

BAB I

PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Tanah merupakan material dasar yang sangat berpengaruh dari suatu struktur maupun konstruksi dalam pekerjaan Teknik Sipil, baik itu konstruksi bangunan maupun konstruksi jalan. Konstruksi jalan membutuhkan tanah dasar yang baik untuk meletakkan bagian-bagian perkerasan jalan yang diletakkan di atas tanah dasar tersebut. Kekuatan dan keawetan maupun tebal dari lapisan konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung dari sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar ini.

Salah satu persoalan yang mungkin dihadapi oleh para perencana dan pelaksana pembangunan (khususnya untuk sebuah pembangunan perkerasan jalan), adalah cara menangani tanah atau bahan yang buruk, agar dapat digunakan sebagai bahan perkerasan. Pada umumnya suatu pembangunan konstruksi di Indonesia berada di atas tanah lempung. Tanah lempung merupakan tanah berbutir halus koloidal yang tersusun dari mineral-mineral yang dapat mengembang. Tanah lempung pada umumnya merupakan material tanah dasar yang buruk, hal ini dikarenakan kekuatan gesernya sangat rendah sehingga pembuatan suatu konstruksi diatas lapisan tanah ini selalu menghadapi beberapa masalah seperti daya dukung yang rendah dan sifat kembang susut yang besar. Berbagai macam metode pun dilakukan dari metode tradisional sampai metode modern.

Metode tradisional seperti tanah di padatkan secara konvensional, menambahkan pada tanah rusak tersebut tanah yang baik, batu, pasir ataupun kayu seadanya pada permukaan secara vertikal. Metode modern seperti melakukan perbaikan tanah dengan cara mekanis, dengan perkuatan, secara hidrolis, dan dengan menambahkan bahan kimia.

Dalam penganan ini khususnya perbaikan kembang susut tanah lempung perkebunan yang diakibatkan kelebihan kadar air dan kepadatan tanah yang tidak menentu yang disebabkan oleh perubahan sifat tanah lempung. Untuk mengatasi hal ini diperlukan alternatif penanganan

yang tersedia antara lain pencampuran pasir, dikarenakan pasir memiliki kadar air rendah, dan untuk pengujian dengan menggunakan teknologi pemadatan tanah.

2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Apakah sampel tanah yang diambil dari desa Sempajaya Kecamatan Berastagi Kabupaten Deli Serdang termasuk kedalam jenis Tanah Lempung?
2. Bagaimana pengaruh yang ditimbulkan dari penambahan pasir terhadap tanah lempung ?
3. Berapakah hasil pengujian CBR (*California Bearing Ratio*) yang di dapatkan ?
4. Berapakah nilai daya dukung tanah setelah di stabilisasi

3. Maksud dan Tujuan

Adapun tujuan penelitian adalah :

1. Untuk mendapatkan nilai kepadatan tanah dan nilai CBR Laboratorium setelah dicampurkan dengan pasir (Persentase campuran : 8% , 13% , 18% , 23%).
2. Untuk mendapatkan komposisi campuran yang paling optimum dari segi kepadatan tanah

4. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini sebagai berikut :

1. Penelitian ini adalah penelitian perbaikan tanah dengan pencampuran pasir (Persentase campuran : 8% , 13% , 18% , 23%).
2. Sampel tanah yang digunakan merupakan sampel tanah terganggu pada jenis tanah lempung lunak Desa Sempajaya, Kecamatan Berastagi, Kabupaten Deli Serdang – Provinsi Sumatera Utara.

3. Penelitian terbatas pada sifat-sifat fisik dan mekanis tanah lempung, yaitu : kadar air, berat jenis, gradasi, CBR, serta kepadatan tanah.
4. Pengujian kepadatan tanah dan CBR hanya untuk pengujian laboratorium.

5. Manfaat penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

1. Mendapatkan alternatif perbaikan tanah dasar pada perkerasan jalan.
2. Hasil penelitian ini dapat bermanfaat untuk daerah dengan kondisi tanah permukaan yang lunak.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Tanah

Tanah adalah material yang terdiri dari agregat atau butiran mineral padat yang tidak disemen (terikat secara kimiawi) satu sama lain dari bahan organik yang membusuk (yang memiliki partikel padat) disertai dengan cairan dan gas yang mengisi ruang kosong diantara partikel padat ini (Das, 1993).

Tanah adalah bahan bangunan yang murah dan jumlah yang ditemukan di alam sangat

banyak. Punimia (1981), mengartikan tanah sebagai material non agregat atau semen yang menyimpan mineral atau partikel organik dan lapisan tersendiri yang menutupi sebagian besar lapisan kerak bumi.

Tanah merupakan kumpulan mineral bahan organik dan endapan yang relatif gembur, yang terletak di atas di atas batuan dasar (Hardiyatmo, 1992).

Bowles, 1994 mendefinisikan, tanah merupakan campuran partikel-partikel yang terdiri dari salah satu atau seluruh jenis berikut:

1. Berangkal (*boulders*), yaitu potongan batuan yang besar, biasanya lebih besar dari 250 – 300 mm, dan kerakal (*Cobbles/pebbles*) untuk ukuran 150 – 250 mm.
2. Kerikil (*gravel*), yaitu partikel batuan dengan diameter 5 sampai 150 mm.
3. Pasir (*sand*), yaitu partikel batuan yang berukuran 0,074 – 5 mm, yang berkisar dari kasar dengan ukuran 3 – 5 mm sampai bahan halus yang berukuran < 1 mm.
4. Lanau (*silt*), yaitu partikel batuan yang berukuran dari 0,002 – 0,0074 mm.
5. Lempung (*clay*), yaitu sumber utama dari kohesi pada tanah kohesif yang merupakan partikel mineral berukuran lebih kecil dari 0,002 mm.
6. Koloid (*colloids*), yaitu partikel mineral yang diam dan berukuran lebih kecil dari 0,001 mm.

Karena ciri-ciri fisik selalu ada dalam pembahasan dan pengiringan, maka dikembangkanlah butiran sejenis tanah, dan metode perbaikannya dikembangkan pada saat tanah dalam keadaan kering, tanah tersebut disebut *kohesif*. Bowles (1991), menyatakan bahwa butiran-butiran tanah terpisah-pisah seperti itu dikeringkan dan melekat hanya jika berada dalam keadaan basah akibat gaya tarik permukaan di dalam air, disebut tak *kohesif*. Tanah kohesif tidak plastis, plastis atau berupa cairan kental, bergantung pada nilai kadar airnya. Tanah tak kohesif tidak ada garis batas antara keadaan plastis dan tidak plastis, karena jenis tanah ini tidak plastis untuk semua nilai kadar air.

2.2. Tanah Lempung

Tanah lempung merupakan agregat partikel-partikel berukuran mikroskopik dan submikroskopik yang berasal dari pembusukan kimiawi unsur-unsur penyusun batuan dan bersifat plastis dalam selang kadar air sedang sampai luas. Dalam keadaan kering sangat keras, dan tidak mudah terkelupas hanya dengan jari tangan. Selain itu, permeabilitas lempung sangat

rendah (Terzaghi dan Peck, 1987).

2.3. Tanah Ekspansif

Tanah Ekspansif adalah tanah dengan ukuran mikronis hingga submikronis yang berasal dari pelapukan unsur-unsur kimiawi penyusun batuan. Dalam keadaan kering, tanah lempung sangat keras. Permeabilitas lempung sangat rendah sehingga tanah lempung bersifat plastis.

Tanah ekspansif merupakan tanah yang mempunyai ciri-ciri kembang susut yang besar akibat peristiwa kapiler atau perubahan jumlah kadar air (Munthohar, 2014).

Hardiyanto, memaparkan pada tahun 2014 bahwa lempung ekspansif merupakan tanah dengan sifat pembengkakan dan penyusutan yang tinggi. Ada dua jenis gerakan pengembangan tanah bengkak, yaitu gerakan perkembangan lateral dan vertikal.

Umumnya 15 mineral diklasifikasikan sebagai mineral lempung (Kerr, 1959). Ini termasuk *montmorillonite*, *illite*, *kaolinite* dan *polygorskite*. Dari kelompok mineral ini, tanah lempung ekspansif dapat dibagi menjadi lempung ekspansif dan lempung non ekspansif. Tanah lempung ekspansif tersusun dari mineral lempung yang mempunyai karakter kembang susut yang besar apabila terjadi perubahan kadar air seperti pada kelompok *montmorillonite*. Kelompok inilah yang membuat lempung tidak stabil jika berhubungan dengan air.

Jenis tanah yang memiliki karakteristik tersebut adalah lempung, karena lempung mengandung partikel-partikel mineral yang menghasilkan sifat-sifat plastis pada tanah bila dicampur dengan air. Sifat ekspansif ini disebabkan oleh proses pembasahan dan pengeringan yang silih berganti dan merupakan hasil perubahan dalam system tanah yang mengganggu keseimbangan tegangan-tegangan dalam (Manopo, 2013).

2.4. Material Penyusun Tanah

Material penyusun tanah yang bersifat heterogen dan non heterogen. Ada 3 (tiga) material utama penyusun tanah yaitu :

1. Fase padat, yaitu bahan organik dan mineral
2. Fase cair, yaitu berupa air tanah
3. Fase gas, yaitu berupa udara tanah

Tanah juga dapat dibedakan menjadi 2 kategori besar yang terdiri dari hasil pelapukan

(weathering) secara fisis dan kimia serta berasal dari bahan–bahan organik. Tanah sisa (residual) ada apabila hasil dari pelapukan masih berada di tempat asalnya. Sedangkan, tanah angkutan (transported soil) terjadi apabila tanah telah berpindah dari tempat tersebut tanpa mempersoalkan pelaku angkutan tersebut.

Tanah residual juga ada di daerah dengan iklim sedang atau setengah kering. Tanah yang ada di daerah ini biasanya bersifat kaku dan stabil serta tidak meluas kebagian tanah yang lebih dalam. Akan tetapi, apabila terjadi di iklim lembab dan panas serta mendapat penyinaran matahari yang cukup lama, tanah residual dapat meluas sampai kedalaman beberapa meter. Tanah residual dapat menjadi tanah yang stabil dan kuat, akan tetapi dapat pula mengandung bahan yang sangat kompresibel yang terdapat di sekitar bongkahan–bongkahan batuan yang belum terlalu lapuk. Sehingga, pada kondisi seperti ini tanah dapat menyebabkan sulitnya untuk melakukan pekerjaan pondasi maupun konstruksi–konstruksi lainnya.

