

SKRIPSI

**PENANGANAN TANAH LONGSOR PADA DAERAH *PLINTH*
SANDARAN KANAN BENDUNGAN PAMUKKULU, DESA KALE
KO'MARA, KECAMATAN POLOMBANGKENG UTARA, KABUPATEN
TAKALAR, PROVINSI SULAWESI SELATAN**

Disusun dan diajukan oleh

GLORIA JOVILITA ANGGRENI SENDA

D061 18 1030



**PROGRAM STUDI TEKNIK GEOLOGI
DEPARTEMEN TEKNIK GEOLOGI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**PENANGANAN TANAH LONGSOR PADA DAERAH *PLINTH*
SANDARAN KANAN BENDUNGAN PAMUKKULU DESA KALE
KO'MARA, KECAMATAN POLOMBANGKENG UTARA, KABUPATEN
TAKALAR, PROVINSI SULAWESI SELATAN**

Disusun dan diajukan oleh :

GLORIA JOVILITA ANGGRENI SENDA


D061181030

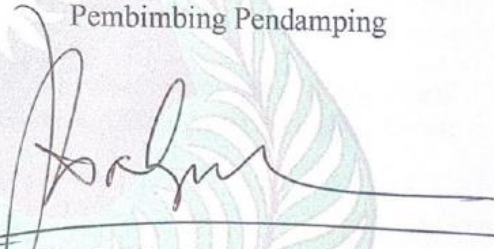
Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 27 Januari 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama

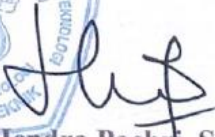
Pembimbing Pendamping


Dr. Eng. Hendra Pachri, S.T., M.Eng.
NIP 197712142005011002


Dr. Ir. Busthan Azikin, M.T.
NIP 195910081987031001

Mengetahui,

Ketua Departemen Teknik Geologi
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin


Dr. Eng. Hendra Pachri, S.T., M.Eng.
NIP 197712142005011002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Gloria Jovilita Anggreni Senda
NIM : D061181030
Program Studi : Teknik Geologi
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

*Penanganan Tanah Longsor Daerah Plinth Sandaran Kanan Bendungan
Pamukkulu Desa Kale Ko'mara Kecamatan Polombangkeng Utara Kabupaten
Takalar Provinsi Sulawesi Selatan*

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 31 Januari 2023

Yang Menyatakan



Gloria Jovilita Anggreni Senda

ABSTRAK

Bendungan adalah bangunan yang berupa urukan tanah, urukan batu, dan beton, yang dibangun selain untuk menahan dan menampung air, dapat pula dibangun untuk menahan dan menampung limbah tambang atau menampung lumpur sehingga terbentuk waduk. Pembangunan bendungan sangat bermanfaat bagi masyarakat di sekitarnya. Oleh karena itu, perlu ditinjau kondisi keamanan bendungan ketika bendungan dalam pengerjaan pembangunan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis keadaan lereng pada daerah *plinth* sandaran kanan Bendungan Pamukkulu serta penanganannya agar tidak menimbulkan kerugian. Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimental meliputi perekaman dan pengambilan data dan analisis laboratorium menggunakan metode triaksial. Analisis laboratorium digunakan untuk menentukan nilai kohesi dan sudut geser dalam yang kemudian diolah menggunakan aplikasi *Rocscience Slide* untuk mendapatkan nilai faktor keamanan sehingga dapat menentukan penanganan tanah longsor pada daerah penelitian. Tindakan penanganan adalah dengan melakukan pengelupasan dinding dengan perbandingan kemiringan lereng yaitu 1 : 1.5 sesuai spesifikasi teknik dan lebar berm 2 meter tiap interval dari setiap ketinggian 5 meter untuk galian terbuka kemudian dilakukan metode *shotcrete* dengan tebal 10cm.

Kata Kunci : *Tanah Longsor, Faktor Keamanan, Rocscience Slide.*

ABSTRACT

Dams are buildings in the form of earthworks, stone stacks, and concrete, which are built in addition to holding and collecting water, can also be built to hold and hold mining waste or collect mud so that reservoirs are formed. The construction of the dam is very beneficial to the surrounding community. Therefore, it is necessary to review the safety conditions of the dam when the dam is under construction. The purpose of this study was to analyze the condition of the slopes in the *right-backrest plinth* area of the Pamukkulu Dam and its handling so as not to cause losses. This research was conducted with experimental methods including recording and data collection and laboratory analysis using the triaxial method. Laboratory analysis is used to determine the cohesion value and deep shear angle which is then processed using the *Rocscience Slide* application to obtain safety factor values so as to determine landslide handling in the study area. The handling action is to exfoliate the wall with a slope ratio of 1: 1.5 according to technical specifications and a width of 2 meters each interval from each height of 5 meters for open excavations then the *shotcrete* method with a thickness of 10cm.

Keywords : *Landslides, Safety Factors, Rocscience Slides.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan amanat dan karunia-Nya, sehingga saya dapat menyusun Tugas Akhir yang berjudul *“Penanganan Tanah Longsor Pada Daerah Plinth Sandaran Kanan Bendungan Pamukkulu, Desa Kale Ko'mara, Kecamatan Polombangkeng, Kabupaten Takalar, Provinsi Sulawesi Selatan”*. Penulisan laporan ini dimaksudkan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan Program Strata I pada Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Dalam penyusunan laporan ini, saya banyak mendapat bantuan dari berbagai pihak yang berperan penting selama penyusunan ini. Pada kesempatan ini, tak lupa saya ucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak, di antaranya:

1. Bapak Dr.Eng. Hendra Pachri, S.T., M.Eng. sebagai Dosen Pembimbing Utama sekaligus Ketua Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah meluangkan waktu serta memberikan bimbingan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini.
2. Bapak Dr. Ir. Busthan Azikin, M.T. sebagai Dosen Pembimbing Pendamping yang telah meluangkan waktu serta memberikan bimbingan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini.
3. Bapak Dr. Sultan, S.T., M.T., dan Dr. Ir. H. Hamid Umar, MS. sebagai Dosen Penguji yang telah memberikan masukan dan saran dalam penyusunan laporan tugas akhir ini.
4. Bapak dan Ibu Dosen pada Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas segala bimbingan dan nasehatnya.
5. Bapak dan Ibu Staf Departemen Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas bantuannya dalam pengurusan administrasi penelitian.
6. Bapak Budi Santoso, S.T. sebagai Manajer Proyek Bendungan Pamukkulu Paket 1 PT.WIKA-DMT, KSO, Desa Ko'mara, Kecamatan Polombangkeng Utara, Kabupaten Takalar, Provinsi Sulawesi Selatan yang telah menerima penulis untuk melaksanakan Magang dan pengambilan data tugas akhir.

