

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Tanah

Menurut ukuran butirnya tanah dibedakan menjadi empat jenis yaitu: kerikil, pasir, lanau dan lempung. Kerikil dan pasir sering disebut sebagai tanah berbutir kasar, sedangkan lanau dan lempung disebut tanah berbutir halus. Disamping keempat jenis tanah tersebut masih terdapat jenis tanah lain yaitu tanah organik atau tanah yang banyak mengandung bahan-bahan organik (dari pelapukan tumbuhan, kerangka dan kulit organisme kecil) (Das, 1993). Berikut ini Tabel 3.1. Jenis tanah dan ukuran butiran menurut AASHTO 1982.

Tabel 3.1. Jenis tanah dan ukuran butirannya menurut AASHTO 1982.

No	Jenis Tanah	Diameter Butiran (mm)
1.	Tanah Berbutir Kasar	
	a. Kerikil	76,2 - 2
	b. Pasis	2 - 0,075
2.	Tanah Berbutir Halus	
	a. Lanau	0,075 - 0,002
	b. Lempung	< 0,002

Sumber : Das, 1993

Klasifikasi tanah sangat berguna untuk menentukan kualitas tanah guna perencanaan timbunan jalan, *subbase* dan *subgrade*. Pada penelitian ini dipakai sistem AASHTO, seperti pada tabel 3.2 berikut.

Tabel 3.2. Klasifikasi Tanah Sistem AASHTO

Klasifikasi umum	Bahan-bahan (35% atau kurang melalui No. 200)							Bahan-bahan lanau-lempung (Lebih dari 35% melalui No. 200)												
	A-1		A-3	A-2-4		A-2-5		A-2		A-2-7		A-4	A-5	A-6	A-7					
Klasifikasi kelompok	A-1a		A-1b		A-2-4		A-2-5		A-2-6		A-2-7		A-4		A-5		A-6		A-7	
Analisis saringan: Persen melalui:	50 maks. 30 maks. 15 maks.		50 maks. 25 maks.		35 maks.		35 maks. 10 maks.		35 maks.		35 maks.		35 maks.		36 min.		36 min.		36 min.	
Karakteristik fraksi melalui No. 40	6 maks.		N.P.		40 maks. 10 maks.		41 min. 10 maks.		40 maks. 11 min.		41 maks. 10 maks.		40 maks. 10 maks.		41 min. 10 maks.		40 maks. 10 min.		41 maks. 11 min.	
Batas cair: Indeks plastisitas	0		0		0		0		4 maks.		4 maks.		8 maks.		12 maks.		16 maks.		20 maks.	
Jenis-jenis bahan penukung utama	Fragmen batuan, kerikil, dan pasir		Pasir halus		Pasir halus		Kerikil dan pasir berlanau atau berlempung		Kerikil dan pasir berlanau atau berlempung		Tanah berlanau		Tanah berlanau sedang sampai buruk		Tanah berlempung		Tanah berlempung			
Tingkatan umum sebagian tanah dasar	Sangat baik		Sangat baik		Sangat baik		Sangat baik		Sangat baik		Sangat baik		Sangat baik		Sangat baik		Sangat baik		Sangat baik	

Sumber : Hardiyatmo, 1992

Catatan :

Kelompok A-7 dibagi A-7-5 dan A-7-6 bergantung pada batas plastisnya (PL)

Untuk PL > 30, Klasifikasinya A-7-5

Untuk PL < 30, Klasifikasinya A-7-6

Np = nonplastis

Batasan mengenai indeks plastisitas, sifat, macam tanah dan kohesi diberikan oleh Atterberg terdapat pada tabel 3.3.

Tabel 3.3 Nilai indeks plastisitas dan macam tanah

PI	Sifat	Macam Tanah	Kohesi
0	Non plastis	Pasir	Non kohesi
< 7	Plastisitas rendah	Lanau	Kohesif sebagian
7 – 17	Plastisitas sedang	Lempung berlanau	Kohesif
> 17	Plastisitas tinggi	Lempung	Kohesif

Sumber : Hardiyatmo, 1992

3.2 Pasir

Pasir merupakan bahan batuan berukuran kecil, menurut AASHTO ukuran butirnya antara 0,075-2 mm, butiran tanah yang lolos saringan No.10 dan tertahan saringan No.200 kurang dari 35%.

