

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT. Semen Tonasa merupakan produsen semen terbesar di kawasan Indonesia Timur. Luas area PT Semen Tonasa sebesar 715 hektar. Berlokasi di Desa Biringere Kecamatan Bungoro, Kabupaten Pangkep Provinsi Sulawesi Selatan. PT. Semen Tonasa memiliki kapasitas 8.725.000 ton semen/tahun, dengan empat (4) unit pabrik yang sedang beroperasi, yaitu pabrik Tonasa I, pabrik Tonasa II, pabrik Tonasa III, dan pabrik Tonasa IV. Untuk memenuhi target produksi dari masing-masing pabrik tersebut maka kegiatan utama yang dilakukan adalah proses penambangan. Penambangan tanah liat dilakukan dengan sistem tambang terbuka *open pit* yang berawal dari pembersihan lahan, pembongkaran, pemuatan dan pengangkutan, hingga ke pengolahan material. Bahan galian tambang utama yang digunakan dalam proses pembuatan semen di pabrik PT SI yaitu batu gamping dan tanah liat (*clay*). PT SI memiliki satu kuari batu gamping dan dua kuari tanah liat untuk memasok kebutuhan bahan material untuk pabrik pembuatan semen (PT. Semen Tonasa, 2015).

Bahan baku merupakan elemen paling penting dalam pembuatan semen mortar. Terdapat tujuh bahan baku dalam pembuatan semen yaitu batubara, tanah liat, gypsum, trass, kertas woven, solar, dan *Bio Chemichal Oil* (BCO) pada tahun 2016 dan tahun 2017. Bahan baku tersebut selanjutnya melalui proses produksi Perseroan yang bermula dari kegiatan penambangan tanah liat dan batu kapur di kawasan tambang tanah liat dan pegunungan batu kapur sekitar pabrik hingga pengantongan semen zak di unit pengantongan semen (Risal dkk., 2018).

Tanah liat (*clay*) merupakan salah satu bahan baku utama dalam proses produksi semen *portland*, sehingga harus dipasok dalam jumlah yang cukup, baik kuantitas maupun kualitas dan berkesinambungan secara efisien, ekonomis, aman dan berwawasan lingkungan. Penambangan tanah liat PT Semen Tonasa menggunakan sistem tambang terbuka dengan metode penambangan kuari dengan pola penambangan berjenjang. Sebelum kegiatan penambangan dimulai terlebih dahulu dilakukan kegiatan pembersihan lahan dengan menggunakan *bulldozer*, untuk selanjutnya dilakukan penggalian tanah liat dengan menggunakan alat gali *ripper*. Tanah liat tersebut kemudian dimuat dengan menggunakan alat muat *back hoe* ke *dump truck* dan diangkut menuju *stockpile* atau *Clay storage* (Vebriani dkk., 2020).

Kestabilan lereng tambang terbuka pada industri pertambangan merupakan salah satu isu penting, hal ini berkaitan dengan peningkatan produksi perusahaan tambang di Indonesia, akibatnya perusahaan tambang tersebut melakukan pelebaran dan pendalaman penggalian. Semakin lebar dan dalam tambang terbuka tersebut dilakukan penggalian, maka tentunya akan semakin besar risiko yang akan muncul atau ketidakpastian pada faktor-faktor yang mempengaruhi tambang terbuka tersebut (Azizi dkk., 2011). Untuk menyatakan bobot suatu lereng, dikenal istilah faktor keamanan (*safety factor*). Faktor ini untuk mengetahui kemantapan suatu lereng dalam mencegah li waktu – waktu yang akan datang. Faktor ini merupakan 20 gaya penahan yang membuat lereng tetap stabil, dengan gaya yang menyebabkan terjadinya longsor (Fanani dkk., 2021).



Dalam merancang suatu tambang terbuka dilakukan suatu analisis terhadap kestabilan lereng yang terjadi karena proses penimbunan maupun penggalian sehingga dapat memberikan kontribusi rancangan yang aman dan ekonomis. Untuk menganalisis kestabilan lereng, dibutuhkan data-data untuk mengetahui kondisi dari lereng tersebut. Data-data yang akan diambil di lapangan tergantung dari metode yang akan digunakan dalam menganalisis kestabilan suatu lereng (Vebriani dkk., 2020). Ada beberapa parameter utama yang harus dipenuhi, antara lain parameter - parameter geometri lereng serta sifat fisik dan mekanik termasuk kekuatan geser material tanah liat (*clay*) yang ada di lereng lokasi penelitian. Parameter - parameter tersebut dapat dipenuhi dengan melakukan penyelidikan di lapangan serta pengujian sampel material / tanah liat di laboratorium serta dokumentasi-dokumentasi yang diambil di lokasi penelitian. Untuk menentukan tingkat kestabilan lereng dapat diketahui dari nilai faktor keamanan. Penelitian terhadap kestabilan lereng di tambang tanah liat PT Semen Tonasa blok 35 Aura Kasih menjadi penting, mengingat lokasi ini merupakan salah satu area penambangan aktif yang berperan strategis dalam menunjang pasokan bahan baku utama produksi semen. Aktivitas penambangan yang terus berlangsung di area ini, baik dalam hal perluasan maupun pendalaman lereng, berpotensi meningkatkan risiko ketidakstabilan lereng yang dapat mengganggu keselamatan kerja, efisiensi operasional, serta kontinuitas suplai tanah liat ke pabrik. Oleh karena itu, dilakukan penelitian ini sebagai upaya mitigasi risiko longsor melalui evaluasi faktor keamanan lereng secara komprehensif, guna memastikan kegiatan penambangan yang aman, ekonomis, dan berkelanjutan.

1.2 Tujuan dan Manfaat

1.2.1 Tujuan

Adapun tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui sifat mekanik dan sifat fisik material tanah pada lereng unit 35 Blok Aura Kasih tambang tanah liat Bontoa PT. Semen Tonasa.
2. Mengetahui nilai faktor keamanan lereng dan hubungan antara faktor keamanan dan sudut kemiringan lereng pada tambang tanah liat Bontoa lereng unit 35 Blok Aura kasih PT. Semen Tonasa.

