

`BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Tanah merupakan material yang selalu berhubungan dengan teknologi konstruksi sipil. Karena besarnya pengaruh tanah terhadap perencanaan seluruh konstruksi, maka tanah menjadi komponen yang sangat diperhatikan dalam perencanaan konstruksi. Untuk itu, dalam perencanaan suatu konstruksi harus dilakukan penyelidikan terhadap karakteristik dan kekuatan tanah terutama sifat – sifat tanah yang mempengaruhi kekuatan dukungan tanah dalam menahan beban konstruksi yang ada di atasnya. Ada beberapa jenis tanah yang bermasalah, sehingga perlu dilakukannya perbaikan tanah salah satunya dengan cara stabilisasi tanah. Salah satu jenis tanah yang bermasalah adalah tanah lempung.

Tanah lempung (*Clay*) adalah suatu tanah yang berbutir halus, yang memiliki sifat kohesif dan plastis, tanah lempung bersifat plastis pada kadar air sedang, pada keadaan kering tanah lempung sangat keras dan tidak mudah dikelupas hanya dengan jari. Pada keadaan kadar air lebih tinggi lempung sangat lunak dan bersifat kohesif (Soekoto, 1984).

Tekanan mengembang (*Swell Pressure*) yang terjadi pada tanah lempung (*Clay*) diakibatkan terdapatnya kandungan air yang cukup banyak didalamnya. walaupun memiliki tekanan mengembang yang cukup besar, namun daya dukung tanah terhadap struktur yang dibangun di atasnya sangat rendah. Hal ini sangat berbahaya karena akan terjadi pergeseran struktur tersebut, bahkan kemungkinan akan terjadi keruntuhan total. Oleh karena itu, sebelum membangun konstruksi, tanah lempung tersebut harus terlebih dahulu di stabilisasi.

Metode yang kerap kali dilakukan untuk mengatasi tanah-tanah bermasalah adalah metode perbaikan tanah. Metode perbaikan tanah adalah usaha pencampuran tanah dengan bahan tertentu guna memperbaiki sifat-sifat teknis tanah agar memenuhi syarat tertentu dalam sebuah pembangunan konstruksi. Banyak cara digunakan untuk memperbaiki kekuatan tanah lempung, salah satunya adalah stabilisasi secara kimiawi. Bahan tambahan yang umumnya digunakan adalah kapur, semen, abu terbang, serta bahan kimia lainnya. Namun

pada penelitian ini salah satu usaha perbaikan tanah lempung yang dapat dilakukan adalah dengan menambahkan limbah abu cangkang kelapa sawit pada tanah tersebut. Abu cangkang kelapa sawit merupakan limbah dapat digunakan sebagai pozzolan, yaitu bahan halus yang mengandung silica dan alumina yang dapat bereaksi dan membentuk bahan semen (ASTM, 2001), serta banyak di hasilkan di Rokan Hulu.

Berdasarkan latar belakang di atas, akan dilakukan penelitian mengenai stabilisasi yang dilakukan dengan mencampurkan tanah lempung dengan limbah abu cangkang kelapa sawit bertujuan untuk mengetahui pengaruh campuran tersebut terhadap nilai kuat geser tanah lempung. Salah satu parameter yang dapat diketahui apakah tanah tersebut daya dukungnya baik atau tidak bisa dilihat dari nilai kekuatan geser tanah. Kuat geser tanah dapat diketahui dengan pengujian *Direct Shear*, sehingga dapat diketahui nilai kohesi, dan sudut geser. Kohesi adalah komponen dari kekuatan geser tanah yang timbul akibat gaya – gaya internal yang menahan butiran tanah menjadi satu – kesatuan dalam massa padat, sedangkan sudut geser adalah komponen dari kekuatan geser tanah yang timbul akibat gesekan antar butir (SNI 2813, 2008).

Maka dari itu, dilakukan penelitian perbaikan tanah dengan mencampurkan tanah lempung (*Clay*) dengan abu cangkang kelapa sawit akan dilihat bagaimana pengaruhnya terhadap nilai kuat geser tanah lempung sehingga dapat dinyatakan bahwa bahan tersebut layak untuk dijadikan bahan stabilisator, Dengan permasalahan diatas, maka penulis mengambil judul : “PENGARUH PENCAMPURAN ABU CANGKANG KELAPA SAWIT TERHADAP NILAI KUAT GESER TANAH LEMPUNG”.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Apakah jenis tanah lempung yang ada di Desa Rambah Tengah Hilir, Kec. Rambah, Kabupaten Rokan Hulu?
2. Bagaimana pengaruh campuran tanah lempung (*Clay*) dengan abu cangkang kelapa sawit terhadap nilai kuat geser tanah lempung?

1.3. Tujuan Dan Manfaat

Adapun tujuan dan manfaat yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah untuk mengetahui:

1. Untuk mengetahui apakah jenis tanah lempung yang ada di Desa Rambah Tengah Hilir, Kec. Rambah, Kabupaten Rokan Hulu.
2. Untuk mengetahui pengaruh campuran abu cangkang kelapa sawit terhadap nilai kuat geser pada tanah lempung.

1.4. Batasan Masalah.

Batasan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Penelitian menggunakan tanah yang diambil dari Desa Rambah Tengah Hilir, Kec. Rambah, Kabupaten Rokan Hulu.
2. Identifikasi Campuran abu cangkang kelapa sawit yang digunakan adalah 15%, 20%, dan 25% dengan waktu pemeraman 1 kali 24 jam.
3. Batasan penelitian yang dilakukan dilaboratorium yaitu Uji kuat geser langsung (*direct shear test*)
4. Penelitian tidak menguji sifat dan karakteristik dari abu cangkang kelapa sawit
5. Pengujian laboratorium ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah, Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pasir Pengaraian.
6. Abu Cangkang kelapa sawit pabrik kelapa sawit di dapat dari pabrik pengolahan kelapa sawit pada PT. SJI Coy yang ada di Kec. Kepenuhan, Kab. Rokan Hulu.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Yang Pernah Dilakukan

Beberapa peneliti telah melakukan penelitian yang berkaitan dengan Pengaruh Pencampuran Abu Cangkang Kelapa Sawit Terhadap Kuat Geser Tanah Lempung, diantaranya:

1. **Arif Wibawa, Endang Setyawati Hisyam(2015)**. “Pengaruh Penambahan Limbah Gypsum Terhadap Nilai Kuat Geser Tanah Lempung”. Tanah merupakan material yang selalu berhubungan dengan teknologi konstruksi sipil. Karena besarnya pengaruh tanah terhadap perencanaan seluruh konstruksi, maka tanah menjadi komponen yang sangat diperhatikan dalam perencanaan konstruksi. Dari berbagai jenis tanah, tanah lempung adalah tanah yang paling banyak ditemukan masalah. Pada kenyataannya tanah lempung bersifat kurang menguntungkan secara teknis untuk mendukung suatu pekerjaan konstruksi. Maka dari itu, diperlukannya perbaikan tanah guna untuk meningkatkan daya dukung tanah, salah satunya adalah dengan stabilisasi perbaikan tanah secara kimiawi. Salah satu parameter yang dapat diketahui apakah tanah tersebut daya dukungnya baik atau tidak bisa dilihat dari nilai kekuatan geser tanah. Kuat geser tanah dapat diketahui dengan pengujian *Direct Shear*, sehingga dapat diketahui nilai kohesi, dan sudut geser.

Dalam peningkatan kestabilan tanah biasanya digunakan *Polypropylene Polymer (PP)* yang harganya cukup mahal. Biaya yang mahal ini mengakibatkan peningkatan dari harga pembangunan. Untuk mengurangi tingginya biaya perbaikan tanah, dalam penelitian ini dilakukan pengujian stabilitas tanah dengan menambahkan limbah gypsum yang diolah menjadi serbuk sebagai bahan pencampur tanah.

Hasil dari pengujian didapat nilai S terbesar terjadi pada sampel tanah yang dicampur dengan limbah gypsum sebanyak 8% dengan waktu pemeraman 14 hari yaitu 61,57 KN/m². Nilai ini terjadi kenaikan sebesar 116,34% dari sampel tanah asli yang dilakukan pemeraman waktu selama

14 hari. Kenaikan ini terjadi karena gypsum mengandung kalsium yang mengikat tanah bermateri organik terhadap lempung. Gypsum juga lebih menyerap banyak air sehingga membuat campuran limbah dan sampel tanah akan menjadi semakin keras dan kuat, sehingga dapat meningkatkan nilai kohesi tanah yang menjadikan tiap – tiap partikel tanah terikat dengan kuat dan berpengaruh pada peningkatan nilai kuat geser tanah lempung.

2. Nahesson Panjaitan (2017). “Pengaruh Kapur Terhadap Kuat Geser Tanah Lempung”. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan kapur terhadap peningkatan kuat geser tanah lempung. Contoh tanah yang digunakan dalam penelitian diambil dari daerah Tarutung-Sibolga KM.11 yang memiliki tanah yang kurang baik untuk digunakan sebagai tanah dasar dalam jalan raya. Hal ini disebabkan tanah lempung memiliki sensitivitas yang tinggi terhadap perubahan kadar air, sehingga menyebabkan kuat geser tanah tersebut rendah. Untuk itu perlu dilakukan perbaikan tanah dengan penambahan kapur. Kapur merupakan salah satu material yang cukup efektif dalam perbaikan tanah. Efektivitas perbaikan tanah lempung dengan penambahan kapur dapat dilihat dari sifat mekanik tanah tersebut. Untuk mengetahui pengaruh kapur maka dilakukan dengan cara membuat variasi pencampuran kapur sebesar 0%, 5%, 10%, 15% dan 20%. Hasil penelitian uji sifat mekanik diantaranya penambahan 5% kapur nilai kohesi dan sudut geser masing – masing sebesar 1,28 Kg/cm² dan 37,950, meningkat menjadi 1,44 Kg/cm² dan 63,770 pada pencampuran kapur 20%. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan penambahan kapur dapat meningkatkan nilai sudut geser dalam serta nilai kohesi tanah lempung.

3. Muhammad Zardi, Mukhlis (2015). “Pengaruh Pencampuran Semen Terhadap Kuat Geser Tanah Lempung Lampoh Keude”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh semen terhadap tanah lempung Desa Lampoh Keude Kecamatan Kuta Baroe Kabupaten Aceh Besar. Hasil yang ingin dilihat adalah parameter sudut geser (ϕ) dan kohesi (c) dari pengujian

geser langsung (*direct shear test*). Tegangan normal yang diberikan untuk pengujian geser langsung adalah $0,305 \text{ Kg/cm}^2$, $0,634 \text{ Kg/cm}^2$ dan $1,293 \text{ Kg/cm}^2$ dengan kadar air optimum yang diperoleh 23,15% dan berat volume kering $1,438 \text{ gr/cm}^2$. Adapun dalam penelitian ini diuji tiga sampel untuk masing masing persentase campuran 0%, 4%, 8%, 12% dan 16% dengan masa pemeraman 1 hari. Benda uji tanpa campuran semen dibuat 3 buah dan dengan campuran semen dibuat 12 buah untuk 3 kali pengulangan pengujian. Pengujian tanah di laboratorium meliputi pengujian sifat fisis tanah asli, sifat mekanik tanah asli dan tanah dengan campuran semen. Berdasarkan pemeriksaan sifat fisis tanah asli, AASHTO mengklasifikasikan tanah dasar sebagai tanah berlempung dalam kelompok A-7-6 (11) dan USCS mengklasifikasikan tanah dasar sebagai tanah lanau dan lempung dalam kelompok CH. Penambahan pencampuran semen memperlihatkan kestabilan tanah dari uji geser langsung dengan peningkatan kohesi (c) dan parameter sudut geser (ϕ) yaitu 0% semen sebesar $c = 0,797 \text{ Kg/cm}^2$ dan $\phi = 31,45^\circ$, 4% semen sebesar $c = 1,326 \text{ Kg/cm}^2$ dan $\phi = 36,22^\circ$, 8% semen sebesar $c = 1,529 \text{ Kg/cm}^2$ dan $\phi = 38,55^\circ$, 12% semen sebesar $c = 1,950 \text{ Kg/cm}^2$ dan $\phi = 38,11^\circ$, 16% semen sebesar $c = 2,084 \text{ Kg/cm}^2$ dan $\phi = 39,01^\circ$. Hasil pengujian geser langsung dengan pencampuran semen pada tanah lempung menunjukkan adanya peningkatan kohesi (c) dan parameter sudut geser (ϕ).

