

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanah merupakan sebagai sisa atau produk yang dibawa dari pelapukan batuan dalam proses geologi yang dapat ditembus dengan peralatan pengambilan contoh (*sampling*) pada saat pemboran dan dapat digali tanpa peledakan (Hendarsin, 2000). Hingga saat ini tanah masih sangat berguna sebagai bahan bangunan pada berbagai macam pekerjaan Teknik Sipil. Selain itu tanah juga berguna sebagai pendukung dari bangunan, baik jalan maupun gedung. Ada berbagai jenis tanah yang masing – masing mempunyai karakteristik dan bentuk yang berbeda – beda, dari yang mempunyai daya dukung rendah sampai yang mempunyai daya dukung tinggi.

Dalam dunia Teknik Sipil, tanah diartikan sebagai agregat tak tersedimentasi dan terdiri dari mineral granular dan material organik (partikel solid) dengan zat cair dan gas pada ruang kosong diantara partikel solid tersebut (Das, 1995). Tanah adalah material dasar yang sangat berpengaruh dari suatu struktur maupun konstruksi dalam pekerjaan Teknik Sipil, baik konstruksi bangunan maupun konstruksi jalan. Dalam ilmu mekanika tanah yang disebut tanah adalah semua endapan alam yang berhubungan dengan Teknik Sipil, kecuali batuan tetap. Permasalahan umum yang sering dijumpai dalam pekerjaan konstruksi jalan adalah tidak selalu ditemuinya tanah dasar (*subgrade*) yang memiliki daya dukung memadai dalam menahan beban lalu lintas yang akan diterima. Tanah dasar ialah tanah pondasi yang mendukung beban secara langsung berupa berat lapisan perkerasan dan beban kendaraan yang melintas diatas permukaan jalan (Das, 1995).

Pada umumnya pembangunan di Indonesia berada diatas tanah lempung. Tanah lempung terdiri atas butiran – butiran yang sangat kecil dan selalu menunjukkan sifat – sifat plastis dan kohesif. Tanah lempung memiliki kembang susut yang relative besar dan kekuatan geser yang rendah. Sehingga diperlukan upaya untuk memperbaiki kondisi tanah sebelum dilakukannya proses konstruksi dengan menambah stabilitas tanah itu sendiri. Alternatif penanganan yang dilakukan untuk perbaikan kembang susut tanah yang diakibatkan kelebihan kadar air dan kepadatan tanah yang tidak menentu adalah pencampuran pasir pantai yang dikarenakan pasir

pantai memiliki kadar air yang rendah. Untuk memadatkan tanah tersebut dilakukan uji *proctor* untuk dapat mengetahui pengaruh pasir pantai terhadap tingkat kepadatan tanah lempung Desa Garoga dengan jumlah variasi kadar pasir pantai Danau Toba dalam persentase campuran yakni 0%, 10%, 20% dan 30%.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, penulis merumuskan masalah dalam tugas akhir ini, yaitu:

1. Apa pengaruh dari penambahan pasir pantai Danau Toba terhadap tanah lempung Desa Garoga?
2. Bagaimana pengaruh pengujian pemadatan tanah (*proctor*) yang dilakukan terhadap tanah lempung Desa Garoga dengan penambahan pasir pantai Danau Toba 0%, 10%, 20% dan 30%?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, penulis membuat tujuan penelitian dalam tugas akhir ini, yaitu:

1. Mengetahui pengaruh dari penambahan pasir pantai Danau Toba terhadap tanah lempung lunak Desa Garoga.
2. Mengetahui pengaruh pengujian pemadatan tanah (*proctor*) yang dilakukan terhadap tanah lempung Desa Garoga dengan penambahan pasir pantai Danau Toba 0%, 10%, 20% dan 30%.

1.4 Batasan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang diuraikan diatas, untuk menghindari penyimpangan pembahasan maka dibuat pembatasan masalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini meneliti perbaikan tanah dengan campuran tanah lempung dan pasir pantai (persentase campuran : 0%, 10%, 20% dan 30%).
2. Sampel tanah yang digunakan merupakan sampel tanah pada jenis tanah lempung lunak Desa Garoga, Kecamatan Simanindo, Kabupaten Samosir, Sumatera Utara.
3. Pengujian yang dilakukan yaitu kadar air, berat jenis, gradasi dan kepadatan tanah.

4. Pengujian pemadatan yang dilakukan di Laboratorium dengan standard proctor.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat di peroleh dari penelitian ini adalah:

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

1.6 Sistematika Penulisan

Tugas akhir ini terdiri dari enam bab, disusun dengan sistematika sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan tentang latar belakang, rumusan permasalahan, tujuan penelitian, manfaat penelitian, kajian pustaka yang memuat tentang penelitian sebelumnya yang pernah dilakukan dan sistematika penulisan laporan tugas akhir.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini terdiri dari landasan teori yang memuat teori - teori yang digunakan dalam lingkup tugas akhir ini.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menguraikan tentang objek analisis masalah, metode pengumpulan data, pengolahan data dan kerangka penelitian.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang pengolahan data dan pembahasan terhadap hasil yang diperoleh.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini memuat tentang kesimpulan berdasarkan hasil yang diperoleh dari analisa dan pembahasan pada bab terdahulu serta memberikan saran dari hasil penelitian dari pengolahan data tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

Bab ini memuat tentang daftar pustaka.

1.7 Time Schedule Penelitian

Tabel 1.1 *Time Schedule* Penelitian

No	Tahapan	Desember				Maret				Mei		Juni		Agustus		Oktober		
		1	2	3	4	1	2	3	4	3	4	1	2	1	2	1	2	3
1	Pengajuan judul penelitian	■																
2	Penyusunan proposal (Bab 1 – 3)		■	■														
3	Seminar proposal					■												
4	Pengambilan data primer dan sekunder							■	■									
5	Mulai penelitian di laboratorium									■								
6	Penyusunan naskah TA (Bab 4 – 5)										■	■						
7	Seminar isi													■				
8	Sidang meja hijau															■		
9	Revisi hasil sidang																■	

(Sumber: Penulis)

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah

Tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral – mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan 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 (Das, 1995). Tanah adalah kumpulan mineral bahan organik dan endapan yang relatif gembur, yang terletak diatas batuan dasar (Hardiyatmo, 1992). Tanah adalah lapisan permukaan bumi yang berasal dari material induk yang telah mengalami proses lanjut, karena perubahan alami di bawah pengaruh air, udara, dan macam-macam organisme baik yang masih hidup maupun yang telah mati (Fauizek dkk, 2018).

Pengertian tanah menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) Departemen Pendidikan Kebudayaan, 1994:

1. Permukaan bumi atau laipsan bumi yang di atas sekali
2. Keadaan bumi di suatu tempat
3. Permukaan bumi yang diberi batas
4. Bahan – bahan dari bumi, bumi sebagai bahan sesuatu (pasir, batu cadas dan sebagainya).

