

**TUGAS AKHIR**  
**ANALISIS STRUKTUR DINDING PENAHAN TANAH (DPT) DAN**  
**BOREPILE PADA PENANGANAN LONGSORAN RUAS JALAN**  
**SP.NANGASILAT (BONGKONG) – SEJIRAM KM 487+755**

Diajukan untuk memenuhi syarat akademis dalam menyelesaikan Pendidikan  
Tingkat Sarjana (Strata-1) Teknik Sipil Fakultas Teknik  
Universitas Sangga Buana YPKP

Dosen Pembimbing

**Ir. H Chandra Afriade Siregar, ST., MT., IPU**



Disusun Oleh:

**Arif Febrianto**

**2112191006**

Dosen Pembimbing :

**Ir. H Chandra Afriade Siregar, ST., MT., IPU**

**NIK 432.200.167**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS SANGGA BUANA YPKP**  
**BANDUNG**

**2023**

## **LEMBAR PENGESAHAN LAPORAN TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk memenuhi syarat akademis dalam menyelesaikan  
Pendidikan Tingkat Sarjana (Strata-1) Teknik Sipil Fakultas Teknik  
Universitas Sangga Buana

Nama Proyek : Analisis Struktur Dinding Penahan Tanah (DPT) Dan Borepile  
Pada Penanganan Longsoran Ruas Jalan Sp.Nangasilat –  
(Bongkong) – Sejiram Km 487+755

Lokasi penelitian : Ruas Jalan Sp.Nangasilat – Sejiram, Kabupaten Kapuas Hulu,  
Provinsi Kalimantan Barat

**Disusun oleh :**

**Arif Febrianto**

**2112191006**

**Menyetujui dan Mengetahui,  
Dosen Pembimbing**

**Ir. H Chandra Afriade Siregar, ST.,MT., IPU**  
**NIK 432 200 167**

Mengetahui,  
Dekan Fakultas Teknik Sipil

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Teknik Sipil

**Slamet Risnanto. ST.,M.Kom.**  
**NIK 432 200 12**

**Muhammad Syukri. ST.,MT.**  
**NIK : 432 200 175**

## **PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR**

Saya menyatakan bahwa tugas akhir yang berjudul “**Analisis Struktur Dinding Penahan Tanah (Dpt) Dan Borepile Pada Penanganan Longsoran Ruas Jalan Sp.Nangasilat (Bongkong) – Sejiram Km 487+755**” ini sepenuhnya karya saya sendiri. Tidak ada bagian di dalam nya yang merupakan plagiat dari karya orang lain dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan. Atas pernyataan ini saya siap menanggung resiko/sanksi yang dijatuhkan kepada saya apabila kemudian ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya ini, atau ada klain dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, Juli 2023  
Pembuat pernyataan,

**Arif Febrianto**  
**2112191006**

**ANALISIS STRUKTUR DINDING PENAHAN TANAH (DPT) DAN  
BOREPILE PADA PENANGANAN LONGSORAN RUAS JALAN  
SP.NANGASILAT (BONGKONG) – SEJIRAM KM 487+755**

**Oleh  
Arif Febrianto**

Sebuah Tugas Akhir yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat  
memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Fakultas Teknik  
Universitas Sangga Buana YPKP Bandung

© Arif Febrianto 2023  
Universitas Sangga Buana – YPKP  
2023

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang.  
Tugas Akhir ini tidak boleh diperbanyak atau sebagian,  
Dengan dicetak ulang, difoto kopi, atau cara lainnya tanpa ijin dari penulis

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dengan nama lengkap Arif Febrianto lahir di Purbalingga, pada tanggal 12 Februari 1999 merupakan anak ke-2 dari 2 bersaudara, dari pasangan Bapak Kodir Hadimiswanto dan Ibu Kasmirah.

Penulis memulai Pendidikan formal di SD Negeri Cigugur Kab.Bandung, lulus pada tahun 2011, SMP Negeri 4 Cimahi, lulus pada tahun 2014, SMK Pekerjaan Umum Negeri Bandung lulus pada tahun 2017 dan melanjutkan Pendidikan

Tingkat Sarjana di Universitas Sangga Buana – Yayasan Pendidikan Keuangan dan Perbankan. Jurusan Teknik Sipil pada tahun 2019.

## **LEMBAR PERSEMBAHAN**

*Terimakasih dengan segala ucap syukur saya curahkan kepada Allah SWT maha pemberi rezeki, ampunan, dan pertolongan-Nya karena atas tuntunan dan ridhoNya saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan sebaik-baiknya.*

Skripsi / Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk:

### **Kedua Orang Tua ku Tercinta**

*Teruntuk yang tercinta ku persembahkan untuk Kedua Orang Tua yaitu Ibu Kasmirah dan Bapak Kodir Hadimiswanto. Terimakasih Bapak dan Ibu yang selalu mendoakan putra bungsunya ini hingga dapat mencapai ke titik ini dalam semua sujud dan doa yang tidak pernah putus, sehingga saya siap dan mampu berdiri tegak di titik ini. Terimakasih untuk segala pengorbanan yang telah kau berikan yang tak mungkin saya balas dengan apapun, saya berharap dapat membuat kalian bangga dan tersenyum adalah keinginanmu yang semoga bisa membuat saya menjadi anak yang berbakti. Kemudian teruntuk yang tercinta kekasih Dila Muhapriliya yang selalu mendoakan hingga dapat mencapai ke titik ini dalam semua sujud, doa kesabaran, dan semangat yang tidak pernah putus, sehingga saya siap dan mampu berdiri tegak di titik ini.*

### **Diri Sendiri**

*Teruntuk diri sendiri, terimakasih telah selalu kuat dan selalu berjuang menghadapi kerasnya kehidupan, ini bukan akhir, ini adalah jembatan untuk menghadapi tantangan selanjutnya. Tetap berjuang, jangan pernah putus harapan.*

### **Rekan-Rekan di Fakultas Teknik Sipil**

*Semua rekan-rekan seperjuangan yang selalu baik, bekerja sama dari awal masuk perkuliahan hingga saat ini. Terimakasih atas bantuan dan dukungannya .*

**Terimakasih untuk Fakultas Teknik dan Kampus Universitas Sangga Buana**

### **YPKP Bandung**

*Tanpa mereka, karya ini tidak akan pernah tercipta*

## **MOTTO**

**“Boleh jadi kamu membenci sesuatu padahal ia amat baik bagimu, dan boleh jadi pula kamu menyukai sesuatu padahal ia amat buruk bagimu, Allah mengetahui sedang kamu tidak mengetahui.”**

**“Rasulullah bersabda : Barangsiapa menempuh jalan untuk mendapatkan ilmu, Allah akan memudahkannya baginya jalan menuju surga.”**

**“Menuntut ilmu itu wajib bagi setiap muslim”**

**“Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman diantaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat.”**

**“Tidak ada satupun perjuangan yang tidak melelahkan dan tidak ada kesulitan yang tiada ujungnya. Sesudah sulit pasti akan ada kebahagiaan.”**

**“Semua ada waktunya, Jangan membandingkan hidupmu dengan orang lain. Tidak ada perbandingan antara matahari dan bulan. Mereka bersinar saat waktunya tiba.”**

**“Hidup tidak pernah mudah. Ada pekerjaan yang harus dilakukan dan kewajiban yang harus dipenuhi – kewajiban terhadap kebenaran, keadilan, dan kebebasan.”**

## ABSTRAK

Sebagian wilayah Kalimantan merupakan daerah yang memiliki kondisi geografis berbukit dan berlembah, oleh karena itu Kalimantan termasuk wilayah yang memiliki daerah rawan longsor yang cukup tinggi, Sehingga dibutuhkannya suatu analisis stabilitas lereng untuk mengetahui faktor keamanan dari kondisi lereng tersebut, sebagai langkah awal yaitu dengan melakukan pengukuran topografi, pengujian lapangan dan pengujian laboratorium untuk mengetahui parameter-parameter tanahnya agar dapat di modelkan pendekatan kondisi sesuai asli dilapangan, dengan demikian dapat mempermudah untuk menentukan penanganan longsor yang tepat. Analisis stabilitas lereng dilakukan dengan menggunakan program PLAXIS dan hitungan manual.

Parameter-parameter yang di butuhkan untuk analisis ini yaitu kohesi ( $c$ ), sudut geser dalam ( $\phi$ ), berat isi tanah ( $\gamma$ ) yang didapat dari hasil pengujian dilaboratorium, dan untuk parameter lainnya seperti modulus elastisitas ( $E$ ) dan poisson ratio ( $\nu$ ) didapat dari tabel korelasi dari klasifikasi tanah. Hasil analisis dari plaxis kondisi lereng existing didapat  $f_s$  1,05, sehingga diperlukannya analisis dengan menggunakan perkuatan. Hasil analisis dengan software PLAXIS setelah menggunakan perkuatan dinding penahan tanah dan bored pile faktor keamanan lereng secara global yang diperoleh yaitu 1.57. Faktor keamanan minimal yang digunakan yaitu 1.5 dan dinyatakan aman. Berdasarkan faktor keamanan lereng dan keamanan setelah perkuatan, alternatif penanganan longsor yang digunakan yaitu dengan menggunakan perkuatan bored pile dengan kedalaman tiang yang tertanam 9 m, diameter 800mm, menggunakan tulangan utama 27D22.

**Kata kunci** : longsor, stabilitas lereng, Dinding penahan tanah, bored pile

## ABSTRACT

Some parts of Kalimantan are areas that have hilly and valley geographical conditions, therefore Kalimantan is an area that has high landslide-prone areas, so a slope stability analysis is needed to determine the safety factor of the slope conditions, as a first step, namely by measuring topography, field testing and laboratory testing to find out the soil parameters so that an approach can be modeled according to the original conditions in the field, thereby making it easier to determine the appropriate landslide handling. Slope stability analysis was carried out using the PLAXIS program and manual calculations.

The parameters needed for this analysis are cohesion ( $c$ ), internal shear angle ( $\phi$ ), soil bulk density ( $\gamma$ ) obtained from laboratory testing results, and for other parameters such as elastic modulus ( $E$ ) and Poisson ratio ( $\nu$ ) is obtained from the correlation table of soil classification. The results of the analysis of the paxis of the existing slope conditions obtained  $f_k$  1.05, so that an analysis using reinforcement is needed. The results of analysis with PLAXIS software after using retaining wall reinforcement and bored piles globally obtained slope safety factor of 1.57. The minimum safety factor used is 1.5 and is declared safe. Based on the safety factor of the slope and safety after reinforcement, the alternative for handling the avalanche used is bored pile reinforcement with an embedded pile depth of 9 m, a diameter of 800m, using 27D22 main reinforcement.

**Keywords:** landslide, slope stability, retaining wall, bored pile

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat yang telah diberikan-Nya sehingga laporan Tugas akhir ini dapat diselesaikan. Laporan Tugas akhir dengan judul “ANALISIS STRUKTUR DINDING PENAHAN TANAH (DPT) DAN BOREPILE PADA PENANGANAN LONGSORAN RUAS JALAN SP.NANGASILAT (BONGKONG) – SEJIRAM KM 487+755” ini ditujukan untuk memenuhi persyaratan akademik guna menyelesaikan studi tingkat S-1 di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sangga Buana YPKP Bandung. Tujuan dari Tugas akhir ini adalah untuk mendapatkan pengalaman nyata dalam melakukan penelitian di dunia kerja, selain itu mahasiswa Teknik Sipil dapat menerapkan bekal ilmu dan keahlian yang sudah didapat saat perkuliahan dengan berbagai permasalahan teknis dan non teknis yang terjadi di lapangan, penulis melakukan pengamatan langsung serta mempelajari metode penanganan longsor.

Penulis menyadari bahwa tanpa bimbingan, bantuan, dan doa dari berbagai pihak, laporan tugas akhir ini tidak akan dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu selama proses pengerjaan laporan tugas akhir ini, yaitu kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Didin Saepudin, SE., M.Si. selaku Rektor Universitas Sangga Buana Yayasan Pendidikan Keuangan dan Perbankan Bandung.
2. Bapak Dr. Teguh Nurhadi Suharsono, ST., MT Selaku wakil Rektor I Universitas Sangga Buana Yayasan Pendidikan Keuangan dan Perbankan.
3. Bapak Bambang Susanto, SE., M.Si; Selaku wakil Rektor II Universitas Sangga Buana Yayasan Pendidikan Keuangan dan Perbankan.
4. Ibu Nurhaeni Sikki, S. AP., M.AP; Selaku wakil Rektor III Universitas Sangga Buana Yayasan Pendidikan Keuangan dan Perbankan.
5. Bapak Slamet Risnanto, ST., M.Kom. selaku Dekan Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Sangga Buana Yayasan Pendidikan Keuangan Dan Perbankan Bandung.
6. Bapak Muhammad Syukri, ST., MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil. Universitas Sangga Buana Yayasan Pendidikan Keuangan Dan Perbankan Bandung.

7. Bapak Ir.H.Chandra Afriade Siregar, ST., MT..IPU selaku Dosen pembimbing penulis.
8. Semua pihak yang telah banyak membantu penyusun, baik secara moril maupun materil, yang tidak dapat disebutkan satu per satu.
9. Teman – teman Teknik Sipil 2019 terima kasih atas dorongan dan bantuannya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
10. Semua pihak yang penulis tidak bisa sebutkan satu – persatu yang telah memberikan bantuan maupun dukungan

Akhir kata, penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dalam laporan Tugas akhir ini sehingga kritik dan saran dari pembaca akan sangat bermanfaat bagi penulis. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya.

Bandung, Juni 2023

Arif Febrianto

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	2
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	ii
LEMBAR PERSEMBAHAN .....	v
MOTTO.....	vi
ABSTRAK.....	vii
KATA PENGANTAR .....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Maksud dan Tujuan.....	2
1.4 Ruang Lingkup.....	2
1.5 Sistematika Penulisan .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Tanah.....	4
2.2 Klasifikasi tanah.....	4
2.3 Lereng.....	8
2.3.1 Lereng Alam .....	8
2.3.2 Lereng Buatan Manusia .....	9
2.4 Klasifikasi Pergerakan Lereng .....	10
2.4.1 Analisis Stabilitas Lereng .....	12
2.4.2 Penyelidikan Tanah .....	13
2.5 Kategori Aliran Tanah Longsor .....	17
2.5.1 Bagian-Bagian Longsoran .....	19
2.5.2 Penyebab Tanah Longsor .....	21
2.6 Tekanan Tanah Lateral .....	22
2.6.1 Tekanan Tanah Dalam Keadaan Diam.....	22
2.6.2 Tekanan Tanah Aktif.....	23
2.6.3 Tekanan Tanah Pasif .....	26
2.7 Penanganan Longsor.....	28

2.7.1 Mengubah Geometri Lereng .....	28
2.7.2 Mengendalikan Air Permukaan .....	31
2.7.3 Mengendalikan Air Rembesan.....	33
2.7.4 Penambatan .....	36
2.7.5 Dinding Penahan Tanah .....	36
2.8 Stabilitas Lereng.....	39
2.8.1 Stabilitas geser .....	39
2.8.2 Stabilitas guling .....	40
2.8.3 Kapasitas daya dukung tanah.....	40
2.9 Beban Lalu Lintas .....	41
2.10 Analisis menggunakan Plaxis v20 .....	42
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>43</b>
3.1 Diagram alir ( Flow chart).....	43
3.2 Lokasi penelitian .....	44
3.3 Studi Literatur dan Identifikasi Masalah .....	44
3.4 Pengambilan Data .....	44
3.5 Penyelidikan Tanah di Lapangan.....	45
3.5.1 Pemboran .....	45
3.5.2 Uji Penetrasi Standar (SPT).....	45
3.6 Pengujian Labolatorium.....	46
3.6.1 Pengujian Sifat Fisik Tanah (Indeks Properties) .....	46
3.6.2 Pengujian Sifat Teknik Tanah (Engineering Properties).....	56
3.7 Pengukuran Tofografi Lereng .....	57
3.8 Analisis Stabilitas Letreng Menggunakan Program Plaxis v20 .....	57
3.9 Penanganan Longsoran .....	61
<b>BAB IV .....</b>	<b>62</b>
<b>ANALISIS DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>62</b>
4.1 Titik Lokasi Longsoran .....	62
4.2 Kondisi Geologi Regional dan Geologi lokal .....	63
4.3 Topografi dan Stratifikasi Tanah .....	64
4.4 Hasil Pengujian Lapangan .....	65
4.5 Hasil Pengujian Labolatorium.....	66
4.6 Analisis Stabilitas Penanganan Longsor .....	70
4.7 Rekapitulasi Hasil Analisis .....	84

<b>BAB V</b> .....	<b>85</b>
<b>PENUTUP</b> .....	<b>85</b>
<b>5.1 Kesimpulan</b> .....	<b>85</b>
<b>5.2 Saran</b> .....	<b>85</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>87</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Tipe longsoran .....	11
<b>Gambar 2.2</b> Longsoran tipe jatuhan.....	12
<b>Gambar 2.3</b> Longsoran tipe robohan .....	12
<b>Gambar 2.4</b> Mekanisme gerak benda.....	13
<b>Gambar 2.5</b> kurva <i>direct shear</i> .....	15
<b>Gambar 2.6</b> Aliran longsor .....	18
<b>Gambar 2.7</b> Lateral spreads .....	19
<b>Gambar 2.8</b> Bagian-bagian longsoran.....	19
<b>Gambar 2.9</b> Tekanan tanah dalam keadaan diam .....	22
<b>Gambar 2.10</b> Distribusi tekanan tanah dalam keadaan diam.....	23
<b>Gambar 2.11</b> Gaya aktif metode rankie dinding penahan tanah permukaan rata	25
<b>Gambar 2.12</b> Gaya aktif metode rankie dinding penahan tanah permukaan miring .....	25
<b>Gambar 2.13</b> Kedalaman retakan tanah urug.....	26
<b>Gambar 2.14</b> Tipikal Penanganan dengan Cara Mengubah Geometri Lereng ....	30
<b>Gambar 2.15</b> Penanganan Longsoran Dengan cara Mengendalikan Air Permukaan .....	32
<b>Gambar 2.16</b> Cara Pengendalian Air Rembesan.....	35
<b>Gambar 2.17</b> Dinding penahan tanah gravitasi (gravity wall).....	37
<b>Gambar 2.18</b> Dinding penahan tanah kantilever (cantilever wall) .....	38
<b>Gambar 2.19</b> Dinding penahan tanah counterfort (counterfort wall) .....	38
<b>Gambar 2.20</b> Dinding penahan tanah butters (butters wall) .....	39
<b>Gambar 3.1</b> Diagram alir .....	43
<b>Gambar 3.2</b> Lokasi Penelitian.....	44
<b>Gambar 3.3</b> Proses pengujian kadar air .....	47
<b>Gambar 3.4</b> Proses pengujian berat isi.....	48
<b>Gambar 3.5</b> Langkah pengujian berat jenis.....	49

<b>Gambar 3.6</b> Proses pengujian berat jenis .....	50
<b>Gambar 3.7</b> Proses pengujian batas plastis .....	51
<b>Gambar 3.8</b> Proses pengujian batas susut .....	53
<b>Gambar 3.9</b> Proses pengujian batas susut .....	56
<b>Gambar 3.10</b> Proses pengukuran tofografi lereng .....	57
<b>Gambar 3.11</b> Pengaturan global.....	58
<b>Gambar 3.12</b> Membuat geometri lereng .....	59
<b>Gambar 3.13</b> Input material .....	59
<b>Gambar 3.14</b> Proses analisis stabilitas .....	60
<b>Gambar 3.15</b> Perhitungan dengan kondisi tertentu.....	61
<b>Gambar 4.1</b> Peta Lokasi Longsoran Ruas Jalan Sp. Nangasilat (Bongkong) – Sejiram KM 487+755 .....	62
<b>Gambar 4.2</b> Tampak Atas Lokasi Longsoran Ruas Jalan Sp. Nangasilat (Bongkong) - Sejiram KM 487+755 .....	62
<b>Gambar 4.3</b> Dokumentasi longsoran KM 487 + 755.....	63
<b>Gambar 4.4</b> Peta Geologi Regional Area Sintang (Ruas Jalan Sp. Nangasilat (Bongkong) - Sejiram KM 487+755).....	64
<b>Gambar 4.5</b> Peta Situasi Daerah Longsoran .....	64
<b>Gambar 4.6</b> Stratifikasi Tanah Ruas Jalan Sp. Nangasilat.....	65
<b>Gambar 4.7</b> Grafik hasil pengujian direct shear .....	69
<b>Gambar 4.8</b> Faktor keamanan kondisi dengan beban .....	71
<b>Gambar 4.9</b> Shading geometri kondisi beban .....	71
<b>Gambar 4.10</b> Faktor keamanan dengan perkuatan DPT .....	72
<b>Gambar 4.11</b> Shading geometri dengan perkuatan DPT dan borepile.....	72
<b>Gambar 4.12</b> Perencanaan dimensi dinding penahan tanah.....	73
<b>Gambar 4.13</b> Perencanaan dimensi dinding penahan tanah .....	75
<b>Gambar 4.14</b> Hubungan SPT dengan nilai kohesi (C).....	79
<b>Gambar 4.15</b> Momen Interaksi untuk Penampang Tulangan Bored Pile .....	83

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Klasifikasi Tanah menurut USCS.....	6
<b>Tabel 2.2</b> Perkiraan nilai E berdasarkan jenis tanah .....	16
<b>Tabel 2.3</b> Perkiraan angka Poisson ratio berdasarkan jenis tanah .....	17
<b>Tabel 2.4</b> Bagian-bagian longsor .....	20
<b>Tabel 2.5</b> Beban lalu lintas berdasarkan kelas jalan .....	41
<b>Tabel 2.6</b> Klasifikasi Jalan secara umum menurut kelas, fungsi, dimensi kendaraan maksimum dan muatan terberat (MST) .....	42
<b>Tabel 3.1</b> Jenis tanah berdasarkan berat is tanah (Hardiyatmo, 1992) .....	49
<b>Tabel 3.2</b> Plastisitas tanah (joseph E. Bowles,1997) .....	52
<b>Tabel 3.3</b> Klasifikasi kohesi tanah (joseph E. Bowles,1997) .....	52
<b>Tabel 3.4</b> Klasifikasi tanah eksfansif berdasarkan batas susut (Altmeyer,1955) .	53
<b>Tabel 4.1</b> Hasil Uji Bor Dalam .....	65
<b>Tabel 4.2</b> Pengujian Sifat Fisik dan Sifat Teknik Tanah .....	66
<b>Tabel 4.3</b> Parameter tanah hasil pengujian .....	70
<b>Tabel 4.4</b> Parameter tanah untuk analisa balik .....	71
<b>Tabel 4.5</b> Gaya vertical dan momen yang bekerja.....	76
<b>Tabel 4.6</b> Rekapitulasi Hasil Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah .....	84
<b>Tabel 4.7</b> Rekapitulasi Hasil Analisis Faktor Keamanan Lereng .....	84
<b>Tabel 4.8</b> Resume perhitungan daya dukung tiang.....	84

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Sebagian wilayah Kalimantan merupakan daerah yang memiliki kondisi geografis berbukit dan berlembah, oleh karena itu Kalimantan termasuk wilayah yang memiliki daerah rawan longsor yang cukup tinggi, salah satunya yaitu kabupaten Silat Hulu di Kecamatan Silat Hilir. Tanah di daerah ini umumnya berjenis tanah lempung, tanah ini sangat rentan terhadap pergerakan tanah karena akan lembek jika terkena air dan retak jika udara terlalu panas, maka potensi terjadinya tanah longsor sangat besar bila terjadi hujan yang sangat tinggi. Pada saat hujan air akan mengisi pori-pori tanah dengan cepat, sehingga air akan mengalami kejenuhan dan mengakibatkan pergerakan massa tanah dan batuan.

Pada bulan Juni terjadi longsor di ruas jalan SP Nangasilat – SP Sejiram, longsor tersebut terjadi setelah terjadinya hujan deras. Tidak ada korban jiwa namun akibat kejadian tersebut akses jalan antar wilayah terputus. Longsor di ruas jalan SP Nangasilat terjadi di sekitar bahu jalan, longsor diperkirakan terjadi karena meningkatnya volume air pada saat hujan yang sangat tinggi dan menyebabkan rembesan air pada tanah. Selain disebabkan oleh hujan yang sangat tinggi longsor dapat terjadi karena lereng yang curam, struktur tanah yang kurang padat ataupun oleh beban bangunan, maupun beban lalu lintas.

Pentingnya penanganan longsor untuk dilakukan karena bencana longsor dapat menimbulkan korban jiwa, kerugian material serta terganggunya fasilitas umum seperti terganggunya lalu lintas, rusaknya drainase, pemukiman, lahan pertanian dan yang lainnya. Dengan banyaknya potensi bahaya dan kerugian yang disebabkan oleh tanah longsor maka perlunya dilakukannya penanganan longsor, dalam tugas akhir ini akan dianalisis mengenai penanganan yang tepat dan efisien, dipilih alternatifnya berdasarkan permodelan konstruksi penanganan longsor yang direncanakan, yaitu dengan menggunakan Dinding Penahan Tanah (DPT) maupun bored pile. Penanganan ini digunakan berdasarkan jenis tanah, profil muka air tanah, tinggi lereng yang mengalami kelongsoran.

Penanganan dengan menggunakan DPT digunakan untuk ketinggian longsor dan perbedaan elevasi tanah yg tidak terlalu tinggi karena DPT mengandalkan berat sendiri yang dapat menyebabkan tekanan lateral tanah semakin besar, dan dapat menyebabkan dinding penahan terguling (overtuning) atau bergeser (slidding). Sedangkan untuk tanah longsor yang memiliki permukaan tanah yang berbeda cukup tinggi penangan yang efektif menggunakan bored pile, tetapi harus memperhatikan nilai faktor keamanan dan metode pelaksanaannya. Sedangkan perbaikan drainase digunakan pada tanah longsor yang di akibatkan oleh air yang bergerak ke arah vertikal atau rembes.

### **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Apa yang menjadi penyebab kelongsoran di Ruas Jalan SP Nangasilat ?
2. Bagaimana alternatif penanganan kelongsoran yang terjadi ?
3. Apa metode yang tepat untuk menangani kelongsoran tersebut ?

### **1.3 Maksud dan Tujuan**

Tujuan dari tugas akhir ini adalah :

1. Mengetahui penyebab terjadinya kelongsoran yang terjadi di Ruas Jalan SP Nangasilat .
2. Menentukan alternatif penanganan kelongsoran dengan menggunakan Dinding Penahan tanah (DPT) dan bored pile
3. Mengetahui metode pelaksanaan yang baik untuk penanganan longsor tersebut.