4. Abdul Jalil, Khairul Adi (2014). Dalam penelitiannya ditulis tentang Pengaruh Penambahan Pasir Pada Tanah Lempung Terhadap Kuat Geser Tanah. Tanah berguna sebagai bahan bangunan pada berbagai macam pekerjaan teknik sipil. Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan pasir yang dicampurkan pada tanah lempung dengan variasi 0%, 10%, 20%, dan 30% terhadap parameter kuat geser tanah. Tanah yang diuji pada penelitian ini berasal dari Desa Alue Awe Bukit Rata kecamatan Muara Dua Kota Lhokseumawe. Pengujian kuat geser dilakukan dengan triaxial dan jumlah benda ujinya sebanyak 12 sampel. Berdasarkan klasifikasi AASHTO tanah tergolong A-7-6 dan berdasarkan klasifikasi

USCS termasuk tanah Lempung- Lanau. Tanah ini mempunyai *spesifik gravity* 2,59, Batas cair 40,51%, Batas Plastis 28,59% dan *index plastisitas* 12%. Tanah tersebut mempunyai density sebesar 1,58 gr/cm³ dengan kadar air optimum 17,80%, sehingga pada penambahan pasir 10% dengan *density* sebesar 1,58 gr/cm³ dengan wopt 17,80% dapat meningkatkan kadar air optimum dan kepadatan keringnya. Parameter kuat geser tanah asli dengan sudut 40°, c sebesar 6,4018 kg/cm², 10% sand sudut sebesar 22°, c sebesar 6,7923 kg/cm². Semakin ada penambahan pasir semakin meningkat kohesi tanah tersebut, dan sudut geserakan semakin menurun.

5. **Melisa Haras, Turangan A. E, Roski R.I. Legrans(2017).** “Pengaruh Penambahan Kapur Terhadap Kuat Geser Tanah Lempung”. Tanah secara umum terdiri dari tiga unsur yaitu butiran tanahnya sendiri serta air dan udara. Kekuatan tanah untuk memikul beban sangatlah menunjang dalam kestabilan suatu struktur bangunan dimana tanah sebagai dasar perkuatan dari struktur bangunan harus memiliki kapasitas dukung dan kuat geser yang tinggi. Sehingga apabila ada kondisi tanah yang buruk maka dapat melakukan stabilisasi tanah. Stabilisasi tanah dapat memperbaiki sifat-sifat fisik tanah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh kadar kapur terhadap nilai kuat geser tanah lempung yang ada di area jalan Tinoor-Tomohon. Percobaan ini dilakukan dengan cara mencampurkan tanah asli dan tanah kering udara dengan kadar kapur yang bervariasi dari 0%, 2%, 4%, 6%, 8%, 10%, 12% terhadap berat kering tanah kemudian sampelnya di uji dengan menggunakan alat *Direct Shear* (geser langsung) untuk mendapatkan nilai parameter kuat geser tanah yaitu kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ).

Dari hasil penelitian pemadatan yang dilakukan menunjukkan bahwa penambahan kadar kapur terhadap tanah, semakin besar prosentase kapur semakin meningkat kadar air optimum tanah sebaliknya berat isi kering tanah menurun. Kadar air optimum tertinggi terdapat pada prosentase campuran 8% Kapur yaitu sebesar = 31,8 % sedangkan berat isi kering tanah tertinggi terdapat pada prosentase 0% Kapur yaitu sebesar = 1,265

gr/cm³. Sedangkan hasil uji geser langsung menunjukkan bahwa persentase penambahan kapur padam akan menghasilkan peningkatan nilai sudut geser dalam. Nilai sudut geser dalam tertinggi terdapat pada persentase 12% kapur dengan nilai sebesar = 43,84°. Dan juga dapat dilihat bahwa persentase penambahan kapur padam pada persentase 6% menghasilkan penurunan nilai kohesi. Nilai kohesi tertinggi sebesar = 2,08 (t/m²).

Berdasarkan hasil penelitian bahwa penggunaan bahan kapur yang berlebihan terhadap tanah khususnya untuk tanah lempung tidak begitu baik karena kadar kapur yang efektif terhadap tanah lempung yaitu pada variasi campuran 6% dalam peningkatan nilai kuat geser tanah

2.2. Keaslian Penelitian

Penelitian ini memang mempunyai kemiripan dengan penelitian terdahulu tetapi di per tegas lagi terhadap perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya diantaranya yaitu:

- a) Untuk Mengidentifikasi pengaruh Campuran abu cangkang kelapa sawit terhadap nilai kuat geser tanah lempung.
- b) Parameter kuat geser hanya menggunakan alat uji direct shear.

BAB III LANDASAN TEORI

3.1. Tanah

Tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut (Braja M. Das, 1988).

Tanah dapat dibagi atas beberapa jenis pengelompokan tanah yaitu berdasarkan ukuran partikel tanah, campuran butiran dan sifat lekatannya. Berdasarkan ukuran partikelnya, tanah dapat terdiri dari salah satu atau seluruh jenis partikel berikut ini:

1. Kerikil (*gravel*) yaitu kepingan-kepingan batuan yang kadang juga partikel mineral *quartz* dan *feldspar* yang berukuran lebih besar 2 mm.
2. Pasir (*sand*) yaitu sebagian besar mineral *quartz* dan *feldspar* yang berukuran antara 0,06 mm-2 mm.
3. Lanau (*silt*) yaitu sebagian besar *fraksi mikroskopis* (yang berukuran sangat kecil) dari tanah yang terdiri dari butiran-butiran *quartz* yang sangat halus dan dari pecahan-pecahan mika yang berukuran dari 0,002 sampai 0,06 mm
4. Lempung (*clay*) yaitu sebagian besar terdiri dari partikel *mikroskopis* (berukuran sangat kecil) dan *sub-mikroskopis* (tak dapat dilihat, hanya dengan mikroskop) yang berukuran lebih kecil dari 0,002 mm (2 mikron). (Melisa Haras, dkk, 2017).

Stabilisasi tanah merupakan upaya untuk merubah atau memperbaiki sifat-sifat teknis tanah seperti: kapasitas dukung, kompresibilitas, permeabilitas, potensi pengembangan dan sensitifitas terhadap perubahan kadar air agar memenuhi syarat teknis tertentu dengan cara menambah bahan tertentu pada tanah tersebut. Kondisi tanah dikatakan stabil apabila memenuhi kriteria atau spesifikasi perencanaan yang dikerjakan dilapangan, baik sebagian maupun seluruhnya.