1.2.2 Manfaat

Adapun manfaat penelitian ini adalah

1. Sebagai acuan teknis bagi pengelola tambang dalam merancang lereng yang aman berdasarkan karakteristik fisik dan mekanik tanah.
2. Meningkatkan keselamatan kerja dengan meminimalisir potensi longsor melalui pemahaman hubungan antara sudut kemiringan lereng dan nilai faktor keamanan.
3. Memberikan kontribusi ilmiah di bidang geoteknik tambang, khususnya dalam penerapan analisis kestabilan lereng berbasis data lokal.

1.3 Landasan Teori

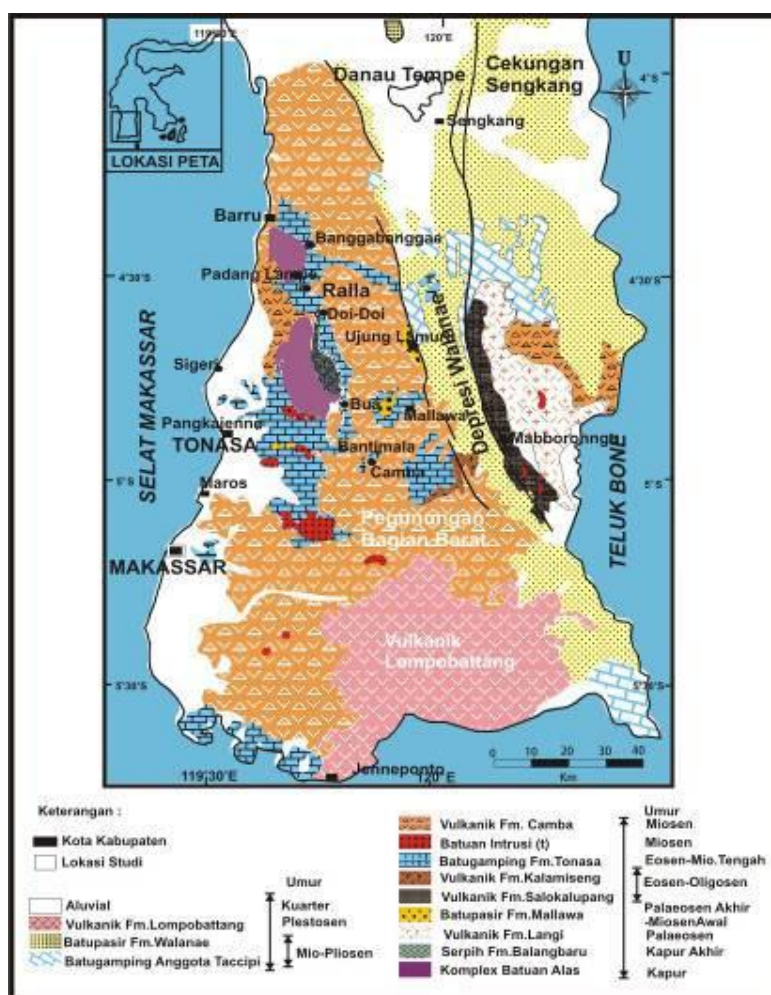


ional

Peta Geologi Regional Lengan Selatan Sulawesi (Rab. Sukanto), wilayah studi yang terletak di Kabupaten Pangkep, Sulawesi bagian barat Cekungan Selatan Sulawesi yang dikenal sebagai Pangkep. Wilayah ini tersusun oleh berbagai satuan batuan sedimen, k pelapukan yang menunjukkan sejarah geologi yang kompleks, gga miosen. Dalam area studi, terdapat beberapa satuan batuan

utama yang ditampilkan pada peta geologi, yaitu Formasi Tonasa, Formasi Walanae, endapan aluvial dan Formasi Vulkanik Camba.

Peta Geologi Regional Lengan Selatan Sulawesi menunjukkan pada Formasi Tonasa yang tersusun atas batugamping berumur Eosen-Miosen Tengah merupakan satuan batuan dominan di sekitar area tambang. Batugamping ini, meskipun pada dasarnya keras dan kompak, dapat mengalami pelapukan kimiawi yang intensif pada kondisi tropis basah. Pelapukan ini menghasilkan tanah residu berwarna merah kecoklatan yang kaya akan mineral lempung, yang secara teknis dikenal sebagai tanah liat residu, dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Peta Geologi Regional Lengan Selatan Sulawesi (Sukanto dan Supriatna, 1982)



geologi, terdapat Formasi Walanae, yang merupakan formasi iosen Akhir–Pliosen, tersusun atas batupasir dan batulempung. asini terbentuk dalam lingkungan pengendapan transisi, dan lempung detrital yang tinggi. Struktur regional seperti Sesar tatan zona pelurusan dan pelapukan yang intensif, mempercepat tanah liat dari batuan dasar. (PT. Semen Tonasa, 2015).

1.3.2 Tambang tanah liat

Menurut UU Nomor 3 tahun 2020 tentang pertambangan mineral dan batubara, pertambangan merujuk pada semua tahapan kegiatan yang mencakup pengelolaan dan pengusahaan mineral atau batubara. Tahapan-tahapan tersebut mencakup yaitu penyelidikan umum, eksplorasi, studi kelayakan, konstruksi, penambangan, pengolahan, pemurnian, pengembangan, pemanfaatan, pengangkutan, penjualan, dan kegiatan pasca tambang (Gunawan & Wijaksana, 2023).

Sebagai salah satu material ekologis, tanah liat dikategorikan sebagai jenis material bangunan yang dapat digunakan kembali. Material ini tidak dapat diperbaharui, namun dengan memperhatikan kebutuhan dan beberapa persiapan khusus, tanah liat dapat digunakan kembali. *Clay* merupakan salah satu bahan baku proses pembuatan semen. Proses pengolahan *clay* menjadi sangat penting untuk memenuhi pasokan bahan mentah dalam pembuatan semen. Karakteristik dari *clay* yang cenderung lunak dapat menjadi bahan pendukung dalam proses pembuatan semen (Nugroho dkk., 2024).

