BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Umum

Bukit atau lereng adalah lokasi yang kerap terjadinya longsor atau *fail*, terutama di musim hujan, yang dapat merugikan harta benda maupun korban jiwa dan menimbulkan kerusakan sarana dan prasarana lainnya. Di Indonesia khususnya Sumatera Utara kerap mengalami kejadian tanah longsor. Contohnya tanah longsor terjadi di jalur wisata Medan-Berastagi, Sumatera Utara (Sumut). Tanah longsor terjadi setelah hujan deras melanda di daerah jalur wisata Medan-Berastagi.

Di daerah beriklim tropis termasuk Indonesia, air hujan ke atas permukaan tanah memicu gerakan material yang ada di atas permukaan lereng. Material berupa tanah atau campuran tanah dan rombakan batuan akan bergerak ke arah bawah lereng dengan cara air meresap ke dalam celah pori batuan atau tanah, sehingga menambah beban material permukaan lereng dan menekan material tanah dan bongkahan-bongkahan perombakan batuan, selanjutnya memicu lepas dan bergeraknya material bersama-sama dengan air.

Longsor yang terjadi akibat bencana alam tersebut dapat diatasi dengan membuat stabilitas lereng, berikut adalah jenis-jenis lereng:

1. Lereng alam

   Terbentuk karena proses alam, misal: lereng suatu bukit
2. Lereng buatan tanah asli

   Lereng dibuat dari tanah asli dengan memotong tanah tersebut untuk pembuatan jalan atau saluran air untuk irigasi
3. Lereng buatan tanah yang dipadatkan

   Tanah dipadatkan untuk tanggul-tanggul jalan raya atau bendungan urugan tanah

Di Sumatera Utara, khususnya di jalur wisata Medan-Berastagi terjadi tanah longsor dan pohon tumbang di bulan November 2017. Peristiwa tersebut mengakibatkan kemacetan yang cukup panjang, baik dari Medan maupun menuju Berastagi. Lokasi longsor yang terjadi tepat berada di tikungan bandar baru dan di tikungan PDAM Tirtanadi.

1.2 Latar Belakang

Setiap mendirikan bangunan (konstruksi) pasti didirikan diatas tanah, jadi tanah

adalah satu hal yang wajib diperhatikan sebelum mendirikan bangunan diatasnya. Tanah terdiri dari 3 bagian yaitu, butiran tanah, air dan udara. Tanah memiliki karakteristik dan sifat-sifat yang berbeda dari satu lokasi dengan lokasi lainnya, sehingga diperlukan penanganan dan perlakuan khusus dalam mengatasi permasalahan yang mungkin terjadi dalam perencanaan suatu konstruksi bangunan sipil.

Kondisi geologis, topografi dan karakteristik tanah sangat mempengaruhi faktor keamanan dari suatu bangunan. Karena dengan kondisi tanah yang berbeda, serta dengan mendapatkan beban dari struktur diatasnya maka kestabilan tanah dapat terganggu. Secara garis besar beberapa persoalan tanah diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Hal keseimbangan atau stabilitas, untuk itu perlu diketahui mengenai:
   a. Beban atau muatan yang bekerja pada tanah
   b. Besar dan distribusi tekanan akibat muatan terhadap tanah
   c. Perlawanan dari tanah
2. Deformasi, dapat dalam keadaan plastis atau elastis sehubungan dengan hal tersebut perlu diketahui:
   a. Muatan yang bekerja (beban bekerja)
   b. Besar dan distribusi tekanan yang berpengaruh
   c. Besar dan perbedaan penurunan
3. Drainase, menyangkut hal deformasi dan stabilitas

Analisis stabilitas suatu lereng bukanlah merupakan suatu pekerjaan ringan. Bahkan untuk mengevaluasi variabel-variabel seperti lapisan-lapisan tanah dan parameter-parameter kekuatan geser tanah merupakan pekerjaan yang membosankan. Untuk itu diperlukan beberapa pembelajaran mengenai cara menganalisa stabilitas lereng, dan itu semua didasarkan pada beberapa pilihan metode-metode mengenai stabilitas lereng.

Faktor-faktor yang mempengaruhi kemantapan lereng ada beberapa, antara lain:

1. Geometri lereng
2. Struktur geologi
3. Kondisi air tanah
4. Sidat fisik
5. Mekanik batuan

6. Gaya-gaya yang bekerja pada lereng

1.3 Perumusan Masalah

Dengan melihat kondisi yang ada, dapat kita lihat permasalahan yang timbul adalah:

a. Faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi sehingga terjadinya longsor ?
b. Bagaimana model perencanaan sebuah lereng dengan menggunakanmetode Janbu dan program Slope ?

1.4 Batasan Masalah

Dalam membuat penelitian ini, peneliti harus memberi batas-batasan masalah untuk menghindari pembahasan yang terlalu luas dan untuk memberikan arah yang lebih baik serta memudahkan dalam penyelesaian masalah sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai. Maka analisis kestabilan lereng ini menggunakan Metode Janbu dan Program Slope.

1.5 Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari dilakukannya survei ini adalah:

a. Membuat desain yang aman dan ekonomis stabilitas lereng tersebut.
b. Menganalisis penyebab terjadinya longsoran dan cara memperbaikinya.
c. Mempelajari pengaruh gaya-gaya luar pada kestabilan lereng.
d. Merupakan dasar bagi rancangan ulang lereng setelah mengalami longsoran.

Manfaat yang dapat diperoleh adalah:

1. Sebagai pendekatan untuk memecahkan masalah kemungkinan longsor yang akan terjadi pada suatu lereng.
2. Memberikan pengetahuan untuk menetapkan metode perkuatan suatu lerengagar menjadi stabil dari hasil analisis yang telah dilakukan.
3. Mengetahui penyebab terjadinya longsoran pada suatu lereng.
4. Mengetahui pengaruh gaya-gaya luar yang bekerja pada suatu lereng.

1.6 Sistematika Penulisan

Secara garis besar sistematika yang penulis susun adalah sebagai berikut :

Bab I Pendahuluan

Merupakan bab pengantar penulisan secara umum memuat latar belakang masalah, rumusan masalah,batasan masalah, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

Bab II Kajian Pustaka

Merupakan tinjauan pustaka mengenai masalah analisis stabilisasi lereng dengan menggunakan metode janbu.

Bab III Metodologi Penelitian

Bab ini mengkaji dari sebuah contoh pemodelan, menentukan masalah, menganalisis masalah dan menentukan data-data yang dibutuhkan dan cara penyelesaian menggunakan metode janbu.

Bab IV Analisa dan Pembahasan

Membahas hasil analisis dengan metode dan aplikasi yang akan diteliti.

Bab V Kesimpulan dan Saran

Mengemukakan kesimpulan yang diperoleh dalam pembahasan terhadap contoh kasus yang ada disertai dengan saran-saran.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Lereng

Lereng adalah sebuah permukaan tanah yang terbuka, yang berdiri membentuk sudut tertentu terhadap sumbu horisontal, atau dapat dikatakan lereng adalah permukaan tanah yang memiliki dua elevasi yang berbeda dimana permukaan tanah tersebut membentuk sudut. Dari proses terbentuknya, sebuah lereng dapat terjadi secara alamiah dan buatan manusia. Yang dimaksud dengan lereng alamiah adalah lereng yang terbentuk karena proses alam tanpa campur tangan manusia, sedangkan lereng buatan adalah lereng yang dibentuk oleh manusia seperti lereng akibat sebuah galian

dan lereng akibat timbunan.

Gambar 2.1 Lereng

Perbedaan elevasi pada permukaan tanah seperti lereng dapat mengakibatkan pergerakan massa tanah dari bidang dengan elevasi yang tinggi menuju bidang dengan 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.

2.2 Kelongsoran Lereng

Permasalahan dari sebuah lereng adalah kelongsoran, definisi kelongsoran adalah luncuran atau gelinciran atau jaruhan dari massa batuan/tanah atau campuran keduanya dari elevasi yang lebih tinggi menuju elevasi yang lebih rendah. Kelongsoran sendiri terjadi karena pergerakan tanah untuk mencari keseimbangan atau kestabilan daya dukung tanah karena tanah terjadinya penambahan tegangan geser yang lebih besar dari kuat geser lereng tersebut.

