

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Tanah didefinisikan oleh sebagai material yang terdiri dari agregat mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong di antara partikel-partikel padat tersebut. Material tanah selain sebagai pondasi juga berguna sebagai bahan bangunan pada berbagai macam pekerjaan Teknik Sipil di samping itu tanah berfungsi juga sebagai pendukung pondasi dari bangunan. Keberadaan tanah ditempat yang akan didirikan suatu bangunan harus mampu untuk memikul beban karena jika tanah dibebani, maka akan mengakibatkan tegangan geser. Apabila tegangan geser mencapai harga batas, maka massa tanah akan mengalami deformasi dan cenderung akan runtuh.

Keruntuhan tanah dapat mengakibatkan pergerakan atau pergeseran dinding penahan atau longsoran timbunan tanah. Karena itu kekuatan geser tanah merupakan salah satu parameter yang penting pada dinding penahan tanah serta bangunan. Ada beberapa cara untuk mendapatkan nilai parameter kuat geser atau parameter kekuatan tanah yaitu dengan cara pengujian geser langsung, pengujian tekan bebas, pengujian baling-baling dan pengujian triaksial. Maka untuk mengetahui deformasi, dan faktor aman yang terjadi dibutuhkan suatu analisis daya dukung yang dapat memodelkan sesuai dengan kondisi tanah dan memudahkan dalam memodelkan penanganannya, salah satunya dengan menggunakan program *plaxis*. Ketersediaan lahan yang terbatas mendorong manusia untuk melakukan pembangunan secara vertikal, salah satunya adalah pembangunan *basement*, yang pada pembangunannya diperlukan proses penggalian yang dalam. Pada perhitungan engineering dibutuhkan *limit state analysis* dan *deformation analysis* untuk meninjau kelayakan bangunan dan kenyamanan

pengguna. Kedua analisis tersebut dapat dilakukan dengan pemodelan menggunakan metode elemen hingga untuk model tanah *Morh Coulomb* dan *Hardening Soil*.

Jalan merupakan prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, bangunan pelengkap dan perlengkapannya. Jalan juga berfungsi sebagai media perlintasan bagi manusia naupun kendaraan dari satu tempat ke tempat lain, baik di atas maupun di bawah permukaan tanah atau air. Peran lain dari jalan merupakan satu kesatuan sistem jaringan jalan yang menghubungkan dan mengikat seluruh wilayah dalam satu negara. Kerusakan jalan di tunjukan dengan perubahan bentuk permukaan jalan.

Dampak dari ketidakpatuhan terhadap regulasi yang ditetapkan oleh pemerintah akan menyebabkan kerusakan struktur jalan daerah. Di samping itu kerusakan awal konstruksi jalan daerah adalah mutu konstruksi tidak sesuai dengan standar, maupun beban kendaraan yang melebihi standar yang telah diasumsikan, tidak sesuai dengan kelas jalan dan disfungsi sistem drainase.

Kecamatan Rambah adalah salah satu kota kecamatan yang berada di Kabupaten Rokan Hulu, jalan yang berada di desa pematang berangan merupakan jalan raya yang menghubungkan anantara desa pematang berangan dengan desa koto tinggi.

Pasir pengaraian secara historis merupakan wilayah rawan banjir tahunan akibat luapan sungai batang lubuh. Masalahnya tidak berhenti pada genangan air fluktuasi muka air yang ekstream saat musim hujan menyebabkan erosi leteral yang masif pada kaki tebing.

Stabilitas suatu jalan sangat bergantung pada kemampuan tanah dalam menahan tegangan geser yang ditimbulkan oleh beban tanah itu sendiri maupun faktor eksternal. Ketika kuat geser tanah lebih kecil dibandingkan dengan beban atau tegangan yang bekerja, maka kegagalan struktur tanah tidak dapat dihindari.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang diatas dapat disimpulkan beberapa rumusan masalah antara lain:

1. Bagaimana karakteristik sifat mekanika tanah pada lokasi penelitian yang mempengaruhi stabilitas infrastruktur jalan?
2. Bagaimana pengaruh sifat mekanika tanah terhadap nilai stabilitas infrastruktur jalan?

## **1.3 Tujuan Dan Manfaat**

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui karakteristik sifat mekanika tanah pada lokasi penelitian yang mempengaruhi stabilitas infrastruktur jalan.
2. Menganalisis pengaruh sifat mekanika tanah terhadap stabilitas infrastruktur jalan.

Hasil penelitian ini diharapkan bermanfaat sebagai:

1. Untuk mengetahui karakteristik sifat mekanika tanah pada lokasi penelitian yang mempengaruhi stabilitas infrastruktur jalan.
2. Untuk menganalisis pengaruh sifat mekanika tanah terhadap stabilitas infrastruktur jalan.

## **1.4 Batasan Penelitian**

Penelitian ini dibatasi pada:

1. Pengujian dilakukan pada sifat mekanik tanah dan di uji secara langsung di laboratorium.
2. Parameter tanah diperoleh dari hasil uji laboratorium.
3. Analisis stabilitas tanah menggunakan metode *Mohr Coulomb*.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Penelitian Terdahulu**

Penelitaian terdahulu yang digunakan sebagai tinjauan pustaka dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian yang dilakukan oleh (Pratiwi, 2025) dengan judul “Pengaruh Beban Dinamik Pada Stabilitas Lereng Batuan Dengan Pendekatan Numerik 3 Dimensi Menggunakan Model Hoek-Brown Dan Mohr Coulomb”. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan simulasi numerik untuk menganalisis stabilitas lereng batuan yang terbentuk akibat proses galian. Analisis dilakukan terhadap beberapa variasi kemiringan lereng menggunakan perangkat lunak PLAXIS 3D yang berbasis metode elemnt hingga. Fokus penelitian ini adalah membandingkan kinerja dua model konstitutif yang umum digunakan dalam analisis geoteknik, yaitu model Hoek-Brown yang mempresentasikan prilaku massa batuan, serta model Mhor-Coulomb yang bersifat lebih sederhana namun banyak diterapkan dalam praktik rekayasa geoteknik.
2. Penelitian yang dilakukan oleh (Minmahddun, 2024)dengan judul “Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Bronjong Menggunakan Metode Keseteimbangan Batas (Studi Kasus: Ruas Jalan Batas Kab. Muna-Kab. Buton Utara)”. Penelitian ini terdiri atas beberapa tahapan, tahapan tersebut terdiri dari survei topografi, penyelidikan tanah, pemodelan geometri lereng, penentuan parameter tanah, dan analisis stabilitas. Survei ini dilakukan untuk mengetahui perbedaan tinggi elevasi suatu permukaan tanah, sedangkan pemodelan geometri lereng merupakan tahapan pentying dalam analisis kestabilan lereng karena salah satu faktor yang memepengaruhi kestabilan lereng.