3.3 Batu palimanan (*Feldsfatic Wacke*) (Gilbert,1954)

Batu Palimanan ini berasal dari Kec. Palimanan , Kab. Cirebon yang biasa digunakan untuk batu tempel pada eksterior rumah. Berikut ini Gambar 3.1 Potongan Batu Palimanan.



Gambar 3.1. Potongan Batu Palimanan dengan perbesaran 30 kali.

Sumber : CV. Geo Science consult, 2003.

Keterangan potongan dari batu Palimanan :

Sayatan batuan sedimen, warna abu-abu kecokelatan-kemerahan, tekstur klastik, semen silika, ukuran butir 0,05 - 0,1 mm, bentuk butir menyudut tanggung-membulat tanggung, terdiri dari mineral *feldspar*, kwarsa, *lithic*, mineral opak dengan matrik lempung. Batuan ini banyak mengandung *Fe-oksida* (sebagai pengikat antar butir).

Berikut ini komposisi mineral atau susunan mineral dari batu palimanan (CV. Geo Science consult, 2003) :

a. *Felspard* : (74%), putih abu-abu, relief rendah sedang, indeks bias $n < n_{kb}$, ukuran butiran 0,05-0,1 mm, bentuk butir menyudut

tanggung- membulat tanggung, merata dalam sayatan. Secara petrografis jenis *plagioklas* berupa *labradorit*(\gg Ca)- *Andesin* (\ll Na).

b. Kuarsa : (5%), tidak berwarna, relief-relief rendah, berukuran 0,05-0,1 mm, pepadaman bergelombang, beberapa butiran memperlihatkan *polikristalin*, hadir merata dalam sayatan.

c. *Lithic* : (1%), abu-abu keputihan, ukuran butir 0,05-0,2 mm, bentuk menyudut tanggung membulat tanggung, berupa pecahan batuan sedimen dan beku.

d. Mineral opak : (5%), hitam, *isotrop*, relief tinggi, ukuran 0,01-0,03 mm, bentuk membulat-membulat tanggung.

e. Lempung : (15%), kecoklatan, nikol silang gelap

3.4 Pengujian Sifat-sifat Fisik dan Sifat-sifat indeks

Pengujian sifat-sifat fisik tanah adalah pengujian kadar air, berat jenis dan distribusi ukuran butiran tanah. Segumpal tanah dapat terdiri dari dua atau tiga bagian. Dalam tanah kering, hanya akan terdiri dari dua bagian, yaitu butir-butir tanah dan pori-pori udara. Dalam tanah yang jenuh juga terdapat dua bagian, yaitu bagian padat atau butiran dan air pori. Dalam keadaan tak jenuh, tanah terdiri dari tiga bagian, yaitu bagian padat atau butiran, pori-pori udara dan air pori.

Kadar air (w) tanah didefinisikan sebagai perbandingan antara berat air yang ada dalam tanah dengan berat kering tanah, dinyatakan dalam persamaan 3.1 berikut ini:

$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \% \quad (3.1)$$

dengan : W_w = berat air (gr)

W_s = berat butiran tanah (gr)

Porositas (n) didefinisikan sebagai perbandingan antara volume rongga dengan volume total, dinyatakan dalam persamaan 3.2 berikut ini :

$$n = \frac{V_v}{V} \times 100 \% \quad (3.2)$$

dengan : V_v = volume rongga (cm^3)

V = volume total (cm^3)

Angka pori (e) didefinisikan sebagai perbandingan antara volume rongga dengan volume butiran, dinyatakan dalam persamaan 3.3. berikut ini :

$$e = \frac{V_v}{V_s} \quad (3.3)$$

dengan : V_v = volume rongga (cm^3)

