

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh fhytri khairani, dari variasi campuran bubuk kaca dan bubuk keramik 0%, 5%, 10%, 15% dari berat kering tanah dengan lama pemeraman 0 hari, 7 hari dan 14 hari, didapatkan nilai persentase optimum penambahan bubuk kaca dan bubuk keramik adalah pada tanah dengan campuran 10% bubuk kaca dan 10% bubuk keramik dengan lama pemeraman 7 hari. Dimana tanah dengan campuran 10% bubuk kaca dan 10% bubuk keramik dengan lama pemeraman 7 hari memiliki nilai kadar air 44,8198%, *specific gravity* 1,4037, batas cair 56,9285%, batas plastis 30,3659%, batas susut 26,4960%, indeks plastisitas 26,5626%, CBR 4,5325%.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Khanif Auliya yang memanfaatkan Limbah padat pabrik kertas, Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanah lempung dari Penawangan Kabupaten Grobogan memiliki berat jenis 2,68 dengan penambahan limbah padat pabrik kertas hingga 15% mengalami penurunan batas cair sampai 58,40%, batas plastis naik sampai 44,74%, indeks plastisitas turun sampai 13,66%, batas susut naik sampai 17,16% dan fraksi lempung turun menjadi 71,40%.

Pemanfaatan abu gergaji kayu yang telah dilakukan oleh Agung M. Zamzam dan Eky Arif Darmawan menunjukkan bahwa tanah yang distabilisasi dengan abu serbuk gergaji kayu mengalami penurunan nilai berat jenis (*specific gravity*), nilai batas cair, nilai plastisitas indeks dan nilai *swelling*, penurunan terbesar terjadi pada penambahan abu kayu 10% selama masa pemeraman 3 hari. Sedangkan nilai UCS, nilai CBR *unsoaked* dan nilai CBR *soaked* mengalami peningkatan dibandingkan dengan nilai UCS dan CBR pada tanah asli. Nilai CBR *unsoaked* dan nilai CBR *soaked* termasuk pada kategori baik untuk dijadikan subgrade jalan.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Pengertian Tanah

Tanah adalah himpunan mineral, bahan organik, dan endapan-endapan yang relatif lepas (*loose*), yang terletak di atas batuan dasar (*bedrock*) (Hary Christady Hardiyatmo, 2002). Tanah merupakan hasil pelapukan atau erosi batuan induk (anorganik) yang bercampur dengan bahan organik yang mengandung partikel batuan atau mineral, bahan organik (senyawa organik dan organisme) air dan udara. Mineral merupakan unsur utama tanah. Pada umumnya mineral terbentuk dari padatan anorganik dan mempunyai komposisi homogen.

2.2.2 Tanah Rawa

Tanah rawa adalah tanah yang pada musim hujan dalam satu tahunnya tergenang air selama lebih kurang satu bulan atau tanah rawa juga bisa di artikan semua macam tanah berlumpur yang terbuat secara alami, atau buatan manusia dengan mencampurkan air tawar dan air laut, secara permanen atau sementara (Sri Widayati, 2011).

2.2.2.1 Unsur Tanah Alami Yang Terdapat Pada Rawa

2.2.2.1.1 Lempung

Lempung terdiri dari butir-butir yang sangat kecil dan menunjukkan sifat-sifat *plastisitas* dan *cohesive*. *Cohesive* menunjukkan kenyataan bahwa bagian-bagian itu melekat satu sama lainnya, sedangkan *plastisitas* adalah sifat yang memungkinkan bentuk bahan itu berubah-ubah tanpa perubahan isi atau tanpa kembali ke bentuk aslinya, dan tanpa terjadi retak-retak atau pecah-pecah.

2.2.2.1.2 Lanau

Lanau adalah bahan yang merupakan peralihan antara lempung dan pasir halus. Kurang plastis dan lebih mudah ditembus air daripada lempung dan memperlihatkan sifat dilatansi yang tidak

terdapat pada lempung. Dilantasi ini menunjukkan gejala perubahan isi apabila lanau itu dirubah bentuknya.

2.2.2.1.3 Tanah Gambut

Tanah gambut adalah jenis tanah lunak dengan dukung yang rendah dan kemampatan yang tinggi. Tanah gambut memiliki tekstur terbuka dimana selain pori-pori makro, tekstur tanah gambut juga didominasi oleh pori-pori mikro yang berada di dalam serat-serat gambut. Selain itu tanah gambut ini sangat lembek dan pada umumnya mempunyai daya dukung yang rendah.

