

TUGAS AKHIR

**ANALISIS STABILITAS DINDING PENAHAN TANAH
KANTILEVER PADA LERENG JALAN PONOROGO-
TRENGGALEK STASIUN 23+600 MENGGUNAKAN
PROGRAM PLAXIS**

***(STABILITY ANALYSIS OF CANTILEVER RETAINING
WALL ON THE SLOPE OF PONOROGO-TRENGGALEK
ROAD STATION 23+600 USING PLAXIS PROGRAM)***

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**



**Rendy Prasetyo
13511321**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2020**

TUGAS AKHIR

ANALISIS STABILITAS DINDING PENAHAN TANAH KANTILEVER PADA LERENG JALAN PONOROGO- TRENGGALEK STASIUN 23+600 MENGGUNAKAN PROGRAM PLAXIS (*STABILITY ANALYSIS OF CANTILEVER RETAINING WALL ON THE SLOPE OF PONOROGO-TRENGGALEK ROAD STATION 23+600 USING PLAXIS PROGRAM*)

Disusun oleh

Rendy Prasetyo
13511321

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk
memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal

Oleh Dewan Penguji

Pembimbing



Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.
NIK : 045110407

Penguji I



Muhammad Rifqi A., S.T., M.Eng.
NIK : 135111101

Penguji II



Akhmad Marzuko, Ir., M.T.
NIK : 885110107

Mengesahkan

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Sri Amini Yuni Astuti Dr. Ir., M.T.
NIK : 885110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian – bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian dari laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian – bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundangundangan yang berlaku.

Yogyakarta, 24 Agustus 2020
Yang Membuat Pernyataan,



Rendy Prasetyo
13511321

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh

Segala puja dan puji bagi Allah tuhan yang maha pengasih lagi maha penyayang. Degan rahmat dan izin Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini degan judul Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah Kantilever Pada Lereng Jalan Ponorogo-Trengalek Stasiun 23+600 Menggunakan Program Plaxis yang di ajukan pada universitas islam Indonesia sebagai syarat memperoleh darajat sarjana teknik sipil.

Selama penulisan dan pengerjaan tugas akhir penulis banyak mendapat dorongan, motivasi, bantuan dan doa dari berbagai pihak. Oleh karna itu tak lupa penulis mengucapkan terimakasih sehingga proposal tugas akhir ini dapat terselesaikan. Dengan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada.

1. Ibu Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing tugas akhir,
2. Bapak Akhmad Marzuko, Ir., M.T., dan Bapak Muhammad Rifqi Abdurrozak S.T., M.Eng. selaku dosen penguji.
3. Ibu Sri Amini Yuni Astuti Dr. Ir., M.T selaku Ketua Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta,
4. Kedua orang tua yang selalu memberikan dukungan dan doa,
5. Kepada teman-teman yang telah membantu dalam penulisan dan penyelesaian tugas akhir.

Serta kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan laporan tugas akhir ini yang tak bias saya sebutkan semuanya.

Wassalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh.

Yogyakarta, 24 Agustus 2020
Penulis

Rendy Prasetyo
13511321

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
DAFTAR NOTASI	x
ABSTRAK	xi
ABSTRACT	xii
BAB I <u>P</u> ENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Penelitian	4
BAB II <u>T</u> INJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.1.1. Nurul Annisa (2018)	5
2.1.2. Ramdhani Fajar Tri (2016)	6
2.1.3. Danang kurniawan (2019)	6
2.1.4. Tanro (2013)	7
2.1.5. Eris Cahyo Pangestu (2018)	8
2.1.6. Nurrahman Iftah Fitriadi (2019)	8
2.2 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Akan Dilakukan.	9

Perencanaan perkuatan lereng dengan metode soil nailing di daerah bantul Yogyakarta.	11
BAB III LANDASAN TEORI	13
3.1 Tanah	13
3.1.1 Definisi dan Pengertian Tanah	13
3.1.2. Sifat-sifat teknis tanah	13
3.1.3 Klasifikasi Tanah	16
3.1.4 Propertis Tanah	17
3.1.5 Parameter Kuat Geser Tanah	23
3.2 Penyelidikan Tanah	25
3.3 Tekanan Tanah Lateral	30
3.2.1 Tekanan Tanah Aktif dan Tekanan Tanah Pasif	30
3.4 Stabilitas Lereng	31
3.4.1. Penyebab Longsor	31
3.4.2. Metode Bishop	32
3.5. Dinding Penahan Tanah	35
3.5.1. Perencanaan Dinding Penahan Tanah	36
3.5.2. Koefisien Tekanan Tanah Lateral	37
3.5.3. Tekanan Tanah Lateral	38
3.5.4. Stabilitas DPT Terhadap Pengeseran	40
3.5.5. Stabilitas DPT Terhadap Penggulingan	41
3.5.6. Stabilitas DPT Terhadap Daya Dukung Tanah	41
3.6 Program Plaxis	43
BAB IV METODE PENELITIAN	45
4.1 Umum	45
4.2 Tahapan Penelitian	45
4.3 Metode Pengumpulan Data	45
4.4 Analisis Data	46
4.3 Tahapan Analisis Menggunakan Program Plaxis 2D	47
4.4 Bagan Alir	48
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN	51
5.1 Gambaran Umum Penelitian	51
5.2 Data tanah dan pembebanan	52
5.2.1 Data Tanah	53
5.2.2 Data Beban	53

5.3	Analisi lereng eksisting	55
5.3.1	Analisis Lereng Eksisting Tanpa Perkuatan Dengan Program Plaxis 8.6	55
5.3.2	Perhitungan manual menggunakan metode boshop	57
5.4	Perkuatan lereng dengan dinding penahan tanah kantilever	63
5.4.1	Data Dinding Penahan Tanah Kantilever	63
5.4.2	perhitungan manual dinding penahan tanah	64
5.5	Pembahasan	86
BAB VI_KESIMPULAN DAN SARAN		88
6.1	Kesimpulan	88
6.2	Saran	88
DAFTAR PUSTAKA		89
LAMPIRAN		91

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1	Kelongsoran Yang Sudah Ditangani Dengan Perkuatan Pergerakan Tanah	3
Gambar 1. 2	Gerakan tanah jenis nendatan dan Nampak penanggulangan gerakan tanah yang dilakukan terbawa lagi oleh gerakan tanah.	3
Gambar 3. 1	Diagram Fase Tanah	17
Gambar 3. 2	Geseran Dari Tanah	24
Gambar 3. 3	Tegangan Geser dan Regangan	24
Gambar 3. 4	Tegangan Karakteristik Tanah	24
Gambar 3. 5	Gambar Tabung Belah Standar dan Uji SPT	26
Gambar 3. 6	Uji Kerucut Statis	28
Gambar 3. 7	Klasifikasi Tanah Didasarkan pada Hasil Uji Kerucut Statis (sondir) ²⁹	
Gambar 3. 8	Tekanan tanah lateral saat tanah runtuh a). Tekanan tanah aktif dan b). Tekanan tanah pasif.	31
Gambar 3. 9	Gaya Yang Bekerja Pada Metode Bishop	33
Gambar 3. 10	Dinding Penahan Tanah	36
Gambar 3. 11	Estimasi Awal Perencanaan Dimensi Dinding Penahan Tanah	37
Gambar 3. 12	Diagram Tekanan Tanah Aktif dan Pasif Pada Tanah Kohesif	39
Gambar 4. 1	Peta Zonasi Gempa Indonesia	46
Gambar 4. 2	Bagan Alir Peneliti	49
Gambar 4. 3	Bagan Alur Pemodelan Lereng Pada Program Plaxis	50
Gambar 5.1	Penampang melintang ruas jalan trenggalek-ponorogo km 23+600	52
Gambar 5. 2	Peta Zonasi Gempa	55
Gambar 5. 3	Hubungan antara Percepatan Gempa dan Waktu Gempa	55
Gambar 5. 4	Pemodelan potongan melintang lereng eksisting tanpa perkuatan pada program plaxis 8.6	56

Gambar 5. 5	Proses Tahapan Perhitungan Lereng Timbunan Asli Paska Konstruksi pada program Plaxis 8.6	56
Gambar 5. 6	Daerah Potensi Longsor Lereng Pada Program Plaxis 8.6	57
Gambar 5. 7	Penampakan Irisan Pada Lereng Eksisting Menggunakan Metode Bishop	58
Gambar 5. 8	Dinding Penahan Tanah Kantilever	63
Gambar 5. 9	Pembagian pias-pias dinding penahan tanah pada perhitungan gaya vertikal	64
Gambar 5. 10	Diagram Tekanan Tanah Lateral Pada Dinding Penahan Tanah	66
Gambar 5. 11	Pemodelan Potongan Melintang Lereng Dengan Perkuatan Dinding penahan Tanah Pada Program Palxis 8.6	73
Gambar 5. 12	Meshing Pada Lereng Dengan Perkuatan Dinding Penahan Tanah Kantilever Tanpa Beban Gempa	74
Gambar 5. 13	Meshing Pada Lereng Dengan Perkuatan Dinding Penahan Tanah Kantilever Dengan Beban Gempa	74
Gambar 5. 14	Tegangan Efektif Pada Lereng Dengan Perkuatan Dinding Penahan Tanah Kantilever Tanpa Beban Gempa	75
Gambar 5. 15	Tengangan Efektif Pada Lereng Dengan Perkuatan Dinding Penahan Tanah Kantilever Dengan Beban Gempa	75
Gambar 5. 16	Arah Gerak Tanah Pada Lereng Dengan Perkuatan Dinding Penahan Tanah Kantilever Tanpa Beban Gempa	76
Gambar 5. 17	Arah Gerak Tanah Pada Lereng Dengan Perkuatan Dinding Penahan Tanah Kantilever Dengan Beban Gempa	76
Gambar 5. 18	Total Displacement Tanah pada lereng dengan perkuatan dinding penahan tanah kantilever tanpa beban gempa	77
Gambar 5. 19	Total Displacement Tanah pada lereng dengan perkuatan dinding penahan tanah kantilever dengan beban gempa	77
Gambar 5. 20	Daerah Potensi Longsor lereng dengan perkuatan dinding penahan tanah kantilever tanpa beban gempa	78
Gambar 5. 21	Daerah Potensi Longsor lereng dengan perkuatan dinding penahan tanah kantilever dengan beban gempa	78

Gambar 5. 22	Angka Aman Lereng Menggunakan DPT Tanpa Beban Gempa Pada Masa Konstruksi	79
Gambar 5. 23	Angka Aman Lereng Menggunakan DPT Dengan Beban Gempa Pada Masa Konstruksi	79
Gambar 5. 24	Nilai Angka Aman Lereng Menggunakan DPT Pada Masa Konstruksi	79
Gambar 5. 25	Deformed Mesh Lereng Menggunakan DPT Tanpa Beban Gempa Pada Kondisi Paska Konstruksi	80
Gambar 5. 26	Deformed Mesh Lereng Menggunakan DPT Dengan Beban Gempa Pada Kondisi Paska Konstruksi	80
Gambar 5. 27	Tegangan Efektif Lereng Menggunakan DPT Tanpa Beban Gempa Pada Kondisi Paska Konstruksi	81
Gambar 5. 28	Tegangan Efektif Lereng Menggunakan DPT Dengan Beban Gempa Pada Kondisi Paska Konstruksi	81
Gambar 5. 29	Arah Pergerakan Tanah Lereng Menggunakan DPT Tanpa Beban Gempa Pada Kondisi Paska Konstruksi	82
Gambar 5. 30	Arah Pergerakan Tanah Lereng Menggunakan DPT Dengan Beban Gempa Pada Kondisi Paska Konstruksi	82
Gambar 5. 31	Total Displacement Lereng Menggunakan DPT Tanpa Beban Gempa Pada Kondisi Paska Konstruksi	83
Gambar 5. 32	Total Displacement Lereng Menggunakan DPT Dengan Beban Gempa Pada Kondisi Paska Konstruksi	83
Gambar 5. 33	Daerah Potensi Longsor Lereng Menggunakan DPT Tanpa Beban Gempa Pada Kondisi Paska Konstruksi	84
Gambar 5. 34	Daerah Potensi Longsor Lereng Menggunakan DPT Dengan Beban Gempa Pada Kondisi Paska Konstruksi	84
Gambar 5. 35	Angka Aman Lereng Menggunakan DPT Tanpa Beban Gempa Pada Kondisi Paska Konstruksi	85
Gambar 5. 36	Angka Aman Lereng Menggunakan DPT Dengan Beban Gempa Pada Kondisi Paska Konstruksi	85

Gambar 5. 37 Nilai Angka Aman Lereng Menggunakan DPT Pada Paska
Konstruksi

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Akan Dilakukan	10
Tabel 3. 1	Batasan-batasan Ukuran Golongan Tanah	17
Tabel 3. 2	Derajat Kejenuhan	20
Tabel 3. 3	Berat Jenis Tanah	21
Tabel 3. 4	Nilai Berat Volume Tanah	21
Tabel 3. 5	Kisaran Nilai Permeabilitas Tanah	22
Tabel 3. 6	Nilai Perkiraan Modulus Elastisitas Tanah	22
Tabel 3. 7	Hubungan Jenis Tanah dan <i>Poisson Ratio</i>	23
Tabel 3. 8	Hubungan Nilai N dengan Kerapatan Relatif (D_r)	27
Tabel 3. 9	Hubungan Konsistensi Tanah Lempung dengan data q_c dan N_{spt29}	
Tabel 3. 10	Hubungan antara kepadatan, relative density, nilai N SPT, q_c dan \emptyset	30
Tabel 3. 11	Hubungan Nilai Faktor Keamanan Lereng Dan Intensitas Longsor	34
Tabel 3. 12	Faktor-faktor kapasitas dukung Vesic (1973)	42
Tabel 5. 1	Data Parameter Tanah	53
Tabel 5. 2	Rekapitulasi Perhitungan Menggunakan Metode Bishop	60
Tabel 5. 3	Rekapitulasi Perhitungan Tekanan Tanah Aktif	68
Tabel 5. 4	Rekapitulasi Perhitungan Tekanan Tanah Pasif	69
Tabel 5. 5	Hasil Rekapitulasi Stabilitas Penggeseran, Penggulingan Dan Keruntuhan Kapasitas Dukung Tanah	72
Tabel 5. 6	Rekapitulasi Stabilitas Lereng Jalan Ponorogo-Trenggalek Stasiun 23+600	87

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Situasi & titik penyelidikan

Lampiran 2. Penampang Stratifikasi

Lampiran 3. Borlog BH.1

Lampiran 4. Borlog BH.2

Lampiran 5. Sketsa Situasi, Penampang dan Titik Penyelidikan

DAFTAR NOTASI

B	= Lebar pondasi dinding penahan tanah (m)
B'	= Lebar efektif dinding penahan tanah (m)
c	= Kohesi tanah (kN/m ²)
ca	= ad x c = adhesi antara tanah dan dasar dinding (kN/m ²)
dc, dq, d	γ = Faktor kedalaman
Df	= Kedalaman fondasi (m)
E	= Modulus Young (kN/m ²)
e	= Angka pori
Es	= Modulus Elastisitas (MPa)
F	= Faktor aman
H	= Tinggi dinding penahan tanah (m)
Ic, iq, i	γ = Faktor kemiringan beban
Ka	= Koefisien tanah aktif
n	= Porositas (%)
Pa	= Tekanan tanah aktif
q	= Beban terbagi rata (kN/m ²)
qc	= Tahanan konus (kg/cm ²)
qu	= Daya dukung tanah (kN/m ²)
T	= Gaya angku (kN)
Vs	= Volume buiran padat (m ³)
Vw	= Volume air (m ³)
Va	= Volume udara (m ³)
Vv	= Volume rongga (m ³)
Vs	= Angka poisson tanah
W	= Berat struktur dinding penahan tanah (kN/m)
Ws	= Berat butiran padat (kN/m ³)

- W_w = Berat air (kN/m³)
- τ = Kuat geser tanah (kN/m²)
- ϕ = Sudut gesek dalam tanah (°)
- σ = Tegangan normal pada bidang runtuh (kN/m²)
- γ = Berat volume tanah (kN/m³)
- γ_b = Berat volume tanah basah (kN/m³)
- γ_{sat} = Berat volume tanah jenuh (kN/m³)
- δ_b = sudut gesek antara tanah pondasi dan dasar struktur (°)
- ΣMR = jumlah momen lawan (kN.m)
- ΣMD = jumlah momen penggulingan (kN.m)

ABSTRAK

Jalan raya ponorogo - trenggalek adalah jalan provinsi yang menghubungkan kota ponorogo dan kota trenggalek, jalan ini sangat penting untuk memperlancar jaringan transportasi jalur selatan di provinsi jawa timur. Pada stasiun 23 + 600 mengalami pergerakan tanah sehingga menyebabkan Sebagian badan jalan amblas dan beberapa rumah warga mengalami kerusakan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui angka aman lereng tanpa perkuatan gaya dan setelah diberi perkuatan dinding 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.

Hasil 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.

Kata kunci : stabilitas lereng, dinding penahan tanah kantilever, plaxis 8.6

ABSTRACT

Ponorogo-Trenggalek highway is a provincial road that connects the city of Ponorogo and Trenggalek City, this road is very important to facilitate the transportation network of the southern route in the province of East Java. At the time of retirement 23 + 600, there was a movement of the land, causing part of the body to collapse and several houses of the residents to be damaged. The purpose of this study is to find out the safety of the slope without reinforcement and after being given a cantilever retaining wall that is expected to withstand the lateral forces that occur.

This research was conducted using the finite element method Plaxis 8.6 and manual calculations using the bishop method. Slope stability analysis using the plaxis program aims to find out the safety of the slope before and after reinforcement is done using cantilever type soil retaining

The results of the calculation of the safe number on the slope without strengthening using the plaxis program did not get the value of the safe number, then carried out a manual calculation and obtained a safe value of 0.484. With a safe value < 1.25 the slope is not safe from collapse. On slopes with a cantilevered retaining wall using the plaxis program 8.6 under construction conditions without earthquake load of 1.3538 and with earthquake load of 1.3529. While the value of the safe number in the post-construction conditions without earthquake load obtained a safe value of 1.2638 and with an earthquake load of 1.2678. With a safe value > 1.25 , the slope is safe from collapse.

Keywords: *slope stability, cantilevered retaining wall, plaxis 8.6*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jalan merupakan prasarana yang sangat penting guna menjamin lancarnya proses sarana transportasi yang menghubungkan antara daerah satu dengan daerah yang lain dalam melakukan kegiatan sosial dan ekonomi. Tidak jarang jalan yang menghubungkan antara daerah tersebut terganggu atau terputus diakibatkan oleh kondisi alam yang dilalui seperti jalan yang melewati daerah pegunungan. Jalan yang melalui daerah pegunungan banyak melalui banyak lereng.

Lereng adalah bidang miring yang tercipta akibat adanya beda tinggi antara satu bidang tanah dengan bidang lainnya. Proses terbentuknya lereng ada yang secara alami seperti akibat dari pada pelapukan batuan, erosi hingga pergerakan tanah dan ada juga yang secara buatan dapat dibagi menjadi tiga di antaranya galian, pemotongan lereng dan dinding penahan tanah sedangkan aplikasi dalam lereng buatan biasanya pada proyek irigasi bendungan, jalan dan lain sebagainya. Tingkat kemiringan suatu lereng bermacam-macam, mulai dari yang landai hingga curam. lereng alami dengan kemiringan curam sering mengalami kelongsoran. Longsor yang sering terjadi pada lereng alami walau tak jarang juga terjadi pada lereng buatan terjadi akibat dari berbagai faktor diantaranya geologi, hidrologi, topografi, iklim, cuaca, penggunaan lahan dan lain-lain.

Longsor sering terjadi terutama saat musim penghujan datang, dan terjadi di berbagai daerah sehingga menyebabkan terjadinya kerusakan sarana dan prasarana, menghambat kegiatan perekonomian hingga menyebabkan korban jiwa. Bencana longsor termasuk dalam bencana yang dapat di prediksi dan dapat dicegah. Mencegah lereng yang berpotensi longor menjadi tidak longsor (aman) dapat dilakukan dengan tindakan yang terukur diantaranya melakukan terasering, penanaman pohon hingga melakukan perkutan pada lereng dengan dinding penahan tanah.

Dinding penahan tanah (DPT) adalah suatu bangunan konstruksi yang berfungsi sebagai penyetabil lereng yang memiliki kemungkinan untuk terjadinya longsor. DPT digunakan untuk menahan gaya-gaya yang ada pada lereng. DPT memiliki beberapa macam tipe salah satunya adalah DPT kantilever. DPT kantilever adalah dinding penahan tanah beton bertulang yang biasanya memiliki dimensi lebih tipis dibandingkan dengan perkuatan yang sejenis seperti perkuatan dinding gravitasi.

Daerah yang sering mengalami kelongsoran salah satunya adalah jalur jalan trenggalek-ponorogo dan yang menjadi fokus dalam penelitian ini berada pada stasiun 23+600. Berdasarkan laporan hasil penyelidikan tanah didapatkan bahwa faktor yang menyebabkan terjadinya longsor dikarenakan kemiringan lereng yang terjal, adanya zona lemah yaitu dilalui sesar geser, daerah Gerakan tanah merupakan kontak antara formasi jaten dan formasi mandalika. Formasi jaten didominasi oleh material halus yang bersifat kedap air sedangkan mandalika didominasi material kasar yang bersifat sarang. Adapun rekomendasi atau saran perkuatan untuk menanggulangi masalah tersebut diantaranya yaitu pondasi tiang pancang yang dikombinasikan dengan dinding penahan tanah lereng bawah, lereng di rekayasa dengan tanah urug dipadatkan dan dibentuk terasering dengan tanaman berakar kuat dan dalam. Berikut kerusakan yang terjadi di stasiun 23+600 dapat dilihat pada yang 1.1 dan 1.2 berikut ini



Gambar 1. 1 Kelongsoran Yang Sudah Ditangani Dengan Perkuatan Pergerakan Tanah

(sumber: Laporan Perencanaan Longsoran Trengalek-Ponorogo)



Gambar 1. 2 Gerakan tanah jenis nendatan dan Nampak penanggulangan gerakan tanah yang dilakukan terbawa lagi oleh gerakan tanah.

(sumber: Laporan Perencanaan Longsoran Trengalek-Ponorogo)

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Berapa nilai *safety factor* (SF) lereng tanpa perkuatan?

2. Berapa nilai *safety factor* (SF) lereng dengan perkuatan dinding penahan tanah kantilever menggunakan program plaxis?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut ini.

1. Mengetahui nilai *safety factor* (SF) lereng tanpa perkuatan.
2. Mengetahui nilai *safety factor* (SF) lereng dengan perkuatan dinding penahan tanah kantilever menggunakan program plaxis.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian yang dilakukan sebagai berikut ini.

- 2 Hasil dari penelitian dapat menambah pengetahuan tentang perkuatan lereng menggunakan kantilever.
- 3 Hasil penelitian dapat digunakan untuk dasar acuan perkuatan lereng di daerah Patuk Cilik dan daerah rawan longsor lain nya.

1.5 Batasan Penelitian

Beberapa Batasan masalah dalam penelitian ini antara lain.

1. Lokasi penelitian berada pada jalur jalan trengalok-ponorogo km 23+600.
2. Metode perkuatan lereng menggunakan dinding penahan tanah kantilever.
3. mutu beton dinding penahan tanah kantilever menggunakan K-300.
4. penelitian yang dilakukan tidak mencakup detail gambar, proses dan metode pelaksanaan konstruksi.
5. analisis dilakukan dengan mengabaikan tinggi muka air tanah,
6. data tanah yang digunakan adalah data skunder yang didapat dari laporan penyelidikan tanah paket perencanaan longsor (Trengalek-Ponorogo Provinsi Jawa Timur tahun 2017).
7. Pembebanan lalu lintas mangacu pada ketentuan menurut Direktorat Jenderal Perhubungan Darat (2008) dan Direktorat jenderal bina marga (2004)
8. penelitian ini dianalisis menggunakan program Plaxis 2D versi 8.6.
9. tidak menghitung rencana anggaran biaya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

2.1.1. Nurul Annisa (2018)

Nurul Annisa pada tahun 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.

2.1.2. Ramdhani Fajar Tri (2016)

Ramdhani Fajar Tri pada tahun 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 di daerah 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 di daerah piyungan dengan perkuatan dinding penahan tanah kantilever stabil atau aman.

2.1.3. Danang kurniawan (2019)

Danang kurniawan pada tahun 2019 melakukan penelitian dengan judul “Analisis stabilitas dinding penahan tanah dan sheet pile baja lereng jalan tol Balikpapan-samarinda sta 2+850-3+050” Adapun tujuan dari penelitian tersebut yaitu untuk mengetahui angka aman (*safety factor*) pada lereng jalan tol sebelum dan sesudah diberikan perkuatan dinding penahan tanah tipe kantilever dan sheet pile

baja. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu dengan menggunakan manual dan metode elemen hingga dengan bantuan aplikasi program plaxis 8.6.