Gambar 2.2 Kelongsoran Lereng

Longsoran merupakan bagian dari gerakan tanah, jenisnya terdiri atas :

- Jatuhan (*Fall*)

Jatuhan adalah massa batuan bergerak melalui udara dari posisi yang lebih tinggi menuju posisi yang lebih rendah. Massa yang jatuh terlepas dari lereng yang curam dan tidak ditahan oleh suatu geseran dengan material yang berbatasan. Umumnya terjadi pada massa tanah atau batuan yang mana permukaan bidang longsor tidak terbentuk.Pada jenis runtuhan batuan umumnya terjadi dengan sangat cepat dan ada kemungkinan didahului dengan gerakan awal. Tanah sering jatuh bila suatu material yang dapat tererosi dengan mudah terletak di bawah material yang lebih tahan erosi seperti suatu lapisan pasir halus atau lempung terletak di bawah lapisan lempung terkonsolidasi berlebih. Jenis kelongsoran ini dapat terjadi seketika pada saat gempa.

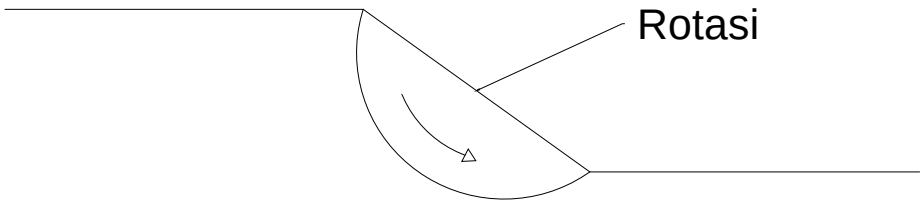
- Longsoran-longsoran gelinciran (*slides*)

Longsoran adalah gerakan yang disebabkanoleh keruntuhan melalui satu atau beberapa bidang yang dapat diamati ataupun diduga. Slides dibagi lagi menjadi dua jenis yaitu longsoran translasi dan longsoran rotasi. Longsoran gelinciran dengan susunan materialnya tidak banyak berubah, dan umumnya dipengaruhi gerak rotasional.Dalam kelongsoran rotasi, gerakan terdiri dari regangan geser dan perpindahan sepanjang satu atau beberapa permukaan.

Longsoran rotasi merupakan suatu longsoran yang membentuk bidang busur yang bergerak dari arah atas lereng secara rotasi hingga ke bagian kaki lereng. Dalam banyak kasus dari jeniskelongsoran ini, pada permukaannya berbentuk sendok dan gerakan

rotasi yang terjadi bergerak terhadap suatu sumbu yang sejajar dengan lereng.

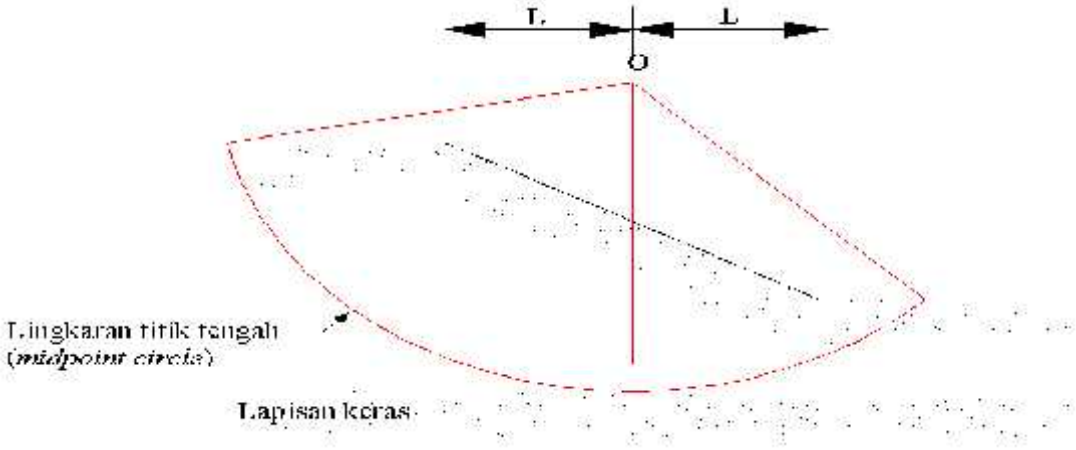
Kelongsoran rotasi terjadi pada permukaan kelengkungan yang halus dan umumnya terjadi pada jenis tanah yang homogen. Pada tipe kelongsoran lereng yang diakibatkan oleh pergerakan material tanah secara rotasi, terjadi pada tanah yang bersifat kohesi seperti tanah lempung dan lanau. Gaya kohesi tersebut yang berpengaruh terhadap gerakan rotasi ini karena jika tanah tersebut tidak memiliki koresi maka akan terjadi gerakan tanah yang lebih bersifat planar. Umumnya gerakan rotasi ini terjadi pada tanah yang memiliki butiran halus.



Gambar2.3 Kelongsoran Rotasi

Jenis-jenis kelongsoran rotasi yang sering terjadi :

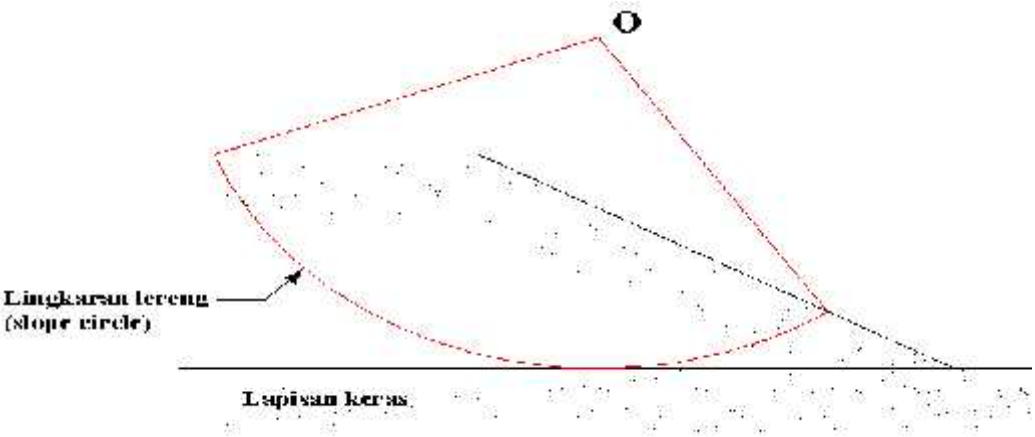
A . Kelongsoran dasar *(base slide)*



Gambar 2.4 longsor dasar

Gambar 2.4 menjelaskanKelongsoran yang bidang kelongsorannya membentuk bidang busur lingkaran pada seluruh bidang lereng. Pada umumnya terjadi karena adanya lapisan tanah lunak di atas tanah keras. Dikatakan kelongosoran dasar karena bidang kelongsoran yang terbentuk melewati bidang dasar dari lereng tersebut. Dan bidang kelongsorannya melebihi bidang lereng yang terbentuk.

B . Kelongsoran lereng *(slope slide)*

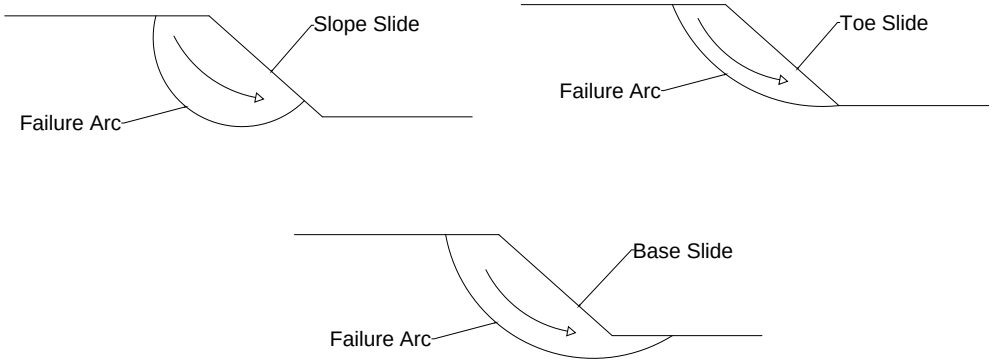


Gambar 2.5 kelongsoran lereng

Gambar 2.5 menjelaskan kelongsoran yang permukaan kelongsorannya sampai bidang lereng dan belum melewati ujung kaki lereng. Kelongsoran ini hanya terjadi dari bagian permukaan lereng hingga kaki lereng tanpa melewati dasar dari lereng tersebut.

