

SAFETY FACTOR ANALYSIS OF SEDAYU MOUNTAINOUS AREA USING 2D LIMIT EQUILIBRIUM METHOD

ARIF SETIO WIBOWO¹, ALIO JASIPTO^{2,4}, EDO KHARISMA ARMY^{3,4}

1. Program Studi Teknik Pertambangan, Jurusan Teknologi Produksi dan Industri, Institut Teknologi Sumatera, Jl. Terusan Ryacudu, Way Huwi, 35365 Lampung Selatan, Indonesia. Email: arif.119370139@student.itera.ac.id
2. Kelompok Keilmuan Pertambangan, Pengolahan dan Pemurnian, Program Studi Teknik Pertambangan, Jurusan Teknologi Produksi dan Industri, Institut Teknologi Sumatera. Email: alio.jasipto@ta.itera.ac.id,
3. Kelompok Keilmuan Eksplorasi Sumberdaya Bumi, Program Studi Teknik Pertambangan, Jurusan Teknologi Produksi dan Industri, Institut Teknologi Sumatera. Email: edo.army@ta.itera.ac.id
4. Pusat Riset dan Inovasi Mineral dan Kebumian, Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Institut Teknologi Sumatera.

Sari – Longsor dan banjir yang terjadi di Desa Sedayu merupakan bencana yang sering terjadi. Kedua bencana tersebut dipengaruhi kuat oleh air hujan. Daerah aliran dan distribusi air permukaan yang buruk mengakibatkan banjir pada lokasi tersebut yang menyebabkan sering terjadinya longsor pada lereng. Untuk menyatakan nilai kestabilan suatu lereng dikenal istilah yang disebut dengan nilai faktor keamanan, yang merupakan hasil perbandingan antara besarnya gaya penahan terhadap gaya penggerak longsor. Analisis stabilitas lereng menentukan faktor keamanan dari bidang longsor. Nilai faktor keamanan untuk lereng tanah atau batuan yang aman berada pada FK 1,25 – 1,5 menurut SNI 8460 tahun 2017. Penelitian ini bertujuan untuk memperkirakan faktor keamanan lereng di sekitar area Gunung Sedayu dengan metode kesetimbangan batas 2 dimensi. Metode kesetimbangan batas merupakan metode yang sangat populer dan sering dipakai dalam analisis kestabilan lereng untuk longsor tipe gelinciran translasional dan rotasional. Kondisi kestabilan lereng dalam metode kesetimbangan batas dinyatakan dalam nilai faktor keamanan. Analisis stabilitas lereng umumnya dilakukan dengan menggunakan metode kesetimbangan batas 2 dimensi karena lebih sederhana. Dalam analisis kestabilan lereng 2D, longsor yang terjadi diasumsikan memiliki panjang yang tidak terbatas atau menerus. Metode ini menggunakan prinsip kesetimbangan gaya. Konsep metode ini yaitu menghitung rasio perbandingan antara gaya dorong (*force equilibrium*) dan gaya tahan (*moment equilibrium*) berdasarkan asumsi bidang longsor yang potensial dan membagi lereng menjadi beberapa irisan (*slices*). Metode ini berguna untuk menghitung faktor keamanan pada lereng. Dari hasil analisis kestabilan lereng secara 2 dimensi yang berada di kawasan Pegunungan Sedayu diperoleh nilai faktor keamanannya sebesar 0.91 dan dapat disimpulkan bahwa lereng dianggap tidak stabil dimana nilai faktor keamanan $FK < 1$. Semakin kecil nilai faktor keamanan maka lereng dianggap mendapat gangguan atau tidak stabil.

Kata kunci: Longsor, faktor keamanan, lereng, kesetimbangan batas 2D.

Abstract - Landslides and floods that occur in Sedayu Village are disasters that often occur. Both disasters were strongly influenced by rainwater. The area of flow and distribution of surface water is poor resulting in flooding at the location which causes frequent landslides on the slopes. To express the stability value of a slope, a term known as the value of the safety factor is used, which is the result of the comparison between the magnitude of the resisting force and the driving force of the avalanche. Slope stability analysis determines the safety factor of the landslide field. The safety factor value for safe soil or rock slopes is in the FK of 1.25 – 1.5 according to SNI 8460 2017. This study aims to estimate the slope safety factor around the Mount Sedayu area using the 2-dimensional boundary equilibrium method. The boundary equilibrium method is a very popular method and is often used in slope stability analysis for translational and rotational slip types. The condition of slope stability in the boundary equilibrium method is expressed in the value of the factor of safety. Slope stability analysis is generally carried out using the 2-Dimensional Boundary Equilibrium Method because it is simple. In the 2D slope stability analysis, the landslide that occurs is assumed to have an unlimited or continuous length. This method uses the principle of balance of forces. The concept of this method is to calculate the ratio between thrust and resistance forces based on the assumption of a potential landslide area and divide the slope into several slices. This method is useful for calculating the safety factor on slopes. From the results of a 2-dimensional slope stability analysis in the Sedayu Mountains area, the safety factor value is 0.91 and it can be concluded that the slope is considered unstable where the value of the FK factor of safety < 1 . The smaller value of a safety factor, the slope is considered to be disturbed or unstable.