2.2.3 Abu Limbah Gergaji Kayu

Abu limbah gergaji kayu merupakan limbah industri penggergajian kayu yang banyak mengandung *silica*. Dalam proses pembakaran, bahan-bahan anorganik akan tertinggal. Bahan anorganik yang tersisa ini ditimbang dan dinyatakan sebagai kadar abu. Besarnya kadar abu dalam suatu kayu umumnya lebih kecil daripada 1% dari berat kayu keringnya. Menurut Tarun et al.(2003) komposisi kimia abu limbah gergaji kayu adalah senyawa silikat (SiO_2) (4%-60%), Al_2O_3 sebesar (5%-20%), Fe_2O_3 sebesar (1%-9%), CaO sekitar (2%-37%), MgO sebesar (0,7%-5%), TiO_2 sebesar (0%-1,5%), K_2O sebesar (0,4%-14%), SO_3 sebesar (0,15%-15%), LOI (0,1%-33%). Pada kandungan abu limbah gergaji kayu terdapat 2 kandungan yang dominan. Jika kedua unsur kimia tersebut bercampur dan terhidrasi maka akan membentuk reaksi *pozzolan* yang disebut kalsium *silica* semen dimana *pozzolan* ini berguna untuk menjadi bahan pengganti semen dalam tanah nantinya. Reaksi kimia pencampuran *silica* dan *kalsium* dapat digambarkan sebagai berikut:





Sumber : <https://www.google.co.id/search?q=foto+limbah +gergaji+kayu>

Gambar 2.1. limbah serbuk gergaji kayu



Sumber : <https://www.google.co.id/search?q=foto+abu+limbah +gergaji+kayu>

Gambar 2.1. abu limbah gergaji kayu

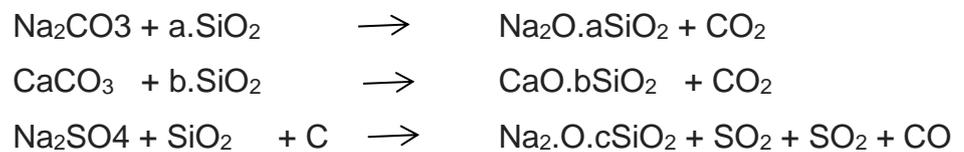
Tabel 2.1. Komposisi kimia abu limbah gergaji kayu, abu sekam padi dan kapur

Komposisi kimia	Abu limbah gergaji kayu	Abu sekam padi	kapur
	Dalam Persen (%)		
SiO ₂	60	96,31	35,57
CaO	23,5	0,30	60,51
MgO	3,32	0,28	3,67
Na ₂ O	0,16	0,06	0,04
Fe ₂ O ₃	0,19	0,08	0,01
Al ₃ O ₃	1,04	0,96	0,07
K ₂ O	9,60	0,96	0,01
P ₂ O ₃	2,34	0,88	0,01

Sumber: *Materials Handbook Thirteenth Edition, 2003.*

2.2.4 Serbuk Limbah botol kaca

Kaca adalah amorf (non kristalin) material padat yang bening dan transparan merupakan salah satu produk industri kimia gabungan dari berbagai oksida anorganik tidak mudah menguap yang dihasilkan dari dekomposisi dan peleburan senyawa alkali dan alkali tanah, pasir serta berbagai penyusun lainnya (Dian, 2011 dalam Wibowo, 2013). Kaca memiliki sifat khas dibanding dengan keramik lainnya. Kekhasan sifat-sifat kaca ini terutama dipengaruhi oleh keunikan silika (SiO_2) dan proses pembentukannya. Reaksi yang terjadi dalam pembuatan kaca secara ringkas pada persamaan 2.1 (Dian, 2011 dalam Wibowo, 2013):



Sumber : <https://www.google.co.id/search?q=foto+limbah+botol+kaca>

gambar 2.3. limbah botol kaca



Sumber : <https://www.google.co.id/search?q=foto+serbuk+limbah+botol+kaca>

Gambar 2.4. serbuk limbah botol kaca

Tabel 2.2. Komposisi Kimia Serbuk Limbah Botol Kaca
Berbagai Warna

Komposisi kimia	Botol Kaca Bening	Botol Kaca Coklat	Botol Kaca Hijau
	Dalam Persen (%)		
SiO ₂	72,42	72,21	72,38
Al ₂ O ₃	1,44	1,37	1,49
TiO ₂	0,035	0,041	0,04
Cr ₂ O ₃	0,002	0,026	0,13
Fe ₂ O ₃	0,07	0,26	0,29
CaO	11,50	11,57	11,26
MgO	0,32	0,46	0,54
Na ₂ O	13,64	13,75	13,52
K ₂ O	0,35	0,20	0,27
SO ₃	0,21	0,10	0,07

Sumber : Value - Added Utilisation Of Waste Glass In Concrete
Research Journal, 2002.