2.5. Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah merupakan suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda tetapi mempunyai sifat yang serupa ke dalam kelompok–kelompok dan sub-sub kelompok berdasarkan pemakaiannya (Das,1993). Hardiyatmo (1992) menjelaskan, bahwa keseluruhan klasifikasi tanah secara keseluruhan didasarkan pada ukuran partikel yang diperoleh dari analisa saringan dan plastisitas.

2.5.1. Kalsifikasi Tanah Berdasarkan Sistem USCS (*Unified Soil Classification System*)

Sistem klasifikasi ini dikembangkan oleh Casagrande selama perang dunia II untuk kesatuan Engineering Angkatan Darat Ameriks. Pada tahun 1969 sistem ini diadopsi oleh American Society for Testing and Materials (ASTM) sebagai metoda standar klasifikasi tanah (ASTM D 2487).

Menurut sistem USCS ini, tanah dibagi menjadi tanah berbutir kasar dan tanah berbutir halus. Tanah berbutir kasar dibagi ke dalam kerikil, dinotasikan sebagai G (dari kata gravel), dan pasir (S = Sands). Setiap grup tanah ini dibagi lagi ke dalam empat golongan, yaitu:

1. Bergradasi baik dan cukup bersih artinya hanya sedikit kandungan material berbutir halus, dinotasikan W (well-graded)
2. Bergradasi buruk dan cukup bersih, dinotasikan P (poorly graded)
3. Bergradasi baik dengan lempung sebagai pengikat, dinotasikan C (clay)

4. Berbutir kasar dan mengandung tanah berbutir halus, dinotasikan M (silt)

Tanah berbutir halus dibagi kedalam :

1. Tanah lanau organik (tidak mengandung material organik) dan tanah yang mengandung pasir yang berbutir sangat halus, dinotasikan M (silt)
2. Tanah lempung anorganik, dinotasikan C (clay)
3. Tanah lanau dan lempung organic, dinotasikan O (organic)
4. Tanah dengan kadar air organik sangat tinggi, dinotasikan Pt (peat)

Ketiga golongan tanah berbutir halus itu dibagi lagi kedalam beberapa golongan berdasarkan batas cairnya, yaitu:

1. Batas cair $< 50\%$, digolongkan kedalam tanah berbutir halus dengan kompresibilitas rendah hingga sedang, dinotasikan L (low compressibility)
2. Batas cair $> 50\%$, digolongkan kedalam tanah berbutir halus dengan kompresibilitas tinggi, dinotasikan H (high compressibility)

Untuk penentuan golongan tanah berbutir halus ini Casagrande menggunakan diagram plastisitas seperti ditunjukkan dalam gambar menunjukkan penggolongan sistem USCS ini.

Dalam klasifikasi USCS ini diagram plastisitas dibagi dalam dua golongan batas cair, yaitu : tinggi dan rendah (high and low) ; dalam standar inggris (British Standard) diagram plastisitas dibagi dalam lima golongan batas 11 cair, yaitu : extremely high (E), very high (V), high (H), intermediate (I), and low (L).

Simbol-simbol lain yang dapat dipergunakan untuk klasifikasi tanah adalah:

1. G = Kerikil (Gravel)
2. S = Pasir (Sand)
3. C = Lempung (Clay)
4. M = Lanau (Silt)
5. O = Lanau atau lempung organic (Organic silt or clay)
6. Pt = Tanah gambut dan tanah organic tinggi
7. W = Gradasi baik (Well-graded)
8. P = Gradasi buruk (Poorly-graded)
9. H = Plastisitas tinggi (High-plasticity) ($LL > 50$)
10. L = Plastisitas rendah (Low-plasticity) ($LL < 50$)

Sistem klasifikasi tanah berdasarkan USCS dapat dilihat pada **Tabel 2.1** dibawah ini.

Tabel 2.1 Klasifikasi Tanah Berdasarkan Sistem Unified

2.5.2. Klasifikasi Tanah AASHTO

Tipe of Soil (Soil Type)	Klasifikasi Tanah Berdasarkan USCS		Klasifikasi Tanah Berdasarkan AASHTO
	USCS	USCS	
Soil for Road Base (Tanah untuk Perkerasan Jalan)	Clayey Soil (Tanah Lempung)	CL	5-A1
		CH	5-A2
	Silty Clay (Lumpur Berlempung)	CL	5-A3
		CH	5-A4
	Silty Clayey Soil (Lumpur Berlempung Berlempung)	CL	5-A5
		CH	5-A6
	Silty Clayey Soil (Lumpur Berlempung Berlempung)	CL	5-A7
		CH	5-A8
	Silty Clayey Soil (Lumpur Berlempung Berlempung)	CL	5-A9
		CH	5-A10
Silty Clayey Soil (Lumpur Berlempung Berlempung)	CL	5-A11	
	CH	5-A12	

Tipe of Soil (Soil Type)	Klasifikasi Tanah Berdasarkan USCS		Klasifikasi Tanah Berdasarkan AASHTO
	USCS	USCS	
Soil for Road Subgrade (Tanah untuk Subgrade Perkerasan Jalan)	Clayey Soil (Tanah Lempung)	CL	5-A1
		CH	5-A2
	Silty Clay (Lumpur Berlempung)	CL	5-A3
		CH	5-A4
	Silty Clayey Soil (Lumpur Berlempung Berlempung)	CL	5-A5
		CH	5-A6
	Silty Clayey Soil (Lumpur Berlempung Berlempung)	CL	5-A7
		CH	5-A8
	Silty Clayey Soil (Lumpur Berlempung Berlempung)	CL	5-A9
		CH	5-A10
Silty Clayey Soil (Lumpur Berlempung Berlempung)	CL	5-A11	
	CH	5-A12	

Flowchart for Soil Classification based on AASHTO system. The flowchart starts with 'Soil for Road Base' and 'Soil for Road Subgrade'. The flowchart uses Liquid Limit (LL) and Plasticity Index (PI) to classify soils into groups A-1 through A-12. A graph shows the relationship between LL and PI, with Chart A: $PI = 0.73 (LL - 20)$.

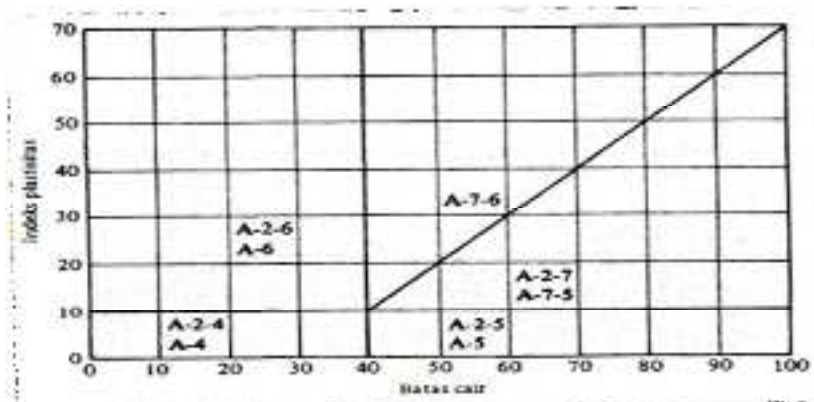
Sistem klasifikasi ini dibuat oleh *American Association of States Highway and Transportation Officials*, terutama dikembangkan untuk menganalisa material subgrade dalam pembangunan jalan raya. Tanah digolongkan kedalam tujuh golongan utama yang dinotasikan dari A-1 hingga A-7.

Dalam kondisi pembebanan normal, setiap golongan mempunyai daya dukung dan perilaku yang hampir sama, secara umum dapat dikatakan kualitas tanah untuk digunakan

sebagai material subgrade semakin lemah dengan meningkatnya angka dibelakang huruf A. Tanah dalam golongan A-1 hingga A-3 dalam keadaan padat merupakan packing efektif (ikatan yang berupa gesekan antar butir) Antara butiran pasir dengan butiran-butiran yang lebih besar. Golongan A-4 hingga A-7 tidak mempunyai ikatan gesekan antar butir dan perilakunya terutama ditentukan oleh kadar air komponen lanau dan lempungnya. Empat kelompok dari A-2-7, angka terakhir menunjukkan jenis tanah yang lolos saringan nomor 200.

Tabel 2.2 Sistem Klasifikasi Tanah 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
Analisis ayakan (% lolos) No.10 No.40 No.200	Maks 50 Maks 30 Maks 15	Maks 50 Maks 25	Min 51 Maks 10	Maks 35	Maks 35	Maks 35	Maks 35
Sifat fraksi yang lolos ayakan No.40 Batas Cair (LL) Indeks Plastisitas (PI)	Maks 6		NP	Maks 40 Maks 10	Min 41 Maks 10	Maks 40 Min 11	Min 41 Min 41
Tipe material yang paling dominan	Batu pecah, kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerikil dan pasir yang berlanau atau berlempung			
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Buruk sekali sampai baik						
Klasifikasi umum	Tanah berbutir (Lebih dari 35% dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No.200)						
	A-4		A-5		A-6		A-7
Analisis ayakan (% lolos) No.10 No.40 No.200	Min 36		Min 36		Min 36		Min 36
Sifat fraksi yang lolos ayakan No.40 Batas Cair (LL) Indeks Plastisitas (PI)	Maks 40 Maks 10		Maks 41 Maks 10		Maks 40 Maks 11		Min 41 Min 11
Tipe material yang paling dominan	Tanah berlanau				Tanah Berlempung		
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Biasa sampai jelek						



Gambar 2.1. Rentang dari batas cair (LL) dan Indeks plastisitas (PI)
(Craig, 1991)

Klasifikasi AASHTO ini didasarkan atas hasil analisa tapis saringan nomor 10, 40, dan 200 dengan pengujian batas-batas attberg tanah yang diambil dari contoh tanah yang lolos saringan nomor 40. Pembedaan kualitas tanah yang jatuh dalam satu kelompok tertentu dilakukan dengan perhitungan Indeks Grup, GI, sebagai berikut :

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

dengan: F = persentase yang lolos saringan no.200LL = batas cair (dalam %)

PI = indeks plastisitas (dalam %)

Indeks group ini biasanya dinyatakan dalam kurung dibelakang symbol kelompok tanah, contoh : A-6(7). Berdasarkan nilai grup index ini tanah subgrade dikategorikan seperti ditunjukkan dalam **Tabel 2.3**

Tabel 2.3 Kelas subgrade (AASHTO)

Kelas Subgrade	Nilai Indeks Group
Sangat baik	Tanah A-1-a(0)
Baik	0 – 1
Sedang	2 – 4
Buruk	5 – 9
Sangat buruk	10 – 20

(Sumber : Buku Mekanika Tanah I, 2007)

2.6. Sifat Fisik Tanah

Sifat fisik tanah adalah suatu kondisi tanah dalam keadaan asli dimanabisa digunakan untuk menentukan jenis-jenis tanah.