V_s = volume butiran (cm^3)

Berat jenis tanah (G_s) didefinisikan sebagai perbandingan berat volume butiran padat dengan berat volume air pada temperatur 4°C , yang dinyatakan pada persamaan 3.4. berikut ini :

$$G_s = \gamma_s / \gamma_w \quad (3.4)$$

dengan: γ_s = berat jenis butiran (gr/cm^3)

γ_w = berat volume air (gr/cm^3)

Derajat kejenuhan (S) adalah perbandingan volume air dengan volume total rongga pori tanah, biasanya dinyatakan dalam persen seperti persamaan 3.5 berikut ini:

$$S = \frac{V_w}{V_v} \times 100 \quad (3.5)$$

dengan : V_w = volume air (cm^3)

V_v = volume rongga (cm^3)

Pengujian sifat-sifat indeks tanah adalah batas-batas konsistensi tanah. Batas-batas konsistensi tanah adalah sifat-sifat indeks yang penting untuk tanah berbutir halus. Batas-batas konsistensi meliputi batas cair, batas plastis dan batas susut.

Batas cair (LL) didefinisikan sebagai kadar air tanah pada batas antara keadaan cair dan keadaan plastis. Nilai batas cair dapat diperoleh dari pengujian kerucut jatuh (*Fall Cone Test*) atau dengan mangkuk *Casagrande*. Pada pengujian ini dipakai pengujian dengan cara mangkuk *Casagrande*.

Batas plastis (PL) didefinisikan sebagai kadar air pada kedudukan antara daerah plastis dan semi padat, yaitu persentase kadar air yang membuat tanah berbentuk silinder dengan diameter 3,2 mm mulai retak-retak ketika digulung.

Batas susut (SL) didefinisikan sebagai kadar air pada kedudukan antara daerah semi padat dan padat. Batas-batas tersebut diatas disebut

batas *Atterberg* seperti pada Gambar 3.2. yang berguna untuk mengidentifikasi dan mengklasifikasikan tanah.

Selisih batas cair dan batas plastis disebut dengan indeks plastisitas, seperti persamaan 3.6 berikut ini :

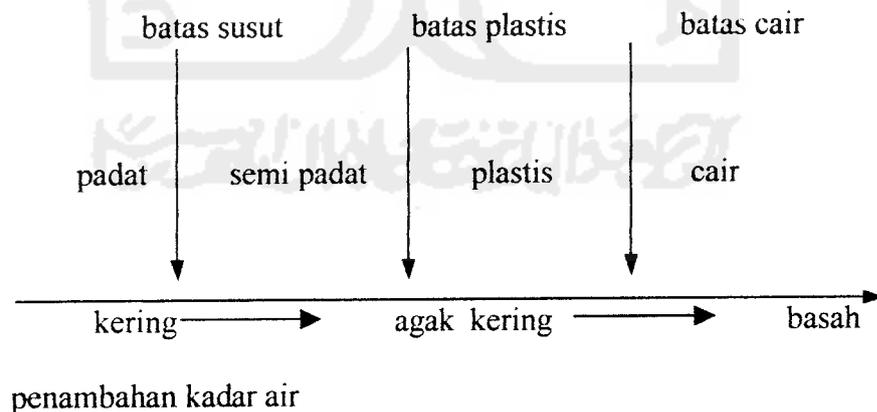
$$PI = LL - PL \quad (3.6)$$

dengan : PI = indeks plastisitas (%)

LL = batas cair (%)

PL = batas plastis (%)

Indeks plastisitas adalah interval kadar air yang menyebabkan tanah dalam kondisi plastis, dan indeks plastisitas menunjukkan sifat keplastisan suatu tanah. Selain batas-batas konsistensi, sifat indeks untuk mengklasifikasi tanah adalah distribusi ukuran butir. Distribusi ukuran butir berpengaruh terhadap sifat tanah berbutir seperti pada gambar 3.2 .