2.2.5 Stabilisasi Tanah Dengan Abu Limbah Gergaji Kayu dan Serbuk Limbah Botol Kaca

Abu limbah gergaji kayu dan serbuk limbah botol kaca merupakan salah satu limbah anorganik yang mengandung silika. Abu limbah gergaji kayu dan serbuk limbah botol kaca yang kaya kandungan silika ini diharapkan dapat digunakan sebagai bahan untuk stabilisasi tanah secara kimiawi. Silica pada abu limbah gergaji kayu dan serbuk limbah botol kaca dapat berfungsi sebagai bahan pengikat pada tanah, karena *silica* akan menghasilkan reaksi *pozzolan* dengan tanah. Reaksi *pozzolan* merupakan reaksi antara *silica* dan kalsium hidroksida bebas dengan tanah. Selain itu abu limbah serbuk gergaji kayu dan serbuk limbah botol kaca memiliki ukuran yang sangat halus yang dapat berfungsi sebagai bahan pengisi (*filler*) pada rongga-rongga tanah.

2.2.6 Sistem Klasifikasi Tanah

2.2.6.1 Klasifikasi Tanah Berdasarkan Unified System

Sistem klasifikasi tanah ini yang paling banyak dipakai untuk pekerjaan teknik pondasi seperti untuk bendungan, bangunan dan konstruksi yang sejenis. Sistem ini biasa digunakan untuk desain lapangan udara dan untuk spesifikasi pekerjaan tanah untuk jalan. Klasifikasi berdasarkan *Unified System* (Das. Braja. M, 1988), tanah dikelompokkan menjadi :

1. Tanah butir kasar (*coarse-grained-soil*) yaitu tanah kerikil dan pasir dimana kurang dari 50% berat total contoh tanah lolos ayakan no.200. Simbol dari kelompok ini dimulai dengan huruf awal G atau S. G adalah untuk kerikil (*gravel*) atau tanah berkerikil, dan S adalah untuk pasir (*sand*) atau tanah berpasir.
2. Tanah berbutir halus (*fine-grained-soil*) yaitu tanah dimana lebih dari 50% berat total contoh tanah lolos ayakan no.200. Simbol dari kelompok ini dimulai dengan huruf awal M untuk lanau (*silt*) anorganik, C untuk lempung (*clay*) anorganik, dan O untuk lanau organik dan lempung organik. Simbol PT digunakan untuk tanah gambut (*peat*), *muck*, dan tanah-tanah lain dengan kadar organik yang tinggi.

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

1. Persentase butiran yang lolos ayakan no.200 (fraksi halus).
2. Persentase fraksi kasar yang lolos ayakan no.40.
3. Koefisien keseragaman (*uniformity coefficient, Cu*) dan koefisien gradasi (*gradation coefficient, Cc*) untuk tanah dimana 0 - 12% lolos ayakan no.200.
4. Batas cair (LL) dan indeks plastisitas (PI) bagian tanah yang lolos ayakan no.40 (untuk tanah dimana 5% atau lebih lolos ayakan no.200).

Selanjutnya tanah diklasifikasikan dalam sejumlah kelompok dan sub kelompok seperti terlihat dalam Tabel 2.3 berikut ini.

Tabel 2.3. Simbol Klasifikasi Tanah Berdasarkan *Unified System*

Jenis Tanah	Simbol	Sub Kelompok	Simbol
Kerikil Pasir	G	Gradasi baik	W
		Gradasi buruk	P
	S	Berlanau	M
		Berlempung	C
Lanau	M		
Lempung	C	LL < 50%	L
Organik	O	LL > 50%	H
Gambut	PT		

Sumber : Bowles, 1991

2.2.6.2 Klasifikasi Tanah Berdasarkan AASHTO

Sistem ini mengklasifikasikan tanah kedalam delapan kelompok, A-1 sampai A-8, namun kelompok tanah A-8 tidak diperlihatkan tetapi merupakan gambut atau rawa yang ditentukan berdasarkan klasifikasi visual (lihat Tabel 2.3), dan pada awalnya membutuhkan data-data sebagai berikut :

