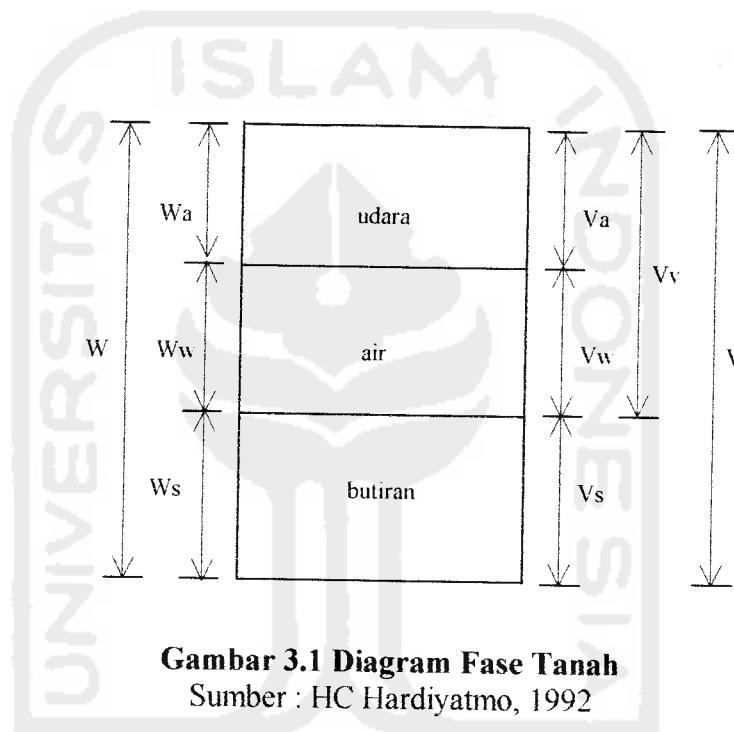


BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Penelitian Sifat Fisik Tanah



Gambar 3.1 Diagram Fase Tanah
Sumber : HC Hardiyatmo, 1992

Istilah-istilah umum yang dipakai untuk hubungan berat adalah kadar air (*moisture content*) dan berat volume (*unit weight*). Definisi dari istilah-istilah tersebut adalah sebagai berikut :

a. Kadar Air (w)

Kadar air (w), juga disebut water content didefinisikan sebagai perbandingan antara berat air dan berat butiran padat dari volume tanah yang diselidiki.

$$w = \frac{w_w}{w_s} \times 100\% \dots\dots\dots (3.1)$$

Dengan : w = kadar air

w_w = berat

w_s = berat butiran

b) Berat Volume Tanah

Berat Volume (γ) adalah berat tanah per satuan volume, dengan rumus dasar :

$$\gamma = \frac{w_w + w_s}{V} \dots\dots\dots (3.2)$$

Dengan : γ = berat volume

V = volume total

c) Berat Volume Tanah Kering

Berat Volume Kering (γ_k) didapatkan dari rumus :

$$\gamma_k = \frac{\gamma_b}{1 + w} \dots\dots\dots (3.3)$$

d) Berat Jenis (*Specific Gravity, G_s*)

Berat jenis adalah perbandingan antara volume butiran tanah dengan berat volume air.

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} = \frac{w_w}{V_s \cdot \gamma_s} \dots\dots\dots (3.4)$$

dengan : γ_s = berat volume tanah

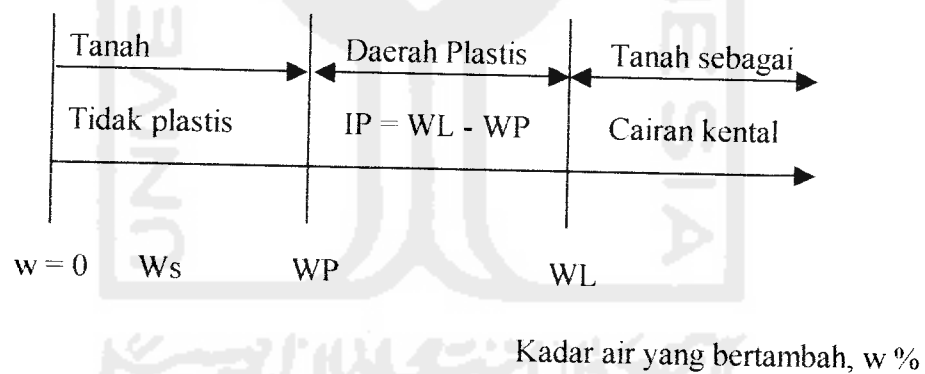
γ_w = berat volume air

V_s = volume tanah

3.2 Batas-batas Atterberg

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

Batas Atterberg memperlihatkan terjadinya bentuk tanah dari benda padat hingga menjadi cairan kental sesuai dengan kadar airnya. Dari test batas Atterberg akan didapatkan parameter batas cair, batas plastis, batas lengket dan batas kohesi yang merupakan keadaan konsistensi tanah. Batas-batas Atterberg dapat dilihat pada gambar 3.2 berikut :