### **1.4 Ruang Lingkup**

Adapun ruang lingkup dari tugas akhir ini yaitu:

1. Menganalisis penanganan longsor yang terjadi.
2. Menganalisis stabilitas lereng dengan bantuan peranti lunak software PLAXIS v20.
3. Melakukan analisis perkuatan lereng dengan menggunakan Dinding penahan tanah dan bored pile

## **1.5 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan laporan ini terdiri dari lima bab secara garis besar di jelaskan sebagai berikut :

### **BAB I PENDAHULUAN**

Berisi latar belakang, perumusan masalah, tujuan penulisan laporan tugas akhir, ruanglingkup penelitian, lokasi dan sistematika penulisan keseluruhan tugas akhir.

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Berisi studi pustaka, literatur yang digunakan untuk menunjang penyusunan/penelitian tugas akhir, meliputi pembahasan topik yang akan di kaji lebih lanjut.

### **BAB III METODE PENELITIAN**

Bab ini berisi tentang metodologi penyelesaian masalah meliputi prosedur pengambilan dan pengujian yang dilakukan untuk pengambilan data teknik analisis dan perancangan.

### **BAB IV. ANALISA DAN PEMBAHASAN**

BAB IV ini berisikan mengenai uraian lengkap tahapan-tahapan analisa dinding penahan tanah, serta analisa stabilitas guling, geser dan daya dukung tanah menggunakan bantuan piranti lunak PLAXIS 2D.

### **BAB V. PENUTUP**

BAB V ini berisikan kesimpulan dan saran dari tugas akhir ini.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Tanah**

Tanah merupakan salah satu penunjang yang membantu kehidupan semua makhluk hidup yang ada di bumi. Tanah juga adalah salah satu bagian penting dalam mendukung pembangunan infrastruktur yang dimana menjadi pijakan dan dasar yang menerima semua beban yang ditimbulkan. Tetapi tidak semua jenis tanah mampu menopang beban yang diterima sehingga tingkat kestabilan dan daya dukung tanah perlu diperhatikan.

Tanah didefinisikan oleh (Das, 1995) sebagai material yang terdiri dari agregat mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut. Tanah terbentuk dari bahan induk yang telah mengalami modifikasi/pelapukan akibat dinamika faktor iklim, organisme (termasuk manusia), dan relief permukaan bumi (topografi) seiring dengan berjalannya waktu (Hans Jenny, 1980). Tekstur tanah ditentukan oleh komposisi tiga partikel pembentuk tanah, pasir, lanau (debu), dan lempung. Tanah pasiran didominasi oleh pasir, tanah lempungan didominasi oleh lempung. Tanah dengan komposisi pasir, lanau, dan lempung yang seimbang dikenal sebagai geluh (loam). Lempung (clay) adalah partikel mineral yang berukuran lebih kecil dari 0,002 mm yang merupakan sumber utama dari kohesi pada tanah yang kohesif (Bowles, 1984).

#### **2.2 Klasifikasi tanah**

Klasifikasi tanah atau sistem klasifikasi tanah merupakan sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda namun mempunyai sifat serupa dikelompokkan berdasarkan pemakaiannya dipengaruhi oleh ukuran butir. Dari ukuran butir yang berbeda dapat dibagi menjadi beberapa kelompok yaitu kerikil (gravels), pasir (sand), lanau (silts), dan lempung (clays).

Terdapat dua sistem klasifikasi tanah yang dipakai dengan memperhitungkan ukuran butir dan batas-batas Atteberg. Kedua sistem klasifikasi tersebut yaitu Sistem Klasifikasi AASHTO

(American Association of State Highway and Transportation Officials) dan Sistem Klasifikasi USCS (Unified Soil Classification System).

Klasifikasi tanah menurut USCS adalah klasifikasi tanah yang umum digunakan. Dalam klasifikasi USCS terdapat dua kelompok besar tanah yaitu ;

1) Tanah berbutir kasar (coarse grained soil) yaitu tanah kerikil dan pasir dimana kurang dari 50% tanah lolos ayakan No. 200. Dalam kelompok ini digunakan dua simbol yaitu G untuk gravel atau krikil dan S untuk sand atau pasir.

2) Tanah berbutir halus (fine grained soil) yaitu tanah yang dimana 50% beratnya lolos ayakan No. 200. Dalam kelompok ini digunakan simbol M untuk lanau, C untuk (clay) atau lempung, O untuk lanau-lempung organik, dan PT untuk tanah gambut serta tanah dengan kadar organik tinggi.

Simbol-simbol yang digunakan:

W = well graded (tanah bergradasi baik)

P = poorly graded (tanah bergradasi buruk)

L = low plasticity (plastisitas rendah  $LL < 50$ )

H = high plasticity (plastisitas tinggi  $LL > 50$ )

**Tabel 2.1** Klasifikasi Tanah menurut USCS

Divisi utama		Simbol Kelompok	Nama umum		
Tanah Berbutir Kasar Lebih dari 50% butiran tertahan pada ayakan No 20	Pasir lebih dari 50% fraksi kasar lolos ayakan No. 4	Kerikil bersih (hanya kerikil)	GW Kerikil bergradasi baik dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus		
			GP Kerikil bergradasi buruk dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butir halus		
		Kerikil dengan butiran halus	GM Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau		
			GC Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung		
	Kerikil 50% atau lebih dari fraksi kasar tertahan pada ayakan No. 4	Pasir bersih (hanya pasir)	SW Pasir bergradasi-baik pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus		
			SP Pasir bergradasi-buruk dan pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus		
		Pasir dengan butiran halus	SM Pasir berlanau, campuran pasir-lanau		
			SC Pasir berlempug campuran pasir-lempung		
			Tanah berbutir Halus 50% atau lebih lolos ayakan No.200	Lanau dan Lempung Batas cair 50% atau kurang	ML Lanau anorganik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung
					CL Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau,lempung kurus(lean clays)
OL Lanau-organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah					
Lanau dan Lempung Batas cair lebih dari 50%		MH Lanau anorganik atau pasir halus diatomae, atau lanau diatomae, lanau yang elastis			
		CH Lempung anorganikdengan plastisitas tinggi, lempung"gemuk" (fat clays)			
		OH Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi			
Tanah-tanah dengan kandungan organik sangat tinggi		PT Peat (gambut),muck dan tanah-tanah lainnya dengan kandungan organik tinggi			

(Sumber: Das, 1985)

Klasifikasi berdasarkan persentase butir halus		Kriteria klasifikasi	
		$C_u = D_{60}/D_{10}$	Lebih besar dari 4
$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$	Antara 1 dan 3		
Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW			
Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$		Batas-batas Atterberg yang digambar dalam daerah yang diarsir merupakan klasifikasi batas yang membutuhkan simbol ganda	
Batas-batas Atterberg di atas garis A atau $PI < 7$			
$C_u = D_{60}/D_{10}$	Lebih besar dari 6		
$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$	Antara 1 dan 3		
Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW			
Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$		Batas-batas Atterberg yang digambar dalam daerah yang diarsir merupakan klasifikasi batas yang membutuhkan simbol ganda	
Batas-batas Atterberg di atas garis A atau $PI < 7$			

Bagan Plastisitas untuk klasifikasi tanah berbutir halus dan fraksi halus dari tanah berbutir kasar.  
 Batas Atterberg yang digambarkan dibawah yang diarsir merupakan klasifikasi batas yang membutuhkan simbol ganda.  
 Persamaan garis A  
 $PI = 0,73(LL - 20)$

(Sumber: Das, 1985)

Kedua sistem klasifikasi baik AASTHO maupun USCS didasarkan pada tekstur plastisitas tanah. Kedua sistem tersebut membagi tanah dalam dua kategori pokok yaitu berbutir kasar (coarse grained) dan berbutir halus (fine grained) yang dipisahkan oleh ayakan No. 200. Namun yang lebih umum digunakan yaitu sistem klasifikasi USCS.

## **2.3 Lereng**

Lereng adalah permukaan bumi yang membentuk sudut kemiringan tertentu dengan bidang horizontal. Lereng merupakan bentuk permukaan bumi yang terbentuk karena proses alami maupun karena buatan manusia dengan tujuan tertentu. Contoh lereng yang terbentuk secara alami adalah lereng sungai, lereng bukit dan tanggul sungai. Sedangkan lereng yang terbentuk karena aktivitas manusia adalah bendungan dan dinding pertambangan (DAS, 1991). Menurut SNI 8460-2017, lereng terbagi menjadi beberapa jenis, diantaranya adalah lereng alam dan lereng buatan (lereng galian dan lereng timbunan).

### **2.3.1 Lereng Alam**

Lereng alam terbentuk akibat kegiatan alam (erosi, gerakan tektonik, dan sebagainya). Material yang membentuk lereng memiliki kecenderungan tergelincir akibat beratnya sendiri dan gaya-gaya luar yang ditahan oleh kuat geser tanah dari material tersebut. Gangguan terhadap kestabilan terjadi bilamana tahanan geser tanah tidak dapat mengimbangi gaya-gaya yang menyebabkan gelincir pada bidang longsor. Lereng alam yang telah stabil selama bertahun-tahun dapat saja mengalami longsor akibat hal-hal berikut:

- a. Kenaikan tekanan air pori (akibat naiknya muka air tanah) karena hujan yang berkepanjangan, pembangunan dan pengisian waduk, gangguan pada sistem drainase, dan lain-lain.
- b. Penurunan kuat geser tanah secara progresif akibat deformasi sepanjang bidang yang berpotensi longsor.
- c. Proses pelapukan; akibat pelapukan batuan dapat mengalami mengalami degradasi.
- d. Gempa; efek gempa menyebabkan inersia dalam arah getaran gempa menyebabkan lereng tidak stabil.
- e. Gangguan luar akibat pemotongan atau timbunan baru.

Aspek penting dari stabilitas lereng alam, yaitu:

- a. Kondisi geologi.
- b. Kondisi topografi.
- c. Kemiringan lereng.
- d. Jenis lapisan tanah.

- e. Kuat geser.
- f. Aliran air bawah permukaan.
- g. Kecepatan pelapukan.
- h. Gangguan lalu lintas.

Faktor-faktor yang menyebabkan ketidakstabilan lereng alam, yaitu:

- a. Perubahan profil kemiringan lereng akibat beban tambahan di bagian atas lereng atau berkurangnya kekuatan di bagian dasar lereng.
- b. Peningkatan tekanan air tanah yang mengakibatkan penurunan tahanan geser pada tanah nonkohesif atau terjadinya pengembangan pada tanah kohesif. Tekanan air tanah dapat meningkat ketika tanah mengalami penjujukan akibat air hujan, rembesan, atau munculnya air permukaan.
- c. Penurunan kuat geser tanah atau batuan yang disebabkan oleh pelapukan, pencucian, perubahan mineralogi, dan adanya rekahan.
- d. Getaran yang disebabkan oleh gempa bumi, peledakan, atau pemancangan tiang.

### **2.3.2 Lereng Buatan Manusia**

#### **a. Lereng Galian**

Lereng galian terbentuk akibat kegiatan penggalian atau pemotongan pada tanah asli. Perancangan pemotongan lereng galian yang dimaksud adalah usaha untuk membuat suatu lereng dengan kemiringan tertentu yang cukup aman dan ekonomis. Stabilitas pemotongan ditentukan oleh kondisi geologi, sifat teknis tanah, tekanan air akibat rembesan, dan cara pemotongan.

Aspek penting dari stabilitas lereng galian, yaitu:

- 1. Kuat geser pada bagian galian.
- 2. Berat isi tanah.
- 3. Tinggi lereng.
- 4. Kemiringan lereng.
- 5. Tekanan air pori.

#### **b. Lereng Timbunan (Embankment)**

Lereng timbunan umumnya digunakan untuk badan jalan raya, jalan kereta api, dan bendungan tanah. Sifat teknis lereng timbunan dipengaruhi oleh jenis tanah, cara penimbunan dan derajat kepadatan tanah. Analisis secara terpisah harus dilakukan

pada lereng timbunan, yaitu pada kondisi jangka pendek (saat penimbunan selesai), kondisi jangka panjang, kondisi penurunan muka air seketika (sudden draw-down), dan gangguan gempa.

Faktor-faktor yang menyebabkan ketidakstabilan lereng timbunan, yaitu:

1. Terjadinya overstressing pada fondasi timbunan tanah kohesif setelah masa konstruksi. Biasanya pada lereng timbunan, stabilitas jangka pendek pada tanah kohesif lunak lebih penting daripada stabilitas jangka panjang, karena fondasi timbunan mendapatkan kekuatan yang merupakan hasil disipasi air pori. Perlu pemeriksaan stabilitas pada beberapa kondisi tekanan air pori.
2. Penurunan muka air cepat dan erosi buluh. Pada timbunan bendungan, penurunan muka air cepat menyebabkan meningkatnya beban efektif timbunan tanah yang dapat menyebabkan ketidakstabilan. Penyebab lain dari ketidakstabilan lereng timbunan adalah erosi bawah permukaan atau erosi buluh.
3. Gaya-gaya dinamis. Getaran dapat dipicu oleh gempa bumi, peledakan, pemancangan tiang, dan lainnya.

#### **2.4 Klasifikasi Pergerakan Lereng**

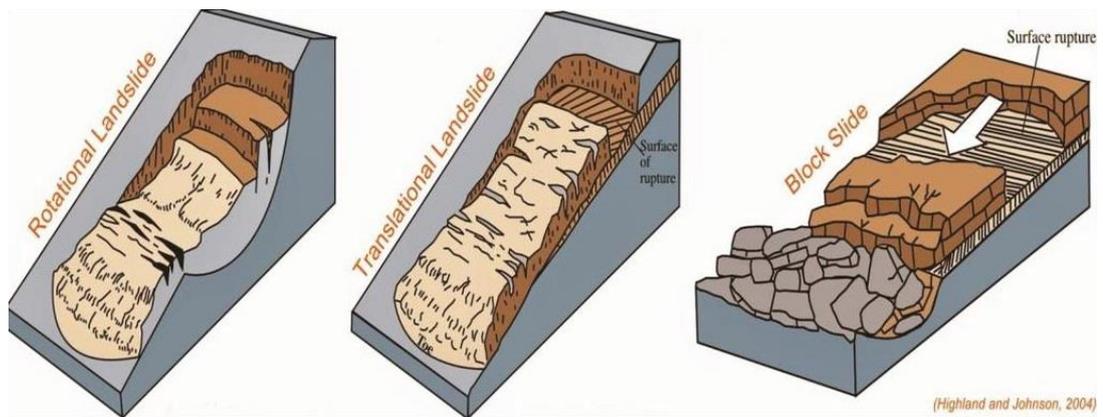
Tanah longsor adalah gerakan massa batuan, serta puing-puing atau tanah yang menuruni sebuah lereng. Longsor juga dapat terjadi pada lereng alam atau pun buatan. Hal ini diakibatkan karena adanya kuat geser tanah ( $c$ ) dan sudut geser tanah ( $\phi$ ). Tanah yang mengalami longsor terdapat tiga penyebab utama yaitu tanah yang jenuh air, aktivitas seismik, dan aktivitas vulkanik. Faktor kerentanan tanah longsor adalah lokasi, aktivitas manusia, penggunaan lahan, dan frekuensi terjadinya longsor. Tipe klasifikasi pergerakan longsor menurut Varnes (1978) sebagai berikut:

##### **1. Tipe Gelincir (slide)**

Tipe gelincir ini terdiri dari tiga jenis utama yaitu tipe gelincir rasional, tipe gelincir transional dan tipe gelincir blok.

- a. Tipe gelincir rasional (rotational slide) Tipe gelincir rasional ini merupakan pergerakan massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk cekung ke atas, dan pergerakan longsornya secara umum berputas pada satu sumbu yang sejajar dengan permukaan tanah.

- b. Tipe gelincir transional (translational slide) Tipe gelincir transional ini merupakan bergerakanya massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk rata dengan sedikit rotasi atau miring ke belakang.
- c. Tipe gelincir blok (block slide) Tipe gelincir block ini merupakan pergerakan batuan yang hampir sama dengan translational slide, tetapi massa yang bergerak terdiri dari blok-blok yang koheran.

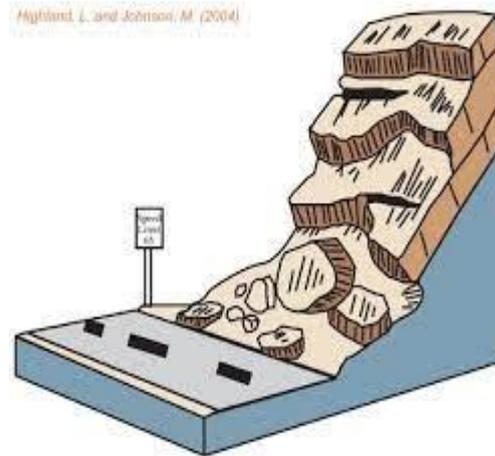


**Gambar 2.1** Tipe longsoran

(sumber: Highland dan Jahnson, 2004)

## 2. Tipe Runtuhan (fall)

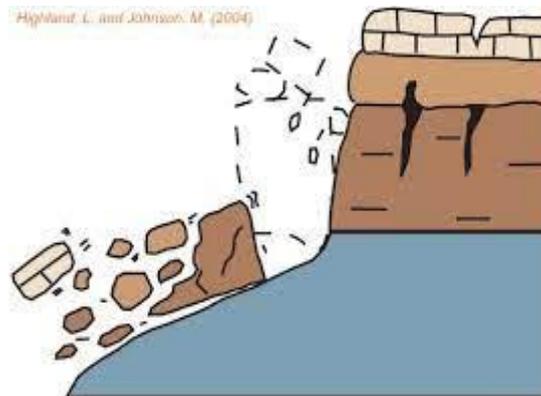
Tipe runtuhan adalah gerakan massa jatuh melalui udara. Umumnya massa yang jatuh ini terlepas dari lereng yang curam dan tidak ditahan oleh suatu geseran dengan material yang berbatasan. Pada jenis runtuhan batuan umumnya terjadi dengan cepat dan ada kemungkinan tidak didahului dengan gerakan awal.



**Gambar 2.2** Longsoran tipe jatuhan  
(Sumber: Highland dan Johnson, 2004)

### 3. Tipe Pengelupasan (Topples)

Tipe pengelupasan adalah gerakan ini berupa rotasi keluar dari suatu unit massa yang berputar terhadap suatu titik akibat gaya gravitasi atau gaya-gaya lain seperti adanya air dalam rekahan.

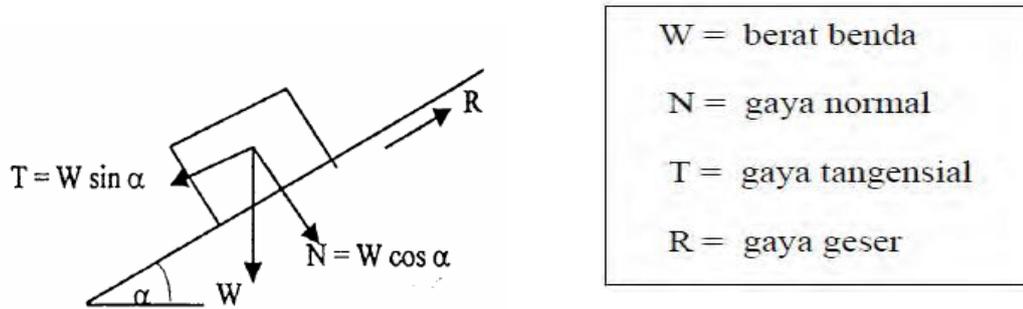


**Gambar 2.3** Longsoran tipe robohan  
(Sumber: Highland dan Johnson, 2004).

#### 2.4.1 Analisis Stabilitas Lereng

Analisis stabilitas lereng di dasarkan pada mekanisme gerak suatu benda yang terletak pada bidang miring, dimana benda yang menjadi objek tinjauan adalah butir

tanah, seperti terlihat pada **Gambar 2.4** yang menganalisis mekanisme gerak benda pada benda miring serta gaya – gaya yang mempengaruhinya.



**Gambar 2.4** Mekanisme gerak benda

Sumber : Buku petunjuk teknis perencanaan dan penanganan longsoran

Pada Gambar 2.6 terlihat bahwa yang akan longsor adalah  $T$ , sedangkan gaya yang melawan longsor adalah  $R$  yaitu gaya geser yang terjadi antara berat beda  $W$  dengan bidang miring, dengan demikian dapat dikatakan bila :

- $R/T < 1$  Benda akan bergerak ( Labil / longsor )
- $R/T = 1$  Benda dalam keadaan seimbang (tidak bergerak)
- $R/T > 1$  Benda akan diam (stabil)

Mekanisme gerak benda di atas pada kestabilan lereng adalah untuk mengetahui stabilitas tanah terhadap longsoran dan stabilitas tanah akibat gaya gaya lateral yang terjadi pada tanah. Selain mekanisme gerak yang di sebabkan oleh gaya – gaya lateral, perlunya dianalisis parameter – parameter yang mempengaruhi terjadinya longsoran tersebut.

#### 2.4.2 Penyelidikan Tanah

Penyelidikan tanah dilakukan untuk memperoleh contoh tanah dan batuan untuk keperluan identifikasi dan untuk menentukan parameter- parameter tanah yang diperlukan, Penyelidikan tanah mencakup antara lain, pekerjaan sondir, pengambilan contoh tanah, dan pengujian laboratorium

## 1. Pekerjaan Sondir

Sondir merupakan pekerjaan pengujian lapangan yang dilakukan untuk pengujian tanah, pekerjaan sondir dilakukan untuk mengetahui kekerasan tanah pada kedalaman tertentu dan untuk menentukan daya lekat tanah. Menurut ASTM

pengujian ini dilakukan dengan menggunakan alat sondir dengan cara menekan ujung konus ke dalam tanah dengan kecepatan tetap 0,5 – 1 cm/detik dan di ukur setiap interval 20 cm. acuan untuk pekerjaan sondir ada di dalam SNI 2827:2008 dan ASTM D3441

## 2. Pengambilan contoh tanah

Pengambilan contoh tanah dilakukan menggunakan alat bor tanah untuk mengidentifikasi jenis-jenis tanah pada kedalaman tertentu dengan mengamati sifat-sifat tanah seperti, tekstur, warna,pori dan sebagainya. Pengambilan sampel tanah dibagi dalam dua katagori yaitu sampel tanah asli (*undisturbed sample*) dan sampel tanah tidak asli (*disturbed sample*). Sampel tanah asli (*undisturbed sample*) adalah tanah yang di peroleh dari hasil pemboran yang diambil menggunakan tabung sampel sebagai pelindung tanah dengan maksud mempertahankan sifat-sifat asli tanah agar tidak mengalami perubahan struktur, kadar air ataupun susunan kimia tanah. Pengambilan sampel tanah asli (*undisturbed sample*) mengikuti ASTM D-1587 dan SNI 03-6802-2002. Tanah yang benar-benar asli tidak dapat diperoleh meskipun teknik pengambilan contoh tanah dilakukan secara hati-hati dan melakukan pengamatan yang tepat, tetapi kerusakan-kerusakan tanah dapat diminimalisir. Sedangkan yang di maksud sampel tanah tidak asli (*disturbed sample*) yaitu tanah yang di ambil tidak menggunakan pelindung tanah untuk menjaga struktur tanah, tetapi tetap saja perubahan kadar air tanah harus tetap diperhatikan.

## 3. Parameter Tanah

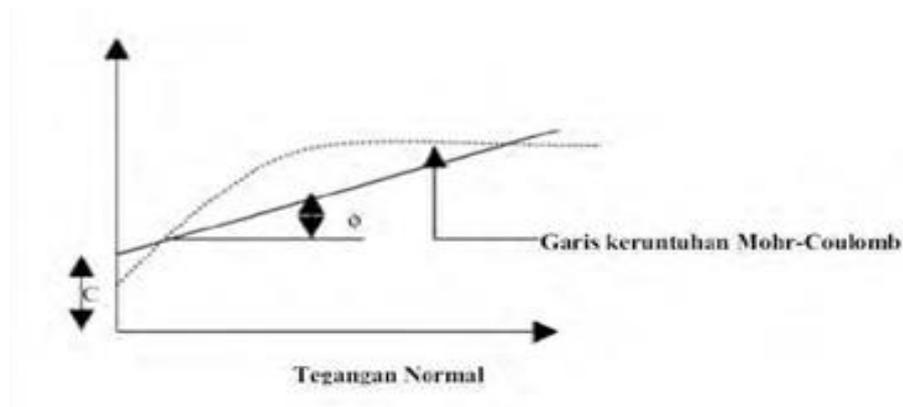
Untuk mengetahui parameter-parameter tanah dilakukan pengujian labolatorium yang di ambil dari tanah hasil pemboran. Parameter tanah yang dibutuhkan untuk analisis stabilitas lereng yaitu : Kohesi ( $c$ ), Sudut geser ( $\phi$ ), Modulus Elastisitas tanah ( $E_s$ ), Berat Isi tanah ( $\gamma$ ), *Poisson Ratio* ( $\nu$ ). Berikut

adalah pengujian laboratorium yang dilakukan untuk mencari parameter tanah tersebut

a. Uji Geser Langsung (*Direct Shear*)

Uji geser langsung dilakukan untuk menentukan parameter sudut geser ( $\phi$ ) yang dinyatakan dalam derajat ( $^{\circ}$ ) dan kohesi ( $c$ ) yang dinyatakan dalam  $\text{kg/cm}^2$ . Benda uji pada pengujian ini dapat di buat menggunakan beda uji tanah asli (*Undisturbed sample*), benda uji asli bukan dari tabung dan benda uji buatan (dipadatkan). Pengujian mengikuti (AASHTO T - 236 -72 dan D - 3080 – 89) DAN SNI 2813-2008.

Hasil dari pengujian direct shear akan di dapat kurva hubungan antara tegangan geser dan tegangan normal Berikut adalah **Gambar 2.5** kurva *direct shear*



**Gambar 2.5** kurva *direct shear*

Sumber : <https://www.scribd.com/doc/36208192/Uji-Geser-Langsung>  
Laporan Uji Tanah Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bandung

b. Berat Isi Tanah

Menurut Lembaga Penelitian Tanah (1979), definisi berat isi tanah adalah berat tanah utuh (undisturbed) dalam keadaan kering dibagi dengan volume tanah, dinyatakan dalam  $\text{g/cm}^3$  ( $\text{g/cc}$ ). pengujian ini dijelaskan dalam ASTM D - 2216 – 89 dan SNI 03-3637-1994. Nilai berat isi tanah sangat bervariasi antara satu titik dengan titik lainnya karena perbedaan kandungan bahan organik, tekstur tanah, kedalaman tanah, jenis fauna tanah, dan kadar air tanah (Agus et al. 2006).