2.6.1. Kadar Air (w)

Hakam (2010), menjelaskan nilai kadar air sangat berguna bagi praktisi dalam menentukan keputusan terhadap situasi yang ada. Nilai kadar air menjadi patokan dalam menentukan kekuatan dan perilkutanah terutama tanah berbutir halus. Untuk menentukan kadar air, terdapat berbagai metode yang dapat dipergunakan salah satunya *Over Drying Method*. Metode ini adalah metode yang dapat dilaksanakan dilaboratoruim yang paling akurat. Dengan

mengambil beberapa sampel tanah yang diletakkan dalam cawan kemudian dioven dalam keadaan suhu 105°C - 110°C selama 24 jam supaya tanah menjadi kering sempurna. Suhu lebih dari 110°C mungkin dapat menghancurkan kristalisasi struktur partikel lempung ikatan kimia (IS: 2720 Part II- 1969).

Kadar air (w) adalah perbandingan antara berat air yang dikandung tanah dengan berat kering tanah yang dinyatakan dalam bentuk persen. Kadar air (w) dapat dicari dengan menggunakan rumus:

$$w = \frac{w_s - w}{w - w_s} \times 100\% \dots\dots\dots (2.2)$$

- dengan:
- w = Kadar air yang dinyatakan dalam persen
 - w_s = Berat cawan kosong
 - w_s = Berat cawan + berat tanah basah
 - w = Berat cawan + berat tanah kering

2.6.2. Berat Jenis Tanah (Gs)

Harga berat spesifik dari butiran tanah (bagian padat) sering dibutuhkan dalam bermacam-macam keperluan perhitungan dalam mekanika tanah (Braja M Das, 1995).

Berat jenis butiran adalah perbandingan antara berat butiran tanah dengan berat air suling pada volum yang sama dan suhu tertentu. Berat jenis butiran dapat dicari menggunakan rumus berikut:

$$G_s = \frac{c - a}{H_p - (d - c)t_2} \dots\dots\dots (2.3)$$

- dengan:
- G_s = Berat spesifik butiran
 - a = Berat picnometer
 - c = Berat piknometer + sampel
 - d = Berat picnometer + air + sampel
 - HAP = Harga air picnometer $(b - a)t_1 \dots\dots\dots (2.4)$
 - t_2 = Temperatur setelah ± 24 jam

2.6.3. Analisa Saringan

Variasi ukuran partikel-partikel pada tanah dinyatakan dalam bentuk presentase dari berat kering total. Ukuran butiran pada tanah menentukan sifat-sifat tanah tersebut. Besar kecilnya butiran-butiran yang terkandung dalam tanah yang menjadi dasar pemberian nama dan

klasifikasi pada tanah. Oleh karena itu, uji analisa butiran adalah pengujian yang paling sering dilakukan.

Analisa ukuran butiran tanah (*sieve analysis*) adalah penentuan presentase berat butiran pada satu unit saringan, dengan ukuran diameter tertentu. Terdapat dua cara untuk mendistribusikan ukuran- ukuran partikel pada tanah, yaitu:

a. Analisa Ayakan (*Grain size*)

Uji analisa ayakan mempunyai fungsi untuk menentukan gradasi dari sampel tanah. Analisa ayakan digunakan untuk ukuran partikel- partikel tanah yang memiliki diameter lebih besar dari 0,075mm.

Untuk mendistribusikan ukuran-ukuran butir tanah yang beragam dilakukan dengan cara menyaring. Berat tanah yang tertinggal pada setiap saringan ditimbang, kemudian presentase terhadap berat kumulatif tanah dihitung. Langkah-langkah yang digunakan untuk perhitungan sebagai berikut:

1. Berat sampel semula = A gram Berat sampel sesudah dicuci
= B gram
Bera lumpur = berat sampel lolos saringan.200
= A - B
2. Jumlah berat tanah yang tertinggal dalam saringan Ø 4,76 mmsampai Ø 0,075 mm = C gram
kehilangan berat = (B – C gram)
3. Kadar lumpur $\frac{(a-b)+a}{a} \times 100\%$(2.5)
dengan α = berat tanah yang tertinggal dalam alas saringan
4. Presentase tanah yang tertinggal
 $\frac{\text{berat yang tertinggal}}{A} \times 100 \%$(2.6)
5. Kumulatif persen tanah yang tertinggal= jumlah + presentase tanah diatasnya(2.7)
6. Present Finer = (100% - Kumulatif Persen)

b. Analisa Hidrometer

Uji analisa hidrometer berfungsi untuk menentukan ukuran partikel-partikel tanah yang

berdiameter lebih dari 0,075 mm dengan menggunakan alat hydrometer.

Uji analisa hidrometer ditentukan dengan cara mengendapkan partikel tanah atau sedimentasi. Metode ini berdasarkan pada hukum Stokes mengenai kecepatan pengendapan butiran pada larutan suspense. Rumus yang dapat digunakan

$$Presentase\ butiran\ N = \frac{\text{Setelah pembacaan}}{\text{Jumlah selisih pembacaan.....}} \dots\dots\dots(2.8)$$

dengan : KL = Kadar lumpur (berat lumpur)

$$D = \text{Diameter } (106.10^{-7} z/t)^{1/2} \times KL \dots\dots\dots(2.9)$$

t = Waktu dalam detik

$$z = 24 - \alpha (0,2) \dots\dots\dots(2.10)$$

α = Banyaknya strip setiap pembacaan

2.6.4. Batas-batas Atterberg

Plastisitas tanah adalah kemampuan tanah dalam penyesuaian perubahan bentuk pada volume yang konstan tanpa adanya retakan- retakan pada tanah. Plastisitas terjadi karena didalamnya terdapat kandungan partikel-partikel mineral lempung.

Atterberg (1911), membagi tingkat plastisitas tanah, menjadi 4tingkatan berdasarkan nilai indeks plastisitasnya antara 0% sampai 17%. Batasan ini bisa dilihat dalam **Tabel 2.4** di bawah ini.

Tabel 2.4 Nilai Indeks Plastisitas dan Macam Tanah

PI	Sifat	Jenis Tanah
0	Non Plastis	Pasir
<7	Plastisitas Rendah	Lanau
7-17	Plastisitas Sedang	Lempung belanau
>17	Plastisitas Tinggi	Lempung

(Sumber: Atterberg 1911, dalam Hardiyatno, 1999)

Atterberg (1911), menjelaskan cara untuk menggambarkan batas konsistensi dari jenis tanah berbutir halus dengan pertimbangan kandungan kadar air tanah. Batas-batas tersebut yaitu batas cair (*liquid limit*), batas plastis (*plastic limit*) dan batas susut (*shrinkage limit*).

a. Batas Cair (*Liquid Limit- LL*)

Kadar air dapat dinyatakan dalam bentuk persen (%) dari tanah yang dibutuhkan untuk menutup goresan dengan jarak 0,5 inc (12,7 mm) sepanjang dasar contoh di dalam mangkok. Setelah dilakukan 25 kali ketukan didefinisikan sebagai batas cair (liquid limit). Pada uji batas cair, diperlukan beberapa kali percobaan dengan kandungan air berbed-bed untuk mengatur kadar air dalam tanah dengan jumlah ketukan berkisar 15-35 kali.

Rumus untuk mengetahui kadar air :

$$W_c = \frac{(W_2 - W_3)}{(W_3 - W_1)} \times 100\% \dots \dots \dots (2.11)$$

b. Batas Plastis (*Plastic Limit - PL*)

Batas plastis adalah batas terendah dari tingkat keplastisan suatu tanah. Batas plastis didefinisikan sebagai kadar air dinyatakan dalam bentuk persen (%). Uji plastisitas dapat dilakukan dengan cara menggulung sampel tanah hingga mencapai ukuran dengan diameter 1/8 inc (3,2 mm) sampai timbul retakan. ditulis dengan rumus

$$PL = W_c (\%) = \frac{(W_2 - W_3)}{(W_3 - W_1)} \times 100\% \dots \dots \dots (2.12)$$

c. Batas Susut (*Shrinkage Limit - SL*)

Kadar air, dinyatakan dalam persen (%) jika perubahan volume suatu massa tanah berhenti ddefiniskan sebagai batas susut (*shrinkage limit*). Uji batas susut dilakukan menggunakan suatu alat yang berbentuk mangkuk porselin dengan diameter 1,75 inc (44,4 mm) dan tinggi 0,5 inc (12,7 mm). volume dari sampel tanah yang telah dikeringkan ditentukan dengan menggunakan air raksa.