3. Penelitian yang dilakukan oleh Siswanda dkk (2024) dengan judul “Analisis Kestabilan Lereng Berdasarkan Mohr-Coulomb Dan *Generalized* Hoek-Brown Pada Tambang Terbuka Batubara, Desa Tegalrejo Dan Sekitarnya, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan”. Penelitian ini menggunakan metode studi pustaka, deskriptif dan analitik. Untuk melakukan pengamatan secara langsung terhadap kondisi permukaan bidang diskontinuitas dan jenis litologi penyusun lereng serta melakukan pengukuran terhadap bidang diskontinuitas menggunakan metode *scaline* hingga memperoleh data untuk dilakukan analisis dengan metode analitik.
4. Penelitian yang dilakukan oleh (Revalandro, 2022) dengan judul “Gangguan Sampel Dan Dampaknya Pada Sifat-Sifat Tanah Dalam Uji Laboratorium Mekanika Tanah”. Penelitian ini menggunakan metode *literature review* yang merujuk pada pengembangan kerangka kerja yang melibatkan temuan-temuan terbaru yang relevan menggunakan pendekatan yang terukur dan sistematis (Randdolph, 2009). Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah deskriptif analitik, yaitu dengan mengumpulkan, mengevaluasi, dan mensintesis informasi dari berbagai sumber yang relevan untuk topik *sample disturbance*. Dalam konteks penelitian ini, langkah yang dilakukan adalah melakukan pengumpulan data lama dan baru, menganalisis dan menyusun ulang informasi yang telah ada dalam literatur.
5. Penelitian yang dilakukan oleh (Pratiwi et al., 2022) dengan judul “Analisis Stabilitas Lereng Batuan Dengan Pendekatan Kriteria Keruntuhan Hoek-Brown Dan Mohr Coulomb Menggunakan Metode Numerik 2D”. Penelitian ini menggunakan metode bagan alir, bagan alir dari penelitian ini mengacu pada ruang lingkup penelitian seperti kriteria keruntuhan batuan, *rock mass rating* (RMR), dan modulus deformasi. Nilai RMR dapat ditentukan berdasarkan persamaan yang telah dibuat oleh Bieniawski tahun 1989, pada penentuan nilai RMR dibutuhkan beberapa parameter yaitu nilai kuat tekan batuan (UCS), nilai RQD yang diperkenalkan oleh Deere (1964), jarak diskontinuitas, kondisi diskontinuitas, dan kondisi muka air tanah. Modulus

deformasi dapat dihitung menggunakan persamaan Hoek-Brown berdasarkan nilai faktor efek kerusakan akibat ledakan (D) dan tekanan relaksasi.

6. Penelitian yang dilakukan oleh (Revalandro & Kusuma, 2022) dengan judul “Identifikasi Karakteristik Dan Mekanika Tanah Untuk Kestabilan Pembangunan Jalan”. Penelitian ini menggunakan metode kualitatif dengan penggolongan jenis tanah yang digunakan, yaitu *unifed soil classification system* dan *AASHTO soil classification*. Dapat disimpulkan bahwa metode penggolongan tanah dibagi menjadi 2 oleh USCS dan AASHTO. Sebelummelakukan stabilitas tanah untuk digunakan sebagai pondasi sebuah jalan alangkah baiknya untuk memperhatikan kecocokan tanah dengan komponen stabilitas agar tidak adanya bahan atau komponen yang terbuang sia-sia dan juga tidak adanya kerusakan lingkungan baik di jalan raya maupun sekitarnya.
7. Penelitian yang dilakukan oleh (Oktorivansi, 2022) dengan judul “Pengaruh Karakteristik Tanah Dasar Terhadap Kerusakan Perkerasan Jalan”. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif yang berdasarkan pengamatan langsung disepanjang ruas jalan Manulai-Tabolong terdapat tiga tingkat kerusakan jalan yaitu rusak ringan, rusak sedang, dan rusak berat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat fisik dan mekanik tanah dasar dan pengaruh karakteristik tanah dasar terhadap kerusakan pada ruas jalan tersebut. Dari hasil pengujian sifat fisik tanah di laboratorium tanah dasar pada ruas jalan Manulai-Tablolong termasuk dalam jenis tanah lempung ekspensif.
8. Penelitian yang dilakukan oleh (Pengujian et al., 2021) dengan judul “Pengaruh Pengujian Sifat Fisik Dan Mekanik Lempung Untuk Analisis Faktor Keamanan Lereng Dengan Metode Mohr Coulomb Pada Ruas Jalan Lingkar Luar Jalur 40 Petuk Kelurahan Kolhua Kota Kupang”. Penelitian ini menggunakan metode analisis dengan metode studi literatur yaitu kegiatan yang meliputi pembelajaran dari berbagai buku, artikel, tulisan ilmiah. Metode *Fellenius (Ordinary Method Of Slice)* diperkenalkan pertama oleh

*Fellenius* (1927,1936) berdasarkan bahwa gaya memiliki sudut kemiringan parallel dengan dasar irisan FK (Faktor Keamanan) dihitung dengan kesetimbangan momen yang berupa busur lingkaran. Kondisi kesetimbangan yang dapat dipenuhi oleh metode ini hanya kesetimbangan momen untuk semua irisan pada pusat lingkaran runtuh.

9. Penelitian yang dilakukan oleh (Idiajir, 2021) dengan judul “Pengembangan Pembelajaran Berbasis E-Modul Pada Mata Kuliah Praktik Mekanika Tanah”. Penelitian ini menggunakan metode R&D (*Research And Development*), konsep R&D digunakan dengan tujuan untuk mengembangkan dan mengvalidasi satu produk yang akan digunakan dalam kegiatan pembelajaran (Hanafi,2017). Pengembangan berbasis e-modul ini akan mengadaptasi model penelitian 4D yang dikembangkan oleh Thiagarajan pada tahun 1974. tujuan dari penelitian ini yaitu menghasilkan satu pembelajaran berbasis e-modul pada mata kuliah Praktik Mekanika Tanah, sasaran produk dalam penelitian ini adalah mahasiswa yang mengambil mata kuliah Praktik Mekanika Tanah Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta.
10. Penelitian yang dilakukan oleh (Atmaja, 2020) dengan judul “Pengujian Sifat Fisik Dan Mekanika Tanah Sebagai Rekomendasi Teknis Dalam Perencanaan Bangunan Struktur”. penelitian ini menggunakan metode pekerjaan lapangan dan juga pengujian labpratrium, adapun pengujian lapangan yaitu pemboran inti dan pengujian *Standart Penetration Test* (SPT). Pekerjaan pemboran inti (*core drilling*) meliputi pengambilan contoh (*core sampling*), pengujian daya dukung standard (*Standard Penetration Test*). *Standard Penetration Test* (SPT) dilaksanakan untuk mengetahui resistansi tanah terhadap penetrasi dengan interval 2.0 meter kedalaman yang dilaksanakan pada lapangan dari batuan berupa tanah residual.

