

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian Tanah

Menurut (Hardiyatmo 2019:1) Dalam pengertian teknik sipil, tanah adalah himpunan mineral, bahan organik, dan endapan-endapan yang relatif lepas (loose), yang terletak di atas batuan dasar (bedrock).

Ikatan antara butiran yang relatif lemah dapat disebabkan oleh zat organik, karbonat, atau oksida-oksida yang mengendap diantara partikel-partikel. Ruang di antara partikel-partikel dapat berisi udara, air, ataupun keduanya. Proses pelapukan batuan atau proses geologi lainnya yang terjadi di dekat permukaan bumi membentuk tanah. Bentuk terjadinya tanah dari bebatuan induknya, dapat berupa proses kimia maupun proses fisik.

Proses terbentuknya tanah secara fisik yang mengubah bebatuan menjadi partikel-partikel kecil, akibat terjadinya pengaruh dari air, angin, erosi, es, manusia, atau hancurnya partikel-partikel tanah akibat dari perubahan suhu maupun cuaca. Partikel-partikel tanah mungkin berbentuk bergerigi, bulat, ataupun bentuk-bentuk lain-lain diantaranya.

Secara umum, terjadinya pelapukan akibat proses kimia yang dapat terjadi oleh pengaruh karbon dioksida, oksigen, air (mengandung alkali maupun asam) dan proses-proses kimia yang lainnya.

Jika hasil dari pelapukan telah berpindah dari tempatnya disebut sebagai tanah terangkut (transported soil) dan apabila tanah masih berada pada tempat asalnya disebut sebagai tanah residual (residual soil)

Istilah dari jenis-jenis tanah seperti kerikil, pasir, lanau, lempung atau lumpur digunakan untuk menggambarkan ukuran partikel-partikel pada batas-batas ukuran butiran yang telah ditentukan.

Tetapi ada juga beberapa istilah yang sama juga digunakan untuk menggambarkan sifat-sifat tanah yang khusus. Contohnya, lempung merupakan jenis tanah yang memiliki sifat plastis dan kohesif, sedangkan

pasir digambarkan sebagai jenis tanah yang tidak memiliki sifat kohesif dan tidak plastis. Pada umumnya jenis-jenis tanah terdiri dari banyaknya campuran-campuran ataupun lebih dari satu macam ukuran partikel. Jenis tanah lempung belum tentu terdiri dari partikel lempung itu saja, tapi dapat juga tercampur dengan butir-butir ukuran tanah jenis pasir maupun lanau, dan mungkin saja terdapat beberapa campuran bahan organik. Ukuran-ukuran partikel dari tanah terdapat beberapa bervariasi dan bahkan lebih besar dari 100 mm sampai ke yang lebih kecil dari 0,001 mm.

2.2 Sifat-Sifat fisik tanah

2.2.1 Kadar Air

Analisis kadar air adalah usaha untuk mengetahui persentase air yang ada pada tanah dengan perbandingan antara berat air yang terkandung dalam tanah dengan berat butir tanah tersebut dan dinyatakan dalam persen. Cara menemukan kadar air dari sejumlah tanah yaitu dengan menempatkan sebagian kecil sampai tanah dalam krus (kaleng kecil) yang beratnya (W_1) diketahui sebelumnya dengan cara ditimbang terlebih dahulu. Lalu krus dan tanah ditimbang (W_2) dan kemudian dimasukkan dalam oven yang temperaturnya 105°C selama 24 jam. Kemudian krus dan tanah ditimbang kembali dalam krus (W_3) dengan demikian

$$\text{Berat air} = W_2 - W_3 \quad (2.1)$$

$$\text{Berat tanah kering} = W_3 - W_1 \quad (2.2)$$

$$\text{Kadar air} = \frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} \times 100\% \quad (2.3)$$

Kadar air berbeda-beda pada setiap daerah tergantung pada keadaan daerah tersebut nilai kadar air tanah berkisar antara 20% sampai 100% berarti tanda tersebut dapat dikatakan normal tetapi jika kadar air melebihi 100% maka tanda tersebut dikatakan jenuh air dan jika kurang 20% tanah tersebut dikatakan kering. Jumlah kadar air sangat mempengaruhi sifat dari tanah sifat-sifat yang dipengaruhi oleh kadar air antara lain konsistensi tanah dan plastisitas standar tersebut. Jumlah

kadar air yang terlalu tinggi akan menyebabkan campuran tanah dan air tersebut menjadi sangat lembek hal ini memperlemah daya dukung tanah tersebut

Tabel 2.1 Keadaan Air Dalam Keadaan Jenuh

Type Tanah	Keadaan Air Dalam Keadaan Jenuh
Tanah Kering	0
Tanah Agak Lembab	>0 - 0.25
Tanah Lembab	0.26 – 0.50
Tanah Sangat Lembab	0.51 – 0.79
Tanah Basah	0.76 – 0.99
Tanah Jenu Air	1

Sumber: Dr.Ir. Hary Chistiady Hardiyatmo M. Eng DEA (2020)Mekanikah tanah memiliki I edisi 4 hal 6, Gaja Mada Universitas Press, Yogyakarta.

2.2.2 Berat isi

Berat isi tanah adalah berat suatu volume tanah dalam keadaan utuh, dinyatakan dalam gram/cm³. Kalau dalam berat jenis tanah yang dimaksud dalam volume tanah, hanya volume padatan tanah saja, sedangkan untuk berat isi volume tanah dalam hal ini termasuk dalam bahan padat dan ruang pori.

$$\gamma = \frac{m}{v}$$

(2.