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini yaitu lereng dengan timbunan tanah asli dengan hitungan manual angka aman didapatkan sebesar 0,316 dengan nilai aman dibawah 1,25 maka lereng labil atau tidak aman dan perlu dilakukan perkuatan. Hasil yang didapatkan pada lereng yang sudah diberikan perkuatan dinding penahan tanah kantilever semasa konstruksi tanpa beban gempa menggunakan program plaxis didapatkan angka aman sebesar 1,935 dan dengan beban gempa sebesar 1,925. Sedangkan untuk perhitungan paska konstruksi tanpa beban gempa didapatkan angka aman sebesar 1,5250 dan dengan gaya gempa sebesar 1,5172. Sedangkan pada sheet pile baja menggunakan program plaxis 8.6 pada kondisi masa konstruksi dan tanpa beban gempa didapat angka aman sebesar 2,4031 dan dengan beban gempa sebesar 2,3535 dan untuk kondisi paska konstruksi tanpa beban gempa didapatkan angka aman sebesar 1,7522 dan dengan beban gempa sebesar 1,7359.

2.1.4. Tanro (2013)

Tanro, (2013) melakukan penelitian dengan judul “Evaluasi Kelongsoran Pada Ruas Jalan Weleri – Patean Km50 Dan Alternatif Penanganannya”. Penelitian tersebut bertujuan untuk membandingkan hasil dari nilai angka aman dan nilai perpindahan dari ketiga alternatif perkuatan yaitu, perkuatan dengan bronjong, dinding penahan tanah dan sheet pile. Hasil dari analisis lereng tanpa perkuatan pada lereng tersebut menggunakan metode *fellenius* didapatkan angka aman sebesar 0,665 dan dengan menggunakan program plaxis V 8.2 mendapatkan angka aman sebesar 1,284 lebih kecil dari angka aman yang disyaratkan 1,3. Sehingga dapat disimpulkan bahwa lereng tidak stabil. Oleh sebab itu diperlukan perkuatan pada lereng tersebut.

Alternative perkuatan yang digunakan yaitu bronjong, dinding penahan tanah dan sheet pile baja. Berdasarkan hasil dari perhitungan menggunakan aplikasi plaxis v 8.2 didapatkan nilai angka aman secara berturut-turut sebesar 1,512, 1,538 dan 2,075 dan untuk perpindahan yang didapatkan secara berturut-turut sebesar 4,645 cm, 4,365 cm dan 2,935 cm. dari ketiga perkuatan alternative tersebut

didapatkan nilai angka aman yang besar dan pengeseran paling kecil yaitu perkuatan menggunakan sheet pile. Sehingga perkutan lereng yang paling baik pada ruas jalan waleri – patean KM 50 direkomendasikan menggunakan sheet pile.

2.1.5. Eris Cahyo Pangestu (2018)

Eris Cahyo Pangestu pada tahun 2018 melakukan penelitian dengan judul “Perencanaan perkuatan lereng dengan metode soil nailing di daerah bantul yogyakarta”. Penelitian tersebut bertujuan untuk mengetahui angka aman lereng tanpa perkuatan dan lereng baru 2 lapis menggunakan metode perhitungan manual bishop dan aplikasi geoslope. Serta lereng asli dan lereng baru dua lapis dengan perkuatan soil nailing dengan variasi sudut nailing 10° , 20° , dan 30° .

Hasil dari penelitian ini didapatkan angka aman lereng eksisting dan lereng baru menggunakan perhitungan manual bishop yaitu 0,377 dan 0,519 sedang perhitungan menggunakan aplikasi goeslope didapatkan angka aman sebesar 0,340 dan 0,519. Hasil yang didapatkan dari perhitungan tersebut $<1,25$ sehingga lereng dianggap tidak aman terhadap gaya-gaya yang bekerja pada lereng tersebut. Lereng dengan perkuatan soil nailing dengan variasi 10° , 20° , dan 30° pada lereng eksisting dengan perhitungan manual secara berurutan didapat angka aman sebesar 1,569, 1,577 dan 1,542 sedangkan lereng baru 2 lapis secara berurutan didapatkan angka aman sebesar 2,134, 2,509 dan 2,018. Sedangkan hasil analisis lereng asli dengan perkuatan nail menggunakan goeslope didapatkan angka aman secara berurutan sebesar 1,661, 1,797 dan 1,619 dan untuk lereng baru didapatkan angka aman sebesar 2,529, 2,193 dan 2,174. Pemasangan nail yang paling optimal adalah 20° dan 10° karena memiliki angka aman yang besar.

2.1.6. Nurrahman Iftah Fitriadi (2019)

Nurrahman Iftah Fitriadi pada tahun 2019 melakukan penelitian dengan judul “analisis stabilitas lereng dengan perkuatan geotekstil dan turap beton menggunakan program plaxis”. Penelitian tersebut bertujuan untuk mengetahui angka aman lereng asli, angka aman lereng setelah diubah dengan geometri baru, lereng dengan geometri baru dan diberi perkuatan menggunakan geotekstil serta lereng dengan perkuatan turap dan semua dianalisis menggunakan program plaxis 8.6. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu perhitungan manual Metode *Fellinius* dan metode elemen hingga program plaxis 8.6.

Hasil yang diperoleh pada penelitian ini yaitu pada lereng asli dengan pemodelan lereng asli tanpa beban gempa didapatkan safety factor 1,1789,

sedangkan pada lereng asli dengan beban gempa didapatkan safety factor 1,1436, kedua nilai tersebut 1,25, maka lereng dianggap aman. pada lereng geometri baru dengan perkuatan geotekstil, dengan pemodelan lereng tanpa beban gempa didapatkan safety factor 2,3719, sedangkan pada lereng dengan beban gempa didapatkan safety factor 2,3467. Kedua nilai tersebut $>1,25$, maka lereng dianggap aman. pada lereng dengan perkuatan turap dengan pemodelan lereng tanpa beban gempa didapatkan safety factor 1,7831, sedangkan pada lereng dengan beban gempa didapatkan safety factor 1,7776. Kedua nilai tersebut $>1,25$, maka lereng dianggap aman.

2.2 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Akan Dilakukan.

Perbandingan penelitian atau tugas akhir ini dengan beberapa penelitian diatas disajikan dalam bentuk tabel, yang dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Akan Dilakukan

No	Peneliti	Judul Peneliti	Lokasi	Tipe Perkuatan	Metode	Hasil Analisis
1	Nurul annisa (2108)	Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah Dan Perencanaan Perkuatan Lereng Menggunakan Geotekstil pada bantaran sungai Gajah Putih	Sungai gajah putih, Surakarta, Jawa Tengah	Dinding penahan tanah kantilever dan geotekstil	Metode elemen hingga program plaxis	angka aman dinding pesangan batu dengan beban pejalan kaki dengan beban gempa sebesar 1,232 dan 1,016, pada kondisi muka air banjir sebesar 1,235 dan 1,015 Untuk DPT pada kondisi air 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.
2	Fajar (2016)	Analisis Stabilitas Lereng Dengan Dinding Penahan Tanah Kantilever Menggunakan Program Plaxis (Studi kasus Jalan Piyungan-Batas Gunung Kidul, Yogyakarta).	Jalan Piyungan-Batas Gunung Kidul, Yogyakarta	Dinding penahan tanah kantilever	Metode fellenius dan Metode elemen hingga program plaxis	Angka aman lereng menggunakan metode fellenius dan plaxis sebelum diberi perkuatan sebesar 0,95085 dan 0,9522. Sedangkan setelah diberi perkuatan didapatkan angka aman menggunakan metode fellenius dan plaxis sebesar 1,744 dan 1,713. Nilai angka aman setelah diberi perkuatan >1,5 yang berarti lereng aman atau stabil.
3	Kurniawan (2019)	Analisis stabilitas dinding penahan tanah dan sheet pile baja lereng jalan tol Balikpapan-samarinda sta 2+850-3+050	jalan tol Balikpapan-samarinda sta 2+850-3+050	Dinding penahan tanah kantilever dan sheet pile	Metode fellenius dan Metode elemen hingga program plaxis	Hasil perhitungan nilai angka aman pada lereng dengan timbunan asli Jalan Tol Balikpapan – Samarinda Sta. 2+850 – 3+050 menggunakan perhitungan manual metode Fellenius sebesar 0,351. Nilai angka aman pada lereng dengan perkuatan dinding penahan tanah tipe kantilever kondisi masa konstruksi tanpa beban gempa sebesar 1,9255 dan dengan beban gempa sebesar 1,9022. Sedangkan nilai angka aman pada kondisi paska konstruksi tanpa beban gempa sebesar 1,5927 dan dengan beban gempa sebesar 1,5862 tanpa beban gempa sebesar 1,8022 dan dengan beban gempa sebesar 1,7964

Lanjutan Tabel 2. 2 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Akan Dilakukan

No	Peneliti	Judul Peneliti	Lokasi	Tipe Perkuatan	Metode	Hasil Analisis
4	Tanro, dkk (2013)	Evaluasi Kelongsoran Pada Ruas Jalan Weleri – Patean Km50 Dan Alternatif Penanganannya	Ruas Jalan Weleri – Patean Km50, Kendal Jawa Tengah	Bronjong, dinding penahan tanah dan sheetpile	Metode fellenius dan Metode elemen hingga program plaxis 8.2	Berdasarkan perhitungan angka keamanan menggunakan software Plaxis V.8.2, perkuatan bronjong menghasilkan SF = 1.512 dan displacement sebesar 4.645 cm, perkuatan dinding penahan tanah SF 1.538 dan displacement sebesar 4.365 cm, perkuatan sheet pile sebesar SF = 2.075 dan displacement sebesar 2.932 cm.
5.	Eris Cahyo Pangestu (2018)	Perencanaan perkuatan lereng dengan metode soil nailing di daerah bantul Yogyakarta.	Desa Payok Cilik Piyungan, Bantul, Yogyakarta	soil nailing	Metode Bishop dan Software Geoslope	Hasil dari penelitian ini didapatkan angka aman lereng eksisting dan lereng baru menggunakan perhitungan manual bishop yaitu 0,377 dan 0,519 sedang perhitungan menggunakan aplikasi goelope didapatkan angka aman sebesar 0,340 dan 0,519. Hasil yang didapatkan dari perhitungan tersebut <1,25 sehingga lereng dianggap tidak aman terhadap gaya-gaya yang bekerja pada lereng tersebut. Lereng dengan perkuatan soil nailing dengan variasi 10°, 20°, dan 30° pada lereng eksisting dengan perhitungan manual secara berurutan didapat angka aman sebesar 1,569,1,577 dan 1,542 sedangkan lereng baru 2 lapis secara berurutan didapatkan angka aman sebesar 2,134, 2,509 dan 2,018. Sedangkan hasil analisis lereng asli dengan perkuatan nail menggunakan goeslope didapatkan angka aman secara berurutan sebesar 1,661, 1,797 dan 1,619 dan untuk lereng baru didapatkan angka aman sebesar 2,529, 2,193 dan 2,174. Pemasangan nail yang paling optimal adalah 20° dan 10° karena memiliki angka aman yang besar.

Lanjutan Tabel 2. 3 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Akan Dilakukan

No	Peneliti	Judul Peneliti	Lokasi	Tipe Perkuatan	Metode	Hasil Analisis
6.	Nurrahman Iftah Fitriadi (2019)	analisis stabilitas lereng dengan perkuatan geotekstil dan turap beton menggunakan program plaxis	Ruas Jalan Ponorogo-Trenggalek Sta. 23 + 60 Jawa Timur	Geotekstil dan Sheet Pile	Metode fellenius dan Metode elemen hingga program plaxis 8.6	Hasil analisis pada lereng asli dengan pemodelan lereng asli tanpa beban gempa didapatkan safety factor 1,1789, sedangkan pada lereng asli dengan beban gempa didapatkan safety factor 1,1436, kedua nilai tersebut >1,25, maka lereng dianggap aman. pada lereng geometri baru dengan perkuatan geotekstil, dengan pemodelan lereng tanpa beban gempa didapatkan safety factor 2,3719, sedangkan pada lereng dengan beban gempa didapatkan safety factor 2,3467. Kedua nilai tersebut >1,25, maka lereng dianggap aman. pada lereng dengan perkuatan turap dengan pemodelan lereng tanpa beban gempa didapatkan safety factor 1,7831, sedangkan pada lereng dengan beban gempa didapatkan safety factor 1,7776. Kedua nilai tersebut >1,25, maka lereng dianggap aman.
7.	Rendy prasetyo (2020)	Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah Kantilever Pada Lereng Jalan Ponorogo-Trengalek Stasiun 23+600 Menggunakan Program Plaxis	Ruas Jalan Ponorogo-Trenggalek Sta. 23 + 60 Jawa Timur	Dinding penahan tanah kantilever	Metode Bishop dan Metode elemen hingga program plaxis 8.6	

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Tanah

3.1.1 Definisi dan Pengertian Tanah

Tanah merupakan kumpulan tubuh alam yang menduduki sebagian besar daratan planet bumi, istilah tubuh alam bebas yaitu hasil pelapukan batuan yang menduduki sebagian besar permukaan bumi dan mempunyai sifat yang mudah dipengaruhi oleh iklim (bambang surendro 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. (hardiatmo 2002).

Dari penjelasan diatas dapat disimpulkan bahwa tanah berasal dari pelapukan batuan secara fisik dan kimia yang menduduki sebagian besar permukaan bumi. tanah yang merupakan tempat tinggal dan tempat mendirikan bangunan bagi kepentingan manusia menjadikan penting untuk mengetahui sifat dari macam-macam tanah yang ada. Berikut ini adalah sifat-sifat teknis tanah

3.1.2. Sifat-sifat teknis tanah

a. tanah granuler

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

1. Memiliki kapasitas dukung tinggi dan penurunan yang kecil baik digunakan untuk timbunan dan badan jalan.
2. Mudah dipadatkan dan menghasilkan gaya lateral yang kecil dan merupakan material yang cocok untuk tanah urug pada dinding penahan tanah.
3. Tanah yang baik untuk timbunan karena memiliki kuat geser yang tinggi.

4. 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.

a1. Kerapatan relative

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).

a2. 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. Demeikian pula dengan gradasinya. Semakin gradasinya baik maka semakin besar kuat gesernya.

a3. 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.

b. 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 kehesinya. Tanah-tanah kehesif umumnya mempunyai sifat-sifat sebagai berikut:

1. kuat geser rendah
2. bila basah bersifat plastis dan mudah mampat (mudah menurun)

3. menyusut bila kering dan mengembang bila basah
4. berkurang kuat gesernya, bila kadar air nya bertambah
5. berkurang kuat gesernya bila struktur tanahnya terganggu.
6. perubahan volumenya dengan bertambahnya waktu akibat rangkakan (creep) pada beban yang konstan
7. merupakan material kedap air
8. material yang jelek untuk tanah urug karena menghasilkan gaya lateral yang tinggi.

b1. Kuat geser

Untuk analisis stabilitas fondasi pada jangka 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.

b2. 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.

c. 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 berkohesi 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:

1. kuat geser rendah segera sesudah penerapan beban
2. kapilaritas tinggi
3. permeabilitas rendah

4. kerapatan relatif rendah dan sulit untuk dipadatkan

d. 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.

3.1.3 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 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 kerikil dan pasir, tanah kohesif antar butirannya saling mengikat seperti lempung, dan tanah organik tidak baik untuk dasar bangunan (bambang surendro 2015)

Beberapa organisasi telah menentukan batasan - batasan ukuran untuk golongan jenis tanah (soil separate size limits) berdasarkan ukuran partikelnya. Pada Tabel 3.1 dapat dilihat batasan batasan ukuran golongan tanah berdasarkan ukuran butir tanah yang telah dikembangkan oleh beberapa organisasi yang ahli di bidangnya.

Tabel 3. 1 Batasan - batasan Ukuran Golongan Tanah

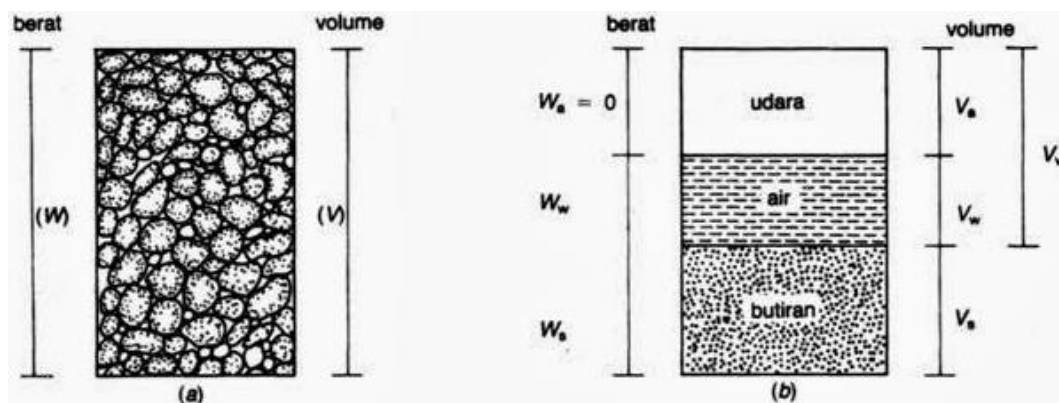
Nama Kelompok	Ukuran Butir (mm)			
	Kerikil	Pasir	Lanau	Lempung
Organisasi				
Massachusetts Institute of teknologi (MIT)	>2	2-0,06	0,06-0,002	<0,002
U.S. Departemen of agriculture (USDA)	>2	2-0,05	0,005-0,002	<0,002
American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)	76,2-2	2-0,075	0,075-0,002	<0,002
Unified Soil Classification System (U.S. Bureau of Reclamation)	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.

3.1.4 Propertis Tanah

Pada seenggam tanah dapat terdiri dari tiga bagian yaitu butiran tanah, air yang mengisi setiap rongga butiran tanah dan juga udara yang mengisi setiap rongga diantara butiran tanah. Pada tanah kering hanya ada dua bagian yaitu butiran tanah dan udara yang mengisi pori butiran tanah. Sedangkan pada tanah dalam keadaan jenuh juga terdapat dua bagian, yaitu butiran tanah dan air pori. Hubungan antara bagian-bagian tanah dapat digambarkan dalam bentuk diagram fase yang dapat dilihat pada Gambar 3.1 ini.

**Gambar 3. 1 Diagram Fase Tanah**

(sumber : Hardiyatmo, 2002)

Gambar 3.1a memperlihatkan elemen tanah yang mempunyai volume (V) dan berat total (W), sedangkan Gambar 3.1b memperlihatkan hubungan berat dengan volumenya. Dari gambar tersebut didapatkan persamaan – persamaan yang dinyatakan dalam Persamaan 3.1 – 3.3.

$$W = W_s + W_w \quad (3.1)$$

dan

$$V = V_s + V_w + V_a \quad (3.2)$$

$$V_v = V_w + V_a \quad (3.3)$$

Dengan :

W = berat total

W_s = berat butiran padat

W_w = berat air

V = volume total

V_s = volume butiran padat

V_w = volume air

V_a = volume udara

V_v = volume rongga

1. Berat Volume Basah (γ_b)

Berat tanah basah dalam satu satuan volume tanah atau perbandingan antara berat tanah basah (W) dengan volume tanah (V) dan dapat dinyatakan dalam Persamaan 3.4.

$$\gamma_b = \frac{W}{V}$$

$$\gamma_b = \frac{G_s \gamma_w (1+w)}{1+e} \quad (3.4)$$

Dengan;

γ_b = gamma basah

G_s = berat jenis

γ_w = gamma air

e = angka pori

2. Berat Volume Kering (γ_d)

Berat tanah kering dalam satu satuan volume tanah atau perbandingan antara berat tanah kering (W_s) dengan volume tanah (V) dan dapat dinyatakan dalam Persamaan 3.5.

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V}$$

$$\gamma_d = \frac{G_s \gamma_w}{1+e} \quad (3.5)$$

3. Berat Volume Butiran Padat (γ_s)

Berat tanah butiran tanah kering dalam satu satuan volume butiran tanah atau perbandingan antara berat butiran padat (W_s) dengan volume butiran padat (V_s) dan dapat dinyatakan dalam Persamaan 3.6.

$$\gamma_s = \frac{W_s}{V_s} \quad (3.6)$$

4. Berat volume tanah dalam keadaan jenuh air (S=1)

Berat volume tanah dalam keadaan jenuh air dapat dinyatakan dalam Persamaan 3.7

$$\gamma_{sat} = \frac{\gamma_w (G_s + e)}{1+e} \quad (3.7)$$

5. Bila tanah terendam air, maka berat volume efektif dinyatakan dengan γ'

Berat volume efektif dapat dinyatakan dalam Persamaan 3.8

$$\gamma' = \frac{(G_s - 1) \gamma_w}{1 + e}$$

$$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w \quad (3.8)$$

6. Derajat Kejenuhan (S)

Perbandingan antara volume air (V_w) dengan volume rongga (V_s) dan dapat dinyatakan dalam Persamaan 3.9.

$$S = \frac{V_w}{V_s} \quad (3.9)$$

Besaran nilai derajat kejenuhan berdasarkan keadaan tanah dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3. 2 Derajat Kejenuhan

No	Keadaan Tanah	Derajat Kejenuhan (S)
1	Tanah kering	0
2	Tanah agak lembab	> 0 – 0,25
3	Tanah lembab	0,26 – 0,50
4	Tanah sangat lembab	0,51 – 0,75
5	Tanah basah	0,76 – 0,99
6	Tanah jenuh air	1

(sumber : Hardiyatmo, 2012)

7. Berat Jenis (Gs)

Berat jenis merupakan perbandingan antara berat volume butiran padat (γ_s) dengan berat volume air (γ_w) dalam volume yang sama pada suhu 4°C dan dapat dinyatakan dalam Persamaan 3.10.

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \quad (3.10)$$

Besaran nilai berat jenis tanah dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3. 3 Berat Jenis Tanah

No	Jenis Tanah	Berat Jenis G_s
1	Kerikil	2,65 – 2,68
2	Pasir	2,65 – 2,68
3	Lanau tak organik	2,62 – 2,68
4	Lempung organik	2,58 – 2,65
5	Lempung tak organik	2,68 – 2,75
6	Humus	1,37
7	Gambut	1,25 – 1,80

(sumber : Hardiyatmo,2012)

8. Hubungan antara derajat kejenuhan, angka pori, kadar air dan berat jenis
 Hubungan antara derajat kejenuhan, angka pori, kadar air dan berat jenis dapat dinyatakan dalam Persamaan 3.11.

$$S_e = w G_s \quad (3.11)$$

Korelasi untuk menentukan berat jenis tanah (γ) dan berat jenis tanah jenuh (γ_{sat}) dapat dilihat pada Tabel 3.4

Tabel 3. 4 Nilai Berat Volume Tanah

No	Jenis Tanah	γ_{sat} (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)
1	Kerikil	20 – 22	15 – 17
2	Pasir	18 – 20	13 – 16
3	Lanau	18 – 20	14 – 18
4	Lempung	16 – 22	14 - 21

(sumber : John Wiley & Sons,2000)

9. Permeabilitas

Permeabilitas didefinisikan sebagai sifat bahan berpori yang memungkinkan terjadinya aliran rembesan dari cairan yang berupa air atau minyak mengalir melewati rongga pori. Pori – pori pada tanah saling terhubung, sehingga air dapat mengalir dari tekanan tinggi menuju tekanan yang lebih rendah. Pada tanah, permeabilitas artikan sebagai sifat tanah yang mengalirkan air melalui

rongga rongga pori tanah. Menurut Das (1983) pada buku Mekanika Tanah 1 Edisi Ke Enam untuk kisaran nilai permeabilitas pada jenis – jenis tanah dapat dilihat pada Tabel 3.5 berikut.

Tabel 3. 5 Kisaran Nilai Permeabilitas Tanah

No	Jenis Tanah	k (mm/detik)
1	Butiran kasar	$10 - 10^3$
2	Kerikil halus, butiran kasar bercampur pasir butiran sedang	$10^{-2} - 10$
3	Pasir halus, lanau longgar	$10^{-4} - 10^{-2}$
4	Lanau padat, lanau berlempung	$10^{-5} - 10^{-4}$
5	Lempung berlanau, lempung	$10^{-8} - 10^{-5}$

(sumber : Hardiyatmo, 2012)

10. Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas merupakan nilai yang menunjukkan besarnya angka elastisitas tanah dari perbandingan antara tegangan yang terjadi terhadap regangan. Perkiraan nilai ini dapat ditentukan dari jenis tanah seperti pada Tabel 3.6.