## **2.2 Keaslian Penelitian**

Keaslian penelitian ini terletak pada:

1. Penelitian ini dilakukan dengan mengumpulkan data dan melakukan pengamatan langsung lapangan, dan pengolahan data melalui metode deskriptif kuantitatif.
2. Analisis menggunakan metode mohr-coulomb untuk stabilitas tanah pada infrastruktur jalan.
3. Lokasi penelitian spesifik sesuai dengan daerah penelitian.

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1 Kasifikasi Tanah**

Klasifikasi tanah sangat membantu perancang dalam memberikan pengarahan melalui cara empiris yang tersedia dari hasil pengalaman yang telah lalu. Tetapi, perancang harus berhati-hati dalam penerapannya karena penyelesaian masalah stabilitas, kompersi (penurunan), aliran air yang didasarkan pada klasifikasi tanah sering menimbulkan kesalahan yang berarti (Khatab et al., 2022). Kebanyakan klasifikasi tanah menggunakan indeks tipe pengujian yang sangat sederhana untuk memperoleh karakteristik tanah. Karakteristik tersebut digunakan untuk menentukan kelompok klasifikasi. Umumnya, klasifikasi tanah didasarkan atas ukuran partikel yang diperoleh dari analisis saringan (dan uji sedimentasi) dan plastisitas.

Terdapat dua sistem klasifikasi yang sering digunakan, yaitu *unified soil classification system* dan AASHTO (*American association of state highway and transportation officials*). Sistem – sistem ini menggunakan sifat – sifat indeks tanah yang sederhana seperti distribusi ukuran butiran, batas cair dan indeks plastisitas. Klasifikasi tanah dari sistem unified mula pertama diusulkan oleh casagrande (1942), kemudian direvisi oleh kelompok teknisi dari USBR (United state bureau of reclamation). Dalam bentuk yang sekarang, sistem ini banyak digunakan oleh berbagai organisasi konsultan geoteknik.

Sebagai salah satu alternatif untuk mengurangi gangguan pada sampel tanah, para peneliti memutuskan untuk melakukan uji langsung di lapangan. Dengan pendekatan ini, dihaqrapkan bahwa data yang diperoleh akan lebih representatif dan mencerminkan karakteristik tanah yang sebenarnya di lapangan. Langkah ini dilakukan untuk memastikan bahwa hasil uji memiliki relevansi yang lebih kuat terhadap kondisi nyata di lokasi penelitian, yang pada gilirannya akan memungkinkan penggunaan data tersebut dengan lebih efektif dalam sebuah desain.

Tab 3.1 Klasifikasi Butiran Tanah Menurut Sistem *Unified Soil Classification System*, ASTM, MIT dan *International Nomenclature*.

|         |       |        |       |              |       |          |         |
|---------|-------|--------|-------|--------------|-------|----------|---------|
| 2.0 mm  | 1.0   | 0.5    | 0.25  | 0.1          | 0.05  | 0.002 mm |         |
| kerikil | Kasar | Sedang | Halus | Sangat halus | Lanau |          | Lempung |
|         | Pasir |        |       |              |       |          |         |

|              |             |       |         |                  |
|--------------|-------------|-------|---------|------------------|
| 2.00 mm      | 0.420       | 0.075 | 0.005   | 0.001            |
| Pasir sedang | Pasir halus | Lanau | Lempung | Lempung koloidal |

|        |        |       |       |        |       |         |           |       |
|--------|--------|-------|-------|--------|-------|---------|-----------|-------|
| 2.0 mm | 0.8    | 0.2   | 0.08  | 0.008  | 0.002 | 0.0008  | 0.0002 mm |       |
| Kasar  | Sedang | Halus | Kasar | Sedang | Halus | Kasar   | Sedang    | Halus |
| Pasir  |        |       | Lanau |        |       | Lempung |           |       |

|              |       |        |       |       |       |       |       |         |        |              |
|--------------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|--------|--------------|
| 2.0mm        | 1.0   | 0.5    | 0.2   | 0.1   | 0.05  | 0.02  | 0.006 | 0.002   | 0.0006 | 0.0002 mm    |
| Sangat kasar | Kasar | Sedang | Halus | Kasar | Halus | Kasar | Halus | Kasar   | Halus  | Sangat halus |
| Pasir        |       |        |       | Mo    |       | Lanau |       | Lempung |        |              |

(Sumber : *Mekanika Tanah I – Hary Christady Hrdiyatmo 2010*)

### 3.1.1 Sistem Klasifikasi *Unified Soil Classification System (USCS)*

Pada sistem *Unified Soil Classification System (USCS)*, tanah diklasifikasikan ke dalam tanah berbutir kasar (kerikil dan pasir) jika kurang dari 50% lolos saringan No.200, dan sebagai tanah berbutir halus (lanau/lempung) jika lebih dari 50% lolos saringan No.200. Selanjutnya, tanah diklasifikasikan dalam sejumlah kelompok dan subkelompok yang dapat dilihat dalam gambar 3.4. simbol-simbol yang digunakan tersebut adalah :

*G* = Kerikil (*Gravel*)

*S* = Pasir (*Sand*)

*C* = Lempung (*Clay*)

*M* = Lanau (*Silt*)

*O* = Lanau Atau Lempung Organik (*Organic Silt Or Clay*)

*Pt* = Tanah gambut dan Tanah organik tinggi (*Peat and Highly organic soil*)

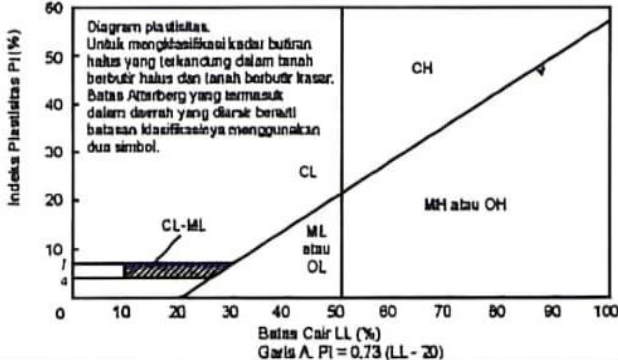
*W* = Gradasi baik (*well – graded*)

*P* = Gradasi buruk (*Poorly – graded*)

*H* = Plastisitas tinggi (*High – plasticity*)

*L* = Plastisitas Rendah (*Low – plasticity*)