4)

Dimana : $\gamma = \text{berat isi (g/cm}^3\text{)}$

$m = \text{Massa (gram)}$

$v = \text{Volume (cm}^2\text{)}$

Tabel 2.2 Berat Volume Tanah Kering Asli

Tipe Tanah	γ_d (lb/ft ³)	γ_d (lb/ft ³)
Glcia till	134	21
Tanah	86	13.5
Pasir lepas dengan butiran seragam	92	1405
Pasir padat dengan butiran seragam	115	18
Pasir berlanau yang padat dengan butiran bersudut	102	16
Pasir berlanau lepas dengan butiran bersudut	121	19
Lempung kaku	108	17
Lempung Lembek	73-93	11.5 - 14.5
Lempung Organik Lembek	38 - 51	6-8

(Sumber: Sunggono , *Buku Teknik Sipil*)

2.3 Klasifikasi Berdasarkan Tekstur

Pembagian tekstur berdasarkan kelas tekstur ada 12,hal ini sesuai dengan yang dikemukakan oleh, (Hanafiah, 2005).

1. Pasir (sandy) => Pasir mempunyai ukuran >2mm dan bersifat kasar dan tidak
2. Pasir berlempung (loam sandy) => Tanah pasir berlempung ini memiliki pasir tidak kuat. Dan juga akan sedikit sekali lengket karena memang
3. Lempung berpasir (Sandy loam) => Rsa kasar pada tanah lempung berpasir akan terasa agak jelas dan juga akan membentuk bola yang agak keras tetapi akan mudah hancur.
4. Lempung (Loam) => Lempung tidak terasa kasar dan juga tidak terasa licin. Dapat membentuk bola yang agak teguh dan dapat sedikit digulung dengan permukaan yang mengkilat. Selain itu, lempung juga dapat melekat.

5. Lempung liat berpasir (Sandy-clay-loam) =>Lempung liat berpasir terasa agak jelas. Dapat membentuk bola agak teguh bila kering danjuga dapat membentuk gulungan jika dipilin dan gulungan akan mudah hancur serta dapat melekat.
6. Lempung liat berdebu (sandy-silt-loam) =>Lempung liat berdebu memiliki rasa licin yangjelas. Dapat membentuk bola teguh dan gulungan yang mengkilat serta dapat melekat.
7. Lempung berliat (clay loam) => Lempung berliat akan terasa agak kasar. Dapat membentuk bola agak teguh bila kering dan membentuk gumpalan bila dipilin tetapi pilinan mudah hancur. Daya lekatnya sedang
8. Lempung berdebu (Silty Loam) => Lempung berdebu akan terasa agak licin. Dapat membentuk bola yang agak teguh dan dapat melekat
9. Debu (Silt) => Debu akan terasa licin sekali. Dapt membentuk bola yang teguh dan dapat sedikit digulung dengan permukaan yangmengkilap serta terasa agak lekat.
10. Liat berpasir (Sandy-clay) => Liat berpasir akan terasa licin tetapi agak kasar. Dapat membentuk bola dalam keadaan kering. Akansukar untuk dipijit tetapi mudah digulung serta memilliki daya lekat yang tinggi (melekat sekali).Liat berdebu
11. (Silty-clay) => Liat berdebu akanterasa agak licin. Dapat membentuk bola dalam keadaan kering. Akan sukar dipijit tetapi mudah digulung serta memiliki daya lekat yang tinggi (melekat sekali).
- 12.Liat (clay) => Liat akan terasa berat, dapat membentuk bola yang baik. Serta memiliki daya lekat yang tinggi (melekat sekali)

2.4 Bencana Tanah longsor

Longsoran atau gerakan massa erat kaitannya dengan proses-proses yang terjadi secara ilmiah pada suatu bentang alam. Bentang alam merupakan suatu bentukan alam pada permukaan bumi misalnya bukit, perbukitan, gunung, pegunungan, dataran dan cekungan (Dwikorita, 2005).

Tanah longsor merupakan salah satu bencana alam yang sering melanda daerah tropis basah. Kerusakan yang ditimbulkan oleh gerakan massa tidak hanya Dynamic Saint Jilid IV, No. 1, April 2019 766 kerusakan secara langsung seperti rusaknya fasilitas umum, lahan pertanian, ataupun adanya korban manusia, akan tetapi juga kerusakan secara tidak langsung yang melumpuhkan kegiatan pembangunan dan aktivitas ekonomi di daerah bencana dan sekitarnya (Hardiyatmo, 2006).

2.5. Pengertian Tanah Longsor

Hardiyatmo (2013:19) adalah gerakan material pembentuk lereng yang diakibatkan oleh terjadinya keruntuhan geser di sepanjang satu atau lebih bidang longsor. Pengertian tentang istilah longsor diatas memiliki satu kesamaan yaitu pergerakan massa tanah dalam jumlah yang besar. Longsoran tanah atau gerakan tanah adalah proses perpindahan masa/batuan akibat gaya berat (gravitasi).

Longsoran tanah telah lama menjadi perhatian ahli geologi karena dampaknya banyak menimbulkan korban jiwa maupun kerugian harta benda. Tidak jarang bangunan yang dibangun disekitar perbukitan kurang memperhatikan masalah kestabilan lereng, struktur batuan, dan proses-proses geologi yang terjadi di kawasan tersebut sehingga secara tidak sadar potensi bahaya longsoran tanah setiap saat mengancam jiwa.