C . Kelongsoran di ujung kaki lereng *(toe slide)*

Kelongsoran yang permukaan bidang kelongsorannya melalui ujung kaki lereng.



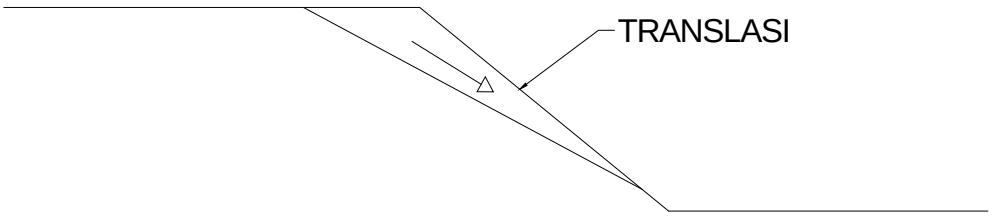
gambar 2..6 Jenis-Jenis Kelongsoran Rotasi

Jenis kelongsoran lainnya adalah kelongsoran dengan gerakan translasi. Gerakan ini umumnya terjadi pada lereng dengan permukaan lemah dan memiliki butiran tanah yang lebih kasar.

Dalam kelongsoran dengan gerakan translasi ini, massa tanah yang bergerak berlangsung turun dan keluar sepanjang permukaan yang kurang lebih memiliki bentuk planar atau lembut bergelombang dan memiliki sedikit gerakan rotasi tetapi gerakan rotasi tersebut tidak dalam dan tidak dominan. Gerakan kelongsoran secara translasi di mana massa bergerak umumnya terjadi pada tanah yang tidak homogen, karena umumnya terjadi kelongsorandimana suatu jenis tanah yang lebih lemah terletak diatas jenis tanah yang lebih kuat.

Gerakan slide translasi umumnya dikendalikan oleh permukaan struktural lemah, Pergerakan translasi juga dapat terjadi dalam suatu massa tanah homogen. Secara khusus, bahan granular seperti pasir dan kerikil lebih memiliki sifat kelongsoran secara translasi, hal ini diakibatkan karena tanah jenis ini memiliki nilai kohesi yang sangat rendah.

Analisis kemiringan lereng yang tak terbatas sering mewakili dari kegagalan tersebut karena asumsi dari analisa ini adalah bidang kelongsoran terjadi secara paralel dengan bidang kemiringan lereng. Dengan rasio kecil dari jenis analisis ini sering tepat karena umumnya dengan skala yang lebih kecil runtuhan translasi lebih sering terjadi.



Gambar 2.7 Kelongsoran Translasi

- Aliran (flow) 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.Jenis tanah longsor ini terjadi ketika massa tanah bergerak didorong oleh air. Kecepatan aliran tergantung pada kemiringan lereng, volume dan tekanan air, dan jenis materialnya karena jenis material tanah tersebut akan mempengaruhi nilai permeabilitas yang mana akan mempengaruhi aliran air yang bergerak tersebut.

❖ Longsoran majemuk (*complex landslide*) adalah gabungan dari dua atau tiga jenis gerakan di atas. Pada umumnya longsoran majemuk terjadi di alam, tetapi biasanya ada salah satu jenis gerakan yang menonjol atau lebih dominan.

❖ Rayapan (*creep*) adalah gerakan yang dapat dibedakan dalam hal kecepatan gerakannya yang secara alami biasanya lambat.

❖ Gerak horisontal / bentangan lateral (lateral spread), merupakan jenis longsoran yang dipengaruhi oleh pergerakan bentangan material batuan secara horisontal.

a. Curah Hujan/iklim

Curah hujan sebagai salah satu komponen iklim, akan mempengaruhikadar air (water content; w, %) dan kejenuhan air (Saturation; Sr, %).Hujan dapat meningkatkan kadar air dalam tanah dan lebihjauh akan menyebabkan kondisi fisik tubuh lereng berubah-ubah.

Kenaikankadar air tanah akan memperlemah sifat fisik-mekanik tanah (mempengaruhikondisi internal tubuh lereng) dan menurunkan Faktor Kemanan lereng(Brunsden & Prior, 1984; Bowles, 1989; Hirnawan & Zufialdi, 1993).Kondisi lingkungan geologi fisik sangat berperan dalam kejadiangerakan

tanah selain kurangnya kepedulian masyarakat karena kurang informasiataupun karena semakin merebaknya pengembangan wilayah yang mengambiltempat di daerah yang mempunyai masalah lereng rawan longsor.

b. Ketidakseimbangan Beban di Puncak dan di Kaki Lereng

Beban tambahan di tubuh lereng bagian atas (puncak) mengikutsertakan peranan aktifitas manusia. Pendirian atau peletakan bangunan, terutama memandang aspek estetika belaka, misalnya dengan membuat perumahan (real estate) atau bangunan lain di tepi-tepi lereng atau di puncak-puncak bukit merupakan tindakan ceroboh yang dapat mengakibatkan longsor.

Kondisi tersebut menyebabkan berubahnya keseimbangan tekanan dalam tubuh lereng. Sejalan dengan kenaikan beban di puncak lereng, maka keamanan lereng akan menurun. Pengurangan beban di daerah kaki lereng berdampak menurunkan faktor keamanan.

Makin besar pengurangan beban di kaki lereng, makin besar pula penurunan faktor keamanan lerengnya, sehingga lereng makin labil atau makin rawan longsor. Aktivitas manusia berperan dalam kondisi seperti ini. Pengurangan beban di kaki lereng diantaranya oleh aktivitas penambangan bahan galian, pemangkasan (*cut*) kaki lereng untuk perumahan, jalan dan lainlain, atau erosi (Hirnawan, 1993).

c. Vegetasi

Hilangnya tumbuhan penutup, dapat menyebabkan alur-alur pada beberapa daerah tertentu. Penghanyutan makin meningkat dan akhirnya terjadilah longsor (Pangular, 1985). Dalam kondisi tersebut berperan pula faktor erosi. Letak atau posisi penutup tanaman keras dan kerapatannya mempengaruhi faktor keamanan lereng.

Penanaman vegetasi tanaman keras di kaki lereng akan memperkuat kestabilan lereng, sebaliknya penanaman tanaman keras di puncak lereng justru akan menurunkan faktor keamanan lereng sehingga memperlemah kestabilan lereng (Hirnawan, 1993). Penyebab lain dari kejadian longsor adalah gangguan internal yang datang dari dalam tubuh lereng sendiri terutama karenaikutsertanya peranan air dalam tubuh lereng.

d. Naik Turunnya Muka Air tanah

Kehadiran air tanah dalam tubuh lereng biasanya menjadi masalah bagikestabilan lereng. Kondisi ini tak lepas dari pengaruh luar, yaitu iklim (diwakilioleh curah hujan) yang dapat meningkatkan kadar air tanah, derajat kejenuhan,atau muka airtanah.

