

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Kajian Penelitian Terdahulu

Penelitian-penelitian tentang stabilisasi tanah dengan menambahkan semen dan serta penelitian tentang penggunaan tanah granit sebagai lapis fondasi jalan (*subbase*), dijelaskan dibawah ini:

- a. Nuswantorodan Lilik (2013) Judul Jurnal “Pemanfaatan Tanah Granit Sebagai Bahan Campuran Lapis Fondasi Agregat Untuk Jalan Raya” dari hasil penelitian berdasarkan klasifikasi AASTHO dimana tanah granit diklasifikasikan sebagai tanah berbutir dengan tipe material yang paling dominan yaitu pasir halus, sedangkan menurut klasifikasi UCS tanah granit digolongkan dalam tanah berbutir kasar, berpasir bersih (sangat sedikit mengandung butir-butir halus) dan bergradasi buruk (SP). Dari hasil pemeriksaan sifat fisik Tanah Granit didapat nilai batas cair = 33.87 persen dan indeks Plastisitas = 0 (non plastis), material memenuhi persyaratan spesifikasi teknis untuk lapisan tanah dasar. Hasil pemeriksaan gradasi campuran dengan analisa saringan proporsi campuran tanah Granit (agregat halus) dan batu Pecah (Agregat kasar)= (10%:90%), (20%:80%) dan (30%:70%), hasil analisa saringan memenuhi spesifikasi gradasi Lapis Fondasi dan memenuhi persyaratan spesifikasi minimum untuk lapis fondasi berdasarkan dari hasil pengujian nilai CBR.
- b. Sebuah campuran yang digunakan sebagai lapis fondasi (*subbase*) mengacu pada Spesifikasi Umum Edisi 2010 yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga, Kementerian Pekerjaan Umum, Jakarta. Spesifikasi ini mensyaratkan nilai Kuat Tekan Bebas Tanah (UCS) $20 \text{ kg/cm}^2 - 35 \text{ kg/cm}^2$,

nilai daya dukung (CBR) 100 persen sampai 200 persen dan kadar semen harus dalam rentang 3 persen sampai 12 persen dari berat tanah asli (berat tanah sebelum dicampur semen).

- c. Rachmad, Machsus, Wihayudini, (2013).Judul “Stabilisasi Tanah Dasar Dengan Penambahan Semen dan Renolith” Menjelaskan hasil penelitian terhadap tanah lempung yang merupakan tanah dasar jalan di daerah Sidoarjo – Krian, bahwa penambahan aditif Renolith pada campuran stabilisasi tanah dengan semen portland menghasilkan penambahan daya dukung tanah yang cukup besar. Dengan pengujian kuat tekan bebas, nilai campuran tanah Sidoarjo – Krian dengan penambahan 9 persen semen dan 5 persen renolit serta 11 persen semen dan 5 persen renolit dengan masa pemeraman 21 dan 28 hari menunjukkan hasil yang memenuhi persyaratan lapis fondasi semen tanah ($20 \text{ kg/cm}^2 - 35 \text{ kg/cm}^2$).
- d. Widodo, Qosari, (2011)Judul “Efektifitas Penambahan Matos Pada Stabilisasi Semen Tanah Berbutir Halus” Menjelaskan hasil penelitian terhadap perbandingan nilai UCS antara tanah-semen terhadap tanah-semen-matos® mampu meningkatkan UCS tanah-semen. Peningkatan nilai UCS tanah-semen-matos terhadap nilai UCS tanah semen adalah 9,47persen (penambahan semen 4persen), 13,58 persen (penambahan semen 8 persen), dan 17,25 persen (penambahan semen 12 persen) dimana kandungan air yang terdapat pada empat tingkatan struktur lempung mengakibatkan jumlah stabilizer Matos yang diperlukan untuk melarutkan humus lebih besar.

- e. Andriani, dkk (2012) melakukan penelitian dengan membuat campuran semen tanah dengan beberapa variasi kadar semen. Campuran diuji untuk mengetahui nilai CBR nya setelah pemeraman selama tiga hari. Hasil uji dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1. Hasil Uji CBR pada Campuran Tanah Semen dengan Beberapa Variasi Kadar Semen (Andriani dkk, 2012)

No	Kadar Semen (%)	CBR setelah pemeraman 3 Hari (%)
1	0	8,204
2	5	24,611
3	10	43,256
4	15	55,934
5	20	64,138

Kesimpulan hasil penelitian terhadap tanah lempung Lambung Bukit adalah penambahan semen telah meningkatkan nilai daya dukung tanah secara signifikan. Nilai CBR semakin naik seiring dengan penambahan semen, dimana nilai CBR tanah asli sebesar 8,204 persen. Terjadinya peningkatan nilai CBR pada campuran optimum 20 persen semen dengan waktu pemeraman tiga hari dengan nilai CBR 64,138 persen.

- f. Eka Agustina, (2015) Melakukan penelitian dengan pengaruh penambahan zat aditif pada ketahanan fondasi tanah semen (soil cement base). dengan mensimulasikan siklus kondisi basah dan kondisi kering terhadap lapis fondasi campuran tanah dan semen. Hasil UCS campuran tanah semen tanpa dan dengan penambahan aditif 2% adalah masing-masing 26,66 kg/cm² dan 24,15 kg/cm². Nilai UCS ini semakin kecil dengan semakin tinggi persentase aditif yang ditambahkan pada campuran. Hasil ini juga diikuti dengan semakin tingginya persentase kehilangan berat akibat gerusan di proses siklus basah dan kering. Penelitian ini juga menemukan bahwa aditif yang berlebihan (lebih dari 2%) justru mengakibatkan pengurangan nilai UCS dan peningkatan kehilangan berat yang

konfirmasi dengan perubahan kandungan kimia dan foto mikroskopik sampel.
Persentase semen dan aditif yang optimal untuk stabilisasi tanah dari Tumbang
Kaman adalah masing-masing 5% dan 2%.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Tanah

Dalam pengertian teknik secara umum, tanah didefinisikan sebagai himpunan mineral, bahan organik dan endapan-endapan yang relatif lepas (*loose*), yang terletak diatas batuan dasar (*bedrock*) (Hardiyatmo, 2010). Sedangkan Das (1998) mendefinisikan tanah sebagai bahan yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) antara satu sama lain 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. Batasan berat jenis untuk beberapa jenis tanah dapat dilihat pada tabel 2.1. Sedangkan untuk hubungan antara indeks plastisitas dan jenis tanah dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2. 2. Batasan Berat Jenis Untuk Beberapa Jenis Tanah (Hardiyatmo, 2010)

Jenis Tanah	Batas
Pasir	2,65 – 2,68
Kerikil	
Lanau Organik	2,62 – 2,68
Lempung Organik	2,58 – 2,65
Lempung Anorganik	2,68 – 2,75
Humus	2,37
Gambut	1,25 – 1,80

Sember : Buku Mekanika Tanah 1edisi ke lima

Tabel 2. 3. Tabel Hubungan Antara Indeks Plastisitas dan Jenis Tanah(Das, 1998)

Jenis Tanah	Keterangan	Tingkat Plastisitas
Pasir	$IP = 0$	Tidak Plastis
Lanau	$0 < IP \leq 7$	Plastisitas Rendah
Lempung Berlanau	$7 < IP \leq 17$	Plastisitas Sedang
Lempung	$IP > 17$	Plastisitas tinggi

Sember : Buku Mekanika Tanah jilid 1

2.2.2 Sistem Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah digunakan untuk mengelompokkan tanah-tanah sesuai dengan perilaku umum dari tanah pada kondisi fisis tertentu. Tanah-tanah yang dikelompokkan dalam urutan berdasarkan suatu kondisi-kondisi fisis tertentu bisa saja mempunyai urutan yang tidak sama jika berdasarkan pada kondisi-kondisi fisis yang lainnya (Dunn, 1992 dalam Hardiyatmo, 2010).

Klasifikasi tanah umumnya didasarkan atas ukuran partikel tanah, yang diperoleh dari analisis saringan dan uji sedimentasi (*hidrometer*) serta plastisitas. Dari beberapa sistem klasifikasi tanah, terdapat dua sistem klasifikasi yang sering digunakan, kedua sistem ini menggunakan sifat-sifat indeks tanah yang sederhana seperti distribusi ukuran butiran, batas cair dan indeks plastisitas.