2.6 Penyebab Terjadinya Longsor

Banyak faktor yang mempengaruhi kestabilan lereng yang megakibatkan terjadinya longsoran. Faktor - faktor tersebut semacam kondisi-kondisi geologi dan hidrografi, topografi, iklim dan perubahan cuaca. Pada prinsipnya tanahlongsor terjadi bila gaya pendorong pada lereng lebih besar daripada gaya penahan. Gaya penahan umumnya dipengaruhi oleh kekuatan batuan dan kepadatan tanah. Sedangkan gaya pendorong dipengaruhi oleh besarnya sudut lereng, air, bebanserta berat jenis tanah batuan.

Terdapat beberapa faktor penyebab tanah longsor, diantaranya yaitu:

1. Jenis Tanah Jenis tanah juga mempengaruhi penyebab terjadinya longsor. Tanah yang mempunyai tekstur renggang, lembut yang sering disebut tanah lempung atau tanah liat dapat menyebabkan longsoran. Apa lagi ditambahkan pada saat musim penghujan kemungkinan longsor akan lebih besar pada tanah jenis ini. Hal ini dikarenakan ketebalan tanah tidak lebih dari 2,5 m dengan sudut lereng 22 derajat. Selain itu kontur tanah ini mudah pecah jika udara terlalu panas dan menjadi lembek jika terkena air yang mengakibatkan rentan pergerakan tanah.
2. Curah Hujan Ancaman tanah longsor biasanya dimulai pada bulan November karena meningkatnya intensitas curah hujan. Musim kering yang panjang akan menyebabkan terjadinya penguapan air di permukaan tanah dalam jumlah besar. Hal itu mengakibatkan munculnya pori-pori atau rongga tanah hingga terjadi retakan dan merekahnya tanah permukaan. Pada saat hujan, air akan Dynamic Saint Jilid IV, No. 1, April 2019 767 menyusup ke bagian yang retak. Tanah pun dengan cepat mengembang kembali. Pada awal musim hujan, kandungan air pada tanah menjadi jenuh dalam waktu singkat. Hujan lebat pada awal musim dapat menimbulkan longsor karena melalui tanah yang merekah itulah, air akan masuk dan terakumulasi di bagian dasar lereng, sehingga menimbulkan gerakan lateral. Apabila ada pepohonan di permukaan, pelongsoran dapat dicegah karena air akan diserap oleh tumbuhan. Akar tumbuhan juga berfungsi sebagai pengikat tanah.
3. Kemiringan Lereng Lereng atau tebing yang terjal akan memperbesar gaya pendorong. Lereng yang terjal terbentuk karena pengikisan air sungai, mata air, air laut, dan angin. Kemiringan lereng dinyatakan dalam derajat atau persen. Kecuraman lereng 100 persen sama dengan kecuraman 45° . Selain memperbesar jumlah aliran

permukaan, makin curam lereng juga memperbesar kecepatan aliran permukaan, dengan itu memperbesar energi angkut air.

4. Penggunaan Lahan Penggunaan lahan (land use) adalah modifikasi yang dilakukan oleh manusia terhadap lingkungan hidup menjadi lingkungan terbangun seperti lapangan, pertanian, dan permukiman. Permukiman yang menutupi lereng dapat mempengaruhi penstabilan yang negatif maupun positif. Sehingga tanaman yang disekitarnya tidak dapat menopang air dan meningkatkan kohesi tanah, atau sebaliknya dapat memperlebar keretakan dalam permukaan baruan dan meningkatkan peresatan. Penggunaan lahan seperti 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 longsor yang dalam dan umumnya terjadi di daerah longsor lama.
5. Getaran Getaran yang terjadi biasanya diakibatkan oleh gempa bumi, ledakan, getaran mesin, dan getaran lalu lintas kendaraan. Akibat yang ditimbulkannya adalah tanah, badan jalan, lantai, dan dinding rumah menjadi retak.
6. Susut muka air danau atau bendungan Akibat susutnya muka air yang cepat di danau maka gaya penahan lereng menjadi hilang, dengan sudut kemiringan waduk 220° mudah terjadi longsor dan penurunan tanah yang biasanya diikuti oleh retakan.
7. Adanya beban tambahan Adanya beban tambahan seperti beban bangunan pada lereng, dan kendaraan akan memperbesar gaya pendorong terjadinya longsor, terutama di sekitar tikungan jalan pada daerah lembah. Akibatnya adalah sering terjadinya penurunan tanah dan retakan yang arahnya ke arah lembah.

8. Pengikisan/erosi Pengikisan banyak dilakukan oleh air sungai ke arah tebing. Selain itu akibat penggundulan hutan di sekitar tikungan sungai, tebing akan menjadi terjal.
9. Adanya material timbunan pada tebing. Untuk mengembangkan dan memperluas lahan pemukiman umumnya dilakukan pemotongan tebing dan penimbunan lembah. Tanah timbunan pada lembah tersebut belum terpadatkan sempurna seperti tanah asli yang berada di bawahnya. Sehingga apabila hujan terjadi penurunan tanah yang kemudiandiikuti dengan retakan tanah.