Gambar 3.2 Batas-batas Atterberg

Sumber : Bowles, J E, (1984)

3.2.1 Batas Cair (*Liquid Limit*)

Batas cair (WL) adalah kadar air tanah yang untuk nilai-nilai di atasnya, tanah akan berperilaku sebagai cairan kental (batas antara keadaan cair dan keadaan keadaan plastis), yaitu batas atas dari daerah plastis.

3.2.2 Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Batas plastis (WP) adalah kadar air yang untuk nilai-nilai dibawahnya, tanah tidak lagi berperilaku sebagai bahan yang plastis. Tanah akan bersifat sebagai bahan yang plastis dalam kadar air yang berkisar antara WL dan WP. Kisaran ini disebut indeks plastisitas.

3.2.3 Indeks Plastisitas

Indeks Plastisitas merupakan interval kadar air, yaitu tanah masih bersifat plastis. Karena itu, indeks plastis menunjukkan sifat keplastisan tanahnya. Jika tanah mempunyai interval kadar air daerah plastis kecil, maka keadaan ini disebut dengan tanah kurus. Kebalikannya, jika tanah mempunyai interval kadar air daerah plastis besar disebut tanah gemuk. Nilai indeks plastisitas dapat dihitung dengan persamaan 3.5 berikut :

$$IP = WL - WP \dots\dots\dots(3.5)$$

Batasan mengenai indeks plastis, sifat, macam tanah, dan kohesi diberikan oleh Atterberg terdapat dalam Tabel 3.1 berikut :

Tabel 3.1. Batasan Indeks Plastisitas menurut Atterberg

INDEKS PLASTISITAS (%)	SIFAT	MACAM TANAH	NILAI KOHESI
0	Nonplastis	Pasir	Nonkohesif
<7	Plastisitas rendah	Lanau	Kohesif sebagian
7 – 17	Plastisitas sedang	Lempung berlanau	Kohesif
>7	Plastisitas tinggi	Lempung	Kohesif

Sumber : Hardiyatmo. H.C (1992)

3.2.4 Batas Susut (*Shrinkage Limit*)

Batas susut (WS) adalah kadar air yang untuk nilai-nilai dibawahnya tidak akan terdapat perubahan volume tanah apabila dikeringkan terus.

3.2.5 Batas Lengket (*Stick Limit*)

Batas lengket adalah kadar air tanah yang tanahnya kehilangan sifat adhesi dan tidak dapat lengket lagi pada benda lainnya.

3.2.6 Batas Kohesi (*Cohesion Limit*)

Batas kohesi adalah kadar air yang butiran tanahnya tidak dapat melekat lagi, yaitu pada pengambilan tanah tidak dapat menghasilkan lempengan-lempengan yang bersatu.

Adapun nilai batas Atterberg dari mineralogi tanah lempung dapat dilihat pada tabel 3.2 berikut :

Tabel 3.2. Harga-harga Batas Atterberg untuk Mineral Lempung

Mineral	Batas cair	Batas Plastis	Batas kerut
Montmrollonite	100-900	50-100	8.5-1.5
Nontronite	37-72	19-27	
Illite	60-120	35-60	15-17
Kaolinite	30-110	25-40	25-29
Halloysite terhidrasi	50-70	7-60	
Halloysite	35-55	30-45	
Attapulgit	160-230	100-120	
Chlorite	44-47	36-40	
Allophane	200-250	130-140	

Sumber : Das B.M (1994)

Kulit kerang banyak ditemui hampir diseluruh pantai di perairan Indonesia. Dengan adanya penelitian ini diharapkan kapur dari kulit kerang laut juga dapat dijadikan salah satu alternatif bahan untuk konstruksi.