1. Stabilisasi Mekanis Stabilisasi mekanis dilakukan dengan cara mencampur atau mengaduk dua macam tanah atau lebih yang bergradasi berbeda untuk memperoleh material yang memenuhi syarat kekuatan tertentu.
2. Stabilisasi dengan Menggunakan Bahan Tambah Perbaikan tanah pada metode ini adalah dengan mencampurkan/menambahkan zat aditif pada tanah yang akan digunakan misalnya semen, kapur, abu sekam padi, abu terbang dan lain-lain (Maryati, 2016).

3.2. Sifat fisis tanah

Sifat – sifat fisik tanah dan sifat keteknikan tanah, lebih ditentukan oleh jenis dari klasifikasi tanah itu sendiri. Pengklasifikasian tanah dimaksudkan untuk mempermudah pengelompokkan berbagai jenis tanah ke dalam kelompok tanah yang sesuai dengan sifat teknik dan karakteristiknya. Pengelompokkan tanah menempatkan tanah dalam 3 kelompok, tanah berbutir kasar, tanah berbutir halus dan tanah organis.

Berdasarkan USCS tanah berbutir kasar adalah yang mempunyai persentase lolos saringan nomor 200 < 50%, dan tanah berbutir halus (lanau/lempung) jika lebih dari 50% lolos saringan nomor 200. Tanah ini dibagi dalam 2 kelompok yaitu kelompok kerikil dan tanah kerikil serta pasir dan tanah kepasiran.

Tanah berbutir halus dibagi dalam Lanau (M), Lempung (C) yang didasarkan pada batas cair dan indeks plastisitasnya. Tanah Organik juga termasuk dalam kelompok tanah berbutir halus. Konsistensi dari tanah lempung dan tanah kohesif lainnya sangat dipengaruhi oleh kadar air. Indeks plastisitas dan batas cair dapat digunakan untuk menentukan karakteristik pengembangan. Karakteristik pengembangan hanya dapat diperkirakan dengan menggunakan indeks plastisitas, (*Holtz dan Gibbs, 1962*).

Ada pun pengujian-pengujian yang dilakukan antara lain:

1. Kadar air (*Moisture Content*)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kadar air suatu sampel tanah, yaitu perbandingan antara berat air yang terkandung dalam tanah dengan berat butir kering tanah tersebut yang dinyatakan dalam persen. Pengujian berdasarkan ASTM D 2216-98.

2. Berat Volume (*Unit Weight*)

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan berat volume tanah basah dalam keadaan asli (*undisturbed sample*), yaitu perbandingan antara berat tanah dengan volume tanah. Pengujian berdasarkan ASTM D 2167.

3. Berat Jenis (*Specific Gravity*)

Percobaan ini dilakukan untuk menentukan kepadatan massa butiran atau partikel tanah yaitu perbandingan antara berat butiran tanah dan berat air suling dengan volume yang sama pada suhu tertentu. Pengujian berdasarkan ASTM D 854-02.

4. Batas Cair (*Liquid Limit*)

Tujuan pengujian ini adalah untuk menentukan kadar air suatu jenis tanah pada batas antara keadaan plastis dan keadaan cair. Pengujian berdasarkan ASTM D4318-00.

5. Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Tujuannya adalah untuk menentukan kadar air suatu jenis tanah pada keadaan batas antara keadaan plastis dan keadaan semi padat. Pengujian berdasarkan ASTM D 4318-00.

Bowles (1993), menyatakan bahwa indeks plastisitas (IP) merupakan nilai yang terpenting dalam indeks konsistensi tanah. Semakin besar nilai IP suatu tanah lempung, semakin besar pula masalah yang ditimbulkan oleh tanah tersebut dalam bidang konstruksi.

6. Analisis Saringan (*Sieve Analysis*)

Tujuan pengujian analisis saringan adalah untuk mengetahui persentasi butiran tanah dan susunan butiran tanah (*gradasi*) dari suatu jenis tanah yang tertahan di atas saringan No. 200 (\varnothing 0,075 mm). Pengujian berdasarkan ASTM D 422.

3.3. Klasifikasi Tanah

Klasifikasi tanah adalah pembentukan dari beberapa jenis tanah yang berbeda dan mempunyai sifat yang sama dibentuk dalam kelompok-kelompok berdasarkan pemakaiannya. Klasifikasi tanah dibagi menjadi dua macam yaitu Klasifikasi Berdasarkan Tekstur dan Klasifikasi Berdasarkan Pemakaiannya.

Klasifikasi berdasarkan tekstur yaitu keadaan permukaan tanah yang bersangkutan seperti membagi tanah dalam beberapa kelompok kerikil (*gravel*), pasir (*sand*), lanau (*silt*), dan lempung (*clay*) atas dasar ukuran butiran-butirannya.

Sistem klasifikasi berdasarkan tekstur tanah yang dikembangkan oleh Departemen Pertanian Amerika (USDA). Sedangkan klasifikasi berdasarkan pemakaiannya seperti sistem Klasifikasi AASHTO yang umumnya dipakai oleh Departemen Jalan Raya disemua negara bagian di Amerika Serikat. Sistem klasifikasi USCS lebih disukai oleh para ahli geoteknik untuk keperluan-keperluan teknik lain (Das, 1995).

2.2.1. Klasifikasi Tanah Berdasarkan *American Association of States Highway and Transportation Official (AASHTO)*

Sistem klasifikasi AASTHO (*American Association of State Highway and Transport Officials*) berfungsi sebagai menentukan suatu kualitas tanah dalam perencanaan timbunan jalan, *subbase*, dan *subgrade*. Sistem klasifikasi AASHTO ini, terbagi menjadi kedalam delapan kelompok tanah yaitu A-1 sampai A-8 juga termasuk sub-sub kelompok. 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 ASSHTO, dapat dilihat pada Tabel 2.1. Indeks kelompok (*group index*) digunakan untuk mengevaluasi lebih lanjut tanah-tanah dalam setiap kelompoknya. Indeks kelompok dihitung dengan persamaan :

$$GI = (F-35)[0,2 + 0,05 (LL-40)] + 0,01 (F-15)(PI-10).....(1)$$

dimana :