Key words: Landslides, safety factors, slopes, 2D limit equilibrium.

1. PENDAHULUAN

Tanah longsor merupakan salah satu bencana alam yang dapat mengancam kehidupan manusia, merusak infrastruktur dan menyebabkan hilangnya lahan-lahan pertanian. Selain itu, bencana tersebut juga dapat menimbulkan kerusakan secara tidak langsung seperti melumpuhkan kegiatan ekonomi dan pembangunan di daerah yang terkena bencana tersebut. Tanah longsor adalah suatu proses gangguan keseimbangan yang menyebabkan bergesernya massa tanah dan batuan dari tempat yang lebih tinggi ke tempat yang lebih rendah. Pergerakan tersebut terjadi karena adanya faktor gaya yang terletak pada bidang tanah yang tidak rata atau disebut dengan lereng. Gerakan tanah merupakan salah satu proses geologi yang terjadi akibat intraksi beberapa kondisi antara lain geomorfologi, struktur geologi, hidrogeologi dan tata guna lahan. Kondisi yang saling berpengaruh tersebut dapat mewujudkan kondisi lereng yang cenderung bergerak (Karnawati, 2003). Pergerakan tanah dapat diketahui dengan tanda-tanda seperti munculnya retakan, tarik dan kerutan di permukaan lereng, miringnya pepohonan, hilangnya kelurusan fondasi bangunan dan lainnya (Hardiyatmo, 2012).

Longsor terjadi karena tidak seimbang gaya yang bekerja pada lereng tersebut. Bencana tanah longsor juga sering terjadi di Indonesia dari waktu ke waktu, tidak terkecuali di daerah Sedayu, Kecamatan Semaka, Kabupaten Tanggamus, Provinsi Lampung. Kabupaten Tanggamus adalah salah satu kabupaten yang berada di Provinsi Lampung. Kabupaten Tanggamus secara geografis berada pada posisi $104^{\circ} 18' - 105^{\circ} 12'$ Bujur Timur dan antara $5^{\circ} 05' - 5^{\circ} 56'$ Lintang Selatan. Kabupaten Tanggamus terdiri dari 20 kecamatan, diantaranya Semaka, Wonosobo, Bandar Negeri Semuong, Kota Agung dan beberapa daerah lainnya. Ibukota Kabupaten Tanggamus yaitu Kota Agung dan beberapa daerah lainnya. Posisi Kabupaten Tanggamus berada pada selatan Provinsi Lampung dan bersebelahan langsung dengan Bukit Barisan Selatan. Kabupaten Tanggamus berada pada ketinggian $0 - > 1000$ mdpl. Daerah ini dilalui oleh Sesar Semangka dengan lebar zona sesar

sebesar ± 30 km. Berdasarkan letak geografisnya, Kabupaten Tanggamus merupakan salah satu daerah yang termasuk dalam daerah rawan bencana longsor dilihat dari mayoritas daerah yang ada merupakan daerah perbukitan dan pegunungan. Daerah-daerah di Kabupaten Tanggamus yang rawan longsor adalah pesisir, pinggiran sungai serta daerah perbukitan. Beberapa daerah rawan longsor tersebut contohnya, Semaka, Pematang sawah Wonosobo, Ulu Belu, Kelumbayan, Limau dan beberapa daerah lainnya. Longsor dan banjir yang terjadi di Pekon Sedayu Kecamatan Semaka merupakan bencana yang sering terjadi berulang. Menurut kesaksian Ketua Pekon Sedayu, dalam setahun terakhir tercatat sudah terjadi 3 kali bencana banjir dan longsor, Kedua bencana tersebut dipengaruhi kuat oleh air hujan. Longsor umumnya terjadi pada daerah pegunungan setelah hujan yang intens. Selain itu, Daerah aliran dan distribusi air permukaan yang buruk mengakibatkan banjir pada lokasi tersebut yang menyebabkan sering terjadinya longsor pada lereng. Secara administratif, lokasi penelitian terletak di Pekon Sedayu, Kecamatan Semaka, Kabupaten Tanggamus, Provinsi Lampung. Jarak tempuh dari Lampung Selatan (ITERA) – Pekon Sedayu kurang lebih 133 km dengan waktu tempuh berkisar antara 2 – 3 jam yang dapat ditempuh melalui jalur darat dengan kendaraan.



Gambar 1. Lokasi penelitian (Pekon Sedayu, Kecamatan Semaka, Kabupaten Tanggamus, Provinsi Lampung).