3.2.7 Aktifitas

Skempton (1953) mendefinisikan parameter A (aktifitas) tanah lempung merupakan perbandingan nilai indeks plastisitas dengan persentase dari fraksi tanah lempung tersebut. Nilai A (Aktifitas) dapat dicari dengan persamaan 3.6 berikut :

$$A = \frac{IP}{C} \dots\dots\dots(3.6)$$

dengan :

A = Aktifitas tanah

IP = Indeks Plastisitas

C = Persentase dari fraksi tanah lempung

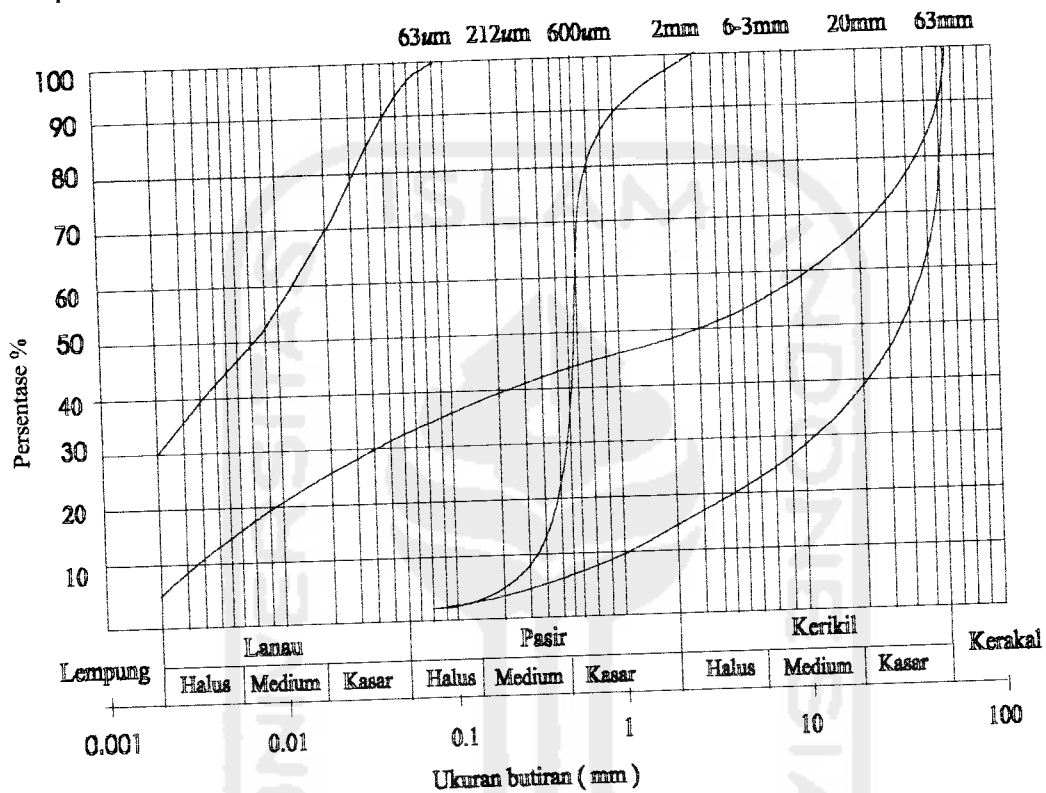
3.3 Klasifikasi Tanah

Secara umum tanah lempung dapat diklasifikasikan sebagai tanah kohesif, namun juga dapat didasarkan atas ukuran butiran tanah yang diperoleh dari analisis saringan dan indeks plastisitasnya.

Klasifikasi tanah berguna untuk mengelompokkan tanah-tanah sesuai dengan perilaku umum dari tanah tertentu pada kondisi fisik. Tanah yang dikelompokkan dalam urutan berdasarkan atas suatu kondisi fisik tertentu akan mempunyai urutan yang tidak sama sehingga dapat memberikan tuntunan yang sangat berguna dalam menentukan ukuran dan sifat fisis tanah.

Terdapat berbagai sistem klasifikasi yang dapat digunakan diantaranya adalah *Unified Soil Classification System*. Sistem klasifikasi tanah digunakan untuk menentukan dan mengidentifikasi sifat-sifat fisis tanah yang sederhana

seperti jenis tanah, analisis ukuran butir, batas cair dan indeks plastisitasnya. Selain itu terdapat juga sistem klasifikasi AASHTO, pada sistem ini tanah diklasifikasikan ke dalam tujuh kelompok besar, yaitu A-1 sampai dengan A-7. Pada penelitian ini digunakan sistem klasifikasi AASHTO.