2.2.3 Sistem klasifikasi Unified (*Unified Soil Classification System*)

Sistem ini pertama kali diusulkan oleh Casagrande (1948) dalam Wesley (2012),kemudian direvisi oleh kelompok teknisi dari USBR (*United State Bureau of Reclamation*). Pada sistem *Unified (Unified Soil Classification System USCS)* ini, tanah diklasifikasikan ke dalam tanah berbutir kasar (kerikil dan pasir) jika

kurang dari 50 persen lolos saringan no. 200, dan sebagai tanah berbutir halus (lanau dan lempung) jika lebih dari 50 persen lolos saringan no. 200.

Simbol-simbol yang digunakan dalam sistem klasifikasi *Unified* ini adalah :

G : adalah kerikil (*gravel*),

S : adalah pasir (*sand*),

C : adalah lempung (*clay*),

M : adalah lanau (*silt*),

O : adalah lanau atau lempung organik (*organic silt or clay*),

Pt : adalah tanah gambut & tanah organik tinggi (*peat and highly organic soil*),

W : adalah bergradasi baik (*well-graded*),

P : adalah bergradasi buruk (*poorly-graded*),

H : adalah plastisitas tinggi (*high-plasticity*),

L : adalah plastisitas rendah (*low-plasticity*),

Kombinasi dari simbol-simbol ini menggambarkan suatu jenis tanah. Misalnya kerikil yang bergradasi baik dengan simbol GW, pasir yang bergradasi buruk dengan simbol SP, pasir berlanau adalah SM, lempung dengan batas cair > 50 persen adalah CH, dan seterusnya. Sifat teknis tanah berbutir kasar ditentukan oleh ukuran butir, sedangkan tanah berbutir halus lebih ditentukan oleh sifat plastisitas tanahnya, sehingga pengelompokkan tanah berbutir halus dilakukan berdasarkan sifat plastisitas dari tanah tersebut.

2.2.4 Sistem klasifikasi AASHTO

Sistem klasifikasi AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*) ini berguna untuk menentukan kualitas tanah yang digunakan untuk perencanaan timbunan jalan, *subbase* dan *subgrade*.

Sistem klasifikasi AASHTO pertama-tama adalah membagi tanah secara umum yaitu tanah berbutir (*granular materials*) yaitu tanah yang lolos saringan no.200 kurang dari 35 persen dan tanah lanau-lempung yaitu tanah yang lolos saringan no.200 lebih dari 35persen. Kemudian tanah dibagi dalam 8 kelompok besar yaitu A-1 sampai dengan A-8. Untuk tanah kelompok A-1 sampai A-3 adalah termasuk tanah berbutir (*granular materials*), kelompok A-4 sampai A-7 adalah termasuk tanah berbutir halus yaitu lanau dan lempung, perbedaan dari kedua tanah ini hanya didasarkan pada batas-batas Atterbergnya.

Untuk mengevaluasi mutu kualitas suatu tanah sebagai bahan tanah dasar (*subgrade*) jalan raya, diperlukan suatu angka yang disebut sebagai *group index* (GI). Angka ini dinyatakan dalam bilangan bulat dan dituliskan didalam kurung setelah nama kelompok dan sub-kelompok tanah tersebut. Jika GI yang diperoleh negatif maka ditulis dengan angka nol. Adapun indeks kelompok (GI) dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$GI = (F - 35) [0,2 + 0,005 (LL - 40)] + 0,01 (F - 15) (PI - 10) \dots \dots \dots (2.1)$$

Di mana GI adalah indeks kelompok (*group indekx*), F adalah persen butiran lolos saringan no. 200 (0,075 mm), LL adalah batas cair

GI = indeks kelompok (*group index*)

F = persen butiran lolos saringan no. 200 (0,075 mm)

LL = batas cair (*liquid limit*)

PI = indeks plastisitas

Untuk tanah yang masuk kedalam kelompok A-2-6 dan A-2-7, hanya sebagian dari persamaan indeks kelompok saja yang digunakan (*liquid limit*), dan PI adalah indeks plastisitas.

Untuk tanah yang masuk kedalam kelompok A-2-6 dan A-2-7, hanya sebagian dari persamaan indeks kelompok saja yang digunakan, yaitu

$$GI = 0,01 (F - 15) \times (PI - 10) \dots \dots \dots (2.2)$$

Tabel 2. 4. Klasifikasi Tanah Sistem AASHTO(Hardiyatmo,2010)

Klasifikasi umum	Material granular(< 35% lolos saringan no. 200)							Tanah-tanah lanau-lempung (< 35% lolos saringan no. 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Klasifikasi kelompok	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5/A-7-6
Analisis saringan(% lolos)2,00 mm (no. 10)0,425 mm(no. 40)0,075 mm (no.200)	50 maks 30 maks 15 maks	- 50 maks 25 maks	- 51 min 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 min	40 maks	41 min	40 maks	41 min
Indeks plastisitas (PI)	6 maks		Np	10 maks	10 maks	11 min	11 min	10 maks	10 maks	11 min	11 min
Indeks kelompok (G)	0		0	0		4 maks		8 maks	12 maks	16 maks	20 maks
Tipe material yang pokok pada umumnya	Pecahan batu, kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerikil berlanau atau berlempung dan pasir				Tanah berlanau		Tanah berlempung	
Penilaian umum sebagai tanah dasar	Sangat baik sampai baik							Sedang sampai buruk			

Catatan :

Kelompok A-7 dibagi atas A-7-5 dan A-7-6 bergantung pada batas plastisitasnya (*PL*)

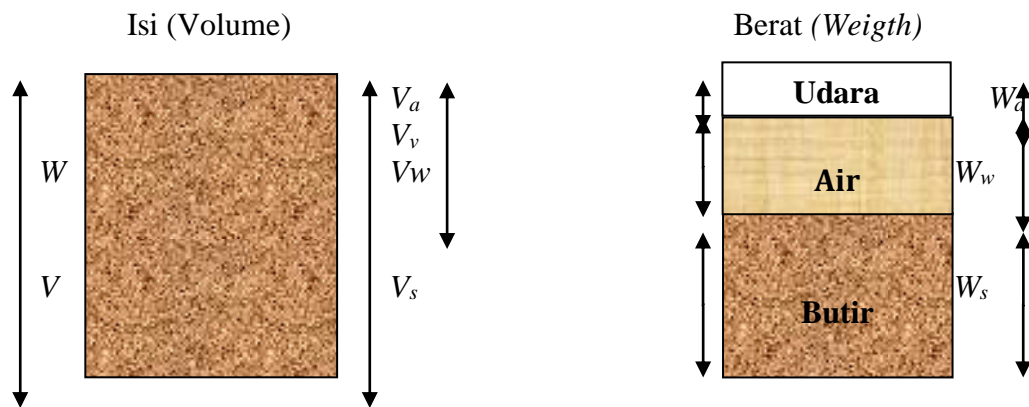
Untuk $PL > 30$, klasifikasinya A-7-5 ;

Untuk $PL < 30$, klasifikasinya A-7-6

N_p = Nonplastisitas

2.2.5 Sifat-sifat Tanah (*Index Properties*)

Sifat-sifat fisik dalam tanah dapat digambar dalam fase, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1 berikut :



Gambar 2. 1. Diagram Fase Tanah (Hardiyatmo, 2010)

Dari memperhatikan gambar tersebut dapat dibentuk persamaan :

