

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Daerah Penelitian

Penelitian dilakukan di Jalan Way Ratay, Padang Cermin, Kabupaten Pesawaran terletak pada titik koordinat 5°33'56''S dan 105°11'21''E.



Gambar 2.1 Peta Kabupaten Pesawaran (Google Earth Pro, 2019)

Secara astronomis Kabupaten Pesawaran terletak pada koordinat 104,92° - 105,34° Bujur Timur dan 5,12° - 5,84° Lintang Selatan. Secara administratif luas wilayah Kabupaten Pesawaran adalah 1.173,77 km² dengan batas-batas wilayah adalah sebagai berikut:

- Sebelah Utara: berbatasan dengan Kabupaten Lampung Tengah,
- Sebelah Selatan: berbatasan dengan Teluk Lampung Kabupaten Tanggamus,
- Sebelah Barat: berbatasan dengan Kabupaten Tanggamus,
- Sebelah Timur: berbatasan dengan Kabupaten Lampung Selatan dan Kota Bandar Lampung. Secara administratif Kabupaten Pesawaran terbagi

dalam sembilan kecamatan yaitu; Kecamatan Padang Cermin, Punduh Pidada, Kedondong, Way Lima, Gedong Tataan, Negeri Katon dan Kecamatan Tegineneng, Marga Punduh dan Way Khilau.

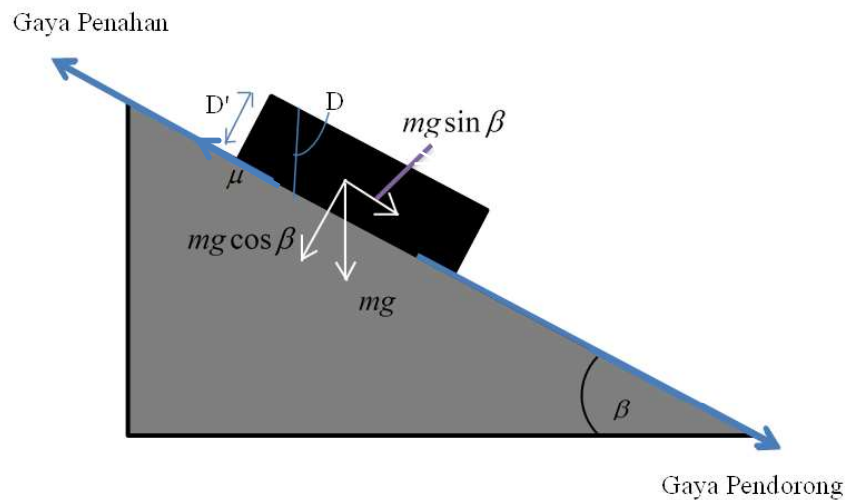
Pada tahun 2007 hingga sekarang, jumlah kecamatan di Kabupaten Pesawaran telah mengalami perubahan akibat adanya pemekaran dengan penambahan 4 kecamatan sehingga total menjadi 11 kecamatan, yaitu Padang Cermin, Punduh Pidada, Kedondong, Way Lima, Gedong Tataan, Negeri Katon, Tegineneng, Marga Punduh, Way Khilau, Way Ratay, Teluk Pandan. Kabupaten Pesawaran memiliki beberapa gunung. Gunung yang tertinggi adalah gunung Way Ratay dan gunung Pesawaran yang memiliki ketinggian 1.681 m dari permukaan laut. Topografi atau kondisi permukaan bumi Kabupaten Pesawaran merupakan daerah dataran rendah dan dataran tinggi, yang sebagian merupakan daerah perbukitan sampai dengan pergunungan dengan ketinggian bervariasi antara 0,0 m sampai dengan 1.682,0 m dari permukaan laut. Adapun pengelompokkan luas wilayah berdasarkan kemiringan lereng di Kabupaten Pesawaran adalah sebagai berikut:

- Kemiringan lereng 0 - 8% : 11.337,85 Ha (9,66 %)
- Kemiringan lereng > 40 % : 106.079,78 Ha (90,38 %)

Potensi pergerakan tanah di Kabupaten Pesawaran berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Departemen Energi dan Sumber Daya mineral Tahun 2008 dapat dibagi menjadi dua kelas, yaitu potensi rendah dan menengah. Sebagian besar wilayah Kabupaten Pesawaran termasuk dalam klasifikasi jenis pergerakan potensi rendah sebesar 16.696,11 ha dan jenis potensi menengah sebesar 18.726,33 ha yang tersebar di Kecamatan Padang Cermin. Selain itu, daerah rawan bencana di Kabupaten Pesawaran berada di Kecamatan Padang Cermin berupa wilayah potensi banjir, potensi bencana tanah longsor, potensi bencana tsunami dan angin ribut [10].