2.6 Daya dukung

Kapasitas daya dukung tanah (*qu = quit = ultimate bearing capacity*) adalah tekanan maksimum yang dapat diterima oleh tekanan tanah akibat beban yang bekerja tanpa menimbulkan kelongsoran geser pada tanah pendukung tepat dibawah dan sekeliling pondasi, dimana suatu pondasi merupakan bagian dari struktur yang menyalurkan beban langsung kelapisan tanah dibawahnya. Bila tanah yang didekat permukaan mampu mendukung beban-beban structural maka dapat digunakan pondasi tapak (*footings*) atau pondasi jenis lainnya.

Suatu persyaratan tidak langsung menyebabkan bahwa pondasi dan kegiatan- kegiatan yang terlibat dalam pembangunannya tidak boleh menemukan pengaruh yang kurang baik terhadap struktur-struktur yang disekitarnya serta fasilitas-fasilitas pelayanannya. Kerusakan akibat pengaruh tanah dapat diklasifikasikan dalam segi-segi arsitektural, fungsional, atau structural. Dalam hal struktur portal, kerusakan akibat penurunan biasanya ditekankan pada penutup struktur (*cladding* dan *finishing*) yaitu kerusakan arsitektural. Contohnya ialah kerusakan yang hanya diakibatkan oleh penurunan tanah yang terjadi pada *cladding* dan *finishing*.

2.7 Berat Jenis Tanah

Berat jenis tanah adalah berat tanah kering di bagi volume partikel padat (tidak termasuk pori-pori tanah) berat jenis partikel tanah dinyatakan dalam g/cm^3 atau mg/cm^3 . Penentuan berat jenis partikel tanah penting dilakukan untuk mengetahui sifat fisik tanah dan sebagai informasi dalam pengolahan tanah lebih lanjut.

Nilai berat jenis partikel tanah bervariasi tergantung pada komposisi mineral tanah tersebut.

Penentuan berat jenis tanah dapat dilakukan dengan beberapa metode antara lain:

- a. Metode piknometer
- b. Metode perendaman dengan gelas ukur
- c. Metode perendaman dengan labu ukur

Tabel 2.3 pembagian jenis tanah berdasarkan berat jenis

Type tanah	Gs
Sand(pasir)	2,65-2,67
Silty sand (pasir berlanau)	2,67-2,70
Inorganic clay (lempung inorganic)	2,70-2,80
Soil with mica or iron	2,75-3,00
Gambut	< 2
Humus soil	1,37
Grafel	< 2,7

Sumber: L.D Wesley, Mektan, cetakan IV hal. 5, tabel 1.1

2.8 Batas- batas Atterberg

Batas Atterberg diperkenalkan oleh Albert Atterberg pada tahun 1911 dengan tujuan untuk mengklasifikasikan tanah berbutir halus dan menentukan sifat indeks properti tanah titik batas atau break mempunyai batas cair batas plastis dan batas susut

Tanah yang berbutir halus biasanya memiliki sifat plastis sifat plastis tersebut merupakan kemampuan tanah menyesuaikan perubahan bentuk tanah setelah tercampur dengan air pada volume yang tetap. Tanah tersebut akan berbentuk cair plastis semi padat atau padat tergantung jumlah air yang bercampur dengan tanah tersebut

Apabila tanah berbutir harus mengandung mineral lempung, maka tanda tersebut dapat diremas-remas tanpa menimbulkan retakan sifat kohesif ini disebabkan oleh karena adanya air yang terserap di sekeliling permukaan dari partikel lempung bila kandungan air sangat tinggi Maka campuran air dan tanah akan menjadi sangat lembek seperti cairan. Sebab itu atas dasar kandungan air dan pada tanah dapat dipisahkan dari dalam 4 keadaan dasar yaitu padat semi padat plastis dan cair

2.8.1 Batas Cair (Liquid Limit)

Batas cair adalah keadaan air yang sangat konsistensi tanah mulai berubah dari keadaan plastis ke keadaan cair titik flow kurva atau Curve kelelahan merupakan hubungan antara kadar air dan jumlah pukulan yang terjadi kadar air merupakan ordinat sangat dengan skala linear dan jumlah pukulan merupakan absis dengan skala logaritma. Hubungan titik- titik yang diperoleh sehingga dapat garis lurus

2.8.2 Batas Plastis (Plastic Limit)

Batas plastis adalah kadar air yang untuk nilai-nilai di bawahnya, tanda tidak lagi berpengaruh sebagai bahan yang plastis. Kadar air yang merupakan batas antara konsistensi tanah dalam keadaan semi plastis dan keadaan plastis tanah akan bersifat kembali bahan yang plastis dalam kadar air yang berkisar antara I_L dan PL . Kisaran ini disebut indeks plastis

Indeks plustisitas merupakan interval kadar air yaitu tanah masih bersifat plastis. Karena itu, indeks plastis menunjukkan sifat ke plastisitas tanah titik jika tanah mempunyai interval kadar air daerah plastis besar disebut tanda gemuk titik indeks dapat dihitung dengan persamaan berikut

$$PI = LL - PL \quad (2.5)$$

Jika PL semakin besar maka jumlah partikel lengkung dalam tanah semakin banyak titik jika PL rendah contohnya pada tanah lanau sehingga pengurangan kadar air akan berakibat tanah menjadi kering dan sebaliknya jika kadar air bertambah sedikit maka tanah akan menjadi cair likuidity indeks (LI) tanah dapat di defenisikan sebagai berikut

$$LI = \frac{W_n - PL}{LL - PL} = \frac{W_n - PL}{PI} \quad (2.6)$$

Indeks cair digunakan untuk mengevaluasi tanah jika tanah tersebut pada kondisi terganggu. Nilai $LI > 1$ jika kadar air tanah alam dalam kurung W_n lebih besar dari batas cair tanah dan saat kadar air alam W_n lebih kecil dari PL maka Li negatif yang di mana tanah dalam kondisi padat atau semi padat.