$$W = W_s + W_w \dots\dots\dots(2.3)$$

$$V = V_s + V_w + V_a \dots\dots\dots(2.4)$$

$$V_v = V_w + V_a \dots\dots\dots(2.5)$$

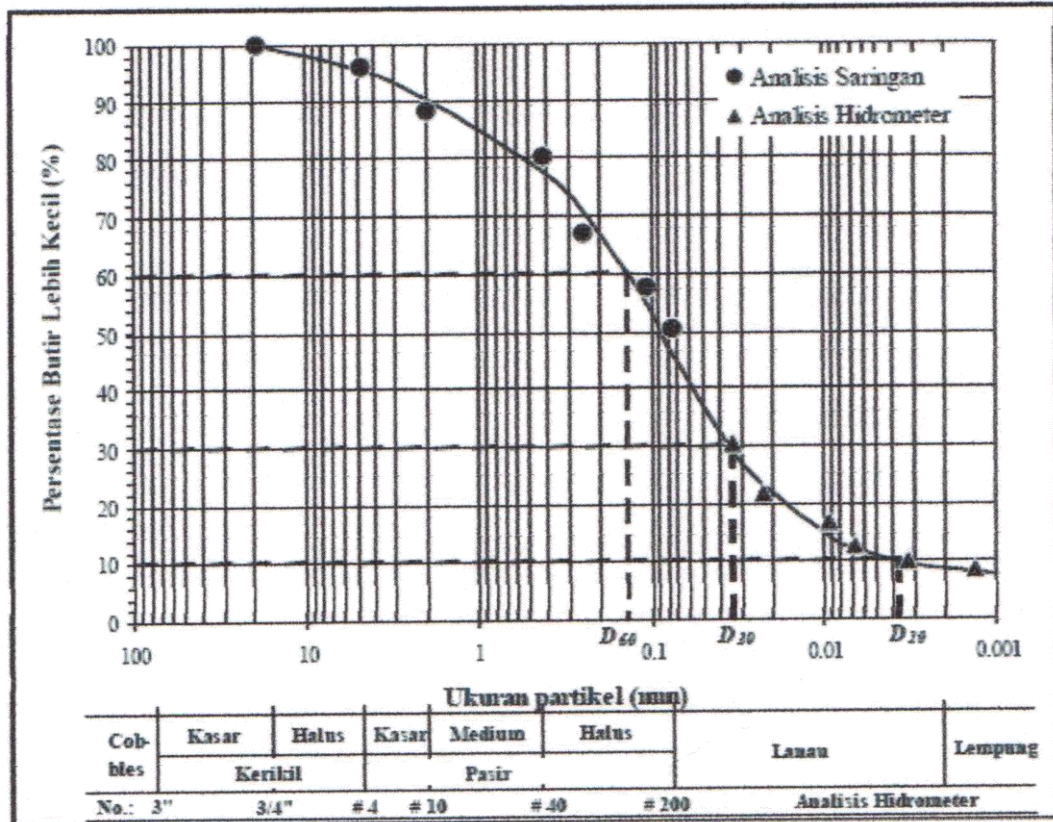
Dimana W_s adalah berat butiran padat, W_w adalah berat air, V_s adalah volume butiran padat, V_w adalah volume air, dan V_a adalah volume udara.

2.2.6 Analisis Distribusi Ukuran Butir

Analisa ukuran butiran adalah penentuan variasi ukuran partikel-partikel yang ada pada tanah. Variasi ini dinyatakan dalam persentase lolos terhadap berat kering total (Das, 1998). Analisis ayakan dipergunakan untuk butiran yang mempunyai ukuran lebih dari 0,075mm, sedangkan analisis dengan hidrometer adalah untuk mengetahui distribusi butiran yang diameternya lebih kecil dari 0,075mm atau yang lolos saringan 200. Menurut Hardiyatmo (2010), analisa ukuran butiran tanah adalah penentuan persentase berat butiran pada suatu unit saringan, dengan ukuran diameter lubang tertentu.

Distribusi ukuran butir tanah berbutir halus atau bagian berbutir halus dari tanah berbutir kasar, dapat ditentukan dengan cara sedimentasi. Metode ini di dasarkan pada hukum stokes, yang berkenaan dengan kecepatan mengendap butiran pada larutan suspensi. Analisis hidrometer didasarkan pada prinsip sedimentasi (pengendapan) butir-butir tanah dalam air. Bila suatu contoh tanah dilarutkan dalam air, partikel-partikel tanah akan mengendap dengan kecepatan yang berbeda-beda tergantung pada bentuk, ukuran, dan beratnya.

Untuk tanah yang merupakan campuran dari butir kasar dan halus, digunakan analisis saringan dan hidrometer digambarkan dalam suatu grafik seperti diberikan dalam gambar 2.2.



Gambar 2. 2. Kurva Distribusi Ukuran Butir (Djamiko, 1997)

Pelaksanaan untuk analisis ukuran butiran ini diperoleh berdasarkan parameter analisis ayakan dan analisis hidrometer antara lain sebagai berikut :

1. Analisis ayakan digunakan untuk menentukan tipe gradasi tersebut berdasarkan karakteristik tanah menurut distribusi partikelnya yaitu dengan persamaan berikut:
 - a. Koefisien keseragaman (*uniformity coefficient*).

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \dots \dots \dots (2.6)$$

di mana D_{60} adalah diameter butir (dalam mm) di mana 60 persen lolos saringan, dan D_{10} adalah diameter butir (dalam mm) di mana 10 persen lolos saringan. Sehingga, Harga C_u makin kecil maka tanah semakin

seragam, C_u sama dengan 1 maka tanah hanya mempunyai 1 ukuran, tanah yang bergradasi sangat jelek seperti pasir pantai, $C_u=2$ atau 3, tanah dengan gradasi sangat baik $C_u > 15$ atau lebih, $C_u > 4$ untuk kerikil dan $C_u > 6$ untuk pasir, dan Harga C_u sampai dengan 1000.

b. Koefisien kelengkungan (*Coefficient of curvature*)

$$C_u = \frac{(D_{30})^2}{(D_{10}) \times (D_{60})} \dots \dots \dots (2.7)$$

di mana D_{30} adalah diameter butir (dalam mm) dimana 30 persen lolos saringan C_c di antara 1 dan 3 adalah bergradasi baik.

2. Analisis hidrometer

Analisis Hidrometer pada hukum Stokes yaitu butiran yang mengendap dalam cairan mempunyai kecepatan mengendap yang tergantung pada diameter butir dan kerapatan butir dalam cairan. ASTM (1980) D 422, AASTHO (1978) T88.

Analisis hidrometer berdasarkan pada prinsip-prinsip dalam Djatmiko (1993) adalah sebagai berikut :

- a. Butir-butiran dalam campuran air (suspensi) akan menurun dengan kecepatan tertentu yang tergantung ukuran butir-butirnya. Butir-butir yang berukuran sama akan menurun dengan kecepatan sama.

Kecepatan ini menurut Hukum Stokes adalah sebaai berikut:

$$V =$$

$$\frac{2}{9} r^2 \frac{Y_s - Y_w}{n} \dots \dots \dots (2.8)$$

atau

$$V = \frac{2}{18} D^2 \frac{Y_s - Y_w}{n} \dots \dots \dots (2.9)$$

di mana r adalah Jari-jari butir bulat (cm), D adalah diameter butir bulat (cm), y_s adalah berat isi butir (g/cm^3), Y_w adalah berat isi air (g/cm^3), n adalah kekentalanair dinamis (g.s/cm^2).

$$n = \frac{\mu}{g}$$

di mana μ adalah kekentalan mutlak/absolut (dyne-s/cm^2), dan g adalah percepatan gravitasi (cm/s^2).

Jika suspensi tersebut menggunakan air dalam hal ini berat isi air: $\gamma_w = 1 \text{ g/cm}^3$,

Maka:

$$\gamma_s = G \times \gamma_w = G \dots \dots \dots (2.10)$$

Masukan persamaan (3.7) kedalam persamaan (3.6):

$$V = \frac{1}{18} D^2 \frac{G-1}{n}$$

$$V = \frac{1}{18} (0,10D)^2 \frac{G-1}{n}$$

$$D = 1 \text{ cm} = 10 \text{ mm}$$

$$D = 1 \text{ mm} = 0.10 \text{ cm}$$

$$V = \frac{G-1}{1800n} D^2$$

$$D = \sqrt{\frac{1800 \times n \times V}{G-1}} (\text{mm}) \dots \dots \dots (2.11)$$

Jika butir dengan diameter D (mm) turun setinggi H_c (cm) dalam waktu

1 menit Maka:

$$V = \frac{H_e}{60t} \text{ (cm/s)} \dots\dots\dots (2.12)$$

Dengan memasukkan harga V dari persamaan (2.12), kedalam persamaan (2.11), maka akan diperoleh persamaan:

$$D = \sqrt{\frac{1800}{G-1}} \frac{H_e}{60t}$$

$$D = \sqrt{\frac{30n}{G-1}} \sqrt{\frac{H_e}{t}}$$

$$D = 10^{-5} M \sqrt{\frac{H_e}{t}} \dots\dots\dots (2.13)$$

Di mana $M = 10^{-5} \sqrt{\frac{30n}{G-1}}$, H_e adalah tinggi penurunan/tinggi efektif, dan t adalah waktu penurunan.

- b. Berat spesifik/berat jenis suspensi tergantung konsentrasi butir-butir yang terkandung didalamnya. Jadi dengan mengukur berat jenis suspensi kita dapat menghitung banyaknya tanah yang ada didalam campuran tersebut.

$$B + 1 - \frac{B}{G} = 1 + B \left(\frac{G-1}{G} \right)$$

Jadi berat jenis suspensi:

$$G_{\text{susp}} = 1 + B \left(\frac{G-1}{G} \right) = \text{pembacaan hidrometer}$$

Sehingga,

$$R_h = 1 + B \left(\frac{G-1}{G} \right) \dots \dots \dots (2.14)$$

Di mana R_h adalah pembacaan hidrometer (*Reading of hydrometer*)

Jika yang dicari harga B, maka:

$$B = \frac{B}{G-1} (R_h - 1) \dots \dots \dots (2.15)$$

Dengan hidrometer kita mengukur berat jenis campuran, sehingga kita dapat menghitung B, yaitu berat tanah tiap cm^3 dengan ukuran lebih kecil dari pada diameter D tadi.