Sedangkan untuk parameter tanah lainnya seperti Modulus elastisitas tanah ( $E_s$ ) dan Poission Ratio ( $\nu$ ) dapat diketahui berdasarkan jenis tanah.

c. Modulus Elastisitas tanah (E)

Modulus elastisitas menunjukkan besarnya nilai elastisitas tanah yang merupakan perbandingan antara tegangan yang terjadi terhadap regangan. Perkiraan nilai E untuk tiap jenis tanah terdapat pada **Tabel 2.2**

**Tabel 2.2** Perkiraan nilai E berdasarkan jenis tanah ( Bowles ,1997)

Jenis Tanah	E (Kg/cm <sup>2</sup> )
<b>LEMPUNG</b>	
Sangat lunak	3 – 30
Lunak	20 – 40
Sedang	45 – 90
Berpasir	300 – 425
<b>PASIR</b>	
Berlanau	50 – 200
Tidak padat	100 – 250
Padat	500 – 1000
<b>PASIR DAN KERIKIL</b>	
Padat	800 – 2000
Tidak padat	500 – 1400
	20 – 200
<b>LANAU</b>	
	150 – 600
<b>LOESS</b>	
	1400 - 14000
<b>CADAS</b>	

d. Poisson Ratio

Nilai poisson ratio ditentukan sebagai kompresi poros, terhadap regangan permukaan lateral. Nilai poisson ratio dapat ditentukan berdasarkan jenis tanah seperti pada **Tabel 2.3**

**Tabel 2.3** Perkiraan angka Poisson ratio berdasarkan jenis tanah ( Das M, 2002)

Jenis Tanah	$\nu$ (Poisson Ratio)
Lempung jenuh	0,40 – 0,50
Lempung tak jenuh	0,10 – 0,30
Lempung berpasir	0,20 – 0,30
Lanau	0,30 – 0,35
Pasir padat	0,20 – 0,40
Pasir kasar	0,15
Pasir halus	0,25
Batu	0,10 – 0,40
Loess	0,10 – 0,30

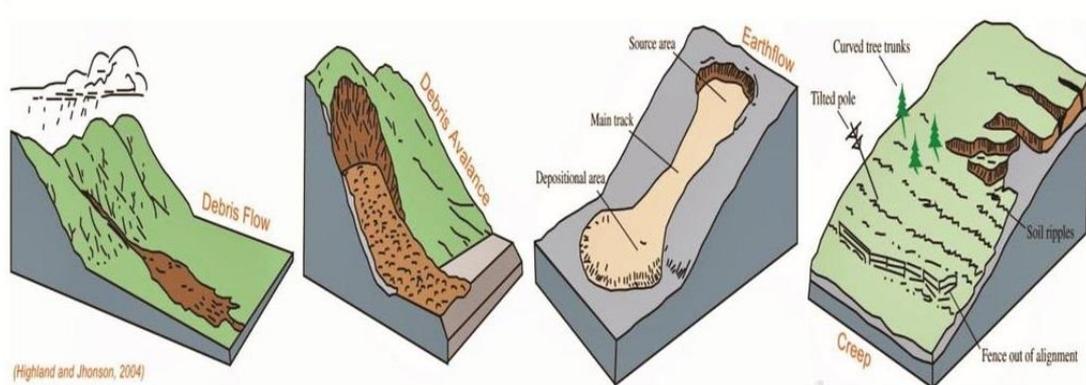
## 2.5 Kategori Aliran Tanah Longsor

Aliran tanah yang dikemukakan oleh P. Paulus (2002) bahwa longsor terdapat beberapa kategori, yaitu:

1. *Debris flow* adalah bentuk gerakan massa yang tepat di mana campuran tanah gembur, batu, bahan organik, udara, dan air bergerak seperti bubur yang mengalir pada suatu lereng. *Debris flow* biasanya disebabkan oleh aliran permukaan air yang intens, karena hujan lebat atau pencairan salju yang cepat, yang mengikis dan memobilisasi tanah gembur atau batuan pada lereng yang curam.
2. *Debris avalanche* adalah longsor es pada lereng terjal. Jenis ini merupakan jenis aliran debris yang pergerakannya terjadi sangat cepat.
3. *Earthflow* terbentuk seperti jam pasir. Pergerakan memanjang dari material halus atau batuan yang mengandung mineral lempung di lereng moderat dan

dalam kondisi jenuh air, membentuk mangkuk atau suatu depresi di bagian atasnya.

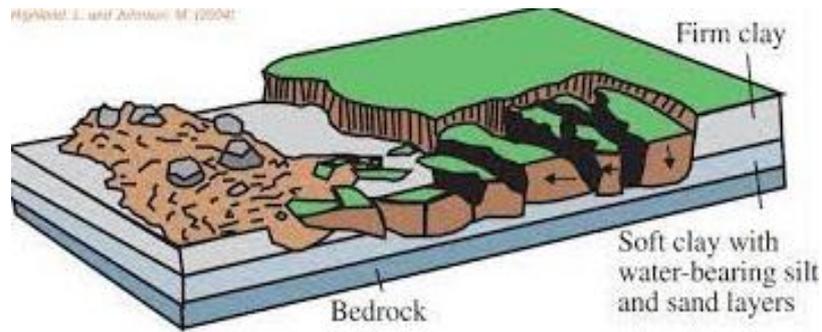
4. *Mudflow* adalah sebuah luapan lumpur (hampir sama seperti *earthflow*) terdiri dari bahan setidaknya 50% pasir, lanau, dan partikel berukuran tanah liat
5. *Creep* adalah perpindahan tanah atau batuan pada suatu lereng. Secara lambat dan stabil. Gerakan ini disebabkan oleh shear stress, pada umumnya terdiri dari tiga jenis:
  - a) *Seasonal*, di mana gerakan berada dalam kedalaman tanah, dipengaruhi oleh perubahan kelembaban dan suhu tanah yang terjadi secara musiman.
  - b) *Continuous*, di mana shear stress terjadi secara terus menerus melebihi ketahanan material longsor.
  - c) *Progressive*, di mana lereng mencapai titik failure untuk menghasilkan suatu gerakan massa. *Creep* ditandai dengan adanya batang pohon yang mendukung, pagar atau dinding penahan yang bengkok, dan adanya riak tanah kecil atau pegunungan.



**Gambar 2.6** Aliran longsor

(Sumber: Highland and Johnson, 2004)

1. *Lateral spreads* umumnya terjadi pada lereng yang landai atau medan datar. Gerakan utamanya adalah ekstensi lateral yang disertai dengan kekar geser atau kekar tarik. Hal ini disebabkan oleh likuifaksi, suatu proses di mana tanah terjadi jenuh terhadap air, loose, kohesi sedimen (biasanya pasir dan lanau) perubahan dari padat ke keadaan cair.

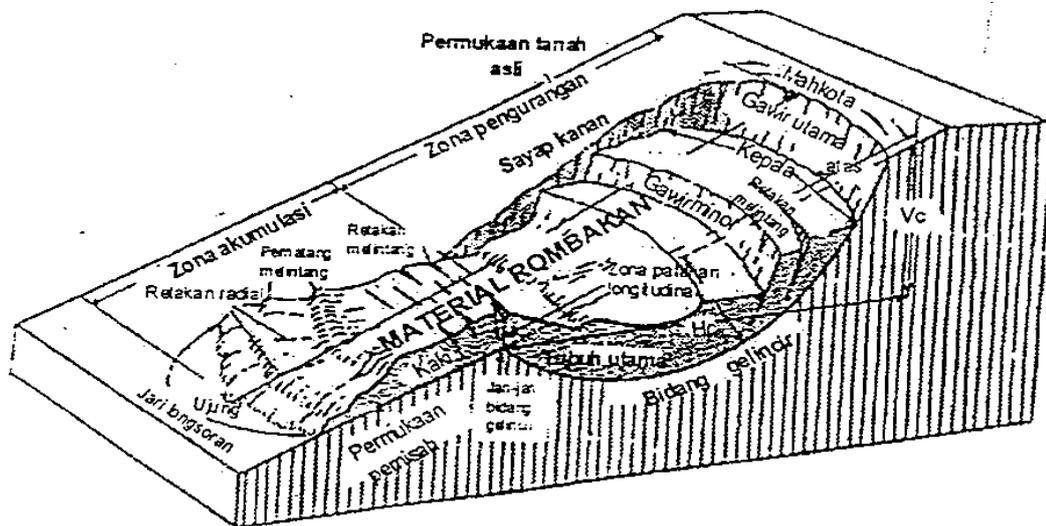


**Gambar 2.7** Lateral spreads

(Sumber: Highland and Johnson, 2004)

### 2.5.1 Bagian-Bagian Longsoran

Di Indonesia, longsoran dengan bidang gelincir melengkung banyak terjadi, terutama pada lereng dengan tanah lempung atau lempung pasir. Untuk itu perlu adanya pemahaman istilah teknis tentang bagian-bagian pada geometri suatu longsoran. Pemahaman tentang bagian-bagian geometri longsoran ini diperlukan dalam upaya pencegahan dan penanggulangan longsoran. Bagian-bagian tersebut ditunjukkan pada Gambar 2.6. Bagian-bagian longsor pada **Gambar 2.8** diuraikan oleh Varnes (1978) dalam **Tabel 2.5**



**Gambar 2.8** Bagian-bagian longsoran

(Sumber: Varnes, 1978)

**Tabel 2.4** Bagian-bagian longsoran (Varnes,1978)

Nama	Definisi
Mahkota Longsoran	Daerah yang tidak bergerak dan berdekatan dengan bagian tertinggi dari tebing atau gawir utama longsoran
Tebing atau gawir utama longsoran	Permukaan lereng yang curam pada tanah yang tidak terganggu dan terletak pada bagian atas dari longsoran
Puncak Longsoran	Titik tertinggi terletak di antara kontak material yang bergerak atau pindah dengan tebing atau gawir utama longsoran
Kepala Longsoran	Bagian atas dari longsoran sepanjang kontak antara material yang bergerak atau pindah dan tebing atau gawir utama longsoran
Tebing atau gawir minor	Permukaan yang curam pada material yang bergerak atau pindah yang dihasilkan oleh pergerakan ikutan dari material longsoran
Tubuh Utama	Bagian longsoran yang terletak pada material yang bergerak yang merupakan tampalan antara bidang gelincir, tebing utama longsoran dan jari bidang gelincir
Kaki Longsoran	Bagian dari longsoran yang bergerak mulai dari jari bidang gelincir dan bertampalan dengan permukaan tanah asli
Ujung Longsoran	Titik pada jari kaki longsoran yang letaknya paling jauh dari puncak longsoran
Jari Kaki Longsoran	Bagian paling bawah longsoran yang biasanya berbentuk lengkung, berasal dari material longsoran yang bergerak dan letaknya paling jauh dari tebing utama
Bidang Gelincir	Bidang kedap air yang menjadi landasan Bergeraknya massa tanah
Jari dari bidang gelincir	Tampalan antara bagian bawah dari bidang gelincir longsoran dengan permukaan tanah asli
Permukaan Pemisah	Bagian dari permukaan tanah asli yang bertampalan dengan kaki longsoran
Material yang bergerak	Material yang bergerak dari posisi asli yang digerakkan oleh longsoran yang dibentuk oleh massa yang tertekan dan akumulasi massa
Daerah yang tertekan	Daerah dari longsoran yang terdapat di dalam material yang bergerak dan terletak di bawah permukaan tanah asli
Zona akumulasi	Daerah dari longsoran yang terdapat di dalam material yang bergerak dan terletak di atas permukaan tanah asli

### 2.5.2 Penyebab Tanah Longsor

Faktor penyebab terjadinya gerakan pada tanah longsor tergantung pada kondisi batuan dan tanah penyusun lereng, struktur geologi, curah hujan, vegetasi penutup dan penggunaan lahan pada lereng tersebut, tetapi secara garis besar dapat dibedakan sebagai faktor alami dan manusia.

#### a. Faktor alam

Kondisi alam yang menjadi faktor utama terjadinya longsor antara lain:

1. Kondisi geologi: batuan lapuk, kemiringan lapisan, sisipan lapisan batu lempung, lereng yang terjal yang diakibatkan oleh struktur sesar dan kekar (patahan dan lipatan), gempa bumi, stratigrafi dan gunung api, lapisan batuan yang kedap air miring ke lereng yang berfungsi sebagai bidang longsoran, adanya retakan karena proses alam (gempa bumi, tektonik).
2. Keadaan tanah : erosi dan pengikisan, adanya daerah longsoran lama, ketebalan tanah pelapukan bersifat lembek, butiran halus, tanah jenuh karena air hujan.
3. Iklim: curah hujan yang tinggi, air (hujan. di atas normal)
4. Keadaan topografi: lereng yang curam.
5. Keadaan tata air: kondisi drainase yang tersumbat, akumulasi massa air, erosi dalam, pelarutan dan tekanan hidrostatika, susut air cepat, banjir, aliran bawah tanah pada sungai lama.

#### b. Faktor manusia

Faktor manusia yang menyebabkan kelongsoran antara lain :

1. Pemotongan tebing pada penambangan batu di lereng yang terjal.
2. Penimbunan tanah urugan di daerah lereng.
3. Kegagalan struktur dinding penahan tanah.
4. Perubahan tata lahan seperti penggundulan hutan menjadi lahan basah yang menyebabkan terjadinya pengikisan oleh air permukaan dan menyebabkan tanah menjadi lembek.
5. Adanya budidaya kolam ikan dan genangan air di atas lereng. Sistem pertanian yang tidak memperhatikan irigasi yang aman.

6. Terjadinya bocoran air saluran dan luapan air saluran.

## 2.6 Tekanan Tanah Lateral

Tekanan tanah lateral adalah gaya yang ditimbulkan oleh akibat dorongan tanah dibelakang struktur penahan tanah. Dalam perancangan dinding penahan dilakukan cara analisis dengan kondisi yang akan terjadi pada keadaan runtuh , kemudian diberikan faktor keamanan yang cukup.

Menurut Hardiyatmo (2003), analisis tekanan tanah lateral ditinjau pada kondisi keseimbangan plastis,yaitu saat massa tanah pada kondisi tepat saat akan runtuh . Besar dan distribusi tekanan tanah adalah fungsidariperubahan letak (displacement) dan regangan (strain).

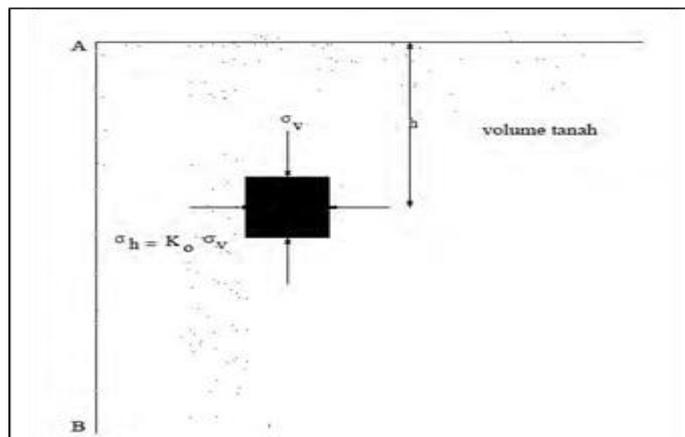
Pada prinsipnya kondisi tanah dalam kedudukannya ada 3 kemungkinan, yaitu :

- Dalam Keadaan Diam (  $K_0$  )
- Dalam Keadaan Aktif (  $K_a$  )
- Dalam Keadaan Pasif (  $K_p$  )

### 2.6.1 Tekanan Tanah Dalam Keadaan Diam

Tanah terbentuk dari pelapukan batuan dan proses pengendapan. Selama proses pengendapan, tanah mengalami konsolidasi karena pengaruh tekanan overburden yaitu oleh akibat beban tanahnya sendiri.

Bila kita tinjau massa tanah seperti yang ditunjukkan dalam **Gambar 2.9** Massa tanah dibatasi oleh dinding dengan permukaan licin AB yang dipasang sampai kedalaman tak terhingga. Suatu elemen tanah yang terletak pada kedalaman h akan terkena tekanan arah vertical dan tekanan arah horizontal.



**Gambar 2.9** Tekanan tanah dalam keadaan diam

Bila dinding AB dalam keadaan diam, yaitu bila dinding tidak bergerak ke salah satu arah baik kekanan maupun kekiri dari posisi awal, maka massa tanah akan berada dalam keadaan keseimbangan elastis ( elastic equilibrium ). Kondisi keseimbangan di tempat yang dihasilkan dari kedudukan tegangan-tegangan dengan tanpa terjadinya tegangan geser di definisikan sebagai kondisi  $K_0$  (Koefisien tekanan tanah dalam keadaan diam) atau,

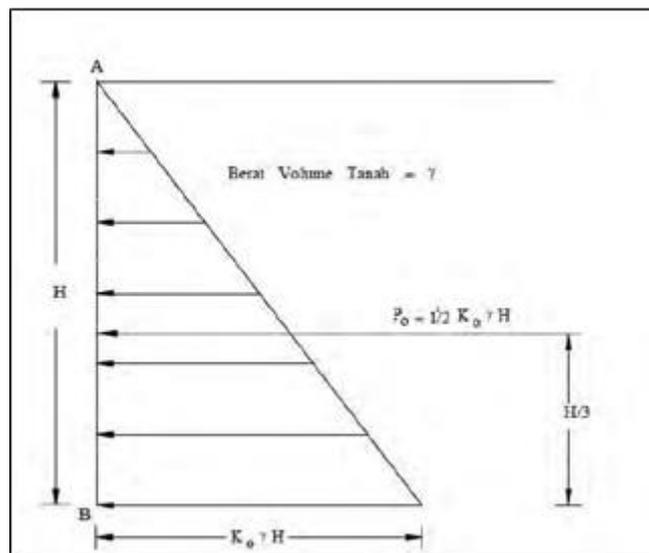
$$K_0 = \frac{\sigma_h}{\sigma_v} \dots\dots\dots (2.1)$$

Karena  $\sigma_v = \gamma h$  maka

$$\sigma_h = K_0 (\gamma h) \dots\dots\dots (2.2)$$

Sehingga koefisien tekanan tanah dalam keadaan diam dapat diwakili oleh hubungan empiris yang diperkenalkan oleh Jaky ( 1994 ).

$$K_0 = 1 \sin \phi \dots\dots\dots (2.3)$$



**Gambar 2.10** Distribusi tekanan tanah keadaan diam

**Gambar 2.10** menunjukkan distribusi tekanan tanah dalam keadaan diam yang bekerja pada dinding setinggi H. Gaya total persatuan lebar dinding,  $P_0$ , adalah sama dengan luas dari diagram tekanan tanah yang bersangkutan. Jadi :

$$P_0 = \frac{1}{2} K_0 \gamma h^2 \dots\dots\dots (2.4)$$

### 2.6.2 Tekanan Tanah Aktif

Menurut Hardi yatmo (2003), tekanan tanah aktif adalah tekanan yang terjadi pada dinding penahan yang mengalami keluluhan atau bergerak ke arah luar dari

tanah urugan di belakangnya, sehingga menyebabkan tanah urug akan bergerak longsor ke bawah dan menekan dinding penahannya, sedangkan nilai banding tekanan horizontal dan tekanan vertikal yang terjadi didefinisikan sebagai koefisien tekanan tanah aktif atau  $K_a$ . Nilai tekanan aktif lebih kecil dari nilai tekanan saat diam.

1) Tekanan aktif yang bekerja pada dasar dinding adalah

$$\sigma_a = \gamma \cdot K_a \cdot H \dots \dots \dots (2.5)$$

Atau sama dengan,

2) Gaya aktif yang bekerja pada dinding penahan tanah (DPT) nonkohesif.

$$P_a = K_a \cdot \gamma \cdot H \dots \dots \dots (2.6)$$

Dimana :

$P_a$  = Tekanan tanah aktif

$K_a$  = Koefisien aktif

$\gamma$  = Berat volume tanah (KN/m<sup>3</sup>)

$H$  = Kedalaman tanah dihitung dari puncak dinding penahan

Harga  $K_a$  untuk tanah datar

$$K_a = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} = \tan^2 \left( 45 - \frac{\phi}{2} \right) \dots \dots \dots (2.7)$$

Dimana :

$K_a$  = Koefisien aktif

$\phi$  = Sudut geser tanah (°)

Harga  $K_a$  untuk tanah miring

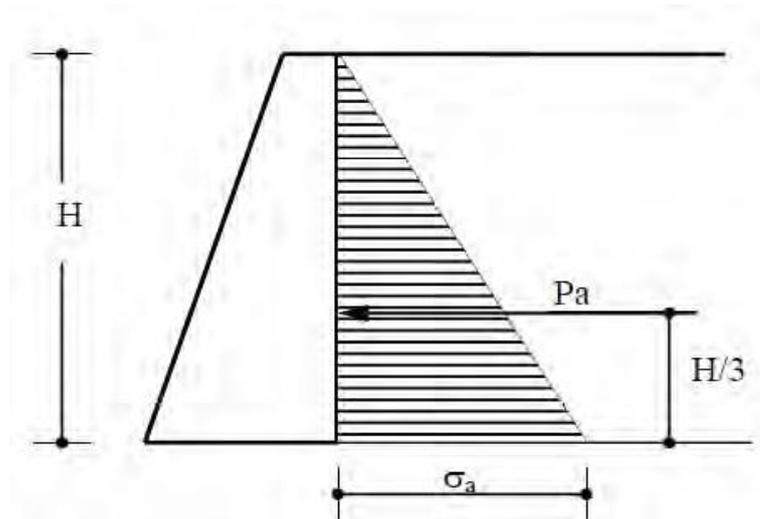
$$K_a = \cos \beta \frac{\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}}{\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}} \dots \dots \dots (2.8)$$

Dimana :

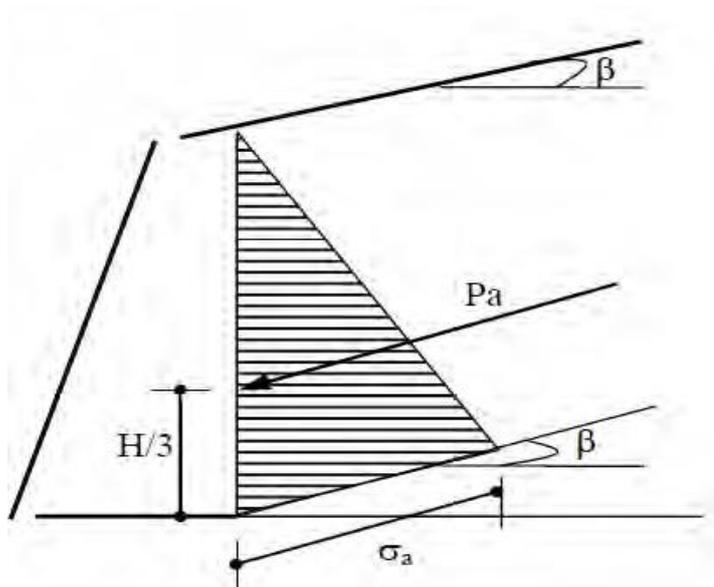
$K_a$  = Koefisien aktif

$\phi$  = Sudut geser tanah (°)

$\beta$  = Kemiringan permukaan tanah urug (°)



**Gambar 2.11** Gaya aktif metode rankie dinding penahan tanah permukaan rata  
 Sumber : <https://www.scribd.com/document/156560921/Dinding-Penahan-Tanah>



**Gambar 2.12** Gaya aktif metode rankie dinding penahan tanah permukaan miring  
 Sumber : <https://www.scribd.com/document/156560921/Dinding-Penahan-Tanah>

3) Gaya aktif pada dinding penahan pada tanah kohesif

$$Pa = \gamma \cdot H \cdot K\alpha(-2c \cdot K\alpha) \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana :

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

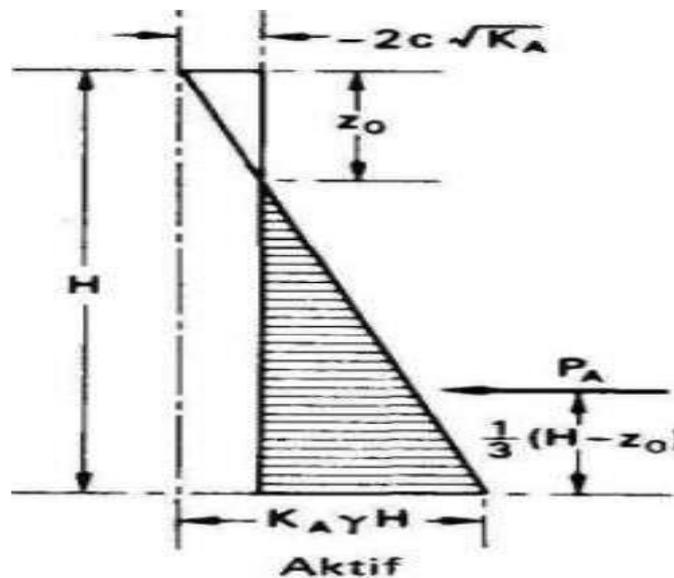
$\gamma$  = Berat volume tanah (kN/m<sup>3</sup>)

$H$  = Kedalaman tanah dihitung dari puncak dinding penahan (m)

$K_a$  = Koefisien aktif  
 $c$  = Kohesi (kN/m<sup>2</sup>)

Nilai negatif memberikan pengertian adanya gaya tarik yang bekerja, yang dimulai dari kedalaman tertentu ( $h_c$ ) pada permukaan. Dapat dilihat pada **Gambar 2.13**. Kedalaman dimana  $P_a = 0$ , akan memberikan kedalaman retakan tanah urug akibat gaya tarik.

$$h_c = \frac{2c}{\gamma\sqrt{K_a}} \dots\dots\dots (2.10)$$



**Gambar 2.13** Kedalaman retakan tanah urug  
 Sumber: <https://www.scribd.com/document/156560921/Dinding-Penahan-Tanah>

### 2.6.3 Tekanan Tanah Pasif

Menurut Hardiyatmo (2003), tekanan pasif adalah tekanan tanah yang terjadi saat gaya mendorong dinding penahan tanah ke arah tanah urugannya, sedangkan nilai banding tekanan horisontal dan vertikal yang terjadi di definisikan sebagai koefisien tekanan tanah pasif atau  $k_p$ . Nilai tekanan pasif lebih besar dari nilai tekanan tanah saat diam dan nilai tekanan aktif. Tekanan tanah pasif menunjukkan nilai maksimum dari gaya yang dapat dikembangkan oleh tanah pada gerakan

struktur penahan terhadap urugannya, yaitu dimana tanah harus menahan gerakan dinding penahan tanah sebelum mengalami keruntuhan.

1) Gaya Pasif pada dinding penahan tanah (DPT) pada tanah tak kohesif

$$P_p = K_p \cdot \gamma \cdot H \dots\dots\dots (2.11)$$

Atau

$$P_p = \frac{1}{2} \gamma \cdot H^2 \cdot K_p \dots\dots\dots (2.12)$$

Dimana :

$P_p$  = Tekanan tanah pasif (kN/m)

$K_p$  = Koefisien pasif

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

$H$  = Kedalaman tanah dihitung dari puncak dinding penahan (m)

Harga  $K_p$  untuk tanah datar

$$K_a = \frac{1+\sin \phi}{1-\sin \phi} = \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right) \dots\dots\dots (2.13)$$

Dimana :

$K_p$  = Koefisien pasif

$\Phi$  = Sudut geser tanah (°)

Harga  $K_p$  untuk tanah miring

$$K_a = \cos^2 \beta \frac{\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}}{\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}} \dots\dots\dots (2.14)$$

Dimana :

$K_p$  = Koefisien pasif

$\phi$  = Sudut geser tanah (°)

$\beta$  = Kemiringan permukaan tanah urug (°)

2) Gaya pasif pada dinding penahan pada tanah kohesif

$$P_p = \gamma \cdot H \cdot K_p - 2c \sqrt{K_p} \dots\dots\dots (2.15)$$

Dimana :

$P_p$  = Tekanan tanah pasif (kN/m)

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

- $z$  = Kedalaman tanah dihitung dari puncak dinding penahan  
 $K_p$  = Koefisien pasif  
 $c$  = Kohesi (kN/m<sup>2</sup>)

## **2.7 Penanganan Longsor**

Penanganan longsor dilakukan tergantung pada tipe dan sifat gerakan tanah, kondisi lapangan dan geologi, dan dengan kemudahan dalam pengerjaannya (*work ability*) dan efisien.