7. Bapak Muhamad Ichwanto, S.T. sebagai *geologist* dan pembimbing Magang yang telah membimbing dan mengarahkan selama Magang.
8. Kak Nita, Kak Yogi, para staf dan pekerja lainnya di Bendungan Pamukkulu Paket 1 PT. WIKA-DMT, KSO, Desa Ko'mara, Kecamatan Polombangkeng Utara, Kabupaten Takalar, Provinsi Sulawesi Selatan.
9. Adi, Ammat, Sekar, Alfiyyah, Rahmat, Fikri yang telah banyak membantu penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini
10. Teman-teman Teknik Geologi Angkatan 2018 (Xenolith) yang mendukung dan membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
11. Kedua Orang Tua tercinta yang telah memberikan dukungan semangat, doa hingga materil.
12. *Last but not least, I wanna thank me. I wanna thank me for believing in me. I wanna thank me for all doing this hard work. I wanna thank me for having no days off. I wanna thank me for never quitting. I wanna thank me for just being me at all times.*

Saya menyadari bahwa laporan ini masih terdapat berbagai kelemahan dan kekurangan, sehingga kritik maupun saran yang bersifat membangun sangat diharapkan untuk menyempurnakan laporan ini. Akhir kata saya mengucapkan terima kasih dan semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi diri saya sendiri dan bagi orang lain yang menggunakannya.

Makassar, Januari 2023

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL SKRIPSI	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Maksud dan Tujuan	3
1.4. Batasan masalah	3
1.5. Lokasi dan Kesampaian Daerah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Geologi Regional Daerah Penelitian	5
2.2. Bendungan.....	9
2.3. Pondasi Bendungan	10
2.4. Tanah Longsor.....	11
2.5. Penanganan Tanah Longsor	14
2.6. Stabilitas Lereng.....	16
BAB III METODE PENELITIAN	20
3.1. Variabel Penelitian	20
3.2. Metode Penelitian.....	20
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	24
4.1. Hasil Uji Laboratorium.....	24
4.2. Analisis Stabilitas Lereng.....	26
4.3. Pemodelan Keadaan Lereng	31
4.4. Penanganan Tanah Longsor	33
BAB V PENUTUP	37
5.1. Kesimpulan.....	37
5.2. Saran	37
DAFTAR PUSTAKA	38
LAMPIRAN	40

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1.1. Peta Tunjuk Lokasi Daerah Penelitian	4
2.1. Peta Topografi Daerah Penelitian.....	6
2.2. Peta Geologi Regional Daerah Penelitian.....	8
2.3. Gaya yang Bekerja Pada Metode Bishop	18
3.1. Diagram Alir Tahapan Penelitian	23
4.1. Grafik Hasil Uji Laboratorium	26
4.2. Keadaan Lereng Daerah Penelitian	27
4.3. Desain Lereng pada PL 26.....	27
4.4. Desain Lereng pada PL 29.....	28
4.5. Desain Lereng pada PL 30.....	28
4.6. Retakan Pada Lereng	29
4.7. Bidang Gelincir Pada Lereng.....	30
4.8. Pemodelan Lereng Awal PL 26.....	31
4.9. Pemodelan Lereng Awal PL 29.....	32
4.10. Pemodelan Lereng Awal PL 30.....	32
4.11. Pemodelan Lereng Standar PL 26	34
4.12. Pemodelan Lereng Standar PL 29	34
4.13. Pemodelan Lereng Standar PL 30	35

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1. Jenis-jenis tanah longsor oleh Varnes (1978).....	14
2.2. Penanganan Galian	16
2.3. Hubungan Faktor Keamanan dan Intensitas Tanah Longsor.....	18
2.4. Nilai Faktor Keamanan untuk Lereng Tanah	19
2.5. Potongan Kemiringan Lereng Berdasarkan Spesifikasi Teknik.....	19
4.1. Hasil Uji Laboratorium.....	24
4.2. Faktor Keamanan Lereng Awal.....	32
4.3. Faktor Keamanan Lereng Sesuai SNI 8460 : 2017	35
4.4. Perbandingan Keadaan Lereng Awal dan Lereng Sesuai SNI	36

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Jumlah warga negara Indonesia menurut data Kependudukan dan Pencatatan Sipil adalah 273.879.750 jiwa. Penduduk Indonesia semakin meningkat maka semakin meningkat pula kebutuhan air. Masalah air di Indonesia ditandai dengan kondisi lingkungan yang makin tidak kondusif sehingga makin mempercepat kelangkaan air. Indonesia memiliki lebih dari seribu sungai namun sebagian besar diantaranya memiliki kapasitas tampung yang kurang memadai. Untuk menyimpan cadangan air, mencegah banjir serta menyediakan irigasi maka dibangun bendungan, salah satunya di Kabupaten Takalar yaitu Proyek Pembangunan Bendungan Pamukkulu.

Bendungan adalah bangunan yang berupa urukan tanah, urukan batu, beton, dan/atau pasangan batu yang dibangun selain untuk menahan dan menampung air, dapat pula dibangun untuk menahan dan menampung limbah tambang (*tailing*), atau menampung lumpur sehingga terbentuk waduk (PP No 37 Tahun 2010). Menurut Asiyanto (2011) dalam Nurnwaty dkk (2018), bendungan atau dam adalah sebuah struktur konstruksi yang dibangun untuk menahan laju air atau sungai bawah tanah yang pada umumnya akan menjadi waduk atau danau. Menurut Drajat dkk (2019), bendungan merupakan merupakan konstruksi yang dibangun untuk mengubah karakteristik aliran sungai, mengendalikan laju air untuk mencegah banjir serta memenuhi kebutuhan pengairan irigasi. Oleh karena itu, bendungan

adalah sebuah bangunan yang digunakan untuk menahan dan mengendalikan laju air.