Gambar 3.3. Kurva Distribusi Ukuran Butir (Sistem Unified)
Sumber : Bowles, J E (1984)

3.3.1 Klasifikasi Tanah AASHTO

Sistem klasifikasi AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials Classification*) bertujuan untuk menentukan kualitas tanah yang baik sehingga dapat digunakan sebagai lapisan dasar untuk konstruksi bangunan. Sistem klasifikasi tanah menurut AASHTO dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Klasifikasi Sistem AASHTO

KLASIFIKASI UMUM	BAHAN BERBUTIR KASAR 35 % atau kurang lewat No. 200							BAHAN BERBUTIR HALUS 35 % atau lebih lewat No. 200			
	A - 1			A - 2				A - 4	A - 5	A - 6	A - 7
	A - 1-a	A - 1-b	A - 3	A - 2-4	A - 2-5	A - 2-6	A - 2-7				
Analisa saringan (% lolos) No. 10 No. 40 No. 200	50 max 30 max 15 max	50 max 25 max	51 min 10 max	35 max	35 max	36 min	35 max	36 min	36 min	36 min	36 min
Sifat fraksi yang lewat No. 40 Batas Cair Indeks Plastisitas	6 max		NP	40 max 10 max	41 max 10 max	40 max 11 min	41 min 11 min	40 max 10 max	40 max 10 min	40 max 11 min	41 min 11 min
Indeks Kelompok (GI)	0		0	0	0	4 max		8 max	12 max	16 max	20 max
Jenis Umum	Fragemen batuan Kerikil dan pasir	Sangat baik sampai baik	Pasir Halus	Kerikil atau pasir lanauan atau lempungan				Tanah Lanauan	Tanah Lanauan	Tanah lempungan	
Tingkat Umum sbg tanah dasar											Cukup sampai buruk

Catatan :
 Kelompok A - 7 dibagi atas A - 7 - 5 dan A - 7 - 6 bergantung pada batas plastisnya (PL)
 Indeks plastisnya untuk sub kelompok A - 7 - 5 < LL - 30, sedang
 Indeks Plastisitas untuk sub kelompok A - 7 - 6 > LL - 30
 Sumber : Hardiyatmo. HC, (1992)

Secara umum sistem klasifikasi ini menilai tanah sebagai :

1. Lebih buruk untuk dipakai dalam konstruksi apabila kelompoknya berada lebih kekanan dalam Tabel 3.2 yaitu tanah A – 6 lebih tidak memuaskan jika dibandingkan dengan tanah A – 5 .
2. Lebih buruk untuk dipakai dalam konstruksi apabila indeks kelompoknya bertambah untuk sub kelompok tertentu, misalnya tanah A – 6 (3) lebih tidak memuaskan dibanding tanah A – 6 (1).

Indeks kelompok AASHTO (*Group Index*, GI) dipakai untuk menentukan tingkatan relatif dari bahan suatu sub kelompok. Indeks kelompok merupakan fungsi dari persentase tanah yang lolos saringan no. 200 dan batas Atterberg. Indeks kelompok dapat dihitung dengan persamaan 3.7 berikut :

$$GI = (F - 35) [0,2 + 0,005 (LL - 40)] + 0,01 (F - 15) (PI - 10) \dots\dots\dots (3.7)$$

Dengan :

GI = Indeks kelompok (*Group Index*)

F = Persen material lolos saringan no. 200

LL = Batas cair

PI = Indeks plastisitas

Khusus kelompok A – 1, A – 3, A – 2 – 4 , dan A – 2 – 5 nilai GI tidak diperhitungkan. GI yang diperoleh nilainya dibulatkan tanpa desimal. Jika nilainya negatif, maka GI dihitung dari persamaan 3.6. Makin rendah nilai GI, maka semakin baik bahan tersebut untuk konstruksi.