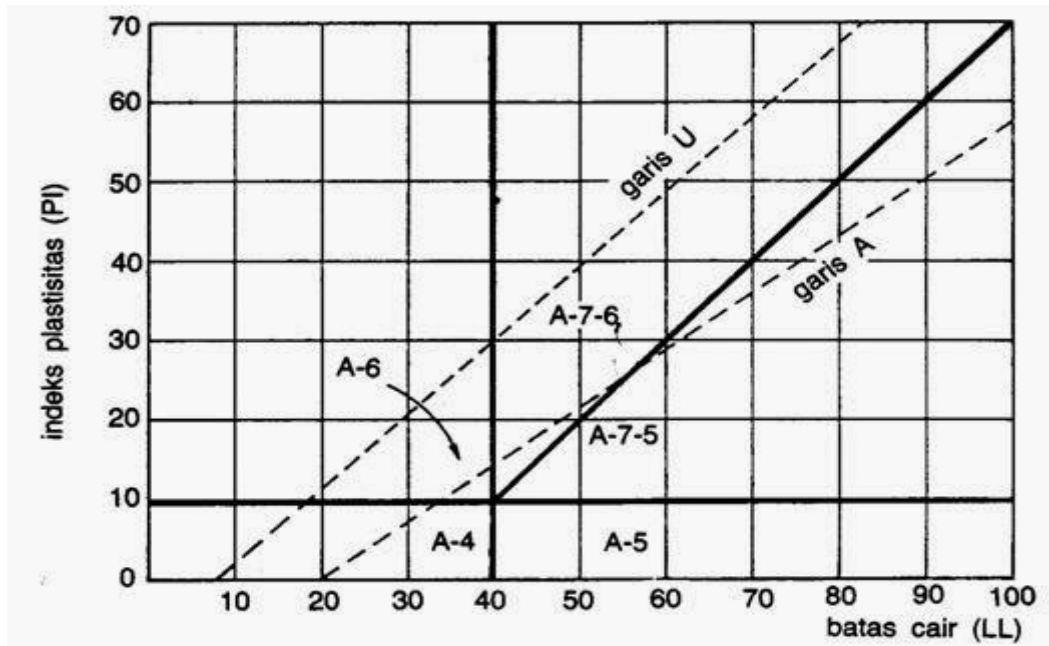
- GI = Indeks Kelompok (*Group Index*)
- F = Persentas butiran yang lolos saringan No.200 (0,075 mm)
- LL = Batas Cair
- PI = Indeks Plastisitas

Tabel 3.1. Klasifikasi Tanah Sistem AASHTO (Hardiyatmo, 2006)

Klasifikasi Umum	Material granuler (<35% lolos saringan no.200)							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				
Analisa 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	36 min
Sifat fraksi lolos saringan no.40											
Batas cair (LL)	-	-	-	40 maks	41 min	40 maks	41 maks	40 maks	41 min	40 maks	41 min
Indeks plastis (IP)	6 maks		Np	10 maks	10 maks	11 min	11 min	10 maks	10 maks	11 min	11 min
Indek kelompok (G)	0		0	0		4 maks		8 maks	12 maks	16 maks	20 maks
Tipe material yg pokok pada umumnya			Pasir halus	Kerikil berlanau atau berlempung dan pasir				Tanah berlanau		Tanah berlempung	
Penilaian umum sebagai tanah dasar	Sangat baik sampai baik							Sedang sampai buruk			

(Sumber : Hardiyatmo, H.C, Mekanika Tanah I)

Jika nilai indeks kelompok atau disingkat GI semakin tinggi, maka semakin berkurang ketepatan dalam penggunaan tanahnya. Tanah granuler diklasifikasikan ke dalam klasifikasi A-1 sampai A-3. Tanah A-1 merupakan tanah granuler yang bergradasi baik, sedang A-3 adalah pasir bersih yang bergradasi buruk. Tanah A-2 termasuk tanah granuler yaitu kurang dari 35% lolos saringan no.200, tetapi masih mengandung lanau dan lempung. Tanah berbutir halus diklasifikasikan dari A-4 sampai A-7, yaitu tanah lempung-lanau. Perbedaan keduanya didasarkan pada batas-batas Atterberg. Gambar 3.1 dapat digunakan untuk memperoleh batas-batas antara batas cair, disingkat LL dan indeks plastisitas, disingkat PI untuk kelompok A-4 sampai A-7 dan untuk sub kelompok dalam A-2.



Gambar 3.1. Batas-batas *Atterberg* untuk sub kelompok A-4 sampai A-7
(Hardiyatmo, 2002)

Dalam Gambar 3.1. garis A dari *Cassagrande* dan garis U digambarkan bersama-sama. Tanah organik tinggi seperti tanah gambut (*peat*) diletakkan dalam kelompok A-8.

2.2.2. Sistem Klasifikasi Tanah *Unified*

Berdasarkan *Unified System* (Das, 1988), tanah diklasifikasikan menjadi :

- 1) Tanah berbutir kasar yaitu tanah kerikil (*gravel*) dan pasir (*sand*) jika kurang 50% lolos saringan no. 200. Simbol yang digunakan pada kelompok ini dimulai dengan huruf awal G untuk kerikil (*gravel*), dan S adalah untuk pasir (*sand*).
- 2) Tanah berbutir halus (lanau/lempung) yaitu jika lebih dari 50 % lolos saringan no. 200. Simbol yang digunakan pada kelompok ini dimulai dengan huruf awal M untuk lanau (*silt*), C untuk lempung (*clay*), dan O untuk lanau atau lempung (*organic silt clay*). Simbol Pt untuk tanah gambut dan tanah organik tinggi (*peat and highly organic*).

Tanah berbutir kasar ditandai dengan simbol kelompok seperti : GW, GP, GM, GC, SW, SP, SM dan SC. Untuk klasifikasi tanah berbutir kasar, perlu memperhatikan faktor-faktor berikut ini :

- Persentase butiran tanah yang lolos saringan no. 200.
- Persentase butiran kasar yang lolos saringan no. 40.
- Grafik distribusi butiran dengan menghitung koefisien keseragaman (*Uniformity coefficient, Cu*) dan koefisien gradasi (*gradation coefficient, Cc*) jika presentase butiran tanah yang lolos saringan no.200 kurang dari 5%.
- Jika persentase butiran yang lolos saringan no. 200 adalah 5% sampai 12%, tanah akan mempunyai simbol doble seperti GW-GM, SW-SM, dan sebagainya.
- Batas cair (LL) dan Indeks Plastisitas (PI) bagian tanah yang lolos saringan no. 40, untuk tanah dimana 12% atau lebih lolos saringan no. 200.