1. Analisis ukuran butiran.
2. Batas cair dan batas plastis dan I_p yang dihitung.
3. Batas susut.
4. Ekuivalen kelembaban lapangan, kadar lembab maksimum dimana satu tetes air yang dijatuhkan pada suatu permukaan yang kecil tidak segera diserap oleh permukaan tanah itu.
5. Ekuivalen kelembaban sentrifugal, sebuah percobaan untuk mengukur kapasitas tanah dalam menahan air

Tabel 2.4. Klasifikasi Tanah Menurut Sistem AASHTO

Klasifikasi umum	Tanah Berbutir (35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No.200)						
	A-1		A-3	A-2			
Klasifikasi kelompok	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Analisa saringan (% lolos)							
No.10	Maks 50						
No.40	Maks 30	Maks 50	Maks 51				
No.200	Maks 15	Maks 25	Maks 10	Maks 35	Maks 35	Maks 35	Maks 35
Sifat fraksi yang lolos ayakan No.40							
Batas cair (LL)				Maks 40	Maks 41	Maks 40	Maks 41
Indeks plastisitas (PI)	Maks 6		NP	Maks 10	Maks 10	Maks 11	Maks 11
Tipe material yang paling dominan	Batu pecah, kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerikil dan pasir yang berlanau atau berlempung			
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Baik sekali sampai baik						

Sumber : Bowles, 1991

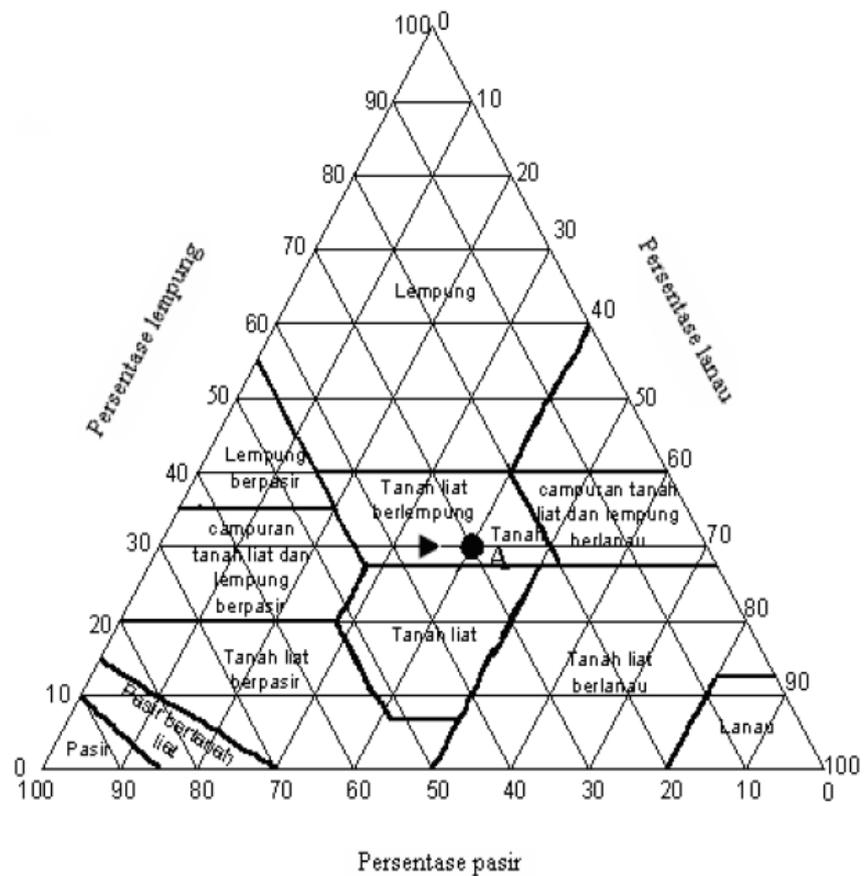
Klasifikasi umum	Tanah lanau – lempung (Lebih dari 35% dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No.200)			
	A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5* A-7-6 ^x
Analisa saringan (% lolos)				
No.10				
No.40				
No.200	Min 36	Min 36	Min 36	Min 36
Sifat fraksi yang lolos No.4				
Batas cair (LL)	Maks 40	Min 41	Maks 40	Min 41
Indeks plastisitas (IP)	Maks 10	Maks 10	Min 11	Min 11
Tipe material yang paling dominan	Tanah berlanau		Tanah berlempung	
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Biasa sampai jelek			

Sumber : Bowles, 1991

2.2.6.3 Klasifikasi Berdasarkan USDA

Sistem ini didasarkan pada ukuran batas dari butiran tanah seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2.5 yaitu :

- Pasir : merupakan butiran dengan diameter 2,0 - 0,05 mm.
- Lanau : merupakan butiran dengan diameter 0,05 - 0,002 mm.
- Lempung : merupakan butiran dengan diameter lebih kecil dari 0,002 mm.