3.4 Pengujian Kepadatan

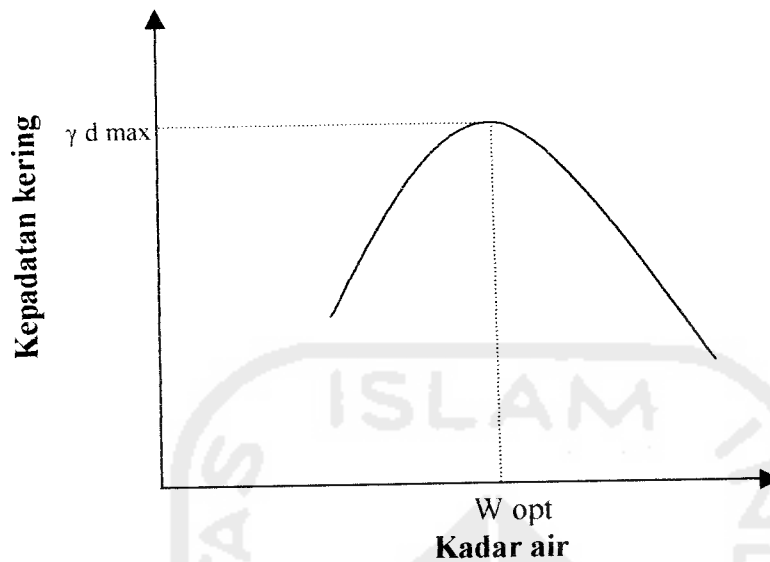
Pemadatan merupakan usaha untuk mempertinggi kerapatan tanah dengan mengeluarkan udara pada pori-pori tanah yang biasanya menggunakan energi mekanis untuk menghasilkan pemampatan partikel. Di lapangan, usaha pemadatan dihubungkan dengan jumlah gilasan dari mesin gilas, jumlah jatuhan dari benda yang dijatuhkan, atau hal lain yang prinsipnya sama untuk suatu volume tanah tertentu. Di laboratorium, pemadatan ini didapat dari tumbukan, remasan, atau dengan tekanan statis. Selama pemadatan, suatu palu dijatuhkan dari ketinggian tertentu beberapa kali pada beberapa lapisan tanah dalam suatu cetakan.

Tujuan pemadatan adalah untuk memadatkan tanah dalam keadaan dalam kadar air optimum, sehingga udara di dalam pori-pori tanah akan keluar.

Beberapa keuntungan yang didapatkan dengan adanya pemadatan ini adalah :

- a) Menaikkan kekuatan tanah
- b) Memperkecil pengaruh air terhadap tanah.
- c) Berkurangnya penurunan permukaan (*subsidence*), yaitu gerakan vertikal didalam massa tanah itu sendiri akibat berkurangnya angka pori.

Pada tanah yang mengalami pengujian pemadatan akan terbentuk grafik hubungan berat volume kering dengan kadar air. Kemudian dari grafik hubungan antara kadar air dan berat volume kering ditentukan kepadatan maksimum dan kadar air optimum yang dapat dilihat pada gambar 3.4 berikut :



Gambar 3.4. Hubungan kepadatan kering – kadar air
 Sumber : Craig. R. F (1991)

3.5 Pengujian UCS (*Unconfined Compression Strength*)

Kuat Tekan Bebas adalah besarnya tekanan axial yang diperlukan untuk menekan suatu silinder sampel tanah hingga 20 % untuk mengetahui kuat tekan bebas dari sampel tanah. Pengujian tekan bebas akan diperoleh secara langsung nilai kuat tekan bebas (q_u) dan sudut pecah (α), sedangkan sudut gesek dalam (Φ) dan kohesi (c) didapat persamaan 3.8 dan 3.9 :

$$\Phi = 2(\alpha - 45^\circ) \dots \dots \dots (3.8)$$

$$c = \frac{q_u}{2 \operatorname{tg} \alpha} \dots \dots \dots (3.9)$$

Benda uji berbentuk silinder dengan tinggi antara 2 sampai 3 kali diameter yang ditempatkan pada alat tekan bebas kemudian diberi beban tekanan dengan kecepatan deformasi 1,5 mm tiap detik. Kemudian data hasil pengujian dibuat grafik hubungan antara tekanan dan deformasi yang digunakan untuk menentukan

nilai kuat tekan bebas tanah. Pengujian ini identik dengan pengujian triaxial dengan cara terkonsolidasi dan atau tanpa terkonsolidasi.