Tabel 3.2 sistem klasifikasi tanah unified soil classification system (USCS)

| Divisi Utama                                                          |                                                                            |                                                                                      | Simbol Kelompok                                                                                                                                   | Nama Jenis                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                   | Nama Jenis                                                                                         |                                                                                                 |
|-----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tanah berbutir kasar 50% butiran terhalus saringan no. 200 (0.075 mm) | Kerikil 50% atau lebih dari fraksi kasar terhalus saringan no. 4 (4.75 mm) | Kerikil bersih (sedikit atau tak ada butiran halus)                                  | GW                                                                                                                                                | Kerikil gradasi baik dan campuran pasir-kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus | Klasifikasi berdasarkan prosentase butiran halus, kurang dari 5% lolos saringan no. 200: GW, GP, SW, SP. Lebih dari 12% lolos saringan no. 200: GM, GC, SM, SC. 5% - 12% lolos saringan no. 200. Batasan klasifikasi yang mempunyai simbol dobel. | $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ , $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3 |                                                                                                 |
|                                                                       |                                                                            | Kerikil gradasi buruk dan campuran pasir-kerikil atau tidak mengandung butiran halus | GP                                                                                                                                                | Kerikil gradasi buruk dan campuran pasir-kerikil atau tidak mengandung butiran halus         |                                                                                                                                                                                                                                                   | Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW                                                             |                                                                                                 |
|                                                                       |                                                                            | Kerikil banyak kandungan butiran halus                                               | GM                                                                                                                                                | Kerikil berlanau, campuran kerikil pasir-lempung                                             |                                                                                                                                                                                                                                                   | Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$                                               | Bila batas Atterberg berada di daerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai dobel simbol |
|                                                                       |                                                                            |                                                                                      | GC                                                                                                                                                | Kerikil berlempung, campuran kerikil pasir-lempung                                           |                                                                                                                                                                                                                                                   | Batas-batas Atterberg di atas garis A atau $PI > 7$                                                |                                                                                                 |
|                                                                       | Pasir lebih dari 50% fraksi kasar lolos saringan no. 4 (4.75 mm)           | Kerikil bersih (sedikit atau tak ada butiran halus).                                 | SW                                                                                                                                                | Pasir gradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus.           |                                                                                                                                                                                                                                                   | $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$ , $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3 |                                                                                                 |
|                                                                       |                                                                            | Kerikil banyak kandungan butiran halus                                               | SP                                                                                                                                                | Pasir gradasi buruk, pasir kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus.             |                                                                                                                                                                                                                                                   | Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW                                                             |                                                                                                 |
|                                                                       |                                                                            |                                                                                      | SM                                                                                                                                                | Pasir berlanau, campuran pasir-lanau                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                   | Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$                                               | Bila batas Atterberg berada di daerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai dobel simbol |
|                                                                       |                                                                            |                                                                                      | SC                                                                                                                                                | Pasir berlempung, campuran pasir-lempung                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                   | Batas-batas Atterberg di atas garis A atau $PI > 7$                                                |                                                                                                 |
| Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos saringan no. 200 (0.075 mm) | Lanau dan lempung batas cair 50% atau kurang                               | ML                                                                                   | Lanau tak organik dan pasir sangat halus, serbuk batuan atau pasir halus berlanau atau berlempung                                                 |          |                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                    |                                                                                                 |
|                                                                       |                                                                            | CL                                                                                   | Lempung tak organik dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung kurus ('lean clays') |                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                    |                                                                                                 |
|                                                                       |                                                                            | OL                                                                                   | Lanau organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah.                                                                             |                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                    |                                                                                                 |
|                                                                       | Lanau dan lempung batas cair > 50%                                         | MH                                                                                   | Lanau tak organik atau pasir halus diatomae, lanau elastis.                                                                                       |                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                    |                                                                                                 |
|                                                                       |                                                                            | CH                                                                                   | Lempung tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk ('fat clays')                                                                        |                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                    |                                                                                                 |
|                                                                       |                                                                            | OH                                                                                   | Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi                                                                                           |                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                    |                                                                                                 |
| Tanah dengan kadar organik tinggi                                     |                                                                            | P <sub>t</sub>                                                                       | Gambut ('peat') dan tanah lain dengan kandungan organik tinggi.                                                                                   | Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488             |                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                    |                                                                                                 |

(Sumber : Mekanika Tanah I – Hary Crhistady Hardiyatmo 2010)

### **3.1.2 Sistem Klasifikasi *America Association Of State Highway And Transportation Official* (AASHTO)**

Sistem klasifikasi *American Association Of State Highway And Transportation Official* (AASHTO) dikembangkan pada tahun 1929 sebagai *Public Roads Classification System*. Sistem ini berguna untuk menentukan kualitas tanah untuk perencanaan timbunan jalan, *subbase* dan *subgrade*.

Sistem klasifikasi *American Association Of State Highway And Transportation Official* (AASHTO) membagi tanah ke dalam 8 kelompok, A-1 sampai A-8 termasuk sub-sub kelompok. Tanah-tanah dalam tiap kelompoknya dievaluasi terhadap indeks kelompoknya yang dihitung dengan rumus-rumus empiris. Pengujian yang digunakan adalah analisis saringan dan batas-batas *Atterberg*. Sistem klasifikasi AASHTO, dapat dilihat pada gambar 3.2.

Tabel 3. 3 Sistem Klasifikasi Tanah *American Association Of State High And Transportation Official* (AASHTO)

| Klasifikasi Umum                      | Material Granuler (<35% lolos saringan no. 200) |         |             |                                                |         |         | Tanah-tanah lanau-lempung (<35% lolos saringan no. 200) |                |         |                  |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------|---------|-------------|------------------------------------------------|---------|---------|---------------------------------------------------------|----------------|---------|------------------|
| Klasifikasi Kelompok                  | A-1                                             |         | A-3         | A-2                                            |         |         | A-4                                                     | A-5            | A-6     | A-7              |
|                                       | A-1-a                                           | A-1-b   |             | A-2-4                                          | A-2-5   | A-2-6   |                                                         |                |         | A-2-7            |
| Analisis Saringan ( % lolos )         |                                                 |         |             |                                                |         |         |                                                         |                |         |                  |
| 2,00 mm (no. 10)                      | 50 maks                                         |         |             |                                                |         |         |                                                         |                |         |                  |
| 0,425 mm (no.40)                      | 30 maks                                         | 50 maks | 51 min      |                                                |         |         |                                                         |                |         |                  |
| 0,075 mm (no.200)                     | 15 maks                                         | 25 maks | 10 maks     | 35 maks                                        | 35 maks | 35 maks | 35 maks                                                 | 36 min         | 36 min  | 36 min           |
| sifat fraksi lolos saringan no.4      |                                                 |         |             |                                                |         |         |                                                         |                |         |                  |
| Batas cair ( LL )                     |                                                 |         |             | 40 maks                                        | 41 maks | 40 maks | 41 maks                                                 | 40 maks        | 41 maks | 40 maks          |
| Indeks plastis (PI)                   | 6 maks                                          |         | Np          | 10 maks                                        | 10 maks | 11 maks | 11 maks                                                 | 10 maks        | 10 maks | 11 maks          |
| Indeks Kelompok (G)                   |                                                 | 0       | 0           |                                                | 0       | 4 maks  |                                                         | 8 maks         | 12 maks | 16 maks          |
| Tipe material yang pokok pada umumnya | pecahan batu, kerikil dan pasir                 |         | pasir halus | kerikil berlanau atau berlempung atau berpasir |         |         |                                                         | tanah berlanau |         | tanah berlempung |
| Penilaian umum sebagai tanah dasar    | sangat baik sampai baik                         |         |             |                                                |         |         | sedang sampai buruk                                     |                |         |                  |