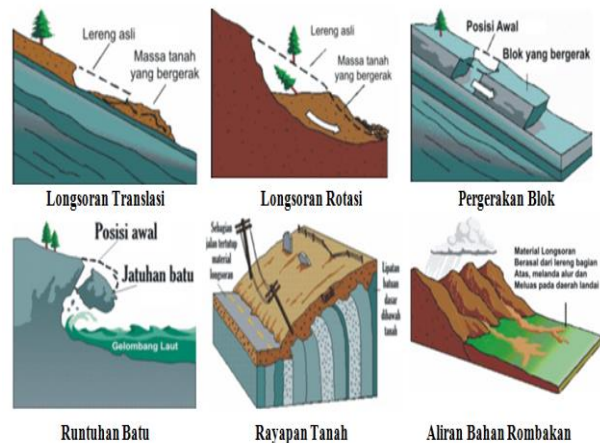
Pekon Sedayu sudah ramai dihuni oleh masyarakat dan sangat dirugikan dengan kejadian bencana tersebut. Terlebih lagi

bencana longsor memutus akses jalan lintas barat Sumatera yang melalui Pekon Sedayu. Kondisi morfologi yang bervariasi di wilayah Sedayu sebagian terdiri dari dataran yang landai, sebagian yang lain merupakan wilayah Bukit Barisan. Pada wilayah yang sudah termasuk Bukit Barisan tersebut, tanah longsor terjadi di berbagai titik namun masih belum diketahui penyebab pastinya. Titik longsor tersebut merupakan Jalan Lintas Barat Sumatera yang ramai dilalui kendaraan umum dan pribadi. Untuk menyatakan nilai kestabilan suatu lereng dikenal istilah yang disebut dengan faktor keamanan yang merupakan perbandingan antara kuat geser tanah dengan tegangan geser yang terjadi. Penelitian ini bertujuan untuk memperkirakan faktor keamanan lereng di sekitar area Gunung Sedayu dengan metode kesetimbangan batas dimana metode ini menggunakan prinsip kesetimbangan gaya. Metode kesetimbangan Batas merupakan metode yang mempertimbangkan kesetimbangan gaya sepanjang bidang gelincir (Gurocak, 2008; Alemdag dan Zaman, 2008).

Bentuk Keruntuhan Lereng

Tanah longsor adalah perpindahan material pembentuk lereng berupa batuan, bahan rombakan, tanah, atau material campuran tersebut, bergerak ke bawah atau keluar lereng. Jika diumpamakan, seperti air yang meresap ke dalam tanah yang akan menambah berat tanah itu sendiri. Apabila air tersebut meresap sampai menuju tanah yang kedap air, maka tanah itu akan menjadi licin dan pelapukan tanah yang berada di atasnya akan bergerak mengikuti arah keluar lereng. Tanah longsor terjadi apabila gaya pendorong pada lereng lebih besar dari pada gaya penahan. Biasanya gaya penahan dipengaruhi oleh kekuatan batuan beserta kepadatan tanah. Di sisi lain, gaya pendorong biasanya dipengaruhi oleh besarnya sudut kemiringan lereng, beban, banyaknya air dan berat jenis tanah batuan. (Arief, 2007) menyatakan bahwa keruntuhan lereng berdasarkan pergerakan massa runtuh sebagai longsor, runtuh, gulingan dan aliran. Longsor (*sliding*) merupakan pergerakan massa ke arah bawah dan ke luar yang disebabkan oleh tegangan geser yang

bekerja pada permukaan runtuh melebihi tahanan geser yang dimiliki oleh material pada permukaan runtuh. Terdapat beberapa jenis tanah longsor, antara lain longsor translasi, longsor rotasi, pergerakan blok, runtuh batu, rayapan tanah, dan aliran bahan rombakan. Jenis – jenis tanah longsor dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Longsor translasi, longsor rotasi, pergerakan blok, runtuh batu, rayapan tanah, dan aliran bahan rombakan (Subowo, 2003).

2. DATA DAN METODOLOGI

Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari penyelidikan lapangan berupa pengamatan kondisi lapangan, pengambilan sampel dan data uji laboratorium. Pengambilan data dilakukan oleh tim peneliti melalui pengambilan contoh sampel tanah melalui pengeboran geoteknik menggunakan auger (bor tangan) yang dilakukan dengan mengambil sampel tanah di beberapa titik pengeboran.



Gambar 3. Peta lokasi pengambilan sampel.



Gambar 4. Pengambilan data sampel tanah di lapangan dengan menggunakan Auger (Bor tangan).

Data lapangan yang didapat kemudian dianalisis lebih lanjut di laboratorium agar mendapatkan distribusi *material properties* penyusun lereng. Beberapa uji laboratorium yang dilakukan antara lain *direct shear test* dan *water content* untuk mendapatkan nilai kohesi, sudut geser dalam, berat volume dan kandungan air terhadap *material properties* yang didapat dari hasil uji laboratorium tersebut. Nilai sudut geser dalam dan kohesi menentukan ketahanan tanah akibat tegangan yang bekerja berupa tekanan lateral tanah, nilai tersebut dapat diperoleh melalui pengukuran *direct shear test*.

Direct Shear Test

Direct shear test adalah suatu prosedur percobaan yang dilakukan dalam praktek dan penelitian rekayasa geoteknik yang bertujuan untuk mengetahui kuat geser suatu bahan tanah. Kuat geser didefinisikan sebagai tahanan maksimum yang dapat ditahan oleh suatu bahan ketika mengalami gaya geser. *Direct shear test* dianggap sebagai salah satu pengujian yang paling umum dan sederhana untuk memperoleh kekuatan tanah dan dapat dilakukan pada sampel yang tidak terganggu atau yang dicetak ulang. Dalam mekanika tanah, kekuatan geser dievaluasi menggunakan kriteria kegagalan Mohr-Coulomb.