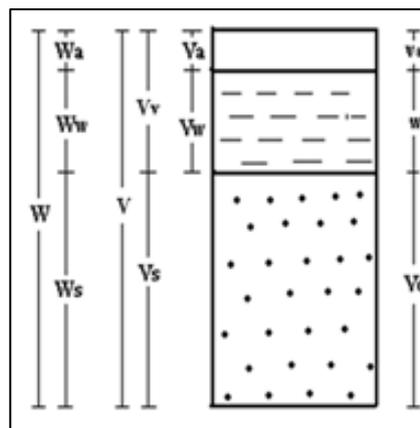
Gambar 2.5. Klasifikasi Tanah Berdasarkan Tekstur Oleh USDA

2.2.7 Pengujian Karakteristik Tanah

2.2.7.1 Pengujian Kadar Air

A. Tujuan Pengujian

Percobaan/pengujian untuk memeriksa banyaknya air dalam suatu contoh tanah yang dinyatakan dalam persen (%). Jadi, kadar air tanah adalah perbandingan antara berat air yang dikandung tanah tersebut, dengan berat keringnya dikalikan 100%.



Gambar 2.6. Susunan Volume Total Kadar Air

Rumus perhitungan kadar air adalah sebagai berikut :

$$\text{Kadar air (w)} = \frac{\text{Berat air}}{\text{Berat tanah kering oven}} \times 100\%$$

$$w = \frac{WW - DW}{DW - TW} \cdot 100\% \longrightarrow w = \frac{Ww}{Ws} \times 100\%$$

Dimana : w = Kadar air (%)

WW = Berat tanah basah + berat cawan (gr)

DW = Berat tanah kering + berat cawan (gr)

TW = Berat cawan (gr)

Ww = Berat air (gr)

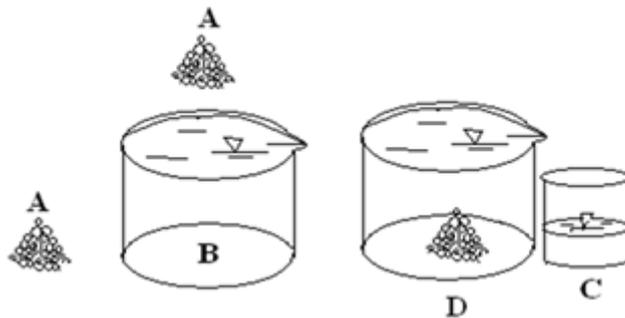
Ws = Berat tanah kering oven (gr)

2.2.7.2 Pengujian Berat Jenis Tanah

A. Tujuan Pengujian

Percobaan/pengujian untuk menentukan berat jenis butir dari suatu contoh tanah, yang merupakan hasil bagi antara berat contoh tanah kering oven dengan volume butir - butir tanah tersebut diatas. Besarnya volume butir - butir tanah diukur dengan air/air distilasi pada suhu 15⁰ C.

B. Pembahasan



Gambar 2.7. Urutan pengambilan rumus berat jenis tanah

A = Butir-butir tanah kering dalam gram

B = Gelas ukur penuh air

D = Butir-butir tanah kering dimasukkan dalam gelas ukur yang penuh air, air yang tumpah ditampung di gelas C

Volume butir-butir tanah kering (V_s) sama dengan volume air (V_o) yang tumpah pada suhu air 4⁰ C ($\gamma_w = 1$).

Jadi volume butir-butir tanah kering = volume air x γ_w

Rumus perhitungan kepadatan tanah adalah sebagai berikut :

$$\text{Berat jenis tanah} = \frac{\text{Berat butir tanah kering}}{\text{Volume butir tanah kering}}$$

$$G_s = \frac{W_o}{W_o + W_a - W_b}$$

Dimana :

G_s = Berat jenis butir tanah

W_o = Berat tanah kering oven (gr)

W_a = Berat piknometer penuh dengan air pada $T^{\circ}C$ (gr)

W_b = Berat piknometer + berat contoh + sisa air dalam piknometer pada $T^{\circ}C$ dalam (gr)

Bila contoh tanah (W_o) dimasukkan kedalam piknometer yang penuh dengan air, maka airnya akan meluap/tumpah, sehingga menyisakan air dan tanah (W_o) yang menempati tempat air yang tumpah, jumlah beratnya (W_b) dalam gram pada suhu $T^{\circ}C$.