Pembangunan bendungan sangat bermanfaat bagi masyarakat di sekitarnya. Oleh karena itu, perlu ditinjau kondisi keamanan bendungan ketika bendungan dalam pengerjaan pembangunan dan kondisi ketika bendungan beroperasi. Kondisi keamanan berkaitan dengan perubahan ketinggian air pada hulu bendungan yang mempengaruhi besar rembesan dan keamanan lereng bendungan ketika bendungan telah beroperasi maka diperlukan analisis lereng di bendungan. Pada lokasi penelitian yaitu Proyek Pembangunan Bendungan Pamukkulu merupakan proyek pembangunan bendungan tipe urungan dengan lapisan beton kedap air di bagian hulu yang disebut Urugan Batu Membran Beton (UBM) atau *Concrete Face Rock fill Dam* (CFRD), *plinth* berfungsi pondasi utama sebuah bendungan tipe CFRD. Material pada lereng daerah *plinth* merupakan residual soil.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan maka didapatkan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kondisi lereng pada daerah *plinth* sandaran kanan Bendungan Pamukkulu?
2. Bagaimana spesifikasi teknik kemiringan lereng pada daerah *plinth* sandaran kanan Bendungan Pamukkulu?
3. Bagaimana penanganan tanah longsor pada daerah *plinth* sandaran kanan Bendungan Pamukkulu?

1.3. Maksud dan Tujuan

Maksud dari penelitian ini adalah untuk menganalisis keadaan lereng pada daerah *plinth* sandaran kanan Bendungan Pamukkulu serta penanganannya agar tidak menimbulkan kerugian.

Adapun tujuan dari penelitian ini antara lain sebagai berikut

1. Mengetahui kondisi lereng pada daerah *plinth* sandaran kanan Bendungan Pamukkulu.
2. Mengetahui spesifikasi teknik kemiringan lereng pada daerah *plinth* sandaran kanan Bendungan Pamukkulu.
3. Mengetahui penanganan tanah longsor pada daerah *plinth* sandaran kanan Bendungan Pamukkulu.

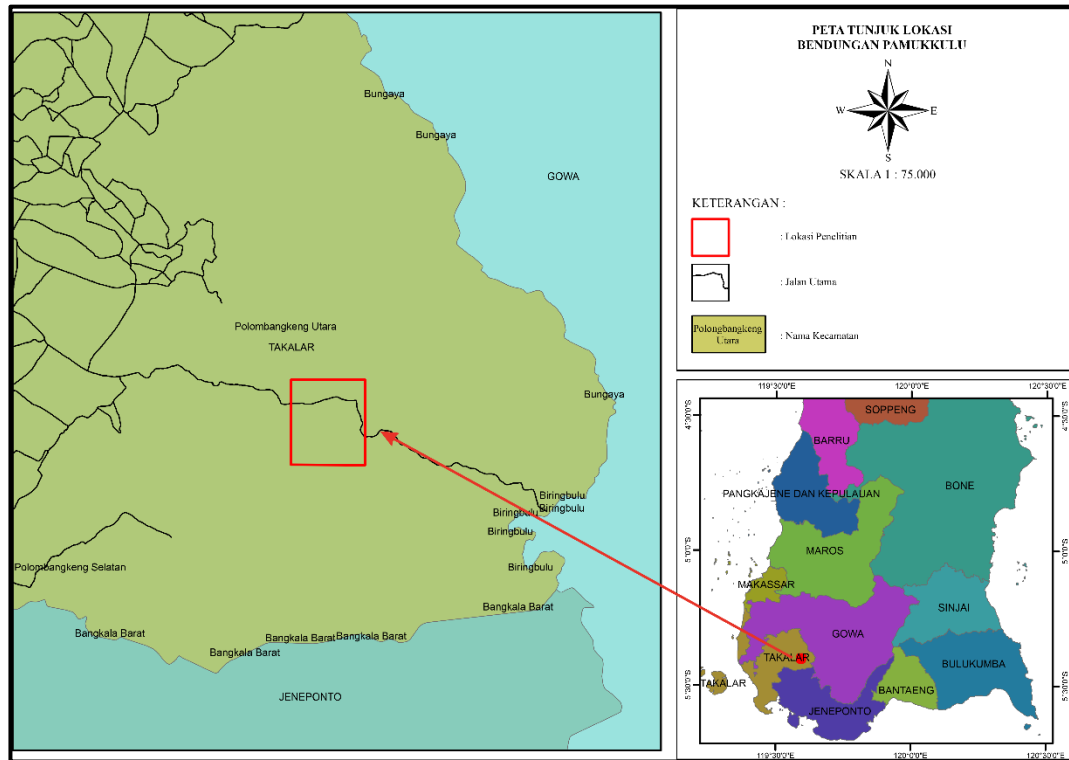
1.4. Batasan masalah

Penelitian ini khusus dilakukan untuk mengetahui keadaan lereng daerah *plinth* sandaran kanan Bendungan Pamukkulu serta penanganan tanah longsor dengan menggunakan data hasil uji laboratoium yang dimodelkan pada aplikasi *Rocscience Slide*.

1.5. Lokasi dan Kesampaian Daerah

Lokasi penelitian berlokasi di Desa Kale Ko'mara, Kecamatan Polombangkeng Utara, Kabupaten Takalar, Provinsi Sulawesi Selatan. Secara astronomis terletak pada koordinat $119^{\circ}35'13,736''$ - $119^{\circ}36'3,02''$ dan $5^{\circ}23'33,818''$ - $5^{\circ}24'30,2''$. Jarak dari kota Makassar sekitar 50 kilometer ke arah

selatan dengan waktu tempuh dengan kendaraan roda empat sekitar 2 jam perjalanan.