Kehadiran air tanah akan menurunkan sifat fisik danmekanik tanah. Kenaikan muka air tanah meningkatkan tekanan pori (m) yangberarti memperkecil ketahanan geser dari massa lereng, terutama pada materialtanah . Kenaikan muka air tanah juga memperbesar debit air tanah danmeningkatkan erosi di bawah permukaan (piping atau *subaqueous erosion*).Akibatnya lebih banyak fraksi halus (lanau) dari masa tanah yang dihanyutkan,ketahanan massa tanah akan menurun (Bell, 1984, dalam Hirnawan, 1993).

e. Lereng Terjal

Lereng atau tebing yang terjal akan memperbesar gaya pendorong. Lereng yang terjal terbentuk karena pengikisan air sungai, mata air, air laut, dan angin. Kebanyakan sudut lereng yang menyebabkan longsor adalah 180 apabila ujung lerengnya terjal dan bidang longsorannya mendatar.

f. Tanah yang kurang padat dan tebal

Jenis tanah yang kurang padat adalah tanah lempung atau tanah liat dengan ketebalan lebih dari 2,5 m dan sudut lereng lebih dari 220. Tanah jenis ini memiliki potensi untuk terjadinya tanah longsor terutama bila terjadi hujan. Selain itu tanah ini sangat rentan terhadap pergerakan tanah karena menjadi lembek terkena air dan pecah ketika hawa terlalu panas.

g. Batuan yang kurang kuat

Batuan endapan gunung api dan batuan sedimen berukuran pasir dan campuran antara kerikil, pasir, dan lempung umumnya kurang kuat. Batuan tersebut akan mudah menjadi tanah bila mengalami proses pelapukan dan umumnya rentan terhadap tanah longsor bila terdapat pada lereng yang terjal.

h. Jenis tata lahan

Tanah longsor banyak terjadi di daerah tata lahan persawahan, perladangan, dan adanya genangan air di lereng yang terjal. Pada lahan

persawahan akarnya kurang kuat untuk mengikat butir tanah dan membuat tanah menjadi lembek dan jenuh dengan air sehingga mudah terjadi longsor. Sedangkan untuk daerah perladangan penyebabnya adalah karena akar pohonnya tidak dapat menembus bidang longsoran yang dalam dan umumnya terjadi di daerah longsoran lama.

i. Getaran

Getaran yang terjadi biasanya diakibatkan oleh gempabumi, ledakan, getaran mesin, dan getaran lalulintas kendaraan. Akibat yang ditimbulkannya adalah tanah, badan jalan, lantai, dan dinding rumah menjadi retak.

Kestabilan lereng merupakan suatu faktor yang sangat penting dalam pekerjaan yang berhubungan dengan penggalian dan penimbunan tanah, batuan dan bahan galian, karena menyangkut persoalan keselamatan manusia (pekerja), keamanan peralatan serta kelancaran produksi. Keadaan ini berhubungan dengan terdapat dalam bermacam-macam jenis pekerjaan, misalnya pada pembuatan jalan, bendungan, penggalian kanal, penggalian untuk konstruksi, penambangan dan lain-lain.

Sedangkan tanah atau batuan sendiri mempunyai sifat-sifat fisik asli tertentu, seperti sudut geser dalam (*angle of internal friction*), gaya kohesi dan berat isi yang juga sangat berperan dalam menentukan kekuatan tanah dan yang juga mempengaruhi kemantapan lereng. Oleh karena itu dalam usaha untuk melakukan analisis kestabilan lereng harus diketahui dengan pasti sistem tegangan yang bekerja pada tanah atau batuan dan juga sifat-sifat fisik aslinya.

Dengan pengetahuan dan data tersebut kemudian dapat dilakukan analisis kelakuan tanah atau batuan tersebut jika digali atau “diganggu”. Setelah itu, bisa ditentukan geometri lereng yang diperbolehkan atau mengaplikasi cara-cara lain yang dapat membantu lereng tersebut menjadi stabil dan mantap.

Nilai suatu stabilitas lereng dinyatakan dalam Faktor keamanan. Faktor keamanan sendiri adalah rasio perbandingan kuat geser (*shearstrength*) dengan tegangan geser (*shearstress*).

$$FS = \frac{Shear\ Strength}{Shear\ Stress}$$

Kuat geser tanah adalah kemampuan tanah melawan tegangan geser yang terjadi pada saat terbebani. Keruntuhan geser *(Shear failure)* tanah terjadi bukan disebabkan karena hancurnya butir-butir tanah tersebut tetapi karena adanya gerak relatif antara butir-butir tanah tersebut. Pada peristiwa kelongsoran suatu lereng berarti telah terjadi pergeseran dalam butir-butir tanah tersebut. Kekuatan geser yang dimiliki oleh suatu tanah disebabkan oleh :

- Pada tanah berbutir halus (kohesif) ,misalnya lempung kekuatan geser yang dimiliki tanah disebabkan karena adanya kohesi atau lekatan antara butir-butir tanah (c soil).
- Pada tanah berbutir kasar (non kohesif), kekuatan geser disebabkan karena adanya gesekan antara butir-butir tanah sehingga sering disebut sudut gesek dalam (φ soil).
- Pada tanah yang merupakan campuran antara tanah halus dan tanah kasar (c dan φ soil), kekuatan geser disebabkan karena adanya lekatan (karena kohesi) dan gesekan antara butir-butir tanah (karena φ).

Kuat geser tanah dipengaruhi oleh dua parameter tanah yaitu nilai kohesi dan friksi dari tanah tersebut. Kuat geser tanah dinyatakan dalam rumus :

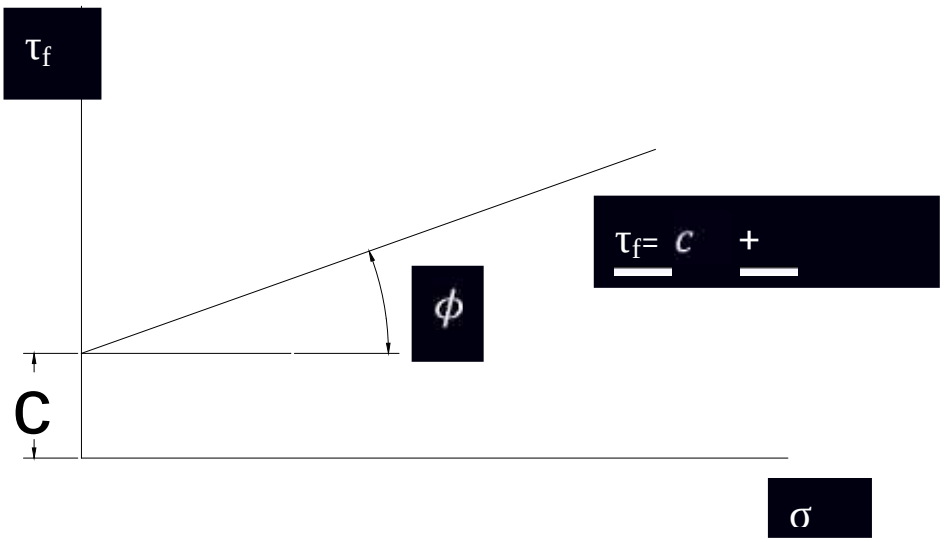
$$\tau_f = c + \sigma \tan \phi$$

Dimana : τ_f = kuat geser

c = kohesi

σ = gaya normal pada bidang kelongsoran

ϕ= sudut geser tanah



Gambar 2.8 Teori Mohr Coulomb

Rumus kuat geser tanah juga berlaku untuk tekanan geser tanah, menjadi :

$$\tau_f = c_d + \sigma \tan \phi_d$$

Dimana : τ_f = tekanan geser

c_d = kohesi

σ = gaya normal pada bidang kelongsoran

ϕ_d = sudut geser tanah

Dari kedua rumus diatas disubstitusikan,maka didapat

$$FS = \frac{c + \sigma \tan \phi}{c_d + \sigma \tan \phi_d}$$

Dari persamaan ini dapat kita bagi menjadi 2 didapatkan rumus lain untuk menghitung nilai faktor keamanan berdasarkan nilai kohesi dan pengaruh friksi.

$$F_c = \frac{c}{c_d}$$

dan

$$F_{\phi} = \frac{tan\ \phi}{tan\ \phi_d}$$

2.3 Parameter Tanah/Batuan

Untuk analisis stabilitas lereng diperlukan parameter tanah/batuan :

1. Kuat geser

Kuat geser terdiri dari kohesi (*c*) dan sudut geser dalam (φ). Untuk analisisstabilitas lereng untuk jangka panjang digunakan harga kuat geser efektifmaksimum (*c'* , φ'). Untuk lereng yang sudah mengalami gerakan ataumaterial pembentuk lereng yang mempunyai diskontinuitas tinggi digunakanharga kuat geser sisa (*cr = 0*; φ*r*).