Jumlah berat tanah dalam suspensi dengan ukuran lebih kecil dari pada D adalah = $1000B$ kalau isi suspensi = 1000 cm^3 presentase seluruh contoh tanah yang termasuk dalam suspensi.

$$P = \frac{1000XB}{W} \times 100\% \dots \dots \dots (2.16)$$

Dimana P adalah presentase ukuran butir lebih kecil D, dan W adalah jumlah berat tanah dalam suspensi.

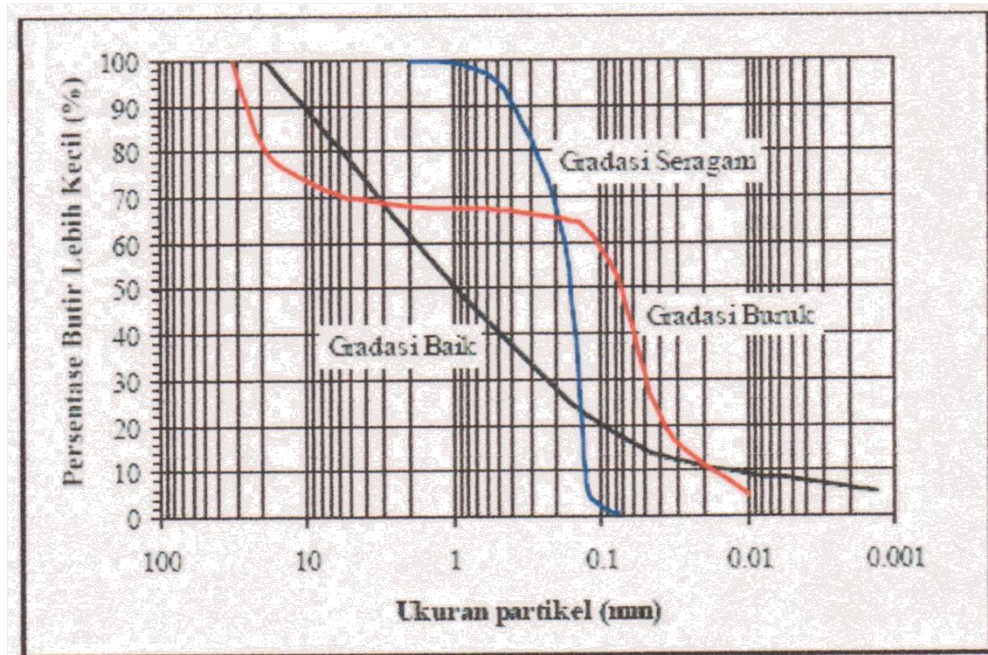
Dengan memasukan persamaan (2.15) kedalam persamaan (2.16), maka akan diperoleh.

$$P \frac{1000}{W} \left(\frac{G}{G-1} \right) (R_{\bar{n}} - 1) \times 100\% \dots \dots \dots (2.17)$$

Ada beberapa golongan tanah berdasarkan ukuran butiran tanah (gradasi) yaitu antara lain sebagai berikut:

1. Tanah bergradasi baik (*well-graded*) adalah rentang distribusi ukuran partikel yang relatif lebih luas, menghasilkan kurva distribusi yang lurus dan panjang.
2. Tanah gradasi seragam (*uniform soil*) adalah distribusi partikel-partikelnya memiliki ukuran yang relatif sama.
3. Tanah gradasi buruk (*gap graded atau poorly graded*) adalah memiliki distribusi ukuran partikel yang terputus ukuran partikel antara butir kasar dan halus.

Contoh dari ketiga golongan tersebut terdapat pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 3. Grafik Pembagian Ukuran Butiran (Gradasi) (Wesley, 2012)

2.2.7 Pemadatan (*compaction*)

Untuk menentukan hubungan kadar air dengan berat volume, dan untuk mengevaluasi tanah agar memenuhi persyaratan kepadatan, maka umumnya dilakukan uji pemadatan. Pemadatan (*compaction*) adalah proses naiknya kerapatan tanah dengan memperkecil jarak antar partikel sehingga terjadi reduksi volume udara: tidak terjadi perubahan volume air yang cukup berarti pada tanah ini (Craig, 1987 dalam Hardiyatmo 2010). Pemadatan yang dilakukan pada saat kadar air lebih tinggi daripada kadar air optimumnya akan memberikan pengaruh terhadap sifat tanah. Tujuan pemadatan tanah adalah memadatkan tanah pada kadar air optimum dan memperbaiki karakteristik mekanisme tanah. Maksud pemadatan tanah (Hardiyatmo, 2010) adalah sebagai berikut:

1. Mempertinggi kuat geser tanah,
2. Mengurangi sifat mudah mampat (kompresibilitas),

3. Mengurangi permeabilitas, dan
4. Mengurangi perubahan volume sebagai akibat perubahan kadar air.

Menurut Proctor (1933) dalam Das (1998), telah mengamati bahwa ada hubungan yang pasti antara kadar air dan berat volume kering tanah padat. Untuk berbagai jenis tanah pada umumnya, terdapat satu nilai kadar air optimum tertentu untuk mencapai berat volume kering maksimumnya. Hubungan berat volume kering (γ_d) dengan berat volume basah (γ_b) dan kadar air (w) dinyatakan dalam Persamaan 2.18

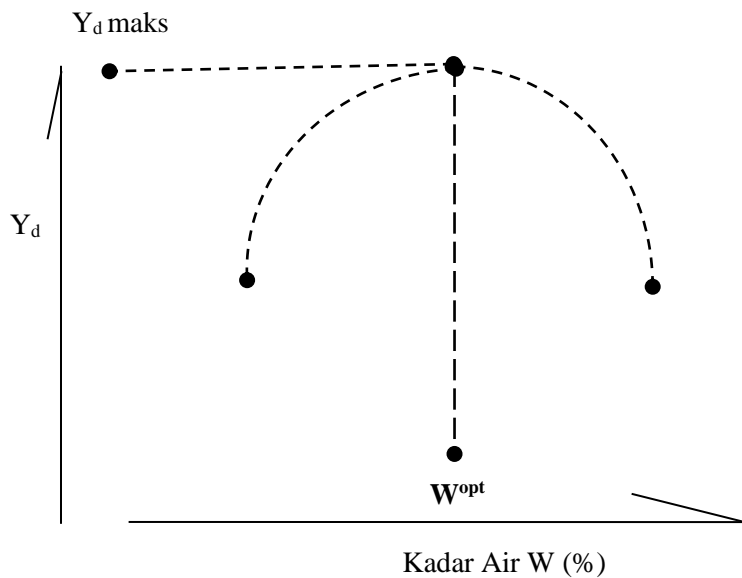
$$\gamma_d = \frac{\gamma_b}{1 + w} \dots\dots\dots(2.18)$$

Karakteristik kepadatan tanah dapat di nilai dari pengujian standar di laboratorium yang disebut standar Proctor. Prinsip pengujian menggunakan pemadat berupa silinder mould yang mempunyai volume $9,44 \times 10^{-4} \text{ m}^3$. Tanah di dalam mould dipadatkan dengan penumbuk yang beratnya 2,5 kg dengan tinggi jatuh 30,50 cm. Tanah dipadatkan dalam tiga lapisan dengan tiap lapisan ditumbuk dua puluh lima kali.

Pada uji standar Proctor modifikasi (*modified Proctor*), mould yang digunakan masih tetap sama, hanya berat penumbuknya diganti dengan yang 4,54 kg dengan tinggi jatuh penumbuk 45,72 cm dan tanah dipadatkan dalam 5 lapisan dengan tiap lapisan ditumbuk dua puluh lima kali.

Dalam uji pemadatan, percobaan diulang paling sedikit lima kali dengan kadar air tiap percobaan divariasikan. Kemudian, digambarkan sebuah grafik hubungan kadar air

dan berat volume keringnya. Kurva yang dihasilkan pada Gambar 2.4 dari pengujian memperlihatkan nilai kadar air terbaik (w_{opt}) untuk mencapai berat volume kering terbesar atau kepadatan kering maksimum (γ_{dmaks}).