2.2 Longsor

Longsor didefinisikan sebagai gerakan campuran masa pembentuk lereng berupa batuan, bahan rombakan, tanah atau material campuran yang bergerak keluar/menuruni lereng ketika kesetimbangan terlampaui, dimana gaya pendorong lebih besar daripada gaya penahan [18]. Tanah longsor juga didefinisikan sebagai pergerakan batu, detritus, atau tanah yang disebabkan oleh aksi gravitasi [19]. Suatu daerah dinyatakan memiliki potensi longsor apabila memenuhi tiga syarat, yaitu: 1) lereng cukup curam, 2) memiliki bidang luncur berupa lapisan di bawah permukaan tanah yang semi permeabel dan lunak, 3) terdapat cukup air untuk membuat tanah diatas bidang gelincir menjadi jenuh. [20].



Gambar 2.2 Bidang miring pada longsor berupa elemen geometris dasar (telah digambar ulang oleh penulis)[19]

Dimisalkan objek seperti buku yang diletakkan di bidang miring dengan sudut β . Karena kita menganggap buku itu statis, menurut hukum dinamika, gaya gravitasi harus diimbangi oleh gaya reaksi yang diberikan. Gaya gravitasi dapat didekomposisi menjadi komponen normal $\vec{F}$ dan paralel $\vec{F}$ ke bidang: $\vec{F} \perp = m \vec{g} \cos \beta$ dan $\vec{F} \parallel = m \vec{g} \sin \beta$. Komponen gravitasi $\vec{F}$ adalah sama dan berlawanan dengan gaya reaksi, sehingga tidak ada gaya total yang tegak lurus terhadap

bidang (Gambar 2). Keseimbangan gaya sejajar dengan bidang lebih kompleks dan membutuhkan gaya gesekan. Pertama didefinisikan tegangan normal σ dan tegangan geser τ , masing-masing dibagi dengan area S permukaan kontak, normal dan sejajar dengan bidang. Diekspresikan besaran gaya berat sebagai $\rho g D' S$, dapat tulis:

$$\sigma = \frac{\vec{F} \perp}{S} = \frac{\rho g D' S \cos \beta}{S} = \rho g D' \cos \beta = \rho g D \cos^2 \beta \dots\dots\dots(2.1)$$

$$\tau = \frac{\vec{F} \parallel}{S} = \frac{\rho g D' S \sin \beta}{S} = \rho g D' \sin \beta = \rho g D \sin \beta \cos \beta \dots\dots\dots(2.2)$$

di mana $D' = D \cos \beta$ adalah ketebalan objek dan D adalah proyeksi vertikal ketebalan objek (Gambar 2.2). Untuk mempelajari gaya gesekan ($\vec{f}$), dapat dilihat bahwa gaya gesek sebanding dengan gaya berat ($\vec{W}$). Rasio atau koefisien gesekan statis yaitu:

$$\mu = \frac{\vec{f}}{\vec{W}} \dots\dots\dots(2.3)$$

dimana $\vec{f}$ merupakan gaya gesek dan $\vec{W} = m \vec{g}$ merupakan gaya berat.