Tabel 3. 6Nilai Perkiraan Modulus Elastisitas Tanah

No	Jenis Tanah	E (kN/m ²)
1	Lempung:	
	Sangat lunak	300 - 3000
	Lunak	2000 - 4000
	Sedang	4500 - 9000
	Keras	7000 - 20000
2	Berlempung:	
	Berlempung	5000 - 20000
	Tidak padat	10000 - 25000
3	Padat	50000 - 100000
	Pasir dan kerikil :	
4	Padat	80000 - 200000
	Tidak padat	50000 - 140000
5	Lanau	2000 - 20000
6	Loses	15000 - 60000
7	Cadas	140000 - 1400000

(Sumber : Bowles,1977)

11. *Poisson Ratio*

Nilai *poisson ratio* ditentukan sebagai rasio kompresi poros terhadap regangan pemuaian lateral. Nilai ini dapat ditentukan berdasarkan jenis tanah seperti pada Tabel 3.7.

Tabel 3. 7 Hubungan Jenis Tanah dan *Poisson Ratio*

No	Jenis Tanah	<i>Poisson Ratio</i>
1	Lempung jenuh	0,4 – 0,5
2	Lempung tak jenuh	0,1 – 0,3
3	Lempung berpasir	0,2 – 0,3
4	Lanau	0,3 – 0,35
5	Pasir padat	0,2 – 0,4
6	Pasir tidak padat	0,15 – 0,15
7	Pasir halus	0,25 – 0,25
8	Batu	0,1 – 0,4
9	Loess	0,1 – 0,3

(Sumber : Hardiyatmo,2002)

3.1.5 Parameter Kuat Geser Tanah

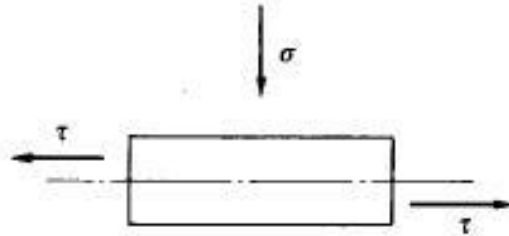
Pengetahuan tentang kuat geser tanah seperti yang dikemukakan oleh Bambang surendro (2015) dalam bukunya mekanika tanah sangat penting untuk menyelesaikan masalah-masalah stabilitas massa tanah, seperti menghitung daya dukung tanah, tegangan normal, dan stabilitas lereng.

Menurut coulomb pada Surendro (2015) kekuatan geser (τ) disuatu titik pada suatu bidang sebagai suatu fungsi linier terhadap tegangan normal (σ) dibidang tersebut pada titik yang sama. Selanjutnya kekuatan geser tanah ditentukan oleh dua komponen penting yaitu:

1. Kohesi merupakan sifat melekatnya mineral - mineral pada tanah, terutama tanah yang berbutir halus dan
2. Sudut Geser dalam (sudut ketahanan geser) yaitu perlawanan yang terjadi karena tanah berbutir-butir, sehingga mengunci geseran yang menyebabkan bidang permukaan menjadi kasar.

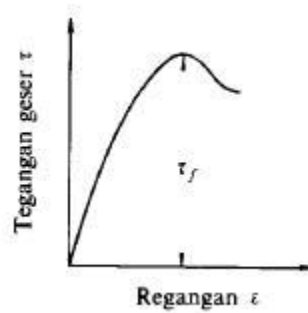
Nilai kuat geser tanah diperlukan antara lain untuk menghitung daya dukung tanah dan tekanan tanah yang bekerja pada dinding penahan tanah. Jika gaya geser bekerja pada permukaan dimana bekerja pula tegangan normal maka τ akan

membesar akibat deformasi seperti pada gambar 3.1 dan mencapai mencapai harga batas seperti gambar 3.2. apabila harga batas yang diperoleh digambarkan dengan σ yang berbeda - beda seperti yang terlihat pada gambar 3.3. berikut ini.



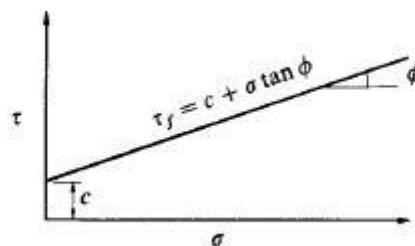
Gambar 3. 2 Geseran Dari Tanah

(Sumber: Nakazawa, 2000)



Gambar 3. 3 Tegangan Geser dan Regangan

(Sumber: Nakazawa, 2000)



Gambar 3. 4 Tegangan Karakteristik Tanah

(Sumber: Nakazawa, 2000)

Nilai kuat geser pada tanah dapat berubah-ubah tergantung dari ketahanan geser pada butir-butir tanah dan daya lekat (kohesi) yang ada pada permukaan butir-butir tanah tersebut. Sesuai dengan hal tersebut tanah dapat dibagi menjadi dua kategori yaitu tanah kohesif (daya lekat) seperti lempung dan tanah yang non

kohesif seperti tanah jenis pasir yang memiliki nilai kohesi (c) = 0. Nilai kuat geser pada tanah dapat berubah-ubah tergantung dari kondisi dan jenis tanah tersebut. Hubungan antara kuat geser tanah, tegangan normal, kohesi dan sudut geser dapat dilihat pada persamaan 3.12 yang didefinisikan oleh Coulomb (1776) seperti dibawah ini.

$$\tau = c + \sigma \operatorname{tg} \varphi \quad (3.12)$$

Dengan;

τ = kuat geser tanah (kN/m²)

σ = tegangan normal pada bidang runtuh (kN/m²)

c = kohesi tanah (kN/m²)

φ = sudut geser dalam tanah (°)

Parameter kuat geser tanah diperlukan untuk analisis-analisis antara lain adalah sebagai berikut ini.

1. Kapasitas dukung tanah
2. Stabilitas lereng
3. Gaya dorong pada dinding penahan

3.2 Penyelidikan Tanah

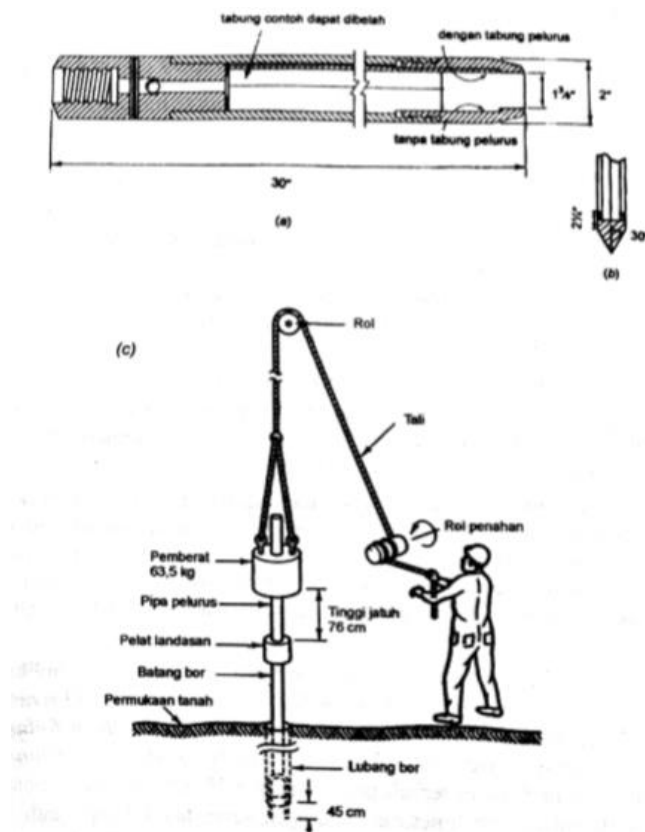
Penyelidikan tanah sangat lah penting untuk menjadi acuan dalam pengambilan keputusan apakah pekerjaan rekayasa layak secara ekonomis untuk diterapkan. penyelidikan tanah bertujuan untuk mengetahui informasi tentang tanah meliputi lapisan tanah, bebatuan, muka air tanah, sifat-sifat fisik dan mekanis tanah dari informasi yang di dapatkan maka dapat diturunkan parameter tanah untuk simulasi letak pondasi atau konstruksi bangunan.

Metode - metode penyelidikan tanah sangat beragam seperti sondir yang dilakukan untuk mendapatkan data tingkat kekuatan tanah, pengeboran yang bertujuan untuk mendapatkan sampel tanah undisturbed (tidak terganggu) guna mengidentifikasi tanah lapangan sampai kedalaman tertentu, dan tes SPT (standar Penetration test) yang bertujuan untuk menentukan konsistensi atau density lapangan. Berikut ini beberapa jenis pengujian tanah secara langsung antara lain.

1. Uji Penetrasi Standar (SPT)

Pada pengujian ini, sifat-sifat tanah ditentukan dari pengukuran kerapatan relatif secara langsung di lapangan. Uji ini merupakan pengujian yang sering digunakan untuk mengetahui nilai kerapatan relatif. Pengujian ini pada umumnya dilakukan karena sulit mendapatkan sampel tanah tak terganggu pada tanah granuler.

Pada saat melakukan pengeboran, jika kedalaman pengeboran telah mencapai lapisan tanah yang akan diuji maka mata bor dilepas dan diganti dengan tabung belah standar (*standard split barrel sampler*) yang dapat dilihat pada Gambar 3.5a. setelah tabung terpasang dan bersama pipa bor, alat diturunkan sampai ujung lapisan tanah dasar dan kemudian dipukul dari atas. Beban pukulan memiliki berat 63,5 kg dan dengan jarak pukulan 76,2 cm yang dapat dilihat pada Gambar 3.5b.



Gambar 3. 5 Gambar Tabung Belah Standar dan Uji SPT

(sumber : Hardiyatmo, 2006)

Nilai SPT diperoleh dengan melakukan beberapa tahap. Pertama, tabung standar dipukul hingga kedalaman 15 cm. Kemudian dilanjutkan dengan pemukulan tahap kedua sedalam 30,48 cm. Jumlah pukulan tahap kedua ini, yaitu jumlah pukulan yang dibutuhkan untuk penetrasi tabung belah standar sedalam 30,48 cm dan didefinisikan sebagai nilai N. Pengujian yang lebih baik dilakukan dengan menghitung pukulan pada tiap-tiap penembusan sedalam 7,62 cm atau setiap 15 cm. Dengan cara ini, kedalaman sembarang jenis tanah didasar lubang bor dapat ditaksir, dan elevasi dimana terjadi gangguan dalam menembus lapisan yang keras seperti batu dapat dicatat.

Menurut terzaghi dan Peck (1948), Hubungan nilai N dengan kerapatan relatif (D_r) dapat dilihat pada Tabel 3.8.

Tabel 3. 8 Hubungan Nilai N dengan Kerapatan Relatif (D_r)

No	Nilai N	Kerapatan Relatif (D_r)
1	<4	Sangat tidak padat
2	4-10	Tidak padat
3	10-30	Kepadatan sedang
4	30-50	Padat
5	>50	Sangat Padat

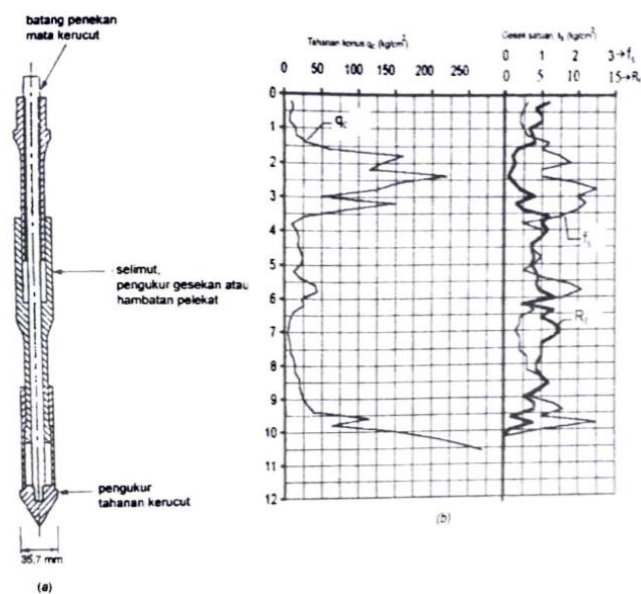
(Sumber : Hardiyatmo, 2002)

2. Uji Penetrasi Kerucut Statis

Uji penetrasi kerucut statis atau uji sondir berguna untuk memperoleh nilai variasi kepadatan tanah yang tidak padat. Pada tanah yang padat dan tanah-tanah berkerikil dan berbatu, penggunaan alat sondir menjadi tidak efektif karena mengalami kesulitan dalam menembus tanah. Alat ini terdiri dari kerucut baja yang mempunyai sudut kemiringan 60° dan berdiameter 35,7 mm atau memiliki luas tampang 1000 mm^2 . Alat sondir dibuat sedemikian rupa sehingga dapat mengukur tahanan ujung dan tahanan gesek dari selimut silinder mata sondirnya.

Cara penggunaan alat ini adalah dengan menekan pipa penekan dan mata sondir secara terpisah, melalui alat penekan mekanis atau dengan tangan dengan kecepatan 10 mm/detik. Pembacaan tahanan kerucut atau tahanan

konus dilakukan dengan melihat arloji pengukur. Nilai q_c merupakan besarnya tahanan kerucut dibagi dengan luas penampang. Pembacaan dilakukan setiap penetrasi 20 cm. Tahanan ujung serta tahanan gesek selimut alat sondir dicatat. Dari data tersebut diperoleh grafik tahanan kerucut statis atau tahanan konus yang menyajikan nilai keduanya. Uji kerucut statis dapat dilihat pada Gambar 3.6 berikut.



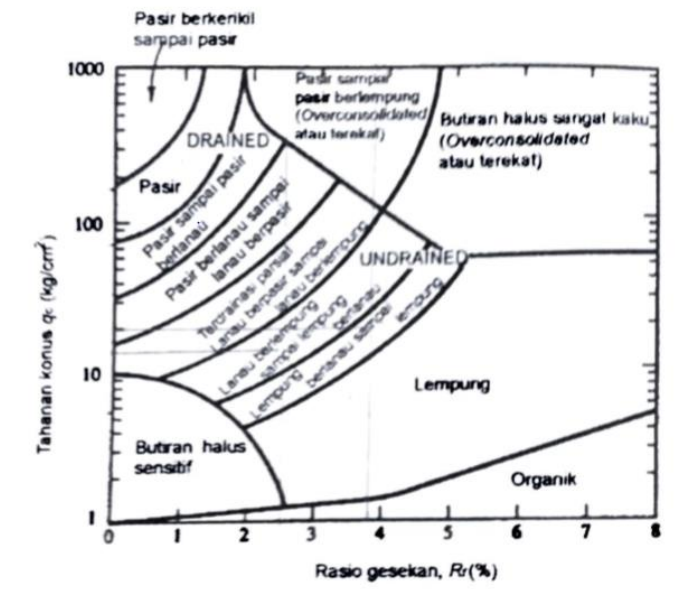
Gambar 3. 6 Uji Kerucut Statis

sumber : Hardiyatmo (2006)

Karena uji sondir tidak mengeluarkan tanah pada saat pengujian, maka jenis tanah tidak dapat diketahui dengan pasti. Maka dari itu, Robertson dan Campanella (1983) mengusulkan hubungan tahanan konus (q_c) dengan rasio gesekan (R_f), untuk mengklasifikasikan tanah secara pendekatan. Rasio gesekan (R_f) merupakan perbandingan antara gesekan selimut lokal, f_s (gaya gesek yang bekerja pada selimut konus dibagi dengan luas selimut) dengan tahanan konus q_c atau rasio gesekan yang dinyatakan dalam Persamaan 3.13 berikut ini.

$$R_f = \frac{f_s}{q_c} \times 100\% \quad (3.13)$$

Gambar grafik Klasifikasi tanah berdasarkan hasil uji kerucut statis (sondir) dapat dilihat pada Gambar 3.7.



Gambar 3. 7 Klasifikasi Tanah Didasarkan pada Hasil Uji Kerucut Statis (sondir)

(sumber : Hardiyatmo, 2006)

Hasil nilai konus resistance (q_c) dari data sondir dan N_{spt} dari boring dapat dikorelasikan terhadap konsistensi lapisan tanah lempung seperti ditunjukkan pada Tabel 3.9. Sedangkan hubungan antara kepadatan dengan relative density, nilai N_{spt} , q_c dan \emptyset adalah sebanding. Hal ini dapat dilihat dalam pada Tabel 3.10.

Tabel 3. 9 Hubungan Konsistensi Tanah Lempung dengan data q_c dan N_{spt}

No	Konsistensi	Conus Resistance Q_c (kg/cm ²)	N_{spt} (blow/30cm)	C_u (t/m ²)
1	<i>Very soft</i>	< 3	< 2	< 1,25
2	<i>Soft</i>	3 - 8	2 - 4	1,2 - 2,5
3	<i>Medium Stiff</i>	8 - 20	4 - 8	2,5 - 5
4	<i>Stiff</i>	20 - 40	8 - 15	5 - 10
5	<i>Very Stiff</i>	40 - 80	15 - 30	10 - 20
6	<i>Hard</i>	> 80	> 30	> 20

(Sumber : Begemann,1965 dan Schmertmann,1969)

Tabel 3. 10 Hubungan antara kepadatan, relative density, nilai N SPT, q_c dan ϕ

No	Kepadatan	Relative Density (γ_d)	Nilai N SPT	Sudut Geser (ϕ)	Tekanan Konus q_c (kg/cm^2)
1	<i>Very Loose</i> (sangat lepas)	< 0,2	< 4	< 30	< 20
2	<i>Loose</i> (lepas)	0,2 -0,4	4 -10	30 -35	20 - 40
3	<i>Medium Dense</i> (agak kompak)	0,4 – 0,6	10 - 30	35 - 40	40 – 120
4	<i>Dense</i> (kompak)	0,6 -0,8	30 - 50	40 -45	120 – 200
5	<i>Very Dense</i> (sangat kompak)	0,8 – 1	> 50	> 45	> 200

(Sumber : Mayerhof, 1965 dalam Bowles 1996)

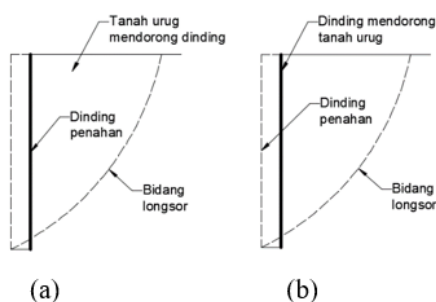
3.3 Tekanan Tanah Lateral

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 (hardiatmo 2012).

3.2.1 Tekanan Tanah Aktif dan Tekanan Tanah Pasif

Tekanan tanah aktif dapat diartikan sebagai tekanan horizontal (E_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 3.6 berikut ini.



Gambar 3. 8 Tekanan tanah lateral saat tanah runtuh a). Tekanan tanah aktif dan b). Tekanan tanah pasif.

3.4 Stabilitas Lereng

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.

3.4.1. 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 dua 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, system 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 3.14.

$$SF = \frac{\tau}{\tau_d} \quad (3.14)$$

dengan:

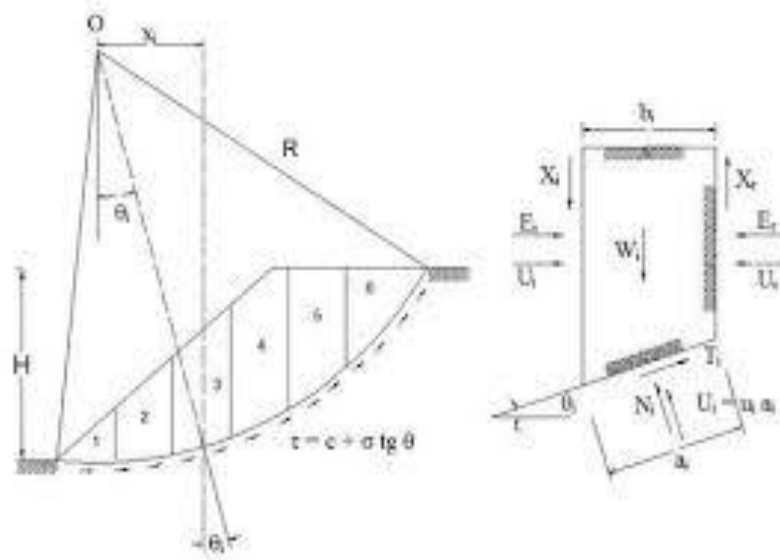
SF = faktor aman

τ = tahanan geser maksimum

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

3.4.2. Metode Bishop

Metode Bishop adalah metode yang di gunakan untuk menganalisis ke stabilan 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 3.10 berikut ini.



Gambar 3. 9 Gaya Yang Bekerja Pada Metode Bishop

(Sumber: A.W. Bishop, 1955)

$$Sf = \frac{\left(\frac{c \times \Delta x + w \tan \Phi}{m} \right)}{w \sin \Phi} \quad (3.15)$$

$$m = \cos \alpha \left(1 + \frac{\tan \alpha \tan \Phi}{F} \right) \quad (3.16)$$

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 3.11.

Tabel 3. 11 Hubungan Nilai Faktor Keamanan Lereng Dan Intensitas Longsor

Nilai Faktor 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)

3.5. 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.

Kegunaan dinding penahan tanah antara lain

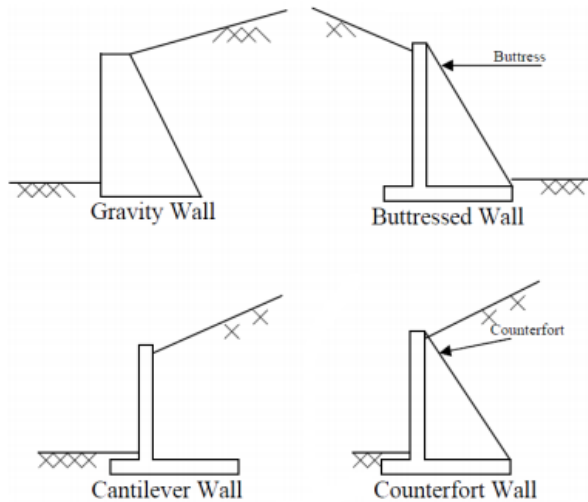
1. Menahan tanah timbunan bagi jalan atau jalur kereta api yang lebih tinggi dari daerah sekitarnya.
2. Pada daerah lereng di tepi sungai, jalan raya atau jalur kereta api.
3. Digunakan untuk menahan tanah pengisi dalam membentuk suatu jembatan, dinding penahan tanah ini di sebut abutments.
4. Dinding penahan tanah digunakan untuk menahan tanah disekitar bangunan.
5. Dinding penahan tanah digunakan sebagai tempat penyimpanan seperti pasir, biji besi dan lain-lain.
6. Dinding penahan tanah digunakan sebagai pembatas pinggir kanal.
7. Dinding khusus yang disebut flood walls, yang digunakan untuk mengurangi atau menahan banjir sungai.

Jenis dinding penahan tanah terbagi menjadi beberapa yaitu dinding penahan tanah grafitasi, kantilever, kantilever dan dinding butters (butters wall). 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 3.11 dapat dilihat jenis-jenis dinding penahan tanah.



Gambar 3. 10 Dinding Penahan Tanah

(sumber: earth Retaining Structures Manual, 2010)

3.5.1. 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 3.12 berikut ini

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 3.17. Sedangkan koefisien tekanan tanah pasif (*coefficient of passive pressure*) atau K_p menurut Rankine dinyatakan dalam Persamaan 3.18.

$$K_a = \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \quad (3.17)$$

$$K_p = \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) \quad (3.18)$$

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 3.19. Sedangkan koefisien tekanan tanah pasif dinyatakan dalam Persamaan 3.20.

$$K_a = \cos \beta \frac{\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \varphi}}{\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \varphi}} \quad (3.19)$$

$$K_p = \cos \beta \frac{\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \varphi}}{\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \varphi}} \quad (3.20)$$

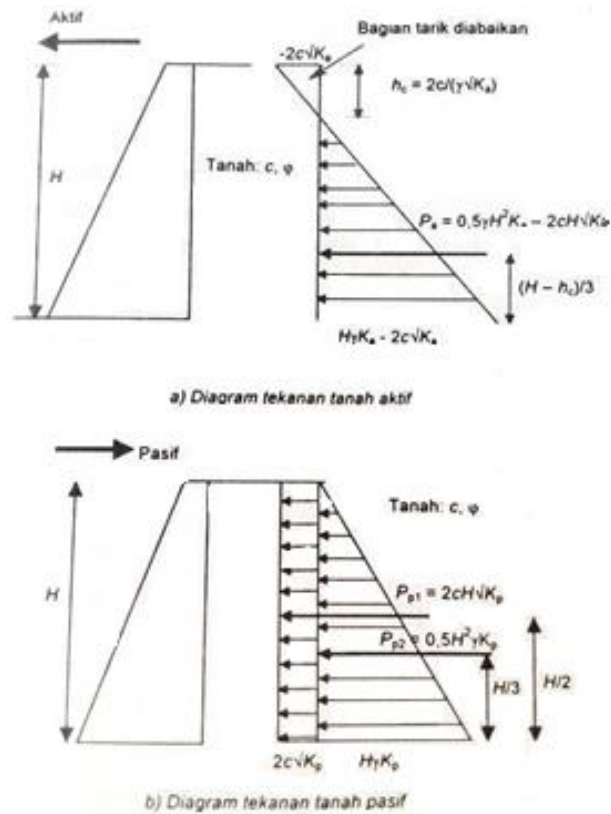
3.5.3. Tekanan Tanah Lateral

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 Gambar 3.13



Gambar 3. 12 Diagram Tekanan Tanah Aktif dan Pasif Pada Tanah Kohesif

(Sumber: Hardiyatmo, 2006)

Berdasarkan Gambar 3.13 tersebut, maka tekanan aktif total (P_a) dan tekanan pasif total (P_p) dinyatakan dengan Persamaan 3.21 dan 3.22 berikut ini.

$$P_a = 0,5 H^2 \gamma K_a - 2c \sqrt{K_a} \quad (3.21)$$

$$P_p = 0,5 H^2 \gamma K_p - 2c \sqrt{K_p} \quad (3.22)$$

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

c = kohesi (kN/m²)

3.5.4. Stabilitas DPT Terhadap Pengeseran

Stabilitas dinding penahan tanah terhadap pengeseran di pengaruhi oleh gaya gesekan antara tanah dengan dasar fondasi serta tekanan tanah positif apabila di depan dinding penahan terdapat tanah timbunan.