Rumus untuk mengetahui batas susut :

$$SL = W_c = \frac{(V_i - V_f) \times \gamma_w}{\text{berat kering}} \times \gamma_w \dots \dots \dots (2.13)$$

d. Indeks Plastis (*Plasticity Index - PI*)

Indeks plastisitas adalah perbedaan antara batas cair dan batas plastis suatu tanah atau PI – LL – PL. Indeks plastisitas berfungsi untuk mengidentifikasi sifat plastis tanah. Tanah yang banyak mengandung butiran lempung adalah tanah yang memiliki PI tinggi. Sebaliknya, PI rendah dimiliki oleh tanah jenis lanau yang sedikit terjadi pengurangan kadar air sehingga menyebabkan tanah menjadi kering.

$$PI = LL-PL \dots \dots \dots (2.14)$$

2.6.5. CBR (California Bearing Ratio)

Definisi CBR merupakan suatu perbandingan antara beban percobaan (loading test) dengan beban standar (standard load) dan dinyatakan dalam prosentase. Dengan rumus : $CBR = \text{test load} / \text{standard load} \times 100\%$ Tujuan Percobaan ini adalah untuk menilai kekuatan tanah dasar yang dipadatkan di laboratorium yang akan digunakan dalam perencanaan tebal perkerasan. Hasil percobaan dinyatakan sebagai nilai CBR (dalam%) yang nantinya dipakai untuk menentukan tebal perkerasan. Untuk menentukan tebal perkerasan secara umum biasanya kekuatan tanah dasar dinyatakan dalam nilai CBR (California Bearing Ratio), untuk contoh tanah asli (undisturbed sample) maupun contoh tanah yang dipadatkan (compacted sample). Percobaan CBR juga dapat dilakukan secara langsung di lapangan. Pada perencanaan jalan baru, tebal perkerasan biasanya ditentukan dari nilai CBR tanah dasar yang dipadatkan. Nilai CBR yang dipergunakan untuk perencanaan disebut CBR desain (CBR design). Desain CBR didapat dari percobaan di laboratorium dengan memperhitungkan dua faktor, yaitu:

- a. Kadar air tanah serta berat isi kering pada waktu dipadatkan.
- b. Percobaan pada kadar air yang mungkin terjadi setelah perkerasan selesai dibuat.

Contoh tanah yang diuji mempunyai kadar air mendekati kadar air optimum (toleransi $\pm 5\%$).

2.7. Sifat Mekanika Tanah

Sifat mekanika tanah adalah sifat dimana tanah dalam keadaan terbeban dan sebagai parameter dalam perencanaan pondasi.

2.7.1. Pemadatan Tanah

Pemadatan tanah adalah proses menjejalkan tanah menggunakan energi mekanik agar partikel tanah lebih rapat dan menjadi padat sehingga berat jenis tanah pasti akan naik. Tingkat kepadatan tanah dapat diukur dari berat volume kering yang telah dipadatkan. Partikel-partikel tanah dapat dibasahi atau dilumasi dengan cara penambahan air pada tanah yang sedang dipadatkan. Hal ini menyebabkan partikel-partikel tanah menjadi lebih mudah bergerak sehingga membentuk kedudukan yang lebih rapat.

Menurut Hardiyatmo, 2002 terdapat 4 tujuan dari pemadatan tanah, yaitu:

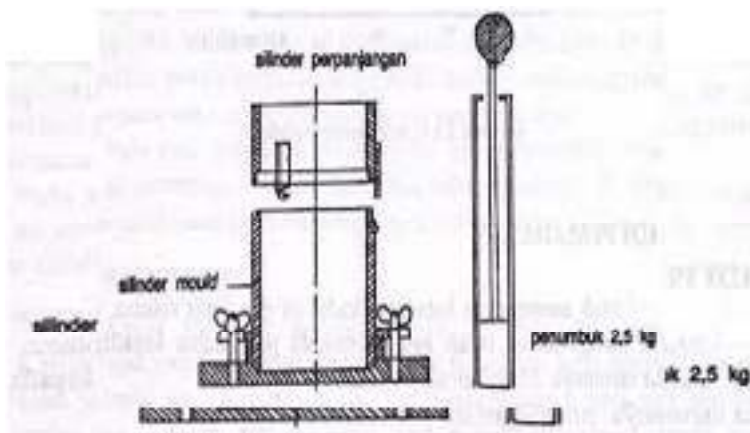
- a. Mempertinggi kuat geser tanah
- b. Mengurangi sifat mudah mampat
- c. Mengurangi permeabilitas
- d. Mengurangi perubahan volume akibat perubahan kadar air, dll.

Didalam pemadatan tanah ada empat factor yang berpengaruh terhadap kontrol pemadatan, yaitu (Hardiyatmo, 2002):

1. Energi pemadatan
2. Tipe tanah dan gradasi
3. Kadar air
4. Unit berat kering

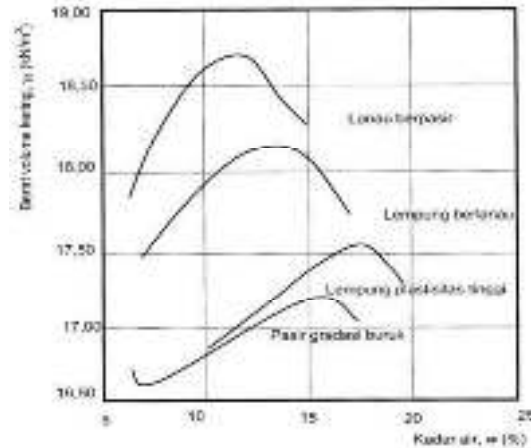
Kepadatan tanah dapat diperoleh dari pengujian standar laboratorium yaitu dengan uji *proctor*. Uji *proctor* dibagi menjadi 2 macam yaitu *standard proctor* dan *modified proctor*.

Alat yang digunakan berupa silinder *mould*. Pada uji *standard proctor*, sampel tanah yang telah dimasukkan ke dalam *mould* dipadatkan dengan penumbuk yang beratnya 2,5 kg dan tinggi jatuh 30,5 cm. Sampel tanah yang akan dipadatkan dibagi menjadi 3 lapisan. Tiap-tiap lapisan tanah ditumbuk sebanyak 25 kali pukulan. Sedangkan pada uji *modified proctor*, *mould* yang digunakan masih sama hanya berat penumbuknya diganti sebesar 4,54 kg dan tinggi jatuh penumbuk 45,72 cm. Pada pengujian ini, tanah terbagi menjadi 5 lapisan dengan masing-masing lapisan 25 kali pukulan. Alat yang digunakan dalam uji *proctor* dapat dilihat pada **Gambar 2.2** dibawah ini.



Gambar 2.2 Alat Uji Pemadatan Proktor Standar (Hardiyatmo, 2002)

Dalam uji pemadatan tanah, percobaan diulang sedikitnya 5 kali dengan kadar air di setiap percobaan yang bervariasi. Kemudian, angka yang diperoleh digambar pada sebuah grafik hubungan kadar air dan berat volum kering. Grafik tersebut bisa dilihat pada **Gambar 2.3** dibawah ini.



Gambar 2.3 Grafik Hubungan Kadar Air dan Berat Volume Kering (Hardiyatmo, 2002)

2.7.2. Kuat Geser Tanah

Uji kuat geser tanah adalah pengujian untuk mencari besarnya kekuatan geser tanah secara langsung. Sampel tanah yang dapat digunakan untuk pengujian ini yaitu menggunakan tanah yang tidak terlalupadat, jadi berupa sample tanah yang lembek dan mengandung lempung. Diperlukan ketelitian dan perhatian yang besar terhadap proses pengambilan contoh, penyimpanan contoh, dan perawatan contoh sebelum pengujian, terutama untuk contoh tidak terganggu (*undisturbed*), dimana struktur tanah di lapangan dan kadar airnya harus dipertahankan (Craig, 1991).

Cara perhitungan Tegangan Normal (σ_n) dan Tegangan Geser (σ_s) adalah sebagai berikut.

1. Tegangan Normal (σ_n)

Tegangan normal adalah perbandingan antara beban normal (P) dengan

$$\text{luas penampang sampel (F) - } \sigma_n = \frac{P}{F} \dots \dots \dots (2.14)$$

2. Tegangan Geser (σ_s)

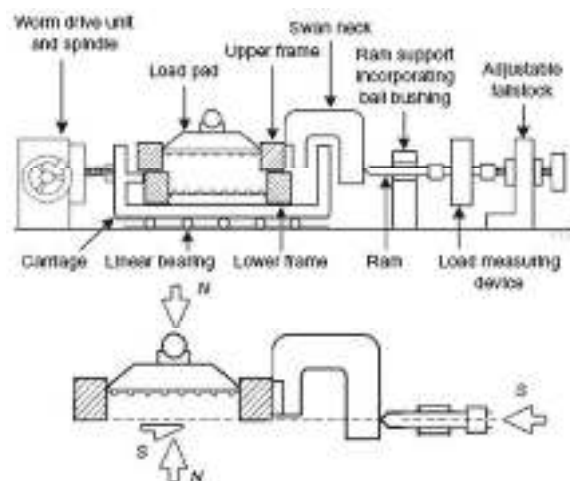
Tegangan geser didapatkan dari perbandingan antara menunjukkan dial dikalikan dengan angka kalibrasi dibagi luas

$$\text{Permukaan sampel (F) - } \sigma_s = \frac{\text{Gaya Geser}}{F} \dots \dots \dots (2.15)$$

Cara perhitungan dan penggambaran untuk mendaoat c (kohesi) dan ϕ (sudut geser dalam tanah) adalah sebagai berikut:

1. Angka-angka yang didapat dari percobaan tersebut digambarkan pada daerah koordinat. Sebagai abiss adalah tegangan normal (σ_n) dan sebagai ordinat adalah tengan geser (σ_s).
2. Unruk mencari kohesi (c) diukur jarak untuk titik potong tiap garis lurus atau grafik terhadap sumbu ordinat ke titik pusat. Dalam pengukuran ini, hasilnya dikalikan dengan skala yang digunakan.

Untuk mencari sudut geser dalam tanah (ϕ) adalah dengan mengukur sudut potong dari garis horizontal terhadap garis grafik.. Pengujian tanah menggunakan *direct shear* dapat dilihat pada **Gambar 2.4** di bawah ini.



Gambar 2.4 Skema Uji Geser Langsung Tanah (Munirwan, 2015)

2.8. Stabilisasi Tanah

Stabilisasi tanah adalah usaha untuk meningkatkan stabilitas dan kapasitas daya dukung tanah. Apabila tanah yang terdapat dilapangan bersifat sangat lepas atau sangat mudah tertekan, atau apabila mempunyai indeks konsistensi yang tidak sesuai, permeabilitas yang terlalu tinggi, atau sifat lain yang tidak diinginkan sehingga tidak sesuai untuk proyek pembangunan, maka tanah tersebut harus distabilisasikan.