Keterangan: β = Kemiringan bidang miring ($^\circ$)

$\vec{F}$ = Gaya normal (N)

m = Massa (kg)

g = Gaya gravitasi (m/s^2)

W = Gaya berat (kg m/s^2)

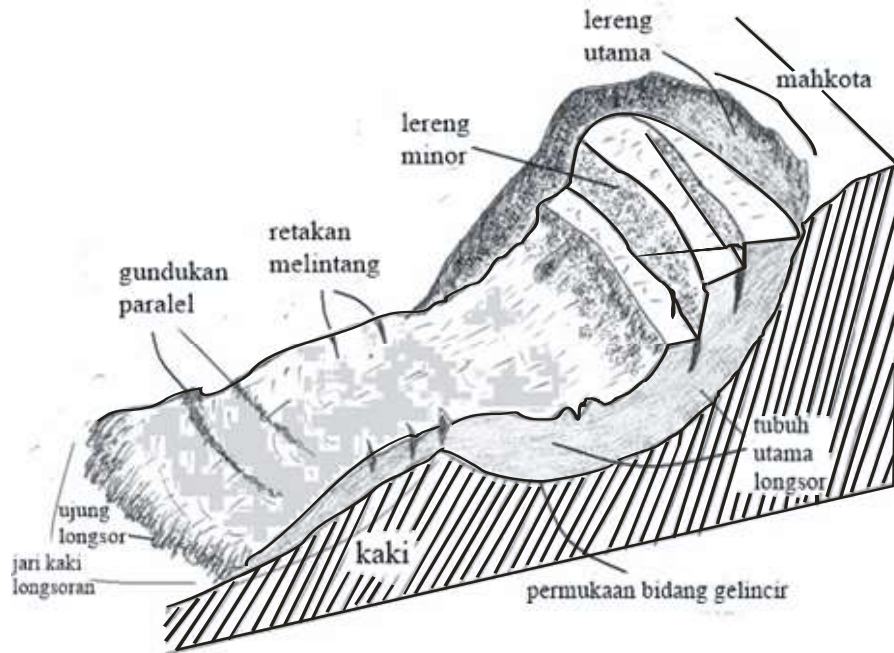
σ = tegangan normal (N/m)

τ = tegangan geser (N/m)

2.3 Mekanisme Terjadinya Longsor

Longsor terjadi ketika air masuk kedalam tanah dan menambah bobot tanah. Apabila air tersebut menembus hingga ke tanah kedap air yang berperan sebagai bidang gelincir, maka tanah akan menjadi licin sehingga tanah pelapukan

diatasnya akan bergerak mengikuti lereng dan keluar dari lereng [5]. Pergerakan massa tanah/batuan pada lereng dapat terjadi akibat interaksi pengaruh antara beberapa kondisi yang meliputi geologi, morfologi, struktur geologi, hidrogeologi dan tata guna lahan. Kondisi-kondisi tersebut saling berpengaruh sehingga mengakibatkan suatu kondisi lereng yang mempunyai kecenderungan atau berpotensi untuk bergerak [21].



Gambar 2.3 Elemen utama geometri dari longsor [18]

2.3.1 Jenis-jenis Longsor [18]

1. Runtuhan (*Fall*)

Jenis longsor ini terjadi dengan sangat cepat. Longsor ini terjadi karena adanya sejumlah batu, runtuh atau tanah yang jatuh ke arah bawah berasal dari atas lereng. Faktor penyebab terjadinya longsor jenis ini adalah erosi, tekanan air dalam diskontinuitas dan tegangan dari retakan (*tension cracks*) serta guncangan seismik.

2. Robohan (*Topple*)

Robohan biasa terjadi pada lereng batuan yang sangat terjal hingga tegak yang mempunyai bidang-bidang diskontinuitas yang relatif

vertikal. Tipe gerakannya hampir sama dengan runtuhan, hanya saja pada robohan gerakan batuan longsor adalah mengguling hingga roboh, yang mengakibatkan batuan lepas dari permukaan lerengnya. Faktor utama yang menyebabkan robohan salah satunya adalah air yang mengisi retakan.

3. Translasi (*Translational Slide*)

Longsor translasi didefinisikan sebagai pergerakan material di sepanjang permukaan geser dimana permukaannya berbentuk rata atau menggelombang landai. Pada tanah lempung, translasi terjadi pada sepanjang lapisan pasir atau lanau. Longsor translasi pada lereng dengan tanah lempung yang mengandung pasir atau lanau dapat disebabkan oleh tingginya tekanan pori dalam pasir ataupun lanau tersebut.

4. Rotasi (*Rotational Slide*)

Jenis longsor ini merupakan kebalikan dari longsor translasi, longsor rotasi ini adalah gerakan material sepanjang permukaan geser dimana permukaannya berbentuk cekung/lengkung. Longsor rotasi murni atau lebih dikenal dengan *slump* biasanya terjadi pada material yang mempunyai kecenderungan homogen seperti timbunan batuan. Longsor jenis translasi dan rotasi inilah jenis longsor yang kerap terjadi di wilayah Indonesia.