2. Berat Isi

Berat isi diperlukan untuk perhitungan beban guna analisis stabilitas lereng.Berat isi dibedakan menjadi berat isi asli, berat isi jenuh, dan berat isiterendam air yang penggunaannya tergantung kondisi lapangan.Salah satu penerapan pengetahuan mengenai kekuatan geser tanah/batuanadalah untuk analisis stabilitas lereng.Keruntuhan geser pada tanah atau batuanterjadi akibat gerak relatif antarbutirnya. Oleh sebab itu kekuatannya tergantungpada gaya yang bekerja antarbutirnya. Dengan demikian dapat dikatakan bahwakekuatan geser terdiri atas :Bagian yang bersifat kohesif, tergantung pada macam tanah/batuan dan ikatanbutirnya.Bagian yang bersifat gesekan, yang sebanding dengan tegangan efektif yangbekerja pada bidang geser.

Kekuatan geser tanah dapat dinyatakan dengan rumus :

$S = C' + (\tau - \mu)\ tan\ \varphi$ (2.1)

dimana :

S = kekuatan geser

τ = tegangan total pada bidang geser

μ = tegangan air pori

C'= kohesi efektif

φ = sudut geser dalam efektif

Analisis stabilitas lereng pada dasarnya dapat ditinjau sebagai mekanismegerak suatu benda yang terletak pada bidang miring. Benda akan tetap padaposisinya jika

gaya penahan *R* yang terbentuk oleh gaya geser antara benda danpermukaan lereng lebih besar dibandingkan dengan gaya gelincir T dari bendaakibat gaya gravitasi.Sebaliknya benda akan tergelincir jika gaya penahan *R* lebihkecil dibanding dengan gaya gelincir *T*. Secara skematik terlihat pada Gambar(2.4). Secara matematis stabilitas lereng dapat diformulasikan sebagai :

FK = R/T

dimana FK = faktor keamanan

R = gaya penahan

T = gaya yang menyebabkan gelincir

Jika FK < 1 benda akan bergerak

FK = 1 benda dalam keadaan seimbang

FK > 1 benda akan diam

2.4 Faktor-Faktor yang Menyebabkan Longsor

1. Faktor Alam

- Iklim: curah hujan yang tinggi
- Keadaan topografi: lereng yang curam
- Keadaan air: kondisi drainase yang tersumbat, akumulasi massa air, erosi dalam, pelarutan dan tekanan hidrostatika.
- Kondisi geologi: batuan lapuk, kemiringan lapisan, sisipan batu lempung, struktur sesar dan kekar, gempa bumi, stratigrafi, dan gunung berapi.
- Tutup lahan yang mengurangi tahan geser, misalnya tanah kritis.
- Getaran yang diakibatkan oleh gempa bumi, ledakan, getaran mesin, dan getaran lalu lintas kendaraan.

2. Faktor Manusia

- Penimbulan tanah urugan di daerah lereng.
- Kegagalan struktur dinding penahan tanah.
- Pemotongan tebing pada penambangan batu di lereng yang terjal.
- Penggundulan hutan.
- Budidaya kolam ikan diatas lereng.
- Sistem pertanian yang tidak memperhatikan irigasi yang aman.
- Pengembangan wilayah yang tidak di imbangi dengan kesadaran dari

masyarakat, sehingga RUTR tidak ditaati yang akhirnya merugikan sendiri.

- Sistem drainase daerah lereng yang tidak baik.

2.5 Angka Keamanan (*Safety Factor*)

Mengingat lereng terbentuk oleh banyaknya variabel dan banyaknya faktorketidakpastian antara lain parameter-parameter tanah seperti kuat geser tanah,kondisi tekanan air pori maka dalam menganalisis selalu dilakukanpenyederhanaan dengan berbagai asumsi. Secara teoritis massa yang bergerakdapat dihentikan dengan meningkatkan kekuatan gesernya.

Hal yang perlu dipertimbangkan dalam penentuan kriteria faktorkeamanan adalah resiko yang dihadapi, kondisi beban dan parameter yangdigunakan dalam melakukan analisis stabilitas lereng. Resiko yang dihadapidibagi menjadi tiga yaitu : tinggi, menengah dan rendah. Tugas seorang *engineer*meneliti stabilitas lereng untuk menentukan faktor keamanannya. Secara umum,faktor keamanan dapat dijelaskan sebagai berikut :

$$FK = \tau f / \tau d$$

dimana :

FK = angka keamanan terhadap kekuatan tanah.

τf = kekuatan geser rata-rata dari tanah.

τd = Tegangan geser rata-rata yang bekerja sepanjang bidang longsor.

Kekuatan geser suatu lahan terdiri dari dua komponen, friksi dan kohesi, dandapat ditulis,

$$\tau f = c + \sigma \tan \varphi$$

Dimana :

c = kohesi tanah penahan

φ = sudut geser penahan

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

2.6Metode Janbu

` Metode ini digunakan untuk menganalisislereng yang bidang longsornya tidak berbentukbusur lingkaran. Bidang longsor pada analisismetode Janbu ditentukan berdasarkan zonalemah yang terdapat pada massa batuan atautanah. Cara lain yaitu dengan mengasumsikansuatu faktor keamanan tertentu yang tidakterlalu

rendahkemudian melakukanperhitungan beberapa kali untuk mendapatkanbidang longsor yang memiliki faktor keamananterendah.

2.6.1 Faktor Keamanan

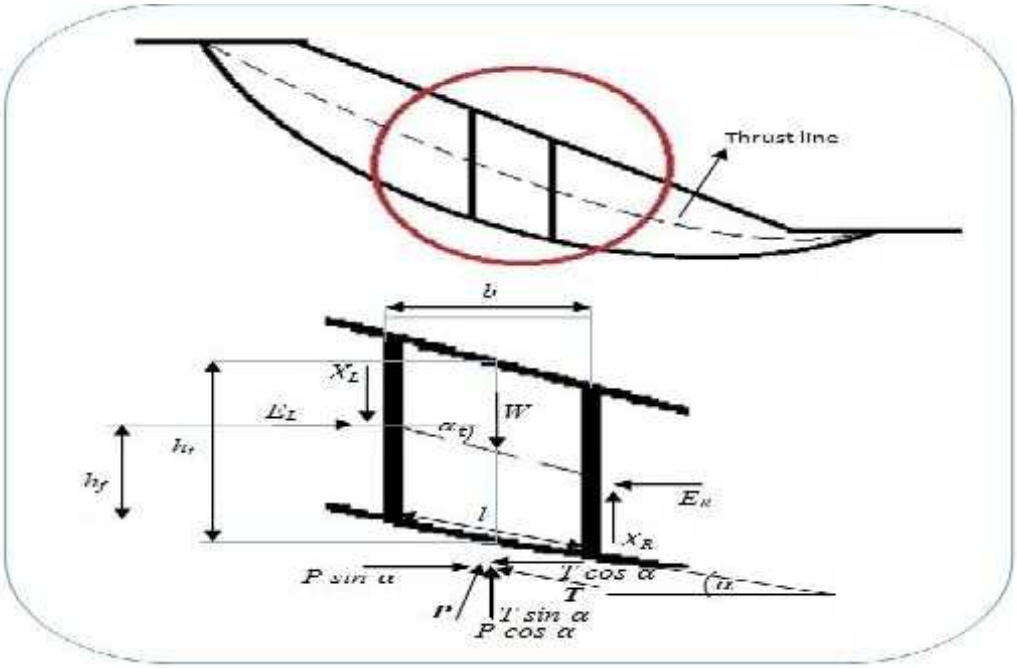
Umumnya faktor keamanan didefinisikan sebagai (Anderson dan Richard, 1987)

F = gaya penahan longsor/gaya penyebab longsor

2.6 2 Rumus Dasar Metode Janbu.