Kelongsoran pada lereng terjadi bila keseimbangan gaya – gaya yang bekerja terganggu, yaitu gaya gaya pendorong melampaui gaya penahan. Oleh karena itu prinsip penanganan longsor adalah mengurangi gaya pendorong atau menambah gaya penahan. Cara penanganan longsor dengan mengurangi gaya pendorong dapat dilakukan dengan mengendalikan air permukaan dan mengubah geometri lereng sedangkan penanganan longsor dengan menambah gaya penahan dapat dilakukan dengan mengendalikan air rembesan dan penambatan.

### **2.7.1 Mengubah Geometri Lereng**

Pengubahan geometri lereng dapat dilakukan dengan pemotongan dan penimbunan. Bagian yang dipotong disesuaikan dengan geometri daerah longsor, sedangkan penimbunan dilakukan pada bagian kaki lereng. Pemotongan geometri terdiri dari pemotongan kepala, pelandaian tebing, penanggaan, pemotongan habis, pengupasan tebing dan pengupasan lereng.

Perlu diingat bahwa keuntungan pemotongan adalah untuk mengurangi tegangan. Hal ini dapat dicapai dengan pemotongan di bagian yang lebih banyak menimbulkan tegangan tangensial daripada tahanan geser. Sebagai contoh, pemotongan di ujung kaki lereng dapat mengurangi tahanan geser. Cara pemotongan ini hanya dapat dilakukan untuk longsor yang mempunyai massa relatif kecil baik sebagai penanggulangan maupun pencegahan dan juga harus diperhitungkan kemungkinan yang akan memicu longsor baru di bagian atas.

Tebing yang rawan longsor dan mempunyai sudut kemiringan lebih besar dari sudut geser dalam tanahnya dapat pula dilandaikan dengan sudut lereng yang cukup aman. Penetapan metode ini perlu mempertimbangkan mekanisme longsor yang terjadi. Pemotongan untuk tipe longsor berantai yang gerakannya dimulai dari kaki menjadi

tidak efektif. Cara pemotongan ini tidak disarankan untuk tipe aliran, kecuali jika disertai dengan tata salir (drainase).

Pengubahan geometri dengan cara penimbunan dilakukan dengan memberikan beban berupa timbunan pada daerah kaki yang berfungsi untuk menambah momen perlawanan. Penanggulangan ini hanya tepat untuk longsoran rotasi tunggal yang massa tanahnya relatif utuh dimana bidang putarnya terletak di dalam daerah longsoran.

Dalam pemilihan metode penimbunan harus diperhatikan hal-hal berikut :

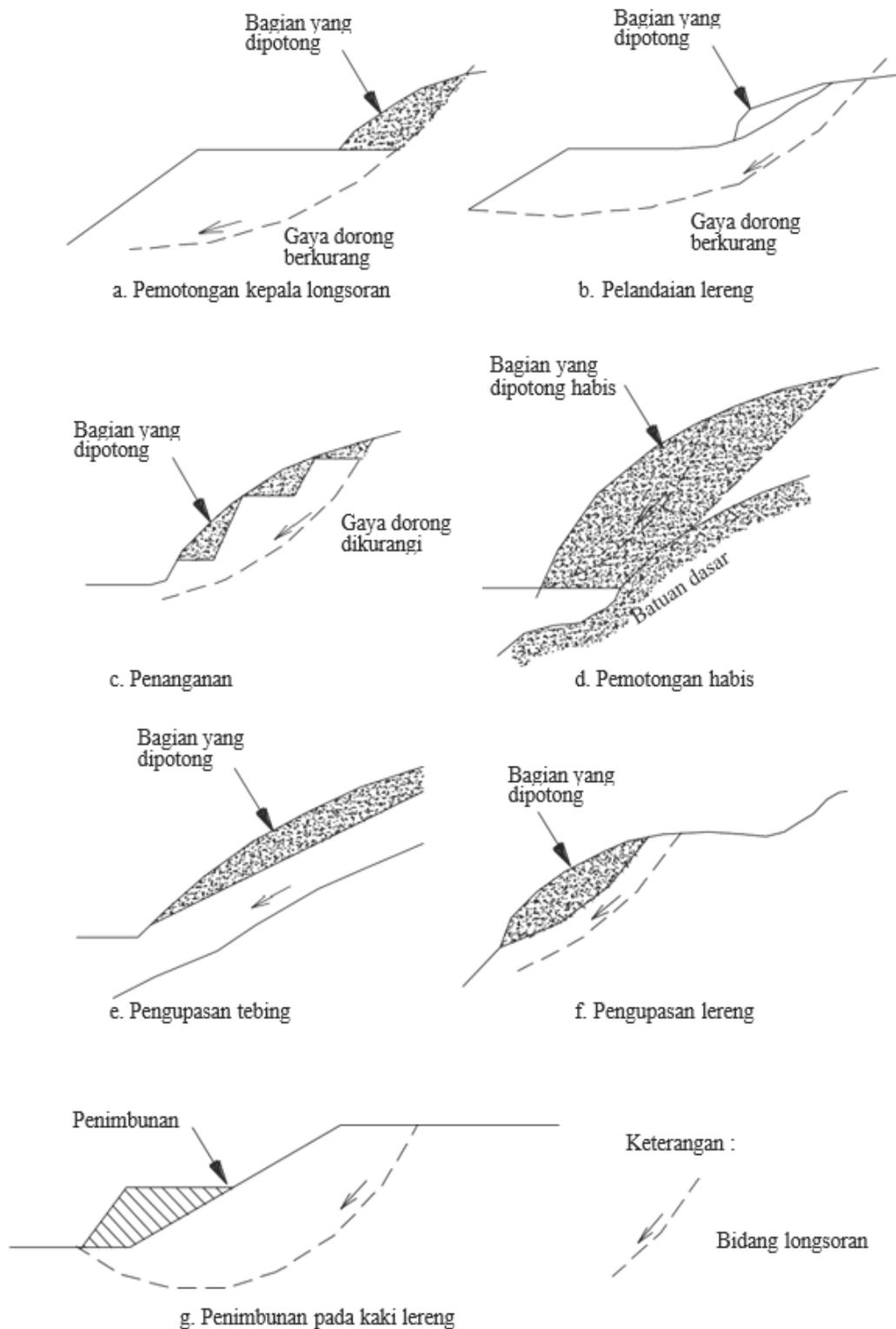
1. Tidak mengganggu kemantapan lereng di bawahnya
2. Tidak mengganggu drainase permukaan (pembentukan cekungan/ tangga)
3. Letaknya di antara bidang netral dan ujung kaki longsoran.

Di samping itu letak bangunan di sekitar daerah longsoran merupakan faktor-faktor yang menentukan dalam penanggulangan ini.

Hal – hal yang harus diperhatikan adalah sebagai berikut :

1. Potongan di kepala longsoran umumnya tidak dilakukan bila terdapat bangunan di dekatnya
2. Pelandaian dapat diterapkan bila bangunan terletak pada kaki longsoran
3. Pemotongan seluruhnya hanya dapat diterapkan bila bangunan terletak pada ujung kaki longsoran
4. Penanganan umumnya dapat diterapkan bila letak bangunan baik di dekat kepala, di tengah maupun pada kaki longsoran.
5. Penimbunan tidak dapat diterapkan bila bangunan terletak pada kaki longsoran.

Berikut adalah **Gambar 2.14** Tipikal Penanggulangan dengan Cara Mengubah Geometri Lereng



**Gambar 2.14** Tipikal Penanganan dengan Cara Mengubah Geometri Lereng

Sumber : Hardiyatmo HC,2003 , mekanika tanah 2

### **2.7.2 Mengendalikan Air Permukaan**

Mengendalikan air permukaan merupakan langkah awal dalam setiap rencana penanggulangan longsor. Pengendalian air permukaan akan mengurangi berat massa tanah yang bergerak dan menambah kekuatan material pembentuk lereng. Dua hal yang harus diperhatikan adalah air permukaan yang akan mengalir pada permukaan lereng dan air permukaan yang akan meresap/masuk ke dalam tanah. Setiap upaya harus dilakukan untuk mencegah air permukaan yang menuju daerah longsor, sedangkan mata air, rembesan dan genangan di daerah longsor dialirkan ke luar melalui lereng. Mengendalikan air permukaan (drainase permukaan) dapat dilakukan dengan cara menanam tumbuhan tata salir, menutup rekahan dan perbaikan permukaan

#### **1. Menanam tumbuhan**

Penanaman tumbuhan dimaksudkan untuk mencegah erosi tanah permukaan, mengurangi peresapan air permukaan dan pengaruh cuaca. Penanaman tumbuhan dapat dilakukan antara lain dengan penaburan biji rerumputan atau lempengan rumput. Untuk mempercepat air limpasan permukaan, lereng juga dapat disemprot aspal.

#### **2. Tata salir**

Tata salir/saluran permukaan sebaiknya dibuat pada bagian luar longsor dan mengelilingi longsor sehingga dapat mencegah aliran limpasan yang datang dari lokasi yang lebih tinggi. Untuk saluran terbuka yang dipasang pada daerah longsor harus diberi kemiringan sedemikian rupa sehingga dapat mengalirkan air secara cepat agar air tidak meresap ke dalam daerah longsor. Alas saluran terbuka dilapis dengan material yang kedap. Dimensi dan kemiringan saluran terbuka harus pula diperhitungkan terhadap debit dan kecepatan pengaliran yang dikehendaki. Bila melewati daerah dengan material lepas, sebaiknya dibuat saluran tertutup.

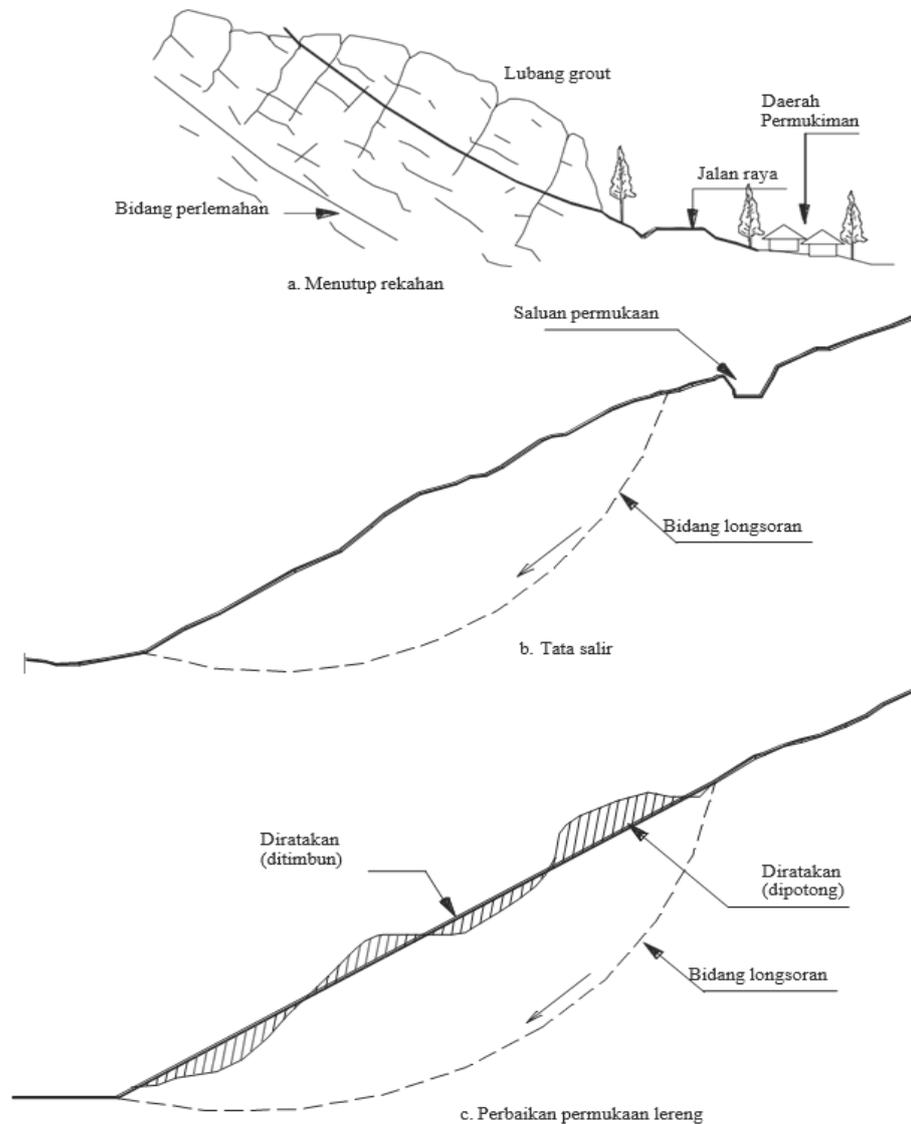
#### **3. Menutup rekahan**

Penutupan rekahan dapat memperbaiki kondisi pengaliran air permukaan pada lereng. Rekahan dapat ditutup dengan tanah lempung, aspal atau semen yang disesuaikan dengan jenis tanahnya. Penutupan rekahan akan mencegah

masuknya air permukaan, sehingga tidak akan menimbulkan naiknya tekanan hidrostatik atau lembeknya massa tanah yang bergerak.

4. Perbaikan permukaan lereng

Perbaikan permukaan lereng dapat dilakukan dengan merapatkan permukaannya (adanya tonjolan, cekungan) sehingga dapat mempercepat aliran limpasan dan memperkecil rembesan air. Metode pengendalian air permukaan dapat digunakan baik secara terpisah maupun bersamaan. Metode ini dapat pula dikombinasikan dengan metode penanggulangan lainnya.



**Gambar 2.15** Penanganan Longsoran Dengan cara Mengendalikan Air Permukaan

### **2.7.3 Mengendalikan Air Rembesan**

Usaha mengeringkan atau menurunkan muka air tanah dalam lereng dengan mengendalikan air rembesan biasanya cukup sulit dan memerlukan penyelidikan yang cermat. Metode pengendalian air rembesan yang dapat digunakan adalah sumur dalam, penyalir tegak, penyalir mendatar, pelantar, sumur pelega, penyalir parit pencegat, penyalir liput dan elektro osmosis.

1. Sumur dalam

Sumur dalam telah banyak digunakan untuk menanggulangi longsoran yang bidang longsornya dalam. Cara ini dinilai mahal karena harus dilakukan pemompaan terus menerus. Pada sumur ini biasanya dipasang indikator muka air tanah sehingga dapat diketahui kapan pemompaan mulai dilakukan. Cara ini efektif untuk daerah longsoran yang mempunyai material sifat penyimpan air.

2. Penyalir tegak (saluran tegak)

Metode ini dilakukan dengan mengalirkan air tanah sementara ke lapisan lulus air di bawahnya, sehingga dapat menurunkan tekanan hidrostatik. Efektifitas metode ini tergantung dari kondisi air tanah dan perlapisannya.

3. Penyalir mendatar/saluran mendatar

Penyalir mendatar dibuat untuk mengalirkan air atau menurunkan muka air tanah pada daerah longsoran. Metode ini dapat digunakan pada longsoran besar yang bidang longsornya dalam dengan membuat lubang setengah mendatar hingga mencapai sumber airnya. Air dialirkan melalui pipa dengan diameter 5 cm atau lebih yang berlubang pada dindingnya. Penempatan pipa penyalir tergantung dari jenis material yang akan diturunkan muka air tanahnya. Untuk material yang berbutir halus jarak masing – masing pipa antara 3-8 meter, sedangkan untuk material berbutir kasar dengan jarak antara 8-15 meter. Efektifitas cara ini tergantung dari permeabilitas tanah yang akan menentukan banyaknya air yang dapat dialirkan keluar.

#### 4. Pelantar

Pelantar sangat efektif untuk menurunkan muka air di daerah longsor yang besar, tetapi pemasangannya sulit dan mahal. Cara ini lebih banyak dilakukan pada lapisan batu, karena umumnya memerlukan penyangga yang relatif sedikit daripada bila dilakukan pada tanah. Agar dapat berfungsi secara efektif, pelantar ini digali di bawah bidang longsor. Kemudian dari atas dibuat lubang yang berhubungan dengan pelantar untuk mempercepat aliran air dalam material yang longsor.

#### 5. Sumur pelega

Pada umumnya sumur pelega efektif untuk menanggulangi longsor berukuran kecil yang disebabkan oleh rembesan. Sumur tersebut dibuat dengan menggali bagian kaki longsor, dan galian ini harus segera diisi dengan batu. Hal ini untuk menjaga agar tidak kehilangan gaya penahan yang dapat mengakibatkan terjadinya longsor lebih besar.

#### 6. Penyalir parit pencegat (saluran pemotong)

Penyalir parit pencegat dibuat untuk memotong aliran air tanah yang masuk ke daerah longsoaran. Parit ini digali di bagian atas mahkota sampai ke lapisan kedap air., sehingga air tanah terpotong oleh parit tersebut. Pada dasar galian dipasang pipa dengan dinding berlubang untuk mengalirkan air tanah. Pipa ini kemudian ditimbun dengan material yang dapat berfungsi sebagai penyalir filter. Cara ini dapat digunakan bila kedalaman lapisan kedap tidak lebih 3-5 meter. Efektifitas cara ini tergantung dari kondisi air tanah dan perlapiannya.

#### 7. Penyalir liput

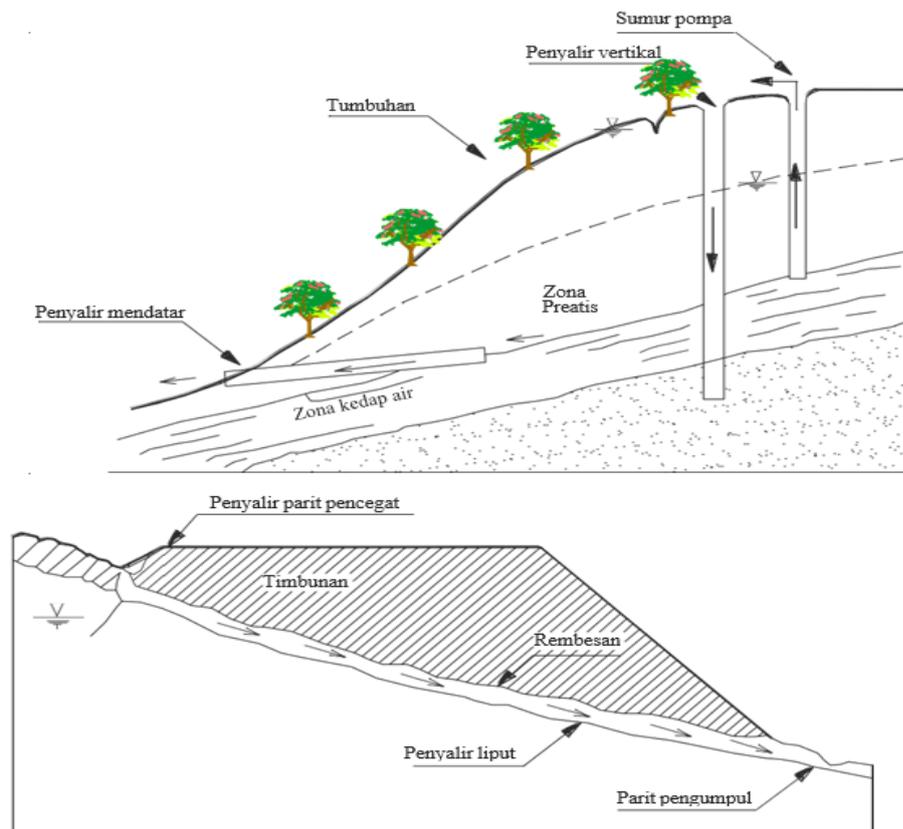
Penyalir liput dipasang di antara lereng alam dan timbunan yang sebaiknya dilakukan pengupasan pada lereng alam sampai mencapai tanah keras. Sebelum penyalir liput dipasang, material berbutir dari penyalir ini dihamparkan menutupi seluruh lereng alam yang akan ditimbun. Air yang mengalir melalui penyalir liput ini ditampung pada penyalir terbuka yang digali di bawah kaki timbunan

8. Elektro osmosis

Elektro osmosis merupakan salah satu cara penanggulangan longsor khususnya untuk lanau dan lempung lanauan. Cara ini relatif mahal dan jarang digunakan, karena tidak dapat menyelesaikan masalah secara tuntas jika proses elektro osmosis tidak berjalan dengan baik.

Metode ini dilakukan dengan menempatkan dua elektroda sampai kedalam lapisan jenuh air yang akan dikeringkan, untuk kemudian dialiri arus listrik searah. Arus listrik terimbas menyebabkan air pori mengalir dari anoda ke katoda. Elektroda diatur agar tekanan air menjauhi lereng yang berfungsi mengurangi kadar air dan tekanan air pori sehingga meningkatkan kemantapan lereng.

Macam – macam cara penanggulangan untuk pengendalian air rembesan dapat dilihat pada **gambar 2.16** Cara Pengendalian Air Rembesan



**Gambar 2.16** Cara Pengendalian Air Rembesan

Sumber : Buku Pedoman Rekayasa penanganan keruntuhan lereng pada tanah residual dan batuan, 2005

#### **2.7.4 Penambatan**

Penanganan longsor dapat dilakukan dengan mekanisme penambatan, yaitu menahan massa tanah atau batuan yang berpotensi longsor, sehingga dapat meningkatkan tahanan geser dengan suatu bahan atau struktur konstruksi. Bangunan penahan dapat terdiri dari beberapa macam antara lain, Dinding penahan tanah (DPT), pondasi bored pile dan bronjong.

#### **2.7.5 Dinding Penahan Tanah**

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

1. Benda-benda yang berada di atas tanah (perkerasan dan konstruksi jalan, jembatan, kendaraan dan lain-lain).
2. Berat tanah.
3. Berat air (tanah).

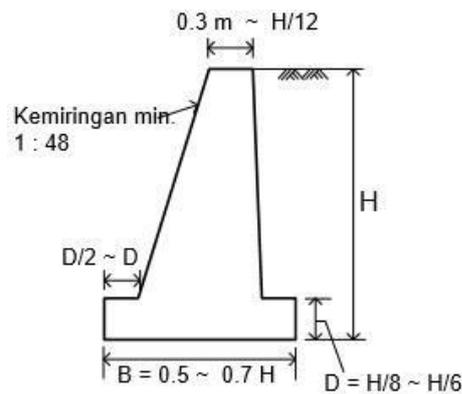
Menurut Hyo dkk. (2016) dinding penahan tanah adalah suatu konstruksi penahan agar tanah tidak longsor. Konstruksi ini digunakan untuk suatu tebing yang agak curam atau tegak yang jika tanpa dinding penahan tebing tersebut akan longsor. Dinding penahan tanah juga digunakan bila suatu jalan dibangun berbatasan dengan sungai, danau atau tanah rawa. Bahan yang digunakan dibelakang dinding penahan tanah disebut tanah urugan (*backfill*). Tanah urugan ini sebaiknya dipilih dari bahan yang lolos air atau tanah berbutir seperti pasir, kerikil atau batu pecah. Tanah lempung sangat tidak disarankan untuk digunakan sebagai tanah urugan. Pemilihan macam dinding penahan tanah tergantung dari pertimbangan teknik dan ekonomi. Yang perlu diperhatikan adalah sifat-sifat tanah asli, kondisi tanah urugan, kondisi lingkungan setempat dan kondisi lapangan.

Jenis jenis dinding penahan tanah

Menurut Syofyan dan Frizaldi (2017), dinding penahan tanah (retaining wall) dibagi menjadi beberapa jenis yaitu:

1. Dinding penahan gravitasi (*gravity wall*)

Dinding penahan tanah ini biasanya dibuat dari beton murni (tanpa tulangan) atau dari pasangan batu kali, walaupun kadang beberapa dibuat dengan beton bertulang namun dengan tulangan yang sedikit. Penggunaan dinding penahan ini biasanya untuk menahan tanah pada lereng yang terlalu tinggi dan pada tepi sungai. Stabilitas konstruksinya diperoleh hanya dengan mengandalkan berat sendiri dari konstruksinya. Untuk mendapatkan total tekanan tanah yang bekerja, perhitungan dilaksanakan dengan grafis, apabila digunakan cara teori Coulomb. Pada umumnya dihitung dengan cara teori Rankine, apabila tinggi dinding penahan tanah kurang dari 6 meter.

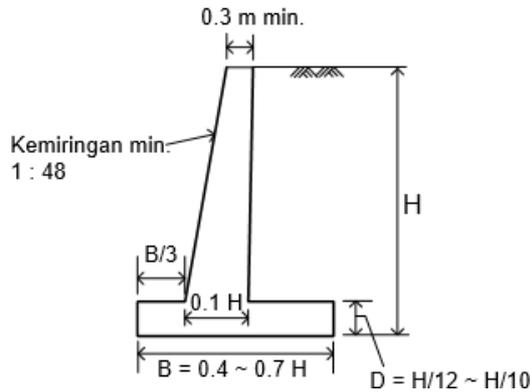


**Gambar 2.17** Dinding penahan tanah gravitasi (*gravity wall*)

Sumber : (Muhyamin, 2016)n

2. Dinding penahan kantilever (*cantilever retaining wall*)

Dinding penahan tanah kantilever dibuat dari beton bertulang yang tersusun dari suatu dinding vertikal dan tapak lantai. Masing-masing berperan sebagai balok atau pelat kantilever. Stabilitas konstruksinya diperoleh dari berat sendiri dinding penahan dan berat tanah di atas tumit telapak (*hell*). Terdapat 3 bagian struktur yang berfungsi sebagai kantilever, yaitu bagian dinding vertikal (*steem*), tumit tapak dan ujung kaki tapak (*toe*). Biasanya ketinggian dinding ini tidak lebih dari 6-7 meter.