Factor aman terhadap pengeseran dinyatakan dengan persamaan 3.23 berikut ini.

$$F_{gs} = \frac{\sum R_h}{\sum P_h} \geq 1,5 \quad (3.23)$$

Untuk tanah granuler ($c=0$)

$$\begin{aligned} \sum R_h &= W f \\ &= W \operatorname{tg} \delta_h \end{aligned} \quad (3.24)$$

Untuk tanah kohesif ($\varphi = 0$)

$$\sum R_h = c_a B \quad (3.25)$$

Dengan:

$\sum R_h$ = tahanan dinding penahan tanah terhadap penggeseran

W = berat total dinding penahan tanah dan tanah diatas pelat pondasi

δ_h = sudut gesek antara tanah dan dasar pondasi

c_a = $a_d \cdot c$

= adhesi antara tanah dan dasar pondasi

c = kohesi tanah dasar

a_d = factor adhesi

B = lebar pondasi

$\sum P_h$ = jumlah gaya-gaya horizontal

f = koefisien gesek antara tanah dengan dasar pondasi.

Faktor aman terhadap penggeseran dasar pondasi (F_{gs}) minimum diambil 1,5.

Namun bowles menyatakan bahwa:

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

$F_{gs} \geq 2$ untuk tanah dasar kohesif

3.5.5. Stabilitas DPT Terhadap Penggulingan

Tekanan tanah lateral yang diakibatkan oleh tanah urug 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 pelat pondasi.

Faktor aman terhadap penggulingan (F_{gl}) dinyatakan dengan Persamaan 3.26 berikut ini.

$$F_{gl} = \frac{\sum M_w}{\sum M_{gl}} \quad (3.26)$$

$$\sum M_w = W \cdot b_1 \quad (3.27)$$

$$\sum M_{gl} = \sum P_{ah} \cdot h_1 + \sum P_{av} \cdot B \quad (3.28)$$

Dengan:

$\sum M_w$ = momen yang melawan penggulingan (kN.m)

$\sum M_{gl}$ = momen yang mengakibatkan penggulingan (kN.m)

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

B = lebar kaki dinding penahan (m)

$\sum P_{ah}$ = umlah gaya-gaya horizontal (kN)

$\sum P_{av}$ = jumlah gaya-gaya vertical (kN)

Faktor aman terhadap penggulingan bergantung pada jenis tanah, yaitu sebagai berikut:

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

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

3.5.6. 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 melibatkan faktor kapasitas dukung menurut Vesic yang dapat dilihat pada Tabel 3.12.

Tabel 3. 12 Faktor-faktor kapasitas dukung Vesic (1973)

ϕ	N_c	N_q	N_γ	ϕ	N_c	N_q	N_γ
7	7,16	1,88	0,71	26	22,25	11,85	12,54
8	7,53	2,06	0,86	27	23,94	13,2	14,47
9	7,92	2,25	1,03	28	25,8	14,72	16,72
10	8,85	2,47	1,22	29	27,86	16,44	19,34
11	8,8	2,71	1,44	30	30,14	18,4	22,4
12	9,28	2,97	1,69	31	32,67	20,63	25,9
13	9,81	3,26	1,97	32	35,49	23,18	30,22
14	10,37	3,59	2,29	33	38,64	26,09	35,19
15	10,98	3,94	2,65	34	42,16	29,44	41,06
16	11,63	4,34	3,06	35	46,12	33,3	48,03
17	12,34	4,77	3,53	36	50,59	37,75	56,31
18	13,1	5,26	4,07	37	55,63	42,92	66,19
19	13,93	5,8	4,68	38	61,35	48,93	78,03
20	14,83	6,4	5,39	39	67,87	55,96	92,25
21	15,82	7,07	6,2	40	75,31	64,2	109,41
22	16,88	7,82	7,13	41	83,86	73,9	130,22
23	18,05	8,66	8,2	42	93,71	85,38	155,55
24	19,32	9,6	9,44	43	105,11	99,02	186,54
25	20,72	10,66	10,8	44	118,37	115,31	224,64

(sumber : Vesic(1973), dalam Hardiyatmo, 2011)

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 Vesic dan Hansen pada Persamaan 3.29. berikut ini.

$$Q_u = d_c i_c c N_c + d_q i_q D_f \gamma N_q + d_\gamma i_\gamma 0,5 B \gamma N_\gamma \quad (3.29)$$

Dengan:

d_c, d_q, d_γ	= faktor kedalaman
i_c, i_q, i_γ	= faktor kemiringan
B	= lebar dasar pondasi sebenarnya (m)
E	= eksentrisitas beban (m)
Γ	= berat volume tanah (kN/m ³)
N_c, N_q, N_γ	= faktor kapasitas dukung

Faktor aman terhadap keruntuhan kapasitas dukung tanah dasar dihitung dengan Persamaan 3.30 berikut ini.

$$SF = \frac{q_u}{q_{maks}} \geq 3 \quad (3.30)$$

dengan:

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

q = tekanan akibat beban struktur (kN/m²).

3.6 Program Plaxis

Plaxis adalah salah satu 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 mengolah data - data yang telah dimasukan sehingga hasil yang didapatkan dapat mendekati dengan pelaksanaan dilapangan, atau hasil olahan program plaxis dapat diasumsikan menjadi cerminan dari kondisi sebenarnya dilapangan.

Tahapan analisis menggunakan program plaxis melalui beberapa tahapan yang harus dilakukan diantaranya

1. Input Data

Tahapan input data pada program plaxis meliputi data property tanah, perkuatan, 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, gambar, dan kurva.

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Umum

Lokasi lereng yang akan diteliti pada penelitian ini berada di daerah Jawa Timur jalan terngalek - Ponorogo stasiun 23+600. Penelitian ini menganalisis stabilitas lereng eksisting tanpa perkuatan dan dengan perkuatan alternatif yaitu dinding penahan tanah kantilever dan geotekstil dihitung dengan perhitungan manual dan program Plaxis. Analisis stabilitas lereng eksisting untuk mengetahui berapa angka aman (Safety factor) pada lereng sebelum diberi perkuatan dan akan dibandingkan dengan setelah diberi perkuatan. Alternatif perkuatan pertama yaitu dinding penahan tanah jenis kantilever yang mana dinding ini paling banyak digunakan untuk melakukan stabilitas lereng.

4.2 Tahapan Penelitian

Dalam penelitian ini proses penelitian dibagi dalam beberapa tahapan, diantaranya adalah sebagai berikut ini.

1. Tahapan studi literatur yaitu mencari dan mempelajari literatur yang berhubungan dengan topik penelitian.
2. Tahap pengumpulan data, data yang digunakan pada penelitian ini yaitu data sekunder yang berasal dari laporan penyelidikan tanah jalan Ponorogo - Trenggalek Provinsi Jawa Timur oleh PT. Wiranta Bhuana Raya.
3. Tahap analisis dan pengolahan data, data yang di dapat kemudian diolah dengan menggunakan hitungan metode *bishop* dan aplikasi Plaxis.
4. Tahap penulisan dan penarikan kesimpulan, penulisan laporan hasil penelitian berdasarkan aturan yang berlaku dan hasil dari pengolahan data. Kesimpulan yang diambil dari hasil pengolahan data serta berdasarkan teori yang digunakan untuk menjawab rumusan masalah.

4.3 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui beberapa tahapan diantaranya adalah sebagai berikut

4.3.1. Data Sekunder

Data sekunder yang digunakan pada penelitian ini di antaranya adalah:

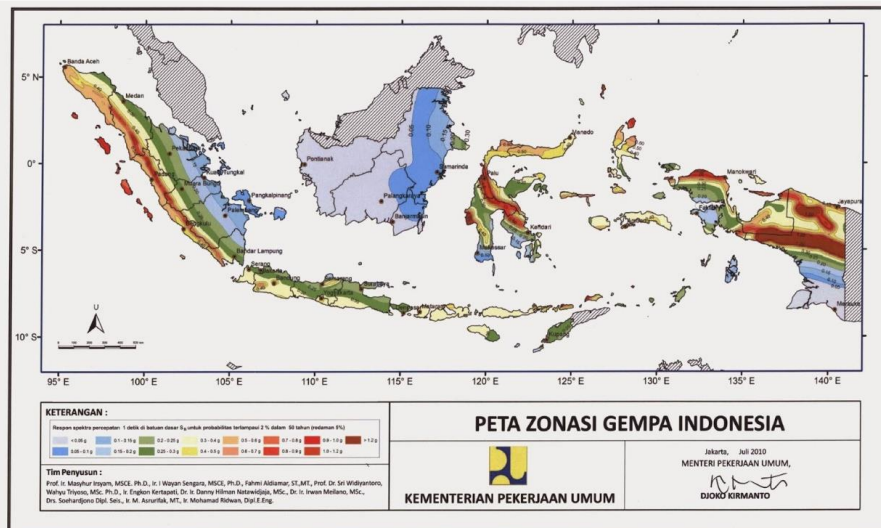
1. Data tanah

Data tanah yang dibutuhkan meliputi:

- a. berat volume basah (γ),
- b. berat volume kering (γ_d),
- c. kohesi (c), dan
- d. sudut geser dalam (ϕ).

2. Data Kegempaan

Data kegeempaan yang digunakan pada penelitian ini yaitu peta zonasi gempa Indonesia yang didapatkan dari internet (www.puskim.pu.go.id) seperti yang dilihat pada gambar 4.1 berikut ini.



Gambar 4. 1 Peta Zonasi Gempa Indonesia

(Sumber: www.puskim.go.id)

4.4 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 3 tahap. Adapun tahap pengerjaan yang dilakukan adalah sebagai berikut ini.

1. Tahap pertama

Tahap pertama merupakan tahapan dengan analisis stabilitas lereng secara manual. Analisis ke stabilan manual lereng dilakukan dengan menggunakan metode *bishop*.

2. Tahap kedua

Tahap kedua merupakan tahapan analisis stabilitas lereng tanpa perkuatan dengan menggunakan metode elemen hingga yaitu dengan menggunakan program Plaxis. Program Plaxis yang digunakan adalah Plaxis 2D.

3. Tahap ketiga

Tahap ketiga merupakan perencanaan lereng dengan perkuatan Dinding penahan tanah kantilever dengan perhitungan manual dan program Plaxis 8.6. Program Plaxis yang digunakan adalah Plaxis 2D.

4. pembahasan dan analisis stabilitas lereng tanpa perkuatan, dengan perkuatan dinding penahan tanah dengan kondisi masa konstruksi dan paska konstruksi baik dengan beban gempa dan tanpa beban gempa.

5. Penarikan kesimpulan dan saran atas penelitian yang telah dilakukan.

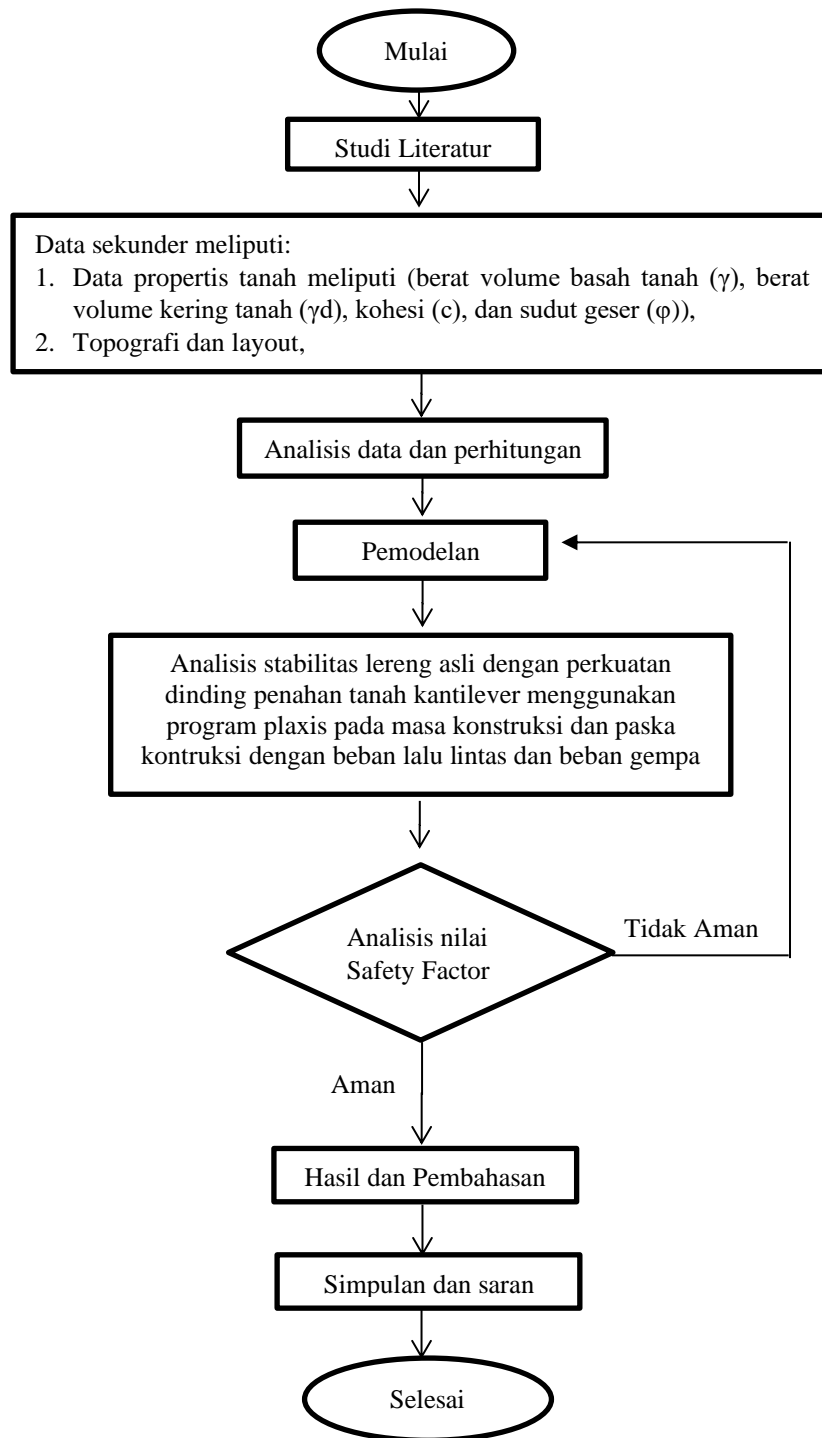
4.3 Tahapan Analisis Menggunakan Program Plaxis 2D

1. Buka program Plaxis
2. General setting
3. Pemodelan geometri
4. Input parameter material
5. General meshing
6. Initial Conditions
7. Plaxis Calculation
8. Langkah berikutnya yaitu menentukan titik yang akan ditinjau untuk menggambarkan dalam tampilan kurva yaitu dengan mengklik tombol select point for curve.

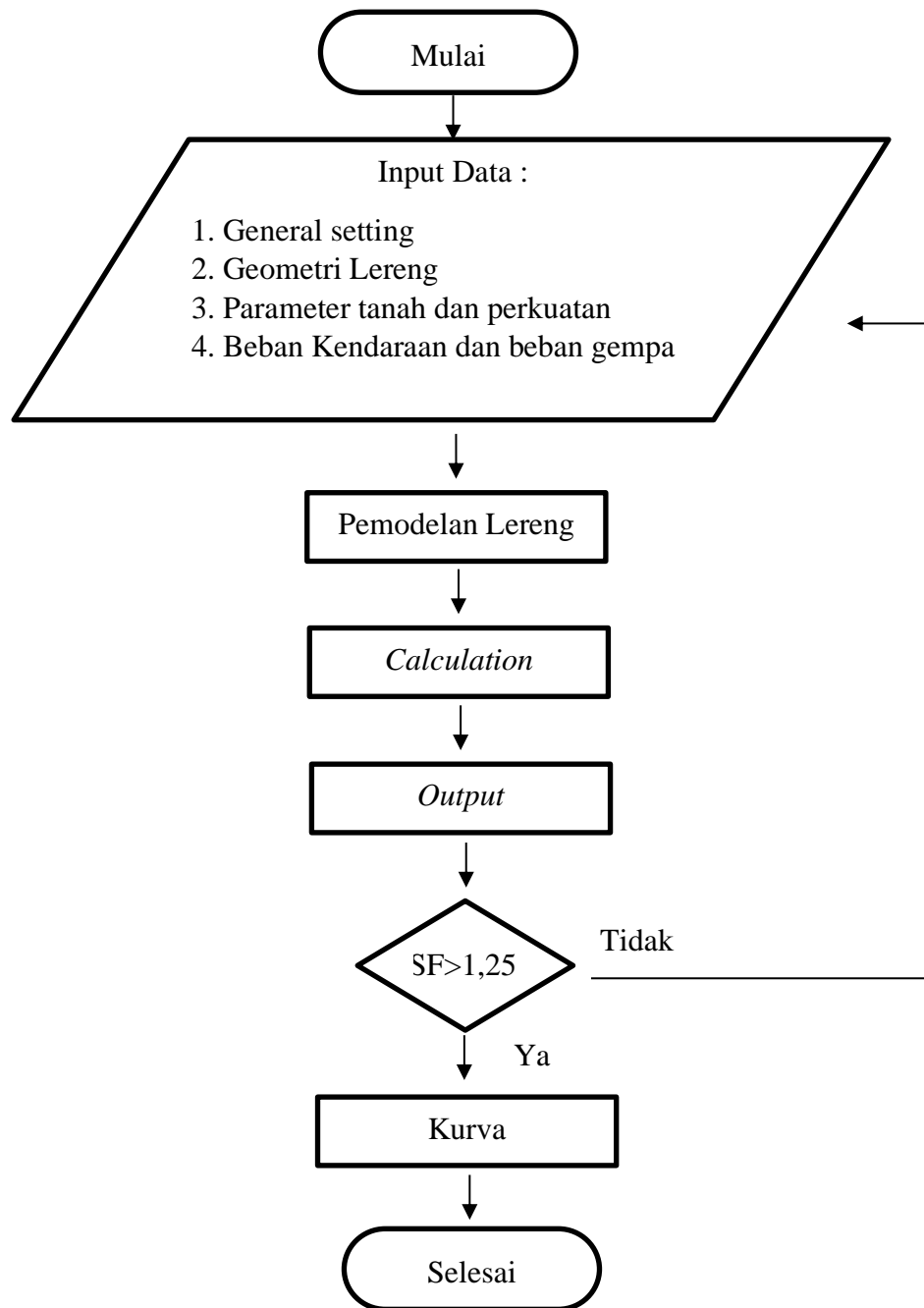
9. Selanjutnya klik tombol calculation dan klik tombol output untuk menampilkan hasil dari tahap perhitungan.

4.4 Bagan Alir

Adapun bagan alir penelitian atau flowchart penelitian dan tahapan plaxis secara berurutan dapat dilihat pada Gambar 4.1 dan 4.2 berikut ini.



Gambar 4. 2 Bagan Alir Peneliti



Gambar 4. 3Bagan Alur Pemodelan Lereng Pada Program Plaxis

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Gambaran Umum Penelitian

Ruas jalan trenggalek – ponorogo merupakan jalur yang menghubungkan antar kota trenggalek dan ponorogo yang terletak di provinsi jawa timur. Jalan ini juga merupakan jalur lintas selatan jawa yang menghubungkan antar daerah yang berada di bagian selatan pulau jawa mulai dari jawa barat hingga jawa timur.

Ruas jalan trenggalek – ponorogo terletak pada daerah perbukitan yang menyebabkan banyak terjadinya kelongsoran pada ruas jalan tersebut. Pada ruas jalan trenggalek – ponorogo km 23+600 meski sudah dilakukan perkutan dengan bronjong namun tetap mengalami pergerakan tanah mulai dari retak sepanjang 50 meter hingga menjadi berkembang menjadi longsor di beberapa titik. Selain itu, kondisi tanah dasar pada daerah yang dilalui jalan tersebut tergolong tanah lunak dan memerlukan penanganan khusus agar tanah menjadi stabil.

Pada penelitian ini dilakukan dengan perbandingan antara analisis stabilitas lereng asli, lereng timbunan yang diperkut dengan dinding penahan tanah. Analisis dilakukan menggunakan program plaxis 8.6 yang akan dimodelkan dengan dua kondisi.

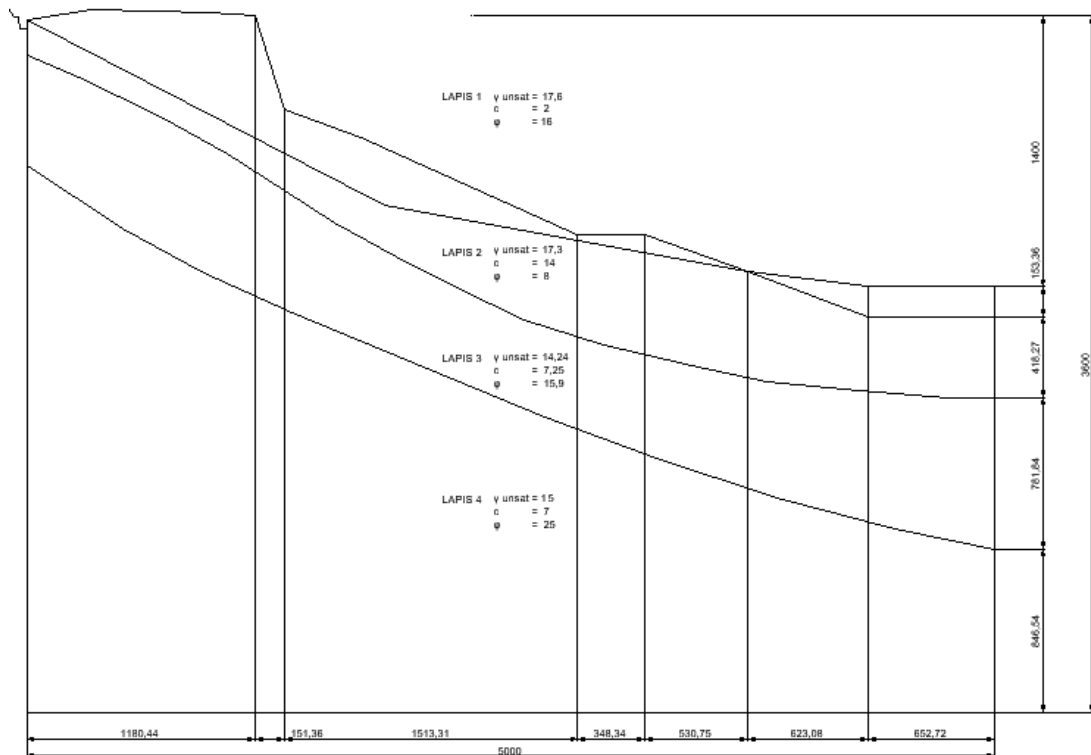
1. Masa konstruksi

Masa konstruksi adalah kondisi jalan belum dilalui oleh kendaraan dan tanah bersifat drained, yaitu kondisi dimana air dapat keluar masuk dalam kurun waktu tertentu dikarenakan perubahan isi pada tanah tidak mengakibatkan perubahan tegangan air pada rongga tanah.

2. Masa setelah konstruksi

Masa setelah konstruksi atau paska konstruksi adalah kondisi jalan setelah dilalui oleh kendaraan. Pada kondisi pasca konstruksi tanah bersifat undrained, yaitu kondisi dimana air tidak dapat keluar masuk pada rongga tanah yang telah mengalami perubahan isi yang mengakibatkan perubahan tegangan air.

Penampang melintang ruas jalan trenggalek - ponorogo km 23+600 dapat dilihat pada gambar 5.1 sebagai berikut.