Penambangan tanah liat (*clay*) merupakan suatu kegiatan dengan maksud memenuhi kebutuhan bahan baku berupa komponen Al_2O_3 (aluminium oksida) dan SiO_2 (silika oksida). Tanah liat termasuk dalam tanah dengan ukuran lempung dan bersifat kohesif dan plastis (Tiffany dkk., 2020). Salah satu pemanfaatan komponen alumina dan silika yang terkandung dalam tanah liat yaitu untuk bahan baku pembuatan produk semen. lingkungan sekitar. Menurut Siwi, dkk., 2023 aktivitas penambangan yang tidak memperhatikan lingkungan dapat menyebabkan degradasi lingkungan maupun penurunan kualitas lingkungan. Dampak tersebut dirasakan oleh pekerja di lingkungan kerja, warga di pemukiman sekitar operasional tambang. Salah satu penurunan kualitas lingkungan yang terjadi yaitu penurunan kualitas udara. Penurunan kualitas udara tersebut dapat diakibatkan karena adanya udara emisi. Udara emisi merupakan udara yang dihasilkan dari emisi kendaraan bermotor dan cerobong asap yang ada di industri. Penurunan kualitas udara juga dapat diakibatkan dari partikulat debu yang tersuspensi ke udara selama proses penambangan terjadi. Partikulat debu dapat berasal dari penggalian dan pemuatan material selama proses penambangan, kemudian dari ceceran material selama pengangkutan menggunakan *dump truck* dan debu di *hauling road* yang tersuspensi ke udara karena adanya aktivitas di jalan (Manggala dkk., 2024).

1.3.3 Lereng

Lereng adalah suatu bidang di permukaan tanah yang menghubungkan permukaan tanah yang lebih tinggi dengan permukaan tanah yang lebih rendah. Lereng dapat di bentuk secara alami dan juga dapat di bentuk oleh manusia. Dalam bidang teknik ada beberapa jenis lereng (Alfatoni & Fatmawati, 2023):



Optimized using
trial version
www.balesio.com

i yang telah stabil, beberapa tahun kemudian mungkin tiba-tiba anah topografi, aliran air tanah, gempa, kehilangan kuat geser, dan pelapukan. Peck (1967) menyatakan bahwa prediksi stabilitas lakukan dengan baik, hanya jika area yang di teliti adalah zona g telah di pelajari sebelumnya, yang mungkin telah berubah tan manusia, seperti penggalian di kaki lereng.

Dengan mengetahui keberadaan bidang longsor lama pada lereng alam, maka lereng akan lebih mudah dipahami dan diprediksi kelakuannya. Bidang longsor ini merupakan hasil dari peristiwa longsor terdahulu. Kuat geser di sepanjang bidang longsor sering sangat rendah, karena gerakan yang dulu pernah terjadi telah menyebabkan tahanan geser puncak terlampaui dan kemudian perlahan-lahan berkurang menuju ke nilai residunya. Bahkan hal yang mudah untuk memahami area longsor. Akan tetapi, bila letak lapisan yang tergeser telah diketahui, evaluasi stabilitas lereng umumnya akan dapat dilakukan dengan baik.

1.3.3.2 Lereng buatan

Lereng buatan manusia umumnya terdiri dari struktur timbunan atau urungan dan galian yang banyak digunakan dalam bangunan-bangunan gedung, jalan raya, tanggul sungai, lereng bendungan dan lainnya.

1.3.3.2.1 Timbunan

Lereng timbunan berupa tanah-tanah yang dipadatkan, misalnya timbunan badan jalan raya, timbunan jalan rel, tanah urug, bendungan urungan dan tanggul. Sifat-sifat teknis material yang digunakan dalam bangunan-bangunan ini di kontrol oleh sifat-sifat material dari lokasi bahan pengambilan atau *borrow area* misalnya, distribusi butiran, kepadatan, kuat geser dan sebagainya. Umumnya, lereng dirancang dengan menggunakan parameter-parameter kuat geser yang diperoleh dari uji contoh tanah yang akan dipadatkan pada rencana kepadatan tertentu. Analisis lereng timbunan dan galian umumnya tidak mengalami banyak kesulitan, seperti pada analisis stabilitas lereng alam dan galian, karena material pengambilan bahan timbunan (*borrow area*) dipilih dan diproses. Tanah urug umumnya ditimbun berlapis-lapis, maka analisis-analisis umumnya dilakukan untuk seluruh tahap sesudahnya seperti, semua fase pelaksanaan pembangunan, akhir pembangunan, kondisi jangka panjang, gangguan alam (seperti banjir dan gempa bumi), dan penurunan air cepat (*rapid drawdown*).

Timbunan yang terdiri dari material *shale* (serpih) mengakibatkan masalah stabilitas lereng dan penurunan. Penyebab kelongsoran lereng timbunan dari bahan serpih dan penurunannya, yaitu memburuknya atau melunaknya serpih sesudah pembangunan, pemadatan yang jelek dari urugan serpih, dan penjenuhan dari urungan serpih.

1.3.3.2.2 Galian

Galian dangkal dan dalam sering dilakukan dalam proyek-proyek teknik sipil. Maksud dari perancangan lereng adalah untuk menentukan tinggi dan kemiringan lereng yang ekonomis dan stabil selama masa layanan. Perancangan di pengaruhi oleh tujuan dilakuk penggalan, kondisi geologi, sifat-sifat material di tempat, tekanan rembesan, metode pembangunan dan kondisi alam seperti banjir, erosi, pembekuan, gempa dan lain-lain.



in lereng terjal sering dilakukan, sebab ruang pembebasan tanah as. Perancangan harus mempertimbangkan ukuran-ukuran yang intuhan yang sifatnya mendadak, ataupun perlindungan kestabilan panjang, kecuali kalau lereng hanya untuk bangunan sementara. u stabilitas galian pada akhir pelaksanaan mungkin menjadi paling perancangan. Lereng galian, walaupun stabil dalam jangka pendek,

namun dapat mengalami longsor pada tahun-tahun sesudahnya dengan tanpa adanya tanda-tanda yang mendahuluinya.