Gambar 3.2. batas-batas Atterberg

Sumber : Hardiyatmo, 1992

3.5 Pengujian Pematatan

Pengujian pematatan merupakan cara untuk meningkatkan berat volume kering dengan menggunakan cara mekanis. Pematatan tanah dapat berpengaruh terhadap kualitas tanah, yaitu:

- a. mempertinggi kuat geser tanah,
- b. mengurangi sifat mudah mampat (kompresibilitas),
- c. mengurangi permeabilitas, dan
- d. mengurangi perubahan volume sebagai akibat perubahan kadar air, dan lain-lainnya.

Cara mekanis yang dipergunakan untuk memadatkan tanah ini bermacam-macam. Di lapangan biasanya dilakukan dengan cara menggilas, sedangkan di laboratorium dilakukan dengan cara memukul. Setiap daya pematatan tertentu, kepadatan tanah yang dicapai tergantung pada banyaknya air di dalam tanah tersebut. Jika kadar airnya rendah maka tanah tersebut keras atau kaku dan sukar dipadatkan, sedangkan bila kadar air ditambah tanah itu akan lebih mudah dipadatkan atau lunak karena ruang kosong antara butiran menjadi lebih kecil. Pada tanah yang kadar airnya lebih tinggi, maka kepadatannya akan turun, hal ini dikarenakan pori-pori tanah menjadi penuh berisi air yang tidak dapat dikeluarkan dengan jalan pematatan.

Kepadatan tanah biasanya diukur dengan menentukan berat isi kering. Lebih tinggi berat isi kering berarti lebih kecil angka pori dan lebih tinggi derajat kepadatannya.

Proctor (1933) dalam Hardiyatmo (1992) telah mengamati adanya hubungan yang pasti antara kadar air dan berat volume kering. Selanjutnya, terdapat satu nilai kadar air optimum tertentu untuk mencapai nilai berat volume kering maksimumnya. Hubungan berat volume kering, berat volume basah dan kadar air, dinyatakan dalam persamaan 3.7. berikut ini:

$$\gamma_d = \frac{\gamma_b}{1 + w} \quad (3.7)$$

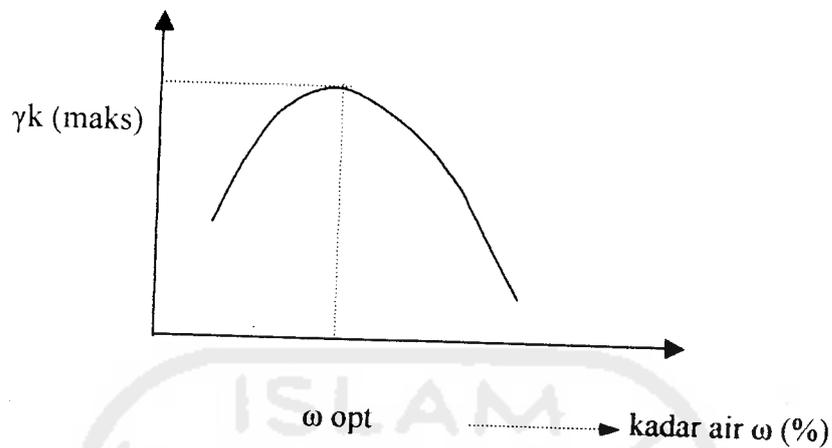
dengan : γ_d = berat volume kering (gr/cm³)

γ_b = berat volume basah (gr/cm³)

w = kadar air (%)

Berat volume tanah kering setelah pemadatan bergantung pada jenis tanah, kadar air, dan usaha yang diberikan oleh alat pemadatnya. Karakteristik tanah dapat dinilai dari pengujian standar laboratorium yang disebut dengan pengujian *Proctor*.