5. Aliran (*Flow*)

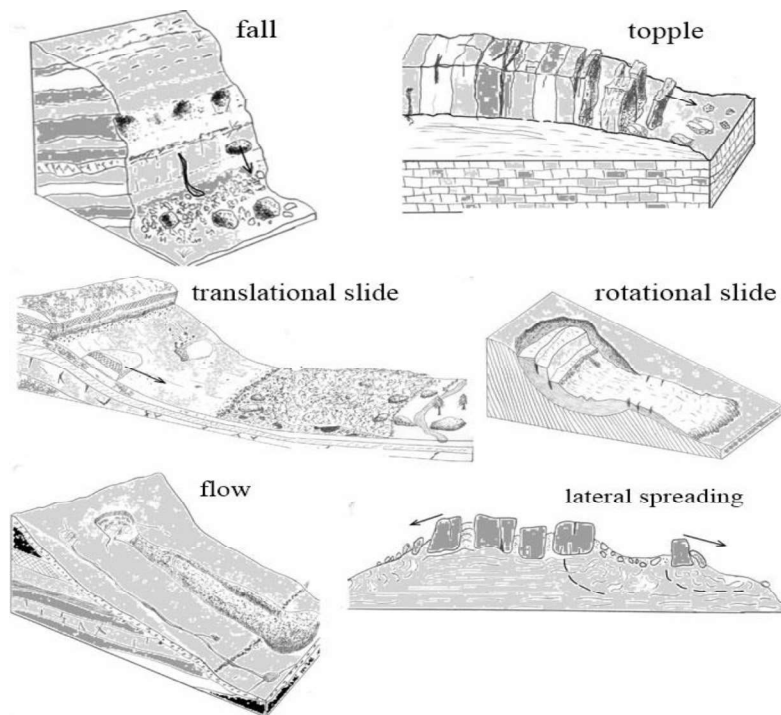
Jenis longsor ini merupakan perpindahan material berupa tanah atau lumpur, runtuhan ataupun bongkahan batu yang biasanya disertai dengan kadar air yang tinggi, dikarenakan tingginya kadar air tersebut material bersifat fluida, mengalami deformasi secara terus menerus. Dalam jenis ini, air merupakan faktor utama terjadinya longsor, karena air menurunkan kuat kohesi dalam tanah.

6. Menyebar lateral (*Lateral Spreading*)

Longsor jenis ini adalah bergerakinya lempengan batu dengan sangat lambat dan dalam kemiringan yang rendah yang disebabkan oleh hilangnya tegangan pada lapisan bawah material yang juga menjalar atau merusak bawah lempengan batuan.

7. Kompleks (*Complex*)

Longsor jenis ini merupakan longsor yang dalam pergerakannya mengalami perubahan dari keadaan awal bergerak, hal ini disebabkan adanya perubahan kohesi di dalam perjalanan alirannya.



Gambar 2.4 Jenis-jenis longsor [18]

2.4 Stabilitas Lereng

Lereng adalah suatu bidang di permukaan tanah yang menghubungkan permukaan tanah yang lebih tinggi dengan permukaan tanah yang lebih rendah. Lereng dapat terbentuk secara alami dan dapat juga dibuat oleh manusia. Jika suatu tempat terdapat dua permukaan tanah yang berbeda ketinggiannya, maka akan ada gaya-

gaya yang bekerja mendorong sehingga tanah yang lebih tinggi kedudukannya cenderung bergerak ke arah bawah. Gaya yang mendorong tersebut berupa gaya berat dan gaya tiris/muatan dimana gaya-gaya inilah yang menyebabkan kelongsoran. Selain itu, terdapat pula gaya-gaya dalam tanah yang bekerja menahan/melawan sehingga kedudukan tanah tersebut tetap stabil. Gaya penahan ini berupa gaya gesekan/geseran, lekatan (dari kohesi) dan kekuatan geser tanah. Curah hujan yang turun akan mempengaruhi kondisi air tanah. Tanah yang kandungan airnya meningkat akan meningkatkan massanya dan mengurangi kepadatan dan kekompakannya [22].