Nilai kuat tekan bebas (q_u) untuk beberapa jenis tanah lempung dapat dilihat tabel 3.4 berikut :

Tabel 3.4 Nilai Kuat Tekan Bebas

No.	Kondisi Tanah Lempung	Q_u (kg/cm ²)
1	Lempung keras	> 4,00
2	Lempung sangat kaku	2,00 – 4,00
3	Lempung kaku	1,00 – 2,00
4	Lempung sedang	0,50 – 1,00
5	Lempung lunak	0,25 – 0,50
6	Lempung sangat lunak	< 0,25

Sumber : Hardiyatmo (1992)

3.6 Pengujian Triaxial (*Unconsolidated - Undrained*)

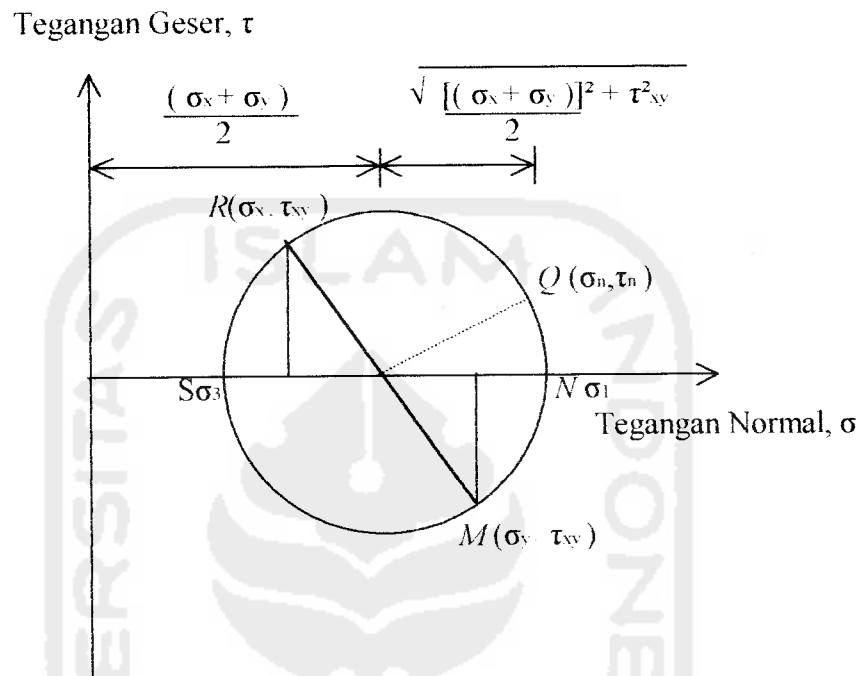
Pengujian Triaxial adalah pengujian tanah dengan tiga dimensi tekanan. Pada pengujian ini disamping dapat diketahui tegangan geser (σ_1) juga diperoleh tegangan normal (σ_3). Kegunaan pengujian ini adalah untuk mendapatkan nilai kohesi (c_u) dan sudut geser dalam (ϕ_u) dari suatu contoh tanah. Dengan persamaan

$$\sin \phi_u = \text{tga} \dots \dots \dots (3.10)$$

$$C_u = \frac{b}{\cos \phi_u} \dots \dots \dots (3.11)$$

Benda uji sekurang-kurangnya tiga buah, berupa silinder dengan perbandingan antara tinggi dengan diameter 2 : 1 sampai 3 : 1. Kemudian data dari pengujian dibuat kurva hubungan antara tegangan dan regangan. Kemudian untuk mendapatkan nilai c_u dan ϕ_u digambarkan lingkaran Mohr. Nilai nilai

c_u dan ϕ_u didapat dari ordinat $\frac{(\sigma_1 - \sigma_3)}{2}$ dan absis $\frac{(\sigma_1 + \sigma_3)}{2}$ seperti pada gambar 3.5 berikut



Gambar 3.5 Prinsip-prinsip lingkaran Mohr.
Sumber : Das B. M (1994)

3.7. Hipotesis

Seperti yang telah diuraikan dalam landasan teori mengenai karakteristik dan mineralogi tanah lempung, maka diharapkan bahwa serbuk kulit kerang sebagai bahan stabilisator tanah lempung dapat memperbaiki kualitas tanah, karena :

1. Hasil pencampuran tanah lempung dengan serbuk kulit kerang akan menaikkan nilai kuat tekan dan mempengaruhi parameter geser tanah

lempung yang ditunjukkan dari hasil pengujian UCS (*Unconfined Compression Strength*).

2. Pencampuran tanah lempung dengan serbuk kulit kerang akan memberikan nilai tegangan normal dan parameter geser lebih tinggi dibandingkan dengan tanah lempung sebelum adanya stabilisasi tanah. Hal ini diindikasikan dengan hasil pengujian Triaxial (*Unconsolidated Undrained*).
3. Bahan stabilisator serbuk kulit kerang pada proses stabilisasi tanah lempung, diharapkan dapat memperbaiki kualitas tanah lempung, sehingga dapat digunakan sebagai tanah pondasi pada suatu bangunan konstruksi.