Gambar 5.1 Penampang melintang ruas jalan trenggalek - ponorogo km 23+600

5.2 Data tanah dan pembebanan

Analisis stabilitas lereng memerlukan data tanah yang diperoleh dari lapangan. Adapun data tanah yang digunakan pada penelitian ini yaitu data skunder yang diperoleh dari proyek perencanaan longsor (trenggalek - ponorogo) provinsi jawa timur, pada ruas jalan km 23+600. Berikut ini adalah parameter tanah, beban - beban yang bekerja dan geometri lereng.

5.2.1 Data Tanah

Dalam perencanaan stabilitas lereng, data tanah yang digunakan mengacu pada hasil penyelidikan tanah pada ruas jalan trenggalek-ponorogo jawa timur. Adapun data tanah yang digunakan dapat dilihat pada tabel 5.1

Tabel 5. 1 Data Parameter Tanah

Parameter	satuan	Jenis Tanah				
		Tanah timbunan	Tanah lapis 1	Tanah lapis 2	Tanah Lapis 3	Tanah Lapis 4
γ unsat	kN/m ³	18	16	17,3	14,25	15
γ sat	kN/m ³	19,5	18,6	17,8	16,8	20
Eref	kN/m ³	15000	38000	38000	30000	30000
Kohesi (c)	kN/m ³	28	2	14	7,25	7
Sudut geser (φ)	°	27,5	16	13	19,5	20
Poisson ratio (V)		0,3	0,25	0,25	0,3	0,35
Kx		0,01	0,0001	0,0001	0,0001	0,00001
Ky		0,01	0,0001	0,0001	0,0001	0,00001

5.2.2 Data Beban

Dalam penelitian ini, beban - beban yang bekerja adalah beban struktur perkerasan jalan, beban lalu lintas dan beban gempa. Pada saat masa konstruksi, beban yang bekerja hanya beban struktur perkerasan dan beban gempa. Sedangkan pada saat paska konstruksi, bebn yang bekerja meliputi beban struktur pekerjaan, beban lalu lintas dan beban gempa.

1. Beban struktur perkerasan dan beban lalu lintas

Beban struktur perkerasan jalan yaitu 10 kN/m² dan beban lalu lintas pada jalan trenggalek-ponorogo yang merupakan jalan nasional tipe III dengan fungsi arteri diasumsikan rata-rata lalu lintas harian > 10.000 kendaraan. Nilai beban kendaraan dapat dilihat pada tabel 5.2 berikut. Dimana beban yang digunakan yaitu 15 kN/m².

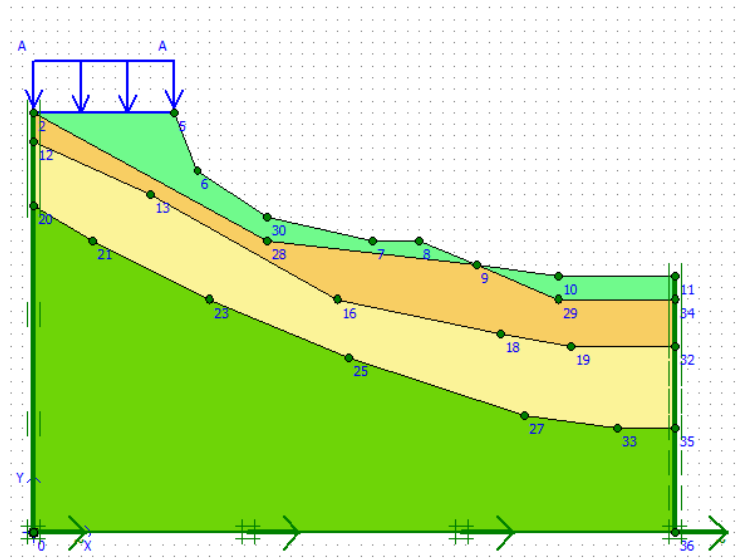
Tabel 5. 2 Beban Lalu Lintas

Fungsi	Sistem Jaringan	LHR	Beban Lalu Lintas
Primer	Ateri	Semua	15
	Kolektor	>10000	15
		<10000	12
Skunder	Ateri	>20000	15
		<20000	12
	Kolektor	>6000	12
		<6000	10
	Lokal	>500	10
		<500	10

(Sumber: Panduan Geoteknik 4 No. Pt T_10_2002_B (2002))

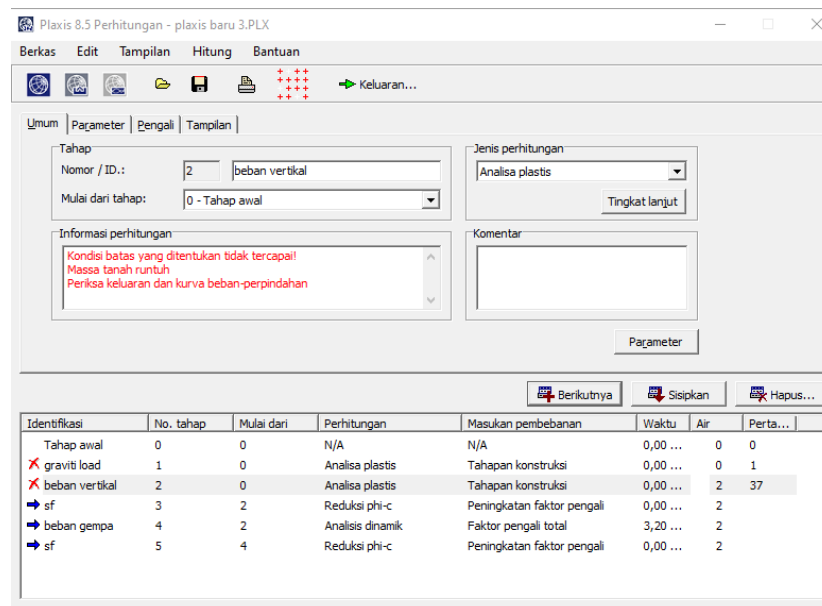
2. Beban Gempa

Perhitungan pengaruh gempa terhadap timbunan secara analisis mengacu pada peta zonasi gempa yang diambil dari SNI 2833:2016. Beban gempa yang digunakan dalam analisis adalah beban gempa dinamik dengan waktu interval yang digunakan diperoleh dari data USGS (U.S. Geological Survey). Berdasarkan Gambar 5.2 ruas jalan treggalek - ponorogo km 23+600 memiliki nilai percepatan puncak gempa sebesar 0,05 – 0,1g. Oleh karena itu, nilai percepatan puncak gempa yang digunakan sebesar 0,09674 dengan waktu interval sebesar 5,645. Waktu tersebut dianggap sudah melewati percepatan puncak gempa. secara berturut - turut peta zonasi gempa dan hubungan antara nilai percepatan puncak gempa dan waktu gempa dapat dilihat pada Gambar 5.2 dan Gambar 5.3 berikut.



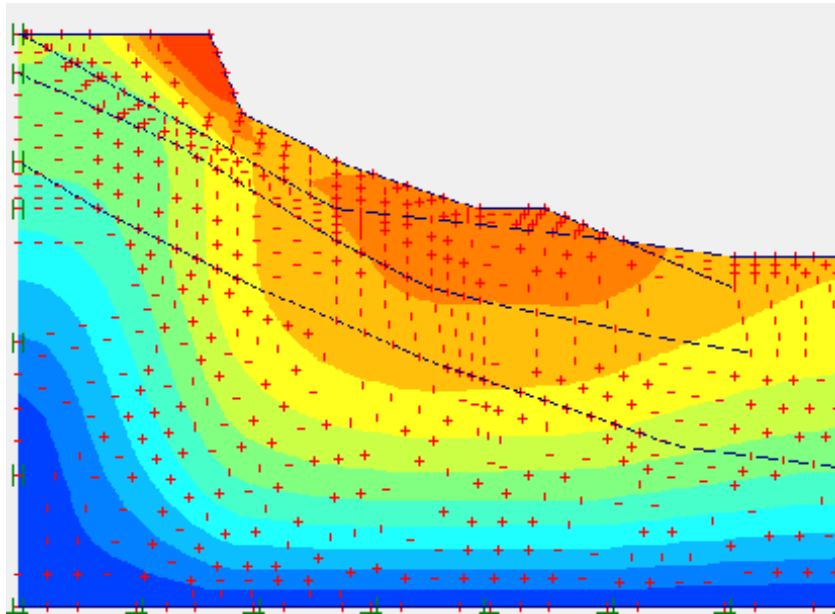
Gambar 5. 4 Pemodelan potongan melintang lereng eksisting tanpa perkuatan pada program plaxis 8.6

Pada saat dilakukan tahap perhitungan pada program plaxis, terjadi collapse pada tahapan pertama atau kondisi batas tidak tercapai seperti pada gambar 5.5. hal tersebut diakibatkan kondisi tanah pada lereng tersebut tidak mampu menahan beban sendiri lereng. Dikarenakan tahapan berikutnya terhubung dengan tahapan pertama maka tahapan berikutnya tidak memungkinkan untuk dilanjutkan.



Gambar 5. 5 Proses Tahapan Perhitungan Lereng Timbunan Asli Paska Konstruksi pada program Plaxis 8.6

Adapun daerah kelongsoran pada lereng timbunan tanah asli pada masa konstruksi maupun paska konstruksi dapat dilihat pada Gambar 5.6 berikut.

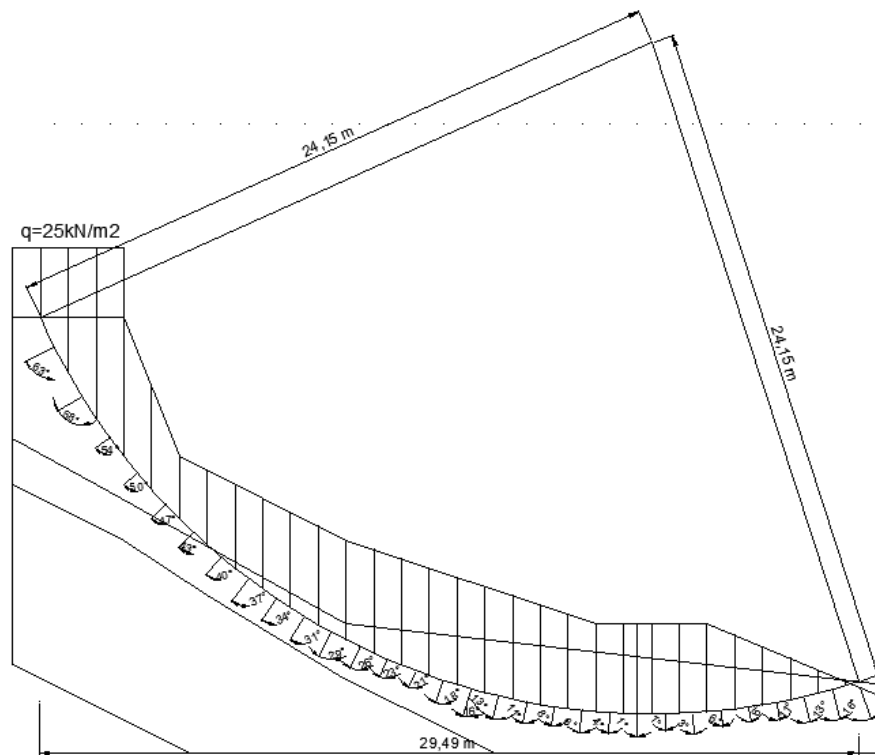


Gambar 5. 6 Daerah Potensi Longsor Lereng Pada Program Plaxis 8.6

Pada perhitungan lereng eksisting, nilai angka aman tidak dapat diketahui melalui program plaxis dikarenakan lereng mengalami kegagalan sebelum mencapai tahapan perhitungan angka aman. Oleh sebab itu perlu dilakukan perhitungan manual pada lereng eksisting. Dalam hal ini perhitungan manual menggunakan metode bishop.

5.3.2 Perhitungan manual menggunakan metode boshop

Analisis Stabilitas lereng eksisting manual tanpa perkuatan dihitung menggunakan metode irisan bishop. Lereng memiliki tinggi 15 meter. Pada analisis lereng menggunakan program plaxis didapat bidang longsor seperti gambar 5.7. berdasarkan gambar tersebut, bidang longsor terjadi hingga lapis 2 dengan jari-jari 24,15meter dan Panjang total dari bidang longsor (arah horizontal) sebesar 29,49meter seperti yang terlihat pada gambar 5.7 berikut ini.



Gambar 5. 7 Penampakan Irisan Pada Lereng Eksisting Menggunakan Metode Bishop

Bidang longsor dibagi menjadi beberapa irisan. Panjang total dari bidang longsor adalah 29,49 meter dan lebar tiap pias 1 meter.

Berikut ini adalah cara perhitungan manual lereng eksisting dengan metode bishop yang diseberhanakan pada pias 1

1. perhitungan berat isi pada lapis 1

$$\begin{aligned}
 W1 &= \gamma \times A1 \\
 &= 17,6 * 1,21 \\
 &= 21,30
 \end{aligned}$$

Perhitungan selanjutnya hanya dilakukan pada pias 1 dan untuk perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.3, sedangkan untuk menentukan nilai SF digunakan cara-cara coba-coba dengan menentukan nilai F1 sehingga didapatkan hasil yang sama dengan nilai SF1. Pada analisis didapatkan nilai SF yang konvergen

adalah $SF1 = 0,484$ Rekapitulasi hasil perhitungan lereng dengan metode bishop dapat dilihat pada tabel 5.2

$$\begin{aligned}\sigma_1 &= (W_{tot} - b \cdot u) \operatorname{tg} \phi' + c' \cdot b \\ &= (21,30 - 0) \times \operatorname{tg} (67) + 9,81 \\ &= 15,80 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_{i1} &= (1 + \tan \phi_i \times \tan \phi_i / F) \times \cos \phi_i \\ &= (1 + \tan (67) \times \tan (67) / 0,484) \times \cos (67) \\ &= 0,93 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}F_1 &= \frac{\sigma_1}{M_{i1}} \\ &= \frac{15,80}{0,93} \\ &= 17,07\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}SF_1 &= \frac{\sum F_1}{\sum W_{tot} \times \sin \phi} \\ &= \frac{2456,47}{5073,46} \\ &= 0,484 < 1,25 \text{ Tidak Aman}\end{aligned}$$

Untuk hasil perhitungan selengkapnya lereng eksisting menggunakan metode bishop yang disederhanakan dapat dilihat pada tabel 5.3 berikut ini.

Tabel 5. 3 Rekapitulasi Perhitungan Menggunakan Metode Bishop

no pias	a (m2)	b(m)	ϕ i	w	Sin ϕ 1	W x sin ϕ i (kN)	ϕ	(W-bu) Kn	(W-bu) x tan ϕ (kN)	c' x b (kN)	σ (kN) = 14+15	M1	F1	SF
1	1,21	1	67	21,30	0,92	19,60	15,7	21,30	5,99	9,81	15,80	0,93	17,07	0,484
2	3,32	1	62	58,43	0,88	51,59	15,7	58,43	16,42	9,81	26,23	0,98	26,71	
3	4,63	1	59	81,49	0,86	69,85	15,7	81,49	22,91	9,81	32,72	1,01	32,30	
	0,46			7,96		6,82	8,03	7,96	1,12	13,93	15,05	0,76	19,68	
4	5,18	1	55	91,17	0,82	74,68	15,7	91,17	25,63	9,81	35,44	1,05	33,77	
	1,46			25,26		20,69	8,03	25,26	3,56	13,93	17,49	0,81	21,53	
5	5,72	1	52	100,67	0,79	79,33	15,7	100,67	28,30	9,81	38,11	1,07	35,50	
	1,52			26,30		20,72	8,03	26,30	3,71	13,93	17,64	0,85	20,87	
	0,74			10,54		8,30	15,59	10,54	2,94	14,61	17,55	1,07	16,40	
6	6,27	1	49	110,35	0,75	83,28	15,7	110,35	31,02	9,81	40,83	1,09	37,31	
	1,47			25,43		19,19	8,03	25,43	3,59	13,93	17,52	0,88	20,00	
	1,46			20,79		15,69	15,59	20,79	5,80	14,61	20,41	1,09	18,71	
7	5,58	1	46	98,21	0,72	70,64	15,7	98,21	27,61	9,81	37,42	1,11	33,63	
	1,5			25,95		18,67	8,03	25,95	3,66	13,93	17,59	0,90	19,45	
	1,98			28,20		20,28	15,59	28,20	7,87	14,61	22,48	1,11	20,26	
8	3,64	1	44	64,06	0,69	44,50	15,7	64,06	18,01	9,81	27,82	1,12	24,78	
	1,61			27,85		19,35	8,03	27,85	3,93	13,93	17,86	0,92	19,37	
	2,32			33,04		22,95	15,59	33,04	9,22	14,61	23,83	1,12	21,28	
9	2,69	1	41	47,34	0,66	31,06	15,7	47,34	13,31	9,81	23,12	1,14	20,36	
	1,72			29,76		19,52	8,03	29,76	4,20	13,93	18,13	0,95	19,16	
	2,57			36,60		24,01	15,59	36,60	10,21	14,61	24,82	1,13	21,91	
10	2,75	1	39	48,40	0,63	30,46	15,7	48,40	13,60	9,81	23,41	1,14	20,49	
	1,8			31,14		19,60	8,03	31,14	4,39	13,93	18,32	0,96	19,08	
	2,78			39,59		24,91	15,59	39,59	11,05	14,61	25,66	1,14	22,51	
11	2,8	1	37	49,28	0,60	29,66	15,7	49,28	13,85	9,81	23,66	1,15	20,61	
	1,84			31,83		19,16	8,03	31,83	4,49	13,93	18,42	0,97	18,91	
	2,95			42,01		25,28	15,59	42,01	11,72	14,61	26,33	1,15	22,99	
12	2,86	1	34	50,34	0,56	28,15	15,7	50,34	14,15	9,81	23,96	1,15	20,77	
	1,88			32,52		18,19	8,03	32,52	4,59	13,93	18,52	0,99	18,67	
	3,05			43,43		24,29	15,59	43,43	12,12	14,61	26,73	1,15	23,21	
13	2,91	1	32	51,22	0,53	27,14	15,7	51,22	14,40	9,81	24,21	1,16	20,94	
	1,93			33,39		17,69	8,03	33,39	4,71	13,93	18,64	1,00	18,59	
	3,11			44,29		23,47	15,59	44,29	12,36	14,61	26,97	1,15	23,38	
14	2,97	1	30	52,27	0,50	26,14	15,7	52,27	14,69	9,81	24,50	1,16	21,19	
	1,97			34,08		17,04	8,03	34,08	4,81	13,93	18,74	1,01	18,52	
	3,11			44,29		22,14	15,59	44,29	12,36	14,61	26,97	1,15	23,36	
15	2,88	1	28	50,69	0,47	23,80	15,7	50,69	14,25	9,81	24,06	1,16	20,82	
	2,22			39,07		18,34	8,03	39,07	5,51	13,93	19,44	1,02	19,06	
	3,1			44,14		20,72	15,59	44,14	12,32	14,61	26,93	1,15	23,34	
16	2,66	1	26	46,82	0,44	20,52	15,7	46,82	13,16	9,81	22,97	1,15	19,91	
	2,58			44,63		19,57	8,03	44,63	6,30	13,93	20,23	1,03	19,70	
	3,12			44,43		19,48	15,59	44,43	12,40	14,61	27,01	1,15	23,45	
17	2,44	1	24	42,94	0,41	17,47	15,7	42,94	12,07	9,81	21,88	1,15	19,03	
	2,96			51,21		20,83	8,03	51,21	7,22	13,93	21,15	1,03	20,50	
	3,08			43,86		17,84	15,59	43,86	12,24	14,61	26,85	1,15	23,39	
18	2,22	1	22	39,07	0,37	14,64	15,7	39,07	10,98	9,81	20,79	1,14	18,16	
	3,35			57,96		21,71	8,03	57,96	8,18	13,93	22,11	1,04	21,33	
	3			42,72		16,00	15,59	42,72	11,92	14,61	26,53	1,14	23,21	

Lanjutan Tabel 5.2 rekapitulasi perhitungan menggunakan metode bishop

no pias	a (m2)	b(m)	phi	w	Sin phi1	W x sin phi (kN)	phi	(W-bu) Kn	(W-bu) x tan phi (kN)	c' x b (kN)	sigma (kN) = 14+15	M1	F1	SF			
19	2	1	20	35,20	0,34	12,04	15,7	35,20	9,89	9,81	19,70	1,14	17,31	0,484			
	3,74					64,70			22,13	8,03	64,70	9,13	13,93		23,06	1,04	22,18
	2,87					40,87			13,98	15,59	40,87	11,40	14,61		26,01	1,14	22,88
20	1,78	1	18	31,33	0,31	9,68	15,7	31,33	8,81	9,81	18,62	1,13	16,47				
	4,13					71,45			22,08	8,03	71,45	10,08	13,93	24,01	1,04	23,06	
	2,71					38,59			11,93	15,59	38,59	10,77	14,61	25,38	1,13	22,47	
21	1,56	1	16	27,46	0,28	7,57	15,7	27,46	7,72	9,81	17,53	1,12	15,63				
	4,38					75,77			20,89	8,03	75,77	10,69	13,93	24,62	1,04	23,64	
	2,65					37,74			10,40	15,59	37,74	10,53	14,61	25,14	1,12	22,44	
22	1,34	1	14	23,58	0,24	5,71	15,7	23,58	6,63	9,81	16,44	1,11	14,80				
	4,49					77,68			18,79	8,03	77,68	10,96	13,93	24,89	1,04	23,91	
	2,69					38,31			9,27	15,59	38,31	10,69	14,61	25,30	1,11	22,80	
23	1,12	1	12	19,71	0,21	4,10	15,7	19,71	5,54	9,81	15,35	1,10	13,97				
	4,63					80,10			16,65	8,03	80,10	11,30	13,93	25,23	1,04	24,29	
	2,66					37,88			7,88	15,59	37,88	10,57	14,61	25,18	1,10	22,93	
24	1,06	1	10	18,66	0,17	3,24	15,7	18,66	5,24	9,81	15,05	1,09	13,87				
	4,48					77,50			13,46	8,03	77,50	10,93	13,93	24,86	1,04	24,01	
	2,67					38,02			6,60	15,59	38,02	10,61	14,61	25,22	1,08	23,24	
25	1,17	1	8	20,59	0,14	2,87	15,7	20,59	5,79	9,81	15,60	1,07	14,56				
	4,75					82,18			11,44	8,03	82,18	11,59	13,93	25,52	1,03	24,76	
	2,61					37,17			5,17	15,59	37,17	10,37	14,61	24,98	1,07	23,33	
26	1,29	1	6	22,70	0,10	2,37	15,7	22,70	6,38	9,81	16,19	1,06	15,34				
	4,92					85,12			8,90	8,03	85,12	12,01	13,93	25,94	1,02	25,31	
	2,52					35,88			3,75	15,59	35,88	10,01	14,61	24,62	1,05	23,34	
27	1,4	1	4	24,64	0,07	1,72	15,7	24,64	6,93	9,81	16,74	1,04	16,12				
	5,03					87,02			6,07	8,03	87,02	12,28	13,93	26,21	1,02	25,75	
	2,39					34,03			2,37	15,59	34,03	9,50	14,61	24,11	1,04	23,23	
28	1,3	1	3	22,88	0,05	1,20	15,7	22,88	6,43	9,81	16,24	1,03	15,78				
	5,14					88,92			4,65	8,03	88,92	12,54	13,93	26,47	1,01	26,11	
	2,23					31,76			1,66	15,59	31,76	8,86	14,61	23,47	1,03	22,81	
29	1	1	1	17,60	0,02	0,31	15,7	17,60	4,95	9,81	14,76	1,01	14,61				
	5,25					90,83			1,59	8,03	90,83	12,81	13,93	26,74	1,00	26,61	
	2,04					29,05			0,51	15,59	29,05	8,11	14,61	22,72	1,01	22,49	
30	0,69	1	1	12,14	0,02	0,21	15,7	12,14	3,41	9,81	13,22	1,01	13,09				
	5,34					92,38			1,61	8,03	92,38	13,03	13,93	26,96	1,00	26,83	
	1,83					26,06			0,45	15,59	26,06	7,27	14,61	21,88	1,01	21,67	
31	0,39	1	5	6,86	0,09	0,60	15,7	6,86	1,93	9,81	11,74	1,05	11,21				
	5,41					93,59			8,16	8,03	93,59	13,20	13,93	27,13	1,02	26,56	
	1,61					22,93			2,00	15,59	22,93	6,40	14,61	21,01	1,05	20,07	
32	0,1	1	7	1,76	0,12	0,21	15,7	1,76	0,49	9,81	10,30	1,06	9,69				
	5,48					94,80			11,55	8,03	94,80	13,37	13,93	27,30	1,03	26,56	
	1,37					19,51			2,38	15,59	19,51	5,44	14,61	20,05	1,06	18,87	
33	0,19	1	9	3,34	0,16	0,52	15,7	3,34	0,94	9,81	10,75	1,08	9,97				
	5,34					92,38			14,45	8,03	92,38	13,03	13,93	26,96	1,03	26,09	
	1,08					15,38			2,41	15,59	15,38	4,29	14,61	18,90	1,08	17,54	
34	0,47	1	10	8,27	0,17	1,44	15,7	8,27	2,33	9,81	12,14	1,09	11,18				
	5,1					88,23			15,32	8,03	88,23	12,45	13,93	26,38	1,04	25,47	
	0,77					10,96			1,90	15,59	10,96	3,06	14,61	17,67	1,08	16,29	
35	0,75	1	12	13,20	0,21	2,74	15,7	13,20	3,71	9,81	13,52	1,10	12,30				
	4,86					84,08			17,48	8,03	84,08	11,86	13,93	25,79	1,04	24,83	
	0,42					5,98			1,24	15,59	5,98	1,67	14,61	16,28	1,10	14,83	
36	1,02	1	14	17,95	0,24	4,34	15,7	17,95	5,05	9,81	14,86	1,11	13,37				
	4,6					79,58			19,25	8,03	79,58	11,23	13,93	25,16	1,04	24,17	
	0,07					1,00			0,24	15,59	1,00	0,28	14,61	14,89	1,11	13,42	
37	1,3	1	16	22,88	0,28	6,31	15,7	22,88	6,43	9,81	16,24	1,12	14,48				
	4					69,20			19,07	8,03	69,20	9,76	13,93	23,69	1,04	22,75	