Tabel 2.4 hubungan nilai PI dengan sifat, macam tanah dan kohesi

PI	Sifat	Macam Tanah	Kohesi
0	Non Plastis	Pasir	Non kohesi
<7	Plastisitas Rendah	Lanau	Kohesi sebagian
7-17	Plastisitas sedang	Lempung berlanau	Kohesi
>17	Plastisitas tinggi	Lempung	Kohesi

Sumber: Dr. Ir. Hary Cristiady Hardiyatmo M. Eng, DEA (2002), Mekanika Tanah I edisi 4, hal. 48, Gaja Mada Universitas Pres, Yokyakarta

2.8.3 Batas Susut (Shrinkage Limit)

Batas susut adalah kadar air di mana konsistensi tanah tersebut berada antara keadaan semi plastis dan kaku sehingga jika diadakan tidak akan berkurang volumenya. Harus diketahui bahwa batas susun semakin kecil maka tanah akan lebih mudah mengalami perubahan volume dan semakin sedikit air yang dibutuhkan untuk dapat berubah volume. Batas air susu dapat dihitung dengan persamaan berikut

$$SL = (V_0/W_0 - 1/G_s) * 100\% \quad (2.7)$$

Keterangan

SL= Batas susut tanah

V₀= volume benda uji kering

W₀= berat benda uji kering

G_s= berat jenis tanah

2.8.4 Indeks Plastisitas (Plasticity Index) IP

Selisih antara batas cair dan batas plastis daerah diantaranya disebut daerah keadaan plastis nilai indeks plastisitas dapat dihitung dengan persamaan berikut

$$IP = WI - WP$$

(2.8)

2.8.5 Indeks Alir (Flow Indeks) IF

Perbandingan antara selisih kadar air pada keadaan tertentu dengan selisih antara jumlah pukulan dan kadar air tersebut indeks alir menyatakan kemiringan kurva percobaan batas indeks alir dapat dihitung dengan persamaan berikut

$$IF = \gamma_w / \gamma \log N \quad (2.9)$$

2.9 Analisa Saringan

Analisa saringan analisa digunakan untuk mengetahui ukuran butir dan susunan butir tanah tertahan saringan nomor 200 ukuran tanah butiran dapat ditentukan dengan menyaring sejumlah tanah melalui seperangkat saringan yang disusun dengan lubang yang paling besar berada paling atas dan makin ke bawah Makin kecil jumlah tanah yang tertahan pada Saringan tersebut disebut sebagai salah satu dari ukuran butir contoh tanah itu. Pada kenyataannya pekerjaan hanya mengelompokkan sebagian dari tanah yang terdekat di antara dua Ukuran titik ukuran butiran tanah tergantung dari diameter partikel tanah yang membentuk massa tanah itu

Kurva distribusi ukuran butiran hasil dari analisa ayakan umumnya digambarkan dalam kerjasama semi logaritma yang dikenal dengan kurva distribusi ukuran butiran titik diameter partikel digunakan dalam skala logaritma dan persentase dari butiran yang lolos ayakan lekat perlu diketahui bahwa analisa ia akan memberikan ukuran butiran secara langsung kurva ukuran butiran distribusi dapat digunakan untuk membandingkan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda titik Selain itu ada tiga parameter besar yang dapat ditentukan yaitu

- Ukuran efektif
- Keofisiensi keseragaman
- Koefisiensi gradiasi

Grafik distribusi ukuran butiran dari tanah a adalah kombinasi dari hasil analisa ayakan yang diberikan dalam tabel dan hasil analisis hidrometer untuk fraksi halusnya. Bila mana hasil dari analisa ayakan dan analisa hidrometer digabung diskontinuitas umumnya timbul dalam rentang di mana Dua grafik saling bertumpangan Hal ini disebabkan karena pada kenyataan butiran tanah pada umumnya berbentuk dan tidak rata. Analisis saya akan memberikan diameter dari bulatan yang mengendap pada kecepatan yang sama dengan butiran tanah

Tabel 2.5 Ukuran Partikel Untuk Berbagai Jenis Tanah

Jenis tanah	Ukuran partikel
Berangkal ("Boulder")	>20 cm
Kerakal ("Cooble Stone")	8 cm -20 cm
Batu kerikil ("Gravel")	2mm-8 mm
Pasir kasar ("Coarse sad")	0,6 mm – 2 mm
Pasir sad ("Mendium Sad")	0,2 mm – 0,6 mm
Pasir halus ("Fine sad")	0,6 mm -0,2 mm
Lanau ("Silt")	0,002 mm -0,06 mm
Lempung ("Clay")	<0,002 mm

Sumber: L.D. Wesley, Mekanika Tanah Cetakan VI, hal. 6

2.10 Pemadatan Tanah

Pemadatan adalah proses naiknya kerapatan tanah dengan memperkecil jarak antara partikel sehingga terjadi reduksi volume

udara titik peristiwa bertambahnya berat volume kering oleh beban dinamis disebut pemadatan. Oleh akibat beban dinamis butir-butir tanah meratap satu sama lain sehingga akibat berkurangnya rongga udara. Untuk menentukan hubungan kadar air dan berat volume, dan untuk mengevaluasi tanah agar memenuhi persyaratan kepadatan maka umumnya dilakukan uji kepadatan