Gambar 2. 4. Grafik Hubungan Kadar Air dengan Berat Isi Tanah Kering
(Djarmiko, 1997)

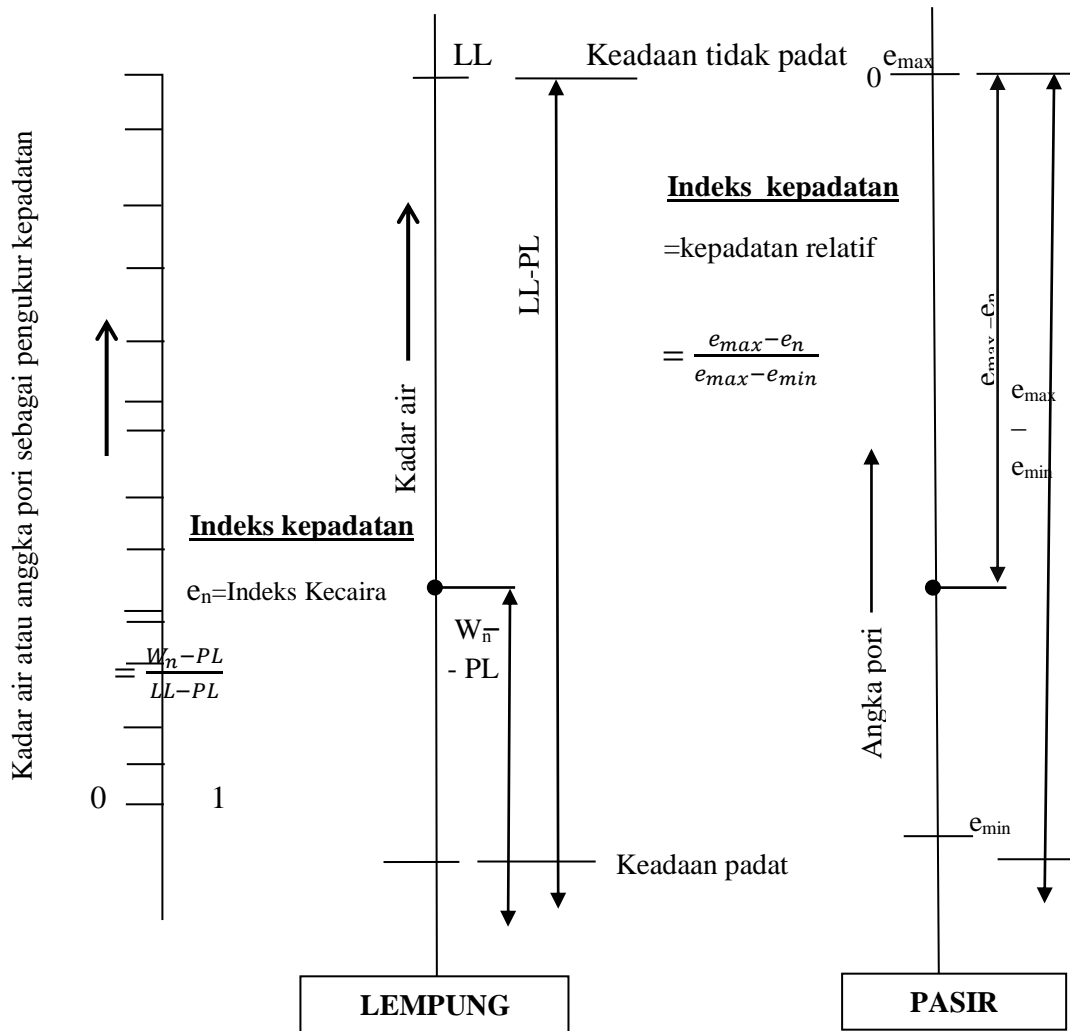
Kemungkinan berat volume kering maksimum dinyatakan sebagai berat volume kering dengan tanpa rongga udara (*zero air void*) atau berat volume kering saat tanah menjadi jenuh (γ_{zav}) dapat dihitung pada Persamaan 2.19.

$$y = \frac{G_s \cdot \gamma_w}{1 + w \cdot G_s} \dots \dots \dots (2.19)$$

2.2.8 Indeks Kecairan Lempung dan Kepadatan Relatif Pasir

Selain untuk menunjukkan sifat hakikat tanah, batas atterberg, dibandingkan dengan kadarair asli dari tanah, dapat ,memberikan keterangan yang berguna mengenai mengenai keadaan aslinya di dalam tanah. Parameter yang digunakan adalah indeks kecairan (liquidity index, LI) yang menunjukkan kaitan kadar air

dengan batas plastis dan batas cair. Indeks kecairan ditentukan dari hubungan dibawah ini, dan diperlihatkan pada gambar 2.5.



Gambar 2. 5. indeks kecairan lempung dan kepadatan Relatif (wesley, 2012)

ada indeks yang agak serupa yang digunakan pada pasir. Indeks ini disebut kepadatan relatif (D_r) atau indeks kepadatan (I_D) yang ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$D_r (= I_D) = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}} \dots \dots \dots (2.11)$$

Dimana e_{max} dan e_{max} masing-masing adalah angka pori dari pasir dalam keadaan paling beborongga (kurang padat) dan paling padat, dan e adalah angka pori asli dari pasir.

Kepadatan relatif juga diperlihatkan pada gambar 2.5 nilai kepadatan relatif nol atau satu (100 persen) masing-masing menunjukkan keadaan keadaan tanah paling tidak padat dan paling padat. Ada uji standar untuk mengukur keadaan kepadatan tersebut. Keadaan pasir paling padat ditentukan dengan proses pengantaran, sementara keadaan paling tidak padat ditentukan dengan menuangkan pasir kedalam wadah dengan menggunakan cara yang akan menghasilkan keadaan yang paling berongga.

2.2.9 California Bearing Ratio (CBR)

Didalam mengetahui kapasitas dukung suatu tanah dasar (*subgrade*) baik itu untuk jalan raya maupun landasan pacu, guna menentukan tebal lapis perkerasan di atasnya dapat dilakukan dengan beberapa cara, salah satunya adalah dengan cara test CBR. Pengujian CBR dapat dilakukan dilaboratorium ataupun dilapangan. Untuk pengujian dilaboratorium pengukurannya dikaitkan dengan percobaan pemadatan (*CBR design*), dan untuk dilapangan pengujiannya dilakukan setelah tanah dasar (*subgrade*) selesai dipadatkan.

Nilai CBR adalah perbandingan antara beban penetrasi yang diperlukan untuk menembus sampel benda uji tanah terhadap beban penetrasi yang diperlukan. Menurut Sukirman (1999), harga CBR adalah nilai daya dukung tanah yang telah dipadatkan dengan pemadatan pada kadar air tertentu dibandingkan dengan bahan standar berupa batu pecah yang mempunyai nilai CBR sebesar

100% dalam memikul beban lalu lintas. Dengan demikian besaran CBR adalah prosentase atau perbandingan daya dukung tanah yang diteliti dibandingkan dengan daya dukung batu pecah standar pada nilai penetrasi yang sama (0,1 incidan 0,2 inci). Nilai CBR dihitung pada penetrasi = 0,1 inci pada Persamaan 2.20 dan 0,2 inci pada Persamaan 2.21 sebagai berikut :

$$CBR_{0,1} = \frac{X}{3000} \times 100\% \dots\dots\dots(2.20)$$

$$CBR_{0,2} = \frac{Y}{4500} \times 100\% \dots\dots\dots(2.21)$$

Dalam hal ini :

X = Pembacaan pada kurva pada penetrasi 0,10 inci

Y = Pembacaan pada kurva pada penetrasi 0,20 inci

CBR dapat diuji pada 2 kondisi yaitu kondisi tidak direndam dan kondisi rendaman. Umumnya harga CBR rendaman lebih rendah dibandingkan dengan CBR tidak direndam, namun demikian kondisi rendaman adalah kondisi yang sering dialami dilapangan, sehingga dalam perhitungan konstruksi, harga CBR rendaman yang dipergunakan sebagai dasar perhitungan karena pada kenyataannya air selalu mempengaruhi bangunan.CBR rendaman berhubungan dengan pengujian pengembangan (*swelling*).