W_a' = Berat piknometer + berat air yang memenuhinya pada suhu $T' ^{\circ}C$.

W_a = Berat piknometer + berat air yang memenuhinya pada suhu $T ^{\circ}C$.

$$W_a = \frac{\gamma_w(\text{pada } T^{\circ}C)}{\gamma_w(\text{pada } T'^{\circ}C)} \times (W_a' - w_f) + w_f$$

Jadi volume air yang tumpah, sama dengan volume butir tanah yang memindahkannya ($W_o + W_a - W_b$).

$$G_s (T^{\circ} C) = \frac{W_o}{W_o + W_a - W_b}$$

Dimana :

$G_s(T^{\circ}C)$ = Berat jenis butir pada suhu $T^{\circ} C$.

$$G_s (15^{\circ} C) = K (15^{\circ} C) \cdot G_s (T^{\circ} C)$$

Dimana :

$G_s (15^{\circ} C)$ = Berat butir tanah pada suhu $15^{\circ} C$

$K (15^{\circ} C)$ = Konstanta/koefisien pada suhu $15^{\circ} C$

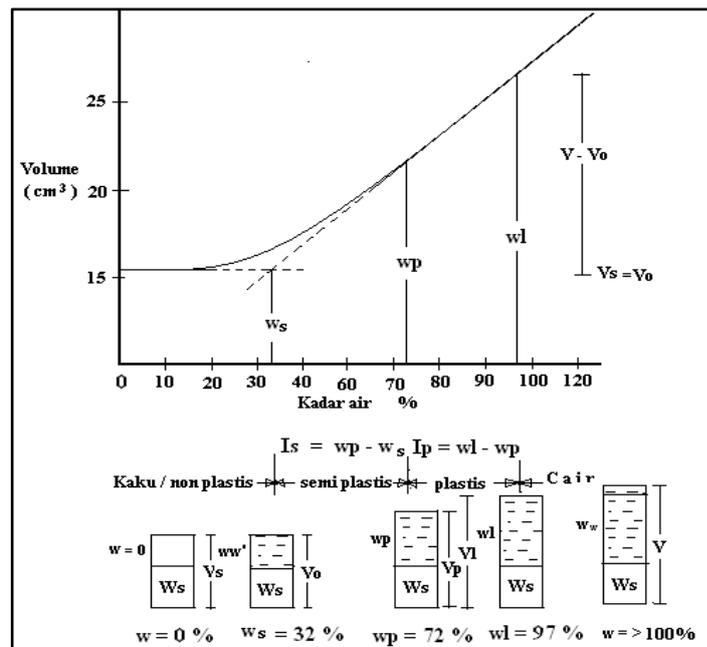
2.2.7.3 Pengujian Konsistensi Tanah (Atterberg Limit Test)

Suatu hal yang penting pada tanah berbutir halus adalah sifat plastisitasnya. Plastisitas disebabkan oleh adanya partikel mineral lempung dalam tanah. Istilah plastisitas menggambarkan kemampuan tanah dalam menyesuaikan perubahan bentuk pada volume yang konstan tanpa retak-retak atau remuk (Hary Cristady Hardiyatmo, 2002).

Bergantung pada kadar air, tanah dapat berbentuk cair, plastis, semi padat, atau padat. Kedudukan fisik tanah berbutir halus pada kadar air tertentu disebut konsistensi. Konsistensi bergantung pada gaya tarik antara partikel mineral lempung. Sembarang pengurangan kadar air menghasilkan berkurangnya tebal lapisan kation yang menyebabkan bertambahnya gaya tarik partikel. Bila tanah dalam kedudukan plastis, besarnya jaringan gaya antar

partikel. Bila tanah dalam kedudukan plastis, besarnya jaringan gaya antar partikel akan sedemikian hingga partikel bebas menggelincir antara satu dengan yang lain, dengan kohesi yang terpelihara. Pengurangan kadar air menghasilkan pengurangan volume tanah (Hary Cristady Hardiyatmo, 2002).