Dalam prinsip pengujian *Proctor* secara garis besar adalah palu dijatuhkan dari ketinggian 30,5 cm. Tanah dipadatkan dalam tiga lapisan dengan 25 kali tumbukan setiap lapisan dalam suatu tabung silinder (*mold*) untuk menghasilkan kadar air yang terbaik untuk mencapai berat volume kering terbesar atau kepadatan maksimum. Berikut ini gambar 3.3. kurva hubungan antara kadar air dan berat volume kering.



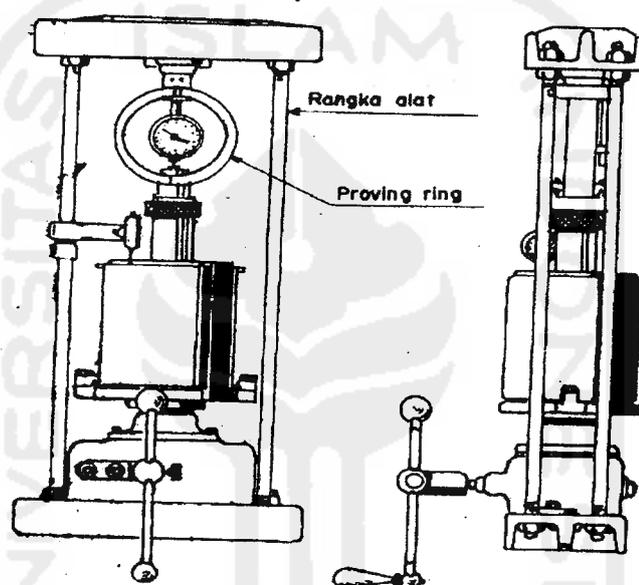
Gambar 3.3. Kurva hubungan antara kadar air dan berat volume kering.
Sumber : Hardiyatmo, 1992.

3.6 Pengujian CBR

Pengujian CBR dipakai untuk menentukan nilai CBR tanah dasar atau bahan lain yang akan dipakai pada pembuatan perkerasan jalan raya. Nilai CBR selanjutnya dipakai untuk penentuan tebal perkerasannya. Nilai CBR akan berhubungan dengan Daya Dukung Tanah (DDT).

Prinsip pengujian CBR adalah dengan menembus sampel tanah dengan kepadatan tertentu dalam suatu tabung menggunakan alat penekan standar seperti pada gambar 3.4. Alat penembus atau penetrasi yang digunakan adalah sebuah piston berpenampang bulat dengan luas 3 in^2 . Kecepatan penetrasi dilakukan secara konstan sebesar $0,005 \text{ in per menit}$. Penentuan nilai CBR diukur pada waktu piston masuk sedalam $2,50 \text{ mm}$ dan $5,00 \text{ mm}$ ($0,1 \text{ inch}$ dan $0,2 \text{ inch}$). Kemudian dibuat gambar grafik hubungan antara beban penetrasi dengan besarnya penetrasi, dengan besarnya penetrasi sebagai absis dan beban penetrasi sebagai ordinat.

Nilai CBR adalah nilai yang menyatakan kualitas tanah dasar dibandingkan dengan bahan standar berupa batu pecah yang mempunyai nilai CBR 100%. Pengujian CBR pada penelitian ini menggunakan contoh tanah dalam kadar air optimum (OMC) yang diperoleh dari pengujian pemadatan.



Gambar 3.4. Alat percobaan CBR di laboratorium

Sumber : Soedarmo, 1997.

3.7 Uji Triaksial (*Triaxial Test*)

Pengujian Triaksial (*Triaxial Test*) merupakan salah satu cara untuk menentukan kuat geser tanah (τ). Pada pengujian ini, dapat digunakan benda uji dengan diameter kira-kira 3,81 cm dan tinggi 7,62 cm. Benda uji dimasukkan dalam selubung karet tipis dan diletakkan ke dalam tabung kaca yang telah diisi air atau gliserin, kemudian diberi

tekanan sel (σ_3) untuk mendapatkan tekanan maksimum (σ_1) pada saat runtuh. Percobaan dilakukan tiga kali dengan diberi tekanan sel yang berbeda sebesar 0,5 ; 1,0 dan 2,0 kg/cm². Penggambaran tegangan-tegangan triaksial seperti pada gambar 3.5 dibuat dengan menghitung tegangan deviator seperti persamaan 3.8 berikut :

$$\Delta\sigma_1 = \frac{P}{A} \quad (3.8)$$

dengan : $\Delta\sigma_1$ = tegangan deviator

P = beban yang bekerja = kalibrasi x proving ring (kg)