2.2.10 Pengembangan (*Swelling*)

Pengembangan adalah proses bertambahnya ukuran sampel tanah yang diakibatkan penambahan air pada sampel tanah karena proses perendaman. Nilai pengembangan (*swelling*) dihitung berdasarkan persentase dari tinggi setelah perendaman terhadap tinggi sampel sebelum perendaman seperti pada persamaan (2.22) sebagai berikut:

$$Swelling = \frac{(h_2 - h_1)}{h_2} \times 100\% \quad (2.22)$$

Dimana :

h_1 = tinggi sample tanah semula

h_2 = tinggi sample tanah setelah perendaman

Menurut Snethen (1984) dalam Hardiyatmo(2010) menyarankan potensi pengembangan yang diterapkan harus mempertimbangkan adanya beban luar. Dengan menggunakan kriteria Snethen klasifikasi pengembangan tanah dapat diperlihatkan pada Tabel 2.4 berikut:

Tabel 2.5. Klasifikasi pengembangan tanah (Hardiyatmo, 2010)

Potensi pengembangan (%)	Klasifikasi pengembangan
< 0,5	Rendah
0,5 – 1,5	Sedang
> 1,5	Tinggi

2.2.11 Stabilisasi Tanah

Menurut Ingels dan Metcalf (1972) dalam Hariyatmo (2010), stabilisasi tanah adalah usaha untuk memperbaiki sifat tanah asli agar sesuai dan dapat dipergunakan sesuai fungsinya. secara umum stabilisasi tanah dapat dibedakan ke dalam dua jenis stabilisasi yaitu mekanis dan kimiawi. Stabilisasi mekanis yang digunakan untuk fraksi kasar dan stabilisasi kimiawi untuk tanah yang berfraksi halus yaitu dengan menggunakan campuran bahan kimia tertentu seperti kapur dan semen.

Stabilisasi mekanis bertujuan menambah kekuatan atau kapasitas dukung tanah dengan mengatur gradasi butir tanah, sedangkan stabilisasi kimiawi bertujuan untuk menambah kekuatan atau kapasitas dukung tanah dengan jalan mengurangi dan atau menghilangkan sifat-sifat fisis tanah yang kurang menguntungkan jika tanah akan dimanfaatkan (Soekoto, 1984 dalam Hardiyatmo, 2010).

Menurut Hardiyatmo (2010), dalam pemilihan bahan tambah perlu diperhatikan sebagai berikut:

1. Jenis tanah yang akan distabilisasi,
2. Jenis struktur yang distabilisasi,
3. Ketentuan kekuatan tanah yang hendak dicapai,
4. Tipe dari perbaikan tanah yang diinginkan,
5. Dana yang tersedia, dan
6. Kondisi lingkungan.

Menurut Hardiyatmo (2010), distribusi ukuran butir dan batas-batas Atterberg digunakan sebagai dasar penilaian macam stabilisasi yang akan digunakan, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.6 berikut :

Tabel 2.7. Petunjuk Awal Untuk Pemilihan Metode Stabilisasi (Hardiyatmo, 2010)

Material Lolos Saringan No. 200	>25% Lolos Saringan No. 200 (0,075 mm)			< 25% Lolos Saringan No. 200 (0,075 mm)		
Indeks Plastisitas PI (%)	≤ 10	10-20	≥ 20	≤6 (Plxpersen lolos saringan no. 200 ≤ 6)	≤ 10	≥ 10
Bentuk stabilisasi :						
Semen dan campuran pengikat	Cocok	Ragu	Tidak cocok	Cocok	cocok	Cocok
Kapur	Ragu	Cocok	Cocok	Tidak cocok	Ragu	Cocok
Aspal (bitumen)	Cocok	Ragu	Tidak cocok	Cocok	Cocok	Ragu
Aspal/semen dicampur	Cocok	Ragu	Tidak cocok	Cocok	Cocok	Ragu
Granular	Cocok	Tidak cocok	Tidak cocok	Tidak cocok	Cocok	Ragu
Lain-lain campuran	Tidak cocok	Cocok	Cocok	Tidak cocok	Ragu	Cocok

Petunjuk dari Tabel 2.6. hanya sebagai pertimbangan awal, dan dapat digunakan untuk maksud modifikasi tanah, seperti stabilisasi dengan kapur untuk membuat material lebih kering dan mengurangi plastisitasnya.

2.2.12 Semen

Semen adalah bahan ikat hidrolis (menghisap atau membutuhkan air), yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terdiri dari silikat kalsium yang bersifat hidrolis dan gips sebagai bahan tambah.

Unsur yang penting dan memberikan kontribusi yang paling besar terhadap kekuatan pasta semen adalah C_2S dan C_3S . Setelah tercampur dengan air senyawa tersebut akan mengalami oksidasi dan membentuk sebuah massa yang padat. Senyawa tersebut bereaksi secara eksotermik dan berpengaruh pada panas hidrasi tinggi.

Proses interaksi antara tanah dengan semen adalah sebagai berikut :

1. Absorpsi air dan reaksi pertukaran ion. Menurut Mitchell (1993), bahwa partikel semen yang kering tersusun secara heterogen dan berisi kristal-kristal $3CaO.SiO_2$, $4CaO.SiO_4$, $3CaO.Al_2O_3$ dan Bahan-bahan yang padat berupa $4CaO.Al_2O_3Fe_2O_3$. bila semen ditambahkan pada tanah, ion kalsium Ca^{2+} dilepaskan melalui hidrolisa dan pertukaran ion berlanjut pada permukaan partikel-partikel lempung. Dengan reaksi ini partikel-partikel lempung menggumpal sehingga mengakibatkan konsistensinya tanah menjadi lebih baik.
2. Reaksi pembentukan kalsium silikat. Dari reaksi-reaksi kimia yang berlangsung diatas, maka reaksi utama yang berkaitan dengan kekuatan adalah hidrasi dari A-lite ($3CaO.SiO_2$) dan B-lite ($2CaO.SiO_2$) terdiri dari kalsium silikat dan melalui hidrasi tadi hidrat-hidrat seperti kalsium silikat

dan aluminat terbentuk. Senyawa-senyawa ini berperan dalam pembentukan atau pengerasan.

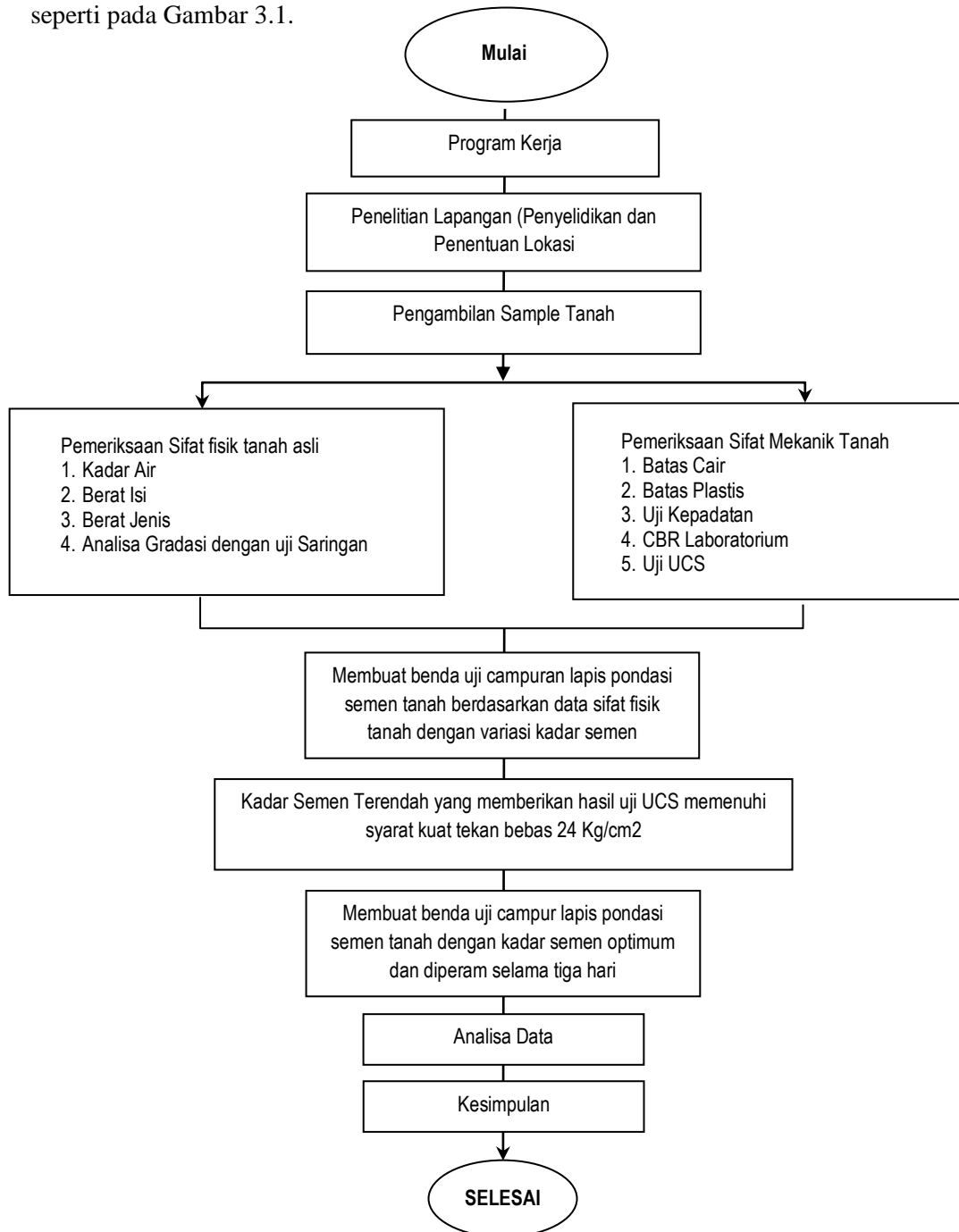
3. Reaksi Pozzolan. Kalsium hidroksida yang dihasilkan pada waktu hidrasi akan membentuk reaksi dengan tanah (*reaksi pozzolan*) yang bersifat memperkuat ikatan antara partikel, karena berfungsi sebagai *binder* (pengikat).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan-tahapan pelaksanaan seperti pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Rancangan Penelitian