Stabilisasi tanah dapat terdiri dari salah satu tindakan berikut :

1. Meningkatkan kerapatan tanah.
2. Menambah material yang tidak aktif sehingga meningkatkan kohesi atau tahanan gesek yang timbul.
3. Menambah bahan untuk menyebabkan perubahan-perubahan kimiawi atau fisis pada tanah.
4. Memperbaiki sifat permeabilitas tanah.
5. Mengganti tanah yang buruk.

Adapun tujuan perbaikan tanah tersebut adalah untuk mendapatkan tanah dasar yang stabil pada semua kondisi. Adapun metode-metode stabilisasi yang dikenal adalah :

1. Stabilisasi mekanis

Stabilisasi mekanis adalah penambahan kekuatan atau daya dukung tanah dengan mengatur gradiasi tanah yang dimaksud. Usaha ini biasanya menggunakan system pemadatan. Pemadatan merupakan stabilisasi tanah secara mekanis, pemadatan dapat dilakukan dengan berbagai peralatan mesin seperti mesin gilas (*roller*), benda berat yang dijatuhkan, ledakan, tekanan statis, dan sebagainya.

2. Stabilisasi kimiawi

Stabilisasi kimiawi adalah penambahan bahan stabilisasi yang dapat mengubah sifat-sifat kurang menguntungkan dari tanah. Biasanya digunakan pada tanah yang berbutir halus. Bahan yang digunakan untuk stabilisasi tanah disebut stabilizing agent.

2.9 Pasir

Pasir adalah salah satu jenis bahan bangunan paling penting yang harus ada dalam setiap proses pembangunan. Material bangunan ini berbentuk butiran dengan besaran yang sudah ditentukan. Meskipun besarnya butiran pasir ditentukan, ada beberapa jenis pasir berbeda yang digunakan untuk material bangunan. Jenis berbeda untuk pasir inilah yang menjadikan butiran hingga fungsi pasir berbeda. Pasir dengan butiran yang lebih kasar misalnya, memiliki fungsi berbeda daripada jenis pasir dengan butiran halus dan ukuran kecil. Untuk itu sebelum memulai proses membangun apapun, mengetahui perbedaan jenis

dan fungsi pasir menjadi sangat penting mengingat besarnya pengaruh jenis pasir ini sendiri dengan fungsi kegunaannya.

Secara pengertian, pasir adalah agregat dengan butiran berukuran mulai dari 0,0625 hingga 2 milimeter. Pasir terbuat dari kandungan silikon dioksida serta berasal dari batuan kapur. Meskipun didaerah tropis dan subtropics seperti di Indonesia, jenis pasir dan bahan pembentuknya jauh lebih banyak dan bervariasi. Menjadikan fungsi pasir pun jauh lebih banyak dari daerah lain, salah satunya tentu saja sebagai material bahan bangunan. Umumnya pasir berfungsi sebagai bahan material yang digunakan untuk merekatkan semen. Selain itu pasir juga menjadi bahan utama untuk membuat batako serta batu bata. Lebih jauh lagi mengenai fungsi agregat satu ini akan bergantung dari jenis pasir yang digunakan. Tak hanya jenis pasir saja yang menjadi penentu dari fungsi agregat material bangunan itu sendiri.

Seperti yang disebutkan pada Standart Nasional Indonesia (SK SNI - S - 04 - 1989 - F ; 28), ada beberapa persyaratan penting untuk pasir yang digunakan pada bahan bangunan. Dibawah ini akan kami sebutkan beberapa diantaranya :

1. Agregat pasir halussebaiknya terdiri dari butiran dengan tekstur tajam dan keras. Indeks kekerasan untuk jenis pasir ini adalah $< 2,2$
2. Bila pasir digunakan dengan Natrium Sulfat maka bagian yang hancur maksimal sebesar 10 %
3. Bila pasir digunakan dengan Magnesium Sulfat maka bagian yang hancur maksimal sebesar 10 %
4. Standart pasir adalah tidak boleh memiliki kandungan lumpur lebih dari 5 %
5. Jika agregat pasir memiliki kandungan lebih dari 5 %, maka harus dicuci terlebih dahulu
6. Tidak boleh terdapat terlalu banyak kandungan bahan organik didalam pasir. Sebelumnya pasir harus melalui percobaan warna Abrans-harder menggunakan larutan jenuh NaOH 3%
7. Untuk susunan jenis pasir butir besar harus memiliki kehalusan modulus 1,5 hingga 3,8. Pasir juga terdiri dari butir-butir yang berbeda
8. Pasir harus memiliki reaksi aikal negative untuk membuat beton dengan keawetan tingkat tinggi

9. Pasir dari laut tidak diperbolehkan digunakan untuk agregat pasir halus untuk beton bermutu. Kecuali terdapat petunjuk khusus dari lembaga pemerintahan bahan bangunan yang sudah diakui
10. Pasir agregat halus yang digunakan untuk spesi terapan serta plesteran harus memenuhi persyaratan dari pasir pasangan terlebih dahulu

Jenis-jenis Pasir dan Karakteristik Sifatnya :

Setelah mengetahui apa saja syarat pasir agregat untuk bangunan dari Standart Nasional Indonesia (SK SNI – S – 04 – 1989 – F ; 28), berikutnya tinggal mencari jenis pasir yang tepat sesuai kebutuhan. Dibawah ini akan diberikan penjelasan mengenai jenis pasir, fungsi, hingga bagian karakteristik sifat dan jenis pasir. Seperti yang diungkapkan dalam penjelasan diatas, masing-masing pasir memiliki fungsi sendiri berdasarkan dari karakteristik dan jenis pasir. Jadi untuk mengetahui fungsi pasir, lebih dahulu harus mengenali karakteristik pasir itu sendiri. Berikut penjelasannya :

1. Pasir Beton

➤ Karakteristik dan Sifat Pasir Beton

Untuk pasir jenis ini, terdapat karakteristik dan sifat pasir yang khusus yakni warnanya yang abu-abu gelap hingga kehitaman. Selain itu juga jenis pasir ini memiliki tingkat kehalusan yang tinggi. Ketika dipegang, akan terasa begitu halus. Ciri khas lain dari jenis pasir beton adalah pada saat digenggam, pasir tidak membentuk gumpalan dan akan kembali buyar.

➤ Fungsi Pasir Beton

Karakteristik pasir dengan butiran yang halus seperti pasir beton sangat cocok digunakan untuk menguatkan dan merekatkan material bangunan lain. Untuk pasir beton memang menjadi salah satu agregat penting untuk merekatkan batu bata dan juga batu, memplester dinding rumah, pengecoran dinding dan pondasi bangunan. Teksturnya yang halus membuat hasil plesteran dengan jenis pasir ini lebih halus. Selain itu pasir beton juga seringkali digunakan sebagai material agregat halus dalam pembuatan beton perekat.

2. Pasir Pasang

➤ Karakteristik dan Sifat Pasir Pasang

Bila anda memegang pasir jenis ini akan terasa jauh lebih halus dari pada pasir beton. Selain karakteristik butiran dengan dengan ukuran agregat yang lebih kecil dan halus, pasir pasang inipun memiliki elemen yang lebih padat. Karena itu ketika menggenggam pasir ini dan menggempalkannya, pasir ini tidak akan ambyar kembali alias tetap akan terkepal (gumpal).

➤ Fungsi Pasir Pasang

Dengan karakteristik jenis pasir ini yang mudah menggumpal namun memiliki karakter yang halus menjadikan pasir pasang cocok dipadukan dengan pasir beton. Kedua jenis pasir ini adalah membuar campuran pondasi lebih kuat serta plesteran dinding lebih halus berkat karakteristik butirannya yang lebih kecil.

3. Pasir Jebrod (Pasir Merah)

➤ Karakteristik dan Sifat Pasir Jebrod

Seperti namanya, warna pasir ini memang berwarna merah atau keoranyean. Pasir ini disebut pasir Jebrod karena berasal dari Jebrod, Cianjur, meskipun ada juga yang berasal dari Sukabumi. Karakter pasir ini kasar dengan butiran yang besar, bila digumpalkan pasir tidak akan berubah bentuk dan tidak ambyar.

➤ Fungsi Pasir Jebrod

Karena karakter pasir yang kasar namun memiliki partikel kecil dan erat, menjadikan jenis pasir ini cocok untuk menambah daya rekat bangunan. Untuk itu, pasir jebrod kerap kali digunakan untuk pengecoran bersama pasir beton.

4. Pasir Elod

➤ Karakteristik dan sifat Pasir Elod

Ada beberapa hal yang menjadikan pasir elod akan terasa berbeda dengan jenis pasir lain yang ada di atas, pertama dari warna jenis pasir ini hitam kelam meskipun ada yang berwarna abu-abu gelap. Selain itu juga pasir elod memiliki butiran yang kecil dan halus. Karakter butirannya lebih halus daripada pasir pasang dan juga pasir beton.

➤ Fungsi pasir Elod

Pasir elod tak bias digunakan untuk material bangunan karena terdapat kandungan tanah didalamnya. Sebaliknya, jenis pasir ini jadi bahan utama membuat batako. Meskipun ada juga yang mencampurkan jenis pasir ini dengan pasir beton sebagai plesteran dinding.

5. Pasir Sungai

➤ Karakteristik dan Sifat Pasir Sungai

Jenis pasir satu ini berasal dari sungai dan memiliki ukuran butiran yang tidak terlalu besar maupun kecil. Ukuran butiran agregat satu ini antara 0,063 mm hingga 5 mm. pasir sungai diambil langsung dari sungai dan biasanya merupakan hasil gigitan dari batuan sungai yang keras serta tajam. Tak heran bila jenis pasir ini juga dipercaya kuat.

➤ Fungsi Pasir Sungai

Sesuai dengan Karakteristiknya, pasir satu ini digunakan untuk campuran pengecoran dan juga pondasi rumah. Menggunakan pasir sungai dipercaya menjadikan pondasi lebih kuat dan tahan lama.