1.3.3.2.3 Urungan tanah

Urungan tanah adalah kasus khusus, dimana lereng mungkin terbentuk oleh galian dan urungan. Urungan tanah dapat mengandung bahan organik, limbah dari pohon-pohonnya, sampah dan lain-lain yang diratakan dengan *bulldozer* dan kemudian dipadatkan. Urungan tanah ini, hanya dipadatkan di bagian atasnya saja, sehingga menghasilkan material yang tidak padat dan banyak mengandung rongga.

Evaluasi stabilitas lereng tanah urug adalah sama seperti analisis stabilitas yang lain. Pemilihan parameter-parameter yang cocok untuk kuat geser material buangan pondasinya, serta tahapan geser di sepanjang *interface* antara material pemisah yang kedap air (*liner*) dan sistem penutupnya, adalah paling kritis dalam kebanyakan studi analisis. Masalah terbesar adalah pada penentuan parameter kuat geser, tegangan dan regangan dari material sistem *liner* dan *interface*, dan dari urungan sampah. Kekurangan data terutama adalah akibat dari sulitnya pengambilan contoh yang mewakili kondisi di lapangan dan pengujian sampah. Sampah mengalami pelapukan dengan bertambahnya waktu sehingga sifatnya selalu berubah dengan waktunya.

Pada semua jenis lereng ini kemungkinan terjadi longsor selalu ada, karena dalam kasus tanah yang tidak rata akan menyebabkan komponen yang tidak rata akan menyebabkan komponen gravitasi dari berat memiliki kecenderungan untuk menggerakkan gerakan massa tanah dari elevasi lebih tinggi ke elevasi yang lebih rendah. Pada tempat dimana terdapat dua permukaan tanah yang berbeda ketinggiannya, maka akan ada gaya-gaya yang bekerja mendorong sehingga tanah yang lebih tinggi kedudukannya cenderung bergerak ke bawah. Di samping gaya pendorong ke bawah terdapat pula gaya-gaya dalam tanah yang bekerja menahan atau melawan sehingga kedudukan tanah tersebut tetap stabil. Gaya-gaya pendorong berupa gaya berat, gaya tiris atau muatan dan gaya-gaya inilah yang menyebabkan kelongsoran, gaya-gaya penahan berupa gesekan atau geseran, lekatan (dari kohesi), kekuatan geser tanah. Jika gaya-gaya pendorong lebih besar dari gaya-gaya penahan, maka tanah akan mulai runtuh dan akhirnya terjadi keruntuhan tanah sepanjang bidang yang menerus dan massa tanah diatas bidang yang menerus ini akan longsor. Peristiwa ini disebut keruntuhan lereng dan bidang yang menerus disebut bidang gelincir.

Perbedaan elevasi pada permukaan tanah seperti lereng dapat mengakibatkan pergerakan massa tanah dari bidang dengan elevasi yang tinggi menuju bidang elevasi yang lebih rendah, pergerakan ini diakibatkan oleh gravitasi. Pergerakan massa tanah tersebut juga dapat dipengaruhi oleh air dan gaya gempa. Pergerakan atau gaya tersebut akan menghasilkan tegangan geser yang berfungsi sebagai gaya penahan dan apabila berat massa tanah yang bekerja sebagai gaya pendorong itu lebih besar dari tegangan geser tersebut maka akan mengakibatkan kelongsoran. Terdapat 2 tipe lereng yaitu, lereng tak terbatas (Alfaton & Fatmawati, 2023).



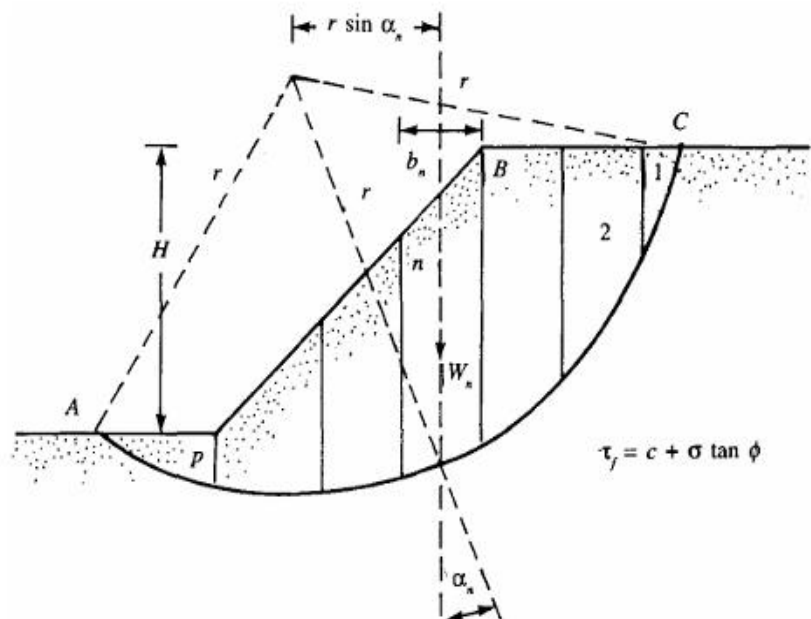
Optimized using
trial version
www.balesio.com

Lereng dengan Metode *Bishop Simplified*

Lereng terbentuk secara alamiah dan dapat pula dibuat oleh manusia. Lereng dapat terganggu akibat pengaruh alam, air, rangka, iklim dan Kondisi kestabilan lereng pada metode keseimbangan batas deks faktor keamanan (FK). Faktor keamanan dihitung dengan

