahap pengerjaan ada 6 tahap. Adapun tahap pengerjaan yang dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Tahap pertama

Analisis stabilitas DPT eksisting tipe gravitasi, analisis lereng dilakukan dengan menggunakan perhitungan manual bhisop dan metode rankine untuk mendapatkan nilai SF (*Safety Factor*).

2. Tahap kedua

Analisis stabilitas DPT tipe Gravitasi (tanggul) rencana pembangunan baru. Analisis kestabilan lereng dilakukan dengan menggunakan perhitungan manual manual bhisop dan metode rankine untuk mencari nilai SF (*Safety Factor*).

3. Tahap ketiga

Tahap ketiga merupakan perencanaan DPT kantilever (alternatif dengan menggunakan beton betulang) dengan perhitungan manual manual bhisop dan metode rankine untuk mencari nilai SF (*Safety Factor*).

4. Tahap keempat

Pembahasan dan analisis stabilitas lereng eksisting tipe gravitasi tanpa kaki dan tipe gravitasi dengan kaki, serta dinding penahan tanah dengan tipe kantilever. Perbandingan nilai SF antara DPT eksisting tipe gravitasi dengan DPT tipe gravitasi rencana dan DPT alternatif dengan tipe kantilever.

5. Tahap kelima

Pembahasan analisa stabilitas lereng secara menyeluruh (*overall*) tipe kantilever dengan menggunakan program plaxis 8.2.

6. Tahap keenam merupakan penarikan kesimpulan dan saran atas penelitian yang telah dilakukan.

3.5. Tahapan Analisis Menggunakan Program Plaxis 8.2

1. Buka program Plaxis

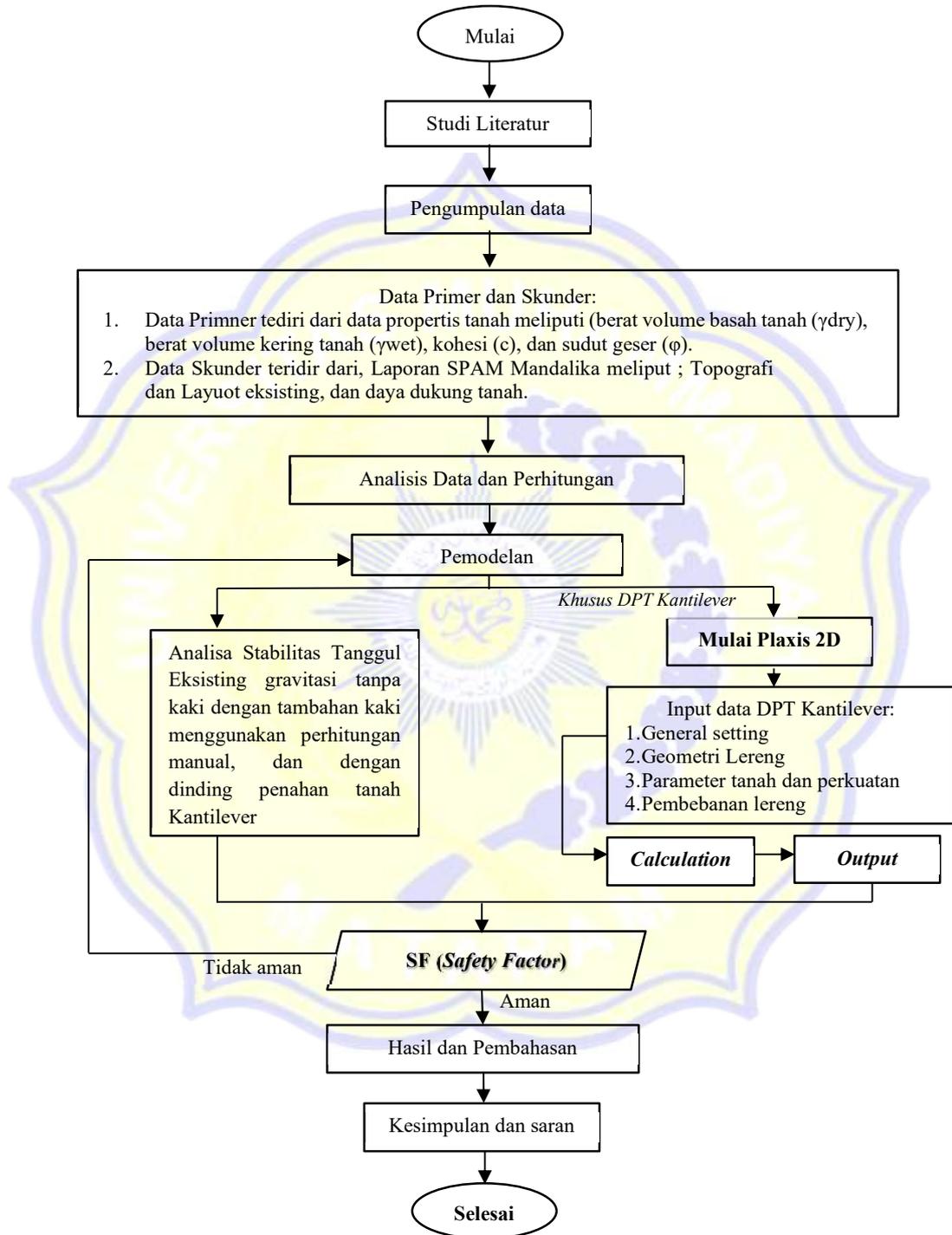


2. *General setting*
3. Pemodelan geometri
4. Input parameter material
5. *General meshing* (jaringan element)
6. Initial Conditions
7. *Plaxis calculation*
8. Menentukan titik yang akan ditinjau untuk penggambaran dalam tampilan kurva yaitu dengan mengklik tombol *select point for curve*.
9. Selanjutnya dengan men-select menu *calculation* dan menu output untuk menampilkan hasil dari tahap penelitian.



3.6. Bagan Alir

Adapun bagan alir penelitian atau *flowchart* penelitian dan tahapan program plaxis secara berurutan dapat dilihat pada gambar 3.6 berikut.



Gambar 3.6 Bagan alir penelitian