2.10. Penelitian Terdahulu

Dalam menentukan keaslian penelitian ini, maka dirangkum beberapa penelitian sejenis terdahulu untuk mengetahui perbedaan yang ada dalam penelitian ini dengan penelitian-penelitian sebelumnya. Rangkuman beberapa penelitian sejenis terdahulu dijabarkan pada tabel berikut:

Tabel 2.11 Penelitian Terdahulu

No	Nama	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian
1	da, C., Setyanto, & Iswan. (2015, Maret). Pengaruh Penambahan Pasir Terhadap	Untuk mengetahui pengaruh penambahan	Sampel tanah yang digunakan berasal dari daerah Belimbing

	<p>Tingkat Kepadatan dan Daya Dukung Tanah Lempung Lunak, Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. <i>JRSDD, Edisi Maret 2015, Vol. 3, No. 1, Hal:91 – 102 (ISSN:2303-0011)</i></p>	<p>pasir terhadap pemadatan dan daya dukung tanah lempung</p>	<p>Sari, Kabupaten Lampung Timur, menurut sistem klasifikasi AASHTO digolongkan pada kelompok tanah A-6(tanah lempung.</p>
2	<p>ou, J. A., Sarie, F., & Hendri, O. (2021). Pengaruh Penambahan Pasir Terhadap Nilai Daya Dukung Tanah Lempung Tumbang Rungan, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya. <i>JURNAL KEILMUAN TEKNIK SIPIL</i>, 4, 57-65.</p>	<p>Untuk mengetahui sifat fisik dan karakteristik tanah lempung Tumbang Rungan. Menganalisis pengaruh penambahan pasir terhadap tingkat kepadatan dan daya dukung tanah lempung Tumbang Rungan</p>	<p>Hasil pengujian sifat-sifat fisik tanah didapat nilai kadar air(w)= 31,66%; berat isi kering(γ)= 1,75g/cm³ ; berat jenis(Gs)= 2,72g/cm³ ; batas-batas Atterberg yaitu LL= 45,00%; PL= 25,63%; PI= 19,37%; SL= 14,05%; analisis saringan persentase lolos saringan no 200mm= 51,92%. Menurut AASHTO tanah diklasifikasikan tanah berlempung, dalam kelompok A-7-5, dan menurut USCS dapat disimpulkan bahwa klasifikasi tanah yang didapat adalah lempung inorganic dengan plastisitas rendah-sedang lempung lanau, pasiran, kerikilan dan lempung kurus. Sifat mekanik tanah nilai pemadatan tanah asli 0% OMC= 34,00%, γ_d max= 1,212(g/cm³), Penambahan pasir tertinggi</p>

			komposisi tanah asli 100% dan pasir 15% didapat OMC= 35,20%, $\gamma_d \text{ max} = 1,248(\text{g/cm}^3)$), maka disimpulkan terjadi kenaikan 0,036% dari tanah asli ke persentase penambahan pasir yang tertinggi.
3	fahrina, n., ismida, y., & litya, e. n. (2019, oktober). ANALISIS KLASIFIKASI TANAH DENGAN METODE USCS. Program Studi Teknik Sipil, Universitas Samudra, Meurandeh - Langsa 24416, Aceh	Untuk menghasilkan klasifikasi tanah yang sama dengan metode USCS	Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, didapatkan bahwa tanah di Gampong Meurandeh Kecamatan Langsa Lama Kota Langsa dengan mengambil sampel di tiga titik berbeda menghasilkan klasifikasi tanah yang sama dengan metode USCS yaitu tanah berjenis pasir bergradasi buruk, pasir berkerikil sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus yang diberi simbol SP

(Sumber : Hasil penelitian, 2022)

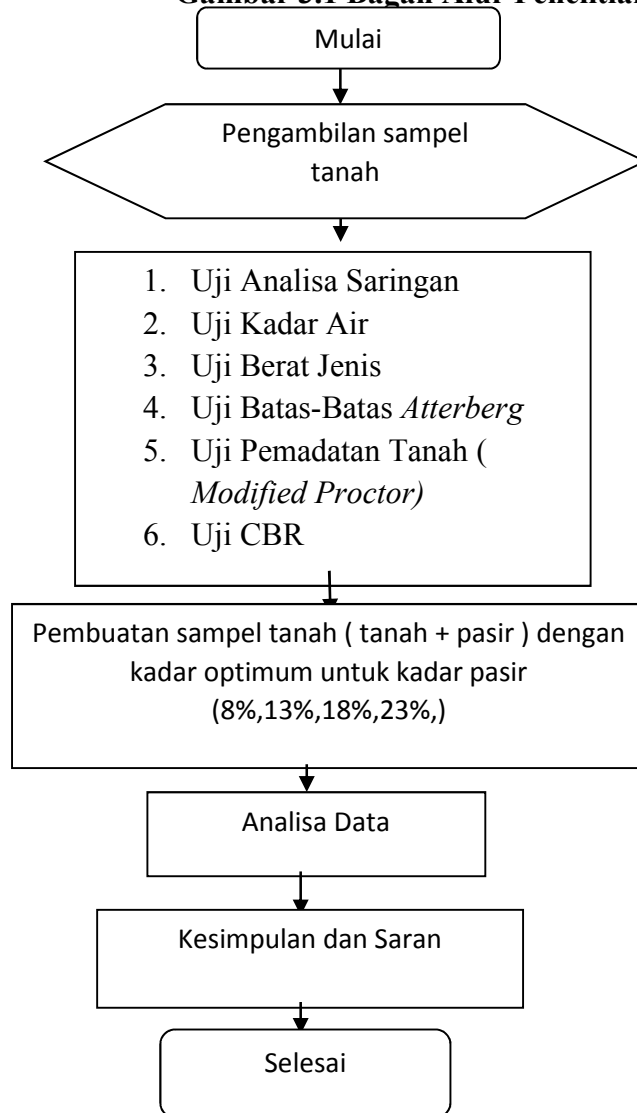
BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Metode Penelitian

Berikut ini adalah bagan alir penelitian yang menjadi tahapan-tahapan yang akan dilakukan dalam penyelesaian pengerjaan tugas akhir :

Gambar 3.1 Bagan Alur Penelitian



3.2. Waktu Penelitian (Time Schedule)

Waktu pelaksanaan penelitian dilaksanakan dalam waktu terhitung dari bulan Juni-september 2022.

Tabel. 3.1 Waktu kegiatan penelitian Tugas Akhir

No	Uraian Pekerjaan	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November
		1	2	3	4	5	6	7
1.	Pendaftaran dan Pengajuan Judul T.A							
2.	Penentuan Judul T.A							
3.	Pengerjaan dan Penyusunan Laporan T.A							
4.	Pembekalan dan Bimbingan T.A							
5.	Revisi Persiapan Seminar Proposal							

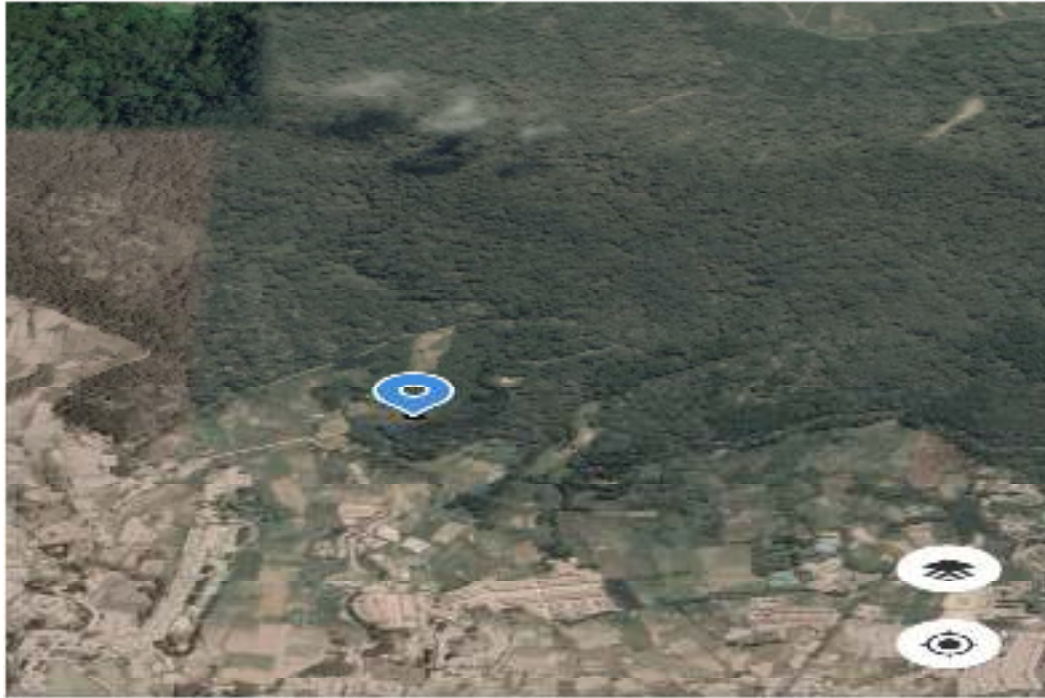
6.	Seminar Proposal							
7.	Pengumpulan Data dan Pengerjaan laporan							
8.	Sidang							

3.2 Lokasi Penelitian

Sampel tanah yang diambil meliputi tanah terganggu (*disturb soil*) yaitu tanah yang telah terjamah atau sudah tidak alami lagi yang telah terganggu oleh lingkungan luar, dan tanah tidak terganggu (*undisturb soil*) yaitu tanah yang belum terjamah atau masih alami yang tidak terganggu oleh lingkungan luar. Akan tetapi dalam penelitian ini cukup dengan pengambilan sampel dengan cara *disturb soil* (tanah terganggu). Sampel tanah diambil di beberapa titik pada lokasi pengambilan sampel menggunakan cangkul sedalam 50 cm. hal ini dilakukan agar membuang tanah-tanah yang mengandung humus dan akar-akar tanaman. Sampel tanah yang diambil merupakan sampel tanah yang mewakili tanah dilokasi pengambilan sampel.

