

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Tanah sebagai lapisan dasar perletakan suatu struktur konstruksi harus mempunyai sifat dan daya dukung yang baik, karena kekuatan suatu struktur secara langsung akan dipengaruhi oleh kemampuan tanah dasar dalam menerima dan meneruskan beban yang bekerja. Tanah lempung ini memiliki nilai kelemahan yang cukup besar, saat musim hujan tanah lempung ini memiliki nilai kelemahan yang cukup besar pula. Banyak jenis dan kualitas yang buruk pada tanah, maka sebaiknya harus diketahui terlebih dahulu jenis tanah yang akan dibuat di bawah lapisan dasar bangunan konstruksi maka pada tanah lempung ini harus terlebih dahulu di uji pada laboratorium. Untuk mengurangi kelemahan pada tanah lempung, agar menjadi lebih kuat digunakanlah campuran tanah lempung dengan bahan tertentu. Fungsi utama dari tanah adalah sebagai penfukung pondasi dari sebuah pondasi bangunan.

Fungsi tanah sebagai pondasi bangunan memerlukan kondisi tanah yang stabil, sehingga apabila ada kondisi tanah yang buruk maka dapat melakukan stabilisasi tanah, stabilisasi ialah suatu tindakan yang dilakukan guna memperbaiki sifat-sifat teknis tanah, tujuan dari stabilisasi tanah yaitu untuk meningkatkan daya dukung tanah dengan peningkatan parameter tanah seperti kohesi, sudut geser dalam kepadatan tanah. Ada beberapa cara stabilisasi tanah yang dapat dilakukan salah satunya menambahkan bahan kimia, diantaranya adalah dengan menambahkan kapur.

Kapur adalah suatu bahan yang dipakai untuk bahan bangunan. Kapur mengandung zat yang mampu menetralkan sifat kembang susut serta meningkatkan kekuatan dan daya tanah terutama pada tanah lempung. Kapur memiliki sifat sebagai bahan ikat antara lain: plastis, mudah dan cepat mengeras, *workability* baik dan mempunyai daya ikat baik. Bahan dasar kapur adalah batu kapur, yang mengandung senyawa kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ). Pengertian kapur sebagai bahan stabilisasi mengacu pada mineral kapur berupa kalsium hidroksida ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), kalsium oksida ( $\text{CaO}$ ) dan kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ).

## **1.2. Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah antara lain:

1. Bagaimana hasil uji batas konsistensi (*Atterberg Limits*) tanah lempung dengan penambahan serbuk kapur
2. Bagaimana pengaruh tanah lempung dengan penambahan serbuk kapur terhadap pemadatan dan nilai CBR *unsoaked*.

## **1.3. Tujuan Penelitian**

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui hasil uji batas konsistensi (*Atterberg Limits*) tanah Lempung dengan penambahan serbuk kapur.
2. Untuk mengetahui pengaruh kapur terhadap pemadatan dan nilai CBR *unsoaked* pada tanah lempung.

## **1.4. Manfaat Penelitian**

Diharapkan penelitian ini bermanfaat untuk:

1. Dapat dijadikan sebagai informasi para peneliti dalam mengembangkan penelitian yang berhubungan dengan penambahan serbuk kapur pada tanah lempung.
2. Dapat memanfaatkan limbah serbuk kapur sebagai campuran tanah untuk dasar konstruksi.
3. Mendapatkan alternatif perbaikan tanah dasar untuk lapisan dasar konstruksi.

## **1.5. Batasan Masalah**

Adapun Batasan masalah penelitian antara lain:

1. Presentase serbuk kapur 0%, 2,5%, 5%, 7,5% dan 10%.
2. Pengujian indeks properties tanah dengan menambah serbuk kapur.
3. Pengujian kepadatan tanah dan nilai CBR tanah lempung dengan penambahan kapur.
4. Pengujian dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah, jurusan Teknik Sipil, Universitas HKBP Nommensen Medan.
5. Sampel tanah yang digunakan yaitu tanah yang diambil dari Tanah Dasar Konstruksi RSUD Labuhan.

## BAB II

### TINJAU 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 tersendiri yang menutupi sebagian besar lapisan kerak bumi.