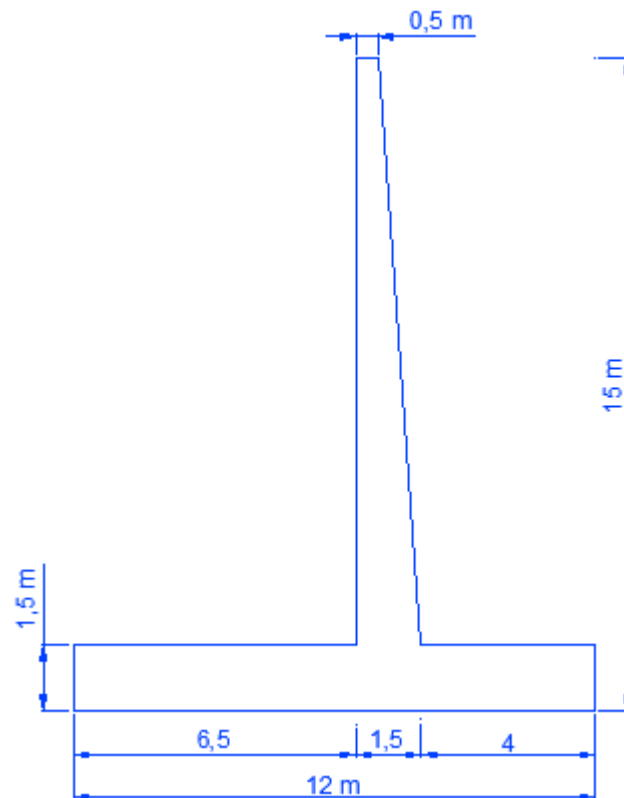
Lanjutan Tabel 5.2 rekapitulasi perhitungan menggunakan metode bishop

no pias	a (m2)	b(m)	ϕ_i	w	$\sin \phi_1$	$W \times \sin \phi_i$ (kN)	ϕ	(W-bu) Kn	(W-bu) x $\tan \phi$ (kN)	$c' \times b$ (kN)	σ (kN) = 14+15	M1	F1	SF
38	1,57	1	18	27,63	0,31	8,54	15,7	27,63	7,77	9,81	17,58	1,13	15,55	0,484
	3,34			57,78		17,86	8,03	57,78	8,15	13,93	22,08	1,04	21,21	
39	1,86	1	20	32,74	0,34	11,20	15,7	32,74	9,20	9,81	19,01	1,14	16,70	
	2,61			45,15		15,44	8,03	45,15	6,37	13,93	20,30	1,04	19,53	
40	2	1	22	35,20	0,37	13,19	15,7	35,20	9,89	9,81	19,70	1,14	17,21	
	2			34,60		12,96	8,03	34,60	4,88	13,93	18,81	1,04	18,15	
41	2	1	24	35,20	0,41	14,32	15,7	35,20	9,89	9,81	19,70	1,15	17,14	
	1,67			28,89		11,75	8,03	28,89	4,08	13,93	18,01	1,03	17,45	
42	2	1	26	35,20	0,44	15,43	15,7	35,20	9,89	9,81	19,70	1,15	17,08	
	1,25			21,63		9,48	8,03	21,63	3,05	13,93	16,98	1,03	16,54	
43	2	1	28	35,20	0,47	16,53	15,7	35,20	9,89	9,81	19,70	1,16	17,05	
	0,78			13,49		6,34	8,03	13,49	1,90	13,93	15,83	1,02	15,53	
44	1,99	1	30	35,02	0,50	17,51	15,7	35,02	9,84	9,81	19,65	1,16	17,00	
	0,27			4,67		2,34	8,03	4,67	0,66	13,93	14,59	1,01	14,42	
45	1,71	1	32	30,10	0,53	15,95	15,7	30,10	8,46	9,81	18,27	1,16	15,81	
46	1,1	1	35	19,36	0,57	10,26	15,7	19,36	5,44	9,81	15,25	1,16	13,20	
47	0,45	1	36	7,92	0,59	4,20	15,7	7,92	2,23	9,81	12,04	1,16	10,41	
				5073,46									2456,47	

Nilai SF yang dianjurkan minimal 1,25, karena lereng tidak memenuhi standar yang ada maka perlu dilakukan perkuatan lereng.

5.4 Perkuatan lereng dengan dinding penahan tanah kantilever

Dinding penahan tanah kantilever yang digunakan dalam perkuatan lereng guna menahan gaya lateral yang bekerja pada lereng dan struktu diatasnya. Dimensi dinding penahan tanah dapat di lihat pada gambar 5.8 berikut ini.



Gambar 5. 8 Dinding Penahan Tanah Kantilever

5.4.1 Data Dinding Penahan Tanah Kantilever

Data - data dinding penahan tanah yang digunakan dalam perkuatan ini adalah sebagai berikut.

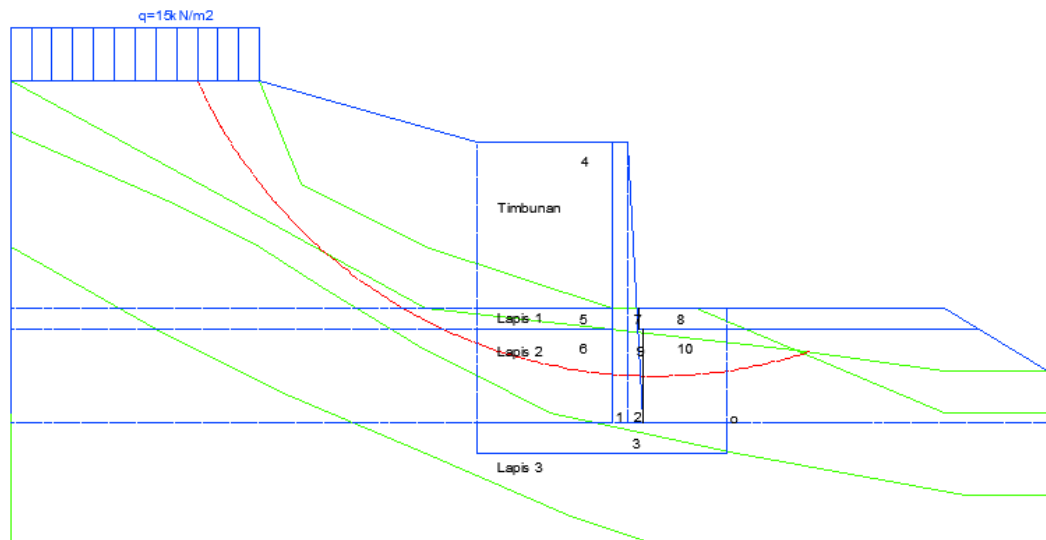
1. dinding penahan tanah terbuat dari beton bertulang
2. berat volume beton bertulang yang digunakan 2,4 kN/m³
3. mutu beton yang digunakan 25 MPa

5.4.2 perhitungan manual dinding penahan tanah

Analisis stabilitas dinding penahan tanah dilakukan dengan menghitung angka aman terhadap gaya penggeseran, penggulingan dan tekanan yang terjadi pada dasar pondasi tidak melebihi kapasitas daya dukung ijin tanah. Dalam perhitungan ini beban yang digunakan meliputi beban gempa dan beban merata sebesar 25 kN/m^2 yang meliputi beban struktur perkerasan jalan dan beban lalu lintas.

1. Gaya Vertikal

Perhitungan gaya vertikal meliputi gaya yang bekerja akibat berat dinding penahan tanah dan tanah yang berada di belakang dinding penahan tanah. Perhitungan gaya vertikal dilakukan dengan mengalikan volume tanah dan dinding penahan tanah dengan berat volume tanah dan berat volume beton pada dinding penahan tanah. Pembagian pias - pias dilakukan guna mempermudah memperhitungkan gaya-gaya yang bekerja pada dinding penahan tanah. Pembagian pias-pias pada dinding penahan tanah dapat dilihat pada gambar 5.9 berikut ini



Gambar 5. 9 Pembagian pias-pias dinding penahan tanah pada perhitungan gaya vertikal

Berikut ini merupakan contoh perhitungan gaya vertikal yang bekerja pada dinding penahan tanah pada pias nomor 1.

$$\begin{aligned} \text{volume} &= \text{Luas} \times 1 \text{ m} \\ &= 10,13 \times 1 \text{ m} \\ &= 10,13 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Gaya vertikal} &= \text{Volume} \times \gamma \\ &= 10,13 \times 25 \\ &= 253,13 \text{ kN} \end{aligned}$$

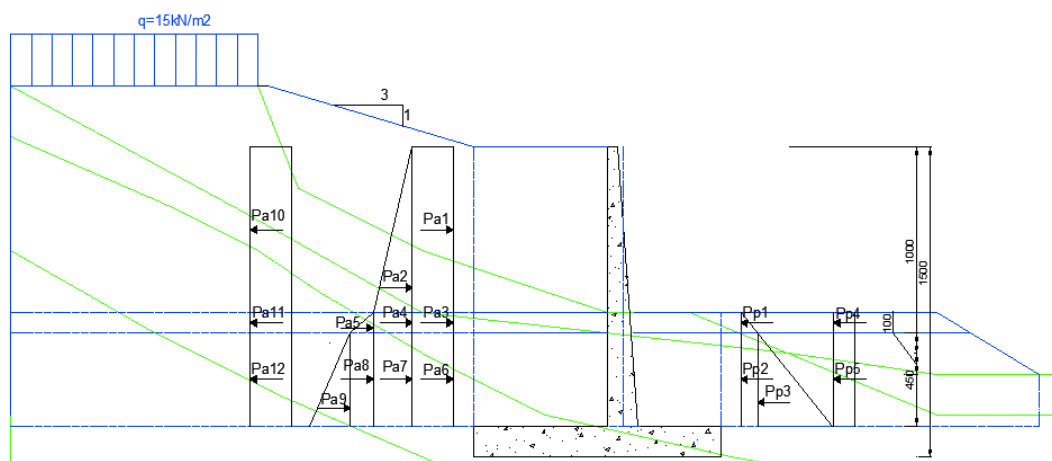
Adapun hasil rekapitulasi perhitungan dari gaya-gaya vertikal dan momen yang bekerja pada dinding penahan tanah secara dapat dilihat pada tabel 5.3 berikut ini

Tabel 5.3 Rekapitulasi hasil Gaya Vertikal dan Momen Yang Bekerja Pada Dinding Penahan Tanah

No	B (m)	H (m)	V m ³	Berat Jenis (kN)	Berat W (kN/m ³)	Jarak dari 0	Momen dari 0
1	0,75	13,5	10,13	25,0	253,13	5,13	1297,27
2	0,75	13,5	5,06	25,0	126,56	4,25	537,89
3	12	1,5	18,00	25,0	450,00	6,00	2700,00
4	6,5	13,15	85,48	18,0	1538,55	3,25	5000,29
5	6,5	0,1	0,65	16,0	10,40	3,25	33,80
6	6,5	0,25	1,63	17,3	28,11	3,25	91,37
7	0,005	0,1	0,0005	16,0	0,01	4,00	0,03
8	0,014	0,1	0,0014	16,0	0,02	4,01	0,09
9	4	0,1	0,4000	16,0	6,40	2,00	12,80
10	0,014	0,25	0,0035	18,0	0,06	4,01	0,24
Σ					2430,54		9708,37

2. Tekanan Tanah Lateral

Perhitungan tekanan tanah lateral yang terjadi pada dinding penahan tanah meliputi perhitungan tekanan tanah aktif dan pasif. Untuk menghitung tekanan tanah lateral aktif dan pasif diperlukan perhitungan nilai koefisien tekanan tanah aktif dan pasif dari setiap lapisan tanah pada struktur dinding penahan tanah. Diagram tekanan tanah lateral yang bekerja pada dinding penahan tanah dapat dilihat pada gambar 5.10 berikut ini.



Gambar 5. 10 Diagram Tekanan Tanah Lateral Pada Dinding Penahan Tanah

a. Koefisien tekanan tanah aktif dan pasif

$$\begin{aligned} K_{a1} &= \operatorname{tg}^2 \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right) \\ &= \operatorname{tg}^2 \left(45 - \frac{15}{2} \right) \\ &= 0,59 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_{a2} &= \operatorname{tg}^2 (45 - \varphi) \\ &= \operatorname{tg}^2 \left(45 - \frac{16}{2} \right) \\ &= 0,57 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_{a3} &= \operatorname{tg}^2 \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right) \\ &= \operatorname{tg}^2 \left(45 - \frac{8}{2} \right) \\ &= 0,76 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_{p2} &= \operatorname{tg}^2 \left(45 + \frac{\varphi}{2} \right) \\ &= \operatorname{tg}^2 \left(45 + \frac{16}{2} \right) \\ &= 1,76 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_{p3} &= \operatorname{tg}^2 \left(45 + \frac{\varphi}{2} \right) \\ &= \operatorname{tg}^2 \left(45 + \frac{8}{2} \right) \\ &= 1,32 \end{aligned}$$

b. Perhitungan tekanan tanah aktif dan pasif Berikut merupakan contoh perhitungan tekanan tanah aktif dan pasif pada dinding penahan tanah.

$$\begin{aligned} Pa1 &= q \times K_{a1} \times h1 \\ &= 15 \times 0,59 \times 5,5 \\ &= 48,57 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Pa2 &= 0,5 \times \gamma b1 \times h1 \times K_{a1} \times h1 \\ &= 0,5 \times 16 \times 5,5 \times 0,59 \times 5,5 \\ &= 24,28 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Pa4 &= (\gamma b1 \times h1) \times K_{a2} \times h2 \\ &= (16 \times 5,5) \times 0,57 \times 1 \\ &= 46,84 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Pa10 &= -2 \times c1 \times \sqrt{K_{a1}} \times h1 \\ &= -2 \times 30 \times \sqrt{0,57} \times 5,5 \end{aligned}$$

$$= - 107,97 \text{ kN}$$

$$Pp1 = 0,5 \times \gamma b^2 \times h^4 \times Kp2 \times h^4$$

$$= 0,5 \times 17,2 \times 1 \times 2,04 \times 1$$

$$= 39,21 \text{ kN}$$

Perhitungan tekanan tanah lateral aktif dan pasif yang bekerja pada dinding penahan tanah secara berturut-turut dapat dilihat pada tabel 5.4 dan 5.5 berikut ini

Tabel 5. 4 Rekapitulasi Perhitungan Tekanan Tanah Aktif

Tekanan Tanah	Rumus	Gaya (kN)	Lengan ke O (m)	Momen (kNm)	Ket. momen
Pa 1	$q.Ka1.h1$	95.810	7.400	708.994	-
Pa 2	$0,5.\gamma b1.h1.Ka1.h1$	179.356	6.533	1171.795	-
Pa 3	$q.Ka2.h2$	49.529	3.700	183.259	-
Pa 4	$(\gamma b1.h1).Ka2.h2$	185.438	3.700	686.120	-
Pa 5	$0,5.\gamma b2.h2.Ka2.h2$	37.900	3.333	126.334	-
Pa 6	$q.Ka3.h3$	14.134	1.300	18.374	-
Pa 7	$((\gamma b1xh1)+(\gamma b2xh2)).Ka3.h3$	74.547	1.300	96.912	-
Pa 8	$(\gamma b2xh2).Ka3.h3$	21.630	1.300	28.120	-

Lanjutan Tabel 5.4 Rekapitulasi Perhitungan Tekanan Tanah Aktif

Tekanan Tanah	Rumus	Gaya (kN)	Lengan ke O (m)	Momen (kNm)	Ket. momen
Pa 9	$0,5.\gamma b3.h3.Ka3.h3$	13.098	0.867	11.351	-
Pa 10	$-2.c1.\sqrt{Ka1}.h1$	-249.991	7.400	1849.937	+
Pa 11	$-2.c2.\sqrt{Ka2}.h2$	-70.983	3.700	262.635	+
Pa 12	$-2.c3.\sqrt{Ka3}.h3$	-24.248	1.300	31.522	+
Σ		326.221		887,163	

Tabel 5. 5 Rekapitulasi Perhitungan Tekanan Tanah Pasif

Tekanan Tanah	Rumus	Gaya (kN)	Lengan ke O (m)	Momen (kNm)	Ket. momen
Pp1	$0,5 \cdot \gamma b^2 \cdot h^4 \cdot Kp2 \cdot h^4$	46.735	3.333	155.783	+
Pp2	$(\gamma b^2 \cdot h^4) \cdot Kp3 \cdot h^5$	457.484	1.300	594.729	+
Pp3	$0,5 \cdot \gamma b^3 \cdot h^5 \cdot Kp3 \cdot h^5$	277.015	0.867	240.080	+
Pp4	$2 \cdot c \cdot 2 \cdot \sqrt{Ka} \cdot h^4$	78.823	3.700	291.644	+
Pp5	$2 \cdot c \cdot 3 \cdot \sqrt{Ka} \cdot h^5$	111.514	1.300	144.969	+
Σ		971,571		1427,204	

3. Perhitungan Stabilitas dinding penahan tanah

a. Stabilitas terhadap penggeseran

Perhitungan stabilitas terhadap penggeseran dinding penahan tanah, dilakukan dengan menganggap bahwa perhitungan tahanan geser yang diberikan pada dinding penahan tanah sepanjang 7,2 m berdasar pada tanah keras. Sehingga, $\delta b = \varphi$ tanah dasar dan $cd = c$ tanah dasar.

$$\begin{aligned} R_h &= cd \times B + (\Sigma W) \times \tan \delta b \\ &= 20 \times 12 + 2720,22 \times \tan 20 \\ &= 812,7 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{gs} &= \frac{\Sigma R_h + P_p}{\Sigma P_a} \\ &= \frac{812,70 + 469,131}{332,76} \\ &= 3,52 \end{aligned}$$

$F_{gs} > 1,5$, maka stabilitas dinding penahan tanah terhadap stabilitas penggeseran terpenuhi.

b. Stabilitas terhadap penggulingan

Stabilitas terhadap penggulingan pada dinding penahan tanah dihitung dengan perbandingan momen yang menggulingkan atau akibat dari tekanan tanah lateral pada tanah urug yang berotasi pada ujung kaki depan pelat pondasi dengan momen yang menahan atau akibat dari momen berat sendiri dinding penahan tanah dan momen akibat berat tanah di atasnya.

$$\begin{aligned}\Sigma M_{\text{penahan}} &= \Sigma M_w + \Sigma M_{\text{pasif}} \\ &= 7614,75 + 790,48 \\ &= 8405,23 \text{ kNm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}F_{\text{gl}} &= \frac{\Sigma M_{\text{penahan}}}{\Sigma M_{\text{pendorong}}} \\ &= \frac{8405,23}{672} \\ &= 12,51\end{aligned}$$

$F_{\text{gl}} > 1,5$, maka stabilitas terhadap penggulingan pada dinding penahan tanah terpenuhi.

c. Stabilitas terhadap keruntuhan kapasitas dukung tanah

Kapasitas dukung ultimit dihitung dengan menggunakan persamaan Hansen (1970) dan Vesic (1975) sebagai berikut.

$$\begin{aligned}X_e &= \frac{M_w - M_{gl}}{W} \\ &= \frac{9965,72 - 1126,6}{2511,90} \\ &= 3,44 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}e &= \left| \frac{B}{2} - X_e \right| \\ &= \left| \frac{12}{2} - 3,44 \right| \\ &= 2,56 \text{ m} < \frac{B}{6} = 2 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}B'(\text{lebar efektif}) &= B - 2e \\ &= 12 - 2 \times 2,56 \\ &= 6,88 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A' &= B' \times 1 \\ &= 6,88 \times 1 \\ &= 6,88 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Berdasarkan Tabel 3.11 dengan nilai $\phi = 13$, didapat nilai faktor-faktor daya dukung tanah sebagai berikut.

$$N_c = 9,81$$

$$N_q = 3,26$$

$$N_\gamma = 1,97$$

Faktor kemiringan beban :

$$\begin{aligned} i_q &= \left(1 - \frac{0,5H}{V+A'Cu \operatorname{ctg} \varphi} \right)^5 \geq 0 \\ &= \left(1 - \frac{0,5 \times 416,93}{2720,22 + 6,66 \times 7,25 \cdot \operatorname{ctg} 20} \right)^5 \geq 0 \\ &= 0,67. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} i_c &= \frac{i_q - (1 - i_q)}{N_c \times \tan \varphi} \\ &= \frac{0,67 - (1 - 0,67)}{14,83 \times \tan 20} \\ &= 0,62 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} i_\gamma &= \left(1 - \frac{0,7H}{V+A' \times Cu \times \operatorname{ctg} \varphi} \right)^5 \\ &= \left(1 - \frac{0,7 \times 416,93}{2720,22 + 6,66 \times 7,25 \operatorname{ctg} 20} \right)^5 \\ &= 0,57 \end{aligned}$$

Faktor kedalaman menurut Hansen :

$$\begin{aligned} d_c &= 1 + 0,4 \times \left(\frac{D}{B} \right) \\ &= 1 + 0,4 \times \left(\frac{1,5}{12} \right) \\ &= 1,05 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d_q &= 1 + 2 \times \left(\frac{D}{B} \right) \times \tan \varphi \times (1 - \sin \varphi)^2 \\ &= 1 + 2 \times \left(\frac{1,5}{12} \right) \times \tan 14 \times (1 - \sin 40)^2 \\ &= 1,09 \end{aligned}$$

$$d_\gamma = 1.$$

Kapasitas dukung ultimit untuk fondasi dengan kedalaman tertentu menurut Hansen:

$$\begin{aligned} Q_u &= (d_c \times i_c \times N_c) + (d_q \times i_q \times D_f \times \gamma \times N_q) + (d_\gamma \times i_\gamma \times 0,5 \times B' \times \gamma \times N_\gamma) \\ &= (1,05 \times 0,63 \times 14,83) + (1,09 \times 0,68 \times 5 \times 17,3 \times 6,4) \\ &\quad + (1 \times 0,57 \times 0,5 \times 17,821 \times 109,41) \\ &= 533,12 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$q' = \frac{V}{B'}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{2720,22}{6,66} \\
 &= 408,45 \text{ kN/m}^2 \\
 Q_{all} &= \frac{Q_u}{SF} \\
 &= \frac{533,86}{1,25} \\
 &= 426,49 \text{ kN/m}^2 \\
 F &= \frac{q_u}{q'} \\
 &= \frac{533,12}{408,45} \\
 &= 1,30.
 \end{aligned}$$

$F > 1,25$, maka stabilitas terhadap daya dukung tanah pada dinding penahan tanah terpenuhi.

Hasil rekapitulasi nilai angka aman terhadap stabilitas penggeseran, penggulingan dan keruntuhan kapasitas dukung tanah pada dinding penahan tanah dapat dilihat pada Tabel 5.6 berikut ini.