2.1.1 Partikel – Partikel Tanah

Tanah adalah campuran beberapa partikel yang terdiri dari partikel padat, air dan udara. Dari ketiga unsur penyusun tanah tersebut yang paling berpengaruh terhadap sifat – sifat teknis tanah ialah air dan partikel padat. Angin hanya mengisi rongga yang terdapat di dalam tanah. Menurut Fauizek dkk (2018), beberapa partikel yang terkandung di tanah antara lain yaitu:

1. Berangkal (*boulders*), merupakan potongan batu yang besar, biasanya lebih besar dari 250 mm sampai 300 mm. Untuk kisaran antara 150 mm sampai 250 mm, fragmen batuan ini disebut kerakal (*cobbles*).
2. Kerikil (*gravel*), merupakan partikel batuan yang berukuran 5 mm sampai 150 mm.

3. Pasir (*sand*), merupakan partikel batuan yang berukuran 0,074 mm sampai 5 mm, berkisar dari kasar (3-5 mm) sampai halus (kurang dari 1 mm).
4. Lanau (*silt*), merupakan partikel batuan berukuran dari 0,002 mm sampai 0,074 mm. Lanau dan lempung dalam jumlah besar ditemukan dalam deposit yang disedimentasikan kedalam danau atau di dekat garis pantai pada muara sungai.
5. Lempung (*clay*), merupakan partikel mineral yang berukuran lebih kecil dari 0,002 mm. Partikel – partikel ini adalah sumber utama dari kohesi pada tanah yang kohesif.
6. Koloid (*colloids*), merupakan partikel mineral yang diam yang berukuran lebih kecil dari 0,001 mm.

2.1.2 Karakteristik Tanah

Tubuh tanah (*solum*) merupakan batuan yang melapuk dan mengalami proses pembentukan lanjutan. Tubuh tanah terbentuk dari campuran bahan organik dan mineral. Tanah non-organik atau tanah mineral terbentuk dari batuan, sehingga mengandung mineral. Sebaliknya, tanah organik (*organosol/humosol*) terbentuk dari pepadatan terhadap bahan organik yang terdegradasi. Tanah organik cenderung memiliki keasaman tinggi karena mengandung beberapa asam organik (substansi humik) hasil dekomposisi berbagai bahan organik. Kelompok tanah ini biasanya miskin mineral, pasokan mineral berasal dari aliran air atau hasil dekomposisi jaringan makhluk hidup. Tanah organik dapat ditanami karena memiliki sifat fisik gembur (*sarang*), sehingga mampu menyimpan cukup air namun karena memiliki keasaman tinggi sebagian besar tanaman pangan akan memberikan hasil terbatas dan di bawah capaian optimum.

Tanah non-organik didominasi oleh mineral. Mineral ini membentuk partikel pembentuk tanah. Tekstur tanah demikian ditentukan oleh komposisi tiga partikel pembentuk tanah: pasir, lanau (*debu*), dan lempung. Tanah pasiran didominasi oleh pasir, tanah lempungan didominasi oleh lempung. Tanah dengan komposisi pasir, lanau, dan lempung yang seimbang dikenal sebagai geluh (*loam*).

2.2 Tanah Lempung

Beberapa tindakan yang dilakukan untuk menstabilisasikan tanah adalah dengan meningkatkan kerapatan tanah, menambah material yang tidak aktif sehingga meningkatkan kohesi dan/atau tahanan gesek yang timbul, menambah bahan untuk menyebabkan perubahan – perubahan kimiawi dan/atau fisis pada tanah, menurunkan muka air tanah (drainase tanah) dan mengganti tanah yang buruk (Menurut Bowles, 1991). Tanah lempung merupakan jenis tanah kohesif yang sebagian besar terdiri dari butiran dengan ukuran sangat kecil, baik tanah lempung maupun tanah lanau. Lempung terdiri dari butiran yang sangat kecil dan memiliki sifat kohesi dan plastisitas (Wesley, 2017).

Tanah lempung merupakan tanah yang mengandung mineral – mineral lempung dan memiliki kadar air yang tinggi, yang menyebabkan kuat geser yang rendah. Lempung lunak atau juga yang dikenal lempung expansive merupakan jenis tanah lempung yang diklasifikasikan kedalam jenis tanah yang memiliki nilai pengembangan dan nilai penyusutan yang besar, sehingga dapat menimbulkan kerusakan pada struktur yang berada di atasnya. Sifat khas yang dimiliki oleh tanah lempung ialah dalam keadaan kering akan bersifat keras, dan jika basah akan bersifat lunak plastis, dan kohesif, mengembang dan menyusut dengan cepat, sehingga mempunyai perubahan volume yang besar karena pengaruh air.

2.2.1 Tanah Lempung Lunak

Tanah lempung lunak mempunyai karakteristik yang khusus diantaranya daya dukung yang rendah, kemampuan yang tinggi, indeks plastisitas yang tinggi, kadar air yang relatif tinggi dan mempunyai gaya geser yang kecil. Kondisi tanah seperti itu akan menimbulkan masalah jika dibangun konstruksi di atasnya. Hal tersebut dikarenakan besarnya nilai aktivitas (A) tanah lempung, besar kecilnya nilai aktivitas tanah lempung dipengaruhi oleh nilai indeks plastisitas (PI) tanah, dapat diketahui potensi pengembangan suatu jenis tanah berdasarkan nilai indeks plastisitasnya (PI), untuk tanah 87 lempung yang dapat dikategorikan kedalam tanah lempung yang ekspansif yakni tanah yang memiliki potensi pengembangan yang sangat tinggi batasan nilai indeks plastisitasnya atau $PI > 35\%$.

2.2.2 Jenis Mineral Lempung

Tanah lempung tersusun dari sekumpulan partikel – partikel mineral lempung yang berbentuk lempeng pipih dan merupakan partikel mineral lempung dan mineral lainnya. Faktor utama yang digunakan untuk mengontrol ukuran, bentuk, sifat fisik, sifat kimia dan partikel tanah adalah mineralogi. Sifat fisik dan mekanis tanah lempung dikendalikan oleh mineral yang terkandung di tanah tersebut. Mineral tersebut terutama terdiri dari alumunium silikat yang terdiri dari silikat tetrahedral dan alumunium oktahedral. Mineral – mineral ini terdiri dari kristal dimana atom – atom yang membentuknya berada dalam suatu pola geometri tertentu.

2.3 Pasir Pantai

Pasir adalah partikel kecil yang berukuran 0,074 mm sampai dengan 5 mm pasir kasar (3 mm sampai 5 mm) dan halus (< 1 mm) yang berasal dari batuan (Joseph E. Bowles, 1984). Pasir juga dikelompokkan menjadi beberapa fraksi kasar, medium, dan halus. Pasir juga memiliki perbedaan dari yang memiliki gradasi baik, bergradasi buruk, bergradasi seragam atau bergradasi timpang (*gap graded*) (R. F. Craig dan Budi Susilo S, 1987). Pasir pantai merupakan bahan bangunan yang relatif murah dan sangat mudah ditemui, sehingga masih dapat dimanfaatkan.

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 disebutkan beberapa diantaranya, yakni:

1. Agregat pasir halus sebaiknya 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 hancurmaksimal sebesar 10%
3. Bila pasir digunakan dengan Magnesium Sulfat maka bagian yang hancurmaksimal sebesar 10%
4. Standart pasir 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.

2.4 Sistem Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah merupakan sistem yang menjelaskan secara singkat sifat – sifat umum tanah yang bervariasi ke dalam bentuk tabel dan grafik. Sistem klasifikasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah sistem klasifikasi AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Official*) dan sistem klasifikasi USCS (*Unified Soil Classification System*).