Gambar 1.1. Peta Tunjuk Lokasi Daerah Penelitian

BAB II

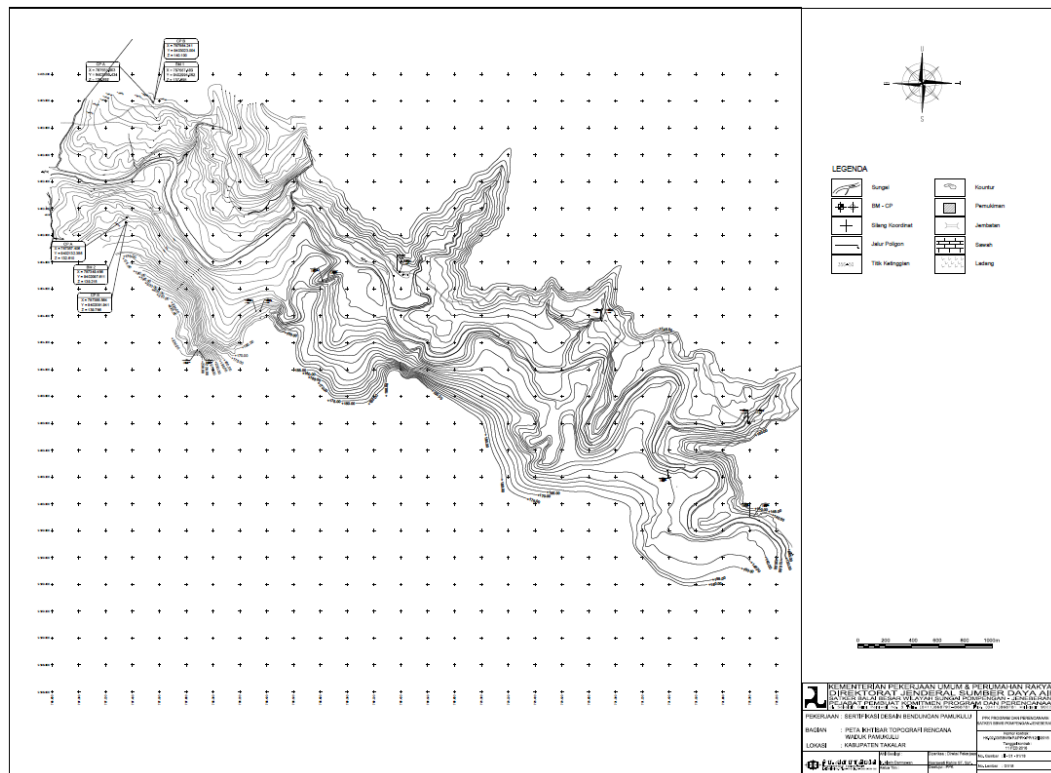
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Geologi Regional Daerah Penelitian

2.1.1. Geomorfologi Regional Daerah Penelitian

Geologi regional daerah penelitian berada pada geologi regional lembar Ujung Pandang, Benteng, dan Sinjai. Bentuk morfologi yang menonjol di daerah lembar ini adalah kerucut gunungapi Lompobatang, yang menjulang mencapai ketinggian 2876 m di atas muka laut. Kerucut gunungapi dari kejauhan masih memperlihatkan bentuk aslinya, dan menempati lebih kurang 1/3 daerah lembar. Pada potret udara terlihat dengan jelas adanya beberapa kerucut parasit, yang kelihatannya lebih muda dan kerucut induknya bersebaran di sepanjang jalur utaraselatan melewati puncak Gunung Lompobatang (Kabupaten Gowa). Kerucut gunungapi Lompobatang ini tersusun oleh batuan gunungapi berumur Plistosen (Sukanto dan Supriatna, 1982).

Dua buah bentuk kerucut tererosi yang lebih sempit sebarannya terdapat di sebelah barat dan sebelah utara Gunung Lompobatang. Di sebelah barat terdapat Gunung Baturape (Kabupaten Takalar), mencapai ketinggian 1124 m dan di sebelah utara terdapat Gunung Cindako (Kabupaten Maros), mencapai ketinggian 1500 m. Kedua bentuk kerucut tererosi ini disusun oleh bawan gunungapi berumur Pliosen (Sukanto dan Supriatna, 1982).



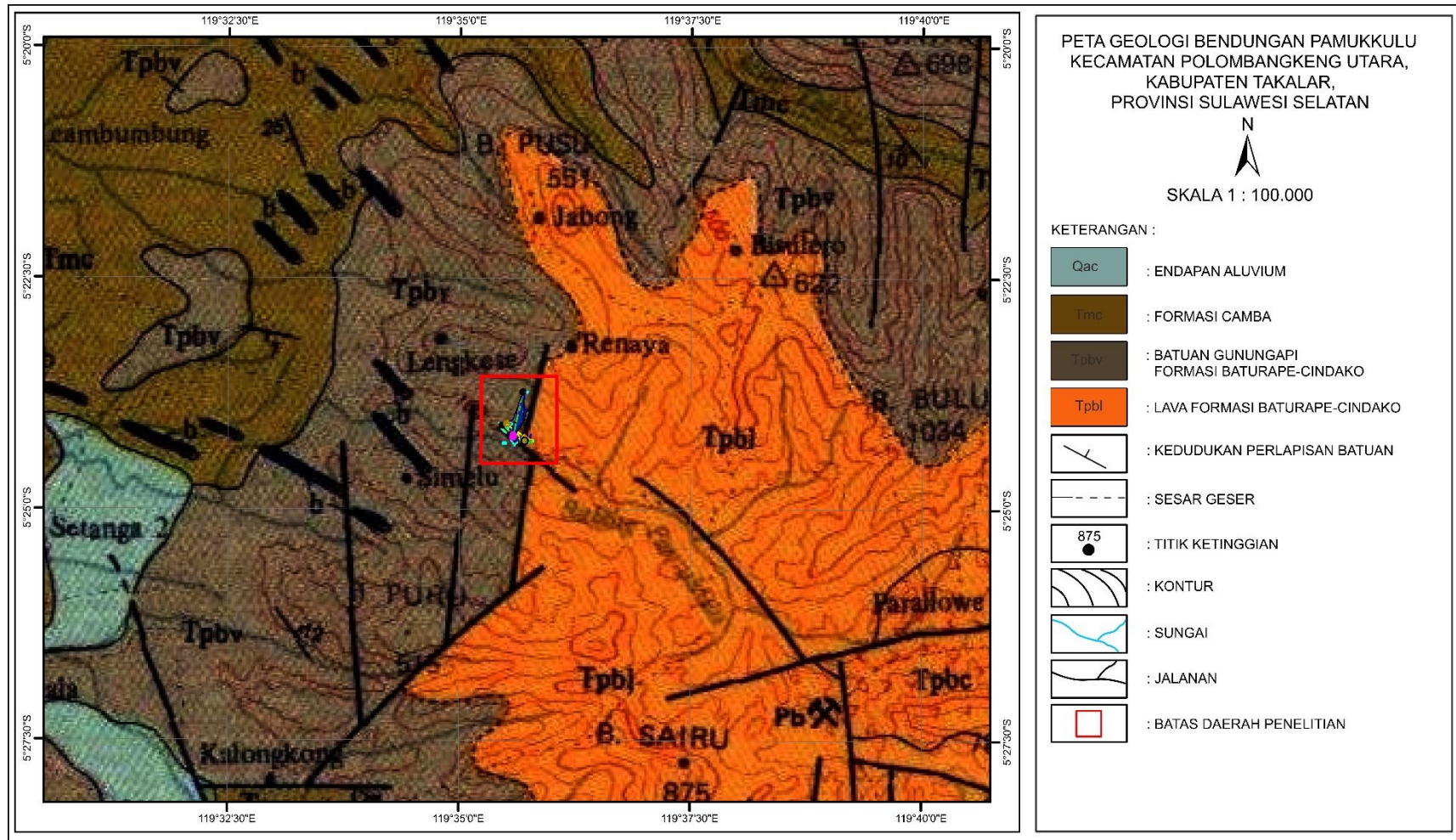
Gambar 2.1. Peta Topografi Daerah Penelitian. Sumber : PT. Wijaya Karya Tbk (2020).