(Sumber : *Mekanika Tanah I – Hary Chirstady Hardiyatmo 2010*)

Indeks kelompok (*group index*) (GI) digunakan untuk mengevaluasi lebih lanjut tanah-tanah dalam kelompoknya. Indeks kelompok dihitung dengan persamaan :

$$GI = (F - 35)[0,2 + 0,005(LL - 40)] + 0,01 (F - 15)(PI - 10) \dots\dots\dots(3.1)$$

Dengan :

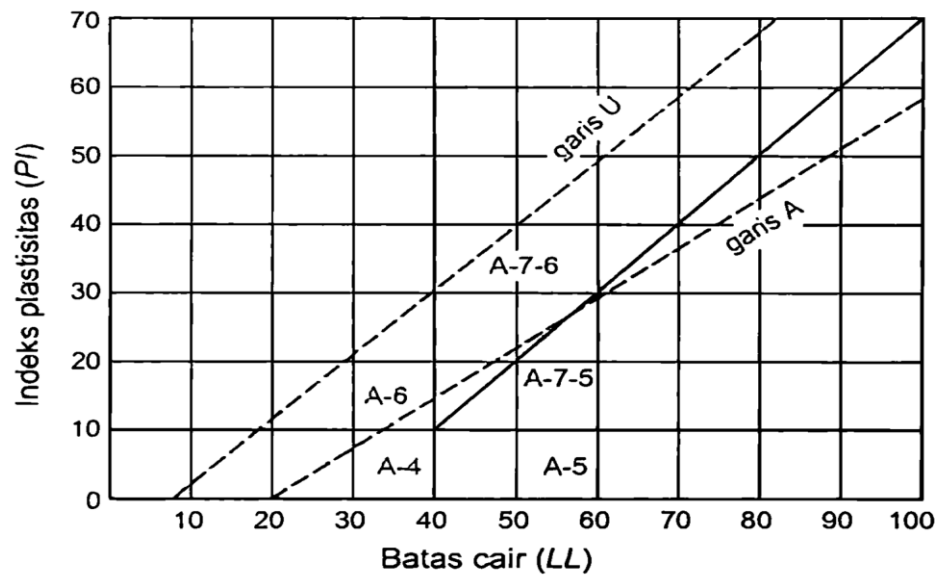
$GI$  = Indeks Kelompok (*Group Index*)

$F$  = Persen Butiran Lolos Saringan No. 200 (0,075 mm)

$LL$  = Batas Cair

$PI$  = Indeks Plastisitas

- ✓ Dasar klasifikasi : Ukuran butiran, batas cair (*Liquid Limit*), indeks plastisitas.
- ✓ Pembagian Kelompok : Tanah dibagi menjadi 7 kelompok utama yaitu, A-1 sampai A-7.
  - a. A-1, A-2, A-3 : Material berbutir kasar ( $\leq 35\%$  lolos saringan No. 200).
  - b. A-4, A-5, A-6, A-7 : Material berbutir halus ( $>35\%$  lolos saringan No. 200).
  - c. Indeks Grup (*group index*) : angka yang ditulis dalam kurung setelah simbol kelompok (misal : A-7-6 (12)) untuk mengevaluasi mutu tanah sebagai tanah dasar secara lebih detail.



Gambar 3.1 Batas-Batas *Atterberg* Untuk Subkelompok A-4, A-5, A-6 dan A-7.

(Sumber : *Mekanika Tanah I – Hary Chirstady Hardiyatmo 2010*)

### 3.2 Jenis – Jenis Tanah

#### 3.2.1 Tanah Butiran Kasar Dan Tanah Butiran Halus

Untuk keperluan geoteknik, tanah biasanya dibagi menjadi dua golongan yaitu tanah berbutir kasar dan tanah berbutir halus. Masing-masing golongan dibagi lagi menjadi dua jenis seperti diperlihatkan pada gambar 3.4.

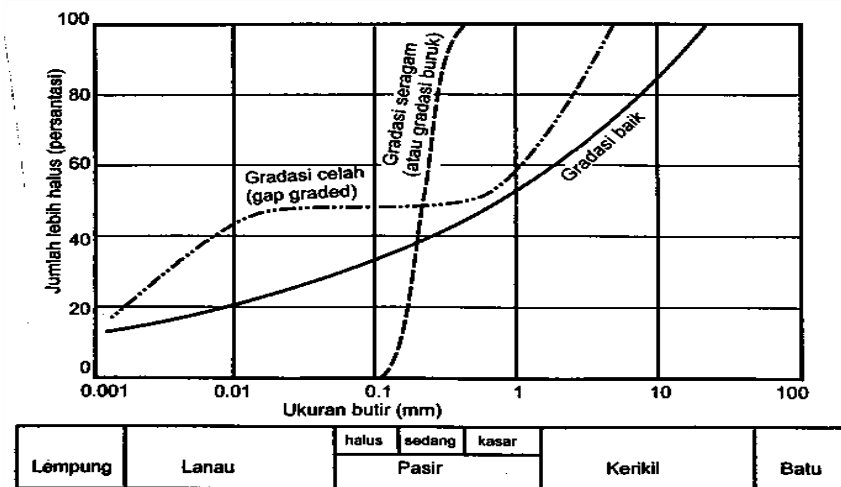
Tabel 3.4 Golongan Tanah Menurut Ukuran Butiran

| TANAH BERBUTIR KASAR<br>Atau tanah tidak berkohesi |       |        |       | TANAH BERBUTIR HALUS<br>Atau tanah berkohesi |         |
|----------------------------------------------------|-------|--------|-------|----------------------------------------------|---------|
| Kerikil                                            | Pasir |        |       | Lanau                                        | Lempung |
|                                                    | Kasar | Sedang | Halus |                                              |         |
| 60                                                 | 2     | 0.6    | 0.2   | 0.06                                         | 0.002   |
| Ukuran butir (mm)                                  |       |        |       |                                              |         |

(Sumber : *Mekanika Tanah – L.D Wesley 2017*)

Tanah berbutir kasar terdiri atas kerikil dan atau pasir dan biasanya disebut bahan granular atau tanah tidak berkohesi. Tanah berbutir halus terdiri atas lanau (*silt*) atau lempungan dan sering disebut tanah berkohesi.