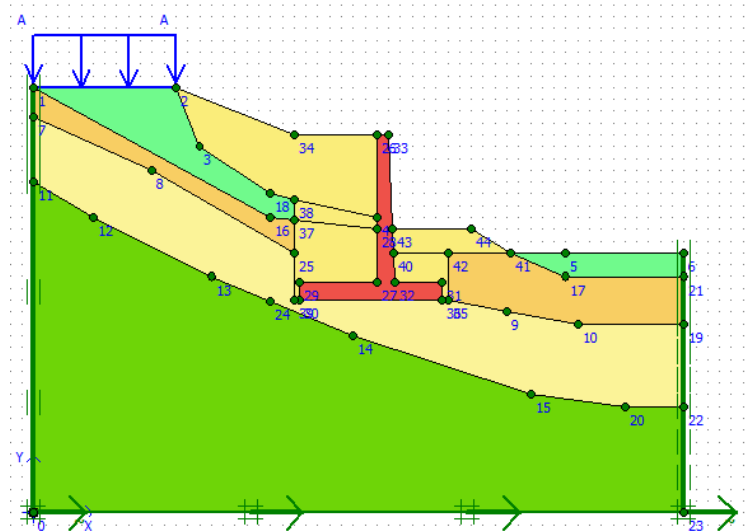
Tabel 5. 6 Hasil Rekapitulasi Stabilitas Penggeseran, Penggulingan Dan Keruntuhan Kapasitas Dukung Tanah

No	Kondisi	Nilai SF	Keterangan
1	Stabilitas penggeseran	3,52	Aman
2	Stabilitas penggulingan	12,51	Aman
3	Stabilitas keruntuhan kapasitas dukung tanah	1,30	Aman

5.4.3 Analisis stabilitas dinding penahan tanah kantilever dengan menggunakan program plaxis 8.6

Analisis stabilitas lereng dengan perkuatan dinding penahan tanah kantilever menggunakan program plaxis dilakukan dalam dua kondisi, yaitu kondisi masa konstruksi dan pasca konstruksi. Beban beban yang digunakan dalam perhitungan ini meliputi beban struktur jalan, beban lalu lintas, dan beban gempa dengan nilai percepatan 0,09674 g. Pemodelan yang dilakukan menggunakan

program plaxis dua dimensi pada potongan melintang jalan dapat dilihat pada gambar 5.11 dibawah ini.



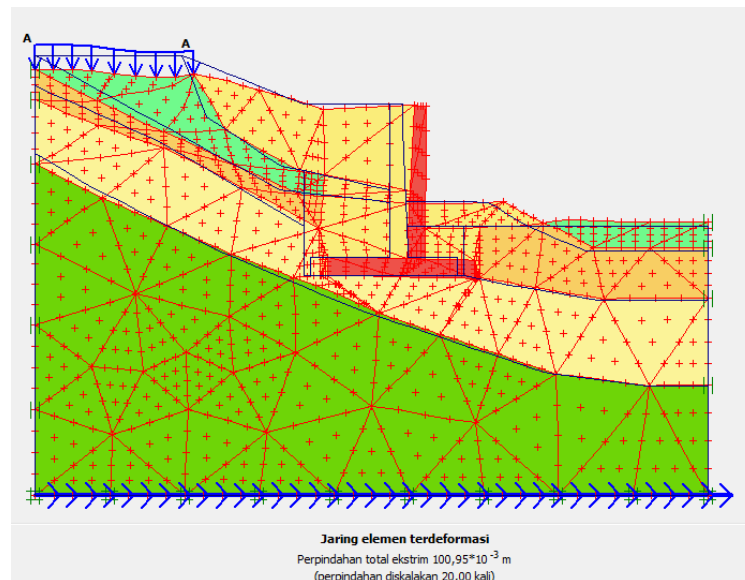
Gambar 5. 11 Pemodelan Potongan Melintang Lereng Dengan Perkuatan Dinding penahan Tanah Pada Program Palxis 8.6

Setelah dilakukan pemodelan lereng dengan menggunakan perkuatan pada program plaxis, kemudian perlu dilakukan input data meliputi parameter tanah, parameter dinding penahan tanah, serta beban struktur, beban lalu lintas serta beban gempa yang terjadi. Hasil analisis perhitungan dinding penahan tanah pada program plaxis 8.6 adalah sebagai berikut.

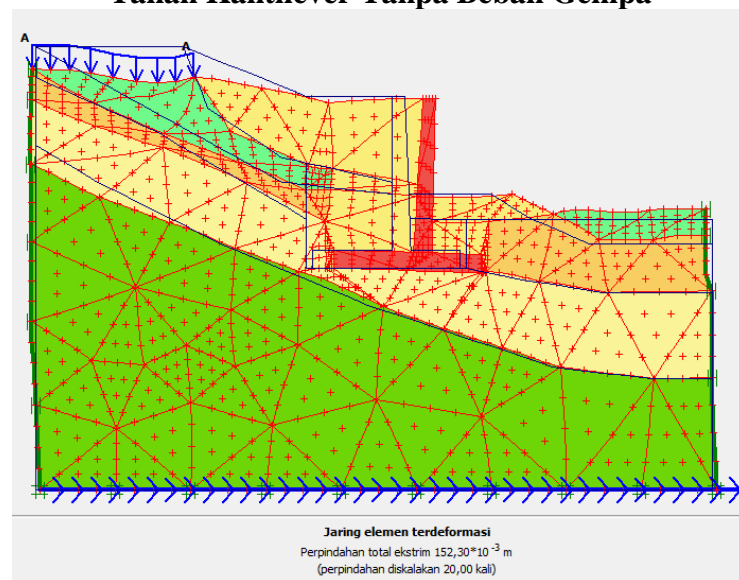
1. Masa konstruksi

a. Deformed Mesh

Deformed mesh yang terjadi pada lereng menggunakan dinding penahan tanah tanpa beban gempa dan dengan beban gempa pada kondisi masa konstruksi dapat dilihat pada Gambar 5.12 dan Gambar 5.13 berikut ini.



Gambar 5. 12 Meshing Pada Lereng Dengan Perkuatan Dinding Penahan Tanah Kantilever Tanpa Beban Gempa

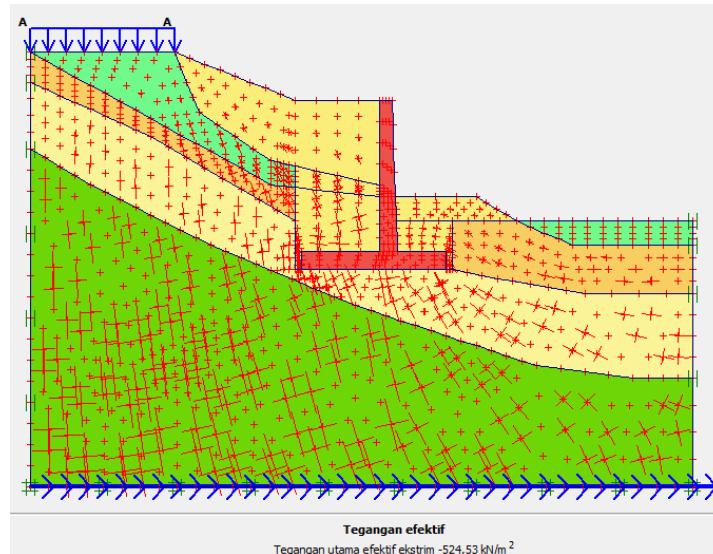


Gambar 5. 13 Meshing Pada Lereng Dengan Perkuatan Dinding Penahan Tanah Kantilever Dengan Beban Gempa

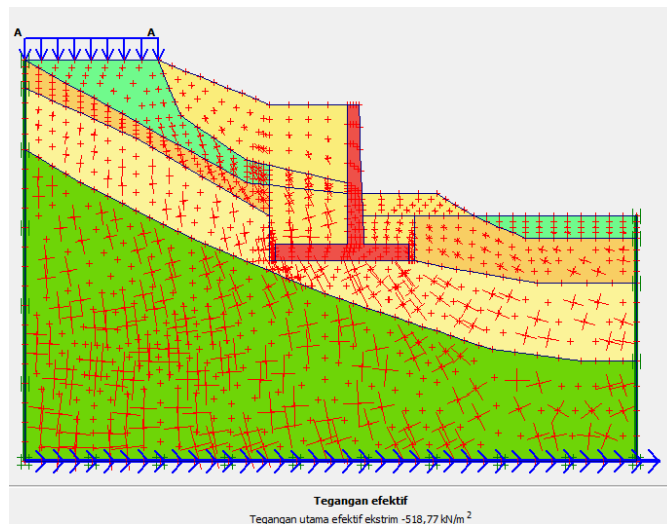
b. Tegangan Efektif

nilai tegangan efektif pada lereng dengan perkuatan dinding penahan tanah pada kondisi tanpa beban gempa $-524,53 \text{ kN/m}^2$. Sedangkan tegang efektif dengan beban gempa sebesar $-518,77 \text{ kN/m}^2$. Gambar tegangan efektif tanpa

beban gempa dan dengan beban gempa pada kondisi masa konstruksi dapat dilihat pada gambar 5.14 dan Gambar 5.15.



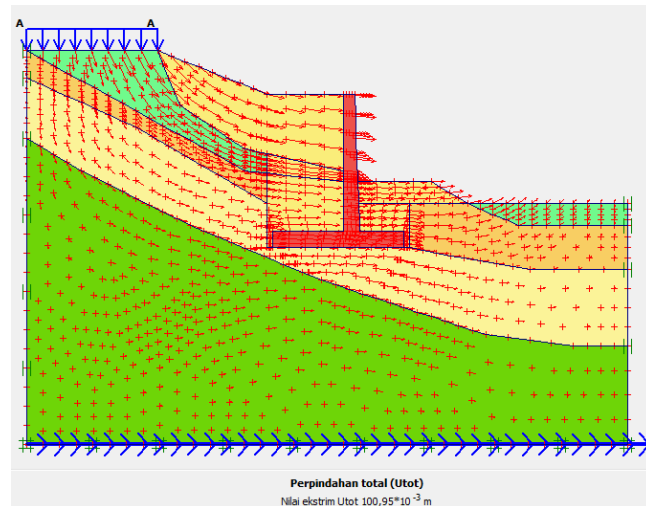
Gambar 5. 14 Tegangan Efektif Pada Lereng Dengan Perkuatan Dinding Penahan Tanah Kantilever Tanpa Beban Gempa



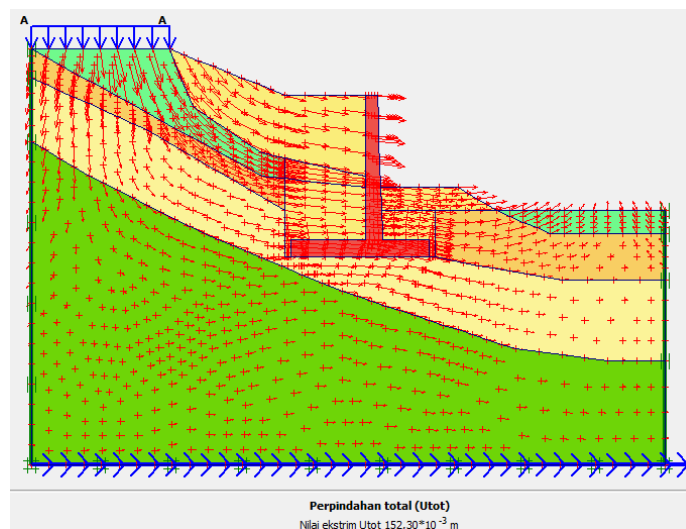
Gambar 5. 15 Tegangan Efektif Pada Lereng Dengan Perkuatan Dinding Penahan Tanah Kantilever Dengan Beban Gempa

c. Arah Pergerakan Tanah

Arah pergerakan tanah pada lereng menggunakan dinding penahan tanpa beban gempa dan dengan beban gempa pada kondisi masa konstruksi dapat dilihat pada Gambar 5.16 dan Gambar 5.17.



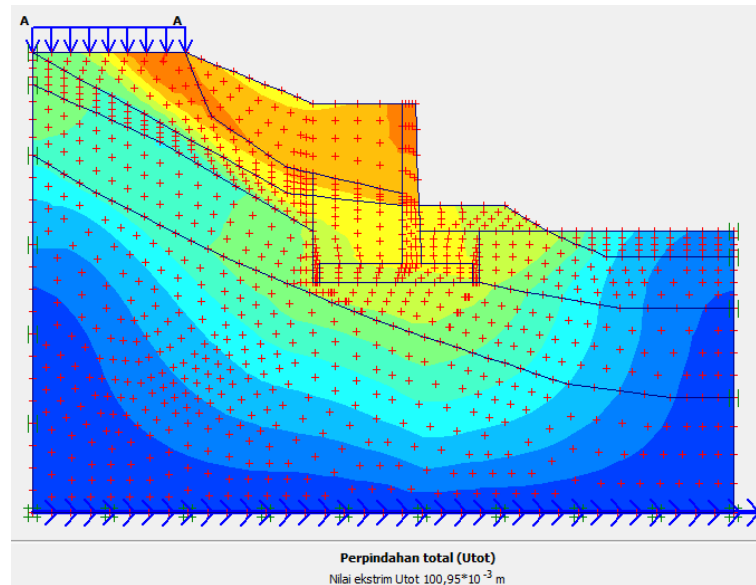
Gambar 5. 16 Arah Gerak Tanah Pada Lereng Dengan Perkuatan Dinding Penahan Tanah Kantilever Tanpa Beban Gempa



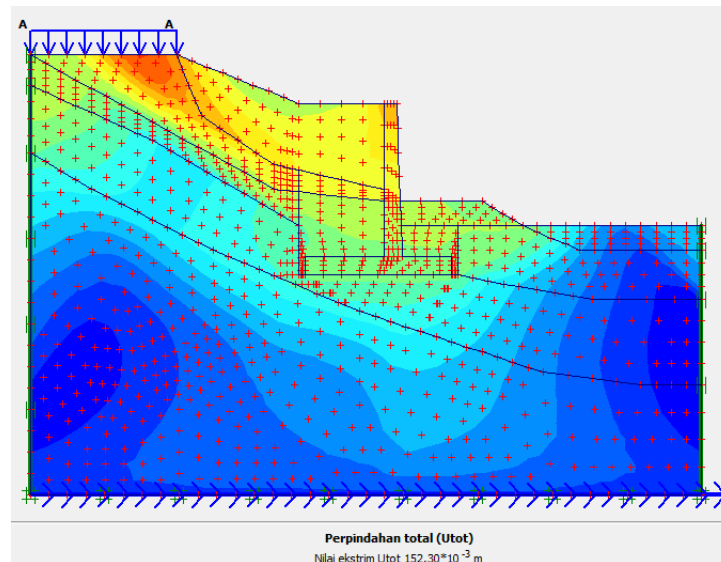
Gambar 5. 17 Arah Gerak Tanah Pada Lereng Dengan Perkuatan Dinding Penahan Tanah Kantilever Dengan Beban Gempa

d. Total Displacement

Nilai total displacement yang terjadi pada lereng menggunakan dinding penahan tanah pada kondisi tanpa beban gempa sebesar 0,01 m. Sedangkan dengan beban gempa sebesar 0,0152 m. Gambar total displacement tanpa beban gempa dan dengan beban gempa pada kondisi masa konstruksi dapat dilihat pada Gambar 5.18 dan Gambar 5.19.



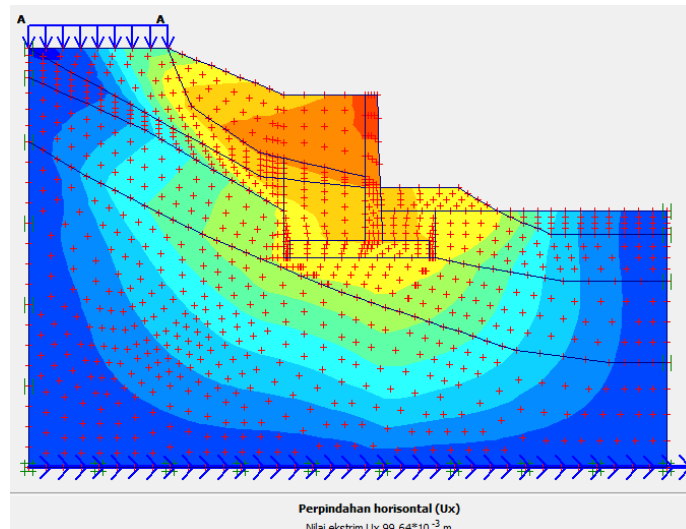
Gambar 5. 18 Total Displacement Tanah pada lereng dengan perkuatan dinding penahan tanah kantilever tanpa beban gempa



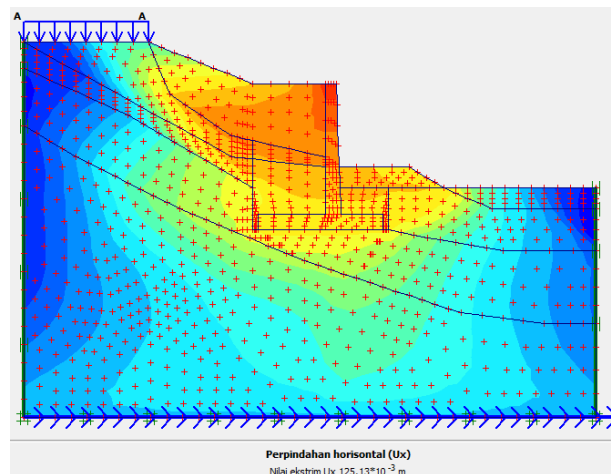
Gambar 5. 19 Total Displacement Tanah pada lereng dengan perkuatan dinding penahan tanah kantilever dengan beban gempa

e. Daerah Potensi Longsor

Daerah potensi longsor yang terjadi pada lereng menggunakan dinding penahan tanah tanpa beban gempa dan dengan beban gempa pada kondisi masa konstruksi dapat dilihat pada Gambar 5.20 dan Gambar 5.21.



Gambar 5. 20 Daerah Potensi Longsor lereng dengan perkuatan dinding penahan tanah kantilever tanpa beban gempa



Gambar 5. 21 Daerah Potensi Longsor lereng dengan perkuatan dinding penahan tanah kantilever dengan beban gempa

f. Angka Aman

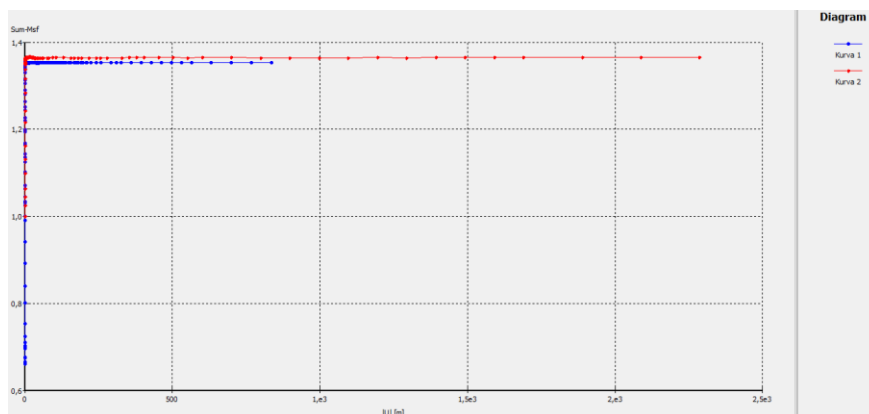
Nilai angka aman pada lereng menggunakan dinding penahan tanah tanpa beban gempa sebesar 1,353. Sedangkan nilai aman dengan beban gempa sebesar 1,352. Gambar angka aman tanpa beban gempa dan dengan beban gempa pada kondisi masa konstruksi dapat dilihat pada Gambar 5.22 dan Gambar 5.23. Sedangkan grafik nilai angka aman lereng menggunakan DPT pada masa konstruksi dapat dilihat pada Gambar 5.24 berikut.

Peningkatan faktor pengali		Faktor pengali total	
Mdisp:	0,0000	Σ -Mdisp:	0,0000
MloadA:	0,0000	Σ -MloadA:	1,0000
MloadB:	0,0000	Σ -MloadB:	1,0000
Mweight:	0,0000	Σ -Mweight:	1,0000
Maccel:	0,0000	Σ -Maccel:	0,0000
Msf:	0,1000	Σ -Msf:	1,3538

Gambar 5. 22 Angka Aman Lereng Menggunakan DPT Tanpa Beban Gempa Pada Masa Konstruksi

Peningkatan faktor pengali		Faktor pengali total	
Mdisp:	0,0000	Σ -Mdisp:	0,0000
MloadA:	0,0000	Σ -MloadA:	1,0000
MloadB:	0,0000	Σ -MloadB:	1,0000
Mweight:	0,0000	Σ -Mweight:	1,0000
Maccel:	0,0000	Σ -Maccel:	0,0000
Msf:	0,1000	Σ -Msf:	1,3529

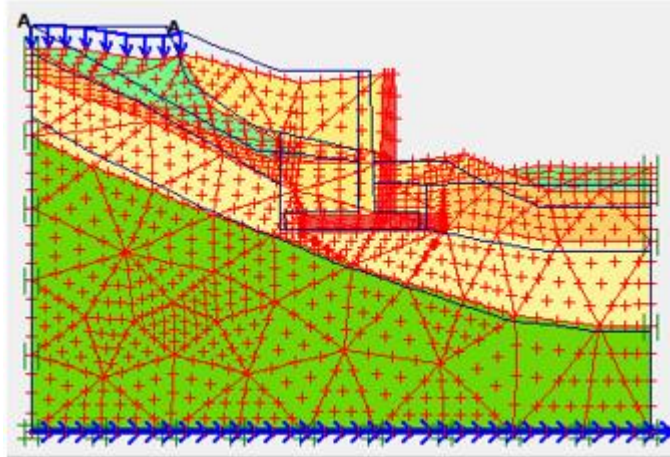
Gambar 5. 23 Angka Aman Lereng Menggunakan DPT Dengan Beban Gempa Pada Masa Konstruksi



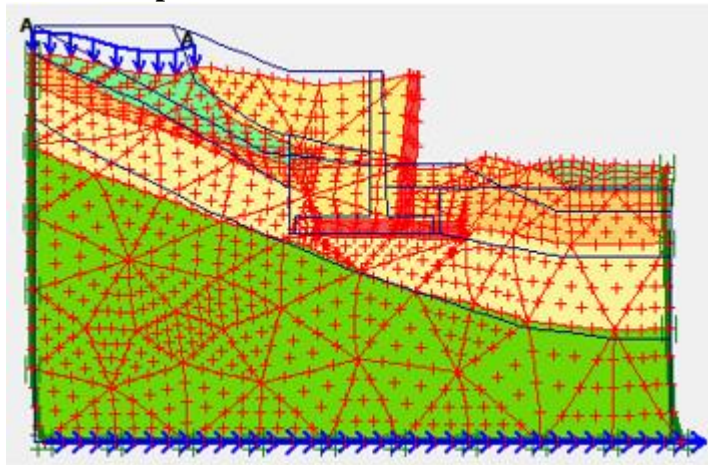
Gambar 5. 24 Nilai Angka Aman Lereng Menggunakan DPT Pada Masa Konstruksi

2. Paska Konstruksi

- a. Deformed mesh yang terjadi pada lereng menggunakan dinding penahan tanah tanpa beban gempa dan dengan beban gempa pada kondisi paska konstruksi dapat dilihat pada Gambar 5.25 dan Gambar 5.26 berikut.



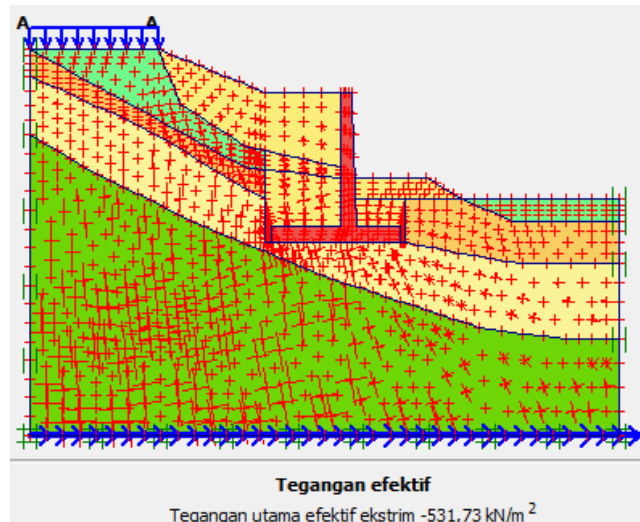
Gambar 5. 25 Deformed Mesh Lereng Menggunakan DPT Tanpa Beban Gempa Pada Kondisi Paska Konstruksi



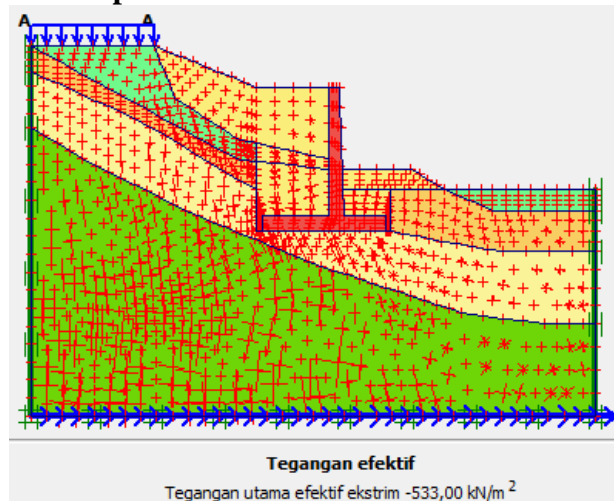
Gambar 5. 26 Deformed Mesh Lereng Menggunakan DPT Dengan Beban Gempa Pada Kondisi Paska Konstruksi

- b. Tegangan Efektif

Nilai tegangan efektif pada lereng menggunakan dinding penahan tanah pada kondisi tanpa beban sebesar $-531,73 \text{ kN/m}^2$. Sedangkan pada kondisi dengan beban gempa sebesar $-533,00 \text{ kN/m}^2$. Gambar tegangan efektif tanpa beban gempa dan dengan beban gempa pada kondisi paska konstruksi dapat dilihat pada Gambar 5.27 dan Gambar 5.28.