2.1.2. Stratigrafi Regional Daerah Penelitian

Stratigrafi daerah penelitian tersusun atas Batuan Gunungapi Baturape-Cindako yang terdiri dari lava dan breksi, dengan sisipan sedikit tufa dan konglomerat. Bersusunan basal, sebagian besar porfiri dengan fenokris piroksen besar-besar sampai 1 cm dan sebagian kecil tansatmata, kelabu tua kehijauan hingga hitam warnanya; lava sebagian berkekar meniang dan sebagian berkekar lapis, pada umumnya breksi berkomponen kasar, dari 15 cm sampai 60 cm, terutama basal dan sedikit andesit, dengan semen tufa berbutir kasar sampai lapili, banyak mengandung pecahan piroksen (Sukamto dan Supriatna, 1982).

Kompleks terobosan diorit berupa stok dan retas di Baturape dan Cindako diperkirakan merupakan bekas pusat erupsi (Tpbc); batuan di sekitarnya berubah

kuat, amigdaloidal dengan mineral sekunder zeolite ($M_2nO \cdot Al_2O_3 \cdot xSiO_2 \cdot yH_2O$) dan kalsit ($CaCO_3$) : mineral galena (PbS) di Baturape kemungkinan berhubungan dengan terobosan diorit ini; daerah sekitar Baturape dan Cindako batumannya didominasi oleh lava Tpbl. Satuan ini tidak kurang dari 1250 m tebalnya dan berdasarkan posisi stratigrafinya kira-kira berumur Pliosen Akhir (Sukanto dan Supriatna, 1982).



Gambar 2.2. Peta Geologi Regional Daerah Penelitian (Sukamto dan Supriatna, 1982)

2.1.3. Struktur Regional Daerah Penelitian

Struktur geologi yang terdapat dalam peta geologi regional adalah sesar geser dan sesar turun. Sesar turun tersebut terdapat pada bagian timur peta dan mensesarkan Batuan Gunungapi Baturape-Cindako. Kedudukan sesar berarah utara-selatan. Sesar geser adalah struktur geologi yang banyak mempengaruhi lokasi penelitian. Sesar-sesar tersebut mensesarkan Batuan gunungapi Camba dan Batuan Gunungapi Baturape-Cindako. Sesar-sesar tersebut umumnya mempunyai kedudukan yang bervariasi, ada yang berarah timur-barat dan kebanyakan berarah Baratlaut-Tenggara (Sukamto dan Supriatna, 1982).

2.2. Bendungan

Di dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 37 Tahun 2010 mengatakan bendungan adalah bangunan yang berupa urukan tanah, urukan batu, dan beton, yang dibangun selain untuk menahan dan menampung air, dapat pula dibangun untuk menahan dan menampung limbah tambang atau menampung lumpur sehingga terbentuk waduk. Pada lokasi penelitian yaitu Proyek Pembangunan Bendungan Pamukkulu merupakan proyek pembangunan bendungan tipe urungan dengan lapisan beton kedap air di bagian hulu yang disebut Urungan Batu Membran Beton (UMB) atau *Concrete Face Rock fill Dam* (CFRD), *plinth* berfungsi pondasi utama sebuah bendungan tipe CFRD.

Suatu bendungan yang dibangun dengan cara menimbunkan bahan-bahan seperti batu, krakal, kerikil, pasir, dan tanah pada komposisi tertentu dengan fungsi sebagai pengempang atau pengangkat permukaan air yang terdapat di dalam waduk di udiknya disebut bendungan tipe urungan atau “bendungan urungan” (Sosrodarsono

dan Takeda, 1977). Menurut Dharmayasa dkk (2014), bendungan urugan adalah bangunan yang dibuat dari bahan timbunan seperti tanah, pasir dan batuan yang dibuat sedemikian rupa sehingga membentuk suatu dinding yang mampu menampung air. Bendungan urugan biasanya dibuat di lokasi yang mudah memperoleh bahan timbunan seperti tanah lempung, pasir dan batuan.

Dibandingkan dengan jenis-jenis lainnya, bendungan urugan mempunyai keistimewaan yaitu pembangunannya dapat dilaksanakan pada hampir semua kondisi geologi dan geografi yang dijumpai serta bahan untuk tubuh bendungan dapat digunakan batuan yang terdapat di sekitar calon bendungan (Sosrodarsono dan Takeda, 1977).

2.3. Pondasi Bendungan

Bendungan sebagai penampung air harus direncanakan dengan bahan pembentuk tubuh bendungan yang baik dan berdiri diatas pondasi yang stabil. Untuk meminimalkan resiko akan kegagalan bendungan yang ditimbulkan akibat terjadinya longsor pada tubuh bendungan, daya dukung pondasi terhadap struktur bangunan, serta adanya peluang terjadinya rembesan yang dapat terjadi pada tubuh bendungan serta pada bagian pondasi (Lontoh dkk, 2022).