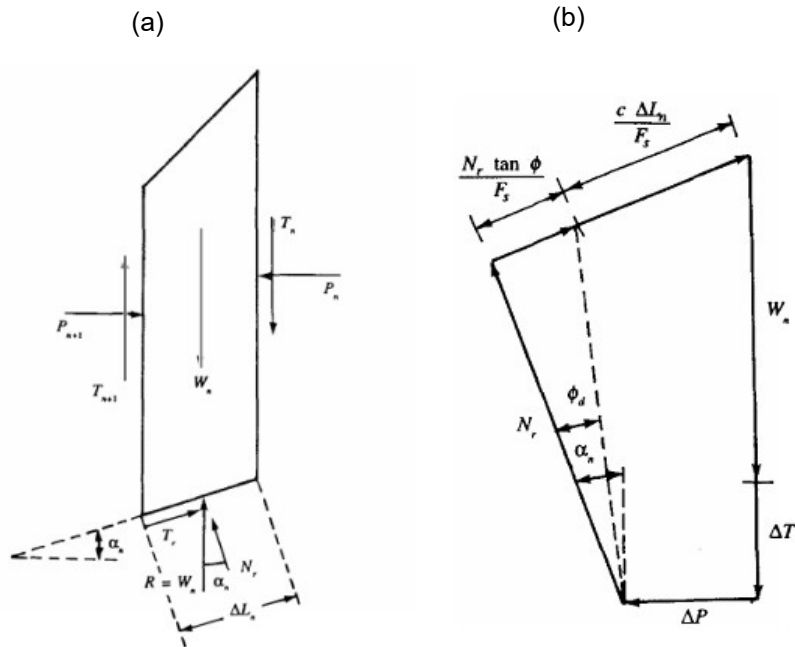
menggunakan kesetimbangan gaya atau kesetimbangan momen, atau menggunakan kedua kondisi kesetimbangan tersebut tergantung pada metode perhitungan yang digunakan (Azizi dkk., 2011).

Metode *Bishop* yang disederhanakan merupakan salah satu metode pada longsoran busur yang menggunakan prinsip irisan dalam menentukan faktor keamanan dari suatu massa material berpotensi longsor. Metode ini memenuhi kesetimbangan gaya pada arah vertikal dan kesetimbangan momen pada titik pusat lingkaran runtuh. Gaya geser antar irisan, metode *Bishop* menganggap bahwa gaya – gaya yang bekerja pada irisan mempunyai resultan nol pada arah vertikal (Bishop, 1954). Analisis stabilitas menggunakan metode irisan dapat dijelaskan melalui gambar 2 dan 3.



Gambar 2. Permukaan Bidang Lereng (Das, 1993)





Gambar 3. (a) Gaya yang bekerja pada irisan ke n , (b) Polygon gaya untuk keseimbangan (Das, 1993).

Dalam metode ini, pengaruh gaya-gaya pada sisi tepi tiap irisan diperhitungkan. Gaya-gaya yang bekerja pada irisan nomor n (gambar 2), ditunjukkan dalam gambar 3. AC dalam gambar 2 merupakan lengkungan lingkaran sebagai permukaan bidang longsor percobaan. Tanah yang berada di atas bidang longsor percobaan dibagi dalam beberapa irisan tegak. W_n adalah berat irisan. Gaya-gaya N , dan T , adalah komponen tegak dan sejajar dari reaksi R . P_n dan P_{n+1} adalah gaya normal yang bekerja pada sisi-sisi irisan. Demikian juga, gaya geser yang bekerja pada sisi irisan adalah T_n dan T_{n+1} . Tegangan air pori dianggap sama dengan nol. Untuk menghitung nilai faktor keamanan dapat menggunakan persamaan berikut ini (Das, 1993):

$$FK = \frac{\sum_{n=1}^{n=p} (c \cdot b_n + W_n \cdot \tan \phi) \frac{1}{m\alpha_n}}{\sum_{n=1}^{n=p} W_n \cdot \sin \alpha_n} \quad (1)$$

$$m\alpha_n = \cos \alpha_n + \frac{\tan \phi \cdot \sin \alpha_n}{FK}$$



Optimized using
trial version
www.balesio.com

- FK = Faktor Keamanan
- c = Kohesi
- b = Lebar
- W = Berat
- ϕ = Sudut geser dalam
- α = Sudut kemiringan

Nilai FK muncul pada kedua sisi dari Persamaan 1. Oleh karena itu, iterasi atau *trial and error* perlu dilakukan untuk mendapatkan nilai FK. Secara umum, suatu lereng dapat dikatakan stabil apabila faktor keamanannya lebih besar dari satu. Stabilitas lereng bergantung pada kuat geser tanah. Pergeseran tanah tersebut disebabkan oleh gerakan relatif butiran tanah, oleh karena itu kuat geser suatu material tanah bergantung pada gaya-gaya yang bekerja di antara butiran-butiran tanah. Suatu material tanah yang berada dalam susunan butiran seperti sebaran ukuran butiran dan besarnya kontak antar butiran, kuat gesernya lebih besar dibandingkan dengan tanah yang gembur (Das dkk, 1993).

1.3.5 Rocscience Slide

Rocscience Slide adalah salah satu perangkat lunak geoteknik yang memiliki spesialisasi dalam perhitungan kestabilan lereng. Dalam penelitian ini, program *Slide* 6.0 digunakan untuk membantu perhitungan kestabilan lereng dengan metode *Bishop*. Perhitungan analisis kestabilan lereng menggunakan program ini memerlukan data-data yang diketahui sebelumnya, seperti parameter mekanik dan fisik tanah serta geometri lereng yang akan dianalisis. Secara umum, langkah-langkah analisis kestabilan lereng dengan *Rocscience Slide* 6.0 meliputi pemodelan, identifikasi metode, parameter perhitungan, identifikasi material, penentuan bidang gelincir, *running* atau kalkulasi, dan interpretasi nilai faktor keamanan (FK) menggunakan perangkat lunak tambahan bernama *Slide Interpret*. Proses ini memungkinkan kita untuk mendapatkan hasil yang akurat dan dapat diandalkan dalam menilai kestabilan lereng (Zhang dkk., 2022).