Janbu merumuskan persamaan umum keseimbangan dengan menyelesaikan secaravertikal dan sejajar pada dasar tiap-tiap irisan. Dengan memperhitungkanseluruhkeseimbangan gaya maka rumus untuk faktor keamanan Fkdiperoleh sebagai berikut (Anderson dan Richards, 1987).

$$\mathbf{Fk} = \frac{\sum(c'1 + (P - ul\ )\tan^{-}{}'\ )\sec\sim}{\sum(\ W - (XR - XL)\ )\tan\sim}$$



Notasi :

W = Berat total pada irisan

EL = Gaya antar irisan yang bekerja secara horisontal pada penampang kiri

ER = Gaya antar irisan yang bekerja secara horisontal pada penampang kanan

XL = Gaya antar irisan yang bekerja secara vertikal pada penampang kiri

XR = Gaya antar irisan yang bekerja secara vertikal pada penampang kanan

P = Gaya normal total pada irisan

T = Gaya geser pada dasar irisan

ht = Tinggi rata-rata dari irisan

hf = Asumsi letak thrust line

b = Lebar dari irisan

l = Panjang dari irisan

α= Kemiringan lereng

αt = Sudut thrust line

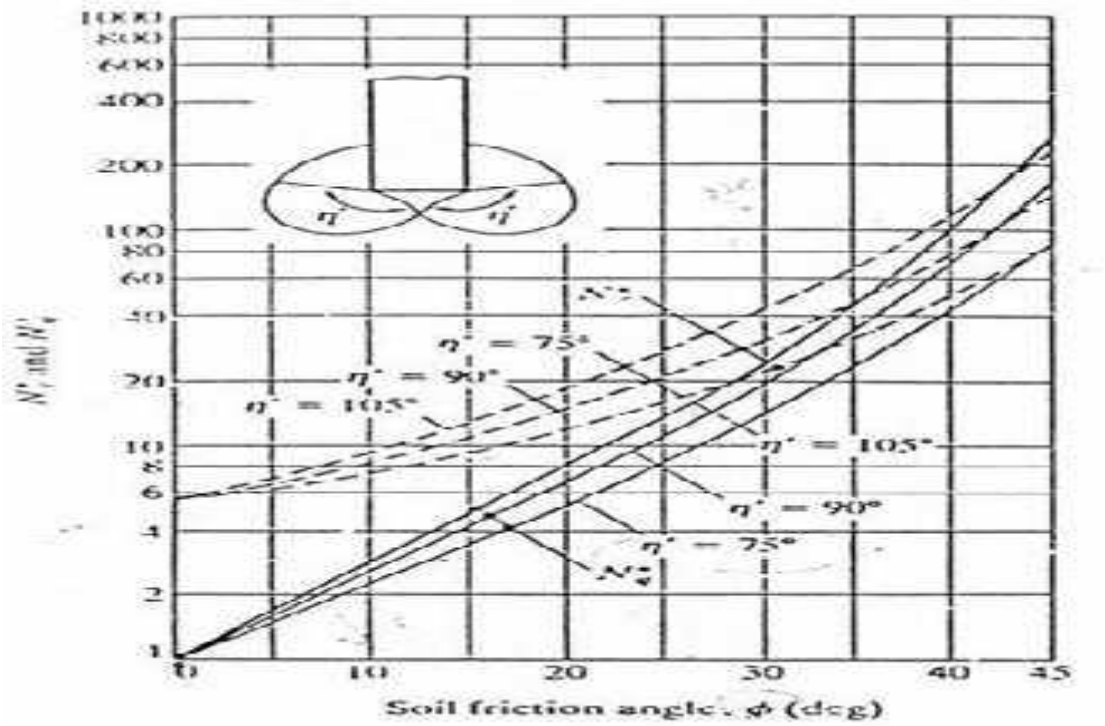
Untuk jenis tanah berbutir kasar metode Janbumempunyai rumus :

Qp = Ap (c · Nc'+ q'· Nq')

Dimana :

c = Kohesi tanah (kN/m2)

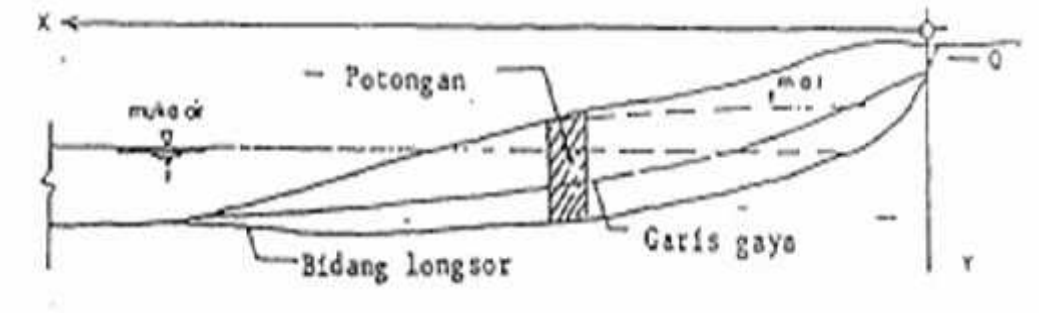
Nc'.Nq' = Faktor daya dukung ujung tiang berdasarkan tabel Janbu



Gambar 2.9 Faktor daya dukung ijin dengan sudut geser dalam

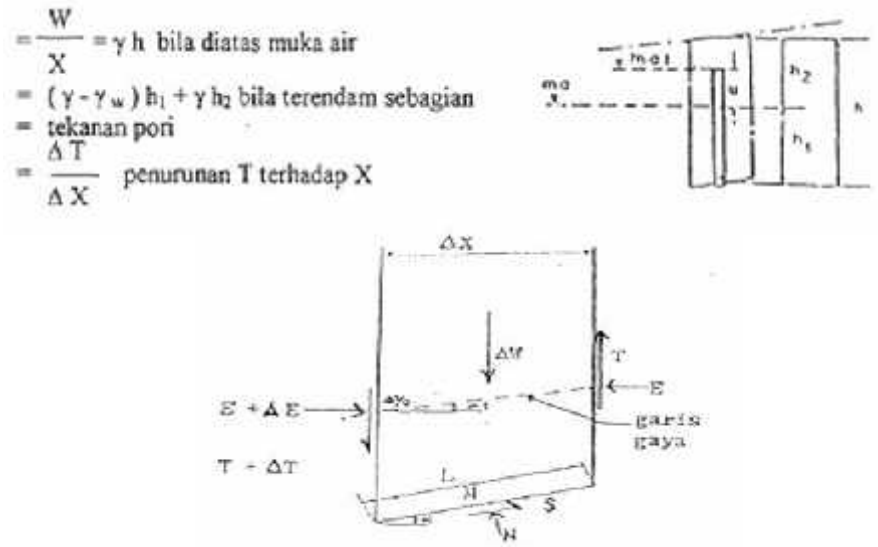
Janbu (1954) mengembangkan suatu cara analisa kemantapan lereng yang dapat

diterapkan untuk semua bentuk bidang longsor.



Gambar 2.10 Analisa Kemantapan Lereng Janbu

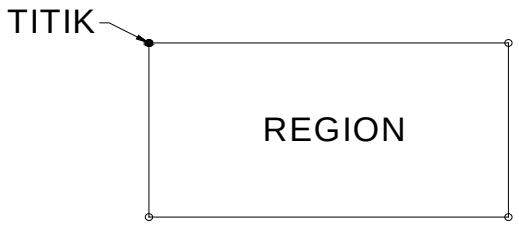
Metode Janbu Pada tahun 1954 Janbu membuat suatu metode analisa yangdapat digunakan pada permukaan longsor yang berbentuk circular dan non circular. Rumus-rumus dasar telah dikembangkan untuk menganalisa daya dukung dan masalah tekanan tanah oleh Janbu 1957.