Pondasi atau sandaran suatu bendungan harus memenuhi 3 (tiga) persyaratan terpenting, yaitu mempunyai daya dukung yang mampu menahan beban dari tubuh bendungan dalam berbagai kondisi, mempunyai kemampuan penghambat aliran filtrasi yang memadai dan sesuai dengan fungsinya sebagai penahan air, serta mempunyai ketahanan terhadap gejala-gejala sufosi (*piping*) dan sembulan

(*boiling*) yang disebabkan oleh aliran filtrasi yang melalui lapisan-lapisan pondasi tersebut (Sosrodarsono dan Takeda, 1977).

2.4. Tanah Longsor

Menurut Ramadhani dan Idajati (2017), Indonesia merupakan salah satu negara yang rawan akan bencana. Bencana adalah peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat yang disebabkan, baik oleh faktor alam dan/atau faktor non alam maupun faktor manusia sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologis. Bencana terjadi karena adanya ancaman dan kerentanan tanpa ada kapasitas masyarakat untuk menanggulangnya. Bencana dapat mengancam semua wilayah di Indonesia baik di wilayah daratan, pegunungan maupun di wilayah pesisir. Salah satu jenis bencana di Indonesia yang berpotensi merusak lingkungan, merugikan harga benda dan menimbulkan korban jiwa adalah bencana tanah longsor.

Tanah longsor adalah salah satu bencana yang sering terjadi di Indonesia. Tanah longsor atau gerakan tanah adalah suatu konsekuensi fenomena dinamis alam untuk mencapai kondisi baru akibat gangguan keseimbangan lereng yang terjadi, baik secara alamiah maupun akibat ulah manusia. Tanah longsor merupakan fenomena alam yang terjadi melalui perpindahan massa tanah atau batuan pada arah tegak, mendatar, atau miring dari kedudukan semula (Isnaini, 2019).

Tanah longsor akan terjadi pada suatu lereng jika ada keadaan ketidakseimbangan yang menyebabkan terjadinya suatu proses mekanis, mengakibatkan sebagian dari lereng tersebut bergerak mengikuti gaya gravitasi,

dan selanjutnya setelah terjadi tanah longsor, lereng akan seimbang atau stabil kembali (Isnaini, 2019).

Menurut Varnes (1978) dalam Schuster dan Krizek (1978), tanah longsor dibagi menjadi 6 (enam) jenis sebagai berikut.

1. *Fall* (Jatuhan) adalah jatuhan atau massa batuan bergerak melalui udara, termasuk gerak jatuh bebas, meloncat dan penggelindingan bongkah batu dan bahan rombakan tanpa banyak bersinggungan satu dengan yang lain. Termasuk jenis gerakan ini adalah runtuh batu, bahan rombakan maupun tanah.
2. *Topples* (Gelincir atau Jungkiran) adalah robohnya batuan umumnya bergerak melalui bidang-bidang diskontinyu yang sangat tegak pada lereng. Bidang diskontinyu ini berupa retakan pada batuan seperti pada runtuh. Robohan ini biasanya terjadi pada batuan dengan kelerengan sangat terjal sampai tegak.
3. *Slide* (Longsoran) adalah gerakan yang disebabkan oleh keruntuhan melalui satu atau beberapa bidang yang dapat diamati ataupun diduga. Slides dibagi lagi menjadi dua jenis, yaitu *rotational slide* dan *translational slide*. Disebut *translational slide* bila dipengaruhi gerak translasional dan susunan materialnya yang banyak berubah. Bila longsoran gelinciran dengan susunan materialnya tidak banyak berubah dan umumnya dipengaruhi gerak rotasional, maka disebut *rotational slide*. Termasuk longsoran gelinciran adalah luncuran bongkah tanah maupun bahan rombakan, dan nendatan tanah.

4. *Lateral Spreads* (Gerak horizontal) merupakan jenis longsoran yang dipengaruhi oleh pergerakan bentangan material batuan secara horisontal. Biasanya berasosiasi dengan jungkiran, jatuhnya batuan, nendatan dan luncuran lumpur sehingga biasa dimasukkan dalam kategori *complex landslide* (longsoran gabungan). Pada bentangan lateral tanah maupun bahan rombakan, biasanya berasosiasi dengan nendatan, luncuran atau aliran yang berkembang selama maupun setelah longsor terjadi. Material yang terlibat antara lain lempung atau pasir yang mengalami luncuran akibat gempa.
5. *Flows* (Aliran) adalah gerakan yang dipengaruhi oleh jumlah kandungan atau kadar air tanah, terjadi pada material tak terkonsolidasi. Bidang longsor antara material yang bergerak umumnya tidak dapat dikenali. Termasuk dalam jenis gerakan aliran kering adalah *sandrune* (aliran pasir), aliran fragmen batu, aliran *loess*. Sedangkan jenis gerakan aliran basah adalah aliran pasir-lanau, aliran tanah cepat, aliran tanah lambat, aliran lumpur, dan aliran bahan rombakan.
6. *Complex Slide* (Longsoran Gabungan) adalah gabungan dari dua atau tiga jenis gerakan di atas. Pada umumnya longsoran gabungan yang terjadi di dan biasanya ada salah satu jenis gerakan yang menonjol atau lebih dominan.