2.4.1 Sistem Klasifikasi Tanah AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Official*)

Sistem klasifikasi AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials Classification*), tanah diklasifikasikan ke dalam 7 (tujuh) kelompok besar, yaitu A-1 sampai dengan A-7. Tanah yang diklasifikasikan ke dalam A-1, A-2 dan A-3 adalah tanah berbutir dimana 35% atau kurang dari jumlah butiran tanah tersebut lolos ayakan No. 200. Tanah yang lebih dari 35% butirannya lolos ayakan No. 200 diklasifikasikan ke dalam kelompok A-4, A-5, A-6 dan A-7. Butiran dalam kelompok A-4 sampai dengan A-7 sebagian besar adalah lanau dan lempung. Sistem klasifikasi AASHTO berguna untuk menentukan kualitas tanah dalam perencanaan timbunan jalan, subbase, dan subgrade. Sistem klasifikasi AASHTO didasarkan pada kriteria berikut ini:

1. Ukuran butir, dibagi menjadi kerikil, pasir, lanau dan lempung.
 - a. Kerikil merupakan bagian tanah yang lolos ayakan dengan diameter 75 mm (3 in) dan tertahan pada ayakan diameter 2 mm (0,075 mm)
 - b. Pasir adalah bagian tanah yang lolos ayakan No. 10 diameter 2 mm dan tertahan pada ayakan No. 200 diameter 0,075 mm
 - c. Lanau & Lempung adalah bagian tanah yang lolos ayakan No. 200 diameter 0,0075 mm.
2. Plastisitas, nama berlanau dipakai apabila bagian – bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastisitas (IP) sebesar 10 atau kurang. Nama berlempung dipakai bila bagian – bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastisitas sebesar 11 atau lebih.
3. Apabila batuan (ukuran lebih besar dari 75 mm) ditemukan dalam contoh tanah yang akan diuji maka batuan – batuan tersebut harus dikeluarkan terlebih dahulu.

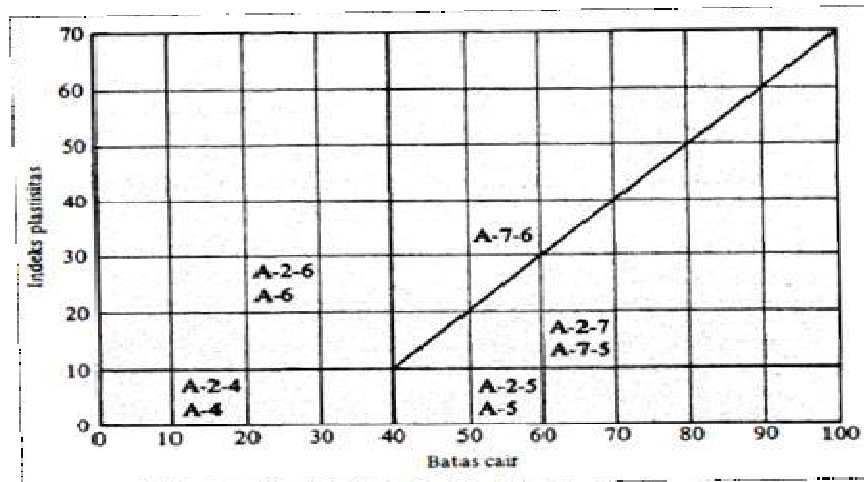
Tabel 2.1 Klasifikasi Tanah AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Official*)

Perhatikan bahwa A-8, gambut dan rawang ditentukan dengan klasifikasi visual dan tidak diperlihatkan dalam tabel.

Klasifikasi umum	Bahan-bahan (35% atau kurang melalui No. 200)							Bahan-bahan lanau-lempung (Lebih dari 35% melalui No. 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Klasifikasi kelompok	A-1a	A-1b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5; A-7-6
Analisis saringan: Persen melalui No. 10 No. 40 No. 200	50 maks. 30 maks. 15 maks.	50 maks. 25 maks.	51 maks. 10 maks.	35 maks.	35 maks.	35 maks.	35 maks.	36 min.	36 min.	30 min.	36 min.
Karakteristik fraksi melalui No. 40 Basis cair: Indeks plastisitas	0 maks.		N.P.	40 maks. 10 maks.	41 min. 10 maks.	40 maks. 11 min. 10 maks.	41 maks. 10 maks.	40 maks. 10 maks.	41 min. 10 maks.	40 maks. 10 maks.	41 maks. 11 min.
Indeks kelompok	0		0	0			4 maks.	6 maks.	12 maks.	16 maks.	20 maks.
Jenis-jenis bahan pendukung utama	Fragmen bebatuan, kerikil, dan pasir		Pasir halus	Kerikil dan pasir bedanau atau berlempung				Tanah bedanau		Tanah berlempung	
Tingkatannya sebagai tanah dasar	Sangat baik baik sampai baik							sedang sampai buruk			

Untuk : A-7-5 : FI LL-30 NP = Non plastis
 Untuk : A-7-6 : FI LL-30

(Sumber: Braja M. Das, 1995)



Gambar 2.1 Rentang (*Range*) Dari Batas Cair (LL) dan Indeks Plastisitas (PI) A-2, A-4, A-5, A-6 dan A-7.
(Sumber: Braja M. Das, 1995)

Untuk mengevaluasi mutu (kualitas) dari suatu tanah sebagai bahan lapisan tanah dasar (*subgrade*) dari suatu jalan raya, suatu angka yang dinamakan *indeks grup* (*group index*, GI) juga diperlukan selain kelompok dan subkelompok dari tanah yang bersangkutan. Harga GI ini dituliskan didalam kurung setelah nama kelompok dan subkelompok dari tanah yang bersangkutan contoh: A-6 (7). Indeks grup dapat dihitung dengan memakai persamaan dibawah ini.

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

Keterangan:

- F = Persentase butiran yang lolos saringan no. 200
- LL = Batas cair (dalam %)
- PI = Indeks plastisitas (dalam %)

Suku pertama persamaan diatas, yaitu $(F - 35)[0,2 + 0,005 (LL - 40)]$, merupakan bagian dari indeks grup yang ditentukan dari batas cair (LL). Suku yang kedua, yaitu $0,01(F - 15)(PI - 10)$, merupakan bagian dari indeks grup yang ditentukan dari indeks plastisitas (PI). Berikut ini adalah aturan untuk menentukan harga dari indeks grup:

1. Apabila Persamaan diatas menghasilkan nilai GI yang negatif, maka harga GI dianggap nol
2. Indeks grup yang dihitung dengan menggunakan Persamaan (2.1) dibulatkan ke angka yang paling dekat (contoh: GI = 3,4 dibulatkan menjadi 3,0; GI = 3,5 di bulatkan menjadi 4,0)
3. Tidak ada batas atas untuk indeks grup
4. Indeks grup untuk tanah yang masuk dalam kelompok A-1a, A-1b, A-2-4, A-2-5 dan A-3 selalu sama dengan nol
5. Untuk tanah yang masuk kelompok A-2-6 dan A-2-7, hanya bagian dari indeks grup untuk PI saja yang digunakan, yaitu

$$GI = 0,01(F_{200} - 15)(PI - 10)$$

Berdasarkan nilai group index ini tanah subgrade dikategorikan seperti ditunjukkan dalam Tabel 2.2 berikut ini.