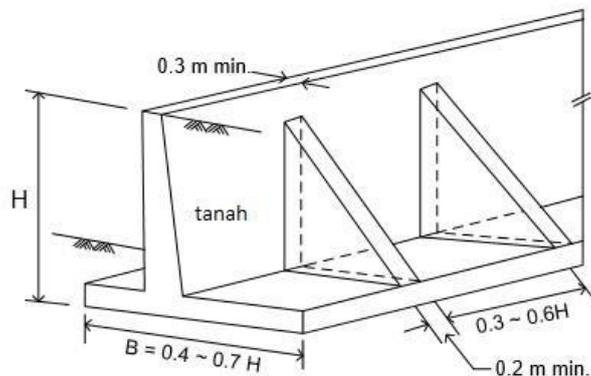


**Gambar 2.18** Dinding penahan tanah kantilever (cantilever wall)

Sumber : (Muhyamin, 2016)

### 3. Dinding penahan *counterfort* (*counterfort wall*)

Apabila tekanan tanah aktif pada dinding vertikal cukup besar, maka bagian dinding vertikal dan tumit perlu disatukan (*counterfort*). *Counterfort* berfungsi sebagai pengikat tarik dinding vertikal dan ditempatkan pada bagian timbunan dengan interval jarak tertentu. Dinding *counterfort* akan lebih ekonomis digunakan bila ketinggian dinding lebih dari 7 meter.



**Gambar 2.19** Dinding penahan tanah counterfort (counterfort wall)

Sumber : (Muhyamin, 2016)

### 4. Dinding penahan *butters* (*butters wall*)

Dinding *butters* hampir sama dengan dinding *counterfort*, hanya bedanya bagian *counterfort* diletakkan di depan dinding. Dalam hal ini, struktur *counterfort* berfungsi memikul tegangan tekan. Pada dinding ini, bagian tumit lebih pendek daripada bagian kaki. Stabilitas konstruksinya diperoleh dari berat sendiri dinding penahan dan berat tanah di atas tumit tapak. Dinding ini lebih ekonomis untuk



$$Fd = P_h$$

Sehingga

$$SF_{gs} = \frac{\Sigma v \tan \phi + Bc + Pp}{P_h} \leq 1.5 \dots\dots\dots (2.19)$$

**2.8.2 Stabilitas guling**

Tekanan tanah lateral yang diakibatkan oleh tanah urug di belakang dinding penahan tanah , dapat menggulingkan dinding 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. Safety faktor terhadap penggulingan (SF<sub>gl</sub>), dapat dinyatakan dengan rumus :

$$SF_{gl} = \frac{\Sigma MR}{\Sigma MO} \dots\dots\dots (2.20)$$

Dimana :

$\Sigma MO$  = Jumlah momen dari gaya-gaya yang menyebabkan momen pada titik C

$\Sigma MR$  = Jumlah momen yang menahan guling terhadap titik C

Momen yang menghasilkan guling :

$$\Sigma MO = P_h \left( \frac{H}{3} \right) \dots\dots\dots (2.21)$$

$$P_h = P_h \times \cos \beta \dots\dots\dots (2.22)$$

Dimana :

$P_h$  = Tekanan tanah aktif arah horizontal

$B$  = Kemiringan tanah

Faktor aman terhadap penggulingan (F<sub>gl</sub>) bergantung pada jenis tanah, yaitu:

SF<sub>gl</sub> ≥ 1.5 untuk tanah dasar granuler

SF<sub>gl</sub> ≥ 2 untuk tanah dasar kohesif

**2.8.3 Kapasitas daya dukung tanah**

Dalam penentuan nilai keamanan dinding penahan tanah dari bahaya keruntuhan kapasitas dukung terdapat beberapa persamaan-persamaan kapasitas

dukung, Kapasitas dukung tanah dihitung dengan menggunakan persamaan hansen yaitu:

$$qu = c \times nc \times Fcd \times Fci + q \times Nq \times Fqd \times Fqi + 0.5 \times \gamma \times B' \times Ny \times F\gamma d \times F\gamma i$$

Dimana :

$$q = \gamma \times d \dots\dots\dots (2.23)$$

$$B' = B - 2e \dots\dots\dots (2.24)$$

$$Fcd = 1 + 0.4 \frac{D}{B'} \dots\dots\dots (2.25)$$

$$Fqd = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \dots\dots\dots (2.26)$$

$$F\gamma d = 1 \dots\dots\dots (2.27)$$

$$\Psi^0 = \tan^{-1} \left( \frac{Ph}{\Sigma v} \right) \dots\dots\dots (2.28)$$

$$Fci = Fqi = \left( 1 - \frac{\psi^0}{90^\circ} \right)^2 \dots\dots\dots (2.29)$$

$$F\gamma i = \left( 1 - \frac{\psi^0}{\phi^\circ} \right)^2 \dots\dots\dots (2.30)$$

Nc ,Nq ,Ny = faktor kapasitas dukung Terzaghi

Faktor keamanan terhadap keruntuhan kapasitas dukung didefinisikan

$$F = \frac{qu}{q} \geq 3 \dots\dots\dots (2.31)$$

## 2.9 Beban Lalu Lintas

Beban lalu lintas harus ditambahkan pada analisa stabilitas lereng untuk menentukan beban kendaraan yang melintasi area lereng. Dalam buku panduan geoteknik 4 beban lalu lintas diukur berdasarkan kelas jalan. Berikut **Tabel 2.5** beban lalu lintas untuk analisis stabilitas.

**Tabel 2.5** Beban lalu lintas berdasarkan kelas jalan

<b>Kelas Jalan</b>	<b>Beban Lalu Lintas (Kpa)</b>
I	15
II	12
III	12

**Tabel 2.6** Klasifikasi Jalan secara umum menurut kelas, fungsi, dimensi kendaraan maksimum dan muatan terberat (MST)

Kelas Jalan	Fungsi jalan	Dimensi kendaraan maksimum		Muatan sumbu terberat (ton)
		Panjang (m)	Lebar (m)	
I	Arteri	18	2,5	> 10
II		18	2,5	10
III A		18	2,5	8
III A	Kolektor	18	2,5	8
III B		12	2,5	8
III C	Lokal	9	2,1	8

Sumber : rsnit-14-2004-geometrik jalan perkota

### 2.10 Analisis menggunakan Plaxis v20

Plaxis adalah suatu program geoteknik menggunakan model suatu elemen yang digunakan untuk melakukan simulasi perilaku dari tanah. Pada analisis ini menggunakan model Mohr-Coulomb (MC) adalah model elastis- plastis yang terdiri dari lima buah parameter, dan merupakan suatu pendekatan dari perilaku tanah dan batuan karena menggambarkan kondisi elastis dan plastis tanah. Menyediakan berbagai analisa tentang displacement, tegangan tegangan yang terjadi pada tanah, faktor keamanan lereng dan lain - lain.

#### a. Faktor Keamanan

Faktor keamanan sesuai prosedur dari Joseph E. Bowles (2000) yaitu untuk mengetahui tingkat stabilitas lereng dimana :

$FK \geq 1,25$  : Lereng dalam kondisi Aman.

$FK < 1,07$  : Lereng dalam kondisi Tidak Aman.

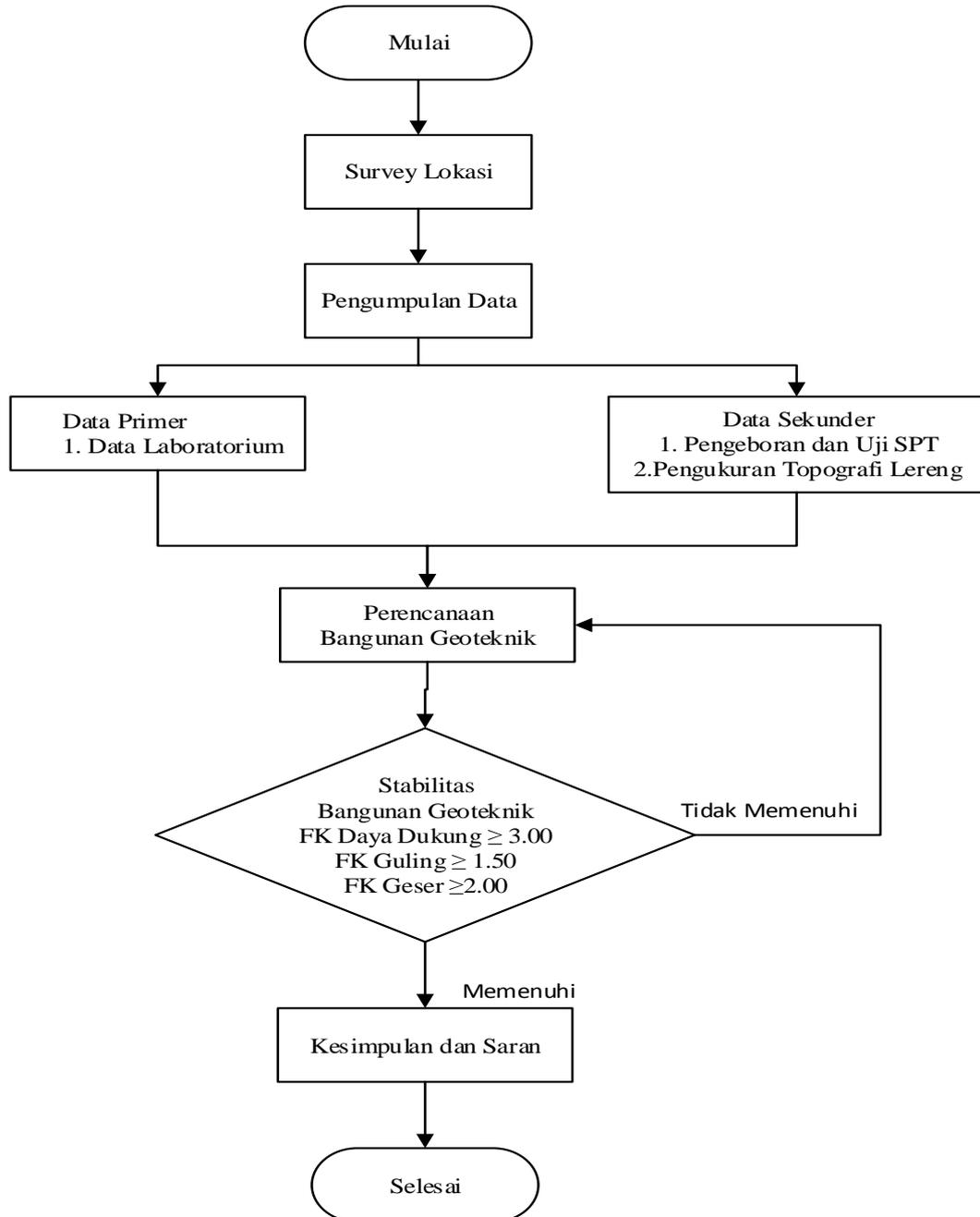
$FK > 1,07$  ;  $<1,25$  : Lereng dalam kondisi kritis.

Faktor keamanan yang digunakan menggunakan program plaxis v20 dapat di gunakan dengan cara *trial and error* .

### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Diagram alir ( Flow chart)

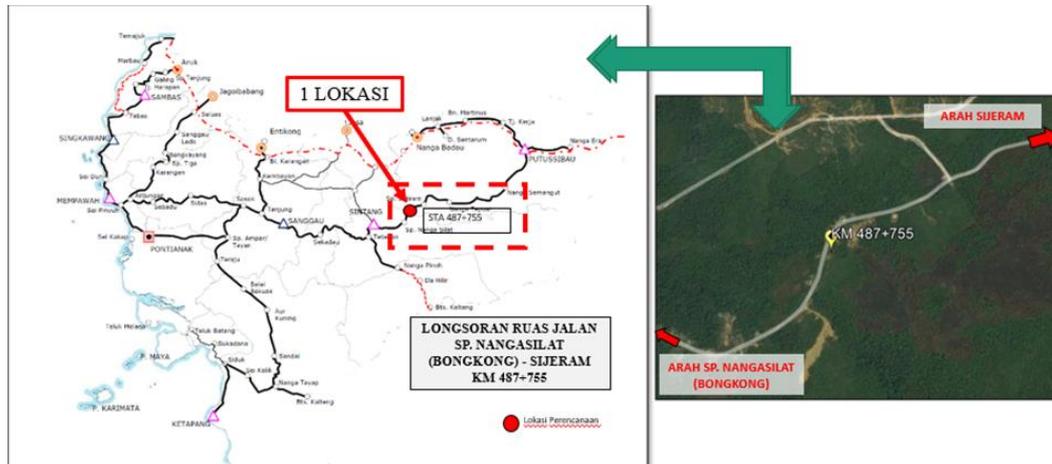
Rencana penyelesaian tugas akhir ini dapat digambarkan dengan diagram alir sebagai berikut :



**Gambar 3.1** Diagram alir

Adapun penjelasan dari diagram alir pada **Gambar 3.1** adalah sebagai berikut

### 3.2 Lokasi penelitian



**Gambar 3.2** Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian terdapat pada ruas jalan Jalan SP Nangasilat – sejeram, Kabupaten Kapuas Hulu, Kalimantan Barat. Pada lokasi ini merupakan jalan penghubung antara dua kecamatan yaitu Kecamatan Silat hilir dan Seberuang.

### 3.3 Studi Literatur dan Identifikasi Masalah

Dimulai dengan mencari referensi dan teori mengenai kelongsoran dan stabilitas lereng, hal ini dilakukan untuk mencari sumber data yang mendukung untuk melakukan pengujian dan analisis mengenai penanganan kelongsoran.

### 3.4 Pengambilan Data

Tahap pengambilan data untuk penelitian ini ada yang dua macam yaitu data primer dan sekunder

#### a) Data Primer

Data primer yaitu data yang di peroleh secara langsung dari subyek penelitian dengan mengenakan alat pengukuran atau alat pengambilan data, yaitu berupa data pengukuran lereng dari lokasi yang di survey dan data dari hasil pengujian di lab di dapat dari pemboran.

#### b) Data Sekunder

Data sekunder yaitu data yang diperoleh tidak langsung dari subyek penelitian, biasanya data ini berupa dokumentasi atau data laporan yang telah tersedia, yaitu berupa peta geologi dan data sondir yang sudah tersedia.

### **3.5 Penyelidikan Tanah di Lapangan**

Penyelidikan tanah dilapangan dilakukan untuk memperoleh data-data tanah yang digunakan untuk mengetahui parameter-parameter tanah untuk analisis stabilitas lereng

#### **3.5.1 Pemboran**

Pemboran tanah dilakukan untuk mengidentifikasi jenis-jenis tanah pada kedalaman tertentu dengan mengamati sifat-sifat tanah seperti, tekstur, warna, pori dan sebagainya. Selain itu pengeboran tanah dilakukan untuk mengambil sampel tanah, yang di butuhkan untuk pengujian tanah tertentu dalam uji laboratorium. Pengambilan sampel tanah dibagi dalam dua katagori yaitu sampel tanah asli ( undisturbed sample) dan sampel tanah tidak asli ( disturbed sample). Sampel tanah asli ( undisturbed sample) adalah tanah yang di peroleh dari hasil pemboran yang diambil menggunakan tabung sampel. Pelindung tanah dengan maksud mempertahankan sifat-sifat asli tanah agar tidak mengalami perubahan struktur, kadar air ataupun susunan kimia tanah. Tanah yang benar-benar asli tidak dapat diperoleh meskipun teknik pengambilan contoh tanah dilakukan secara hati-hati dan melakukan pengamatan yang tepat, tetapi kerusakan-kerusakan tanah dapat diminimalisir. Sedangkan yang di maksud sampel tanah tidak asli ( disturbed sample) yaitu tanah yang di ambil tidak menggunakan pelindung tanah untuk menjaga struktur tanah, tetapi tetap saja perubahan kadar air tanah harus tetap diperhatikan. Pengujian mengacu pada ASTM D 1586-84 dan SNI 2436:2008.

#### **3.5.2 Uji Penetrasi Standar (SPT)**

SPT (standard penetration test) adalah metoda pengujian di lapangan dengan memasukkan (memancangkan) sebuah Split Spoon Sampler (tabung pengambilan contoh tanah yang dapat dibuka dalam arah memanjang) dengan diameter 50 mm dan panjang 500 mm. Split spoon dimasukkan (dipancangkan) ke dalam tanah pada bagian dasar dari sebuah lubang bor. Uji Standard Penetration Test (SPT) dilakukan pada setiap lubang bor teknik dengan interval pengujian setiap 2,0 m. Pada uji SPT, indikasi tanah keras diartikan sebagai lapisan tanah dengan nilai SPT di atas 50 pukulan / 30,0 cm sebanyak 3 (tiga) kali pada 3 (tiga) kedalaman berturut turut. Prinsip pelaksanaan uji penetrasi standar (SPT) yaitu dengan memukul sebuah tabung standar kedalam lubang bor sedalam 450 mm menggunakan palu 63,5 kg yang jatuh bebas dari

ketinggian 760 mm. Yang dihitung adalah jumlah pukulan untuk melakukan penetrasi sedalam 150 mm. Jumlah yang digunakan adalah pada penetrasi sedalam 300 mm terakhir. Pengujian SPT mengacu pada SNI 4153:2008 dan ASTM D- 1586-67.

### 3.6 Pengujian Laboratorium

Pengujian dilaboratorium dilakukan dengan pengujian sifat fisik (indeks properties) dan pengujian sifat teknik (engineering properties).

#### 3.6.1 Pengujian Sifat Fisik Tanah (Indeks Properties)

Pengujian Indeks Properties dilakukan untuk mengetahui sifat fisik tanah, dengan demikian dapat mengetahui klasifikasi tanah tersebut.

##### 1. Kadar Air

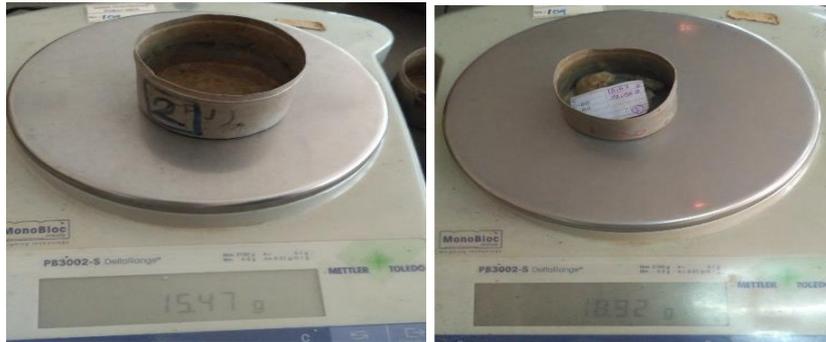
Adalah perbandingan antara berat air yang terkandung dalam tanah dengan berat butir tanah tersebut dan dinyatakan dalam persen. Pengujian kadar air mengacu pada ASTM D - 2216 -89 dan SNI 1965:2008. Kadar air masih dikatakan normal jika nilainya berkisar antara 20 % - 100 %, tetapi dikatakan jenuh air jika kadar air melebihi 100% dan dikatakan kering jika kadar airnya kurang dari 20 %. Cara menentukan kadar air yaitu dengan menimbang berat krus kecil untuk sampel tanah (W1), kemudian krus dan sebagian kecil sampel tanah ditimbang (W2) selanjutnya dimasukan kedalam oven selama 24 jam, lalu krus dan tanah ditimbang kembali (W3). Kadar air berbeda – beda pada setiap daerah tergantung pada keadaan daerah tersebut, dengan demikian kadar air dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\text{Kadar air } (\omega) = \frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} \times 100\% \dots\dots\dots (3.1)$$

Dimana :

$$\text{Berat air} = W_2 - W_3$$

$$\text{Berat tanah kering} = W_3 - W_1$$



**Gambar 3.3** Proses pengujian kadar air

## 2. Berat Isi tanah

Adalah perbandingan antara berat tanah dengan volumenya dalam keadaan asli dilapangan. Semakin besar berat isi tanah semakin besar kepadatan tanah. Berat isi dapat digunakan untuk mencari berat isi kering. Pengujian mengacu pada ASTM D - 2216 – 89. Cara pengujiannya yaitu dengan menghitung dimensi ring, diameter dalam dan tingginya, kemudian ring dibersihkan dan ditimbang beratnya (W1) selanjutnya ring ditekan kedalam tabung sampel, diratakan dan dibersihkan sisi-sisinya kemudian ditimbang (W2), dengan demikian untuk menghitung berat isi tanah digunakan dengan rumus :

$$\gamma = \frac{W}{V} = \frac{W2-W1}{\frac{1}{4}\pi d^2 t} \dots\dots\dots(3.2)$$

Dimana : W1 – W2 = Berat tanah basah (gr)

W1 = Berat tanah dalam ring dan berat ring (gr)

W2 = Berat ring (gr)

d = Diameter dalam ring (cm)

t = Tinggi ring (cm)

V = Volume tanah (cm<sup>3</sup>)



**Gambar 3.4** Proses pengujian berat isi

- Berat isi jenuh (  $\gamma_{sat}$  )

Berat isi jenuh dapat dihitung dengan mengetahui  $e$  dan  $SR$  . Berikut adalah rumus untuk menghitung berat isi jenuh tanah

$$\gamma_{sat} = \frac{(G_s + e)\gamma_w}{SR + e} \dots\dots\dots (3.3)$$

### 3. Berat Jenis

Adalah perbandingan antara berat butir tanah dengan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu. Cara pengujian nya yaitu dengan menggunakan piknometer. Piknometer kosong di timbang ( $W_1$ ) kemudian piknometer di masukan tanah kering yang sebelumnya di ayak menggunakan saringan no.40 ( $W_2$ ), selanjutnya memasukan air suling 1/3 piknometer dan dimasukan kedalam desikator sampai tidak ada gelembung udara didalamnya, kemudian menambahkan air suling kembali sampai penuh dan ditimbang ( $W_3$ ), piknometer di kosongkan di cuci dan diisi air suling hingga penuh ( $W_4$ ). Pengujian mengacu pada AASHTO T-100-74 dan ASTM D - 854 – 89.

Untuk menghitung besarnya  $G_s$  digunakan rumus :

$$G_s = \frac{W_2 - W_1}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)} \times k \dots\dots\dots (3.4)$$

Dimana :

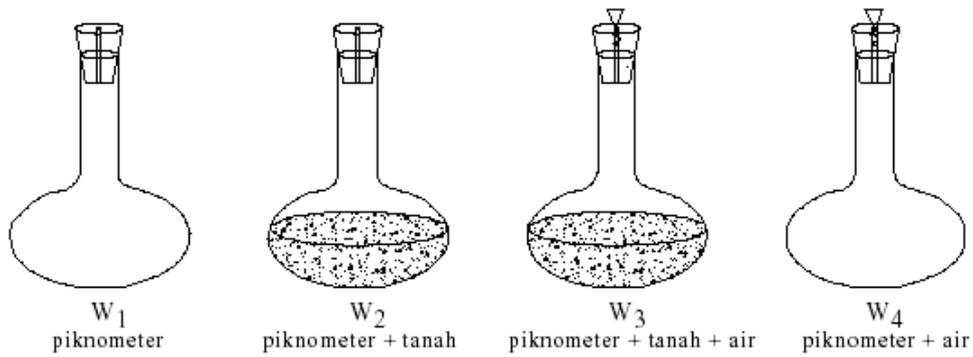
$W_1$  = Berat piknometer kosong (gr)

$W_2$  = Berat piknometer + contoh tanah kering (gr)

W3 = Berat piknometer + contoh tanah + air suling (gr)

W4 = Berat piknometer + air suling (gr)

K = Faktor Koreksi terhadap suhu



**Gambar 3.5**Langkah pengujian berat jenis

**Tabel 3.1** Jenis tanah berdasarkan berat is tanah (Hardiyatmo, 1992)

Jenis Tanah	Berat Jenis (Gs)
Kerikil	2.65 – 2.68
Pasir	2.65 – 2,68
Lanau Tak Organik	2.62 – 2.68
Lempung Organik	2.58 – 2.65
Lempung Tak Organik	2.68 – 2.75
Humus	1.37
Gambut	1.25 – 1.80



**Gambar 3.6** Proses pengujian berat jenis

4. Batas – Batas Atterberg

Pengujian batas – batas atterberg bertujuan dilakukan untuk angka-angka konsistensi atterberg yaitu :

a) Batas cair (LL)

Adalah kadar air batas dimana suatu tanah berubah dari keadaan cair menjadi plastis. Untuk menentukan kadar air tersebut dilakukan uji batas cair yaitu dengan cara membuat pasta tanah yang di letakan pada mangkok kuningan yang bertumpu pada dasar karet keras yang memiliki pengungkit eksentris yang bisa di putar kemudian digores di bagian tengahnya dengan menggunakan alat penggores standar dan di naik turunkan dari ketinggian 10 mm hingga mendapatkan kondisi celah tertutup 12,7 mm. Untuk mengatur kadar air pasta tanah sesuai dengan persyaratan tidaklah mudah oleh karena itu dilakukan dalam empat kali pengujian dengan jumlah ketukan yang berbeda yaitu 10 – 20, 20 – 30, 30 – 40, 40 – 50. Pengujian mengacu pada SNI 1967:2008.

Untuk menentukan batas cair dapat digunakan rumus :

$$LL = \omega \times \left[ \frac{N}{25} \right]^{Tg\beta} \dots\dots\dots (3.5)$$

Dimana :

LL = Batas Plastis

$\omega$  = Kadar Air

Tg  $\beta$  = 0,121

b) Batas Plastis (PL)

Adalah kadar air minimum dimana suatu tanah masih dalam keadaan plastis. Cara pengujiannya yaitu dengan menggulung-gulung tanah dengan telapak tangan di atas pelat kaca datar sampai tanah tersebut berdiameter 3,2 mm dan terdapat retak – retak rambut yang kemudian di ukur kadar airnya. Harga kadar airnya tersebut adalah harga batas plastisnya. Pengujian mengacu pada SNI 1966:2008.



**Gambar 3.7** Proses pengujian batas plastis

- Indeks Plastisitas tanah

Indeks plastisitas (PI) dapat di tentukan dari menghitung selisih antara batas cair (LL) dan batas plastis (PL), sebagai berikut :

$$PI = LL - PL \dots\dots\dots (3.6)$$

Dimana :

PI = Indeks Plastis/Plasticity Index

LL = Batas Cair

PL = Batas Plastis

Berikut Tabel 3.2 dan Tabel 3.3 tingkat plastisitas tanah dan klasifikasi tanah berkohesi berdasarkan indeks plastisitasnya.

**Tabel 3.2** Plastisitas tanah (joseph E. Bowles,1997)

<b>Plasticity Indeks</b>	<b>Deskripsi</b>
0 % - 5 %	Not Plastic
5 % - 15 %	Moderately Plastic
16 % - 35 %	Plastic
> 35 %	High Plastic

**Tabel 3.3** Klasifikasi kohesi tanah (joseph E. Bowles,1997)

<b>Plasticity Indeks</b>	<b>Deskripsi</b>
< 1	Cohesionless
1-10	Slightly cohesive
10-20	Medium cohesive
20-30	Cohesive
> 30	Very cohesive

c) Batas Susut (SL)

Adalah kadar air tanah dimana volume tanah tidak berubah akibat berkurangnya air tanah, tetapi penambahan kadar air akan menyebabkan perubahan volume tanah. Suatu tanah akan menyusut apa bila air yang dikandungnya secara perlahan hilang dalam tanah. Dengan hilangnya air secara terus menerus, tanah akan mencapai suatu keseimbangan dimana penambahan kehilangan air tidak akan menyebabkan perubahan volume. Dari pengujian ini dapat diketahui derajat pengembangan tanah lempung berdasarkan nilai presentasinya (Hardiyatmo,2006). Pengujian mengacu pada SNI 3422:2008.