Water Content (w)

Water Content (w) adalah rasio berat air terhadap berat padatan dalam massa tanah tertentu. Rasio ini biasanya dinyatakan sebagai

persentase. Ketika rongga terisi penuh dengan udara, kadar air sama dengan nol (tanah kering). Tanah terdiri dari tiga unsur, yaitu: butiran tanah atau partikel padat (*solid*), air (*water*) dan udara (Das, 1988). Pedoman pengujian kadar air umumnya mengikuti prosedur ASTM D-2216-71 dan untuk menghitung kadar air tanah dapat dilakukan dengan menggunakan Persamaan di bawah ini.

$$w = \frac{M^2 - M^3}{M^3 - M^1} \times 100\%$$

dimana:

w = kadar air (%)

M¹ = berat cawan kosong (gram)

M² = berat cawan + tanah basah (gram)

M³ = berat cawan + tanah kering (gram)

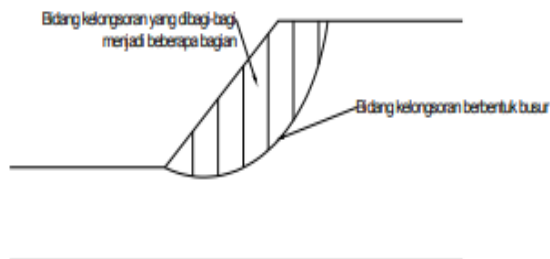
Analisis Faktor Keamanan Lereng Tanah

Perhitungan stabilitas lereng pada penelitian ini menggunakan metode kesetimbangan batas, sedangkan perhitungan faktor keamanan lereng menggunakan metode irisan yaitu metode Bishop. Perhitungan nilai faktor keamanan pada penelitian ini semua dilakukan secara komputasi menggunakan software Slide. Metode kesetimbangan batas adalah salah satu metode geoteknik yang menggunakan prinsip kesetimbangan gaya dan mengasumsikan bidang longsor sebagai bidang lingkaran. Perhitungan faktor keamanan dengan metode ini adalah dengan membagi-bagi tanah pada lereng menjadi beberapa bagian dan kemudian dihitung tiap irisan tersebut menurut prinsip kesetimbangan gaya.

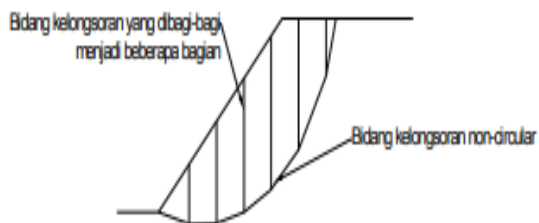
Metode Kesetimbangan Batas

Metode kesetimbangan batas (*Limit Equilibrium Method*) merupakan metode yang sangat populer dan rutin dipakai dalam analisis kestabilan lereng untuk longsor tipe gelinciran translasional dan rotasional. Metode ini mengabaikan hubungan tegangan-regangan material penyusun lereng. Selain itu, lokasi dan bentuk bidang longsor harus ditentukan terlebih dahulu. Kondisi kestabilan lereng dalam metode kesetimbangan batas dinyatakan dalam indeks faktor keamanan. Faktor keamanan dihitung menggunakan prinsip kesetimbangan gaya. Metode analisis ini

pertama – tama mengasumsikan bidang kelongsoran yang dapat terjadi. Terdapat dua asumsi bidang kelongsoran yaitu, bidang kelongsoran berbentuk *circular* dan bidang kelongsoran yang diasumsikan berbentuk *non-circular* (bisa juga *planar*) (Gouw dan Dave, 2012).

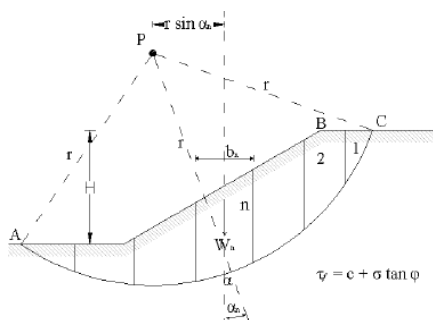


Gambar 5. Bidang longsor *circular*



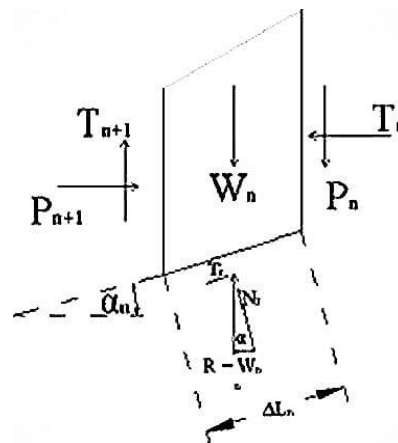
Gambar 6. Bidang longsor *non-circular*

Perhitungan dilakukan dengan membagi tanah yang berada dalam bidang longsor dalam irisan-irisan atau dikenal dengan nama metode irisan. Analisis stabilitas dengan menggunakan metode irisan dapat digambarkan pada **Gambar 7**.