Tabel 2.2 Kelas Subgrade AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Official*)

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: Hardiyatmo, 2002)

2.4.2 Sistem Klasifikasi Tanah USCS (*Unified Soil Classification System*)

Klasifikasi Tanah *Unified Soil Classification System* (USCS) pada awalnya diperkenalkan oleh Casagrande pada tahun 1942 untuk digunakan pada pekerjaan pembuatan lapangan terbang. Sistem ini mengelompokkan tanah ke dalam dua kelompok besar, yakni:

1. Tanah berbutir kasar (*coarse grained soil*), yaitu tanah kerikil dan pasir dimana kurang dari 50% berat total contoh tanah lolos saringan No. 200. Simbol dari kelompok ini dimulai dari huruf awal G atau S. G untuk kerikil (*gravel*) atau tanah berkerikil dan S untuk pasir (*sand*) atau tanah berpasir.
2. Tanah berbutir halus (*finned grained soil*), yaitu tanah dimana lebih dari 50% berat total contoh tanah lolos ayakan No. 200. Simbol dari kelompok ini

dimulai dari huruf awal M untuk lanau (*silt*) anorganik, C untuk lempung anorganik (*clay*), dan O untuk lanau organik dan lempung organik. Simbol Pt digunakan untuk tanah gambut (*peat*), *muck*, dan tanah – tanah yang lain dengan kadar organik yang tinggi.

Simbol–simbol yang lain yang digunakan untuk klasifikasi USCS adalah:

1. *G* = Kerikil (*gravel*)
2. *S* = Pasir (*Sand*)
3. *C* = Lempung (*Clay*)
4. *M* = Lanau (*Silt*)
5. *O* = Lanau atau lempung organik (*Organik Silt Or Clay*)
6. *Pt* = Tanah gambut dan tanah organik tinggi (*Peat And Highly Organiks Soil*)
7. *W* = Well grained (bergaradasi baik)
8. *P* = Poorly grained (bergaradasi buruk)
9. *L* = Low plasticity (plastisitas rendah, $LL < 50\%$)
10. *H* = High plasticity (plastisitas tinggi, $LL > 50\%$)

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

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

Table 2.3 Klasifikasi Tanah USCS (*Unified Soil Classification System*)

Divisi Utama	Simbol Kelompok	Nama Jenis		Nama Jenis	
Tanah berbutir kasar 50% butiran tertahan saringan no. 200 (0,075 mm)	Kerikil bersih (sedikit atau tak ada butiran halus)	GW	Kerikil gradasi baik dan campuran pasir-kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4, C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW	
		GP	Kerikil gradasi buruk dan campuran pasir-kerikil atau tidak mengandung butiran halus		
	Kerikil banyak kandungan butiran halus	GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lempong	Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $P_I < 4$ Batas-batas Atterberg di atas garis A atau $P_I > 7$ Bila batas Atterberg berada di daerah arir dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol	
		GC	Kerikil berlempong, campuran kerikil-pasir-lempong		
	Pasir lebih dari 50% lolos saringan no. 4 (4,75 mm)	Kerikil bersih (sedikit atau tak ada butiran halus)	SW	Pasir gradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus.	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6, C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW
			SP	Pasir gradasi buruk, pasir kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus.	
		Kerikil banyak kandungan butiran halus	SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau	Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $P_I < 4$ Batas-batas Atterberg di atas garis A atau $P_I > 7$ Bila batas Atterberg berada di daerah arir dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol
			SC	Pasir berlempong, campuran pasir-lempong	
	Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos saringan no. 200 (0,075 mm)	Lanau dan lempung batas cair 50% atau kurang	ML	Lanau tak organik dan pasir sangat halus, serbuk batuan atau pasir halus berlanau atau berlempong	<p>Diagram plastisitas: Untuk mengidentifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutir halus dan tanah berbutir kasar, Batas Atterberg yang termasuk dalam daerah yang diantar berarti batasan klasifikasinya menggunakan dua simbol.</p>
			CL	Lempung tak organik dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung kurus ('lean clays')	
OL			Lanau organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah.		
Lanau dan lempung batas cair > 50%		MH	Lanau tak organik atau pasir halus diatomae, lanau elastis.		
		CH	Lempung tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk ('fat clays')		
		OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi		
Tanah dengan kadar organik tinggi	P_t	Gambut ('peat') dan tanah lain dengan kandungan organik tinggi.	Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488		

(Sumber: Hardiyatmo, 1996)

2.5 Stabilitas Tanah

Stabilisasi tanah adalah suatu proses untuk memperbaiki sifat – sifat tanah dengan menambahkan sesuatu pada tanah tersebut, agar dapat menaikkan kekuatan tanah dan mempertahankan kekuatan geser. Adapun tujuan stabilisasi tanah adalah untuk mengikat dan menyatukan agregat material yang ada sehingga membentuk struktur jalan atau pondasi jalan yang padat. 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 metode – metode stabilisasi yang dikenal adalah:

1. Stabilisasi mekanis

Stabilisasi mekanis adalah penambahan kekuatan atau daya dukung tanah dengan mengatur gradasi 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.

2.6 Pemadatan Tanah

Pada awal proses pemadatan, berat volume tanah kering (γ_d) bertambah seiring dengan ditambahnya kadar air. Pada kadar air nol ($w = 0$), berat volume tanah basah (γ_b) sama dengan berat volume tanah kering (γ_d). Ketika kadar air berangsur – angsur ditambah (dengan usaha pemadatan yang sama), berat butiran tanah padat per volume satuan (γ_d) juga bertambah. Pada kadar air lebih besar dari kadar air tertentu, yaitu saat kadar air optimum, kenaikan kadar air justru mengurangi berat volume keringnya. Hal ini karena, air mengisi rongga pori yang sebelumnya diisi oleh butiran padat. Kadar air pada saat berat volume kering mencapai maksimum (γ_{dmak}) disebut kadar air optimum (Hardiyatmo, 2002).

Untuk menentukan hubungan kadar air dan berat volume, dan untuk mengevaluasi tanah agar memenuhi persyaratan kepadatan, maka umumnya dilakukan pengujian pemadatan. Proctor (1933) telah mengamati bahwa ada hubungan yang pasti antara kadar air dan berat volume kering tanah padat. Pada umumnya, terdapat satu nilai kadar air optimum tertentu untuk mencapai berat volume kering maksimumnya (d_{maks}). Hubungan berat volume kering (g_d) dengan berat volume basah (g_b) dan kadar air (w). Berat volume kering setelah pemadatan bergantung pada jenis tanah, kadar air, dan usaha yang diberikan oleh alat penumbuknya. Karakteristik kepadatan tanah dapat dinilai dari pengujian standar laboratorium yang disebut uji Proctor.