Batas susut dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$SL = \left[ \frac{W_1 - W_2}{W_2} \right] \times \left[ \frac{v_1 - v_2}{v_2} \right] \times 100\% \dots\dots\dots (3.7)$$

Dimana :

W1 = Berat Tanah Basah

W2 = Berat Tanah kering oven

V1= Volume sampel tanah basah

V2= Volume sampel tanah kering oven

**Tabel 3.4** Klasifikasi tanah eksfansif berdasarkan batas susut (Altmeyer,1955)

Linier Shrinkage	SL (%)	Probable Swell (%)	Degree of Expansion
<5	>12	<0.5	<i>Non Critical</i>
5 - 8	10 - 12	0.5 - 1.5	<i>Marginal</i>
>0.8	<10	<1.5	<i>Critical</i>



**Gambar 3.8** Proses pengujian batas susut

### 5. Analisa Ukuran Butir

Pengujian analisa uji butir dilakukan untuk menentukan distribusi ukuran butir (gradasi) tanah. Sesuai dengan jenis ukuran butir tanah. Pengujian mengacu pada SNI 3423:2008 dan AASHTO T - 87 - 74 dan ASTM D - 421 - 85. Cara Analisa

Ukuran Butir menganalisa ukuran butir tanah dapat dilakukan dengan 3 cara yaitu:

1. Analisa Saringan

Analisa saringan dilakukan dengan cara mengayak dengan menggetarkan contoh tanah melalui satu set ayakan, dimana lubang lubang atau diameter dari ayakan tersebut berurutan dan makin kecil. Analisa saringan ini dilakukan pada tanah yang tertahan pada ayakan no.200.

2. Analisa hydrometer

Analisa Hydrometer merupakan salah satu cara untuk mendapatkan distribusi ukuran-ukuran partikel tanah, untuk partikel yang berdiameter lebih kecil dari 0,075 mm. Sedangkan Analisa Saringan untuk mendapatkan distribusi ukuran-ukuran partikel tanah yang berdiameter lebih besar dari 0,075 mm.

Analisa hidrometer didasarkan pada prinsip sedimentasi (pengendapan) butir-butir tanah dalam air. Bila suatu contoh dilarutkan dalam air, partikel-partikel tanah akan mengendap dengan kecepatan yang berbeda-beda tergantung pada bentuk, ukuran dan berat tanah sendiri.

3. Analisa Gabungan

Analisa gabungan adalah analisa gabungan antrara analisa saringan dan analisa hydrometer.

Rumus-rumus yang dipergunakan :

1. Analisa Hydrometer

- Untuk persentase lebih halus (N)

$$N = \frac{R G_s}{Wd(G_s-1)} \times 100\% \dots\dots\dots (3.8)$$

Dimana:

$$R = R_h \pm C$$

R = Bacaan hydrometer yang sudah dikoreksi

R<sub>h</sub> = Bacaan hydrometer yang belum dikoreksi

C = Nilai-nilai koreksi : temperetur, meniskus dan kekentalan cairan (zat terdispersi).

Gs = Berat jenis tanah

Wd = Berat butir tanah dalam larutan

- Untuk kedalaman efektif ( Zr )

$$Z_r = H + \frac{1}{2} \left( h - \frac{V_h}{A} \right) \dots\dots\dots (3.9)$$

Dimana:

H = Tinggi pembacaan h= Panjang hydrometer

Vh = Volume hydrometer

A = Luas penampang gelas ukur.

- Untuk diameter efektif ( D )

$$D = M \sqrt{\frac{Z_r}{t}} \dots\dots\dots (3.10)$$

Dimana:

$$M = \sqrt{\frac{30 n}{t}} \dots\dots\dots (3.11)$$

Zr = Kedalaman efektif untuk setiap kedalaman

T = Waktu pengendapan

## 2. Analisa Saringan

Berat tertahan = Berat saringan sesudah percobaan - Berat saringan Porsen

berat tertahan = (Berat tertahan/Berat contoh tanah) x 100%

## 3. Analisa Gabungan

Koreksi persentase lebih halus ( N' ) :

$$N' = N \times \frac{W'}{W} \dots\dots\dots (3.12)$$

Dimana:

N = Persentase lebih halus (analisa hydrometer)

W' = Berat butir tanah yang lolos saringan No.200

W = Berat butir tanah total



**Gambar 3.9** Proses pengujian batas susut

### 3.6.2 Pengujian Sifat Teknik Tanah (Engineering Properties)

Pengujian Engineering Properties dilakukan untuk mengetahui sifat teknik tanah.

#### 1. Uji Triaksial (*Triaxial Unconsolidated Undrained*)

Pada uji tekan triaksial konvensional, benda uji silinder dibungkus dengan membran karet dan diletakkan dalam sel triaksial dimana benda uji diberi tekanan fluida. Beban aksial kemudian diberikan dan ditingkatkan, sampai keruntuhan terjadi. Pada kondisi tersebut, tegangan minor dan pertengahan, masing-masing  $\sigma_3$  dan  $\sigma_2$ , sama dengan tekanan fluida; tegangan utama (mayor),  $\sigma_1$ , diberikan oleh tekanan fluida dan tegangan aksial yang diberikan oleh piston beban. Tegangan deviator,  $(\sigma_1 - \sigma_3)$ , adalah perbedaan antara tegangan utama mayor dan minor. Kondisi drainase selama pemberian tekanan sel dan beban aksial, masing-masing, menjadi dasar klasifikasi umum uji tekan triaksial sebagai berikut:

- Tak Terkonsolidasi dan Tak Terdrainase, UU. Pada tes ini, suatu tekanan sel diberikan pada benda uji dan tegangan deviator atau geser diberikan segera setelah tekanan sel stabil. Drainase tidak diizinkan selama pemberian tekanan sel (tegangan keliling) dan drainase tidak diizinkan selama pemberian tegangan deviator. ASTM D2850 dan SNI 2455:2015 menjelaskan metode standar untuk menentukan kuat tekan tak terkonsolidasi tak terdrainase tanah kohesif, pada uji tekan triaksial.
- Terkonsolidasi-Tak Terdrainase, CU. Pada pengujian ini, drainase diizinkan selama pemberian tegangan keliling dan spesimen sepenuhnya

terkonsolidasi pada tegangan ini. Drainase tidak diizinkan selama pemberian tegangan deviator. Metode standar untuk melakukan uji tekan triaksial terkonsolidasi-tak terdrainase pada tanah kohesif dijelaskan pada ASTM D4767 dan SNI 4813:2015.

- Terkonsolidasi-Terdrainase, CD. Pada pengujian ini, drainase diizinkan baik selama pemberian tegangan keliling maupun tegangan deviator, sehingga benda uji terkonsolidasi pada tegangan keliling dan tekanan pori berlebih tidak terbentuk selama penggeseran.

### 3.7 Pengukuran Tofografi Lereng

Pengukuran tofografi lereng merupakan penentuan kedudukan secara horizontal maupun secara vertikal pada permukaan tanah. Pengukuran tofografi lereng dilakukan dengan menggunakan alat theodolite atau total station tujuannya untuk mengetahui geometri lereng.

Geometri lereng mencakup tinggi dan sudut kemiringan lereng. Kemiringan dan tinggi lereng sangat mempengaruhi kestabilannya. Semakin besar kemiringan dan tinggi suatu lereng maka kestabilannya semakin kecil. Oleh karena itu pengukuran tofografi sangat di perlukan untuk analisis stabilitas lereng yang dilakukan dengan peranti lunak plaxis. Hasil dari pengukuran tofografi lereng berupa kontur, potongan lereng beserta koodinatnya.



**Gambar 3.10** Proses pengukuran tofografi lereng

### 3.8 Analisis Stabilitas Letreng Menggunakan Program Plaxis v20

Plaxis adalah salah satu program aplikasi komputer berdasarkan metode elemen hingga dua dimensi yang digunakan secara khusus untuk menganalisis

deformasi, stabilitas, dan aliran air tanah dalam rekayasa geoteknik. Kondisi sesungguhnya dapat dimodelkan dalam regangan bidang maupun secara axisymetris.

#### A. Pengaturan global

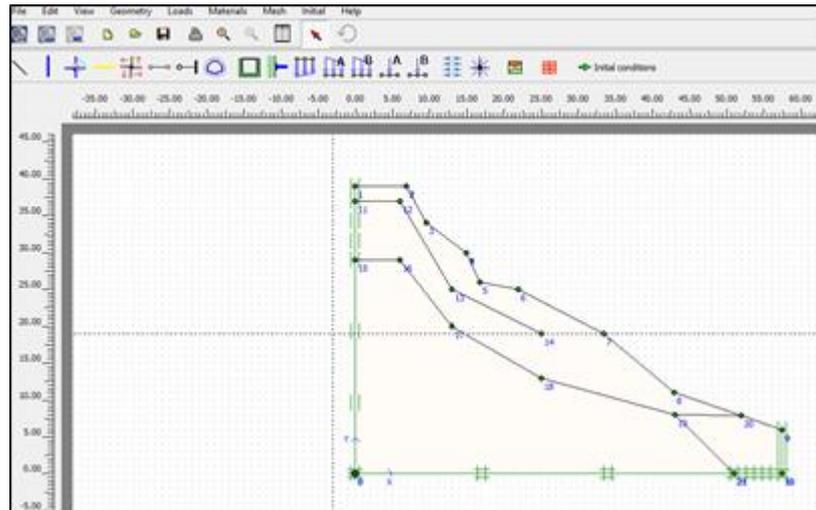
Pengaturan global merupakan langkah pertama dalam melakukan analisis yaitu dengan mengatur parameter dasar dari elemen hingga. Pengaturan ini meliputi dimensi geometri, grid, satuan, jenis analisis, jenis elemen. Tampilan pengaturan global dapat dilihat pada **Gambar 3.11**



**Gambar 3.11** Pengaturan global

#### B. Geometri

Setelah pengaturan global selanjutnya adalah membuat model geometri lereng dan struktur lapisan tanah. Geometri dapat digambarkan dimana saja di dalam bidang gambar, di gambar sesuai dengan geometri yang akan di analisis, didapat dari hasil pengukuran topografi serta menggambarkan struktur setiap lapisan tanahnya sesuai data yang diperoleh. Setelah memodelkan geometri selesai di masukan kondisi batas hal ini dilakukan untuk menghindari situasi dimana terjadinya perpindahan dari geometri tersebut. Tampilan geometri dapat dilihat pada **Gambar 3.14**

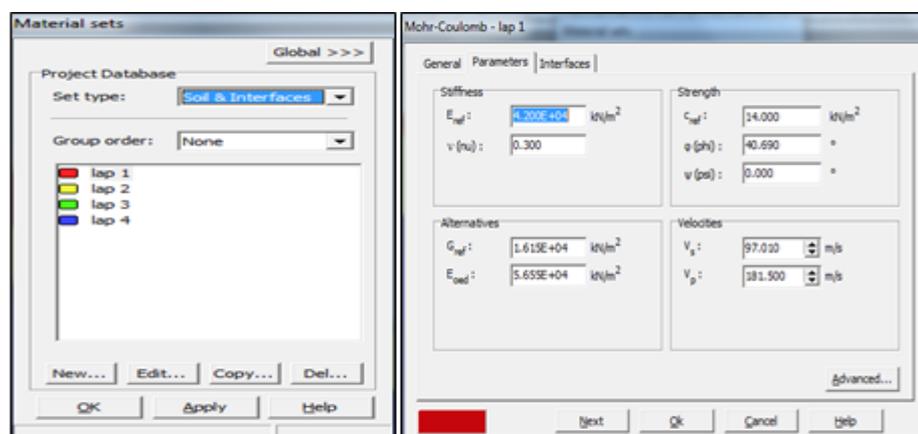


**Gambar 3.12** Membuat geometri lereng

### C. Input Material

Pembuatan kumpulan data material umumnya dilakukan setelah memasukan kondisi batas. Material - material yang dimasukan di dapat dari hasil pengujian dan korelasi seperti kohesi ( $c$ ) berat isi tanah ( $\gamma$ ) sudut geser ( $\phi$ ), untuk parameter lainnya bisa didapat dari korelasi dengan klasifikasi tanah. Sifat material untuk klaster-klaster tanah dan obyek geometri lainnya harus dimasukan dalam kumpulan data material. Parameter - parameter material dimasukan pada permodelan tanah hal ini dilakukan untuk memodelkan perilaku dari tanah. Sebelum penyusunan jaringan elemen, seluruh kumpulan data dan material harus didefinisikan dan seluruh klaster harus sudah dikaitkan terhadap kumpulan data material yang sesuai.

Tampilan input material dapat dilihat pada **Gambar 3.13**

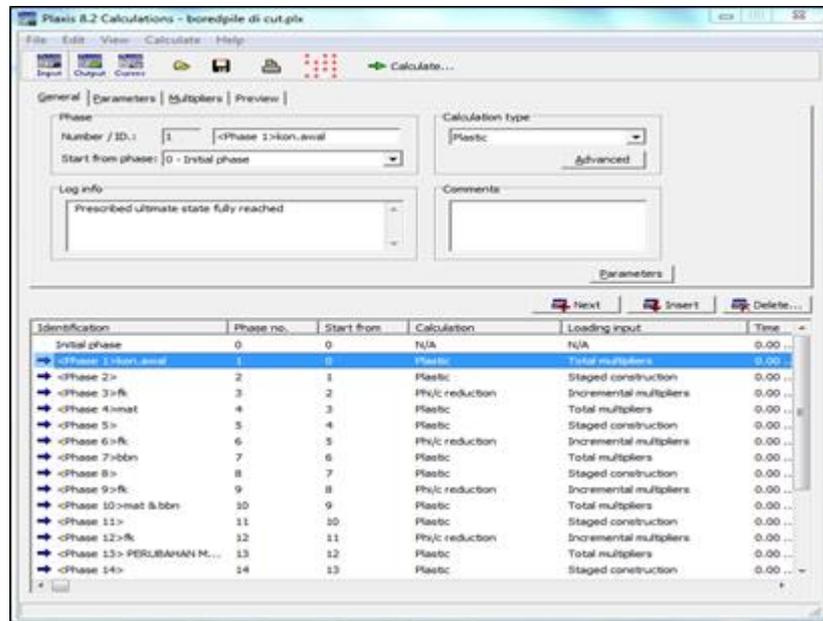


**Gambar 3.13** Input material

#### D. Analisis Stabilitas

Analisis stabilitas dilakukan pada berbagai kondisi untuk mengetahui faktor keamanan dan keruntuhan pada setiap kondisi yang mungkin terjadi, kondisi yang di analisis diantaranya, Kondisi awal, kondisi muka air tanah, kondisi ketika dibebani, kondisi beban dan muka air tanah. Analisis dilakukan dengan perhitungan sesuai dengan kondisi tertentu, dimana pada saat perhitungan kondisi tertentu, bagian - bagian dari geometri yang belum ada atau belum aktif pada suatu kondisi harus di nonaktifkan terlebih dahulu

Hal ini dilakukan untuk menonaktifkan bagian dari geometri yang akan digunakan pada tahapan perhitungan sesuai dengan kondisinya.

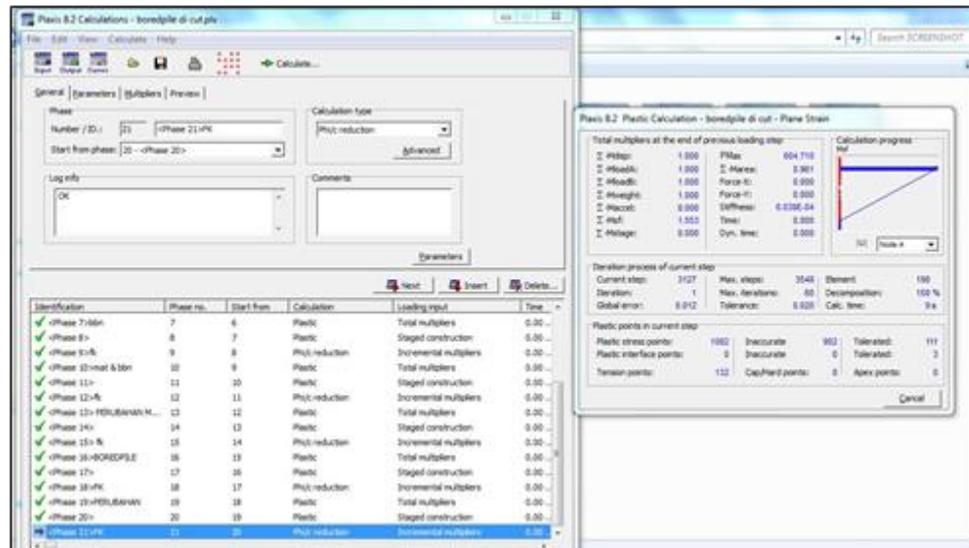


Gambar 3.14 Proses analisis stabilitas

#### E. Perhitungan

Perhitungan digunakan untuk mendefinisikan dan mengeksekusi tahap-tahap perhitungan dan juga didapatkan hasil keluaran yang ditampilkan sesuai tahapan perhitungan (kondisi) yang di analisis. Selama perhitungan berlangsung sebuah jendela muncul menunjukkan informasi mengenai kemajuan dari tahap perhitungan aktual, meliputi kurva beban perpindahan, tingkat beban, dan tingkat kemajuan dari proses iterasi (Jumlah iterasi, kesalahan global, titik plastis, dll). Jika pada saat perhitungan terjadi kesalahan ataupun pada hasil faktor keamanan menunjukkan kondisi aman maka dilakukan analisis balik untuk mengetahui keadaan kritis pada kondisi

mendekati kondisi dilapangan dengan mengubah parameter-parameter material. Faktor keamanan yang didapat dari hasil analisis akan menunjukkan tingkat stabilitas lereng tersebut sesuai kondisi jika FK yang di dapat  $< 1$ , maka perlunya penanganan yang kemudian di analisis kembali.



**Gambar 3.15** Perhitungan dengan kondisi tertentu

#### F. Hasil keluaran

Setelah perhitungan selesai pada satu atau semua kondisi tertentu, hasilnya dapat di lihat pada hasil keluaran dapat dilihat perpindahan dan tegangan yang terjadi di seluruh geometri maupun pada potongan-potongan tertentu. Hasil keluaran dari hasil analisis dapat dilihat sesuai apa yang mau dilihat seperti perpindahan total, tegangan tegangan efektif , juga dapat melihat keruntuhan dan bidang gelincir dari hasil analisis. Yang kemudian selanjutnya akan di analisis lagi dengan menggunakan kondisi setelah penangan, dilakukan perhitungan kembali dan hasil keluaran ditampilkan kembali sehingga menunjukkan faktor keamanan, perpindahan, keruntuhan yang dinyatakn aman sesuai standar.

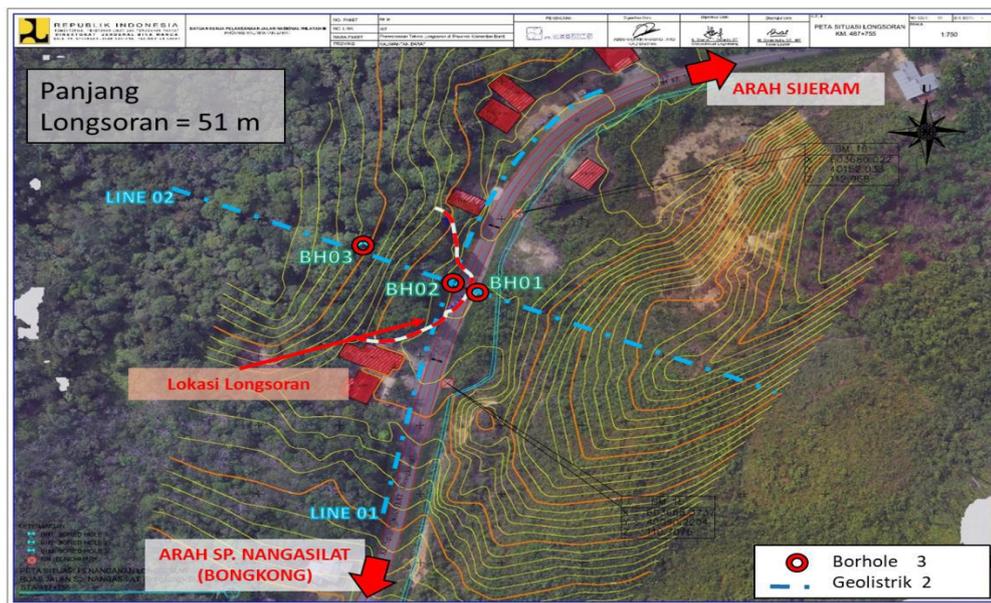
### 3.9 Penanganan Longsoran

Penanganan longsoran didapatkan dari hasil analisis dengan menggunakan program PLAXIS, yang sebelumnya telah direncanakan konstruksi penanganannya. Dari analisis PLAXIS di dapat nilai faktor keamanan (FK), kemudian hasilnya dibandingkan dengan konstruksi penanganannya yang telah direncanakan yaitu DPT, bored pile dan Drainase.

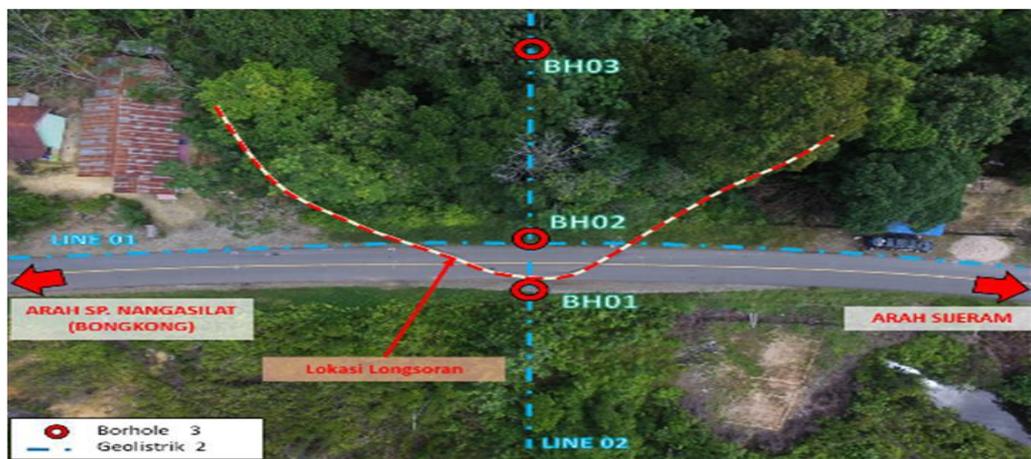
## BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Titik Lokasi Longsoran

Titik lokasi longsor berada pada ruas jalan Jalan SP Nangasilat – sejiram, Kabupaten Kapuas Hulu, Kalimantan Barat. Pada lokasi ini merupakan jalan penghubung antara dua kecamatan yaitu Kecamatan Silat hilir dan Seberuang. Penyebab longsor yaitu settlement pada timbunan yang kurang padat dan limpasan air pada badan jalan. panjang longsor adalah 51 m.



**Gambar 4.1** Peta Lokasi Longsoran Ruas Jalan Sp. Nangasilat



**Gambar 4.2** Tampak Atas Lokasi Longsoran Ruas Jalan Sp. Nangasilat  
(Bongkong) - Sejeram KM 487+755



**Gambar 4.3** Dokumentasi longsoran KM 487 + 755

## 4.2 Kondisi Geologi Regional dan Geologi lokal

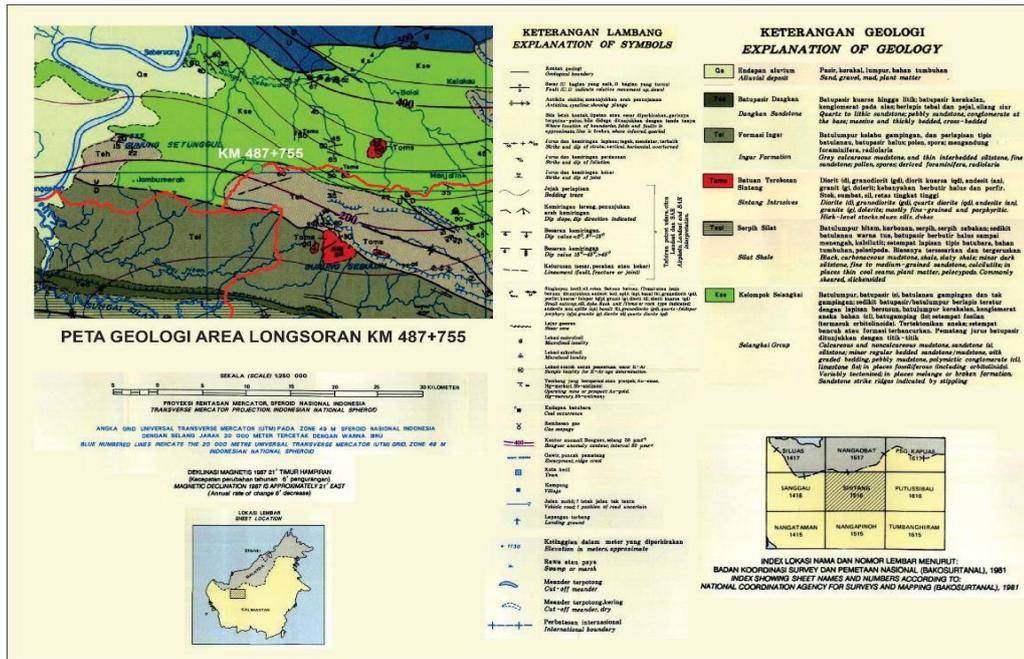
### a. Kondisi Geomorfologi

Dilansir dari peta geologi regional Lembar Sintang R. Heryanto dkk 1993, lokasi longsoran di Ruas Jalan Sp. Nangasilat – Sejiram KM 487+755 termasuk kedalam sekitar formasi :

- I. Qa berupa endapan alluvium berupa pasir, kerikil, lumpur dan bahan dari tumbuhan;
- II. Serpih Silat berupa batu lumpur hitam bersifat karbonatan, serpih serpih sabakan, sedikit batulanau berwarna tua, batupasir berbutir halus sampai;
- III. Kalsilitit : sedikit tesisipkan batubara dan formasi ini mengalami sesarkan;
- IV. Formasi Dangkan terdiri dari material Batupasir kuarsa hingga litik, batupasir kerakalan, konglomerat pada alas dan silangsiur.
- V. Kondisi struktur geologi, dilihat dari peta geologi lembar sintang, lokasi longsoran berdekatan dengan zona sesar dan zona antiklin.