Hubungan berat volume kering (γ_d) dengan berat volume basah (γ_b) kadar air (W) dinyatakan dalam persamaan

$$\gamma_d = \frac{\gamma_b}{1+W} \quad (2.10)$$

Berat volume kering setelah pemadatan tergantung pada jenis tanah kadar air dan usaha yang diberikan oleh alat tumbuknya karakteristik kepadatan tanah dapat dinilai dari pengujian standar laboratorium yang disebut uji proktor dalam keadaan padatan, percobaan diulang paling sedikit 5 kali dengan kadar air tiap percobaan diversikan kemudian digambarkan sebuah grafik hubungan kadar air dan berat volume keringnya kurva yang dihasilkan dari pengujian memperlihatkan nilai kadar air yang terbaik (W_{opt}) untuk mencapai berat volume kering terbesar atau kepadatan maksimum. Uji

2.11 Geser Langsung

Pengujian *DirectShear*, kekuatan geser tanah diperoleh dengan cara menggeser contoh tanah yang diberi beban normal. Kekuatan tanah yang diperoleh dari percobaan tersebut adalah dalam kondisi drained, karena air didalam pori tanah diijinkan keluar selama pembebanan. Oleh karena itu, percobaan *DirectShear* pada umumnya digunakan tanah pasir (*granular*).

Hubungan antara besarnya gaya geser (T) dan beban normal dipresentasikan dalam Grafik 1. Untuk menentukan parameter kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ). Agar diperoleh hasil yang akurat, maka

pengujian dilakukan minimum 3 kali dengan pembebanan normal yang berbeda-beda.

Untuk mendapatkan Hubungan Tegangan Normal dan Tegangan Geser dapat dirumuskan sebagai berikut:

- Menghitung Luas sampel

$$\text{Luas Sampel} = \frac{1}{4} \times 3.14 \times (\text{Diameter Sampel})^2$$

- Menghitung Tegangan geser maksimum (T_{maks})

$$(T_{\text{maks}}) = \frac{\text{gaya geser}}{\text{luas sampel}}$$

- Menghitung tegangan normal (σ_n)

$$(\sigma_n) = \frac{\text{Beban Normal}}{A}$$

Dimana: σ_n = Tegangan Normal

A = Luas sampel

2.12 Kohesi

Kohesi merupakan gaya tarik menarik antar partikel tanah. Bersama dengan sudut geser dalam, kohesi merupakan parameter kuat geser tanah yang menentukan ketahanan tanah terhadap deformasi akibat tegangan yang bekerja pada tanah dalam hal ini berupa gerakan lateral tanah. Deformasi ini terjadi akibat kombinasi keadaan kritis pada tegangan normal dan tegangan geser yang tidak sesuai dengan faktor aman dari yang direncanakan. Nilai ini didapat dari pengujian Direct Shear Test. Nilai kohesi secara empiris dapat ditentukan dari data sondir (qc) yaitu sebagai berikut: Kohesi (c) = $qc/2$

2.13 Sudut Geser Dalam

Kekuatan geser dalam mempunyai variabel kohesi dan sudut geser dalam. Sudut geser dalam bersamaan dengan kohesi menentukan ketahanan tanah akibat tegangan yang bekerja berupa tekanan lateral tanah. Nilai ini juga didapatkan dari pengukuran engineering properties tanah dengan Direct Shear Test. Hubungan antara sudut geser dalam dan jenis tanah ditunjukkan pada Tabel 2.11:

Tabel 2. 6 Faktor Keamanan Stabilitas Lereng

Jenis Tanah	Sudut Geser Dalam (ϕ)
Kerikil kepasiran	35° - 40°
Kerikil kerakal	35° - 40°
Pasir padat	35° - 40°
Pasir lepas	30°
Lempung kelanauan	25° - 30°
Lempung	20° - 25°

(Sumber : Buku Mekanika Tanah, Braja M. Das Jilid 1

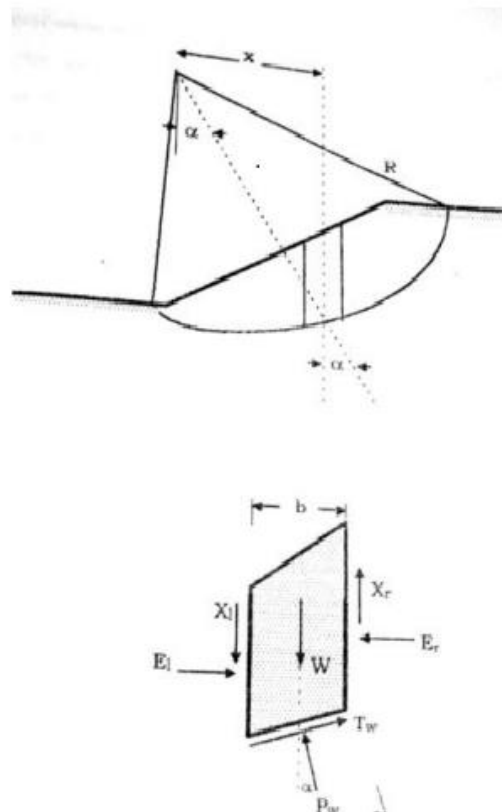
2.14 Teori Fillenius

Analisa stabilitas lereng cara Fellenius (1927) menganggap gaya-gaya yang bekerja pada sisi kanan-kiri dari sembarang irisan mempunyai resultan nol pada arah tegak lurus bidang longsornya. Dengan anggapan ini, keseimbangan arah vertikal dari gaya-gaya yang bekerja dengan memperhatikan tekanan air pori adalah : Ada beberapa metode untuk menganalisis kestabilan lereng, yang paling digunakan metode irisan yang dicetuskan oleh Fellenius (1939). Metode ini banyak digunakan untuk menganalisis kestabilan lereng yang tersusun oleh tanah, dan bidang gelincirnya berbentuk busur (*arc-failure*).