Besarnya butir tanah biasanya digambarkan pada grafik pembagian butir (*particle size distribution curve*), sebagai mana terlihat pada gambar 3.5. biasanya tanah terdiri atas butiran-butiran yang termasuk beberapa golongan misalnya kerikil sering mengandung pasir, dan pasir sering mengandung lanau ataupun lempung.



Gambar 3.2 Grafik Pembagian Butir

(Sumber : *Mekanika Tanah – L.D Wesley 2017*)

Tanah yang ukuran butirannya dibagi rata antar yang besar sampai yang kecil dikatakan bergradasi baik (*well graded*). Bilamana terdapat kekurangan atau kelebihan salah satu ukuran butir tertentu maka tanah itu dikatakan bergradasi buruk (*poorly graded*) atau gradasi celah (*gap graded*). Bilamana besar butirannya semua hampir sama maka dipakai istilah bergradasi seragam (*uniformly graded*).

Penggunaan istilah kerikil, pasir, lanau, dan lempung pada mekanika tanah dasarnya sama dengan penggunaan sehari-hari. Walaupun demikian sebaiknya, kita betul-betul mengerti sifat-sifat keempat golongan ini sebagaimana diterangkan berikut ini:

#### A. Kerikil Dan Pasir

Kelompok ini terdiri atas pecahan batu-batuan dengan bentuk dan ukuran yang beraneka ragam. Butiran kerikil biasanya terdiri atas pecahan-pecahan batu,

tetapi kadang-kadang juga terdiri atas mineral-mineral tunggal. Butiran pasir biasanya terdiri atas mineral tunggal atau di sebut dengan kuarsa. Pada beberapa keadaan, pasir hanya terdiri atas butiran-butiran yang seukuran, sehingga disebut pasir seragam. Ada kalanya terdapat bahan yang besarnya terdiri atas ukuran kerikil hingga pasir tersebut disebut dengan tanah bergradasi baik.

### **B. Lempung**

Lempung terdiri atas butiran yang sangat kecil dan memiliki sifat kohesi dan plastisitas. Sifat ini tidak ditemukan pada pasir dan kerikil. Sifat kohesi berarti butiran-butirannya saling menempel, sedangkan plastisitas adalah sifat yang memungkinkan tanah dapat berubah bentuk tanpa mengubah volume dan tidak menyebabkan retak atau pecah.

### **C. Lanau**

Lanau adalah bahan yang merupakan peralihan antara lempung dan pasir. Lanau bersifat kurang plastis daripada lempung (lanau “asli” sebenarnya tidak memiliki sifat plastis) dan permeabilitas yang lebih tinggi. Lanau juga menunjukkan sifat-sifat khusus, yaitu perilaku quick dan dilatansi yang tidak ditemukan pada lempung. Perilaku quick menunjukkan kecenderungan lanau untuk tidak menjadi cair ketika digetarkan, dan dilatansi merupakan kecenderungan untuk mengalami penambahan volume ketika berubah bentuk.

## **3.3 Kuat Geser Tanah (Mohr-Coulomb)**

Menurut Hardiyanto (2010) parameter kuat geser tanah diperlukan untuk analisis kapasitas dukungan tanah, stabilitas lereng dan gaya dorong pada penahan tanah. Menurut teori Mohr (1910) dalam Hardiyanto (2010) kondisi keruntuhan bahan terjadi akibat adanya kombinasi keadaan kritis tegangan geser pada bidang runtuhnya, dinyatakan oleh persamaan:

$$\tau = c + \sigma \dots\dots\dots(3.2)$$

Kuat geser tanah adalah gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir – butir tanah terhadap desakan dan tarikan. Kuat geser tanah merupakan kemampuan tanah untuk menahan gaya geser yang bekerja sebelum terjadi keruntuhan. Dalam analisis

mekanika tanah, kuat geser sangat penting untuk menentukan stabilitas lereng, daya dukung pondasi, serta tekanan tanah lateral pada dinding penahan. Dengan dasar pengertian tersebut, coloumb (1776) mendefenisikan  $\tau$  sebagai persamaan :

$$\tau = c + \sigma \operatorname{tg}(\varphi) \dots \dots \dots (3.3)$$

dengan :

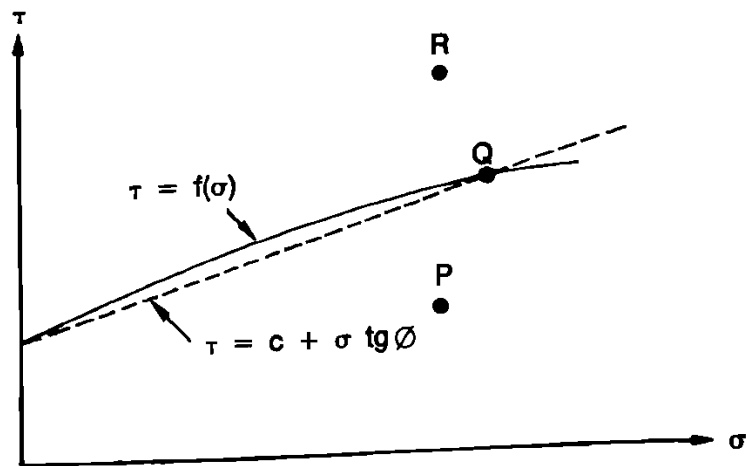
$\tau$  = Kuat geser tanah ( $\text{kN/m}^2$ )

$c$  = Kohesi tanah ( $\text{kN/m}^2$ )

$\sigma$  = Sudut gesek dalam tanah ( $^\circ$ )

$\varphi$  = Tegangan normal pada bidang runtuh ( $\text{kN/m}^2$ )

persamaan ini disebut kriteria keruntuhan atau kegagalan Mohr-Coulomb, di sana garis selubung kegagalan dari kesamaan tersebut dilukiskan dalam gambar 3.6.



Gambar 3.3 Kriteria Kegagalan Mohr Dan Coulomb.

(Sumber : *Mekanika Tanah I – Hary Christady Hardiyatmo 2010*)

#### 1.Kohesi(c)

Kohesi adalah gaya tarik-menarik antar partikel tanah yang menyebabkan tanah tetap menyatu. Nilai kohesi tinggi biasanya ditemukan pada tanah lempung (clay), sedangkan pada tanah pasir (sand), kohesi umumnya sangat kecil atau dianggap nol.