Gambar 2.11 Sistem gaya pada suatu elemen menurut cara janbu

2.7 GEOSTUDIO (*SLOPE)*

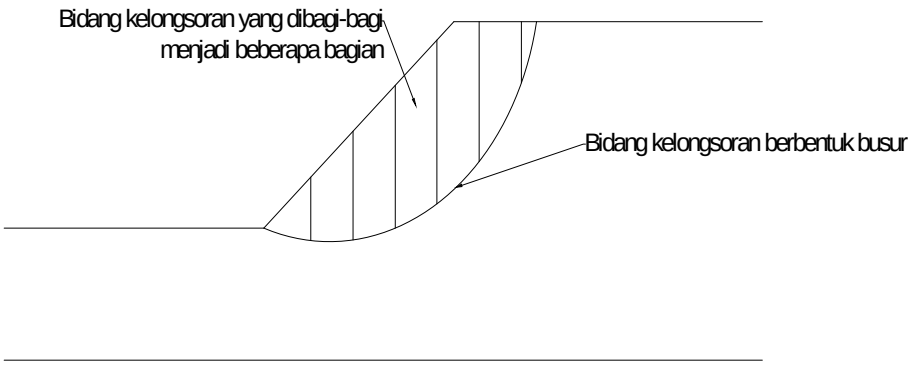
Geostudio merupakan *software* di bidang geoteknik yang dikembangkan dari Kanada. Dalam penelitian ini program ini dipakai untuk menganalisa stabilitas lereng. Dalam pemodelan lereng di program ini dibentuk berdasarkan 2 komponen yaitu titik dan *region*. Titik mewakili sebuah acuan untuk pembuatan geometri untuk membentuk suatu bidang, dan region merupakan bidang untuk mewakili suatu material lapisan material tanah.



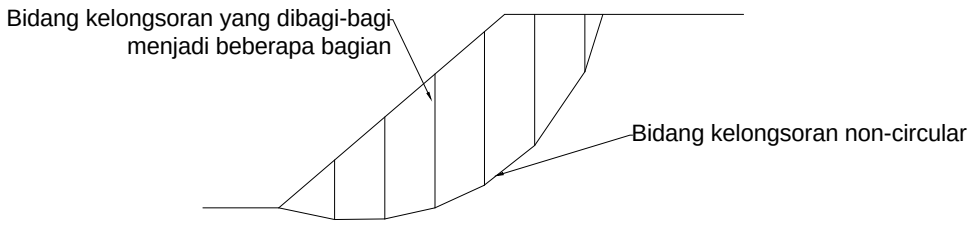
Gambar 2.12 Titik dan Region pada Geostudio

Dalam menganalisa stabilitas lereng pada program ini kita menggunakan *SlopeW*, adapun metode yang digunakan di dalam program ini adalah Metode*janbu*.

Metode *Limit janbu* adalah metode yang menggunakan prinsip kesetimbangan gaya, metode ini juga dikenal dengan metode irisan karena bidang kelongsoran dari lereng tersebut dibagi menjadi beberapa bagian. Dalam Metode *janbu* terdapat dua asumsi bidang kelongsoran yaitu bidang kelongsorannya yang diasumsikan berbentuk *circular* dan bidang kelongsoran yang diasumsikan berbentuk *non-circular*. Pada metode kesetimbangan batas dengan asumsi bidang kelongsoran berbentuk *circular*.



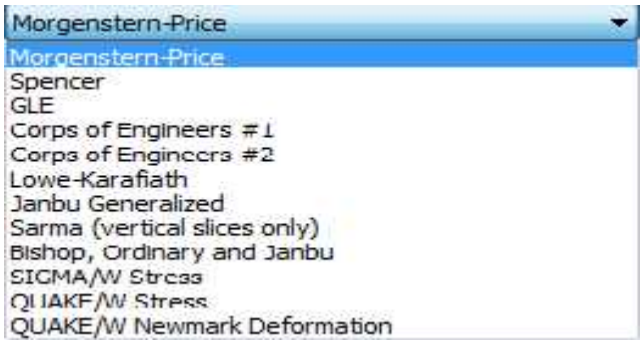
Gambar 2.13 Metode *Limit janbu Circular*



,

Gambar 2.14 Metode*janbu Non-Circular*

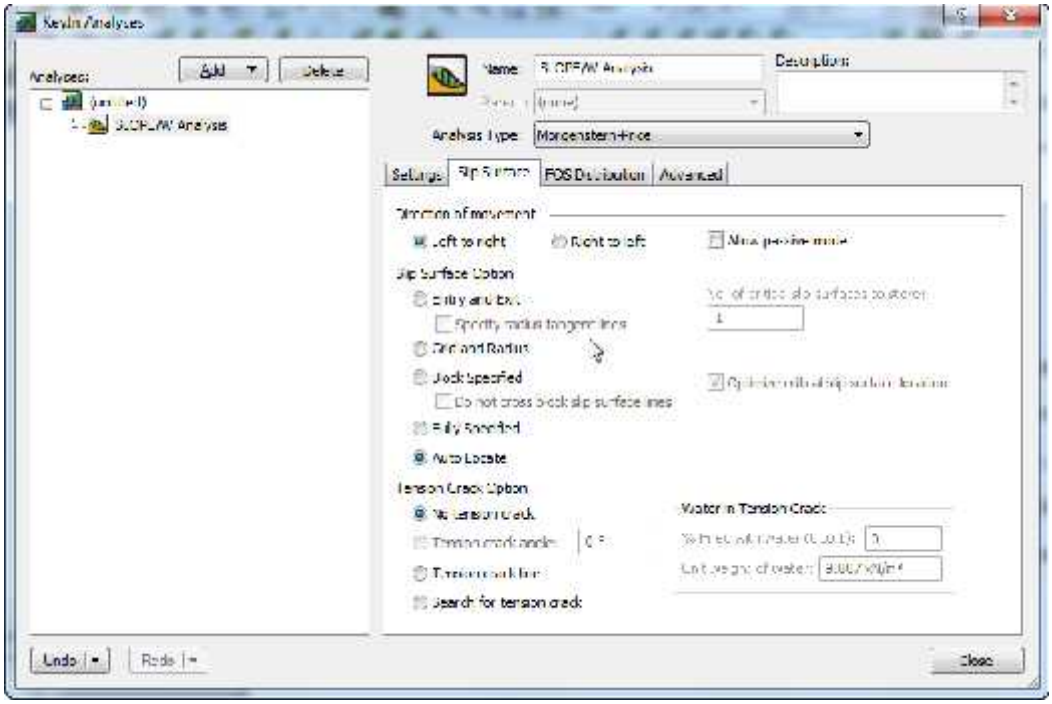
Dalam program ini terdapat beberapa Metode *Limit janbu*yang sudah cukup dikenal. Pemilihan metode yang akan di gunakan, dipilih pada awal pembuatan dokumen.



Gambar 2.15 Pemilihan Metode di dalam *Slope/W*

Dalam penelitian ini metode yang dipakai adalah Janbu sehingga pembahasan teori dasar dari metode yang dipakai hanya sebatas yang dipakai dalam penelitian ini.

Secara manual perhitungan menggunakan metode janbu dimulai dengan menentukan sebuah titik yang akan digunakan sebagai titik pusat untuk mengasumsikan bidang kelongsoran dan titik pusat itu juga sebagai pusat dari gaya moment yang diasumsikan bekerja disepanjang bidang kelongsoran. Dalam Geostudio pemilihan titik pusat bidang momen dapat kita asumsikan posisinya ataupun secara otomatis dapat dicari titik minimumnya.



Gambar 2.16 Pemilihan Titik Pusat Momen secara Manual atau Otomatis

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di daerah Bandar Baru,tepatnya di kecamatan Bandar Baru jalan Jamnin Ginting, Kabupaten Deli Serdang.Sebuah wilayahyang lokasinya diperbukitan yang menghubungkan Medan dengan Berastagi.

3.1.1 Peta Lokasi Penelitian

Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian (Bandar Baru)

3.2 Sumber Data

Jenis data yang diperlukan ialah data Primer berupa data sondir yang diperoleh dari lapangan.

Untuk menganalisa data-data yang telah diambil daril lapangan ,kemudian contoh tanah tersebut diteliti dilaboratorium. Melalui uji karakteristik tanah untuktanah yangterganggu dan melalui uji triaxial untuktanah yang tidak terganggu dan juga untukmendapatkan beratisi tanah (γ), sudut geser dalam (ϕ) dan kohesi (c).