Tabel 2.1. Jenis-jenis tanah longsor. Sumber : *Landslide Analysis and Control* oleh Schuster dan Krizek (1978)

TYPE OF MOVEMENT			TYPE OF MATERIAL		
			BEDROCK	ENGINEERING SOILS	
				Predominantly coarse	Predominantly fine
FALLS			Rock fall	Debris fall	Earth fall
TOPPLES			Rock topple	Debris topple	Earth topple
SLIDES	ROTATIONAL	FEW UNITS	Rock slump	Debris slump	Earth slump
	TRANSLATIONAL		Rock block slide	Debris block slide	Earth block slide
			MANY UNITS	Rock slide	Debris slide
LATERAL SPREADS			Rock spread	Debris spread	Earth spread
FLOWS			Rock flow (deep creep)	Debris flow (soil creep)	Earth flow (soil creep)
COMPLEX			Combination of two or more principal types of movement		

2.5. Penanganan Tanah Longsor

Menurut Rajagukguk dkk (2014), penanggulangan tanah longsor yang dilakukan bersifat pencegahan sebelum tanah longsor terjadi pada daerah potensial dan stabilisasi setelah tanah longsor terjadi jika belum runtuh total. Ada beberapa cara untuk menstabilkan lereng yang berpotensi terjadi kelongsoran. Pada prinsipnya ada dua cara yang dapat digunakan untuk menstabilkan suatu lereng, yaitu:

1. Memperkecil gaya penggerak atau momen penyebab tanah longsor. Gaya atau momen penyebab tanah longsor dapat diperkecil dengan cara merubah bentuk lereng, yaitu dengan cara :
 - a) Merubah lereng lebih datar atau memperkecil sudut kemiringan.
 - b) Memperkecil ketinggian lereng.
 - c) Merubah lereng menjadi lereng bertingkat (*multy slope*)
2. Memperbesar gaya lawan atau momen penahan tanah longsor. Gaya lawan atau momen penahan longosr dapat diperbesar dengan beberapa cara, yaitu:

- a) Menggunakan *counter weight* yaitu tanah timbunan pada kaki lereng. Cara ini mudah dilaksanakan asalkan terdapat tempat dikaki lereng untuk tanah timbunan tersebut
- b) Dengan mengurangi air pori di dalam lereng
- c) Dengan cara mekanis yaitu dengan memasang tiang pancang atau tembok penahan tanah.

Menurut spesifikasi teknik, proteksi lereng tanah meliputi penggunaan *soil nailing*, *wire mesh*, dan *shotcrete*. *Soil nailing* merupakan teknik perkuatan tanah *in-situ* untuk menjaga kestabilan galian tanah dengan cara memasukkan perkuatan dengan ukuran relatif kecil yang dipasang dengan spasi yang dekat ke dalam massa tanah sehingga tanah menjadi stabil. Proses pemasangan *soil nailing* di butuhkan pengamatan secara seksama terhadap kondisi tanah berupa penyelidikan tanah, selama pelaksanaan konstruksi dan setelah konstruksi (Lazarte dkk, 2003).

Wiremesh merupakan jaringan kawat las yang memiliki kualitas tinggi, setiap detail *wiremesh* dibuat menggunakan pengawasan yang teliti, mulai dari pemilihan material melalui kontrol yang ketat lalu besi dilas menggunakan alat las otomatis berteknologi tinggi dan akan menghasilkan *wiremesh* yang berkualitas bagus. Keuntungan dari menggunakan *wiremesh*, mempercepat proses konstruksi, mutu bangunan bisa lebih baik (Vricilia dkk, 2020).

Salah satu metode perkuatan lereng adalah dengan menggunakan metode *shotcrete*. *Shotcrete* merupakan aplikasi mesin penyemprot beton yang ditemukan pada tahun 1910. *Shotcrete* adalah suatu proses beton diproyeksikan atau disemprotkan di bawah tekanan dengan menggunakan suatu alat bantu atau alat

semprot ke suatu permukaan untuk membentuk bentuk struktural seperti dinding, lantai dan atap. *Shotcrete* adalah campuran berbahan dasar semen yang diproyeksikan dengan kecepatan tinggi ke area permukaan penerima. Komponen material *shotcrete* pada dasarnya adalah beton atau terkadang adukan semen. Aplikasi penggunaan *shotcrete* yaitu diantaranya untuk perlindungan lereng atau permukaan, untuk perbaikan struktur bangunan maupun untuk terowongan bawah tanah berkaitan dengan kekuatan, kepraktisan pengerjaannya serta berbagai kelebihan yang dimilikinya (Nurashar, 2020).

Shotcrete banyak diaplikasikan karena cocok digunakan di berbagai tipe tanah dan batuan, mudah dioperasikan karena hanya butuh 1 orang operator, dapat mengeras dengan sangat cepat. Kelebihan *shotcrete* yaitu tidak memerlukan kaki beton, ketebalannya tipis hanya 100mm atau 10cm, mempunyai kekuatan tarik yang besar, tahan terhadap air, serta dapat mengatasi lereng dengan kelandaian mencapai 90° (Putra dkk, 2018).

Tabel 2.2. Penanganan Galian Spesifikasi Teknik. Sumber : PT. Wijaya Karya Tbk (2020)

Kelas Batuan	Shotcrete Tebal (cm)				Wiremesh		Soil Nailing				
	5	10	15	Area	1 Layer	2 Layer	Panjang 2,00 m, jarak antara 2,0 m (8 buah/potongan)	Panjang 2,00 m, jarak antara 2,0 m (8 buah/potongan)	Panjang 2,50 m, jarak antara 1,5 m (10 buah/potongan)	Panjang 3,00 m, jarak antara 1,0 m (14 buah/potongan)	Area
I	Bila diperlukan			Roof							Roof
II	OK			Roof	Bila diperlukan						Roof
III		OK		Roof & sides	OK						Roof & sides
IV		OK		Roof & sides	OK						Roof & sides
V			OK	Roof/sides & invert		OK					Roof & sides

2.6. Stabilitas Lereng

Menurut Rajagukguk dkk (2014), lereng adalah bidang miring yang menghubungkan bidang-bidang lain yang mempunyai elevasi yang berbeda.

Lereng terbentuk secara alamiah maupun dengan bantuan manusia. Ditinjau dari jenisnya, secara umum lereng terbagi atas 3 bagian yaitu :

1. Lereng alam yaitu lereng yang terjadi akibat proses-proses alamiah, misalnya lereng pada perbukitan.
2. Lereng yang dibuat dalam pada tanah asli misalnya bilamana tanah dipotong untuk pembuatan jalan atau saluran air irigasi.
3. Lereng yang dibuat dari tanah yang dipadatkan misalnya tanggul atau bendungan urugan tanah.