Tanah merupakan kumpulan mineral bahan oraganik dan endapan yang ralatif gembur, yang terletak diatas batuan dasar (Hardiyatmo, 1992). (Bowles 1994) mendefinisikan, tanah merupakan campuran partikel-partikel yang terdiri dari salah satu atau seluruh jenis berikut:

1. Berangkat (*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 5-150 mm.
3. Pasir (*sand*), yaitu partikel batuan yang berukuran 0,074-5 mm, yang berkisan 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, berantung 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 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 (Munhohar, 2014). Lempung ekspansif merupakan tanah dengan sifat pembekakan dan penyusutan yang tinggi. Ada dua jenis Gerakan pengembangan tanah bengkak, yaitu Gerakan perkembangan lateral dan vertikal. (Hardiyanto, 2014).

Umumnya 15 material 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

peruban dalam sistem tanah yang mengganggu keseimbangan tegangan-tegangan dalam (Manopo, 2013).

#### **2.4 Klasifikasi Tanah**

Sistem klasifikasi tanah merupakan suatu system pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda tetapi mempunyai sifat yang serupa kedalam kelompok-kelompok dan sub-sub kelompok berdasarkan pemakaiannya (Das, 1993). *Hardiyanto (1992)* menjelaskan, bahwa keseluruhan klasifikasi tanah secara keseluruhan didasar kan pada ukuran partikel yang diperoleh dari analisa saringan dan plastisitas.

#### **2.5 Material Penyusun Tanah**

Material penyusun tanah yang bersifat *heterogeny* dan *non heterogen*.

Ada 3 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 didaerah dengan iklim sedang atau setengah kering. Tanah yang ada di daerah ini 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 maupun konstruksi-konstruksi lainnya.

### 2.5.1 Klasifikasi Tanah Berdasarkan Sistem USCS (Unified Soil Classification System)

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

Menurut system 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 organik, dinotasikan O (*Organic*)
4. Tanah dengan kadar air organik sangat tinggi, dinotasikan.

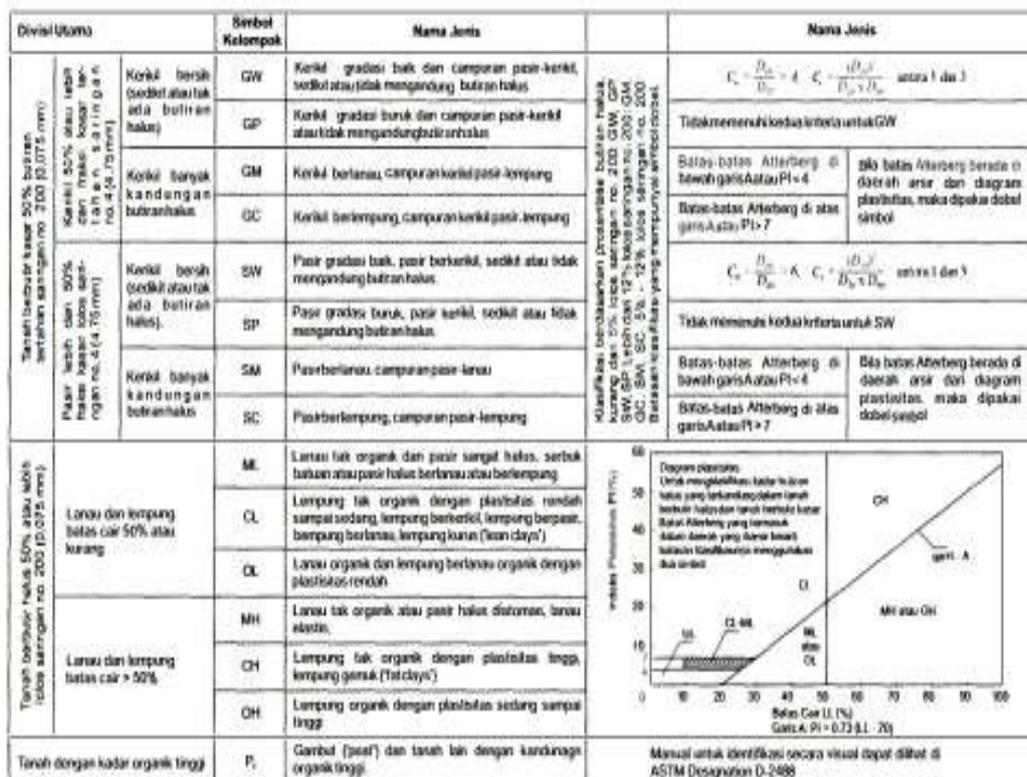
Ketiga golongan tanah berbutir halus itu dibagi lagi ke dalam beberapa golongan berdasarkan batas cairnya, yaitu:

1. Batas cair  $< 50\%$ , digolongkan kedalam tanah berbutir halus dengan kopesibilitas renda hingga sedang, dinotasikan L (*low compressibility*)
2. Batas cair  $> 50\%$ , digolongkan keddalam tanah berbutir halus dengan kpresibilitas tinggi dinotasikan H (*High compressibility*).