Rocscience Slide banyak digunakan di industri, khususnya dalam bidang pertambangan dan konstruksi termasuk untuk analisis tanggul, bendungan, dan lereng pada sisi jalan. Perangkat lunak *Slide* 6.0 menyediakan beberapa pilihan metode untuk mengolah data yang telah dimasukkan, sehingga kita dapat memilih metode yang paling sesuai dengan kondisi dan kebutuhan analisis. Metode-metode yang tersedia dalam perangkat lunak *Slide* 6.0 ini antara lain adalah metode *Bishop*, metode *Corps of Engineers*, metode *Janbu*, metode *Lowe-Karafiath*, metode *Fellenius (Ordinary)*, dan metode *Spencer*. Penggunaan metode yang tepat sangat penting untuk mendapatkan hasil analisis yang valid. Metode *Bishop* sering dipilih karena kemampuannya dalam memberikan estimasi yang lebih konservatif terhadap faktor keamanan lereng, terutama dalam kondisi yang kompleks. Dengan demikian, perangkat lunak *rocscience slide* menjadi alat yang sangat berharga bagi para insinyur geoteknik dalam merancang dan mengevaluasi kestabilan lereng (Kone dkk., 2025).

1.3.6 Geoteknik Tambang

Dasar hukum dalam kestabilan lereng berpedoman terhadap Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 1827 K/30/MEM/2018 yaitu sebagai berikut:

a. Poin studi kelayakan tambang, tentang geoteknik tambang paling kurang terdiri atas:

- 1). Penyelidikan geoteknik yang meliputi jumlah, kedalaman, dan lokasi pengeboran hidrologi, preparasi conto geoteknik, pengukuran dan analisis struktur batuan, pengaruh peledakan, serta hasil penyelidikan hidrologi dan



geoteknik yang meliputi laboratorium. pengujian dan hasil dari uji at mekanik conto.

Pengolahan data hasil penyelidikan geoteknik dan pengujian conto geoteknik yang menggambarkan model dengan parameter yang ditetapkan dari hasil butir yang terlihat pada tabel 1.

Tabel 1. Nilai faktor keamanan lereng tambang (KEPMEN No. 1827, 2018)

Jenis lereng	Keparahan longsor	Kriteria dapat diterima		
		Faktor keamanan (FK) statis (min)	Faktor Keamanan (FK) Dinamis	Probabilitas Longsor
Lereng Tunggal	Rendah s.d. Tinggi	1,1	Tidak ada	25-50%
	Rendah	1,15-1,2	1,0	25%
Inter-ramp	Menengah	1,2-1,3	1,0	20%
	Tinggi	1,2-1,3	1,1	10%
Lereng Keseluruhan	Rendah	1,2-1,3	1,0	15-20%
	Menengah	1,3	1,05	10%
	Tinggi	1,2-1,5	1,1	5%

Faktor keamanan stabilitas lereng terhadap kuat geser tanah diambil lebih besar atau sama dengan 1.2-1.5. Menurut Bowles (1989) nilai faktor keamanan berdasarkan kelongsorannya seperti tabel 2.

Tabel 2. Nilai Faktor Keamanan (Bowles, 1989)

Nilai Faktor Keamanan	Kejadian
FK $\geq$ 1,25	Lereng Aman
FK = 1,07 – 1,25	Lereng Tidak Aman
FK < 1.07	Lereng Kritis

1.3.7 Sifat Fisik dan Mekanik Tanah

Sifat fisik dan mekanik tanah yang diperlukan sebagai data menganalisis kestabilan lereng adalah:

1) Kadar Air

Semakin besar kandungan air dalam tanah, maka tekanan air pori menjadi semakin besar. Dengan demikian kuat geser tanah menjadi semakin kecil, sehingga kestabilan lereng berkurang. Untuk mendapatkan kadar air dapat juga digunakan rumus



$$\text{Kadar Air} = \frac{w_w}{w_t} \times 100\% \quad (2)$$

Dimana, ` Kadar Air %
 w_w = Berat Air (gr)
 w_t = Berat tanah kering (gr)

2) *Specific Gravity*

Menurut Das (1993) *specific gravity*, dapat dinyatakan sebagai perbandingan antara berat isi butir tanah dengan berat isi air. Nilai dari berat isi tanah adalah perbandingan antara berat butir tanah dengan volumenya.

$$G_s = \frac{w_s}{(w_{p1} - w_s) - w_{p2}} \times A \quad (3)$$

Dimana, G_s = *Specific Gravity*
 w_{p1} = Berat piknometer + air (gr)
 w_{p2} = Berat piknometer+tanah+air (gr)
 w_s = Berat tanah kering (gr)
 A = Faktor koreksi

3) Bobot Isi Tanah

Nilai bobot isi atau tanah akan menentukan besarnya beban yang diterima pada permukaan bidang longsor, dinyatakan dalam satuan per volume. Bobot isi tanah juga dipengaruhi oleh jumlah kandungan air dalam tanah tersebut. Semakin besar bobot isi pada suatu lereng tambang maka gaya geser penyebab kelongsoran akan semakin besar, dengan demikian kestabilan lereng semakin berkurang. Bobot isi didapat dari perbandingan antara berat tanah yang diuji dengan luas cincin uji.

$$\text{bobot isi} = \frac{w_s}{v} \quad (4)$$

Dimana, bobot isi (gr/cm³)
 w_s = Berat tanah (gr)
 v = Volume cincin (cm³)

Untuk bobot isi tanah dalam kondisi kering, didapatkan dari rumus:

$$\text{bobot isi kering} = \text{bobot isi basah} / (\text{kadar air} + 1) \quad (5)$$

4) Kohesi (c) dan Sudut Geser Dalam (ϕ)

Kohesi (c) adalah gaya tarik menarik antar partikel dalam tanah, dinyatakan dalam satuan berat per satuan luas ataupun kilopascal. Kohesi tanah akan semakin besar jika kekuatan gesernya semakin besar.