## 2. Sudut Geser Dalam ( $\phi$ )

Sudut geser dalam menggambarkan kemampuan tanah dalam menahan geseran akibat gesekan antar butiran. Nilai  $\phi$  dipengaruhi oleh:

- bentuk dan kekasaran butiran
- kepadatan tanah
- distribusi ukuran partikel

Tanah granular seperti pasir memiliki nilai  $\phi$  yang besar, sedangkan tanah lempung cenderung lebih kecil.

### 2.3.1 Uji Kuat Geser Tanah

Uji kuat geser tanah diperoleh baik dengan kondisi terganggu atau tidak asli (*disturbed-sample*) maupun di dalam lubang (*undisturbed-sample*). Pada pengambilan tanah benda uji dengan tabung, biasanya kerusakan contoh tanah relatif lebih kecil.

Beberapa faktor yang mempengaruhi besarnya kuat geser tanah yang diuji di laboratorium, adalah :

- a) Kandungan mineral dari butiran tanah.
- b) Bentuk partikel.
- c) Angka pori dan kadar air.
- d) Tegangan yang dialami.
- e) Tegangan yang ada di lokasi (dalam tanah).
- f) Perubahan tegangan selama pengambilan contoh dari dalam tanah.
- g) Tegangan yang dibebankan sebelumnya pengujian.
- h) Cara pengujian.
- i) Kecepatan pembebanan.
- j) Kondisi sungai yang dipilih.
- k) Tekanan air pori yang ditimbulkan.
- l) Kriteria yang diambil untuk penentuan kuat geser.

Butiran kandungan mineral dari butiran tanah sampai tegangan yang ada hubungannya dengan kondisi aslinya yang tak dapat dikontrol, tetapi dapat dinilai dari hasil pengamatan di lapangan, pengukuran dan kondisi geologi. Butiran perubahan tegangan selama pengambilan contoh dari dalam tanah tergantung dari kualitas benda uji dan penanganan benda uji dalam persiapan pengujian. Sedangkan butiran tegangan yang dibedakan sebelum pengujian sampai kriteria yang diambil untuk penentuan kuat geser. Tergantung dari cara pengujian yang dipilih.

Ada beberapa cara untuk menentukan kuat geser tanah, antara lain:

- 1) Uji geser langsung (*direct shear test*)
- 2) Uji triaksialn (*triaxial test*)
- 3) Uji tekan bebas (*unconfined compression test*)
- 4) Uji geser kipas (*vane shear test*)

### **3.4 Teori Stabilitas Lereng Atau Tebing**

Teori stabilitas lereng adalah cabang ilmu geoteknik yang mempelajari kondisi dan faktor-faktor yang mempengaruhi kestabilan lereng tanah. Stabilitas lereng penting untuk memastikan keamanan bangunan dan infrastruktur yang dibangun di atas atau sekitar lereng, seperti jalan raya, jembatan, dan dam (Laia et al., 2025). erdapat beberapa pendekatan untuk menganalisis stabilitas lereng, di antaranya adalah metode keseimbangan batas, metode faktor keamanan, dan analisis numerik. Metode keseimbangan batas sering digunakan untuk menentukan seberapa aman lereng tersebut, dengan cara membandingkan gaya yang bekerja pada lereng dengan gaya yang menahan lereng dari kegagalan.

Dalam analisis stabilitas lereng, konsep kuat geser tanah berdasarkan kriteria Mohr–Coulomb sangat berperan penting. Parameter kohesi ( $c$ ) dan sudut geser dalam ( $\phi$ ) menentukan besarnya tahanan geser tanah terhadap bidang longsor. Metode analisis yang sering digunakan antara lain metode irisan (*method of slices*), seperti

metode Fellenius (ordinary method), Bishop, dan Janbu. Metode ini membagi massa tanah menjadi beberapa irisan vertikal untuk mempermudah perhitungan gaya-gaya yang bekerja (Rajagukguk & Monintja, 2014). Metode Bishop, misalnya, merupakan pengembangan yang lebih teliti karena mempertimbangkan keseimbangan momen dan sebagian gaya antar irisan, sehingga hasilnya lebih akurat dibandingkan metode Fellenius.

Selain faktor sifat tanah, stabilitas lereng juga dipengaruhi oleh beberapa faktor lain seperti kemiringan lereng, tinggi lereng, kondisi air tanah, curah hujan, serta beban tambahan di atas lereng (Rajagukguk & Monintja, 2014). Air memiliki pengaruh signifikan karena dapat meningkatkan tekanan pori dan menurunkan kuat geser efektif tanah, sehingga memperbesar kemungkinan terjadinya longsor. Oleh karena itu, analisis stabilitas lereng sering dilakukan dalam dua kondisi, yaitu kondisi jangka pendek (undrained) dan jangka panjang (drained).

Secara umum, teori stabilitas lereng digunakan dalam perencanaan konstruksi seperti jalan, bendungan, dan tambang terbuka, guna memastikan keamanan struktur dan lingkungan sekitarnya. Pendekatan analisis ini membantu insinyur dalam menentukan desain lereng yang aman serta langkah-langkah perkuatan yang diperlukan, seperti pemasangan drainase, dinding penahan, atau perkuatan tanah.

#### **3.4.1 Tebing**

Tebing adalah formasi bebatuan yang menjulang secara vertikal, Tebing terbentuk akibat dari erosi. Tebing umumnya ditemukan di daerah pantai, pegunungan dan sepanjang sungai. Tebing umumnya dibentuk oleh bebatuan yang tahan terhadap proses erosi dan cuaca. Proses erosi terjadi akibat pukulan air hujan lebih besar dari daya tahan tanah yang selanjutnya menghancurkan agregat tanah. Butiran agregat tanah akan menyumbat pori-pori tanah, sehingga menurunkan kapasitas menyerap air oleh tanah. Kondisi ini menyebabkan limpasan permukaan yang kemudian dapat mengikis dan mengangkut partikel tanah yang telah hancur.

### 3.4.2 Tebing Sungai

Tebing sungai merupakan bagian terluar dari tepi sungai yang secara terus menerus terkena erosi. Tebing sungai dapat ditemukan pada sungai tua atau sungai yang telah mengalami proses meandering. Tebing sungai terletak di sebelah luar dari lengkungan sungai (*meander*), terletak bersebrangan dengan dengan *slip off slope* yang terletak pada bagian dalam sungai. Keduanya terbentuk seperti tebing kecil dan terbentuk karena proses erosi oleh aliran sungai yang bertabrakan dengan tepi sungai.