Gambar 7. Permukaan bidang longsor (Braja, 2010)

Dimana busur AC adalah sebuah lengkungan dari lingkaran yang menunjukkan permukaan bidang longsor. Tanah yang berada di atas bidang longsor dibagi menjadi beberapa irisan tegak. Lebar dari setiap irisan tidak harus sama. Gaya-gaya yang bekerja pada irisan tertentu (irisan no. n) ditunjukkan pada **Gambar 8**.



Gambar 8. Gaya yang bekerja pada irisan (Braja, 2010)

W_n adalah berat irisan. Gaya-gaya N_r dan T_r adalah komponen tegak dan sejajar dari reaksi R . P_n dan P_{n+1} adalah gaya normal yang bekerja pada sisi-sisi irisan. Demikian pula, gaya geser yang bekerja pada sisi irisan adalah T_n dan T_{n+1} . Secara sederhana, tegangan air pori diasumsikan nol. Gaya P_n , P_{n+1} , T_n , dan T_{n+1} sulit untuk ditentukan. Akan tetapi kita dapat membuat suatu asumsi pendekatan bahwa besarnya resultan dari P_n dan T_n adalah sama besar dengan resultan dari P_{n+1} dan T_{n+1} dan juga garis-garis kerjanya segaris (Braja, 2010) Metode kesetimbangan batas menggunakan prinsip kesetimbangan gaya dan perhitungan dilakukan dengan membagi tanah yang berada dalam bidang longsor dalam bentuk irisan-irisan. Suatu lereng akan longsor jika gaya penggeraknya lebih besar dari gaya penahannya. Faktor keamanan terhadap longsor didefinisikan sebagai perbandingan kekuatan geser maksimum yang dimiliki tanah di bidang longsor yang diandaikan (rf) dengan tahanan geser yang diperlukan untuk keseimbangan (rd) (Octavian, 2014). Faktor keamanan didefinisikan sebagai nilai perbandingan antara gaya yang menahan dan gaya yang menggerakkan. Secara matematis, kestabilan suatu lereng dapat dinyatakan dalam bentuk faktor keamanan (F_k), dimana :

$$F_k = \frac{rf}{rd}$$

Dimana :

F_k = angka keamanan

rf = kekuatan geser

τ = tegangan geser

Kekuatan geser tanah terdiri dari dua komponen, yaitu kohesi (C) dan geseran yang dipengaruhi sudut geser dalam (ϕ). Analisa stabilitas lereng ditujukan untuk mendapatkan angka faktor keamanan dari suatu bentuk lereng tertentu. Dalam analisis kestabilan lereng umumnya digunakan persamaan Mohr Coulomb untuk menyatakan kekuatan geser material. Persamaan Mohr Coulomb dalam bentuk tegangan efektif adalah sebagai berikut :

$$\tau = c + \sigma \tan \phi$$

Dimana :

τ = tegangan geser

c = kohesi

ϕ = sudut geser dalam

σ = tegangan normal rata-rata pada permukaan bidang longsor.

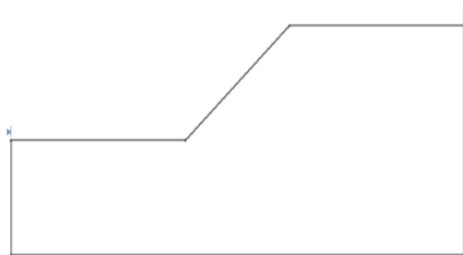
Secara teoritis tingkat nilai faktor keamanan dapat dikelompokkan sebagai berikut :

$F_k > 1$, lereng dianggap stabil

$F_k = 1$, lereng dalam keadaan setimbang tetapi akan segera longsor jika mendapat sedikit gangguan.

$F_k < 1$, lereng dianggap tidak stabil.

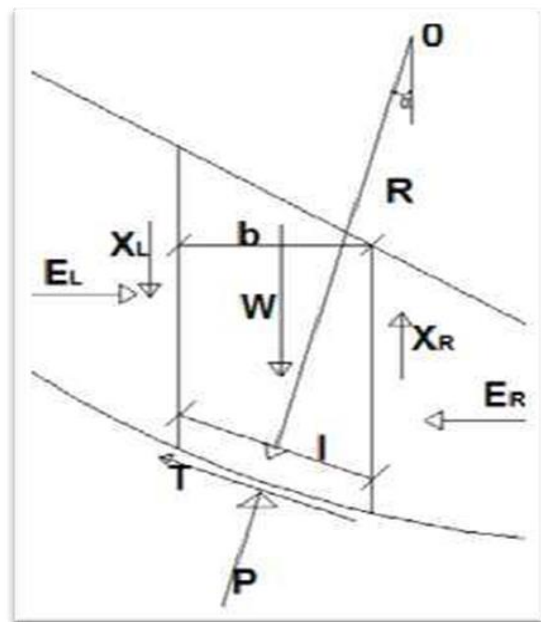
Kondisi kestabilan lereng dalam metode ini dinyatakan dalam indeks faktor keamanan yang merupakan perbandingan antara besarnya gaya penahan terhadap gaya penggerak longsor. Nilai faktor keamanan untuk lereng tanah atau batuan yang aman berada pada F_k 1,25 – 1,5 menurut SNI 8460 tahun 2017. Bentuk penampang pada metode kesetimbangan batas 2 dimensi ini ditunjukkan pada **Gambar 9**.