3.2 Subyek Penelitian

Subyek Penelitian ini menggunakan metode eksperimen untuk mengetahui komposisi dan aktivitas campuran semen bahan alternatif stabilisasi tanah granit. Dalam pelaksanaan penelitian dilakukan beberapa tahapan, yaitu pekerjaan persiapan, pekerjaan lapangan, pekerjaan laboratorium dan analisa hasil penelitian. Pembuatan dan pengujian terhadap sampel akan dilakukan di laboratorium PT.Suryaadhi Saktiaji.

Subjek penelitian ini terdiri dari tahapan-tahapan sebagai berikut:

1. Pesiapan bahan material semen.
2. Pengambilan sampel tanah ini di Daerah Petuk liti Bawan 1 Kabupaten Pulang Pisau, Provinsi Kalimantan Tengah.
3. Prosedur pelaksanaan pemeriksaan sifat fisik dan sifat mekanik tanah asli terganggu.
4. Pemeriksaan kadar air tanah dan berat jenis tanah.
5. Perencanaan campuran stabilisasi tanah dengan semen.
6. Perhitungan jumlah benda uji untuk pengujian.
7. Pelaksanaan campuran stabilisasi tanah dengan semen dengan percobaan pemadatan standar.
8. Pelaksanaan campuran stabilisasi tanah dengan semen percobaan pemadatan standar.
9. Analisis Data
10. Jadwal Penelitian

3.2.1 Sampel

Dalam pelaksana pengujian di laboratorium maka dilakukan perencanaan jumlah benda uji sebagai acuan pelaksanaan dilaboratorium yang ditampilkan dalam Tabel 3.1, Tabel 3.2, Tabel 3.3, Tabel 3.4 sebagai berikut:

Tabel 3. 1. Jumlah Benda Uji pada Pengujian Sifat Fisik dan Mekanis Tanah

No.	Pengujian sifat fisik dan mekanis material tanah	Jumlah Benda Uji
1	Pengujian kadar air	1
2	Pengujian berat jenis	1
3	Pengujian berat isi	1
4	Analisis saringan	1
5	Pengujian batas cair	1
6	Pengujian batas plastis	2
7	Uji Pemadatan Standart Proctor	5
8	Tes CBR	3
	Jumlah	15

Tabel 3. 2. Jumlah Benda Uji untuk Penentuan Penambahan Kadar Air untuk pemadatan Modified Proctor

No.	Benda uji	Benda Uji
1	Penambahan kadar air 4 %	1
2	Penambahan kadar air 9 %	1
3	Penambahan kadar air 11 %	1
4	Penambahan kadar air 13 %	1
5	Penambahan kadar air 16 %	1
	Jumlah	5

Tabel 3. 3. Jumlah Benda Uji pada Pengujian Kadar Semen Optimal

No.	Benda uji untuk penentuan kadar semen optimal	Benda Uji
1	Kadar Semen 4,5%	1
2	Kadar Semen 5%	1
3	Kadar Semen 5,5%	1
4	Kadar Semen 6%	1
5	Kadar Semen 6,5%	1
	Jumlah	5

Tabel 3. 4. Jumlah Benda Uji untuk Uji UCS Laboratorium, dan Campuran

No.	Kadar Semen	Benda Uji
1	Kadar Semen 4,5%	1
2	Kadar Semen 5%	1
3	Kadar Semen 5,5%	1
4	Kadar Semen 6%	1
5	Kadar Semen 6,5%	1
	Jumlah	5

3.4 Prosedur Pengumpulan Data

Prosedur pengambilan dan pengumpulan data adalah dengan mengambil sample di lapangan kemudian dilakukan pengujian laboratorium dari instansi terkait dan laboratorium independent serta penambilan data dari kontrak yang sedang berjalan pada Proyek Pembangunan Jalan Petuk Liti Bawan 1 Kabupaten Pulang Pisau Provinsi Kalimantan Tengah.

1. Tanah. Contoh tanah yang digunakan adalah tanah pasir kehitaman atau tanah Granit yang diambil di satu titik lokasi di Petuk Liti, Kabupaten Pulang Pisau. Tanah diambil dengan kedalaman kurang lebih 1,5 m dari permukaan tanah dalam keadaan terganggu (*disturbed soil sample*), kemudian dimasukkan kedalam karung plastik dan tanpa perlakuan khusus langsung dibawa ke Laboratorium Tanah PT.Suryaadhi Saktiaji.
2. Semen. Semen yang digunakan adalah semen portland tipe I yang banyak tersedia.
3. Air. Air yang digunakan dalam penelitian adalah air bersih yang memenuhi syarat sebagai air konsumsi, yaitu tidak berasa, tidak berwarna dan tidak berbau.

3.5 Cara Analisis Data

Cara Analisa Data pemeriksaan sifat fisik asli meliputi:

1. Pemeriksaan kadar air (*water content*). Tujuan pemeriksaan ini adalah mencari nilai perbandingan antara berat air didalam suatu massa tanah terhadap berat partikel padatnya, yang dinyatakan dalam persen. Pemeriksaan dilakukan dengan prosedur ASTM D 22 16-71, SNI 03-1965-1990.
2. Pemeriksaan berat isi (*Density test*). pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui berat isi, isi pori, serta derajat kejenuhan suatu contoh tanah, perbandingan antara berat tanah terhadap volume tanah yang bersangkutan. Pemeriksaan dilakukan dengan prosedur ASTM D 2216-71.
3. Pemeriksaan berat jenis. (*Spencific Gravity*). Tujuan pemeriksaan ini adalah untuk mengetahui berat jenis tanah yang mempunyai butiran lewat saringan No. 4 dengan piknometer. Berat jenis tanah adalah jenis perbandingan antara berat butiran tanah dan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu. Pemeriksaan dilakukan dengan prosedur SNI 1964: 2008.
4. Pemeriksaan gradasi butir dengan analisis saringan (*Sieve analysis*). Tujuan pemeriksaan ini adalah untuk mengetahui ukuran butir dan susunan butir (gradasi) tanah yang tertahan saringan no. 200. Pemeriksaan dilakukan dengan prosedur SNI 3423-2008.
5. Pemeriksaan gradasi buriran dengan analisis hydrometer (*hydrometer analysis*). Tujuan pemeriksaan ini untuk menentukan pembagian ukuran

butiran dari tanah yang lewat saringan no.200 pemeriksaan dilakukan dengan prosedur SNI 3423-2008.

3.5.1 Pengujian Sifat Mekanik Tanah Dengan CBR Laboratorium

(Laboratory California Bearing Ratio).

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan CBR (California Bearing Ratio) tanah dan campuran tanah agregat yang didapatkan dilaboratium pada kadar air tertentu. CBR laboratorium adalah perbandingan antara penetrasi suatu bahan terhadap bahan standar pada kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama.

Peralatan

Mesin penetrasi (*Loading machine*) dilengkapi alat pengukur beban berkapitas sekurang kurangnya 4,45 ton atau 10.000 Ib dengan kecepatan penetrasi besar 1,27 mm 0,05 inci permenit.