### 3.4.3 Resiko Longsor Tebing Sungai

Longsor tebing sungai (*bank flailure*) memiliki resiko sebagai berikut :

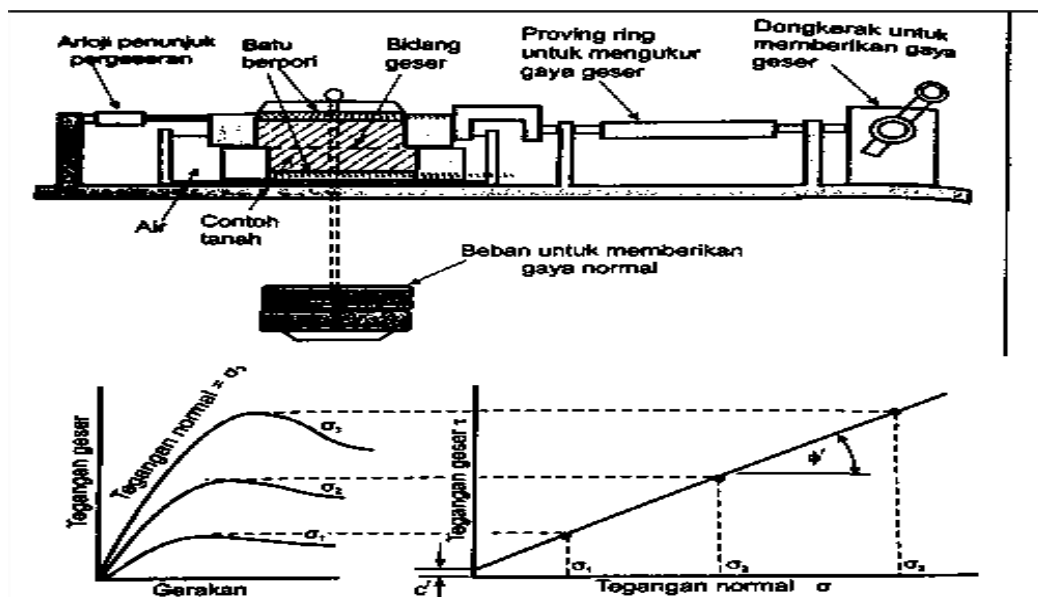
1. Pengdangkalan (*Aggradasi*) : Material longsor masuk ke badan sungai, mempersempit penampang sungai, dan memicu banjir di hulu sungai.
2. Migrasi sungai : Longsor yang terus menerus menyebabkan posisi sungai berpindah, yang bisa merusak batas wilayah.
3. Kehilangan infrastruktur : Jembatan sering kali runtuh bukan karena bebannya, tetapi karena pondasi di tebing sungai kehilangan tanah penumpu.

## 3.5 Faktor Keamanan (FK) Lereng

Faktor-faktor yang mempengaruhi stabilitas lereng meliputi sudut kemiringan lereng, jenis dan sifat material tanah, kondisi drainase, serta beban tambahan yang mungkin diberikan seperti bangunan atau kendaraan. Dalam kajian ini, akan dilakukan analisis stabilitas lereng terhadap beberapa variabel tersebut. Penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pemahaman yang lebih baik mengenai faktor-faktor yang memengaruhi kestabilan lereng serta memberikan rekomendasi untuk desain yang lebih aman.

### 3.6 Uji Geser Langsung (Uji Kotak Geser)

Uji geser langsung digunakan untuk mengetahui tegangan geser yang diberikan dengan memakai kecepatan bergerak (*deformation rate*), yang tetap, secara perlahan-lahan, sehingga tekanan air pori selalu tetap nol. Hanya pengujian terdrainasi yang dapat dilaksanakan dengan memakai geser langsung ini. Untuk mendapat nilai  $c'$  dan  $\phi'$  perlu dilakukan beberapa pengujian dengan memakai nilai tegangan normal yang berbeda. Dengan demikian hasilnya dapat dijadikan grafik, seperti terlihat pada gambar 3.7.



Gambar 3.5 Uji Geser Langsung (Uji Kontak Geser)

(Sumber : *Mekanika Tanah – L.D Wesley 2017*)

Grafik pertama adalah kurva tegangan geser terhadap gerakan horizontal, dan yang kedua adalah tegangan geser maksimum (nilai keruntuhan) terhadap tegangan normal. Garis yang melalui titik-titik ini adalah garis keruntuhan Mohr-Coulomb yang menentukan nilai  $c'$  dan  $\phi'$  dari tanah tersebut.

Uji geser langsung pada zaman sekarang kurang disukai oleh para ahli dalam bidang mekanika tanah, karena hal-hal berikut:

- Contoh tanah asli sulit disiapkan karena penampang persegi,
- Drainasi tidak dapat dikendalikan, sehingga uji tak terdrainasi tidak dapat dilaksanakan,

- Tegangan-tegangan utama tidak diketahui,
- Luas contoh tanah berubah selama pengujian berlangsung dan koreksi tidak tepat, dan
- Grafik tegangan terhadap regangan tidak diperoleh, hanya kurva tegangan terhadap deformasi.

Walaupun ada kekurangannya, uji geser memiliki kelebihan, yaitu:

- Alat sederhana sehingga ongkosnya tidak mahal seperti alat triaksial,
- Alat ini cocok untuk pasir atau kerikil karena tidak diperlukan contoh asli, dan air pori cepat mengalir sehingga pelaksanaan uji terdrainasi relatif mudah, dan
- Uji geser langsung juga dapat dilakukan pada lempung asal kecepatannya cukup perlahan-lahan sehingga tidak timbul tekanan air pori di dalam contoh.

### 3.7 Defenisi Batas-batas Atterberg

Suatu contoh lempung berbutir halus (lempung atau lanau) dalam keadaan agak kering. Jika lempung ini ditambah air dan di campur aduk supaya seragam sedikit demi sedikit, maka tanah itu akan melalui bebrapa keadaan tertentu dari keadaan beku sampai keadaan cair keadaan ini, disebut dengan istilah-istilah yang dipakai untuk perbatasan seperti digambarkan pada tabel 3.5.

Tabel 3.5 Tahapan Tanah Beku, Plastis, Dan Cair

|                                     |                                        |                              |                       |
|-------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------|-----------------------|
| Kering                              |                                        | basah                        |                       |
| →                                   |                                        | →                            |                       |
| Keadaan beku<br>(solid)             | Keadaan semi-plastis<br>(semi plastic) | Keadaan plastis<br>(plastic) | Keadaan cair (liquid) |
| Batas menyusut<br>(shrinkage limit) | batas plastis<br>(plastic limit)       | batas cair<br>(liquid limit) |                       |

(Sumber : *Mekanika Tanah – L.D Wesley 2017*)