Atterberg (1911), memberikan cara untuk menggambarkan batas-batas konsistensi dari tanah berbutir halus dengan mempertimbangkan kandungan air tanah. Batas-batas tersebut adalah batas cair (*liquid limit*), batas plastis (*plastic limit*) dan batas susut (*shrinkage limit*). Kedudukan batas-batas konsistensi untuk tanah kohesif ditunjukkan dalam Grafik 2.1 (Hary Cristady Hardiyatmo, 2002).



Gambar 2.8 Grafik Batas-Batas Atterberg

I. Pengujian Batas Cair Tanah (*Liquid Limit Test*)

A. Tujuan Pengujian

Batas cair (LL), didefinisikan sebagai kadar air tanah pada batas antara keadaan cair dan keadaan plastis, yaitu batas atas dari daerah plastis. (Hary Cristady Hardiyatmo, 2002). Tanah dikatakan pada batas cair, apabila tanah (dalam cawan kuningan) yang sudah dibentuk alur (tanah hasil goresan/barutan) dapat merapat atau berimpit kembali sepanjang ± 1 cm pada ketukan ke 25 (N=25).

Tabel 2.5 Nilai Batas Cair Tanah

No.	Tingkat Batas Cair	Persentase
1	Batas cair rendah	20 – 25
2	Batas cair menengah	25 – 50
3	Batas cair tinggi	50 – 70
4	Batas cair sangat tinggi	70 – 90
5	Batas cair ekstra tinggi	> 90

Sumber : Pekerjaan Tanah Dasar Departemen PU

B. Rumus

Rumus pengujian *liquid limit test* adalah sebagai berikut :

$$If = \frac{Wn_1 - Wn_2}{\log N_2 - \log N_1}$$

Dimana :

Wn_1 = Kadar air pada ketukan N_1

Wn_2 = Kadar air pada ketukan N_2

N_1 dan N_2 = Banyaknya ketukan

II. Pengujian Batas Plastis (*Plastic Limit Test*)

A. Tujuan

Batas plastis (PL), didefinisikan sebagai kadar air pada kedudukan antara daerah plastis dan semi padat, yaitu persentase kadar air dimana tanah dengan diameter silinder 3,2 mm mulai retak-retak ketika digulung. Rentang batas antara batas cair dengan batas plastis disebut *Plasticity Index* (Hary Cristady Hardiyatmo, 2002).

$$PI = LL - PL$$

Dimana :

PI = *Plastic index* (%)

LL = Batas cair (%)

PL = Batas plastis (%)

Indeks plastisitas (PI) merupakan interval kadar air dimana tanah masih bersifat plastis. Karena itu, indeks plastisitas menunjukkan sifat keplastisan tanah. Jika tanah mempunyai PI tinggi, maka tanah mengandung banyak butiran lempung. Jika PI rendah, seperti lanau, sedikit pengurangan kadar air berakibat tanah menjadi kering. Batasan mengenai indeks plastisitas, sifat, macam tanah, dan kohesi diberikan oleh Atterberg terdapat dalam Tabel 2.3 (Hary Cristady Hardiyatmo, 2002).

Tabel 2.6 Derajat plastisitas

NO.	Tingkat Plastisitas	Indeks Plastis	Kekuatan Kering	Pengujian Lapangan
1	Tidak Plastis	0 – 5	Sangat rendah	Masa tanah mudah dirubah bentuk
2	Plastis Moderat	5 – 15	Rendah – Medium	Untuk merubah bentuk diperlukan tekanan ringan
3	Plastis	16 – 35	Medium – Tinggi	Untuk merubah bentuk diperlukan tekanan agak besar
4	Sangat Plastis	> 35	Sangat tinggi	Untuk merubah bentuk diperlukan tekanan besar

Sumber : Kerbs, 1971

III. Pengujian Batas Susut (*Shrinkage Limit Test*)

A. Tujuan

Batas susut (SL), didefinisikan sebagai kadar air pada kedudukan antara daerah semi padat dan padat, yaitu persentase kadar air dimana pengurangan kadar air selanjutnya tidak mengakibatkan perubahan volume tanah (Hary Cristady Hardiyatmo, 2002).