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

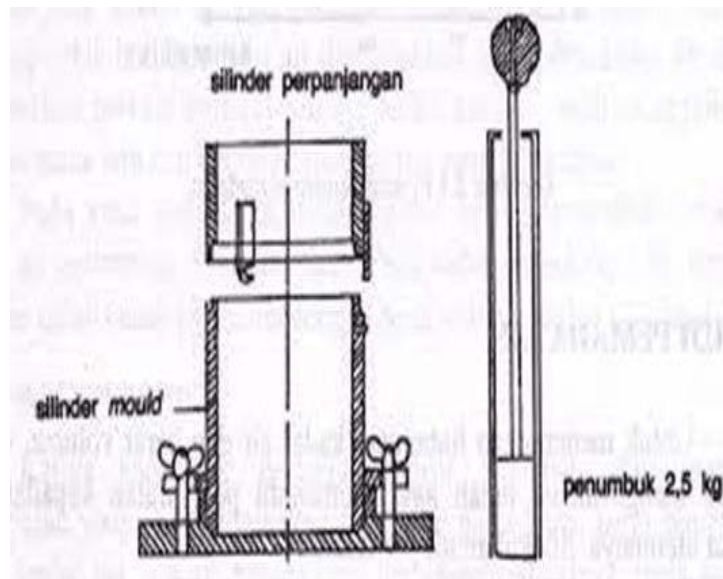
1. Mempertinggi kuat geser tanah
2. Mengurangi sifat mudah mampat
3. Mengurangi permeabilitas
4. Mengurangi perubahan volume akibat perubahan kadar air, dll.

Didalam pemadatan tanaga 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

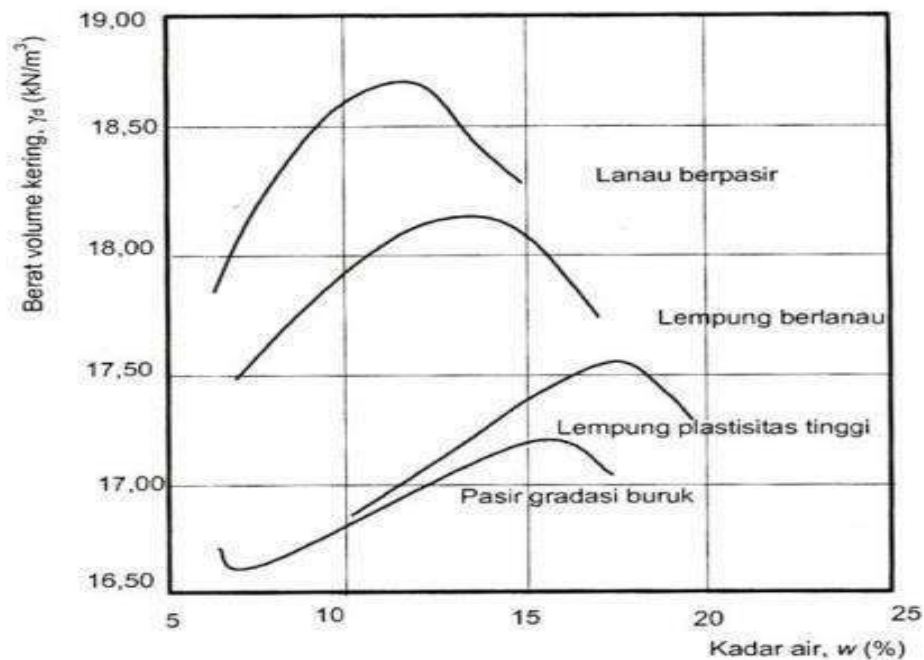
Kepadatan tanah dapat diperoleh dari pengujian standar laboratorium yaitu dengan uji *proctor*. Uji *proctor* dibagi menjadi 2 macam yaitu *standard proctor* dan *modified proctor*. Alat yang digunakan berupa silinder *mould*. Pada uji *standard proctor*, sampel tanah yang telah dimasukkan ke dalam *mould* 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 berikut ini.



Gambar 2.2 Alat Uji Pemasatan *Proctor* Standar
(Sumber: Hardiyatmo, 2002)

Dalam uji pematatan 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 volume kering.



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

2.7 Kadar Air (W)

Nilai kadar air sangat berguna bagi praktisi dalam menentukan keputusan terhadap situasi yang ada. Nilai kadar air menjadi patokan dalam menentukan kekuatan dan perilakutanah terutama tanah berbutir halus (Hakam, 2010). 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 keadaansuhu 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).

Tujuan pengujian kadar air adalah untuk mengetahui/menentukan nilai kadar air yang terkandung didalam tanah, dalam keadaan asli maupun tidak asli. Nilai kadar air yang terkandung didalam suatu tanah dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut:

$$W = \frac{m_2 - m_3}{m_3 - m_1} \times 100\% \quad 2.2$$

Keterangan:

W = Kadar air yang dinyatakan dalam persen (%)

m_1 = Berat cawan kosong (gr)

m_2 = Berat cawan + berat tanah basah (gr)

m_3 = Berat cawan + berat tanah kering (gr)

2.8 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). Pengujian berat jenis tanah bertujuan untuk menentukan/mengetahui nilai berat jenis butir tanah yang berhubungan fungsional meliputi fase air, udara dan juga butiran dalam tanah. Berat jenis tanah dapat dihitung dengan persamaan berikut ini.

$$G_s = \frac{m_2 - m_1}{(m_4 - m_1) - (m_3 - m_2)} \quad 2.3$$

Keterangan:

G_s = Berat jenis butir sampel

W_0 = Berat piknometer kosong (gr)

W_1 = Berat piknometer + sampel (gr)

W_2 = Berat piknometer + sampel + air (gr)

W_3 = Berat piknometer + air (gr)

T = Faktor koreksi ($^{\circ}\text{C}$)

Untuk mencari W_3 (berat piknometer + air (koreksi)), berat piknometer + air harus dikalikan dengan faktor koreksi sesuai temperatur yang telah diukur pada akhir percobaan. Berikut tabel faktor koreksi untuk mencari W_3 .

Tabel 2.4 Faktor Koreksi Terhadap Temperatur

Temperatur ($^{\circ}\text{C}$)	18	19	20	21	22	23	24
Koreksi (K)	1,0016	1,0014	1,0012	1,001	1,0007	1,0005	1,0003
Temperatur ($^{\circ}\text{C}$)	25	26	27	28	29	30	31
Koreksi (K)	1	0,9997	0,9995	0,9992	0,9989	0,9986	0,9983

(Sumber: Hardiyatmo, 2002)

2.9 Analisa Saringan

Variasi ukuran partikel – partikel pada tanah dinyatakan dalam bentuk persentase 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 persentase berat butiran pada satu unit saringan, dengan ukuran diameter tertentu. Terdapat dua cara untuk mendistribusikan ukuran – ukuran partikel pada tanah.

2.9.1 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 0,075 mm. Untuk mendistribusikan ukuran –

ukuran butir tanah yang beragam dilakukan dengan cara menyaring. Berat tanah yang tertinggal pada setiap saringan ditimbang, kemudian persentase terhadap berat kumulatif tanah dihitung.

Uji analisa ayakan (*grain size*) dilakukan dengan menggetarkan atau mengayak sampel tanah dengan satu set ayakan yang bertujuan untuk menentukan gradasi dari suatu sampel tanah dengan ukuran partikel-partikel yang memiliki diameter lebih besar dari 0,075 mm. Berat tanah yang tertahan pada setiap saringan ditimbang, kemudian persentase terhadap berat kumulatif tanah dihitung. Untuk mengetahui jumlah % tertahan, digunakan persamaan berikut ini.

$$\text{Jumlah \% yang tertahan} = \frac{\text{jumlah berat tertahan}}{\text{berat total}} \times 100\% \quad 2.4$$

Sedangkan untuk mengetahui jumlah % yang lewat dapat menggunakan persamaan berikut ini.

$$\text{Jumlah \% yang lewat} = 100\% - \text{jumlah \% tertahan} \quad 2.5$$

Untuk mengetahui jenis tanah, digunakan persamaan sebagai berikut.