A = luas penampang tanah = $A_0 / (1 - \epsilon)$ (cm²)

A_0 = luas penampang benda uji semula (cm²)

ϵ = regangan = $\Delta L / L_0$ (%)

ΔL = perpendekan benda uji yang terbaca pada arloji ukur (mm)

L_0 = panjang benda uji semula (mm)

Gambar 3.5 kurva (b) memperlihatkan penggambaran σ_1 versus ϵ . Penggambaran ini tidak dipergunakan oleh karena tegangan $\Delta\sigma_1 = \sigma_3$ pada $\epsilon = 0$. Untuk percobaan triaksial tegangan prinsipal utama dihitung seperti persamaan 3.9 berikut:

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \Delta\sigma_1 \quad (3.9)$$

dengan : σ_1 = tegangan maksimum (kg/cm²)

σ_3 = tegangan sel (kg/cm²)

$\Delta\sigma_1$ = tegangan deviator (kg/cm²)

Dan nilai-nilai sesaat dapat diplot dengan lingkaran-lingkaran Mohr seperti pada Gambar 3.5 kurva (c). Biasanya lingkaran maksimum atau lingkaran keruntuhan yang menghasilkan sebuah titik pada selubung keruntuhan *Mohr* merupakan satu-satunya data yang diinginkan untuk suatu tekanan terkekang tertentu. Hasil dari beberapa percobaan digambarkan, seperti terlihat dalam Gambar 3.5 kurva (d), dan selubung keruntuhan yang paling sesuai akan digambarkan untuk memperoleh c (kohesi) dan ϕ (sudut geser dalam) pada persamaan – persamaan dibawah ini. Berikut Gambar 3.6. alat pengujian triaksial.

$$\tau = \frac{\Delta\sigma_1}{2} \sin 2\theta \quad (3.10)$$

$$\sigma_n = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} + \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \cos 2\theta \quad (3.11)$$

$$C = \tau - \sigma_n \tan \phi \quad (3.12)$$

$$\tan \phi = \frac{\tau - c}{\sigma_n} \quad (3.13)$$

Dengan : C = kohesi (kg/cm^2)

$\Delta\sigma_1$ = tegangan deviator (kg/cm^2)

ϕ = sudut geser dalam ($^\circ$)