Gambar 9. Penampang 2D LEM

Metode Bishop

Metode Bishop dipakai untuk menganalisis permukaan gelincir (*slip surface*) yang berbentuk lingkaran. Dalam metode ini diasumsikan bahwa gaya-gaya normal total berada/bekerja di pusat alas potongan dan bisa ditentukan dengan menguraikan gaya-gaya pada potongan secara vertikal atau normal. Metode Bishop yang disederhanakan (Bishop, 1955) merupakan metode yang paling populer dalam analisis kestabilan lereng. Asumsi yang digunakan dalam metode ini yaitu besarnya gaya geser antar-irisan sama dengan nol dan bidang runtuh berbentuk sebuah busur lingkaran. Kondisi kesetimbangan yang dapat dipenuhi metode ini adalah kesetimbangan gaya dalam arah vertikal untuk setiap irisan dan kesetimbangan momen pada pusat lingkaran runtuh untuk semua irisan, sedangkan kesetimbangan gaya dalam arah horisontal tidak dapat dipenuhi. Gaya - gaya yang bekerja pada metode Bishop dijelaskan pada **Gambar 10**.



Gambar 10. Gaya-gaya yang bekerja pada metode Bishop

Dengan menghitung seluruh keseimbangan gaya maka rumus untuk faktor keamanan F_k metode Bishop diperoleh sebagai berikut (Anderson dan Richards, 1987) :

$$F_k = \frac{[c'l + (P - ul) \tan \phi']}{W \sin \alpha}$$

Dimana :

- FK** : faktor keamanan lereng
c' : kohesi
l : lebar irisan
P : gaya normal total pada irisan
W : berat
 μ : tekanan air pori
 ϕ' : sudut geser
 α : sudut irisan

3. HASIL

Data hasil uji *direct shear test* dapat dilihat pada **Tabel .1** berikut :

Tabel 1. Data hasil uji *direct shear test*.

Nama Sampel	Kohesi (kPa)	Sudut Geser Dalam($^{\circ}$)	Densitas (ton/m ³)
SDY -1420 -A (TW)	2	24,23	7,46
SDY-1420-C (TW)	2	16,54	7,6
SDY-2313-A (A)	2,9	20,19	7
SDY-2313-A (C)	3	21,45	7,45
SDY-2415-A	4	23,26	7,5
SDY-2415-A(A)	3,9	14,56	7,03
SDY-2415-A(B)	3,8	17,74	7,2
SDY-2415-C	3,6	20,17	7,4
SDY-3417-C	0,9	36,2	7,77
SDY-3417-A	4,6	16,59	8,32
Rata-rata	3,07	21,093	7,473

Data hasil uji *water content* dapat dilihat pada **Tabel.2** berikut :

Tabel 2. Data hasil uji *water content*

Nama Sampel	Kadar Air Rata-rata (%)
SDY -1420 -A (TW)	35,69%
SDY-1420-C (TW)	32,27%
SDY-2313-A (A)	37,58%

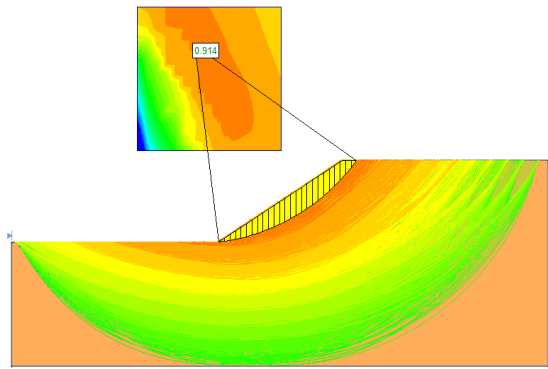
SDY-2313-A (C)	37,38%
SDY-2415-A	36,91%
SDY-2415-A(A)	36,44%
SDY-2415-A(B)	47,76%
SDY-2415-C	34,36%
SDY-3417-C	24,71%
SDY-3417-A	23,27%
Rata-rata	34,64%

Berdasarkan hasil pengujian dilaboratorium dari 10 sampel tanah undisturbed didapatkan nilai rata-rata kohesi sebesar 3,07 kPa, sudut geser dalam 21,093 $^{\circ}$, densitas sebesar 7,473 ton/m³ dan rata-rata kandungan air terhadap material properties sebesar 34,64%. Nilai sudut geser dalam dan kohesi menentukan ketahanan tanah akibat tegangan yang bekerja berupa tekanan lateral tanah. Hubungan antara sudut geser dalam dan jenis tanah dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Hubungan antara sudut geser dalam dan jenis tanah (Braja, 2011).