Secara kuantitatif menilai stabilitas lereng, dicari parameter FoS yang dikenal sebagai *Factor of Safety* yaitu merupakan rasio antara gaya penahan dengan gaya pendorongnya. Gaya penahan adalah kekuatan pada material yang menghambat terjadinya longsor. Gaya penahan ini terkait dengan karakteristik fisis dari batuan dan tanah yaitu kohesi dan koefisien gesek. Sedangkan pada gaya pendorong yang paling besar berpengaruh adalah gaya gravitasi, yaitu gravitasi yang searah dengan lereng dan mengarah keluar dari lereng [19].

$$FoS = \frac{\text{Gaya penahan}}{\text{Gaya pendorong}} \dots\dots\dots (2.4)$$

$$FoS = \frac{\tau_s}{\tau_d} \dots\dots\dots (2.5)$$

dimana: τ_s = Gaya berupa tegangan geser maksimum tanah (N/m)

τ_d = Gaya berupa tegangan geser akibat beban tanah yang akan longsor
(N/m)

Berdasarkan teori, jika nilai $FoS > 1$ menunjukkan stabilitas, sedangkan $FoS < 1$ menyiratkan ketidakstabilan. Dengan demikian, transisi antara stabilitas ke keruntuhan dapat dipertimbangkan secara matematis.

2.5 Pengukuran Topografi

Pengukuran topografi pada lokasi yang rawan longsor merupakan upaya yang diperlukan untuk mengetahui tingkat keamanan lereng yang disajikan dalam peta topografi [23]. Topografi (berasal dari kata “*topos*” yang berarti tempat dan “*grapho*” yang berarti menulis) adalah studi tentang bentuk permukaan bumi dan benda langit lain, seperti planet, satelit (alami, seperti bulan), dan asteroid. Hal itu juga termasuk penggambarannya di peta. Ada dua teknik yang dapat membantu studi topografi, yaitu survei secara langsung dan penginderaan jarak jauh (*remote sensing*). Pengukuran yang dilakukan adalah survei secara langsung atau lebih dikenal dengan nama survei topografi.

Survei topografi adalah suatu metode untuk menentukan posisi tanda-tanda (*features*) buatan manusia maupun alamiah diatas permukaan tanah. Survei topografi juga digunakan untuk menentukan konfigurasi medan (*terrain*). Kegunaan survei topografi adalah dapat mengumpulkan data yang diperlukan untuk gambar peta topografi. Gambar peta dari gabungan data akan membentuk suatu peta topografi. Sebuah topografi memperlihatkan karakter vegetasi dengan memakai tanda-tanda yang sama seperti halnya jarak horizontal diantara beberapa *features* dan elevasinya masing-masing diatas datum tertentu. Proses pemetaan topografi sendiri adalah proses pemetaan yang pengukurannya langsung dilakukan di permukaan bumi dengan peralatan survei. Teknik pemetaan mengalami perkembangan sesuai dengan perkembangan ilmu dan teknologi. Dengan perkembangan peralatan ukur tanah secara elektronis, maka proses pengukuran menjadi semakin cepat dengan tingkat ketelitian yang tinggi, dan dengan dukungan teknologi *Geographic Information System* (GIS) maka langkah dan proses perhitungan menjadi semakin mudah dan cepat serta penggambarannya dapat dilakukan secara otomatis