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad 2.6$$

$$C_c = \frac{D_{60} - D_{30}}{D_{10}} \quad 2.7$$

Keterangan:

C_u = Koefisien keseragaman

C_c = Koefisien gradasi

D_{60} = Diameter yang bersesuaian dengan 60% lolos ayakan

D_{30} = Diameter yang bersesuaian dengan 30% lolos ayakan

D_{10} = Diameter yang bersesuaian dengan 10% lolos ayakan

2.9.2 Analisa Hidrometer

Uji analisa hidrometer berfungsi untuk menentukan ukuran partikel – partikel tanah yang berdiameter lebih dari 0,075 mm dengan menggunakan alat hidrometer. Uji analisa hidrometer ditentukan dengan cara mengendapkan partikel tanah atau sedimentasi. Metode ini berdasarkan pada hukum Stokes mengenai kecepatan

pengendapan butiran pada larutan suspensi. Persamaan yang dapat digunakan sebagai berikut.

$$N = \frac{K_L \cdot h}{106 \cdot 10^{-7} \cdot z/t} \quad (2.8)$$

Keterangan:

- KL = Kadar lumpur (berat lumpur)
- D = Diameter $(106 \cdot 10^{-7} \cdot z/t)^{1/2}$
- t = Waktu dalam detik
- z = $24 - \alpha$ (0,2)
- a = Banyaknya strip setiap pembacaan

2.10 Batas - Batas Atterberg

Plastisitas tanah merupakan 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 4 (empat) tingkatan berdasarkan nilai indeks plastisitasnya antara 0% sampai 17%. Batasan ini bisa dilihat dalam Tabel 2.5 berikut ini.

Tabel 2.5 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: Hardiyatno, 1992)

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*).

2.10.1 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-beda untuk mengatur kadar air dalam tanah dengan jumlah ketukan berkisar 15 – 35 kali. Rumus untuk mengetahui kadar air:

$$W_c = \frac{(W_{25} - W_{20})}{(W_{25} - W_{15})} \times 100\% \quad 2.9$$

Keterangan:

W_c = Kadar air yang dinyatakan dalam persen (%)

W_{20} = Berat cawan kosong (gr)

W_{25} = Berat cawan + berat tanah basah (gr)

W_{15} = Berat cawan + berat tanah kering (gr)

2.10.2 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 persamaan berikut ini.

$$PL = W_p (\%) = \frac{W_{25}}{2} \quad 2.10$$

Keterangan:

PL = Batas Plastis (%)

W_{25} = Berat cawan kosong (gr)

W_{25} = Berat cawan + berat tanah basah (gr)

2.10.3 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.

$$PI = LL - PL \qquad 2.11$$

Keterangan:

PI = Indeks Plastis (%)

LL = Batas Cair (%)

PL = Batas Plastis (%)

2.11 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya yang digunakan sebagai acuan dalam penyelesaian penelitian ini dijabarkan pada Tabel 2.6 berikut ini.

Tabel 2.6 Penelitian Terdahulu

Penulis	Judul	Kesimpulan
Jeremi Sitinjak, Fatma Sarie, Okrabianus Hendri. Jurusan/Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya.	Stabilitas Tanah Lempung Menggunakan Pasir Pantai Terhadap Nilai CBR	Berdasarkan hasil uji lab yang dilakukan, diperoleh hasil nilai CBR tertinggi adalah 7,30% yang dimana nilai CBR naik 125% dari nilai CBR tanah asli. Menurut klasifikasi nilai CBR tanah yang ada pada tabel 1 maka tanah yang telah distabilisasi menggunakan pasir pantai sebanyak 15% dengan pemeraman 3 hari dapat digunakan sebagai subgrade maupun subbase.
Christian Prasenda, Setyanto, Iswan.	Pengaruh Penambahan Pasir Terhadap Tingkat Kepadatan dan Daya	Sampel tanah yang digunakan berasal dari daerah Belimbing Sari,

Penulis	Judul	Kesimpulan
	Dukung Tanah Lempung Lunak	Kabupaten Lampung Timur, menurut sistem klasifikasi AASHTO digolongkan pada kelompok tanah A-6 (tanah lempung). Tanah golongan ini termasuk golongan biasa sampai kurang baik digunakan sebagai tanah dasar pondasi. Pemakaian kadar pasir sebagai bahan stabilisasi terhadap tanah lempung plastisitas rendah mampu menaikkan nilai berat jenis tanah pada setiap penambahan pasirnya. Pada hasil pengujian batas <i>Atterberg</i> , kadar campuran pasir dapat menaikkan nilai batas plastis. Nilai indeks plastisitas pada masing – masing kadar campuran pasir mengalami penurunan. Sedangkan untuk nilai batas cair untuk kadar pasir mengalami penurunan. Nilai CBR pada pencampuran kadar pasir mengalami kenaikan kadar CBR meskipun tidak terjadi peningkatan nilai CBR <i>standart</i> maupun <i>modified</i>

Penulis	Judul	Kesimpulan
		yang tidak terlalu signifikan dengan hasil yang lebih besar pada CBR <i>modified</i> .
Muhammad Rokky A. Simanjuntak, Kamaluddin Lubis & Nuril Mahda Rangkuti	Stabilisasi Tanah Lempung dengan Campuran Pasir Pantai terhadap Nilai CBR.	Penulis mendapatkan hasil nilai <i>California Bearing Ratio</i> dengan variasi 0%, 15%, 30% berturut – turut adalah sebagai berikut: 6.803, 10.339, 14.409. Dari hasil nilai <i>California Bearing Ratio</i> maka penulis dapat menyimpulkan bahwa penambahan pasir quarsa pada campuran tanah lempung pada percobaan ini ternyata menaikkan nilai <i>California Bearing Ratio</i> , yang dalam artian penambahan pasir pada tanah meningkatkan kekuatan dari tanah tersebut.

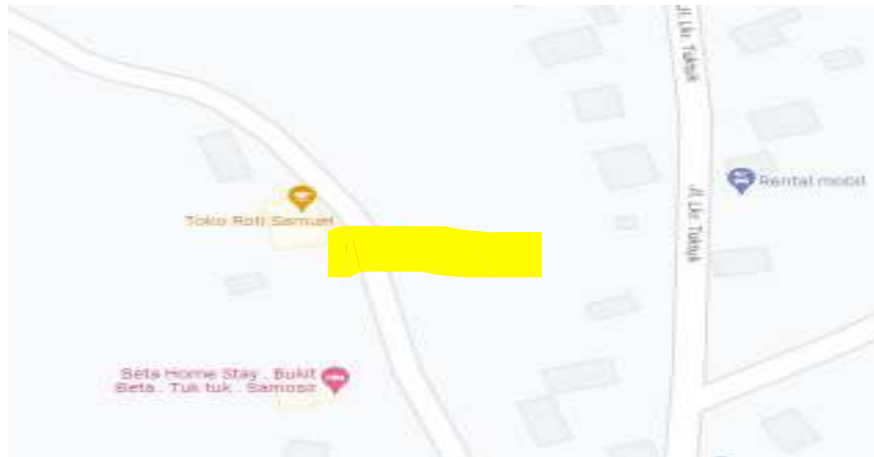
(Sumber: Google)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Sampel tanah tersebut digunakan untuk pengujian analisis saringan, batas – batas konsistensi dan pematatan (*proctor standart*). Pengambilan sampel tanah terganggu (*disturb*) cukup dimasukkan kedalam karung.