Klasifikasi tanah berbutir halus dengan simbol ML, CL, OL, MH, CH, dan OH didapat dengan cara pengujian batas-batas *Atterberg*. Simbol H untuk tanah berplastisitas tinggi dan L dengan plastisitas rendah.

Tabel 3.2. Sistem Klasifikasi Tanah Unified (Hardiyatmo, 2002)

Divisi Utama	Simbol Kelompok	Nama Jenis	Kriteria Laboratorium
Tanah berbutir kasar 50% atau lebih tertahan saringan no. 200 (0,075 mm)	Kerikil 50% atau lebih dari fraksi kasar tertahan saringan no. 4 (4,75 mm)	GW	Kerikil gradasi baik dan campuran pasir-kerikil sedikit atau tidak mengandung butiran halus
		GP	Kerikil gradasi buruk dan campuran pasir-kerikil, atau tidak mengandung butiran halus
		GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil pasir-lempung
		GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil pasir-lempung
	Pasir lebih dari 50% fraksi kasar lolos saringan no. 4 (4,75 mm)	SW	Pasir gradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus
		SP	Pasir gradasi buruk, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus
		SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau
		SC	Pasir berlempung, campuran pasir-lempung
	Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos saringan no. 200 (0,075)	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
		MH	Lanau tak organik atau pasir halus diatomae, lanau elastis
CH		Lempung tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk ("fat clay")	
OH		Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi	
Tanah dengan kadar organik tinggi	Pt	Gambut ("peat") dan tanah lain dengan kandungan organik tinggi	

Klasifikasi berdasarkan persentase butiran halus, kurang dari 5% lolos saringan no. 200 : GW, GP, SW, SP, L lebih dari 12% lolos saringan no. 200 : GM, GC, SM, SC. 5%-12% lolos saringan no. 200 : Batasan klasifikasi yang mempunyai nilai doble

$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4, C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3

Tidak memenuhi kriteria untuk GW

Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$

Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI > 7$

$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6, C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3

Tidak memenuhi kriteria untuk SW

Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$

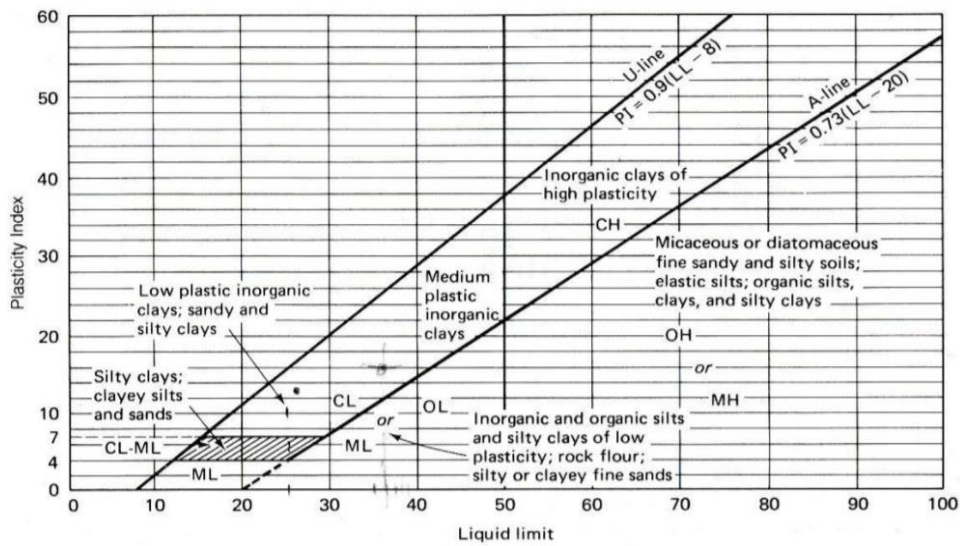
Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI > 7$

Bila batas Atterberg berada di daerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai doble simbol

Bila batas Atterberg berada di daerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai doble simbol

Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488

(Sumber : Hardiyatmo, H.C, Mekanika Tanah)



Gambar 3.2 Diagram Plastisitas (ASTM)

3.4. Tanah Lempung

Tanah lempung disini dapat didefinisikan sebagai golongan partikel yang berukuran kurang dari 0,002 mm (2 mikron), dan mengandung mineral lempung. Grim (1953) menyatakan bahwa tanah lempung (mineral lempung) memiliki partikel-partikel mineral tertentu yang menghasilkan sifat-sifat plastis pada tanah bila bercampur dengan air. Mineral lempung ini merupakan hasil pelapukan kimiawi (*chemical weathering*) yang merubah komposisi kimia dari mineral batuan asal menjadi mineral baru dan umumnya memiliki bentuk yang pipih, namun ada juga yang berbentuk tongkat, pipa, atau jarum.

Lempung adalah suatu silikat hidraaluminium yang kompleks dengan rumus kimia : $Al_2O_3 \cdot nSiO_2 \cdot kH_2O$ dimana n dan k merupakan nilai numerik molekul yang terikat dan bervariasi untuk masa yang sama. Mineral lempung mempunyai daya tarik menarik individual yang mampu menyerap 100 kali volume partikelnya. Ada atau tidaknya air (selama pengeringan) dapat menghasilkan perubahan volume dan kekuatan yang besar. Partikel-partikel lempung juga mempunyai gaya tarik antar partikel yang sangat kuat yang untuk sebagian menyebabkan kekuatan yang sangat tinggi pada suatu bongkahan kering (batu lempung), (Risma M. Simanjuntak, 2007).

Tanah lempung dan mineral lempung adalah tanah yang memiliki partikel - partikel mineral tertentu yang menghasilkan sifat – sifat plastis pada tanah bila dicampur dengan air (Grim, 1953). Menurut Hardiyatmo (2002) sifat – sifat yang dimiliki tanah lempung adalah sebagai berikut :

1. Ukuran butir halus, kurang dari 0,002 mm
2. Permeabilitas rendah
3. Kenaikan air kapiler tinggi
4. Bersifat sangat kohesif
5. Kadar kembang susut yang tinggi
6. Proses konsolidasi lambat.