Cetakan logam berbentuk silinder diameter bagian dala 152, 4 \pm 0,6609 mm atau 6 inci \pm 0,0026 inci dan tinggi 177,8 \pm 0,13 mm atau 7 inci \pm 0,005 inci. Cetakan harus dilengkapi leher sambung dengan tinggi 50,8 mm atau 2,0 inci dan keping alas logam yag berlubang-lubang dengan tebal 9,53 mm atau 3/8 inci dan diameter lubang tidak lebih dari 1,59 mm atau 1/16 inci.

Piringan pemisah dari logam (*sapacer disc*)dengan diameter 150,8 mm atau 515/16 inci dan tebal 61,4 mm atau 2,416 inci.

Alat penumbuk sesuai dengan cara pengujian pemadatan Ringan Untuk Tanah,(SKBI 3.3.30. 1987/UDC. 624.131.53.(02)). atau pengujian pemadatan berat untuk tanah (SKBI 3.3.30. 1987/UDC.624.131.53.(02)).

Alat pengukur pengembangan (*swell*) yang terdiri dari keping pengembangan yang berlubang-lubang dengan batang pengukur, tripod logam dan arloji penunjuk.

Keping beban dengan berat 2,27 kg (15 Ib), diameter 194,2 mm atau 57/8 inci dengan lubang tengah berdiameter 49,2 mm atau 1,95inci luas 1953 mm² atau 3in² dan panjang tidak kurang dari 101,6 mm atau 4 inci.

Dua buah arloji pengukur penetrasi, dengan ketelitian 0,01 mm atau 0,001 inci.

Peralatan lain seperti talam, alat perata, dan tempat untuk perendam.

Alat timbang sesuai cara pengujian pemadatan Ringan Untuk Tanah, (SKBI 3.3.30.1987/UDC.624.131.43(02)) atau pengujian pemadatan berat Untuk Tanah (SKBI 3.3.30. 1987/UDC. 642.131.53.(02)).

Benda Uji

1. Harus dipersiapkan menurut cara menurut cara pengujian pemadatan Ringan Untuk Tanah (SKBI 3.3.30.1987/UDC> 624.131.53.(02)).
2. Ambil contoh kira-kira berat 5 kg atau lebih untuk tanah dan 5,5 kg untu8k campuran tanah agregat.
3. Kemudian campur bahan tersebut dengan kadar air optimum.
4. Pasang cetakan pada keping alas dan timbang. Masukkan piring pada pemisah (*spacer disc*) diatas alas dan pasang kertas saring diatasnya.

5. Padatkan masing-masing bahan tersebut didalam cetakan didalam jumlah tumbukan 10,35 dan 65 dengan jumlah lapis dan berat penumpuk sesuai cara: Pengujian pemadatan Ringan Untuk Tanah, (SKBI. 3.3.30.1987/UDC. 624.131.43(02)) atau pengujian pemadatan Berat Untuk Tanah (SKBI. 3.3.30.1987/UDC.624.131.53.(02)). Bila benda uji akan di rendam,periksa kadar airnya sebelum dipadatkan. Bila benda uji tersebut tidak direndam, periksa kadar air dilakukan setelah benda uji di keluarkan dari cetakan.
6. Buka leher sambung dan ratakan dengan alat perata. Tambal lubang-lubang yang mungkin terjadi pada permukaan karna lepasnya butir-butir kasar dengan bahan yang lebih halus. Keluarkan piringanpemisah,balikan dan pasang kembali cetakan berisi benda uji pada keping alas, kemudian timbang.
7. Untuk pemeriksaan CBR langsung, benda uji ini telah siap untuk di periksa. Bila dikehendaki CBR yang di rendam (*soaked* CBR) harus di lakukan langkah-langkah berikut:
 - a. Pasang keping pengembangan diatas permukaan benda uji dan kemudian pasang keping pemberat yang di kehendaki minimum seberat 4,5 kg atau Ib atau sesuai dengan keadaan beban pengerasan. Rendam cetak berserta beban didalam air sehingga air dapat meresap dari atas maupun dari bawah. Pasang tripod berserta orloji pengukur perkembangan. Catat pembacaan pertama biarkan biar kan benda uji selama 4 X 24 jam. Permukaan air selama perendam harus tetap (kira-kira 2,5cm diatas permukaan benda uji). Tanah berbutir halus atau berbutir kasar yang

dapat melakukan air lebih cepat direndam dalam waktu lebih singkat sampai pembacaan arloji Tetap. Pada akhir perendaman catat pembacaan orloji pengembangan.

- b. Keluarkan cetakan dari bak air dan miringkan selama 15 menit sehingga air bebas mengalir habis. Jagalah agar selama pengeluaran air tersebut permukaan benda uji tidak terganggu.
- c. Ambil beban dari cetakan, kemudian cetakan beserta isinya ditimbang. Benda uji CBR yang direndam lebih siap untuk dilakukan pengujian.

Prosedur pengujian

1. Sampel dibentuk dalam bentuk silinder dengan diameter kurang lebih 6 inci dengan kadar air standar ataupun modifikasi.
2. Beban tambahan kemudian diletakan pada permukaan bagian atas sampel, kemudian di tenggelamkan dalam tangki air selama 4 hari sehingga menjadi jenuh sementara dilakukan pengukuran pengembangan (*Swelling*).
3. Sebuah mold diletakan pada alat pengujian CBR dan sebuah plunger (diameter 1,91 inci) dengan gaya dan penetrasi sedalam 0,1 sampai 0,2 inci sementara perlawanan penetrasi diukur.
4. Nilai CBR ditentukan sebagai perbandingan antara perlawanan yang ada dengan perlawanan standar batu hancur pada yang sama (1000 psi) yaitu sedalam 0,1 inci (ASTM D1 883).

Nilai yang didapat dari pengujian dapat menjadi dasar untuk melihat koreksi antara nilai CBR, jenis tanah dan bentuk desain jalan.

3.5.2 Pengujian Kuat Tekan Bebas UCS (*uncuonfined compression test*)

Uji kuat tekan bebas ini terutama dimaksudkan untuk mendapatkan dengan cepat kuat tekan bebas tanah berkohesi sehingga dapat dilakukan pengujian tanpa tahanan keliling.

Alat Uji Kuat Tekan Bebas

Alat uji kuat tekan bebas dapat berupa sebuah alat seperti pelat dengan skala beban (*a platform weighing scale*) yang dilengkapi dengan sistem pembebanan menggunakan dongkrak putar (*screw-jack-activated load yoke*), alat dongkrak hidrolis, atau sistem pembebanan lainnya dengan kapasitas yang sesuai dengan peruntukkannya, antara lain untuk mengatur kecepatan pembebanan. Untuk tanah dengan kuat tekan bebas kurang dari 100 kN/m^2 (100 kPa), alat uji kuat tekan bebas harus mampu mengukur tekanan untuk setiap peningkatan 1 kN/m^2 (1 kPa). Untuk tanah dengan kuat bebas 100 kN/m^2 (kPa) atau lebih, alat uji kuat tekan bebas harus mampu mengukur tekanan untuk setiap peningkatan 5 kN/m^2 (5 kPa).

Prosedur Pengujian

Pasang benda uji pada alat pembebanan sedemikian sehingga tepat pada pusat pelat dasar. Alat pembebanan digerakkan dengan hati-hati sedemikian sehingga pelat atas menyentuh benda uji. Arloji ukur deformasi dinolkan, kemudian dilakukan pembebanan sehingga menghasilkan regangan aksial dengan kecepatan $\frac{1}{2}$ persen sampai dengan 2 persen per menit. Catat beban, deformasi, dan waktu pada interval yang sesuai untuk mendapatkan bentuk kurva regangan-regangan (umumnya cukup 10 sampai 15 titik). Kecepatan regangan sebaiknya

dipilih sedemikian sehingga waktu yang dibutuhkan sampai benda uji runtuh tidak melebihi sekitar 15 menit. Pembebanan terus dilakukan sampai nilai beban berkurang sesuai meningkatnya regangan, atau sampai tercapai regangan aksial 15 persen. Kecepatan regangan yang digunakan untuk pengujian terhadap benda uji yang dibungkus dapat dikurangi (minimum $\frac{1}{2}$ persen) jika dianggap perlu sekali untuk mendapatkan hasil pengujian yang lebih baik. Kecepatan regangan harus dicantumkan dalam laporan data hasil pengujian. Kadar air benda uji ditentukan dengan menggunakan seluruh contoh, kecuali hasil perapihan/pemotongan telah diperiksa kadar airnya. Dalam laporan harus dicantumkan apakah contoh kadar air diperoleh sebelum atau setelah pengujian.