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian
(Sumber: Google)

3.2 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan dibagi menjadi 2 (dua) macam, yaitu data primer dan sekunder. Data primer adalah data yang diperoleh dari pengujian di laboratorium. Data primer yang bersumber dari pengujian di Laboratorium. Sedangkan data sekunder adalah data pendukung dalam pengujian.

3.2.1 Data Primer

Data ini bersumber dari pengujian di Laboratorium yaitu:

1. Analisis kadar air
2. Berat jenis
3. Analisa saringan
4. *Attreberg Limit*
5. *Proctor*

3.2.2 Data Sekunder

Data sekunder ini adalah data pendukung dalam pengujian ini.

3.3 Bahan Penelitian

3.3.1 Tanah

Tanah yang digunakan sebagai sampel dalam penelitian Tugas Akhir ini yaitu tanah lempung yang diambil dari Desa Garoga, Kecamatan Simanindo, Kabupaten Samosir, Sumatera Utara.

3.3.2 Air

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

3.3.3 Pasir Pantai

Pasir pantai yang digunakan sebagai stabilisator dalam penelitian Tugas Akhir ini diambil dari Kabupaten Samosir, Sumatera Utara.

3.4 Lokasi Pengujian

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

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Kadar Air

Tujuan pengujian kadar air adalah untuk mengetahui/menentukan nilai kadar air yang terkandung didalam tanah, dalam keadaan asli maupun tidak asli.

Alat yang digunakan dalam percobaan kadar air terdapat pada Gambar 3.2 dibawah ini.



Gambar 3.2 Alat Percobaan Kadar Air
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Proses pelaksanaan pengujian kadar air adalah sebagai berikut.

1. Cawan alumunium kosong ditimbang beratnya
2. Ambil sampel secukupnya, letakkan dalam cawan kemudian ditimbang beratnya. Berat cawan + sampel tanah basah = W_1
3. Cawan dan benda uji dimasukkan kedalam oven selama 24 jam (suhu $105^0 - 110^0$ C)
4. Setelah 24 jam benda uji dikeluarkan dan didinginkan
5. Setelah suhu dingin atau konstan kemudian sampel ditimbang
6. Maka kadar air dihitung dengan persamaan, $\% = \frac{W_2 - W_1}{W_3 - W_1} \times 100\%$.

3.5.2 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). Pengujian berat jenis tanah untuk menentukan/mengetahui nilai berat jenis butir tanah yang berhubungan fungsional meliputi fase air, udara dan juga butiran dalam tanah.

Alat yang digunakan dalam percobaan kadar air terdapat pada Gambar 3.3 berikut ini.



Gambar 3.3 Alat Percobaan Berat Jenis
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Proses pelaksanaan pengujian berat jenis tanah adalah sebagai berikut.

1. Mencari harga pikno:
 - a. Pikno kosong dtimbang
 - b. Piknometer diisi air hingga penuh kemudian ditimbang lagi
 - c. Piknometer diukur suhunya dengan thermometer, misalkan: T_1 °C.
2. Mencari *specific gravity* (Gs):
 - a. Sampel kering secukupnya diambil, kemudian dimasukkan kedalam piknometer diatas yang telah bersih dan kering lalu ditimbang.

- b. Piktometer dan sampel tersebut diisi aquades hingga dibawah leher piktometer kemudian diketuk-ketuk hingga gelembung udara tidak ada, lalu diamkan selama 24 jam.
- c. Setelah 24 jam, piktometer tersebut ditambahkan aquades lagi hingga penuh dan ditimbang lagi.
- d. Selanjutnya diukur temperaturnya dengan termometer.

3.5.3 Analisa Saringan

3.5.3.1 Analisa Ayakan (*Grain Size*)

Pengujian ini bertujuan untuk mengklasifikasikan tanah atau untuk menentukan ukuran butir-butir tanahnya. Alat yang digunakan dalam percobaan kadar air terdapat pada Gambar 3.4 berikut ini.



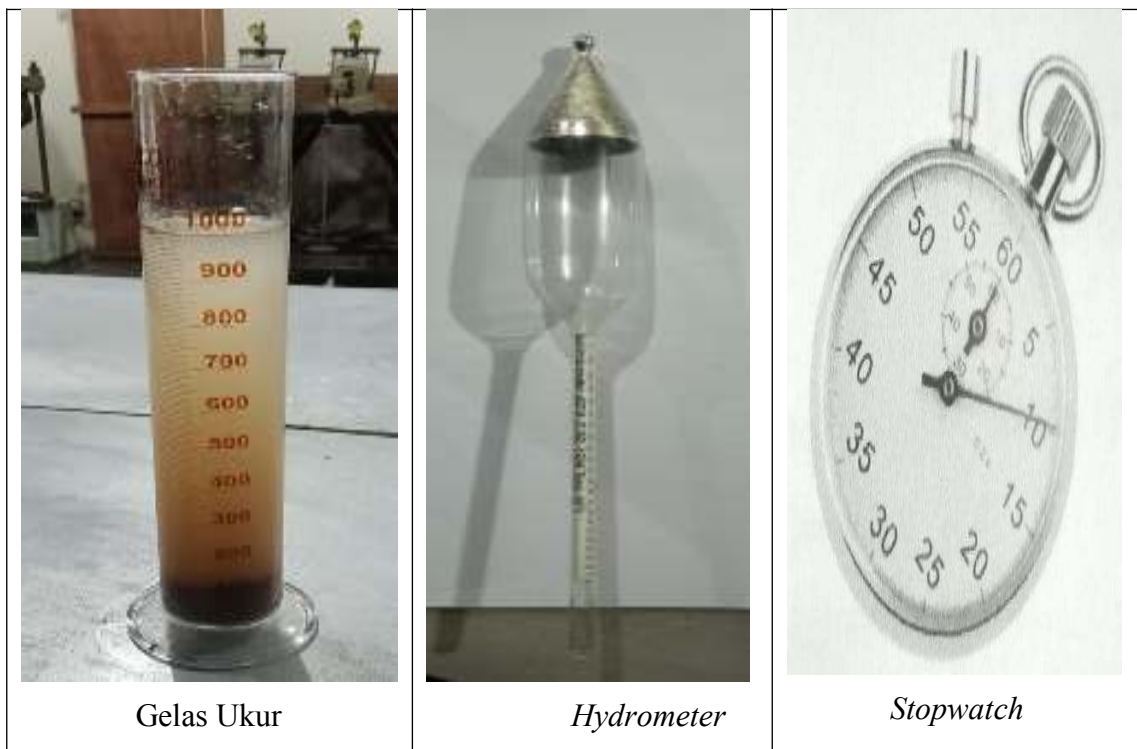
Gambar 3.4 Alat Percobaan Analisa Ayakan
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Proses pelaksanaan pengujian analisa ayakan (*grain size*) adalah sebagai berikut:

1. Ambil sampel kering secukupnya lalu ditimbang.
2. Sampel diletakkan pada PAN, 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.
5. Siapkan beberapa saringan tadi pada alat penggetar dengan diameter
6. Sampel yang telah selesai ditimbang diletakkan pada sarigan teratas kemudian digetarkan selama ± 5 menit.
7. Masing-masing sampel yang tertinggal pada saringan ditimbang dan dicatat tiap=tiap benda uji yang tertinggal pada saringan.