Menurut Pangemanan dkk (2014), keruntuhan pada lereng alami atau buatan disebabkan karena adanya perubahan antara lain topografi, seismik, aliran air tanah, kehilangan kekuatan, perubahan tegangan, dan musim atau iklim atau cuaca. Akibat adanya gaya-gaya luar yang bekerja pada material pembentuk lereng menyebabkan material pembentuk lereng mempunyai kecenderungan untuk menggelincir. Kecenderungan menggelincir ini ditahan oleh kekuatan geser material sendiri. Meskipun suatu lereng telah stabil dalam jangka waktu yang lama, lereng tersebut dapat menjadi tidak stabil karena beberapa faktor seperti :

1. Jenis dan keadaan lapisan tanah atau batuan pembentuk lereng
2. Bentuk geometris penampang lereng (misalnya tinggi dan kemiringan lereng)
3. Penambahan kadar air pada tanah (misalnya terdapat rembesan air atau infiltrasi hujan)
4. Berat dan distribusi beban
5. Getaran atau gempa

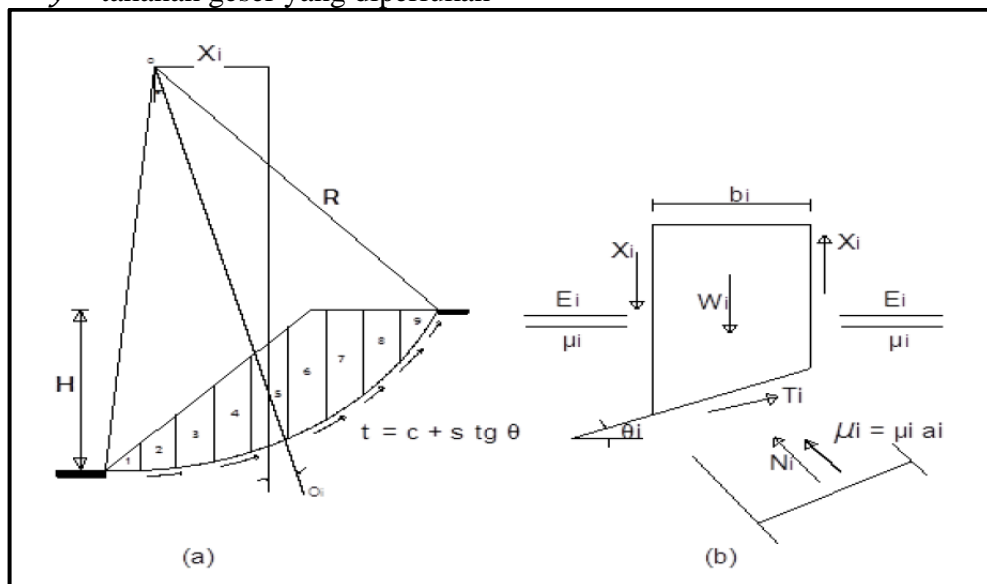
Menurut Rajagukguk dkk (2014), faktor keamanan terhadap longsoran didefinisikan sebagai perbandingan kekuatan geser maksimum yang dimiliki tanah dibidang tanah longsor dengan tahanan geser yang diperlukan untuk keseimbangan. Tujuan utama dari analisis stabilitas lereng adalah menentukan angka keamanan atau Faktor Keamanan (FK) agar lereng tersebut tidak menimbulkan kerugian. Persamaan angka keamanan sebagai berikut

$$FK = \frac{x}{y}$$

Dimana :

x = kekuatan geser maksimum tanah

y = tahanan geser yang diperlukan



Gambar 2.3. Gaya yang Bekerja Pada Metode Bishop dalam Arifuddin dkk (2020)

Adapun hubungan faktor keamanan lereng dan intensitas tanah longsor menurut Bowles (1991) dalam Fareka dkk (2020) adalah sebagai berikut.

Tabel 2.3. Hubungan faktor keamanan dan intensitas tanah longsor menurut Bowles (1989) dalam Fareka dkk (2020)

Faktor Kemanan (Fs)	Keterangan
>1,25	Lereng Stabil
1,07 < FK < 1,25	Lereng Kritis
< 1,07	Lereng Labil

Didasarkan pada pertimbangan biaya dan konsekuensi kegagalan lereng terhadap tingkat ketidakpastian kondisi analisis, maka berikut faktor keamanan lereng yang disyaratkan untuk analisis kestabilan lereng tanah berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 8460 : 2017 mengenai Persyaratan Perancangan Geoteknik.

Tabel 2.4. Nilai Faktor Keamanan untuk Lereng Tanah dalam SNI 8460 : 2017

Biaya dan konsekuensi dari kegagalan lereng	Tingkat ketidakpastian kondisi analisis	
	Rendah ^a	Tinggi ^b
Biaya perbaikan sebanding dengan biaya tambahan untuk merancang lereng yang lebih konservatif	1,25	1,5
Biaya perbaikan lebih besar dari biaya tambahan untuk merancang lereng yang lebih konservatif	1,5	2,0 atau lebih
^a Tingkat ketidakpastian kondisi analisis dikategorikan rendah, jika kondisi geologi dapat dipahami, kondisi tanah seragam, penyelidikan tanah konsisten, lengkap dan logis terhadap kondisi di lapangan. ^b Tingkat ketidakpastian kondisi analisis dikategorikan tinggi, jika kondisi geologi sangat kompleks, kondisi tanah bervariasi, dan penyelidikan tanah tidak konsisten dan tidak dapat diandalkan.		

Agar memperbesar angka faktor keamanan, maka diperlukan potongan kemiringan lereng dengan lebar berm 2 meter tiap interval dari setiap ketinggian 5 meter untuk galian terbuka. Dalam spesifikasi teknik Proyek Pembangunan Bendungan Pamukkulu atau yang diperbolehkan oleh Direksi Pekerjaan, potongan kemiringan lereng untuk galian terbuka mengacu pada tabel dibawah.

Tabel 2.5. Potongan Kemiringan Lereng Berdasarkan Spesifikasi Teknik. Sumber : PT. Wijaya Karya Tbk (2020)

Jenis Material	Kemiringan (H : V)	Keterangan
Batu	1 : 0.3	Untuk lereng permanen
	1 : 0.2	Untuk lereng sementara
Batu Lapuk	1 : 1.0	Untuk lereng permanen
	1 : 0.6	Untuk lereng sementara
Tanah Residual	1 : 1.5	Untuk lereng permanen
	1 : 1.0	Untuk lereng sementara
Tanah Transported	1 : 2.5	Untuk lereng permanen
	1 : 2.0	Untuk lereng sementara