Partikel – partikel mineral dari lempung merupakan sumber utama dari kohesi di dalam tanah yang kohesif (Bowles, 1991).

Berdasarkan pengelompokan jenis material pembentuk tanah lempung, sifat ekspansif adalah kelompok *Montmorillonite* ukuran gugus kristal *Montmorillonite* ini sangat kecil dan sangat kuat menarik air (Nelson, dkk, 1992). Konsistensi dari tanah lempung dan tanah kohesif lainnya sangat dipengaruhi oleh kadar air. Indeks plastisitas dan batas cair dapat digunakan untuk menentukan karakteristik pengembangan.

Karakteristik pengembangan hanya dapat diperkirakan dengan menggunakan indeks plastisitas, (Holtz dan Gibbs, 1962). Secara umum sifat kembang susut tanah lempung tergantung pada sifat plastisitasnya. Semakin plastis mineral lempung semakin potensial untuk menyusut dan mengembang. Hubungan antara Indeks Plastisitas dengan potensi mengembang (*Swell Potensial*), (Chen, 1988) dapat dilihat dalam Tabel 2.3.

Tabel 3.3. Kriteria Tingkat Pengembangan

Potensi pengembangan	Persen lolos saringan no. 200	Batas cair (LL) (%)	NSPT	Kemungkinan ekspansi (%)	Tekanan pengembangan (kPa)

Sangat tinggi	>95	>60	>30	>10	>1000
Tinggi	60-95	40-60	20-30	3-10	250-1000
Sedang	30-60	30-40	10-20	1-5	150-250
Rendah	<30	<30	<10	<1	50

(Sumber : Hardiyatmo, H.C, Mekanika Tanah I)

Aktivitas sifat plastis dari suatu tanah disebabkan oleh air yang terserap disekeliling permukaan partikel lempung (*Adsorbed Water*), maka dapat diharapkan bahwa tipe dan jumlah mineral lempung yang dikandung di dalam suatu tanah akan mempengaruhi batas plastis dan batas cair tanah yang bersangkutan (Jupriah Sarifah, Bangun Pasaribu, 2017).

3.5. Abu Cangkang Kelapa Sawit

Kelapa sawit sebagai tanaman penghasil minyak sawit (*Crude Palm Oil/ CPO*) menjadi salah satu primadona tanaman perkebunan yang menjadi sumber penghasil devisa non-migas bagi Indonesia. Cerahnya prospek komoditi minyak kelapa sawit dalam perdagangan minyak nabati dunia telah mendorong pemerintah Indonesia untuk meningkatkan perluasan areal perkebunan kelapa sawit. Pengembangan perkebunan kelapa sawit di Indonesia berjalan sangat pesat. Pada tahun 1968, luas areal 120.000 ha menjadi 5,16 juta ha pada tahun 2005 dan pada tahun 2006 diproyeksikan mencapai 6,046 juta ha (anonimous, 2007a).

Setiap satuan massa tandan buah segar mempunyai kandungan minyak sawit sekitar 21%-massa, tandan kosong sawit (TKS) 21%-massa, cangkang 6% massa, sabut sawit 11%-massa dan Palm kernel cake 3%-massa. Indonesia dalam menghadapi tahun 2008 memproyeksikan produksi minyak sawit mentah (CPO) sebesar 15 juta ton. Setiap ton minyak sawit yang dihasilkan akan mengeluarkan limbah padat sebesar 0,81 ton, berarti untuk mencapai produksi minyak sawit sebesar 15 juta ton akan didapat 12,5 juta ton limbah padatnya (cangkang dan sabut). Data ini menunjukkan betapa besar limbah padat industri minyak sawit yang dibuang keliling dan ini akan meningkat setiap tahunnya sesuai dengan perkembangan industri minyak sawit (Santoso, 2006).

Pada proses pengolahan kelapa sawit menjadi CPO, dari 1 ton TBS yang diolah dapat diperoleh CPO sebanyak 140-220 kg. Proses ini membutuhkan energi sebanyak 20-25 kWh/t dan 0.73 ton steam (uap panas). Proses pengolahan ini akan menghasilkan limbah padat, limbah cair dan gas. Limbah cair yang dihasilkan sebanyak 600-700 kg *POME (Pahn Oil Mill Effluent)*. Limbah padat yang dihasilkan adalah serat dan cangkang sebanyak 190 kg dan 230 kg TKKS segar (kadar air 65%). Selain itu juga dihasilkan limbah emisi gas dari *boiler dan incenerator* (Goenadi et al., 2008).

Abu Cangkang Kelapa Sawit merupakan salah satu limbah dari pengolahan kelapa sawit. Abu sawit merupakan sisa dari pembakaran cangkang kelapa sawit dalam dapur atau tungku pembakaran dengan suhu 700oc – 800cc. Abu sawit berasal dari unit pengolahan kelapa sawit yang penanganan limbah tersebut ditangani secara baik.

Hayward (1995) menyatakan, dalam bahan pozzolan ada 2 senyawa utama yang mempunyai peranan penting dalam pembentukan semen yaitu SiO₂ dan Al₂O₃ dan melebur menjadikan kedua senyawa tersebut reaktif terhadap kapur bebas (Ca(OH₂)). Abu Cangkang Kelapa Sawit merupakan bahan pozzolanic, yaitu material yang tidak mengikat seperti semen, namun mengandung senyawa Silika Oksida (SiO₂) aktif yang apabila bereaksi dengan kapur bebas atau kalsium hidroksida (Ca(OH₂)) dan air akan membentuk material seperti semen yaitu kalsium Silika Hidrat.

Abu Cangkang Kelapa Sawit merupakan limbah hasil pembakaran cangkang sawit yang mengandung banyak silikat. Selain itu, Abu Cangkang Kelapa Sawit juga mengandung Kation Anorganik seperti Kalium dan Natrium (Graille dkk, 1985). Spesifikasi dari abu sawit adalah berbentuk halus, seperti serbuk (*powder*). Ukuran abu sawit PKS <3mm. Abu sawit berwarna abu-abu hingga hitam (anonymous, 2007b).