Menurut Sowers (1975), tipe longsor terbagi dalam 3 bagian berdasarkan kepada posisi bidang tergelincirnya, yaitu longsoran kaki lereng (*toe failure*), longsoran muka lereng (*face failure*), dan longsoran dasar lereng (*base failure*). Longsoran kaki lereng umumnya terjadi pada lereng relative agak curam ($>45^\circ$) dan tanah penyusunnya relative mempunyai nilai sudut geser yang besar ($>30^\circ$). Longsoran muka lereng biasanya terjadi pada lereng mempunyai lapisan keras (*hard layer*), dimana tinggish lapisan keras ini melebihi ketinggian kaki lerengnya, sehingga lapisan lunak yang diatas lapisan keras yang berbahaya untuk longsor. Longsoran dasar lereng biasanya terjadi pada lereng yang tersusun oleh tanah lempung, atau bisa juga terjadi pada lereng yang tersusun oleh

tanah lempung, atau bisa juga terjadi Pada lereng yang tersusun oleh beberapa lapisan lunak (*soft seams*).

Perhitungan lereng dengan metode Fellenius dilakukan dengan membagi massa longsoran menjadi segmen-segmen seperti pada gambar.



Gambar 2.1 gaya-gaya yang bekerja pada irisan

$$N_i + U_i = W_i \cos \phi_i \quad (2.3)$$

Atau:

$$N_i = W_i \cos \phi_i - U_i = W_i \cos \phi_i - u_i a_i \quad (2.4)$$

Dimana:

N_i = Resultan gaya normal efektif

Faktor aman didefenisikan sebagai.

$$F = \frac{\text{jumlah momen dari tahanan geser sepanjang bidang longsor}}{\text{jumlah momen dari berat massa tanah longsor}}$$

$$F = \frac{\sum mr}{\sum md} \quad (2.5)$$

Dengan:

FK > 1,5 menunjukkan lereng stabil

FK = 1,5 kemungkinan lereng tidak stabil

FK < 1,5 menunjukkan lereng tidak stabil

Lengan momen dari berat massa tanah tiapn irisan adalah \emptyset , maka.

$$\sum Mr = R \sum_{i=1}^{i=n} Wi \sin \emptyset i \quad (2.6)$$

Dimana:

R = jari-jari lingkaran bidang longsor

R n = jumlah irisan

Wi = berat massa tanah irisan ke-i

$\emptyset i = \text{sudut ysng di definisikan}$

Dengan cara yang sama, momen yang menahan tanah yang akan longsor

$$F = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} cai (wi \sin \emptyset i - ui ai) tg \emptyset}{\sum_{i=1}^{i=n} Wi \sin \emptyset i} \quad (2.7)$$

Dimana:

F= faktor aman

C= kohesi tanah

$\emptyset = \text{sudut gesek dalam tanah}$

ai = panjang bagian lingkaran pada irisa ke-l

wi = berat irisan tanah ke- i

ui = tekanan air pori pada irisan ke – i

$\emptyset i = \text{sudut yang di definisikan}$

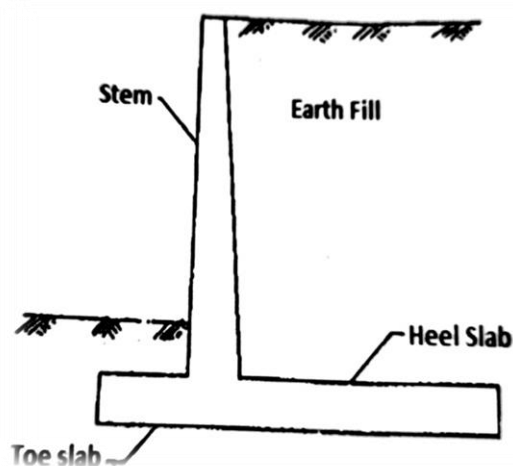
Jika terdapat gaya-gaya selain berat lereng tanahnya sendiri, seperti beban bangunan di atas lereng maka momen akibat beban ini di perhitugkan sebagai Md. Metode Fellenius memberikan faktor aman yang relative lebih rendah dari cara hitungan yang lebih teliti. Batas – batas nilai kesalahan dapat mencapai kira-kira 5- 40% tergantung dari faktor aman sudut pusat lingkaran yang di pilih, dan besarnya tekanan air pori. Walaupun analisisnya ditinjau dalam tinjauan tegagan total, kesalahan masih merupaka fungsi dari faktor aman da sudut pusat dari lingkarannya

(Withman dan Baily, 1967) cara ini telah banyak digunakan dalam prakteknya. Karena cara hitungnya yang sederhana dan kesalahan yang terjadi pada sisi yang aman.