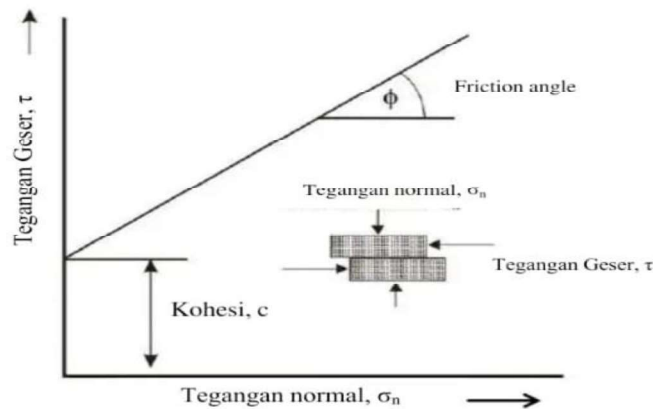
2.6 Uji Triaksial

Uji triaksial hampir sering digunakan untuk studi fenomena baru karena tampak sederhana dan serbaguna. Uji triaksial adalah yang paling cocok untuk beberapa studi tersebut yang diperlukan dalam rekayasa geoteknik untuk tujuan rancangan proyek tertentu dan untuk mempelajari perilaku dari tanah [19]. Uji triaksial adalah uji laboratorium yang paling banyak digunakan untuk mempelajari kekuatan geser tanah. Meskipun memiliki beberapa keterbatasan, uji ini sangat fleksibel dan memberikan informasi yang dapat diandalkan dan beragam tentang kekuatan tanah dalam kondisi yang berbeda, yang dapat dikontrol sesuai kebutuhan [5]. Uji triaksial menggunakan sampel tidak terganggu (*undisturbed/UDS*) yang diletakkan pada *samplers tube* yaitu sebuah selongsong untuk memasukkan sampel tanah. Sampel tanah dibuat di laboratorium dan diuji pada alat triaksial. Uji triaksial dibagi menjadi 3 yaitu: *Consolidated Drained* (CD), *Consolidated Undrained* (CU) dan *Unconsolidated Undrained* (UU). Dari uji triaksial baik dengan CD, CU maupun UU diperoleh parameter kohesi dan sudut geser dalam.

2.7 Keruntuhan Menurut Mohr Coulomb

Pada model material tanah Mohr-Coulomb ada 6 parameter tanah yang diperlukan yakni sudut geser dalam tanah (ϕ), kohesi tanah (C), sudut dilatasi (ψ), modulus Young (E), poisson rasio (ν) dan berat volume tanah (γ). Dalam metode ini, parameter kekuatan geser tanah yang tersedia berturut-turut direduksi secara otomatis hingga kelongsoran terjadi. Cara keruntuhan lereng, lokasi bidang gelincir dan titik ujung bidang gelincir (*out-slip point*) berhubungan dengan besarnya kohesi (C), sudut geser dalam (ϕ) dan kemiringan lereng. Nilai kohesi (C) yang kecil, sudut geser dalam (ϕ) atau sudut kemiringan lereng yang kecil dapat membuat bidang gelincir yang dalam dan titik ujung bidang gelincir yang jauh dari kaki lereng.

Pada kriteria Mohr-Coulomb, selubung keruntuhan dianggap sebagai garis lurus untuk mempermudah perhitungan.



Gambar 2.5 Sudut geser dalam dan kohesi [24]

Berdasarkan kriteria Mohr-Coulomb diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$\tau = C + \mu \sigma \dots\dots\dots(2.6)$$

dimana :

τ = tegangan geser (kg/cm^2)

C = kohesi (kg/cm^2)

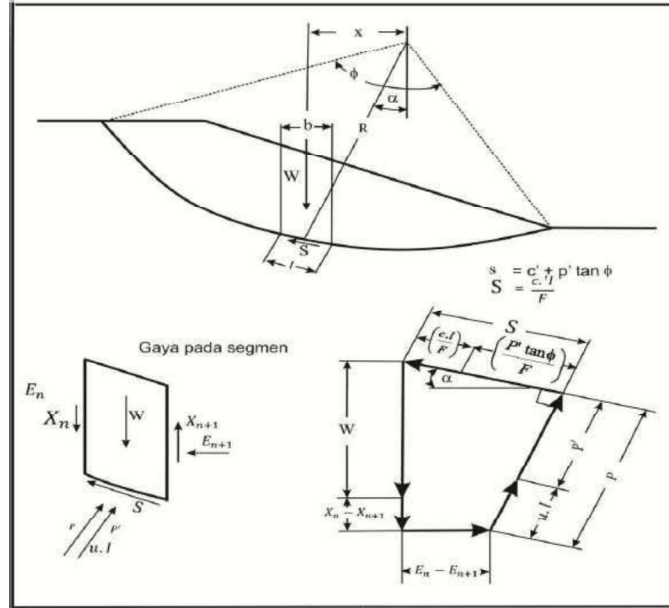
σ_o = tegangan normal (kg/cm^2)