Jenis Tanah	Sudut Geser Dalam($^{\circ}$)
Krikil kepasiran	35 $^{\circ}$ - 40 $^{\circ}$
Krikil kerakal	35 $^{\circ}$ - 40 $^{\circ}$
Pasir padat	35 $^{\circ}$ - 40 $^{\circ}$
Pasir lepas	30 $^{\circ}$
Lempung kelanauan	25 $^{\circ}$ - 30 $^{\circ}$
Lempung	20 $^{\circ}$ - 25 $^{\circ}$

Berdasarkan hasil analisis 10 sampel tanah undisturbed menunjukkan hasil yang sesuai dengan kondisi teori hubungan antara sudut geser dalam dan jenis tanah. Sudut geser tanah rata-rata yang diperoleh dari hasil pengujian laboratorium berkisar 21 $^{\circ}$ menunjukkan jenis tanah lempung. Selanjutnya hasil yang di peroleh dari uji laboratorium tersebut digunakan dalam analisis pemodelan kestabilan lereng tunggal untuk mencari nilai faktor keamanan secara 2 dimensi dengan metode kesetimbangan batas menggunakan *software*. Hasil analisis lereng menggunakan *software* Slide dapat dilihat pada **Gambar 10**.



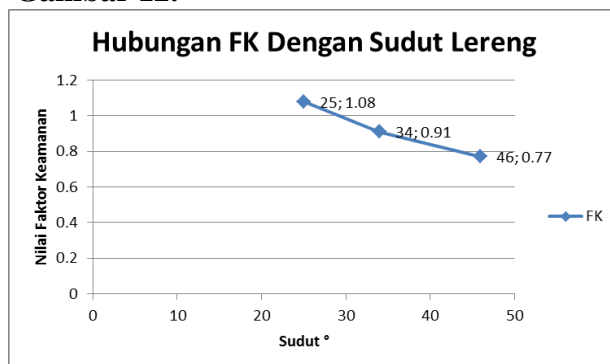
Gambar 11. Hasil analisis kestabilan lereng secara 2D.

Perhitungan nilai faktor keamanan lereng Pegunungan Sedayu menggunakan software *Slide* diperoleh hasil pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Hasil analisis kestabilan lereng 2D

Material	Geometri		FK 2D
	Tinggi(m)	Sudut(°)	
CLAY	8	25	1,08
		34	0,91
		46	0,77
Rata-rata			0,92

Berdasarkan hasil analisis kestabilan lereng tunggal 2D pada kriteria Mohr-Coulomb dengan litologi tanah lempung pada ketinggian jenjang 8 m, lebar 20 m, variasi sudut 25°, 34°, dan 46° diperoleh hasil rata-rata nilai faktor keamanan sebesar 0,92, dengan variasi sudut 25° di peroleh FK 1,08, sudut 34° di peroleh FK 0,91, dan sudut 46° di peroleh FK 0,77. Hubungan antara nilai faktor keamanan dan sudut kemiringan lereng dapat dilihat pada **Gambar 12**.



Gambar 12. Hubungan Antara FK dan Sudut.

Dari tabel hubungan antara FK dan sudut kemiringan lereng tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin besar sudut kemiringan lereng maka akan semakin kecil nilai faktor keamanannya pada lereng tersebut.

4. DISKUSI

Curah hujan, kemiringan lereng dan jenis tanah merupakan beberapa faktor yang memiliki peran besar terhadap terjadinya longsor. Hal ini juga diperkuat dalam (Susanti dan Miardini, 2019) bahwa terdapat beberapa faktor penyebab longsor diantaranya faktor mayor (lereng, sesar, tekstur, kedalaman *regolith*, dan geologi), faktor minor (bentuk lereng, agregasi, permeabilitas, drainase dan struktur) serta faktor pemicu yaitu alam (curah hujan) dan buatan (pemotongan tebing tegak dan beban lereng). Berdasarkan hasil identifikasi di lapangan, diketahui bahwa curah hujan menjadi faktor pemicu yang sangat berpengaruh pada kejadian longsor, Selain itu daerah aliran dan distribusi air permukaan yang buruk mengakibatkan banjir pada lokasi tersebut yang menyebabkan sering terjadinya longsor pada lereng.

Kemiringan Lereng

Kemiringan lereng dalam penelitian ini berpengaruh sangat besar terhadap terjadinya longsor. Semakin curam lereng suatu wilayah maka semakin besar kemungkinan terjadinya longsor. Hal ini juga didukung oleh pendapat (Susanti, 2017) yang menyatakan bahwa semakin tinggi tingkat kemiringan lereng, maka potensi untuk terjadinya longsor juga akan semakin besar. Berdasarkan hasil identifikasi di lapangan, diketahui bahwa Pekon Sedayu memiliki kemiringan lereng yang bervariasi, yakni sebagian dataran yang landai di sekitar pemukiman warga, sebagian yang lain merupakan wilayah Bukit Barisan. Pada wilayah yang sudah termasuk Bukit Barisan tersebut, tanah longsor terjadi di berbagai titik yang disebabkan karena wilayah tersebut memiliki kemiringan lereng yang curam hingga sangat curam dimana merupakan Jalan Lintas Barat Sumatera yang ramai dilalui kendaraan umum dan pribadi. Lereng yang memiliki kemiringan lereng yang

curam hingga sangat curam akan lebih mudah longsor dibandingkan dengan lereng yang landai. Pembagian kemiringan lereng berdasarkan klasifikasi USSSM dan USLE dapat dilihat pada **Tabel 4.** berikut :

Tabel 5. Pembagian kemiringan lereng berdasarkan klasifikasi USSSM dan USLE (Agustian, 2009).