2.15 Analisa Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Dinding Penahan Tanah Kantilever

Analisis stabilitas lereng merupakan analisis stabilitas tanah pada permukaan yang miring. Tujuannya untuk mengecek keamanan dari lereng alam, lereng galian dan lereng urungan tanah (*Hardiyatmo, 1994*). Jenis konstruksi dinding penahan tipe ini umumnya digunakan untuk menahan tekanan tanah pada timbunan maupun pada tebing. Prinsip kerja dari jenis dinding penahan jenis ini yaitu dengan mengandalkan daya jepit/ fixed pada dasar strukturnya. Oleh karena itu ciri khas dari dinding penahan jenis kantilever yaitu berupa model telapak/ spread memanjang pada dasar strukturnya yang bersifat jepit untuk menjaga kestabilan dari struktur penahan dan hanya memiliki tinggi maksimal 7m.

Umumnya struktur dinding penahan tipe jepit dibuat dari pasangan batu maupun dengan konstruksi beton bertulang.



Gambar 2.2 dinding penahan kantilever

2.16 Penelitian terdahulu

Jacob bokko dkk. (2019) melakukan penelitian tentang analisis kelongsoran jl. Poros sangalla- Batualu dengan program Plaxis. Dari hasil penelitian dan analisis kelongsoran di dapat deformasi setiap section dan faktor keamanan yang menggambarkan bahwa kondisi lereng tersebut mengalami penurunan. Model deformasi yang di dapatkan dari hasil Plaxis, mempunyai kecenderungan yang sama dengan kondisi deformasi yang terjadi di lapangan sedangkan letak bidang longsor dengan Plaxis, menunjukkan bidang longsor yang menyerupai kondisi di lapangan. kedalaman tiang pancang 7 m dan jarak tiang pancang 50 cm .

Novry dkk (2020) meneliti tentang Analisis Kelongsoran Tebing Di Jalan Ahmad Yani Kabupaten Murung Raya Provinsi Kalimantan Tengah. Berdasarkan hasil pengujian laboratorium dan hasil analisis longsoran didapat nilai faktor keamanan (safety factor) pada longsoran di jalan Ahmad Yani, Kabupaten Murung Raya adalah $FK = 2,3$ tingkat kelongsoran jarang terjadi (relatif stabil) pada saat kondisi lereng tidak dipengaruhi oleh tekanan air pori atau pada saat kondisi kering dan $FK = 0,91$ dapat disimpulkan tingkat kelongsoran pada lereng lebih rentan terjadi pada saat hujan karena curah hujan yang tinggi dapat mempengaruhi nilai ϕ (φ) dan kohesi (C) menurun yang mengakibatkan terjadinya longsor.

Tinambunan dkk. (2018) telah melakukan penelitian tentang analisa kestabilan lereng menggunakan metode Fellenius secara manual dan software slide rocscience 6.0 (Studi kasus : tb 1.42 pemali pt timah (persero) tbk) dan menyimpulkan bahwa lereng selatan TB 1.42 pemali timah (persero) tbk terdiri dari empat lereng dengan litologi lereng LT01 berupa lempung pasiran, LT02 dan LT03 berlitologi lempung, serta LT04 dengan litologi lempung kerikil yang berumur : Kwartar, Tersier, dan Pratersier. Faktor yang mempengaruhi kestabilan lereng tersebut adalah berupa kemiringan lereng, besarnya sudut kemiringan lereng LT02 (770), LT03(690) menyebabkan nilai FK kecil, dan parameter kuat geser (c) dan

kuat sudut geser dalam(ϕ). Dan penanggulangan untuk ketidakstabilan lereng dapat dilakukan dengan merubah geometri lereng dan pemasangan penyangga pada lereng penelitian.

Penelitian tentang analisis kestabilan lereng dengan metode Fellenius (studi kasus: kawasan Citraland) telah dilakukan oleh Pangemanan (2014). Hasil penelitian menyimpulkan bahwa hasil perhitungan komputer menggunakan program slide 6 menunjukkan nilai faktor keamanan dari lereng di Kawasan Citraland adalah 0.193 yang berarti tidak stabil dan dapat menyebabkan terjadinya longsor. Dari hasil grafik hubungan FK vs α , diperoleh hubungan bahwa semakin besar nilai sudut kemiringan lereng maka semakin kecil nilai faktor keamanan. Untuk penanggulangannya lereng dapat diperbaiki dengan menggunakan Soil Nail. Soil Nail adalah salah satu cara perbaikan lereng dengan cara memperkecil gaya penggerak atau momen penyebab longsor. Sehingga dapat dihasilkan nilai FK 1,926 yang menunjukkan kondisi lereng dalam keadaan stabil.

Aini (2018) telah melakukan penelitian tentang analisis kestabilan lereng studi kasus kelongsoran ruas jalan sicincin-malalak km 27.6 kecamatan malalak, kabupaten agam. Hasil penelitian menyatakan bahwa lereng yang berada di lokasi penelitian tersebut merupakan lereng tanah dengan ketinggian 35 m dengan sudut kemiringan 61° . Dan memiliki 3 jenis material yang tersusun berlapis-lapis yaitu : Material Peat dengan ketebalan 2 m, material Sand dengan ketebalan 5 m, dan material Clay yang memiliki ketebalan 28 m. Menyatakan bahwa jenis longsor yang berpotensi pada lereng penelitian adalah longsor busur yang terjadi karena batuan lemah atau tanah. Untuk perbaikan stabilitas lereng tersebut dengan mengurangi kemiringan lereng dan mengubah kemiringan lereng dari 61° menjadi 42° dapat menaikkan FK lereng dimana dari hasil analisis Software tambang nilainya 1.403 dan dari hasil analisis manual lainnya 1,39. Menurut Joseph E. Bowles (1984) lereng tersebut