Sampel tanah tersebut digunakan untuk pengujian analisis saringan. Batas-batas konsistensi, pemadatan (*proctor modified*) dan CBR. Pengambilan sampel tanah terganggu (*disturb*) cukup dimasukkan kedalam karung. Pengambilan sampel tanah tersebut sesuai dengan kebutuhan tanah yaitu sebanyak 150 kg, yang digunakan untuk percobaan sebanyak 20 sampel dan masing-masing sampel memerlukan tanah kurang lebih 6 kg. Dapat dilihat pada **Gambar 3.2** Dibawah ini

Gambar 3.2 Peta Sempaja kec. Gundaling II. Kabupaten Karo. Sumatera Utara



Sempajaya, Karo, Sumatera Utara, 22156, Indonesia
(3.20771, 98.5159498)



Sempajaya, Karo, Sumatera Utara, 22156, Indonesia
(3.20771, 98.5159498)

Sumber : Google Maps 2022

3.3. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan dibagi menjadi 2 macam, yaitu data primer

dan sekunder. Data primer adalah data yang diperoleh dari ,pengujian di laboratorium. Data primer yang digunakan tercantum dalam **Tabel 3.2**. Sedangkan data sekunder adalah data pendukung dalam pengujian ini.

Tabel 3.2 Daftar Benda Uji Tanah Asli dan Campuran Pasir

JENIS DATA	SUMBER DATA	TIPE ANALISIS	KEGUNAAN
Data Primer	Pengujian di Laboratorium	Kadar Air	Mencari kadar air awal untuk tanah asli dan tanah campuran pasir masing–masing 8%, 13%, 18%, dan 23%
		Berat Jenis	Menentukan berat jenis tanah untuk tanah asli dan tanah campuran Pasir masing–masing 8%, 13%, 18%, dan 23%
		Analisa Saringan	Menganalisis gradasi butiran tanah untuk tanah asli
		<i>Atterberg Limit</i>	Menentukan konsistensi

			tanah berdasarkan kadar air untuk tanah asli dan tanah campuran pasir masing–masing 8%, 13%, 18%, dan 23%
		<i>Direct Shear</i>	Mencari kekuatan geser tanah untuk tanah asli; tanah campuran Pasir masing–masing 8%, 13%, 18%, dan

		23%
	<i>Proctor modified</i>	Menentukan kadar air optimum yang diperlukan untuk memadatkan tanah (W_{opt}), berat volume basah tanah optimum (γ_{dry}), dan prosentase pori (<i>porosity</i>) untuk tanah asli dan tanah campuran pasir masing-masing 8%, 13%, 18%, dan 23%
	CBR	Mengetahui daya dukung tanah dasar dalam perencanaan lapis perkerasan lentur untuk tanah asli dan tanah campuran pasir masing-masing 8%, 13%, 18%, dan 23%

3.4. Bahan Penelitian

3.4.1. Tanah

Tanah yang digunakan sebagai sampel dalam penelitian Tugas Akhir ini yaitu tanah lempung yang diambil dari desa Sempajaya Kecamatan Berastagi Kabupaten Deli Serdang.

3.4.2. Air

Air yang digunakan untuk penelitian Tugas Akhir ini diambil dari Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas HKBP Nommensen Medan

3.4.3. Pasir

Pasir yang digunakan sebagai stabilisator dalam penelitian Tugas Akhir ini diambil dari sungai Sekitar desa Sempajaya Kecamatan Berastagi Kabupaten Deliserdang.

3.5. Lokasi Pengujian

Penelitian Tugas Akhir ini dilaksanakan di Laboratorium Mekanika Tanah Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas HKBP Nommensen Medan

3.6. Prosedur Penelitian

3.6.1. Kadar Air

Pengujian ini prosentase berat air suatu tanah terhadap berat tanahkeringnya diinyatakan dalam persen.

Alat yang digunakan:

1. Cawan.
2. Neraca dan anak timbangan
3. Oven dengan suhu $105^0 - 110^0$ C

Proses pelaksanaan pengujian kadar air adalah sebagai berikut.

1. Cawan alumunium kosong ditimbang beratnya
2. Ambil sampel secukupnya, letakkan dalam cawan kemudianditimbang beratnya. Berat cawan + sampel tanah basah = b gram.
3. Masukkan kedalam oven selama 24 jam
4. Dimasukkan ke dalam exicator
5. Setelah suhu dingin atau konstan kemudian sampel ditimbang, misal = c gram.
6. Maka kadar air dihitung dengan persamaan (2.2).

3.6.2. Berat Jenis Tanah (Gs)

Pengujian berat jenis tanah atau *specific gravity* (Gs) adalah perbandingan antara berat tanah tertentu dengan berat air pada suhu tertentu dan volume yang sama.

Alat yang dipergunakan:

1. Piknometer (Alat piknometer dapat dilihat dalam **Gambar 3.2**)
2. Neraca dan anak timbangan

3. Thermometer
4. Oven
5. Air



Gambar 3.3 Piknometer

Sumber : Dokumen Pribadi

Proses pelaksanaan pengujian berat jenis tanah adalah sebagai berikut.

- a. Mencari harga pikno:
 1. Pikno kosong ditimbang, misalkan = a gram.
 2. Pikno diisi air hingga penuh kemudian ditimbang lagi, misalkan = b gram.
 3. Pycnometer diukur suhunya dengan thermometer, misalkan: T_1 °C. Harga air pycnometer = $(b - c) t_1$; dimana t_1 = koreksi T_1

- b. Mencari *specific gravity* (Gs):
 1. Sampel kering secukupnya diambil, kemudian dimasukkan kedalam pikno diatas yang telah bersih dan kering lalu ditimbang, misalkan = c gram (berat sampel = 20-25 gram).
 2. Pycnometer dan sample tersebut diisi aquades hingga dibawah leher pycnometer kemudian diketuk-ketuk hingga gelembung udara tidak ada, lalu diamkan selama 24 jam.
 3. Setelah 24 jam, pycnometer tersebut ditambahkan aquades lagi hingga penuh dan ditimbang lagi, misalkan = d gram.
 4. Selanjutnya diukur temperaturnya dengan termometer, misalkan = T_2 °C. Koreksi temperaturnya bisa dilihat dalam tabel,

misalkan = t_2 .

Maka *specific gravity* (Gs) dapat dicari dengan persamaan (2.3).

3.6.3. Analisa Saringan

a. Grain size

Pengujian ini bertujuan untuk mengklasifikasikan tanah atau untuk menentukan ukuran butir-butir tanahnya.

Alat yang dipergunakan pada praktikum ini:

1. Saringan (\varnothing 4,76 mm - \varnothing 0,074 mm)
2. Penggetar
3. Neraca analitis dan anak timbangannya
4. Cawan
5. Oven

Proses pelaksanaan pengujian *grain size* adalah sebagai berikut.

1. Ambil sampel kring secukupnya lalu ditimbang, misalkan = a gram
2. Sapel diletakkan pada cawan besar, diisi air lalu direndam selama 24 jam.
3. Selanjutnya cuci dalam saringan diameter 0.074 mm (no. 200) dan lumpurnya ditempatkan pada wadah yang terpisah.
4. Sampel yang sudah bersih tadi dioven kemudian ditimbang, misalkan = b gram.

5. Siapkan beberapa saringan tadi pada alat penggetar dengan diameter

Gambar 3.4 Analisa saringan

(sumber : Dokumen Pribadi)

6. Sample yang telah selesai ditimbang diletakkan pada saringan teratas kemudian digetarkan selama ± 5 menit.
7. Masing-masing sampel yang tertinggal pada saringan ditaruh dalam cawan alumunium lalu ditimbang.



Cara penggambaran dan perhitungan.

1. Berat sample mula-mula= a gram. Berat sampel yang telah dicuci= b gram.

Berat lumpur = berat sample yang lolos dari saringan no. 200= a – b gram.

2. Total berat tanah yang tertinggal di saringan \emptyset 4,76 mm s.d. \emptyset 0,074 mm = c gram.

Kehilangan berat = (b – c) gram

3. Kadar lumpur = $\frac{(a - b) + \alpha}{a} \times 100\%$

Dengan α = berat tanah yang tertinggal dalam alas saringan.

4. Presentase tanah yang tertinggal Dihitung berdasarkan persamaan(2.4)
5. Perhitungan persen tanah tertinggal = Jumlah – prosentase tanah diatasnya.

b. *Hydrometer Analysis:*

Pengujian bertujuan menentukan butiran tanah dengan saringandiameter 0,074 mm (no.200) dengan menggunakan alat hydrometer.

Alat yang dipergunakan pada praktikum ini:

1. Hydrometer seperti pada **Gambar 3.5**
2. Gelas ukur
3. Cawan dan penumbuk
4. Stopwatch
5. Oven



Gambar 3.5 Gelas ukur dan Hidrometer

Sumber : Dokumen Pribadi

Proses pelaksanaan pengujian hidrometer adalah sebagai berikut.

1. Sampel tanah yang lolos 0,074 mm (no.200) dioven selama ± 24 jam kemudian ditimbang
2. Sampel direndam dalam botol selama 24 jam.
3. Selanjutnya sampel dimasukkan dalam gelas ukur dan ditambah air hingga 1000cc.
4. Gelas ukur dikocok-kocok hingga sampel dan air bercampur homogen.

5. Masukkan hidrometer ke dalam gelas, *stopwatch* dihidupkan. Pembacaan 0 detik dilakukan pada waktu hydrometer mulai stabil.
6. Pembacaan dilakukan pada detik ke 0, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, 1, 2, 5 menit dan seterusnya.

Keterangan:

Alat hydrometer semakin lama akan turun, hal ini menunjukkan jika lumpur semakin mengendap. Pada pembacaan strip-strip hydrometer terkadang terdapat pelengkungan air pada hydrometer sehingga akan mengaburkan pembacaan. Bila hal ini terjadi, maka 15 detik sebelum pembacaan gelas ukur diketok-ketok perlahan agar pelengkungan air di sekitar hydrometer turun dan dapat dibaca. Apabila masih terjadi pelengkungan air, maka kita ambil pembacaannya pada tengah antar puncak air datar.

3.6.4. Atterberg limits (Batas-batas Konsistensi)

a. *Liquid Limit* (Batas Cair)

Pada uji ini bertujuan untuk menentukan kadar air pada batas antarkeadaan cair dan dalam keadaan plastis.