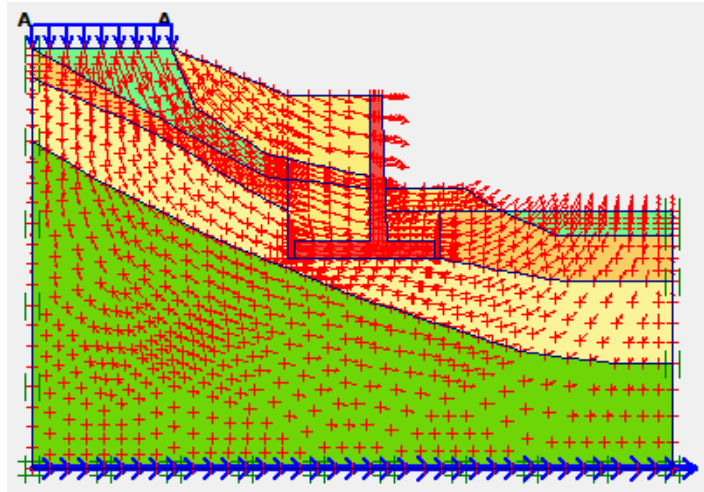
Gambar 5. 27 Tegangan Efektif Lereng Menggunakan DPT Tanpa Beban Gempa Pada Kondisi Paska Konstruksi



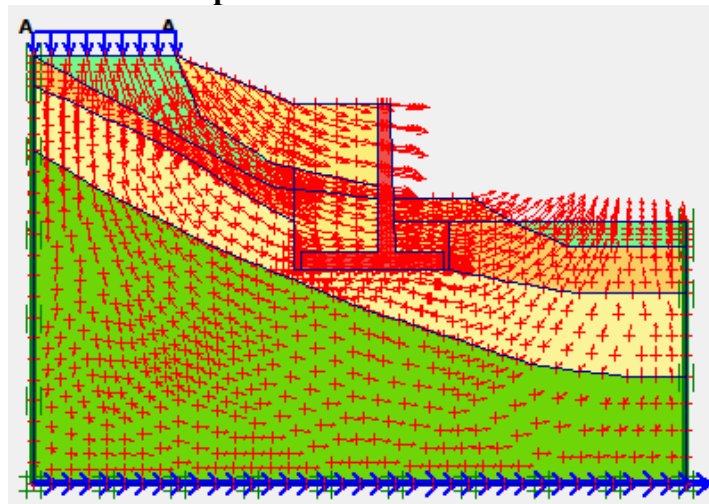
Gambar 5. 28 Tegangan Efektif Lereng Menggunakan DPT Dengan Beban Gempa Pada Kondisi Paska Konstruksi

c. Arah Pergerakan Tanah

Arah pergerakan tanah pada lereng menggunakan dinding penahan tanpa beban gempa dan dengan beban gempa pada kondisi paska konstruksi dapat dilihat pada Gambar 5.29 dan Gambar 5.30.



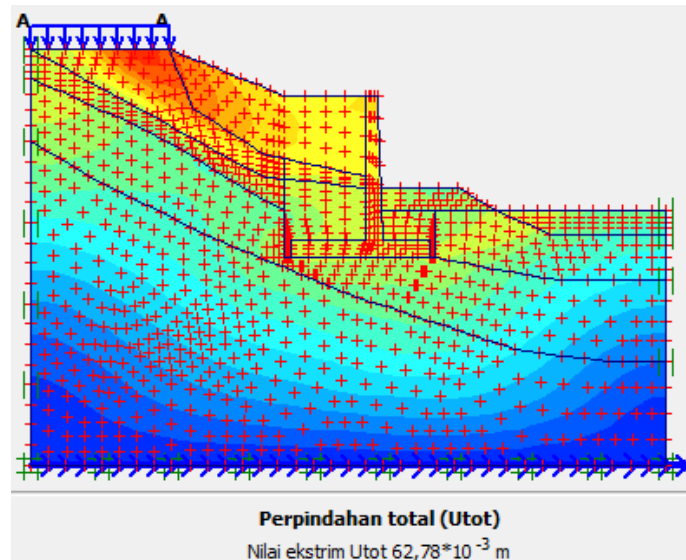
Gambar 5. 29 Arah Pergerakan Tanah Lereng Menggunakan DPT Tanpa Beban Gempa Pada Kondisi Paska Kontruksi



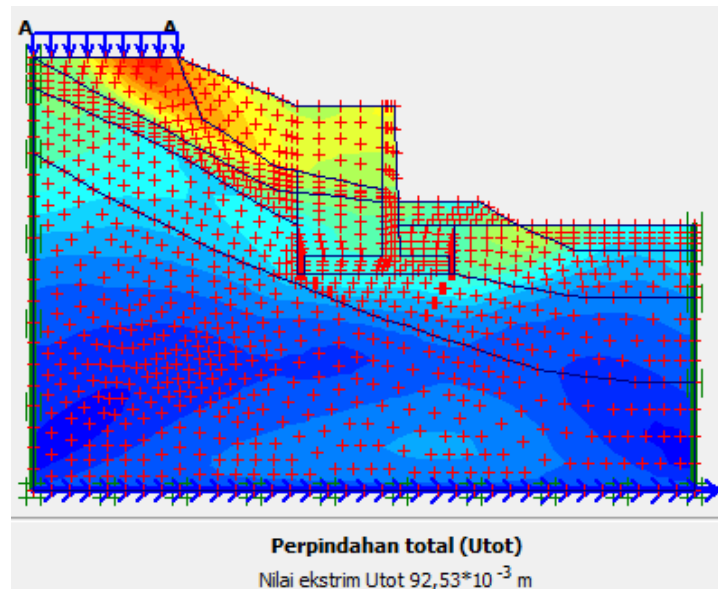
Gambar 5. 30 Arah Pergerakan Tanah Lereng Menggunakan DPT Dengan Beban Gempa Pada Kondisi Paska Kontruksi

d. Total Displacement

Nilai total displacement yang terjadi pada lereng menggunakan dinding penahan tanah pada kondisi tanpa beban gempa sebesar 0,06278 m. Sedangkan dengan beban gempa sebesar 0,09253 m. Gambar total displacement tanpa beban gempa dan dengan beban gempa pada kondisi paska konstruksi dapat dilihat pada Gambar 5.31 dan Gambar 5.32.



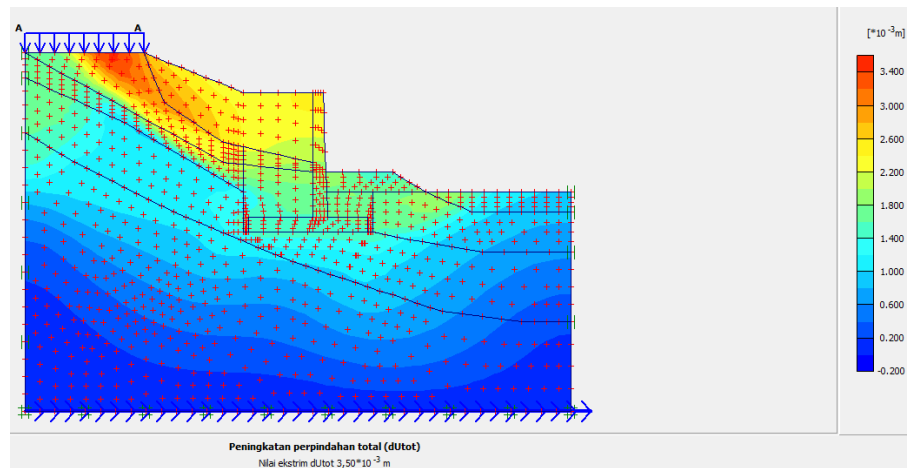
Gambar 5. 31 Total Displacement Lereng Menggunakan DPT Tanpa Beban Gempa Pada Kondisi Paska Konstruksi



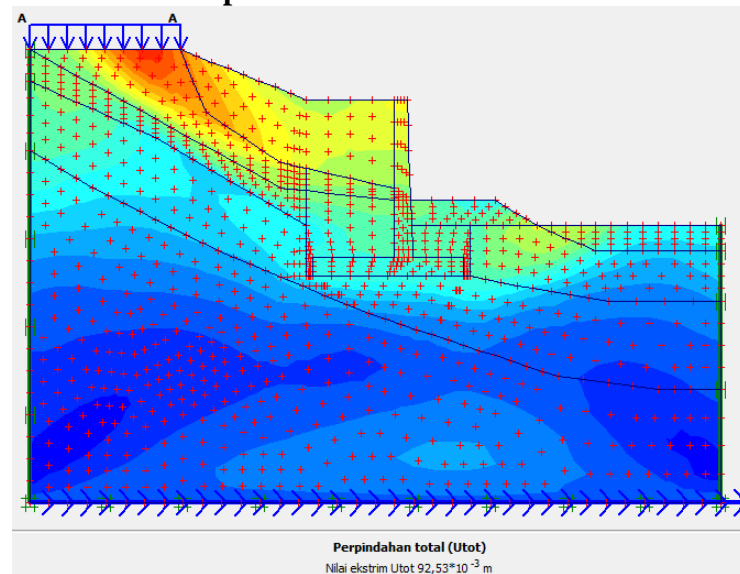
Gambar 5. 32 Total Displacement Lereng Menggunakan DPT Dengan Beban Gempa Pada Kondisi Paska Konstruksi

e. Daerah Potensi Longsor

Daerah potensi longsor yang terjadi pada lereng menggunakan dinding penahan tanah tanpa beban gempa dan dengan beban gempa pada kondisi paska konstruksi dapat dilihat pada Gambar 5.33 dan Gambar 5.34.



Gambar 5. 33 Daerah Potensi Longsor Lereng Menggunakan DPT Tanpa Beban Gempa Pada Kondisi Paska Konstruksi



Gambar 5. 34 Daerah Potensi Longsor Lereng Menggunakan DPT Dengan Beban Gempa Pada Kondisi Paska Konstruksi

f. Angka Aman

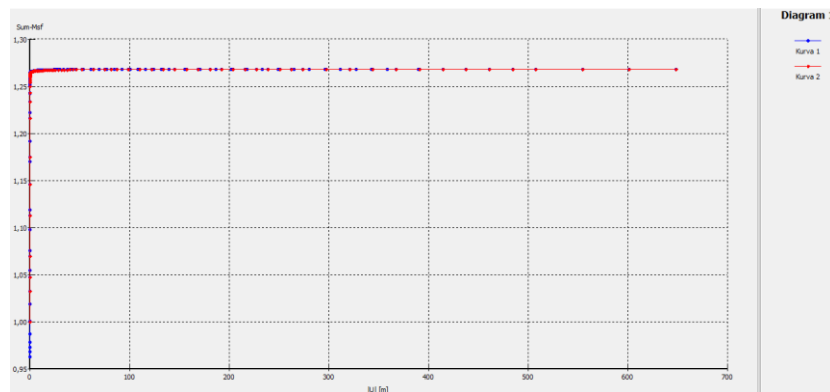
Nilai angka aman pada lereng menggunakan dinding penahan tanah tanpa beban gempa sebesar 1,267. Sedangkan nilai aman dengan beban gempa sebesar 1,268. Gambar angka aman tanpa beban gempa dan dengan beban gempa pada kondisi paska konstruksi dapat dilihat pada Gambar 5.35 dan Gambar 5.36. Sedangkan nilai angka aman lereng menggunakan DPT pada paska konstruksi dapat dilihat pada Gambar 5.37 berikut.

Peningkatan faktor pengali		Faktor pengali total	
Mdisp:	0,0000	Σ -Mdisp:	0,0000
MloadA:	0,0000	Σ -MloadA:	1,0000
MloadB:	0,0000	Σ -MloadB:	1,0000
Mweight:	0,0000	Σ -Mweight:	1,0000
Maccel:	0,0000	Σ -Maccel:	0,0000
Msf:	0,1000	Σ -Msf:	1,2678

Gambar 5. 35 Angka Aman Lereng Menggunakan DPT Tanpa Beban Gempa Pada Kondisi Paska Konstruksi

Peningkatan faktor pengali		Faktor pengali total	
Mdisp:	0,0000	Σ -Mdisp:	0,0000
MloadA:	0,0000	Σ -MloadA:	1,0000
MloadB:	0,0000	Σ -MloadB:	1,0000
Mweight:	0,0000	Σ -Mweight:	1,0000
Maccel:	0,0000	Σ -Maccel:	0,0000
Msf:	0,1000	Σ -Msf:	1,2683

Gambar 5. 36 Angka Aman Lereng Menggunakan DPT Dengan Beban Gempa Pada Kondisi Paska Konstruksi



Gambar 5. 37 Nilai Angka Aman Lereng Menggunakan DPT Pada Paska Konstruksi

5.5 Pembahasan

Analisis lereng jalan ponorogo - trenggalek pada stasiun 21+600 dilakukan untuk mengetahui angka aman pada lereng tersebut. Pada penelitian ini, analisis dilakukan pada lereng asli jalan, dan lereng dengan timbunan yang sudah diperkuat dinding penahan tanah kantilever. Kedua keadaan tersebut dianalisis dengan berbagai kondisi kemudian setelah selesai akan diperbandingkan. Pada analisis ini digunakan perhitungan manual menggunakan metode bishop dan metode elemen hingga menggunakan program plaxis 8.6.

Dari hasil analisis lereng asli menggunakan program plaxis 8.6 tidak dapat diketahui hasil perhitungan lereng tersebut atau terjadi *soil body collapses*. Oleh sebab itu perhitungan manual perlu dilakukan untuk mengetahui angka aman pada lereng tersebut. Metode perhitungan manual *bishop* yang digunakan pada analisis ini didapatkan angka aman sebesar 0,484. Angka aman yang diperoleh dari hitungan manual dibawah 1 yang mana hal tersebut menunjukkan bahwa lereng tersebut tidak aman atau labil. Hal tersebut dikarenakan Adanya zona lemah yaitu kontak antara breksi gunung berapi dan tuf yang dapat menjadi bidang gelincir gerakan tanah dan Daerah kontak antara dua formasi yaitu Formasi Mandalika dan F. Jaten, F. Mandalika umumnya bersifat porous dan F. Jaten umumnya bersifat kedap air.

Hasil analisis lereng dengan perkuatan dinding penahan kantilever pada masa konstruksi tanpa beban gempa didapat angka aman sebesar 1,353 dan dengan beban gempa sebesar 1,352. Sedangkan pada kondisi paska konstruksi tanpa beban gempa sebesar 1,268 dan dengan beban gempa sebesar 1,267.

Hasil angka aman baik yang didapat pada perhitungan kantilever pada kondisi paska konstruksi didapat nilai yang lebih kecil dari pada nilai angka aman masa konstruksi, hal tersebut terjadi dikarenakan penambahan beban lalu lintas pada kondisi paska konstruksi. Penurunan juga terjadi akibat penambahan beban gempa baik pada saat masa konstruksi maupun paska konstruksi. Berdasarkan nilai angka aman yang diperoleh yaitu $> 1,25$, maka lereng dengan perkuatan dinding penahan tanah kantilever dalam kondisi aman. Rekapitulasi lereng dengan pada ruas jalan ponorogo-trenggalek stasiun 23+600 dapat dilihat pada tabel 5.7 berikut ini.

Tabel 5. 7 Rekapitulasi Stabilitas Lereng Jalan Ponorogo-Trengalek Stasiun 23+600

No	Keterangan	Total <i>Displacement</i>	SF
1	Lereng Timbunan Asli:		
	Masa konstruksi tanpa beban gempa	<i>Collapse</i>	<i>Collapse</i>
	Masa konstruksi dengan beban gempa	<i>Collapse</i>	<i>Collapse</i>
	Paska konstruksi tanpa beban gempa	<i>Collapse</i>	<i>Collapse</i>
	Paska konstruksi dengan beban gempa	<i>Collapse</i>	<i>Collapse</i>
2	Lereng dengan dinding penahan tanah :		
	Masa konstruksi tanpa beban gempa	0,01009	1,3538
	Masa konstruksi dengan beban gempa	0,04630	1,3529
	Paska konstruksi tanpa beban gempa	0,06278	1,2683
	Paska konstruksi dengan beban gempa	0,09253	1,2678

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan sebagai berikut ini.

1. Hasil perhitungan lereng asli tanpa perkuatan pada jalan ponorogo - trenggalek stasiun 23+600 menggunakan program plaxis 8.6 mengalami *collapse*. Pada perhitungan manual yang dilakukan menggunakan metode bishop didapatkan angka aman pada lereng sebesar 0,484. Dengan angka aman dibawah 1,25, maka lereng labil terhadap keruntuhan atau tidak aman.
2. Hasil perhitungan lereng dengan perkuatan dinding penahan tanah kantilever pada jalan ponorogo - trenggalek stasiun 23+600 menggunakan program plaxis 8.6 pada masa konstruksi tanpa beban gempa yaitu 1,3538 dan dengan beban gempa sebesar 1,3529. Sedangkan angka aman yang diperoleh Ketika paska konstruksi tanpa beban gempa didapatkan nilai sebesar 1,2683 dan dengan beban gempa sebesar 1,2678. Dengan nilai angka aman yang diperoleh melebihi 1,25 dari yang disyaratkan maka dianggap aman terhadap keruntuhan.

6.2 Saran

Berdasarkan dari penelitian yang telah dilakukan, penulis memberikan saran sebagai berikut.

1. Dinding penahan tanah kantilever kurang efektif dengan tinggi 15 meter dan lereng disarankan berjenjang.
2. Dilakukan penelitian dengan membandingkan atau menggunakan perkuatan lainnya seperti, perkuatan dengan *soil nailing*, *mini pile*, dan lain sebagainya.
3. Dilakukan analisis menggunakan program aplikasi lain seperti geoslope, geo5 dan lain sebagainya.

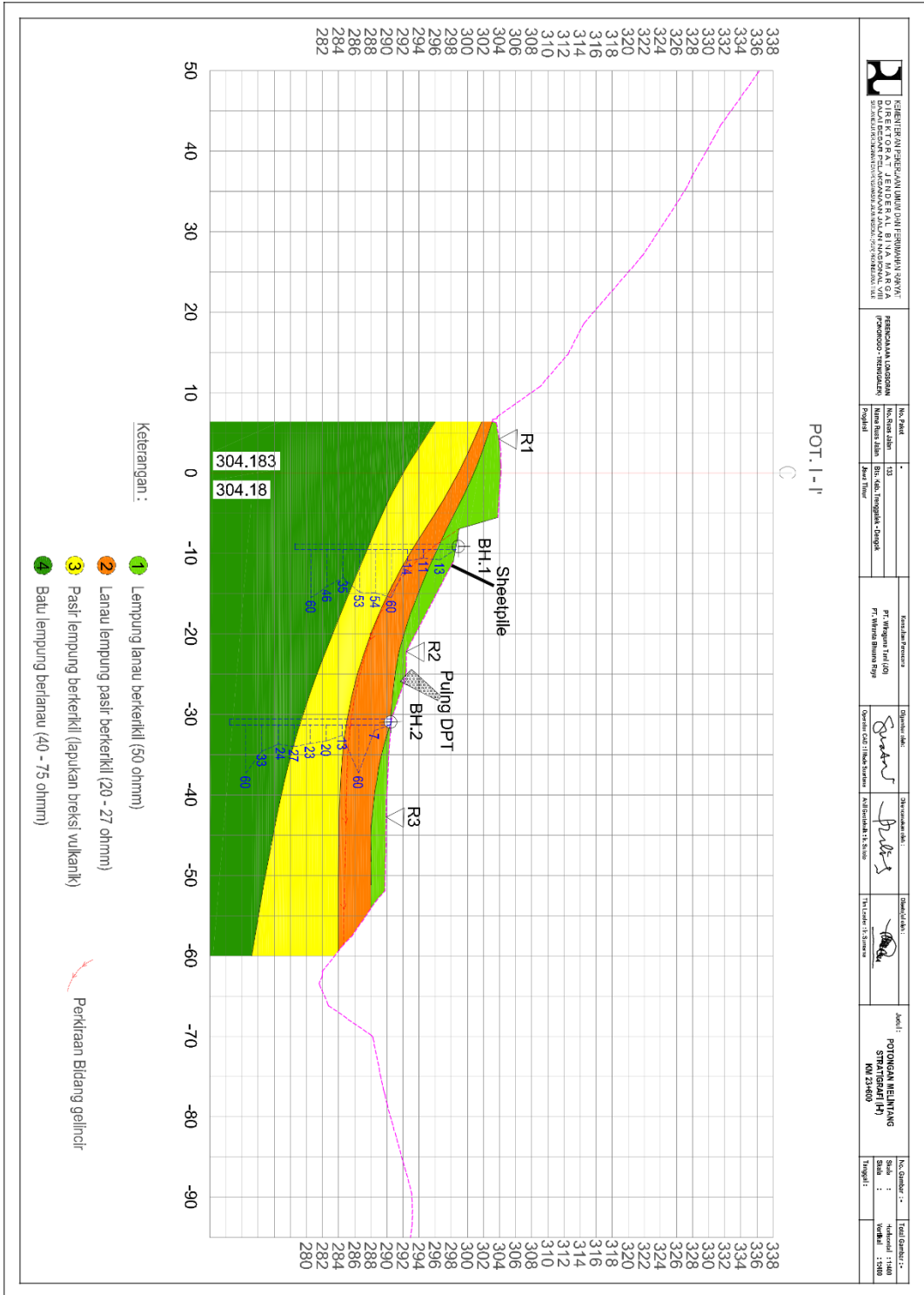
DAFTAR PUSTAKA

- Annisa, Nurul. 2018. *Analisis stabilitas dinding penahan tanah dan perencanaan perkuatan lereng dengan geotekstil pada bantaran sungai gajah putih*. Tugas akhir. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Bishop, A.W. 1955. *The use of slip circle in the stability of analysis of slopes*. Geotechnique, London, vol.5, pp.7
- Bowles, J.E. (1977; 1996). *Physical and Geotechnical Properties of Soils*, McGraw-Hill Book Company, USA.
- Das, Braja M. 1985. *Mekanika Tanah 1*. Terjemahan oleh Noor Endah Indra Surya. 1995. Erlangga. Jakarta.
- Direktorat Jendral Bina Marga. 1997. *Standar Perencanaan Jalan*. Penerbit Bina Marga. Jakarta.
- Fitradi, Nurrahman Iftah. 2019. *Analisis stabilitas lereng dengan perkuatan geotekstil dan turap beton menggunakan program plaxis*. Tugas akhir. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H. C. 2002. *Mekanika Tanah I*. Gadjah Mada University Pers. Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H. C. 2010. *Teknik Pondasi 2*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C. 2012. *Mekanika Tanah II*. Edisi Kelima, Penerbit Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Kurniawan, Danang. 2019. *Analisis stabilitas dinding penahan tanah dan sheet pile baja lereng jalan tol Balikpapan-samarinda sta 2+850-3+050*. Tugas akhir. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Mohr, 1910, *Kriteria Keruntuhan Batuan Mohr - Coulomb*: http://eprints.undip.ac.id/33820/5/1617_chapter_II.pdf (diakses April 2019).
- Nakazawa, K dan Sosrodarsono, S. Tanpa tahun. *Mekanika Tanah dan teknik Pondasi*. Terjemahan oleh Taulu, L. 2000. Pradnya Pramita. Jakarta.
- Pangestu, Eris Cahyo. 2018. *Perencanaan perkuatan lereng dengan metode soil nailing di daerah bantul Yogyakarta*. Tugas akhir. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Plaxis.2018. *Manual Plaxis*
- PUSKIM. 2014. Peta Zonasi Gempa. (<http://puskim.pu.go.id/peta-zonasi-gempa/>). Diakses 5 September 2018.
- Rinanditya, Ramdhani Fajar. 2016. *Analisis Stabilitas Lereng dengan Dinding Penahan Tanah Kantilever Menggunakan Program Plaxis*. Tugas Akhir. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
- SNI 2833:2016

- Surindro, Bambang. 2015. *Mekanika tanah teori, soal, dan penyelesaian*. Andi 2015. Yogyakarta.
- Tanro, dkk. 2013. *Evaluasi Kelongsoran Pada Ruas Jalan Weleri – Patean Km. 50 Dan Alternatif Penanganannya*. Universitas Diponegoro. Semarang.
- USGS, 2018

LAMPIRAN

Lampiran 2. Penampang Stratifikasi



Lampiran 5. Sketsa Situasi, Penampang dan Titik Penyelidikan