B. Rumus Pengujian Batas Susut

➤ **Batas susut tanah**

$$w_s = \frac{W_{w'}}{W_s} \cdot 100\%$$

Dimana :

w_s = Kadar air batas susut (%)

$W_{w'}$ = Berat air saat terjadi batas susut (gr)

W_s = Berat tanah kering (gr)

➤ **Susut volumetrik (*volume change*)**

Perubahan volume dari volume awal sampai dengan tidak menyusut lagi dihitung dalam persen.

$$C = (w - w_s) \times \frac{W_s}{V_o \cdot \gamma_w} \%$$

➤ **Susut panjang (*shrinkage linier*)**

$$L_s = 100 \left(1 - 3 \sqrt{\frac{100}{C + 100}} \right) \%$$

➤ **Angka susut rasio (*shrinkage ratio*)**

$$R = \frac{W_s}{V_o \cdot \gamma_w}$$

Batas susut dapat juga dihitung, bila *specific gravity* (Gs) dan susut rasio diketahui dengan rumus :

$$w_s = \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{G_s} \right) \cdot 100\%$$

Dimana :

Ws = Kadar air batas susut (%)

R = Susut rasio

Gs = BD butiran tanah

2.2.7.4 California Bearing Ratio

A. Tujuan

Nilai CBR adalah hasil perbandingan kekuatan tanah yang di uji dengan nilai kekuatan penetrasi terhadap agregat standart dalam persen. Pengujian ini bertujuan untuk menguji kekuatan tanah asli dilapangan maupun tanah asli hasil pemadatan dilapangan. Pengujian CBR dapat dilakukan langsung dilapangan maupun di laboratorium. Hasil pengujian CBR digunakan untuk menentukan besarnya nilai ddt. Ddt itu sendiri

diperlukan sebagai acuan perencanaan maupun perbaikan terhadap tanah yang ditinjau. Salah satu penerapan nilai CBR dengan dijadikan sebagai parameter penentuan lapisan jalan.

Tabel 2.7 Nilai CBR Dan Kegunanaannya

No	CBR	General Rating	Uses
1	0 – 3	Very poor	Subgrade
2	3 – 7	Poor to fair	Subgrade
3	7 – 20	Fair	Subbase
4	20 – 50	Good	Base, sub base
5	> 50	Excellent	Base, Sub base

Sumber : Braja M.Das, 1995

B. Hitungan dan Rumus-rumus

$$CBR = \frac{\text{Beban, pengujian}}{\text{Beban, standard}} \times 100\%$$

Tabel 2.8 California Bearing Ratio (%)

Penetrasi (mm)	Beban Standard (Kg)	Keterangan
2,5	1370	Beban standard dihasilkan dari percobaan penetrasi terhadap matrial standard (batu pecahan) yang dianggap mampu menahan beban. Luas penampang piston sebesar 3 ln ² atau 19,625 cm ²
5,0	2030	
7,5	2630	
10,0	3180	
12,5	3600	

$$V = \frac{1}{4} \times \pi \times \phi^2 \times T$$

Dimana :

Volume mold CBR dalam cm³

Diameter dalam mold ϕ dalam cm

Tinggi contoh tanah dalam mold 12,5 cm setelah dikurangi ganjal (spacer dish)

$$\gamma_t = \frac{W}{V}$$

$$\gamma_d = \frac{\gamma_t \times 100}{100 + w}$$

$$W_s = V \times \gamma_d$$

$$W = W_s \left(1 + \frac{w}{100}\right)$$

Dimana :

γ_t = Berat isi tanah basah (gr/cm³)

W = Berat tanah basah (gr)

V = Volume contoh tanah (cm³)

γ_d = Berat isi tanah kering (gr/cm³)

w = Kadar air contoh tanah (%)

W_s = Berat kering contoh tanah (gr)

$$\gamma'd = \frac{100 \times \gamma d}{100 + v_e}$$

$$w' = \frac{\gamma'_t(100 + v_e)}{\gamma d} \times 100 = 100 \left(\frac{\gamma'_t}{\gamma'_d} - 1 \right)$$

Dimana :

$\gamma'd$ = berat isi tanah kering setelah direndam (gr/cm^3)

v_e = pengembangan tanah setelah direndam (%)

γ'_t = berat isi tanah basah setelah direndam (γt) (gr/cm^3)

w' = kadar air contoh tanah setelah direndam (w) (%)

2.3 Kerangka Pemikiran

Abu limbah gergaji kayu dan serbuk limbah botol kaca mengandung silika cukup tinggi sehingga memiliki kemampuan untuk menyerap air. Didasarkan pada sifat inilah abu limbah gergaji kayu dan serbuk limbah botol kaca diharapkan dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan stabilisasi atau daya dukung tanah terutama pada tanah rawa yang memiliki kandungan air yang cukup tinggi. Selain itu juga dengan pemanfaatan abu limbah gergaji kayu dan serbuk limbah botol kaca dapat mengurangi jumlah sampah anorganik yang dapat mengurangi pencemaran lingkungan.