Kemiringan Lereng (°)	Kemiringan Lereng(%)	Keterangan	Klasifikasi USSSM(%)	Klasifikasi USLE(%)
<1	0-2	Datar - Hampir Datar	0-2	1-2
1-3	3-7	Sangat Landai	2-6	2-7
3-6	8-13	Landai	6-13	7-12
6-9	14-20	Agak Curam	13-25	12-18
9-25	21-55	Curam	25-55	18-24
25-26	56-140	Sangat Curam	>55	>24
>65	>140	Terjal		

Jenis Tanah

Jenis tanah dapat menjadi salah satu faktor yang sangat berpengaruh dalam menentukan suatu wilayah itu dapat disebut rawan bencana longsor atau tidak. Hal ini disebabkan karena jenis tanah sangat berpengaruh terhadap proses infiltrasi saat hujan turun di suatu wilayah. Suatu wilayah yang memiliki jenis tanah berpasir akan lebih mudah untuk longsor karena air yang masuk ke dalam tanah akan langsung diteruskan. Oleh karena itu jenis tanah merupakan salah satu parameter penentu terjadinya longsor. Berdasarkan hasil pengujian laboratorium diperoleh jenis tanah lempung. Tanah jenis ini memiliki potensi untuk terjadinya tanah longsor, terutama bila terjadi hujan. Selain itu, jenis tanah ini sangat rentan terhadap pergerakan tanah karena menjadi lunak jika terkena air dan pecah jika udara terlalu panas. Longsoran yang terjadi disekitar lokasi penelitian terdapat pada **Gambar 13.**



Gambar 13. Longsoran disekitar lokasi penelitian.

5. KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Sudut geser tanah rata-rata yang diperoleh dari hasil pengujian laboratorium berkisar 21.093° yang menunjukkan jenis tanah lempung.
2. Berdasarkan hasil analisis kesetabilan lereng Bukit Barisan (Sedayu) diperoleh nilai faktor keamanan 0.91 dimana pada sudut 25° di peroleh 1.08, sudut 34° di peroleh 0.91, sudut 46° di peroleh 0.77 dan rata-rata nilai FK sebesar 0.92 .
3. Dari hasil analisis pemodelan secara 2D di peroleh $F_k < 1$, yang berarti lereng dianggap tidak stabil.
4. Nilai angka keamanan (FS) tergantung dari sifat fisik atau mekanik tanah, yaitu sudut geser dalam (ϕ), kohesi (c), berat isi (γ), susunan tanah atau batuan serta sudut lereng.
5. Berdasarkan tabel hubungan antara faktor keamanan dan sudut dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai sudut maka semakin kecil nilai faktor keamanan.
6. Semakin kecil nilai faktor keamanan maka lereng dianggap tidak setabil.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada kepada masyarakat Pekon Sedayu, Kecamatan Semaka, Kabupaten Tanggamus, Provinsi Lampung yang telah mengizinkan dan banyak membantu dalam proses pengambilan data di lapangan.

REFERENSI

- Andriyan, Y. (2017): Analisis Faktor Keamanan Lereng Tanah Menggunakan Metode Resistivitas 2D dan Limit Equilibrium Method di Daerah Olak Alen, Selorejo, 11 - 18.
- Bishop, A.W., (1955): The Use of Slip Surface in The Stability of Analysis Slopes, Geotechnique, Vol 5. London.
- Muhammad, Z.A., and Nuhindro, P.W. (2020): Study Of Slope Geometry Effect On 2D And 2D Slope Stability Analysis

- Using Equilibrium Method, Indonesian Mining profesional jurnal, 51 - 55.
- Octovian,C.P.R.,Turangan,A.E.,(2014):
Analisis Kesetabilan Lereng Dengan Metode Bishop.Jurnal Sipil Statik Vol.2 No.3.
- Riski, A.P., and Yoszi, M.A. (2019):
Karakterisasi Massa Batuan dan Analisis Kestabilan Lereng Untuk Evaluasi Geometri Lereng di Pit Barat Tambang Terbuka PT. AICJ (Allied Indo Coal Jaya) Kota Sawahlunto Provinsi Sumatera Barat, Jurnal Bina Tambang, Vol. 4 , No. 3, 220 – 232.
- Riyan, Y.D., Dedy, M., dan Irma, L.(2012):
Analisis Daerah Rawan Longsor di Kecamatan Limau Kabupaten Tanggamus. Jurnal Penelitian Geografi, 34 - 42.
- Rony, P.(2012): Analisa Stabilitas Lereng Limit Equilibrium vs Finite Element Method. Jurnal Fakultas Teknik Sipil , Universitas Bina Nusantara, 1-7.
- Lisa, F., Munirwansyah, dan Halida, Y.(2020): Analisis Bentuk Geometri Terhadap Stabilitas Lereng Pada Tambang Terbuka Dari Aspek Geoteknik, Jurnal Arsip Rekayasa Sipil dan Perencanaan (JARSP), 166 – 172.