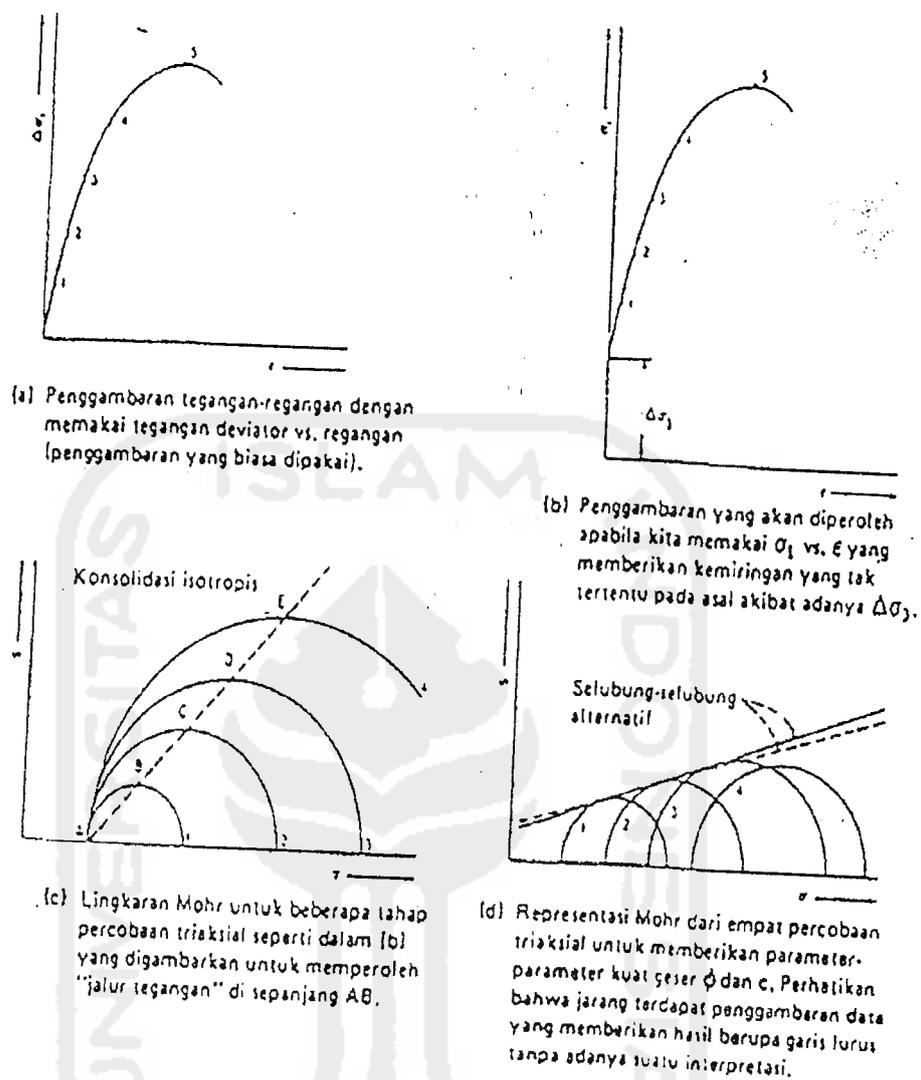
σ_1 = tegangan maksimum (kg/cm^2)

σ_3 = tegangan sel (kg/cm^2)

σ_n = tegangan normal (kg/cm^2)

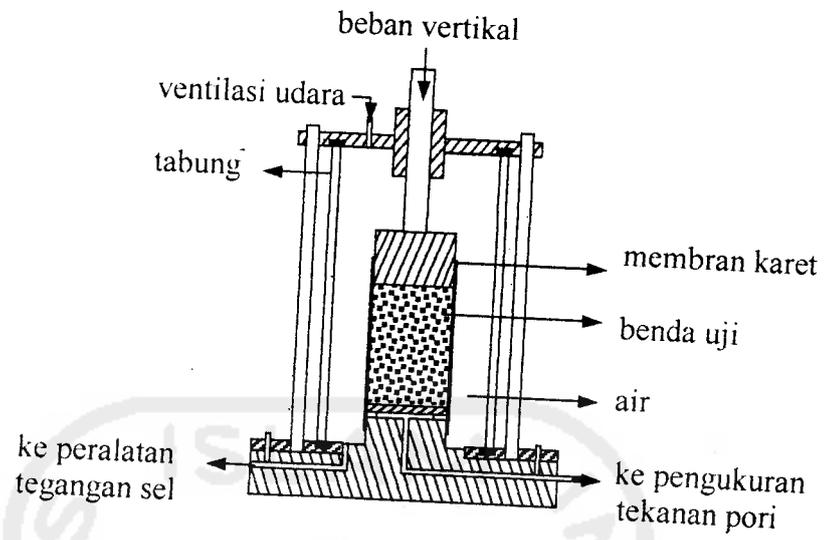
τ = tegangan geser (kg/cm^2)

θ = sudut pecah / keruntuhan ($^\circ$)



Gambar 3.5. Persentasi data tegangan-tegangan triaksial dan lingkaran Mohr

Sumber : Hardiyatmo, 1992.



Gambar 3.6. alat pengujian triaksial.

Sumber : Hardiyatmo, 1992.