3.5.3.2 Hydrometer Analysis

Pengujian bertujuan menentukan butiran tanah dengan saringan diameter 0,074 mm (no.200) dengan menggunakan alat *hydrometer*. Alat yang digunakan dalam percobaan kadar air terdapat pada Gambar 3.5 berikut ini.



Gambar 3.5 Alat Percobaan Analisa *Hydrometer*
(Sumber: Dokumentasi 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 hidrometer mulai stabil.
6. Pembacaan dilakukan.

Keterangan:

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

3.5.4 Batas – Batas Konsistensi (*Atterberg limits*)

3.5.4.1 Batas Cair (*Liquid Limit*)

Pada uji ini bertujuan untuk menentukan kadar air pada batas antara keadaan cair dan dalam keadaan plastis. Setelah dilakukan 25 kali ketukan didefinisikan sebagai batas cair (*liquid limit*). Pada uji batas cair, diperlukan beberapa kali percobaan dengan kandungan air berbed-beda untuk mengatur kadar air dalam tanah dengan jumlah ketukan berkisar 15 – 35 kali

Alat-alat yang dipergunakan pada percobaan ini dapat dilihat pada Gambar 3.6 berikut ini.



Gambar 3.6 Alat Percobaan Analisa Batas Cair (*Liquid Limit*)
(Sumber: Dokumentasi 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).
9. Pada tiap percobaan, diambil sampel tanah secukupnya untuk menentukan kadar airnya.
10. Cara menggambar grafik pada percobaan liquid limit adalah sebagai berikut:
11. Dari hasil tadi dibuat grafik-grafik dengan sumbu absisnya adalah jumlah ketukan dan sumbu ordinatnya adalah prosentase kadar air.
12. Keempat titik percobaan dihubungkan menggunakan garis lurus hingga memotong sumbu tegak pada ketukan ke-25.
13. Titik potong pukulan ke-25 dan garis lurus ditarik mendatar dan menemukan prosentase kadar air.
14. Titik kadar air itu adalah batas cair tanah tersebut.

3.5.4.2 Batas Plastis (*Plastic Limit*)

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. Pengujian ini bertujuan menentukan batas plastis, yaitu kadar air minim dari suatu sampel tanah, dimana tanah tersebut dalam keadaan plastis.

Alat-alat yang dipergunakan pada percobaan ini dapat dilihat pada Gambar 3.7 berikut ini.



Gambar 3.7 Alat Percobaan Analisa Batas Plastis (*Plastic Limit*)

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

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.

3.5.5 Proctor Standard

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan kadar air dengan berat volume tanah yang akan di uji, kegunaannya untuk menentukan kadar air optimum (*Optimum Moisture Content*) dan kepadatan maksimum dari sampel tanah lempung asli dan campuran pasir yang di uji. Pengujian laboratorium dilakukan dengan cara penambahan air pada tanah asli dan campuran pasir dengan beberapa interval sehingga didapatkan kadar air optimum dan volume kering maksimum. Jika penambahan air pada interval tertentu membuat sampel mengalami penurunan, itu disebabkan oleh rongga pori yang sebelumnya terisi butiran-butiran tanah padat diisi oleh air.

Alat-alat yang dipergunakan pada percobaan ini dapat dilihat pada Gambar 3.8 berikut ini.





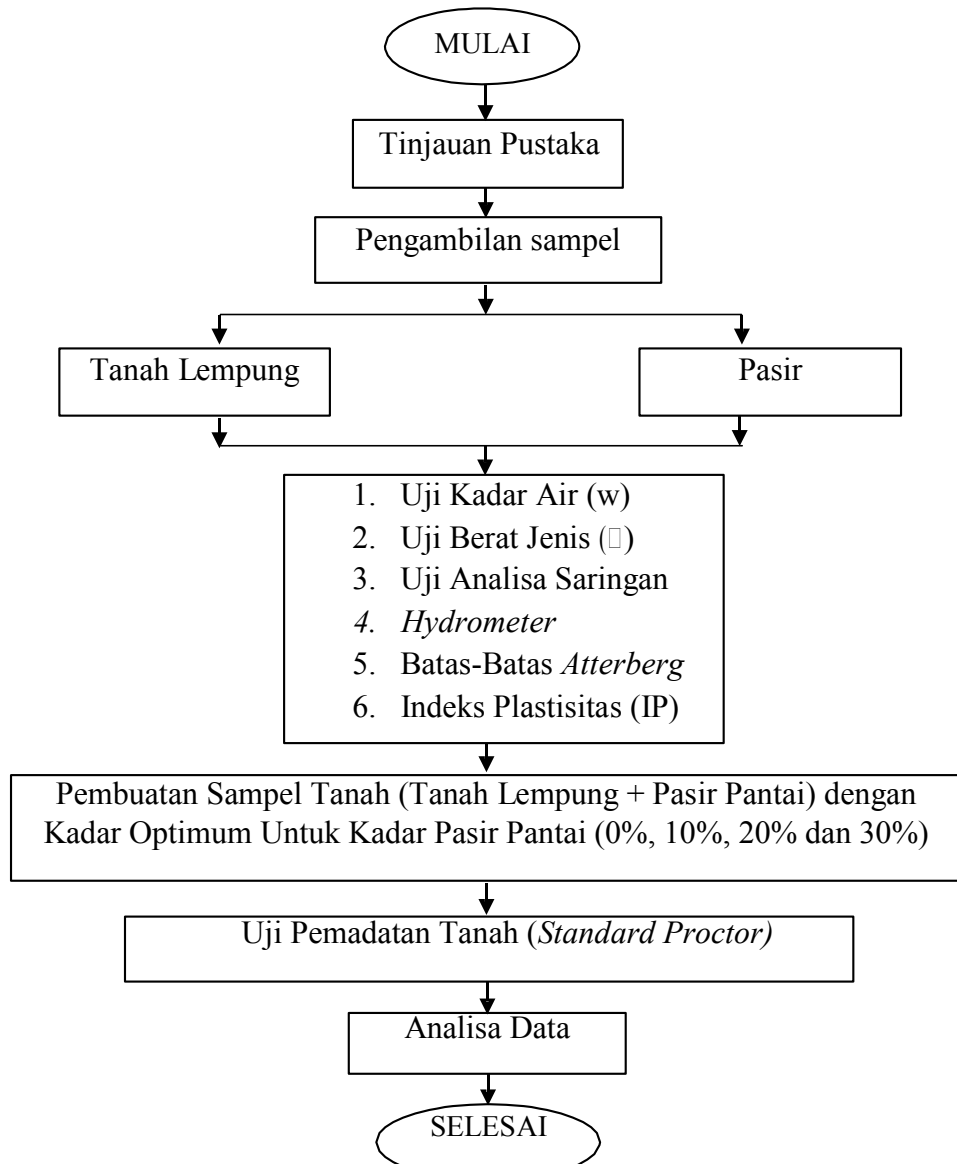
Gambar 3.8 Alat Percobaan *Proctor Standard*
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

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 (\emptyset 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. G_s 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 Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.9 Bagan Alir Penelitian