3.2.1 Data Sondir

Data Sondir 1 :

Kedalaman m	Cw Cone Resistance kg/cm²	Tw Total Reistance kg/cm²	Kw Skin Friction kg/cm²	q_c kg/cm²	f_s kg/cm²	f_s x 20 cm kg/cm	T_f kg/cm²	R_r %	Jenis Tanah
0,0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	-
0,2	2	4	2	4	0,27	5,33	5,33	6,67	clay
0,4	7	10	3	14	0,40	8,00	13,33	2,86	silty clays
0,6	40	46	6	80	0,80	16,00	29,33	1,00	sands
0,8	47	53	6	94	0,80	16,00	45,33	0,85	sands
1,0	62	68	6	124	0,80	16,00	61,33	0,65	sands
1,2	95	103	8	190	1,07	21,33	82,67	0,56	sands
1,4	167	176	9	334	1,20	24,00	106,67	0,36	sands
1,6	208	218	10	416	1,33	26,67	133,33	0,32	sands

Data Sondir 2 :

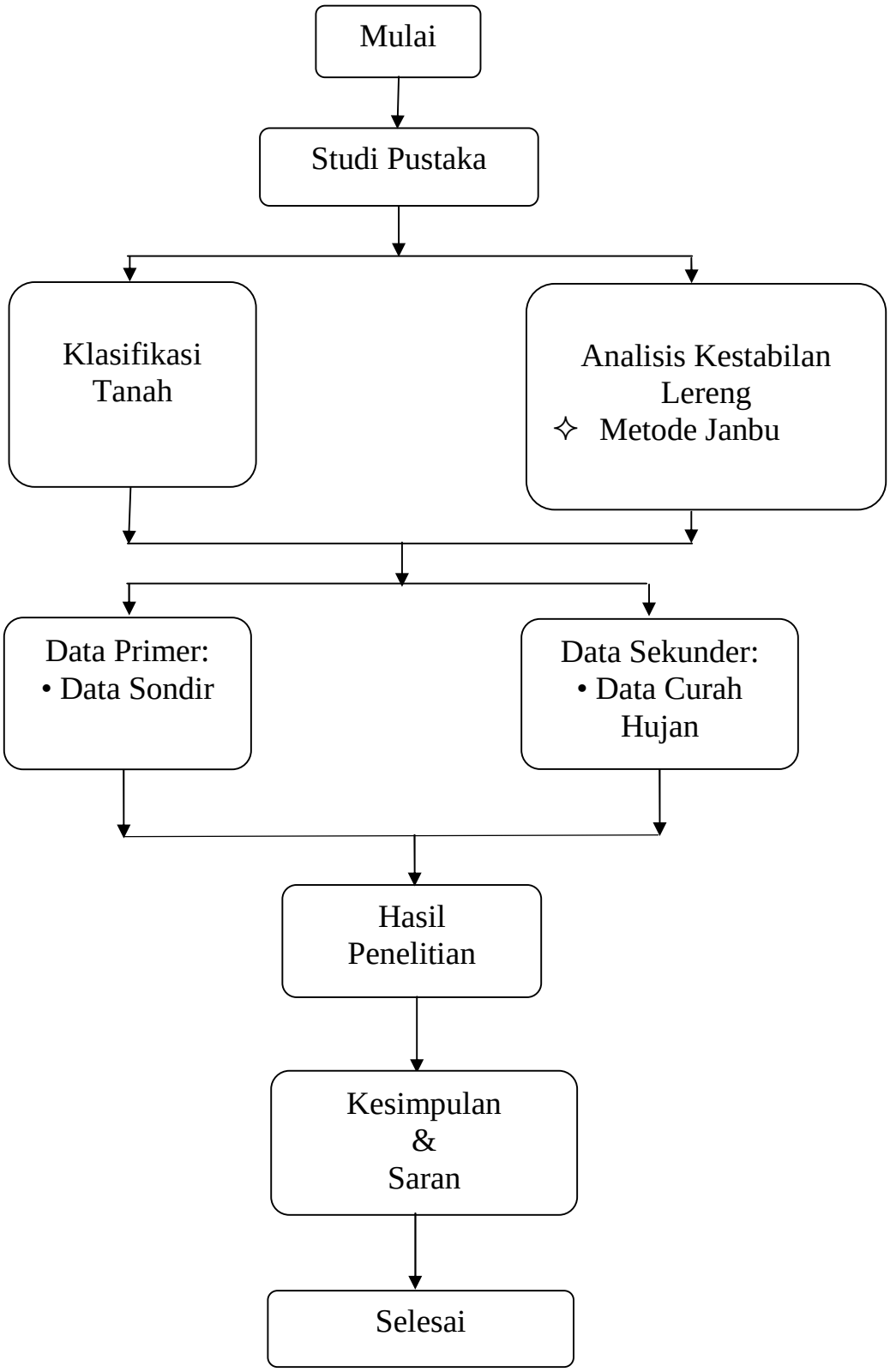
Kedalaman	Cw Cone Resistance	Tw Total Reistance	Kw Skin Friction	q_c	f_s	f_s x 20 cm	T_f	R_r	Jenis Tanah
m	kg/cm^2	kg/cm^2	kg/cm^2	kg/cm^2	kg/cm^2	kg/cm	kg/cm^2	%	
0,0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	-
0,2	2	4	2	4	0,27	5,33	5,33	6,67	clay
0,4	5	8	3	10	0,40	8,00	13,33	4,00	silty sands
0,6	43	49	6	86	0,80	16,00	29,33	0,93	sands
0,8	51	57	6	102	0,80	16,00	45,33	0,78	sands
1,0	103	111	8	206	1,07	21,33	66,67	0,52	sands
1,2	155	164	9	310	1,20	24,00	90,67	0,39	sands
1,4	207	217	10	414	1,33	26,67	117,33	0,32	sands

Data Sondir 3:

Kedalaman	Cw Conc Resistance	Tw Total Reistance	Kw Skin Friction	q_c	f_s	f_s x 20 cm	T_f	R_f	Jenis Tanah
m	kg/cm^2	kg/cm^2	kg/cm^2	kg/cm^2	kg/cm^2	kg/cm	kg/cm^2	%	
0,0	0	0	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	-
0,2	3	5	2	6	0,27	5,33	5,33	4,44	clay
0,4	7	10	3	14	0,40	8,00	13,33	2,86	silty clays
0,6	36	41	5	72	0,67	13,33	26,67	0,93	sands
0,8	64	69	5	128	0,67	13,33	40,00	0,52	sands
1,0	70	77	7	140	0,93	18,67	58,67	0,67	sands
1,2	53	59	6	106	0,80	16,00	74,67	0,75	sands
1,4	57	63	6	114	0,80	16,00	90,67	0,70	sands
1,6	96	104	8	192	1,07	21,33	112,00	0,56	sands
1,8	123	131	8	246	1,07	21,33	133,33	0,43	sands
2,0	145	154	9	290	1,20	24,00	157,33	0,41	sands
2,2	206	216	10	412	1,33	26,67	184,00	0,32	sands

3.2.2 TABEL PARAMETER TANAH

Mohr-Coulomb

ID	Name	Type	γ_{unsat} [kN/m^3]	γ_{sat} [kN/m^3]	k_x [m/day]	k_y [m/day]	ν [-]	E_{ref} [kN/m^2]	c_{ref} [kN/m^2]	φ [°]	ψ [°]	E_{incr} [kN/m^3]	c_{incr} [kN/m^3]	y_{ref} [m]	T-Strength [kN/m^2]	R_{inter} [-]
1	Bronjong	Drained	21,0	21,0	1,0000	1,0000	0,40	1,8E5	5,0	45,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,00
2	Timbunan	Drained	16,0	20,0	0,0000	0,0000	0,30	12500,0	25,0	35,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,00
3	Sandy Silt	Drained	11,1	20,9	0,8640	0,8640	0,35	28682,0	5,0	33,5	3,5	0,0	0,0	0,0	0,0	1,00
4	Sand	Drained	16,0	20,0	1,0000	1,0000	0,23	33509,0	5,0	40,5	10,5	0,0	0,0	0,0	0,0	1,00
5	Calyey Sand	Drained	8,1	18,1	0,0864	0,0864	0,35	10000,0	8,0	16,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,50
6	Beton	Drained	24,0	24,0	0,0000	0,0000	0,30	2,1E8	5,0	80,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,00

3.3 Alur Metode Penelitian