μ = koefisien geser dalam batuan = $\text{tg } \phi$

ϕ = sudut geser dalam ($^\circ$)

2.8 Metode Bishop

Metode Bishop adalah metode yang diperkenalkan oleh A.W. Bishop menggunakan cara potongan dimana gaya-gaya yang bekerja pada tiap potongan terlihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Gaya-gaya yang bekerja pada suatu potongan [24]

Keterangan:

S = kuat gesek efektif

s = kuat gesek yang ada

W = berat total pada irisan

EL, ER = gaya antar irisan yang bekerja secara horisontal pada penampang kiri dan kanan

XL, XR = gaya antar irisan yang bekerja secara vertikal pada penampang kiri dan kanan

P = gaya normal total pada irisan (N)

b = lebar dari irisan (m)

l = panjang dari irisan (m)

c' = kohesi efektif (kg/cm^2)

ϕ = sudut geser dalam ($^\circ$)

u = tegangan pori (kg/cm^2)

α = sudut Kemiringan lereng ($^\circ$)

R = radius lingkaran bidang gelincir (m)

Metode Bishop dipakai untuk menganalisis permukaan gelincir (*slip surface*) yang berbentuk lingkaran. Dalam metode ini diasumsikan bahwa gaya-gaya

normal total berada/bekerja dipusat atas potongan dan bisa ditentukan dengan mengurangi gaya-gaya pada potongan secara vertikal atau normal. Persyaratan keseimbangan dipakai pada potongan-potongan yang membentuk lereng tersebut. Metode Bishop menganggap bahwa gaya-gaya yang bekerja pada irisan mempunyai resultan nol pada arah vertikal. Secara umum prinsip metode Bishop yaitu: kekuatan geser didefinisikan dengan menggunakan hubungan linier Mohr-Coulomb, keseimbangan normal, keseimbangan tangensial dan keseimbangan momen [25].

Dengan mempertimbangkan seluruh keseimbangan gaya, maka rumus untuk menentukan nilai FoS menggunakan metode Bishop diperoleh sebagai berikut:

$$FoS = \frac{1}{\sum w \sin \alpha} \sum \left[\{c' l \cos \alpha + (W - ub) \tan \phi'\} \frac{\sec \alpha}{1 + \frac{\tan \phi' \tan \alpha}{F}} \right] \dots\dots\dots (2.7)$$

2.9 Uji Sampel Tanah

Uji Sampel Tanah dibagi menjadi 2 yaitu:

1. Sampel terganggu (*disturbed/DS*)

Sampel yang terganggu telah mengalami modifikasi dalam struktur dan kadar air tetapi masih melestarikan komposisi mineralogi nya. Sampel yang terganggu diambil langsung dari permukaan tanah. Sampel ini cocok untuk tes klasifikasi, mineralogi dan kekompakan [5].

2. Sampel tidak terganggu (*undisturbed/UDS*)

Sampel yang tidak terganggu adalah sampel yang belum mengalami perubahan pada struktur atau kadar airnya. Sampel ini diambil dengan mencapai kedalaman sejauh mungkin hingga mencapai ke lapisan keras tanah, Sampel diambil menggunakan coring (pengeboran) dan dimasukkan ke dalam *samplers tube* yang ditekan atau didorong ke dalam tanah. Sampel seperti ini diperlukan untuk tes kekuatan, deformabilitas, permeabilitas dan analisis dari tanah. [5].