### b. Kondisi Geologi Lokal

Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan kemungkinan lokasi longsoran Ruas Jalan Sp. Nangasilat – Sejiram KM 487+755 termasuk kepada formasi Dangkan (Ted) terlihat dari singkapan di disekirtar longsoran berupa matrial Pasir lempungan dan kerakal yang di sumsumsikan lapukan dari Batupasir.



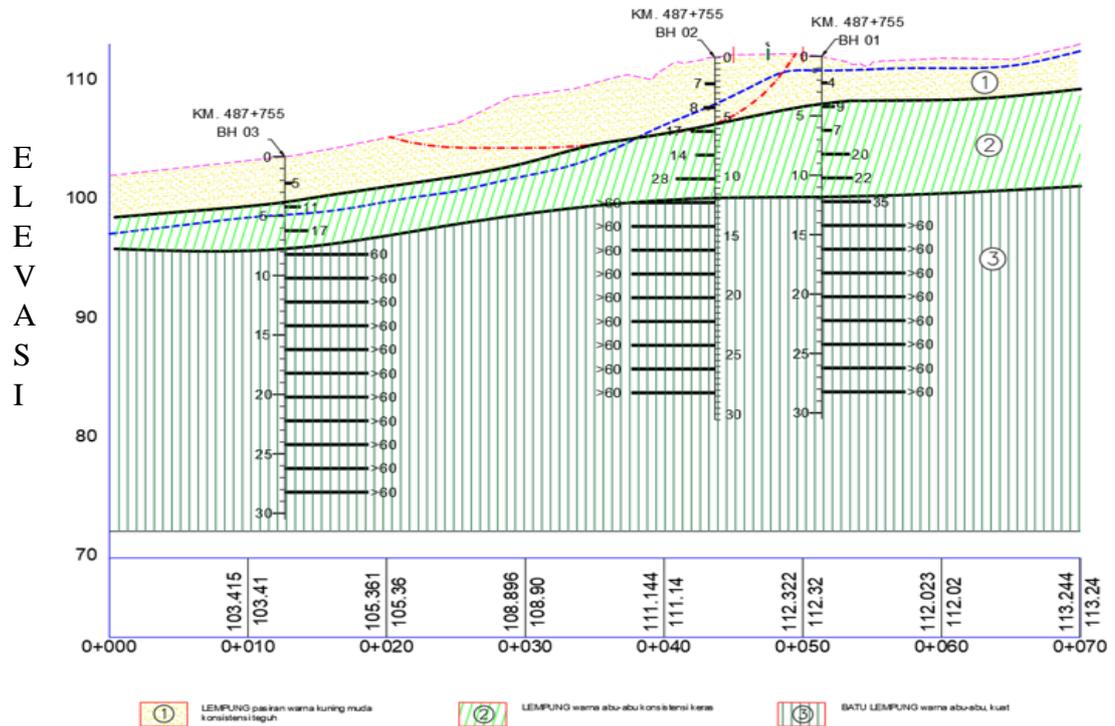
Gambar 4.4 Peta Geologi Regional Area Sintang (Ruas Jalan Sp. Nangasilat (Bongkong) - Sejiram KM 487+755)

### 4.3 Topografi dan Stratifikasi Tanah

Dari laporan topografi yang merupakan data sekunder didapat gambaran peta situasi dan denah lokasi longsor.



Gambar 4.5 Peta Situasi Daerah Longsor Ruas Jalan Sp. Nangasilat – Sejiram KM 487+755



**Gambar 4.6** Stratifikasi Tanah Ruas Jalan Sp. Nangasilat – Sejiram KM 487+755

#### 4.4 Hasil Pengujian Lapangan

Penyelidikan tanah dan material dilapangan dilakukan dengan menggunakan bor mesin tipe bor putar, dengan mesin bor TOHO lengkap, kapasitas 50 m, lubang bor yang dihasilkan dapat digunakan untuk pemasangan unting-unting, pada pekerjaan ini tidak dilakukan pemasangan unting-tunting. Untuk contoh tanah yang terambil baik dari tabung contoh (UDS) akan dilakukan pengujian sifat teknis dan engineering di laboratorium mekanika tanah dan batuan. Selanjutnya juga dilakukan uji penetrasi standar (SPT) dengan alat tabung SPT.

**Tabel 4.1** Hasil Uji Bor Dalam

No.	Lokasi	Titik bor (BH)	Kedalaman (M)	Keterangan
1	KM 487+755	BH.1	30	Tepi Longsor
		BH.2	30	As Longsor
		BH.3	30	Tepi Longsor

Pengujian lapangan yang dilakukan untuk mengetahui parameter paramet tanah yaitu sondir dan pemboran, berikut adalah data hasil dari pengujian sondir dan pemboran

#### 4.5 Hasil Pengujian Labolatorium

**Tabel 4.2** Pengujian Sifat Fisik dan Sifat Teknik Tanah

No	Macam – macam Pengujian			Nomor Sampel Tanah		
	Pengujian	symb ol	Unit	UDS 1	UDS 2	UDS 3
1	Kadar Air	$\omega$	%	24.77	36.9	21.65
2	Berat Isi	$\gamma$	gr/cm <sup>3</sup>	1.390	1.261	1.271
	Berat Isi Jenuh	$\gamma_s$	gr/cm <sup>3</sup>	1.735	1.727	1.546
3	Berat Jenis	Gs		2.61	2.64	2.65
4	Batas-Batas Atterberg					
	Batas Cair	LL	%	42.73	59.28	36.47
	Batas Plastis	PL	%	24.45	26.72	22.47
	Batas Susut	SL	%	-	-	-
	Linear Shrinkagef	SL	%	-	-	-
	Indeks Plastis	PI	%	18.28	32.56	14
5	Analisa Ukur Butir					
	Lempung	C	%	30	50	25
	Lanau	M	%	41	35	47
	Pasir	S	%	28	14	28
	Kerikil	G	%	0	0	0
6	<i>Direct Shear Test</i>					
	Sudut Geser	$\phi$	°			9.4
	Kohesi	c	Kg/cm <sup>2</sup>			18
7	<i>Triaxial Uu Test</i>					
	Sudut Geser	$\phi$	°	4.87	4.09	
	Kohesi	c	Kg/cm <sup>2</sup>	0.10	0.12	

#### 1. Kadar Air

Pengujian kadar air tanah dilakukan untuk mengukur kadar air suatu contoh tanah dengan membandingkan antara berat air yang terkandung dalam tanah dengan berat butir tanah tersebut. Setelah dilakukan pengujian kadar air, tanah di daerah tersebut normal karena nilai kadar air tersebut berkisar 20% - 100%. Dari pengujian kadar air dapat di gunakan untuk mengetahui berat isi kering tanah.

#### 2. Berat Isi

Pada hasil pengujian berat isi tanah dalam kondisi basah yang dilakukan pada 3 sampel tanah asli, di dapat berat isi rata-rata pada masing-masing sampel yaitu 1.261 gr/cm<sup>3</sup>, 1.390 gr/cm<sup>3</sup> dan 1.271 gr/cm<sup>3</sup> .

#### 3. Berat Jenis

Pengujian berat jenis tanah (Gs) yang dilakukan pada 3 sampel tanah, diperoleh nilai berat jenis tanah rata-rata pada sampel 1,2 dan 3 yaitu sebesar 2.61, 2.64, dan 2.65 Berdasarkan tabel 4.1 dapat disimpulkan bahwa tanah pada sampel 1,2,3 termasuk tanah lanau non organik karena nilai nya berkisar 2.58 – 2.65. Hasil pengujian berat jenis tanah dapat digunakan untuk mengetahui nilai analisa uji butir tanah.

#### 4. Batas – Batas Atterberg

Pengujian atterberg tanah dilakukan untuk mengklasifikasikan tanah berbutir halus serta mengetahui nilai indeks properties tanah, dari indeks properties tanah dapat diketahui aktivitas tanah dengan perbandingan indeks properties tanah dengan prosentase butiran yang lebih kecil dari 0,002 mm hasil yang di dapat dari pengujian analisa ukuran butir tanah. Dari pengujian atterberg di peroleh parameter batas cair, batas plastis dan batas susut. Pengujian atterberg dilakukan pada 3 sampel tanah.

- Indeks Plastisitas

- a) Dari pengujian atterberg sampel 1 diperoleh nilai batas cair (LL) 36%, batas plastis (PL) 22% sehingga didapat nilai Indeks plastisitas tanah 15%. Berdasarkan tabel 3.3 dan 3.3 dapat di simpulkan bahwa tanah

sampel 1 memiliki sifat plastisitas sedang dan berkohesi sedang karena nilai indeks plastisitas (PI) berkisar 5% - 15% dan 16 – 35 %

- b) Dari pengujian atterberg sampel 2 diperoleh nilai batas cair (LL) 42%, batas plastis (PL) 24% sehingga didapat nilai Indeks plastisitas tanah 18%. Berdasarkan tabel 3.3 dan 3.3 dapat di simpulkan bahwa tanah sampel 1 memiliki sifat plastisitas tinggi dan berkohesi tinggi karena nilai indeks plastisitas (PI) berkisar 16% - 35% dan >30 %
- c) Dari pengujian atterberg sampel 3 diperoleh nilai batas cair (LL) 59% ,batas susut (SL) 22% sehingga dapat ditentukan nilai indeks plastisitas tanah (PI) 32%. Berdasarkan tabel 3.2 dan 3.3 bahwa tanah sampel 3 memiliki sifat plastisitas tinggi dan berkohesi tinggi, karena nilai indeks plastisitas (IP) berkisar 16 - 35 % dan >30 %.

#### 5. Analisis Ukuran Butir

Pengujian analisa ukur butir dilakukan untuk menentukan ukuran butir (gradasi) tanah. Pengujian ini dilakukan pada 3 sampel tanah dengan cara analisa gabungan yaitu analisa saringan dan analisa hydrometer. Berikut grafik hasil pengujian Analisa ukur butir.

Hasil pengujian analisa uji butir pada sampel 1, diperoleh prosentasi komposisi tanah sebagai berikut

- 1) Lempung : 25 %
- 2) Lanau : 47 %
- 3) Pasir : 28 %
- 4) Kerikil : 0 %

Dapat disimpulkan fraksi tanah lanau mendominasi, di ikuti oleh tanah lempung dan pasir. Mekan tanah sampel 1 termasuk tanah lanau kelembungan

Hasil pengujian analisa uji butir pada sampel 2, diperoleh prosentasi komposisi tanah sebagai berikut

- 1) Lempung : 30 %
- 2) Lanau : 41 %
- 3) Pasir : 28 %

4) Kerikil : 0 %

Dapat disimpulkan fraksi tanah lanau mendominasi, di ikuti oleh tanah lempung dan pasir. Mekan tanah sampel 1 termasuk tanah lanau kelempungan

Hasil pengujian analisa uji butir pada sampel 3, diperoleh prosentasi komposisi tanah sebagai berikut

1) Lempung : 50 %

2) Lanau : 35 %

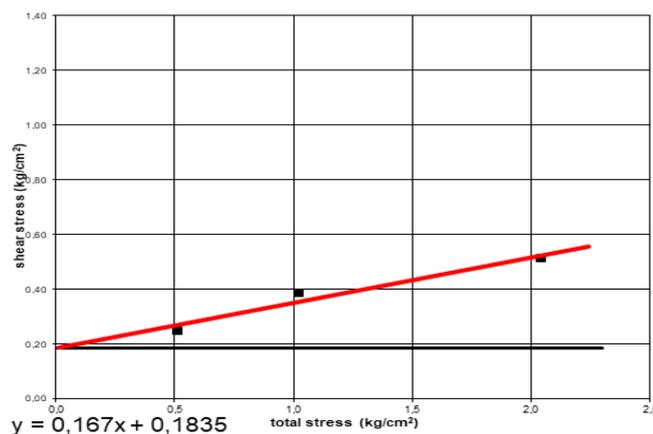
3) Pasir : 14 %

4) Kerikil : 0 %

Dapat disimpulkan fraksi tanah lanau yang mendominasi, di ikuti oleh tanah lempung dan pasir. Tanah sampel 3 termasuk tanah lempung kelanauan.

#### 6. Direct Shear

Pengujian direct shear dilakukan untuk mengetahui parameter nilai kohesi (c) dan sudut geser dalam tanah ( $\phi$ ), nilai c dan  $\phi$  akan digunakan sebagai salahsatu parameter untuk analisis menggunakan peranti lunak plaksis. Pengujian direct shear digunakan pada sampel tanah 1. Berikut merupakan grafik.



**Gambar 4.7** Grafik hasil pengujian direct shear pada sampel 1 diperoleh  $c = 0.1835 \text{ kg/cm}^2$  dan  $\phi = 9.4^\circ$

#### 4.6 Analisis Stabilitas Penanganan Longsor

Dari data-data yang di dapat dari hasil pengujian dan korelasi sehingga dapat dilakukan analisis stabilitas lereng. Analisis stabilitas lereng dilakukan dengan menggunakan program elemen hingga PLAXIS untuk analisis secara global, bertujuan untuk memodelkan bidang longsor yang terjadi dilapangan dengan menganalisis beberapa kondisi pada lereng sehingga didapatkan faktor keamanan yang paling kritis, kondisi yang di analisis diantaranya yaitu kondisi awal, kondisi akibat muka air tanah, kondisi perubahan muka air tanah, kondisi akibat beban dan kondisi akibat beban dan muka air tanah, setelah itu di analisis kembali dengan kondisi menggunakan penanganan sehingga didapatkan faktor keamanan setelah menggunakan penanganan.

##### A. Analisis global

Analisis secara global di lakukan dengan menggunakan software plaxis dengan memasukan data input parameter-parameter tanah dari hasil pengujian lab dan korelasi adapun parameter-parameter tanah yang di dapat dari hasil pengujian labolatorium, sebagai berikut

**Tabel 4.3** Parameter tanah hasil pengujian

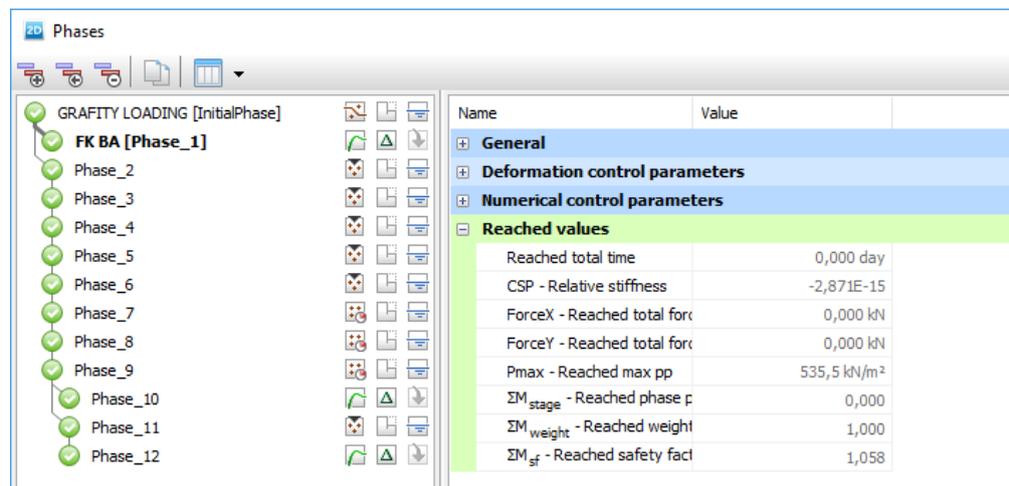
Lapisan Tanah	Berat isi ( $\gamma$ ) (KN/m <sup>3</sup> )	Sudut geser ( $\phi$ ) ( $^{\circ}$ )	Kohesi (c) (KN/m <sup>2</sup> )
1	15.46	9.8	18
2	17.27	4.87	10
3	17.28	4.09	12

Dari parameter tanah hasil pengujian, dilakukan analisa balik untuk mengetahui faktor keamanan kritis dari lereng tersebut dengan mengubah parameter tanahnya yang mengacu pada parameter tanah asli dilapangan dengan data sebagai berikut :

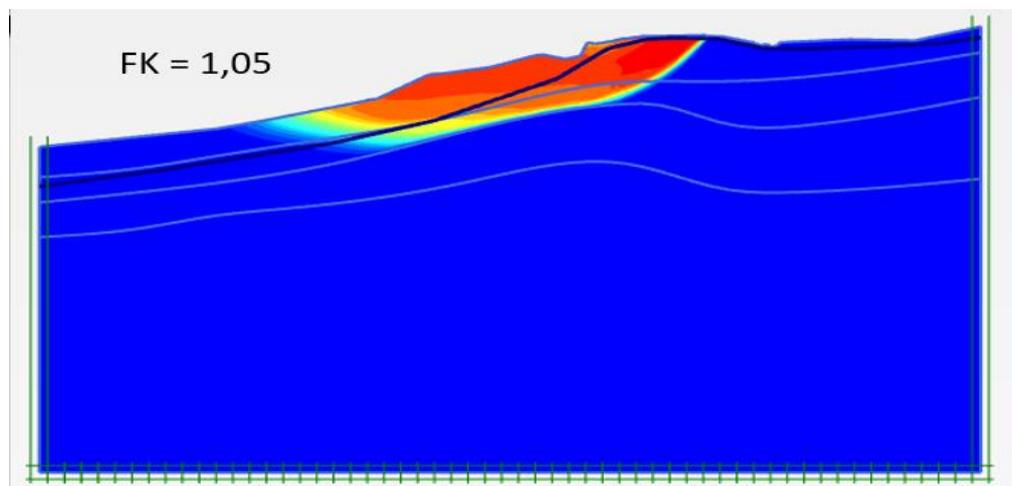
**Tabel 4.4** Parameter tanah untuk analisa balik

Lapisan Tanah	Berat isi ( $\gamma$ ) (KN/m <sup>3</sup> )	Sudut geser ( $\phi$ ) ( $^{\circ}$ )	Kohesi (c) (KN/m <sup>2</sup> )
1	15.46	9.8	18
2	17.27	18	10
3	17.28	25	25
4	20	45	80

Setelah dilakukan analisis faktor keamanan dengan 4 kondisi, yaitu kondisi awal  $fk = 1.0057$ , kondisi muka air tanah  $fk = 1.0062$ , kondisi saat beban  $fk = 1.0000$  dan kondisi yang paling kritis yaitu pada kondisi diberi beban.kondisi lereng saat di beri beban dapat dilihat pada **Gambar 4.8**

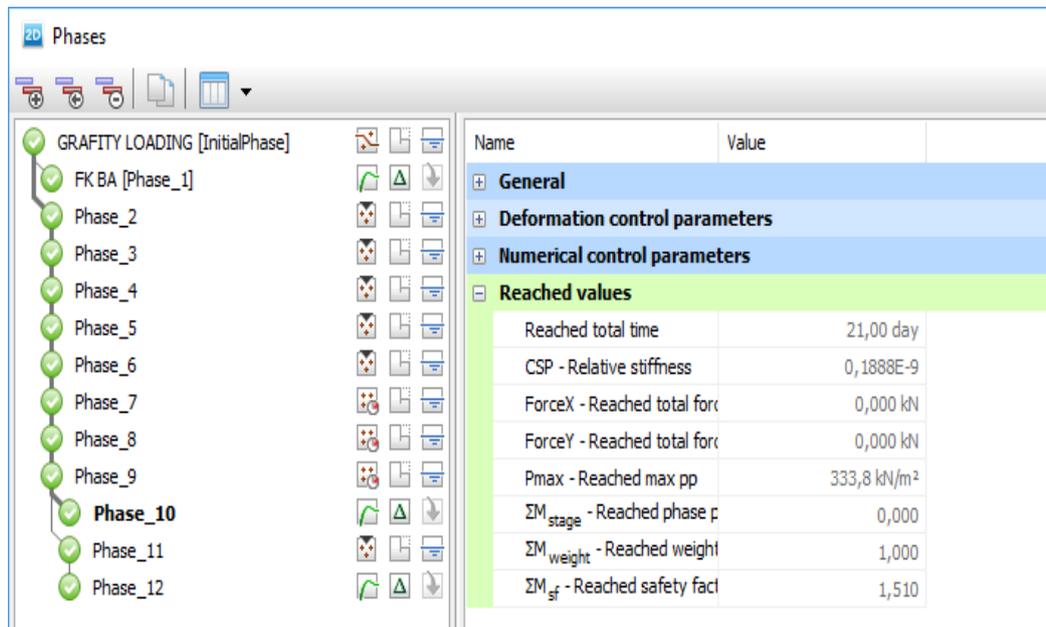


**Gambar 4.8** Faktor keamanan kondisi dengan beban

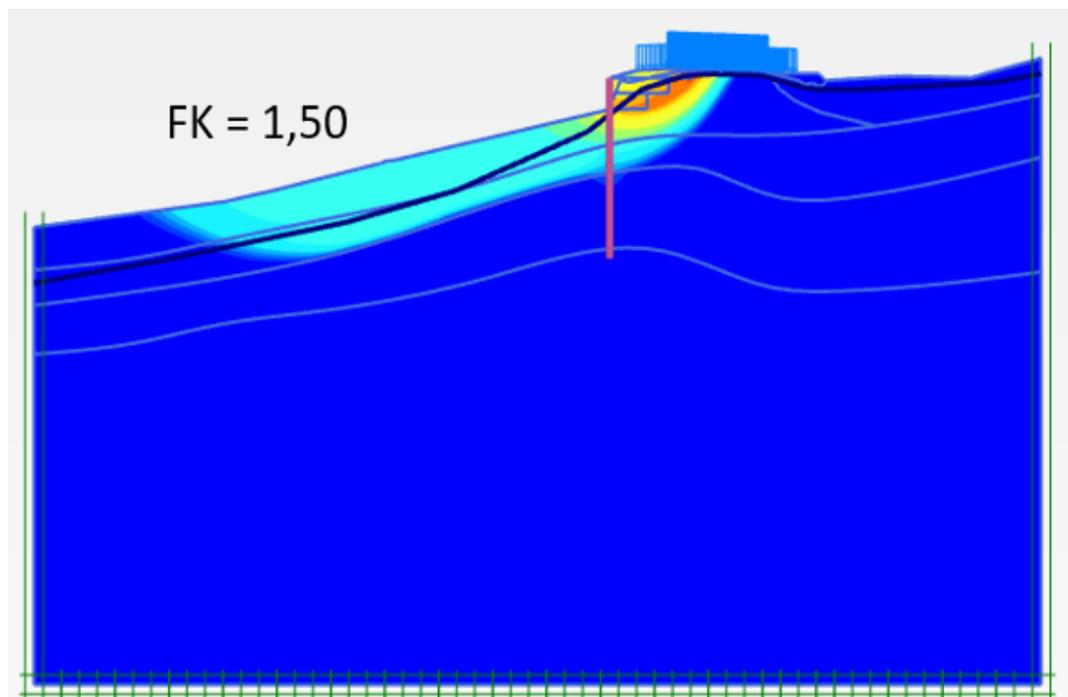


**Gambar 4.9** Shading geometri kondisi beban

Kemudian setelah dilakukan penanganan dengan menggunakan dinding penahan tanah dan borepile didapat faktor keamanan  $1.50 > 1.00$ , sehingga dapat disimpulkan lereng dalam keadaan aman, hasilnya dapat dilihat pada **Gambar 4.10**



**Gambar 4.10** Faktor keamanan dengan perkuatan DPT

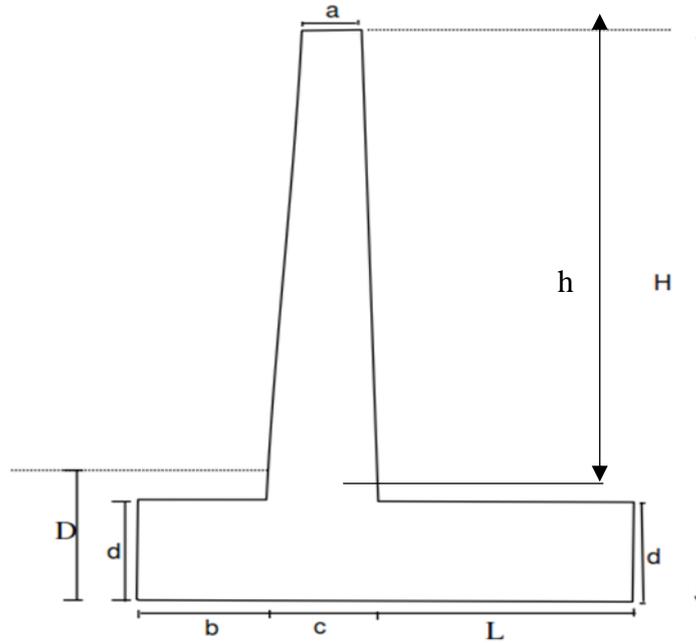


**Gambar 4.11** Shading geometri dengan perkuatan DPT dan borepile

## B. Analisis lokal

### 1. Analisis lokal DPT

Analisis lokal dilakukan dengan hitungan manual bertujuan untuk mengetahui factor keamanan kontrol stabilitas dari dinding penahan tanah.