Sudut geser dalam (ϕ) adalah sudut rekahan yang dibentuk jika suatu material dikenai tegangan atau gaya terhadapnya yang melebihi tegangan gesernya. Sudut geser dalam merupakan sudut yang dibentuk dari hubungan antara tegangan normal dan tegangan geser pada suatu material, maka kuat geser tanah juga akan semakin besar, sehingga di lereng akan lebih stabil dan material tersebut akan lebih tahan terhadap gaya yang dikenakan terhadapnya. Nilai kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ) didapat dari pengujian laboratorium yaitu pengujian kuat geser langsung untuk mengetahui nilai kohesi dan sudut geser dalam, dinyatakan dengan rumus Mohr-Coulomb sebagai berikut (Rayhan, 2017):



$$\varphi = \tan^{-1} \left(\frac{\sum(\sigma_i - \bar{\sigma})(\tau_i - \bar{\tau})}{\sum(\sigma_i - \bar{\sigma})^2} \right) \times \frac{180}{\pi} \quad (6)$$

$$c = \bar{\tau} - m \cdot \bar{\sigma} \quad (7)$$

Dimana,

τ	= Tegangan geser (kg/cm ²)
σ	= Tegangan normal (kg/cm ²)
φ	= Sudut geser dalam (°)
c	= Kohesi (kPa)

Prinsip *direct shear test* adalah menggeser langsung contoh tanah di bawah kondisi beban normal tertentu. Penggeseran diberikan terhadap bidang pecahnya. Beban normal yang diberikan diupayakan mendekati kondisi sebenarnya dilapangan (Rayhan, 2017).

5). Gaya Dari Luar

Gaya-gaya dari luar yang dapat mempengaruhi (mengurangi) kestabilan dari suatu lereng:

- Getaran yang diakibatkan oleh gempa, peledakan dan alat berat yang melewati jalan dekat lereng.
- Pemotongan dasar (*toe*) lereng.
- Penebangan pohon-pohon pelindung lereng.

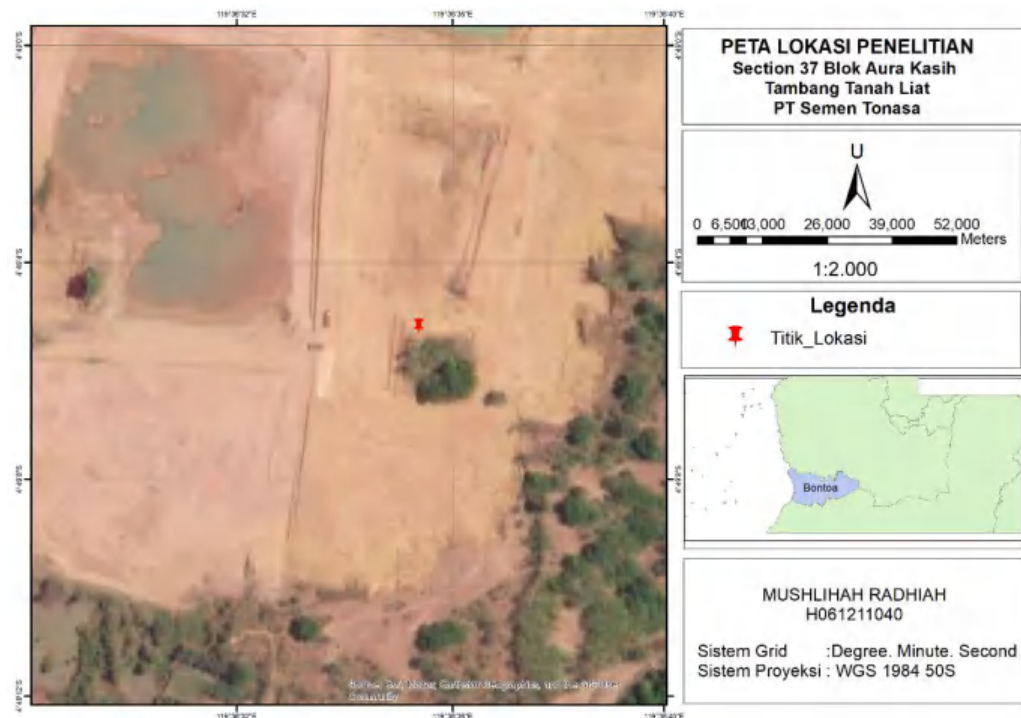


BAB II

METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Lokasi Penelitian

Pengambilan data dilakukan di wilayah penambangan IUP tanah liat Bontoa blok Aura Kasih. Penelitian ini kemudian dibatasi dan difokuskan pada salah satu lereng unit 37 IUP *clay* Bontoa Kelurahan Bontoa, Kecamatan Minasatene, Kab Pangkajene dan Kepulauan, Sulawesi Selatan. Kegiatan observasi lapangan dilaksanakan pada tanggal 02 Oktober 2024. Selanjutnya dilakukan pengambilan data di lapangan pada tanggal 3 Oktober 2024 dan 9 Oktober 2024. Secara geografis lokasi penelitian ini berada pada $4^{\circ}81'81.0''$ S dan $119^{\circ}60'98.2''$ E (gambar 4).



Gambar 4. Peta Lokasi Penelitian.

2.2 Alat dan Bahan

2.3.1 Alat

Adapun peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah:



Optimized using
trial version
www.balesio.com

Positioning Satelit), plastik sampel, dan palu geologi yang digunakan pengambilan sampel.

tempat menyimpan sampel.

sifat fisik meliputi, saringan, oven, piknometer kapasitas 50 ml, dan ketelitian 0.01 gram, corong, kompor listrik cawan penguap, ades, label, ring, cawan, jangka sorong.

alat fisik yaitu *Direct Shear Tools*, beban 20 kg, 40 kg, dan 80 kg.

5. *Software Rocscience slide 6.0.*

6. *Software Excel.*

2.3.2 Bahan

Penelitian ini menggunakan bahan berupa sampel tanah liat (*clay*) yang diambil di unit 37 blok Aura Kasih IUP tambang tanah liat (*clay*) Bontoa PT Semen Tonasa Kelurahan Bontoa, Kecamatan Minasatene, Kab Pangkajene dan kepulauan, Sulawesi Selatan.