2.9.1 Indeks Properti Tanah

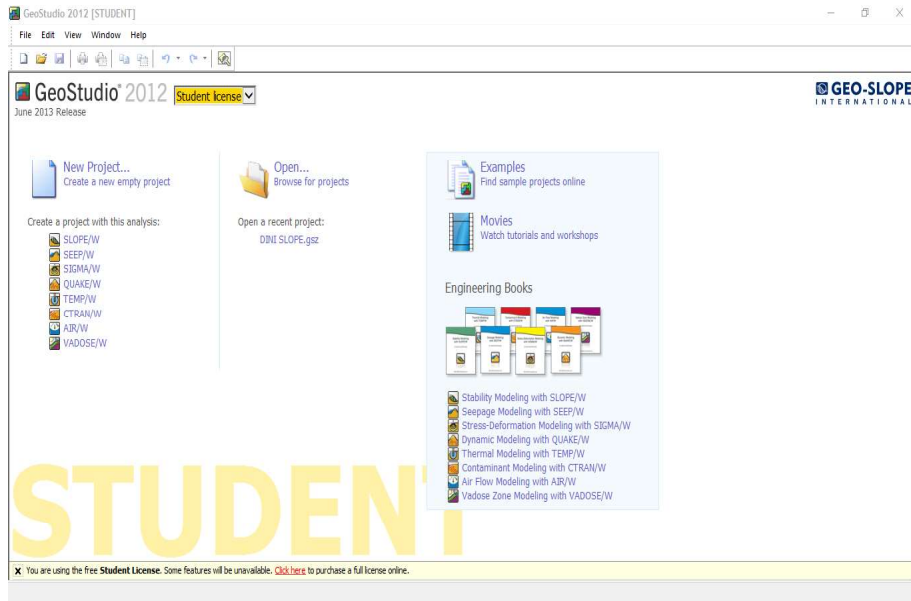
Tanah memiliki sifat utama berikut ini yaitu kerapatan, konsistensi, porositas, tekstur, warna, dan struktur. Tekstur tanah diklasifikasikan berdasarkan proporsi relatif dari tiga jenis partikel tanah, yang merupakan proporsi partikel pasir, lanau, dan tanah liat. Kerapatan tanah, terutama kerapatan curah, adalah ukuran pemadatan tanah. Kerapatan tanah adalah berat per satuan volume suatu benda. Kerapatan partikel tanah biasanya 2,6-2,7 gram/cm³. Kerapatan suatu tanah sama dengan massa kering tanah dibagi dengan volume tanah, yang meliputi bahan organik dan rongga di dalam tanah. Konsistensi tanah adalah bagian dari volume tanah yang ditempati oleh air dan gas. Fleksibilitas tanah adalah konsistensi tanah dan warna tanah yang dapat dilihat dari tanah itu sendiri. Properti mungkin bervariasi sepanjang kedalaman profil tanah [26]. Indeks properti tanah yang akan diuji yaitu:

1. Berat volume
2. Kadar air
3. Ukuran butiran
4. Jenis tanah.

Parameter-parameter tersebut akan diperoleh melalui uji indeks properti tanah yang nilainya akan dimasukkan kedalam *software* Geostudio SLOPE/W 2012 agar diperoleh nilai FoS.

2.10 GeoStudio SLOPE/W 2012

GeoStudio Office adalah sebuah paket aplikasi untuk pemodelan geoteknik dan geo-lingkungan. *Software* ini melingkupi SLOPE/W, SEEP/W, SIGMA/W, QUAKE/W, TEMP/W, dan CTRAN/W yang sifatnya terintegrasi sehingga memungkinkan untuk menggunakan hasil dari satu produk ke produk yang lain.



Gambar 2.7 Tampilan *software* Geostudio SLOPE/W 2012

Fitur ini cukup unik dan memberikan fleksibilitas untuk digunakan baik dikalangan akademisi maupun profesional dalam menyelesaikan berbagai macam permasalahan geoteknik dan geo-lingkungan seperti tanah longsor, pembangunan bendungan, penambangan dan lain-lainnya. SLOPE/W merupakan produk perangkat lunak untuk menghitung faktor keamanan tanah dan kemiringan batuan. SLOPE/W dapat dilakukan analisis masalah baik secara sederhana maupun kompleks dengan menggunakan salah satu dari delapan metode kesetimbangan batas untuk berbagai permukaan yang miring, kondisi tekan pori air, sifat tanah dan beban terkonsentrasi. Selain itu dapat juga digunakan elemen tekan pori air yang terbatas, tegangan statis atau tegangan dinamik pada analisis kestabilan lereng serta dapat juga dikombinasikan dengan analisis probabilistik [27]. *Software* Geostudio SLOPE/W 2012 sudah banyak diaplikasikan pada penelitian dan analisis kestabilan lereng, khususnya dengan menggunakan SLOPE/W dan SEEP/W. Pada penelitian ini analisis kestabilan lereng menggunakan SLOPE/W dengan memasukkan data indeks properti tanah dan parameter kuat geser tanah yang diperoleh dari uji triaksial.