Alat-alat yang dipergunakan pada praktikum ini:

1. Cassagrande dengan coletnya seperti pada **Gambar 3.6**.
2. Saringan no. 40 (mm)
3. Cawan
4. Mangkok/Cawan besar
5. Neraca
6. Oven



Gambar 3.6 Tes *Cassagrande*

Sumber : Dokumen Pribadi

Proses pelaksanaan pengujian *liquid limit* ini adalah sebagai berikut.

1. Ambil sampel tanah secukupnya, lalu dioven selama ± 24 jam. Setelah itu sampel tanah ditumbuk dan diayak dengan saringan no. 40 ($\varnothing 0,425$ mm).
2. Ambil sebagian sampel, lalu dicampurkan dengan aquadest di dalam mangkok.
3. Aduk-aduk dengan colet hingga campuran rata.
4. Setelah tercampur rata masukan sampel ke cassagrande yang sudah disetel dengan tinggi jatuh ± 1 cm.
5. Sampel yang sudah diletakkan di cassagrande diratakan, lalu bagian tengahnya digaris dengan colet hingga terbelah menjadi duabagian.
6. Engkol pemutar diputar dengan perkiraan kecepatan dua putaran tiap detik.
7. Pemutaran berhenti ketika tanah menutup sepanjang kira-kira 2 cm.
8. Percobaan dilaksanakan sebanyak 4 kali dengan kadar aquadest yang berbeda-beda dan diperkirakan sampel tanah akan menutup sepanjang 2 cm dibawah 25 kali ketukan (sebanyak 2 sampel) dan diatas 25 kali (sebanyak 2 sampel).

Pada tiap percobaan, diambil sampel tanah secukupnya untuk menentukan kadar airnya.

Cara menggambar grafik pada percobaan liquid limit adalah sebagai berikut:

1. Dari hasil tadi dibuat grafik-grafik dengan sumbu absisnya adalah jumlah ketukan dan sumbu ordinatnya adalah prosentase kadar air.
2. Keempat titik percobaan dihubungkan menggunakan garis lurus hingga memotong sumbu tegak pada ketukan ke-25.
3. Titik potong pukulan ke-25 dan garis lurus ditarik mendatar dan menemukan prosentase kadar air.
4. Titik kadar air itu adalah batas cair tanah tersebut.

b. *Plastic Limit* (Batas Plastis)

Pengujian ini bertujuan menentukan batas plastis. Yaitu kadar air minim dari suatu sampel tanah, dimana tanah tersebut dalam keadaan plastis. Alat yang dipergunakan pada praktikum ini:

1. Saringan no. 40 (mm)
2. Mangkok
3. Cawan
4. Lempeng kaca
5. Neraca analisis
6. Oven
7. Pendingin

Proses pelaksanaan pengujian batas plastis ini adalah sebagai berikut:

1. Ambil sampel tanah secukupnya, lalu dioven selama ± 24 jam. Setelah itu sampel tanah ditumbuk dan diayak dengan saringan no. 40 ($\varnothing 0,425$ mm).
2. Sampel tanah diambil sebagian dan diletakkan ke dalam mangkok dan diberi air, lalu dicampur hingga rata.
3. Setelah tercampur rata sampel tersebut dipilin di atas lempeng kaca hingga berbentuk bulatan panjang sampai akan putus dengan diameter ± 3 mm.
4. Jika batas tersebut telah dicapai, maka sampel tanah diambil dan terus ditimbang antara 5 – 10 gram untuk kadar airnya.

3.6.5. Direct Shear

Uji *direct shear* bertujuan untuk mengetahui kekuatan geser secara langsung.

Alat yang dipergunakan pada praktikum ini:

1. Perangkat *direct shear test*.
2. Timbangan dan anak timbangan
3. Pisau atau alat pemotong dan ring pencetak

Proses pelaksanaan pengujian direct shear adalah sebagai berikut.

1. Alat disiapkan, stopwatch, dan dial diatur hingga menunjukkan angka nol.
2. Sampel dicetak dan ditempatkan ke dalam tempatnya.
3. Beban vertikal (normal) dipasang guna mendapatkan tegangan normal (σ_n)
4. Alat pemutar diputar dan bersama itu stopwatch ditekan (mulai). Putaran dilakukan secara teratur dan dalam kecepatan yang sama atau konstan yaitu sekali putaran ± 2 detik. Untuk mendapatkan tegangan geser (σ_s).

5. Pada waktu kapan sudah menggeser, jarum dicatat pada kedudukan jarum tertinggi. Demikian juga waktunya.
6. Percobaan dilakukan sebanyak tiga kali pada masing-masing sampel tanah dengan beban 8 kg, 16 kg, dan 24 kg. Ini dilakukan untuk mendapatkan tegangan yang berbeda, sehingga hasilnya dapat dibuat grafik.

Cara perhitungan Tegangan Normal (σ_n) dan Tegangan Geser (σ_s) adalah sebagai berikut.

1. Tegangan Normal (σ_n)

Tegangan normal adalah perbandingan antara beban normal (P) dengan

$$\text{luas penampang sampel (F) - } \sigma_n = p/f$$

2. Tegangan Geser (σ_s)

Tegangan geser didapatkan dari perbandingan antara menunjukkan dial dikalikan dengan angka kalibrasi dibagi luas

$$\text{Permukaan sampel (F) - } \sigma_s = \frac{\text{Gaya Geser}}{F}$$

Cara perhitungan dan penggambaran untuk mendaoat c (kohesi) dan \emptyset (sudut geser dalam tanah) adalah sebagai berikut:

3. Angka-angka yang didapat dari percobaan tersebut digambarkan pada daerah koordinat. Sebagai abiss adalah tegangan normal (σ_n) dan sebagai ordinat adalah tegan geser (σ_s).
4. Unruk mencari kohesi (c) diukur jarak untuk titik potong tiap garis lurus atau grafik terhadap sumbu ordinat ke titik pusat. Dalam pengukuran ini, hasilnya dikalikan dengan skala yang digunakan.
5. Untuk mencari sudut geser dalam tanah (\emptyset) adalah dengan mengukur sudut potong dari garis horizontal terhadap garis grafik.

3.6.6. *Proctor Modified*

Pengujian ini bertujuan menentukan kadar air yang digunakan sebagai pemadatan tanah (W_{opt}), berat volume basah maksimum (γ_{basah}), berat volume kering maksimum (γ_{kering}), dan presentase pori atau *porosity*.

Alat yang dipergunakan pada praktikum ini:

1. Perangkat proktor beserta penumbuknya seperti pada **Gambar 3.7**
2. Jangka sorong
3. Pisau perata



4. Timbangan berat
5. Neraca analitis dan anak timbangan
6. Cawan
7. Oven
8. Gelas ukur
9. Saringan no. 4 (Ø 4,76 m)

Gambar 3.7 Alat *Proctor Modified*

sumber : Dokumen Pribadi

Proses pelaksanaan pengujian proktor adalah sebagai berikut.

1. Tanah yang akan diuji dikeringkan terlebih dahulu sebelum dilakukan uji proktor.
2. Alat proctor dilepas dan masing-masing ditimbang, diukur diameter, dan tingginya. Begitu juga dengan penumbuknya diukur tinggi dan beratnya.
3. Ambil sampel tanah kering dan diayak menggunakan saringan no. 4 (Ø 4,76 mm), lalu membagikan tanah menjadi 5 bagian masing- masing 2 kg.
4. Ambil sampel sebagian, lalu campurkan dengan air hingga tercampur rata kemudian dibagi menjadi 5 bagian yang sama.
5. Tiap-tiap bagian dimasukkan ke dalam alat proctor dan ditumbuk sebanyak 25 kali. Berturut-turut pada bagian 2 dan 3.

6. Cincin proctor atau bagian atas dilepas perlahan dan tanah dalam tabung diratakan dengan pisau perata, lalu tanah beserta alat proktor ditimbang.
7. Ambil sebagian kecil tanah dalam tabung (pada bagian atas dan bawah tabung) untuk dicari kadar airnya.
8. Percobaan untuk sampel tanah yang berikutnya dengan cara yang sama dan dengan jumlah penambahan air yang berbeda sampai batas maksimum (akan menghasilkan berat maksimum).
9. Gs didapatkan dari percobaan Berat Jenis Tanah (*Specific Gravity*).
10. Menghitung kadar air (w), berat volume basah (γ_b), berat volume kering (γ_k), n , e , dan ZAV.
11. Grafik digambar dengan absis kadar air (w) dan ordinatnya (γ_b , γ_k , ZAV).

3.6.7. California Bearing Ratio (CBR)

Uji ini bertujuan untuk kuat daya dukung tanah dalam kepadatan maksimum.

Proses pelaksanaan pengujian konsolidasi ini adalah sebagai berikut:

1. Menimbang dan mengukur tinggi serta diameter pada ring sampel.
2. Menimbang berat bagian bawah dan landasan silinder.
3. Tuang sampel tanah yang sudah ditentukan masing-masing dengan campurannya.
4. Tambahkan air sesuai dengan kadar pada uji *proctor standar* sebelumnya, campur sampai homogen. Bagi menjadi 5 bagian sama rata
5. Masukkan masing-masing bagian dalam ring dan tumbuk 56 kali secara merata di setiap bagian.
6. Cincin bagian atas dilepas dan ratakan, setelah itu ditimbang.
7. Letakkan landasan diatas permukaan benda uji, kemudian atur torak penetrasi pada permukaan benda uji. Pembebanan permulaan ini untuk menjamin barang sentuh yang akurat antara torak dan permukaan benda uji.
8. Atur torak penetrasi hingga arloji penunjuk penetrasi menunjukkan angka nol.
9. Pembebanan dilakukan dengan memutar engkol secara konsisten dengan kecepatan 1,27 mm/menit, sehingga torak turun secara konsisten.
10. Pembacaan arloji pembebanan dilakukan pada bacaan dial 32, 62, 125, 187, 258, 375, 500, 750, dan 1000.
11. Percobaan tersebut adalah percobaan unsoaked, untuk percobaan soaked rendam

tanah selama 4 hari lalu lakukan percobaan seperti yang deijelaskan diatas.

12. Setelah pembacaan selesai, ambil sebagian tanah untuk melakukan pemeriksaan kadar air.