**Gambar 4.12** Perencanaan dimensi dinding penahan tanah

#### Data - Data Perencanaan Dinding Penahan Tanah

1. Tinggi lereng ( $h$ ) = 1,4 m
2. Tinggi dinding penahan ( $H$ ) = 2,2 m
3. Untuk lebar  $a$  = 0,4 m
4. Untuk lebar  $b$  = 0,9 m
5. Untuk lebar  $c$  = 0,6 m
6. Untuk Lebar  $L$  = 0,9 m
7. Untuk tinggi  $d$  = 0,8 m
8. Untuk tinggi  $D$  = 1,39 m
9. Lebar total  $B$  = 2,4 m

#### Parameter Tanah Yang Di Gunakan

Diketahui data tanah sebagai berikut :

1. Berat volume tanah basah ( $\gamma_{sat}$ ) = 15,46 kN/m<sup>3</sup>
2. Sudut geser ( $\Phi$ ) = 9,4 °

- 3. kohesi ( c ) = 18 kN/m<sup>2</sup>
- 4. Berat volume air (γ<sub>w</sub>) = 10 kN/m<sup>3</sup>
- 5. Berat jenis beton (γ) = 25 kN/m
- 6. Berat jenis efektif = 5.46 kN/m<sup>3</sup>

1) Menghitung koefisien tekanan tanah

- Koefisien tekanan tanah aktif

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

$$K_a = \tan^2 \left( 45 - \frac{9.4}{2} \right) = 0.7192$$

- Koefisien tekanan tanah pasif

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

$$K_p = \tan^2 \left( 45 + \frac{9.4}{2} \right) = 1.3904$$

2) Menghitung tekanan tanah

- Tekanan tanah aktif

$$P_a = 0.5 \times K_a \times \gamma' \times H^2 + 0.5 \times \gamma_w \times H^2 - 2 \times c \times \sqrt{K_a} \times H$$

$$= 0.5 \times 0.719 \times 5.46 \times 2.2^2 + 0.5 \times 10 \times 2.2^2 - 2 \times 18 \times \sqrt{0.719} \times 2.2$$

$$= 31.464 \text{ kN/m}$$

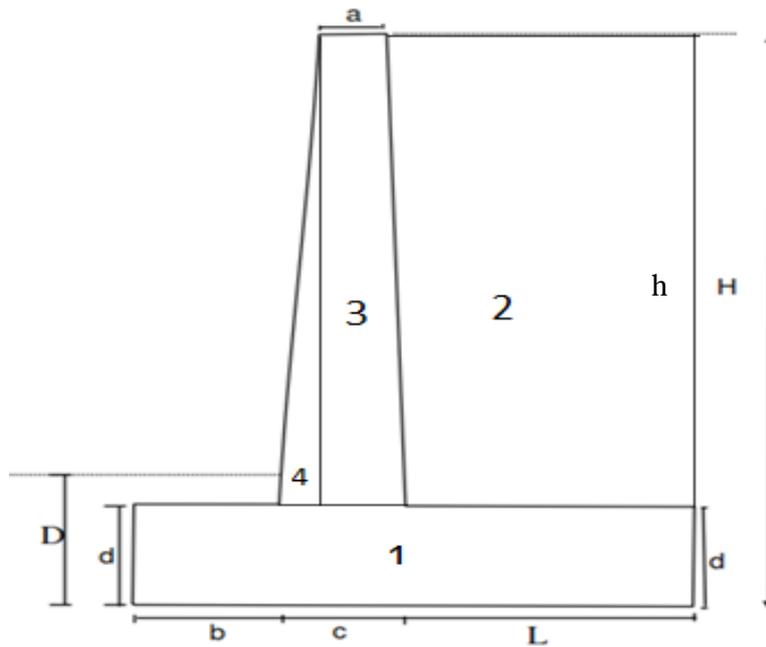
- Tekanan tanah pasif

$$P_p = 0.5 \times D^2 \times \gamma_{\text{sat}} \times K_p + 2 \times c \times D \times \sqrt{K_p}$$

$$= 0.5 \times 1.39^2 \times 15.46 \times 1.309 + 2 \times 1.39 \times \sqrt{1.3904}$$

$$= 79.771 \text{ kN/m}$$

3) Menghitung gaya vertical dan momen yang bekerja



**Gambar 4.13** Perencanaan dimensi dinding penahan tanah

1. Luas Bagian 1 :

$$b = 2,4 \quad \text{m}$$

$$h = 0,8 \quad \text{m}$$

$$L1 = 0,9600 \text{ m}^2$$

2. Luas Bagian 2 :

$$b = 0,9 \quad \text{m}$$

$$h = 1.2 \quad \text{m}$$

$$L2 = 1,0800 \text{ m}^2$$

3. Luas Bagian 3 :

$$b = 0,4 \quad \text{m}$$

$$h = 1.2 \quad \text{m}$$

$$L3 = 0,48 \quad \text{m}^2$$

4. Luas Bagian 4 :

$$b = 0.2 \quad \text{m}$$

$$h = 1.2 \quad \text{m}$$

$$L4 = 0,24 \quad \text{m}^2$$

**Tabel 4.5** Gaya vertical dan momen yang bekerja

Bagian	Luas (m <sup>2</sup> )	Berat/Satuan Panjang (kN)	Jarak terhadap titik O (m)	Momen terhadap titik O (kNm)
(1)	(2)	(3 = 2*γ)	(4)	(5 = 3*4)
1	0,9600	24,0000	0,9667	23,2008
2	1,0800	27,0000	1,25	33,75
3	0,48	12	2,45	29,4
4	0,24	3,7104	3,15	11,6878
	ΣV =	<b>66,7104</b>	ΣMR =	<b>98,0386</b>

4) Menghitung stabilitas terhadap guling

$$P_h = P_a = 31.464 \text{ kN/m}$$

$$\begin{aligned} M_o &= P_h \times H/3 \\ &= 31.464 \times 2.2/3 \\ &= 23.073 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_s \text{ guling} &= \frac{\Sigma MR}{\Sigma M_o} \\ &= \frac{98.038}{23.073} \\ &= 4.248 > 2 \text{ (aman!)} \end{aligned}$$

5) Menghitung stabilitas terhadap geser

$$\begin{aligned} F_s \text{ geser} &= \frac{(\Sigma V) \tan(2/3\phi) + (B \cdot \frac{2}{3}c) + Pp}{P_a} \\ &= \frac{(66.710) \tan(2/3(9.4)) + (2.4 \times \frac{2}{3} \cdot 0.6) + 79.771}{31.464} \\ &= 2.798 > 1.5 \text{ (aman!)} \end{aligned}$$

6) Menghitung stabilitas terhadap kapasitas dukung tanah

Eksentrisitas (e) :

$$\begin{aligned} e &= B/2 - \frac{\Sigma MR - M_o}{\Sigma v} < B/6 \\ &= 2.4 / 2 - \frac{98.038 - 23.073}{66.710} < 2/6 \\ &= 0.076 < 0.400 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

$$q_{\max} = q_{\text{kaki}} = \frac{\Sigma V}{B} (1 + (6e/B))$$

$$= \frac{66.710}{2.4} (1 + (6 \times 0.050 / 2.4))$$

$$= 33.0956 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{\min} = q_{\text{kaki}} = \frac{\Sigma V}{B} (1 - (6e/B))$$

$$= \frac{66.710}{2.4} (1 + (6 \times 0.050 / 2.4))$$

$$= 22.496 \text{ kN/m}^2$$

7) Kapasitas gaya dukung tanah

$$q_u = c \times N_c \times F_{cd} \times F_{ci+q} \times N_q \times F_{qd} \times F_{qi+0,5} \times \gamma \times B' \times N_\gamma \times F_{\gamma d} \times F_{\gamma i}$$

dimana :

$$q = \gamma \times D$$

$$= 15.46 \times 1.39 = 21.489 \text{ KN/m}^2$$

$$B' = B - 2e$$

$$= 2.4 - 2 \times 0.076 = 2.247 \text{ m}$$

$$F_{cd} = 1 + 0.4 \frac{D}{B'}$$

$$= 1 + 0.4 \frac{1.39}{2.247}$$

$$= 1.247$$

$$F_{qd} = 1 + 2 \tan \Phi (1 - \sin \Phi)^2 \frac{D}{B'}$$

$$= 1 + 2 \tan 9.4 (1 - \sin 9.4)^2 \frac{1.39}{2.247}$$

$$= 1.143$$

$$F_{\gamma d} = 1$$

$$\Psi^0 = \tan^{-1} \left( \frac{Pa}{\Sigma} \right)$$

$$= \tan^{-1} \left( \frac{31.464}{66.710} \right)$$

$$= 0.440 = 25.251^0$$

$$F_{ci} = f_{qi} = (1 - \Psi^0 / 90^0)^2$$

$$= (1 - 25.251^0 / 90^0)^2$$

$$= 0.517$$

$$F_{yi} = (1 - \Psi^0 / \Phi^0)^2$$

$$= (1 - 25.251^0 / 9.4^0)^2$$

$$= 2.843$$

Menggunakan persamaan terzaghi dengan  $\phi = 9.4$  diperoleh

$$N_c = 7.3$$

$$N_q = 1.6$$

$$N_\gamma = 0$$

Sehingga :

$$q_u = c \times N_c \times F_{cd} \times F_{ci+q} \times N_q \times F_{qd} \times F_{qi+0,5} \times \gamma \times B' \times N_\gamma \times F_{\gamma d} \times F_{yi}$$

$$= 18 \times 7.3 \times 1.247 \times 0.517 + 21.489 \times 1.6 \times 1.143 \times 0.517 + 0.5 \times 15.46 \times 2.247 \times 0 \times 1 \times 2.843$$

$$= 105.182 \text{ kN/m}^2$$

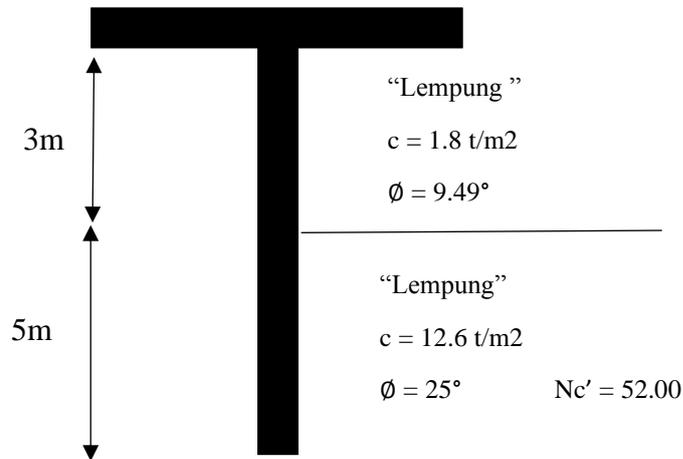
$$F_s \text{ daya dukung} = q_u / q_{\max}$$

$$= 105.182 / 33.095$$

$$= 3.178 > 3 \text{ ( OK ! )}$$

## 2. Analisis lokal bored pile

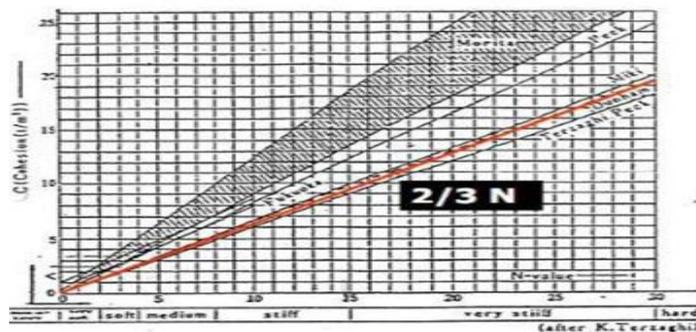
### ➤ Metode meyerhof



Perhitungan daya dukung berdasarkan data laboratorium

N-SPT = 19, sudut geser dalam  $25^\circ$ . Maka, nilai N-SPT = 19,  $C = 2/3 \times 19$   
 $= 12.6 \text{ t/m}^2 = 1,26 \text{ kg/cm}^2$

- Nilai c didapat dari Gambar 4.10



**Gambar 4.14.** Hubungan SPT dengan nilai kohesi (C)

Data borepile

Diameter tiang (D) = 800 cm

Keliling tiang = (p) =  $\pi \times 800 \text{ cm}$

$$= 3.14 \times 800 \text{ cm}$$

$$= 2512 \text{ cm} = 25.12 \text{ m}$$

Luas boredpile =  $1/4 \times \pi \times D^2$

$$= 1/4 \times 3.14 \times 800^2$$

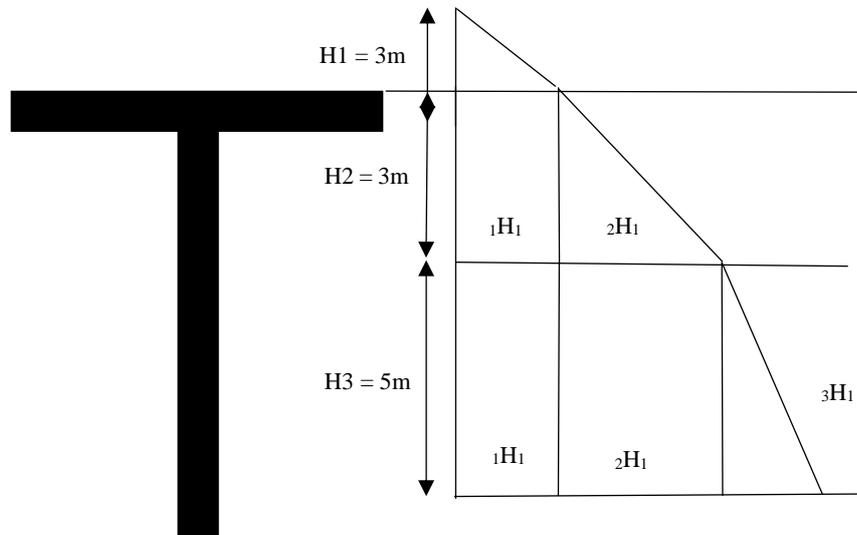
$$= 0.5024 \text{ m}^2$$

a. Menghitung daya dukung ujung

$$\begin{aligned} A_p &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 800^2 \\ &= 0,502 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_e &= A_p \times c \times N_c' \\ &= 0,502 \times 12,6 \times 52,00 \\ &= 328,910 \text{ ton} \end{aligned}$$

b. Menghitung daya dukung friksi



- Lapisan lempung

$$\begin{aligned} p &= \pi \times d \times L \\ &= 3,14 \times 0,800 \times 8 \\ &= 20,096 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{v'1} &= \frac{(\gamma_1 \times H_1) + (\gamma_1 \times H_1) + (\gamma_2 \times H_2)}{2} \\ &= \frac{(1,54 \times 3) + (1,54 \times 3) + (1,73 \times 3)}{2} \\ &= 7,21 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{v'2} &= \frac{7,21 + (\gamma_1 \times H_1) + (\gamma_2 \times H_2) + (\gamma_3 \times H_3)}{2} \\ &= \frac{7,21 + (1,54 \times 3) + (1,73 \times 3) + (1,73 \times 5)}{2} \\ &= 12,835 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\sigma_{v' \text{ ave}} = \left( \frac{\sigma_{v'1} + \sigma_{v'2}}{L} \right)$$

$$= \left( \frac{7.21 + 12.835}{8} \right)$$

$$= 2.505 \text{ t/m}^2$$

$$\text{CU ave} = \left( \frac{c_1 \times h_1 + c_2 + h_2}{L} \right)$$

$$= \left( \frac{1.8 \times 3 + 12.6 \times 5}{8} \right)$$

$$= 8.55$$

$$F = \lambda (\sigma v' \text{ ave} + 2 \text{ CU})$$

$$= 0.32 ( 2.505 + 2 \times 8.55)$$

$$= 6.273 \text{ t/m}^2$$

$$Q_s = p \times l \times f$$

$$= 20.096 \times 8 \times 6.273$$

$$= 1008.497 \text{ kg}$$

c. Menghitung daya dukung ultimate

$$Q_{ult} = Q_e + Q_s$$

$$= 328.910 + 1008.497$$

$$= 1337.407 \text{ kg}$$

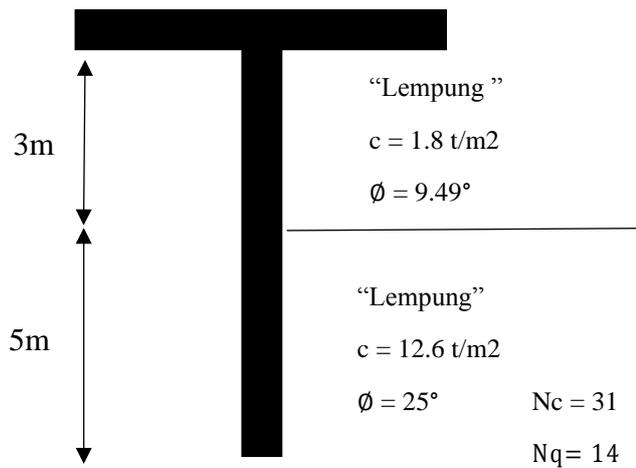
d. Menghitung daya dukung ijin

$$Q_{all} = q_{ult} / SF$$

$$= 1337.407 / 1.5$$

$$= 891.604 \text{ ton}$$

➤ Metode terzaghi



a. Menghitung daya dukung ujung

$$\begin{aligned}A_p &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 8002 \\ &= 0,502 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}q &= (\gamma_1 \times H_1) + (\gamma_1 \times H_1) + (\gamma_2 \times H_2) + (\gamma_3 \times H_3) \\ &= (1,54 \times 3) + (1,54 \times 3) + (1,73 \times 3) + (1,72 \times 5) \\ &= 19,59 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Q_e &= A_p \times (1,3 \times c \times N_c + q \times N_q) \\ &= 0,502 \times (1,3 \times 12,6 \times 31 + 19,59 \times 14) \\ &= 329,165 \text{ ton}\end{aligned}$$

b. Menghitung daya dukung friksi

- Lapisan lempung

$$\begin{aligned}p &= \pi \times d \times L \\ &= 3,14 \times 0,800 \times 8 \\ &= 20,096 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma'_{v1} &= \frac{(\gamma_1 \times H_1) + (\gamma_1 \times H_1) + (\gamma_2 \times H_2)}{2} \\ &= \frac{(1,54 \times 3) + (1,54 \times 3) + (1,73 \times 3)}{2} \\ &= 7,21 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma'_{v2} &= \frac{7,21 + (\gamma_1 \times H_1) + (\gamma_2 \times H_2) + (\gamma_3 \times H_3)}{2} \\ &= \frac{7,21 + (1,54 \times 3) + (1,73 \times 3) + (1,73 \times 5)}{2} \\ &= 12,835 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma'_{ave} &= \left( \frac{\sigma'_{v1} + \sigma'_{v2}}{L} \right) \\ &= \left( \frac{7,21 + 12,835}{8} \right) \\ &= 2,505 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}CU_{ave} &= \left( \frac{c_1 \times h_1 + c_2 \times h_2}{L} \right) \\ &= \left( \frac{1,8 \times 3 + 12,6 \times 5}{8} \right) \\ &= 8,55\end{aligned}$$

$$F = \lambda (\sigma'_{ave} + 2 CU)$$

$$= 0.32 ( 2.505 + 2 \times 8.55)$$

$$= 6.273 \text{ t/m}^2$$

$$Q_s = p \times l \times f$$

$$= 20.096 \times 8 \times 6.273$$

$$= 1008.497 \text{ kg}$$

c. Menghitung daya dukung ultimate

$$Q_{ult} = Q_e + Q_s$$

$$= 329.165 + 1008.497$$

$$= 1337.662 \text{ kg}$$

d. Menghitung daya dukung ijin

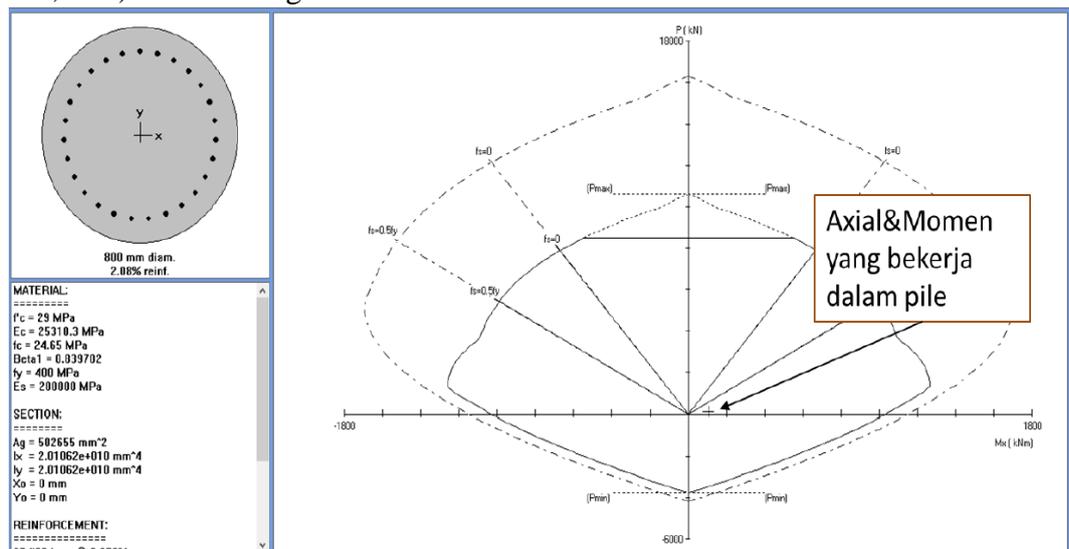
$$Q_{all} = Q_{ult}/SF$$

$$= 1337.662/1.5$$

$$= 891.774 \text{ ton}$$

Jadi hasil dari perhitungan daya dukung laboratorium berdasarkan metode Meyerhof didapat hasil **891.604 ton** dan nilai dari daya dukung laboratorium berdasarkan metode Terzaghi didapat hasil **891.774 ton**.

Berikut ini disajikan pemeriksaan kapasitas penampang bored pile menggunakan software bantu spcolumn dengan dia. 800mm hasilnya didapatkan bahwa tulangan yang digunakan 27D22 mm (rasio tulangan 2,08%) adalah sebagai berikut:



**Gambar 4.15** Momen Interaksi untuk Penampang Tulangan Bored Pile diameter 80 cm dan tulangan 27 D 22 mm

#### 4.7 Rekapitulasi Hasil Analisis

Berdasarkan pada analisis dari berbagai jenis metode penanganan tanah, didapatkan hasil analisis se bagai berikut:

**Tabel 4. 6** Rekapitulasi Hasil Analisis Stabilitas Dinding Penahan Tanah

NO	Analisis Stabilitas	Hasil Analisis	Kriteria Analisis	Status	Keterangan
1	SF Guling	4,248	2	AMAN [OK]	
2	SF Geser	2,798	1,5	AMAN [OK]	
3	Analisi Daya Dukung	3,178	3	AMAN [OK]	

**Tabel 4. 7** Rekapitulasi Hasil Analisis Faktor Keamanan Lereng

	Kondisi Existing	Kriteria Analisis	Kondisi Perkuatan DPT + Borepile	Status
SF	1,05	1,5	1,57	AMAN [OK]

**Tabel 4. 8** Resume perhitungan daya dukung tiang

D (m)	Panjang Tiang (m)	Qe		Qs		Qult		Fs	Qall	
		Terzaghi ton	Meyerhof ton	Terzaghi ton	Meyerhof ton	Terzaghi ton	Meyerhof ton		Terzaghi ton	Meyerhof ton
0.8	8	329.165	328.910	1008.497	1008.497	1337.662	1337.407	1.5	891.774	891.604

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

1. Penyebab longsor yang terjadi di SP.Nangasilat yaitu settlement pada timbunan yang kurang padat dan limpasan air pada badan jalan.panjang longsor adalah 51 m.
2. Jenis tanah pada lokasi longsor di SP.Nangasilat adalah lempung pasir (lapisan 1), pasir lempungan (lapisan 2) dan lempung (lapisan 3)
3. Hasil analisa kondisi lereng existing dengan plaxis didapat fk 1,05, sehingga diperlukannya analisis dengan menggunakan perkuatan. Perkuatan longsor yang di analisis yaitu dengan menggunakan dinding penahan tanah (DPT) dan perkuatan bored pile).
4. Hasil analisis dengan program software PLAXIS setelah menggunakan perkuatan dinding penahan tanah dan bored pile faktor keamanan lereng secara global yang dipeoleh yaitu 1.57,. Faktor keamanan minimal yang digunakan yaitu 1.5 dan dinyatakan aman.
5. Kontrol stabilitas yang dilakukan untuk mengetahui faktor keamanan lokal dari perkuatan dinding penahan tanah (DPT) dan bored pile analisis ini dilakukan dengan manual , untuk dinding penahan tanah control stabilitas yang dianalisis yaitu stabilitas terhadap guling  $FK\ 4.248 > 2$  (memenuhi), stabilitas terhadap geser  $FK\ 2.798 > 1.5$  (memenuhi), dan stabilitas terhadap daya dukung tanah  $FK\ 3.178 > 3$  (memenuhi). Berdasarkan faktor keamanan lereng dan keamanan setelah perkuatan, alternatif penanganan longsor yang digunakan yaitu dengan menggunakan perkuatan bored pile dengan kedalaman tiang yang tertanam 9 m diameter 800 m, menggunakan tulangan utama 27D22.

## 5.2 Saran

1. Perlunya dilakukan pengambilan sampel tanah yang lebih banyak untuk mendapatkan kontur lapisan tanah yang membantu keakuratan pada permodelan geometri dengan PLAXIS dan dilakukan untuk mendapatkan data yang lebih representatif dalam pengujian laboratorium .
2. Menganalisis kekuatan lereng dengan menggunakan alternatif lain selain dari dinding penahan tanah dan bored pile supaya didapatkan kekuatan alternatif yang lebih efisien
3. Diperlukan ketelitian dalam memasukan parameter-parameter data karena kesalahan pada saat input dapat menyebabkan kesalahan dan berakibat fatal
4. Analisis stabilitas lereng dengan menggunakan program PLAXIS masih memiliki kelemahan, sehingga untuk mendapatkan hasil yang akurat perlunya dilakukan analisis secara manual.

## DAFTAR PUSTAKA

AASHO 1995 : *Design Method For Reinforced Earth Structures Subject to Seismic Forces*

ASTM D1586 : *Standard Test Method for Standard Penetration Test (SPT) And Split Barrel Sampling of Soils*

ASTM D1587 : *Standard Practice for Thin-Walled Tube Sampling of Soils for Geotechnical Purposes*

ASTM D3441 : *Standard Test Method for Mechanical Cone Penetration Tests of Soil*

ASTM D5778 : *Standard Test Method of Electronic Friction Cone and Piezocone Penetration Testing of Soils*

SNI 8640-2017 : Persyaratan perancangan perancangan geoteknik

SNI 03-6802-2002 : Tata cara penyelidikan dan pengambilan contoh uji tanah dan batuan untuk keperluan teknik

SNI 2813-2008 : Cara uji kuat geser langsung tanah terkonsolidasi

SNI 2827-2008 : Cara Uji Penetrasi Lapangan dengan Alat Sondir

SNI 4153-2008 : Cara Uji Penetrasi Lapangan Dengan SPT

Braja M. Das (Noor Endah & Indrasurya B. Mochtar), 1991, *Mekanika Tanah I dan II, Jilid 1*, Penerbit Erlangga, Jakarta.

*Buku 1,2 dan 3 Petunjuk umum, perencanaan dan pelaksanaan, dalam Pedoman Penanganan Lereng Jalan*

*Buku Petunjuk Teknis Perencanaan dan Penanganan dan Longsoran,*  
dalam Direktorat Jenderal Bina Marga Direktorat Bina  
Teknik

Hardiyatmo, H.C.,2001, *Mekanika Tanah I dan II*, Penerbit Gadjah mada  
university press, Yogyakarta

Rsnit-14-2004, *Geometrik Jalan Perkotaan 2*

Sukri, S., *Buku Petunjuk Teknis Perencanaan dan Penanganan Longsoran*  
*Direktorat Jendral Bina Marga.*

[https://www.academia.edu/9210686/BUKU\\_PETUNJUK  
TEKNIS\\_PERENCANAAN\\_DAN\\_PENANGANAN\\_LONG  
SORAN\\_DIREKTORAT\\_JENDERAL\\_BINA\\_MARGA](https://www.academia.edu/9210686/BUKU_PETUNJUK_TEKNIS_PERENCANAAN_DAN_PENANGANAN_LONGSORAN_DIREKTORAT_JENDERAL_BINA_MARGA),

Surendro B.,2014, *Mekanika Tanah*, Penerbit Andi, Yogyakarta.

Sutarman E.,2013, *Konsep Aplikasi Mekanika Tanah*, Penerbit Andi,  
Yogyakarta

Bowles, J.E. 1977, “Foundation analysis and design”, USA. McGraw-Hill.

# LAMPIRAN