2.4 Prosedur penelitian

2.4.1 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mempelajari teori-teori yang berhubungan dengan masalah yang akan dibahas di lapangan melalui referensi literatur pustaka dan kajian teori pada penelitian yang relevan untuk menunjang penelitian ini.

2.4.2 Tahap Pengambilan Sampel

Pengambilan Sampel diawali dengan orientasi lapangan pada tanggal 2 Oktober 2024 untuk mengamati kondisi geologi area lereng blok Aura Kasih dan mengetahui parameter yang digunakan dalam data penelitian. Selanjutnya dilakukan pengambilan data primer berupa sampel tanah liat pada tanggal 3 Oktober dan 9 Oktober 2024 pada unit 37 Blok Aura Kasih untuk dilakukan pengujian sifat fisik dan sifat mekanik. Adapun data sekunder yang di dapatkan dari arsip-arsip perusahaan berupa data geometri lereng dan peta geologi regional.

2.4.3 Uji Laboratorium

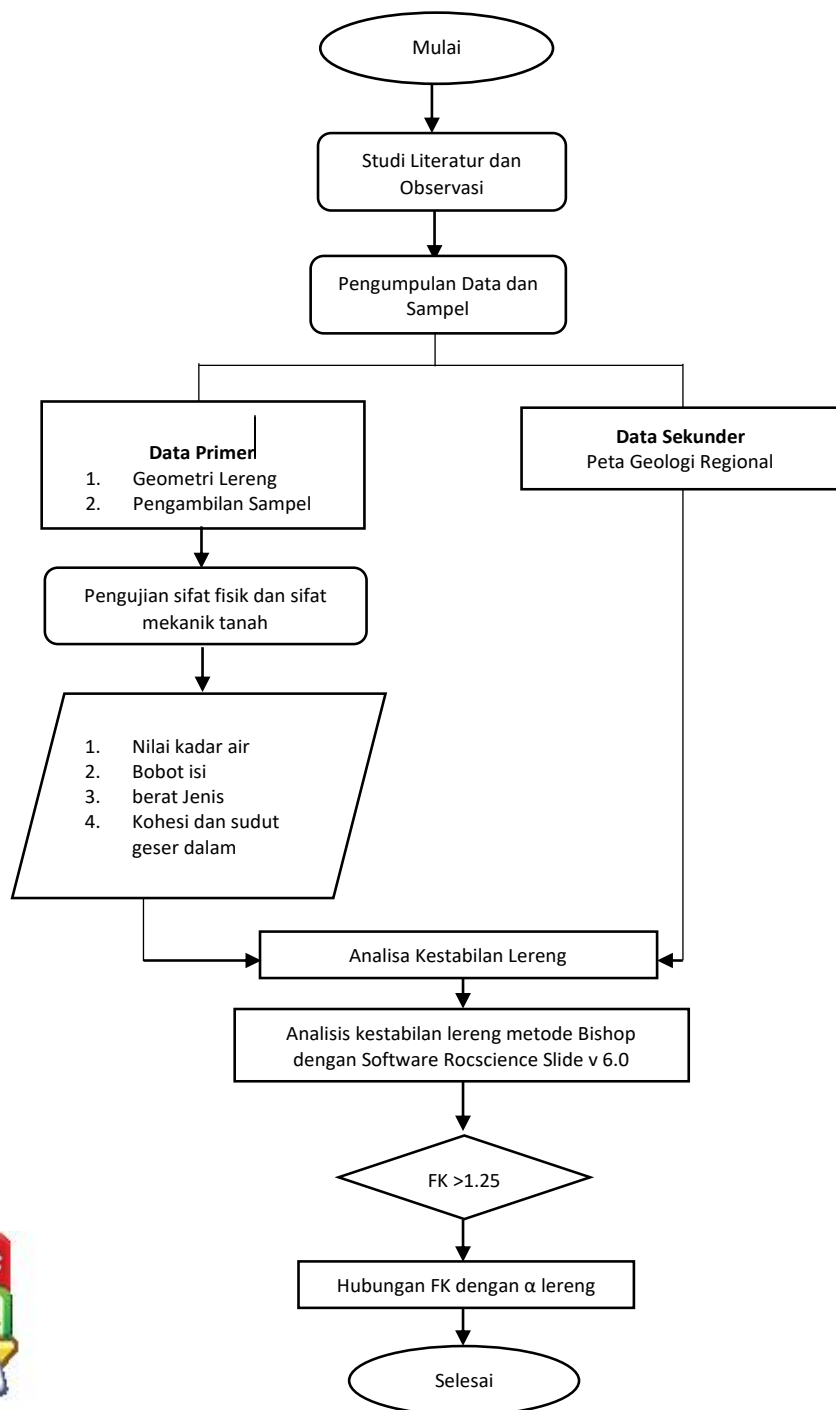
Sampel tanah liat (*Clay*) yang telah diambil pada *section* 37 Blok Aura Kasih selanjutnya dilakukan uji laboratorium untuk mengetahui nilai dari parameter-parameter yang dibutuhkan dalam menentukan faktor keamanan lereng. Pengujian yang dilakukan meliputi uji sifat fisik tanah berupa nilai kadar air, bobot isi dan berat jenis juga dilakukan pengujian mekanika tanah berupa kohesi dan sudut geser.

2.4.4 Analisa Kestabilan Lereng

Analisis pada lereng untuk mendapatkan nilai faktor keamanan lereng ($FK \geq 1.25$). Analisis kestabilan lereng dilakukan dengan Metode *Bishop Simplified*. Untuk penyelesaian dalam perhitungannya dibantu dengan menggunakan perangkat lunak (*software*) *Rocscience Slide v.6.0*. Nilai faktor keamanan $FK \geq 1.25$ digunakan sebagai kriteria untuk menilai stabilitas model lereng yang dapat diterima. Jika $FK < 1.25$ maka model lereng dianggap belum cukup stabil. Untuk analisa data sifat mekanik sampel it geser langsung, dimana data yang diperoleh berupa kohesi dan



2.5 Diagram Alir



Gambar 5. Bagan Alir Penelitian