Gambar 3.3 . Abu Boiler PKS

Aplikasi dalam ilmu teknik (*Graille dkk 1985*), abu cangkang kelapa sawit dimanfaatkan berbagai bidang antara lain :

- a. Sebagai bahan tambahan pengganti semen dalam desain beton mutu tinggi.
- b. Bahan pengisi (*Filler*) dan lapisan perkerasan jalan raya.
- c. Bahan stabilisasi campuran tanah lempung dan dasar pada lapisan jalan raya.
- d. Bahan tambah pengganti semen dalam campuran material paving blok serta juga merupakan bahan material yang bersifat *pozzolan*.

Tabel 3.4. Komposisi hasil pembakaran abu cangkang sawit

Parameter	Satuan	Hasil uji	Metode uji
K ₂ O (Kalium)	%	7,40	SNI.02.2803.2000
MgO (Magnesium)	%	3,19	SNI.02.2804.2005
CaO (Calcium)	%	5,32	SNI.02.2804.2005
SiO ₂ (Silika)	%	52,2	SNI.02.2804.2005

Sumber : Laboratorium Pusat Penelitian Kelapa Sawit(PPKS) Jl. Brigjen katamso

3.5. Kuat Geser Tanah

Kuat geser 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 relative. Kekuatan geser tanah yang dimiliki oleh suatu tanah disebabkan oleh:

1. Pada tanah berbutir halus (*kohesif*) misalnya lempung kekuatan geser yang dimiliki tanah disebabkan karena adanya kohesi atau lekatan antara butir tanah (*c soil*)
2. Pada tanah berbutir kasar (*non kohesif*), kekuatan geser disebabkan karena adanya gesekan antara butir tanah sehingga sering disebut gesek dalam (ϕ *soil*).
3. 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).

Perhitungan kuat geser tanah berdasarkan Gambar 3.4 dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini:

$$S = c' + \sigma' \tan \phi' \dots\dots\dots (2)$$

di mana:

S = Kekuatan geser tanah

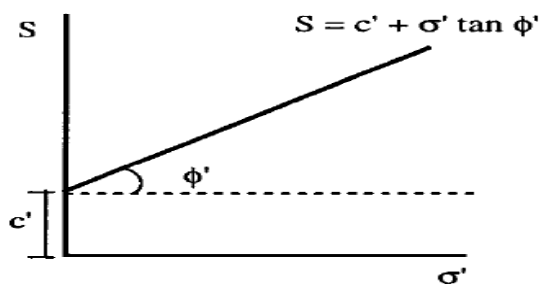
U = Tekanan air pori

σ = Tegangan total

σ' = Tegangan efektif

ϕ' = Sudut geser dalam efektif

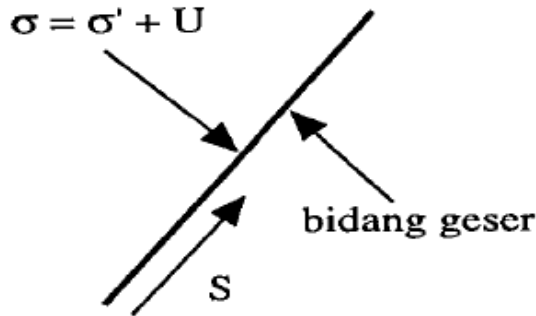
c' = Kohesi



Gambar 3.4 Kekuatan Geser Tanah

Hubungan antara tegangan total, tegangan efektif dan tekanan air pori adalah sebagai berikut:

$$\sigma = \sigma' + u \dots\dots\dots (3)$$



Gambar 3.5. Tegangan Total

Kekuatan geser suatu massa tanah merupakan perlawanan internal tanah tersebut per satuan luas terhadap keruntuhan atau pergeseran sepanjang bidang geser dalam tanah yang dimaksud. Karakteristik kekuatan geser lempung dapat ditentukan dari hasil-hasil uji Triaksial UU dalam kondisi terdrainasi maupun hasil-hasil pengujian Geser Langsung

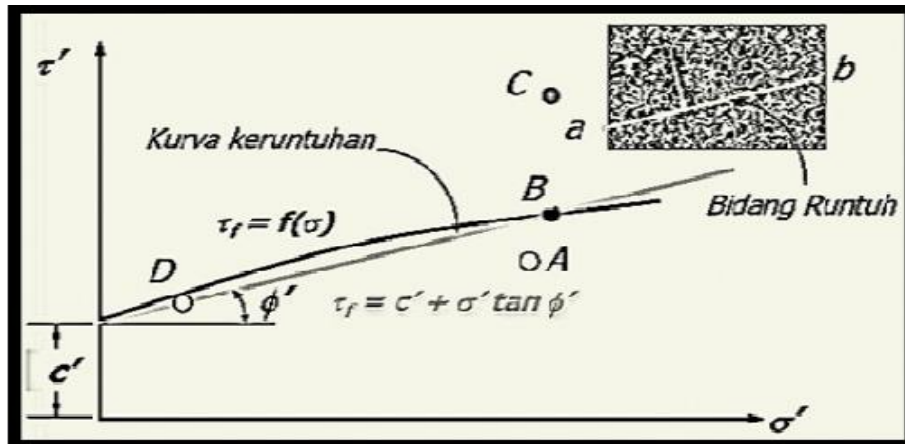
Karakteristik pasir kering dan pasir jenuh adalah sama seperti yang dihasilkan oleh pasir jenuh dengan kelebihan tekanan air pori nol. (Das, 1995) Mohr (1980) memberikan sebuah teori kondisi keruntuhan pada material akibat kombinasi kritis antara tegangan normal dan geser. Jadi, hubungan antara tegangan normal dan geser pada sebuah bidang keruntuhan dapat dinyatakan dalam persamaan 3.

$$\tau = f(\sigma) \dots\dots\dots (4)$$

di mana :

$f(\sigma)$ = Fungsi tegangan normal yang bekerja pada bidang geser.

τ = Tegangan geser



Gambar 3.6. Kriteria keruntuhan Mohr dan Coulomb(*Teras Jurnal, Vol.4, No.2, September 2014*)

Pengertian mengenai keruntuhan suatu bahan dapat dijelaskan pada gambar 3 di atas, jika tegangan – tegangan baru mencapai titik A, keruntuhan geser tidak akan terjadi. Keruntuhan geser akan terjadi jika tegangan-tegangan mencapai titik B yang terletak pada garis selubung kegagalannya. Kedudukan tegangan yang ditunjukkan oleh titik C tidak akan pernah terjadi, karena sebelum tegangannya mencapai titik C, bahan sudah mengalami keruntuhan (Abdul Jalil, Khairul Adi, 2014).