Untuk penentuan golongan tanah berbutir halus ini *Casagrade* 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 tiga 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 air pada gambar 2.1.

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



Gambar 2.1 Klasifikasi Tanah USCS  
(Sumber: Hary Christyady, 1996)

## 2.5.2 Klasifikasi Tanah AASHTO

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.

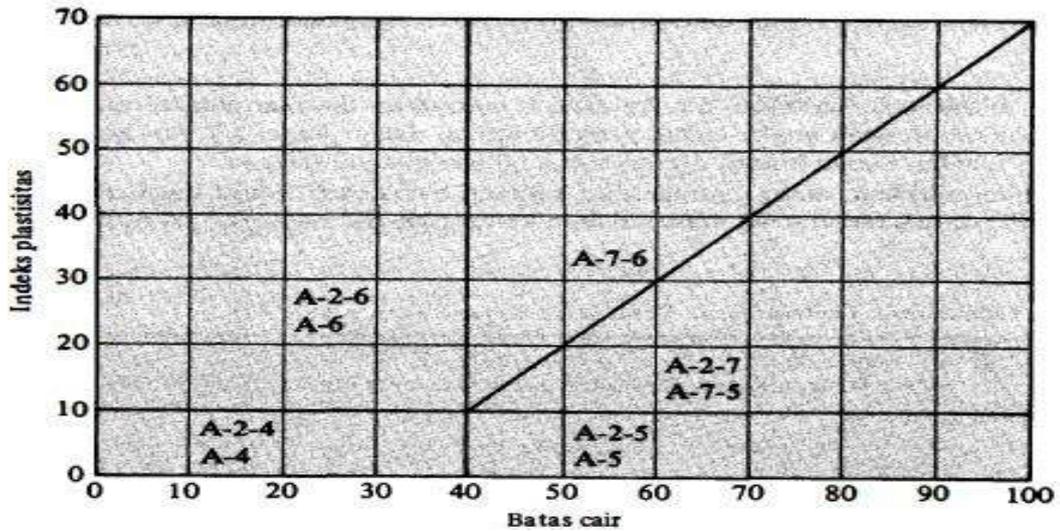
Dalam kondisi pembebanan normal, setiap golongan mempunyai daya dukung dan perilaku yang hamper sama, secara umum dapat dikatakan kualitas tanah untuk digunakan sebagai material *subgrade* semakin lemah dengan meningkatnya angka dibelakang huruf A. Tanah dalam golongan A-1 hingga A-3 dalam keadaan padat 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 A-2-7 angka terakhir menunjukkan jenis tanah lolos sarigan nomor 200. Dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Sistem klasifikasi tanah AASTHO

Klasifikasi umum	Tanah berbutir (35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No.200)						
	A-1		A-3	A-2			
Klasifikasi kelompok	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
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	Baik sekali sampai baik						
Klasifikasi umum	Tanah berbutir (Lebih dari 35% dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No.200)						
Klasifikasi kelompok	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						

(Sumber: Braja M.Das)



Gambar 2.2 Rentang dari batas cair (LL) dan indeks plastisitas (PI)

Sumber: craig, 1991

Klasifikasi AASTHO ini didasarkan atas hasil Analisa tipis saringan nomor 10, 40, dan 200 dengan pengujian batas-batas attberg tanah yang diambil dari cohtoh tanah yangh 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.

$$GI = (F-35)\{0.2+0.005(LL-40)\}+0.01(F-15)(PI-10) \quad (2.1)$$

Dengan :

F = Persentase yang lolos saringan no.200L

LL = Batas cair (dalam %)

PI = *Indeks plastisitas* (dalam %)

Indeks grup ini biasanya dinyatakan dalam kurung dibelakang symbol. Kelompok tanah, contoh: A-6 (7). Berdasarkan nilai grup indeks ini tanah *subgrade* Dikategorikan seperti grup indeks dalam tabel 2.2.

Tabel 2.2 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 dimana bisa digunakan untuk menentukan jenis jenis tanah dengan melakukan beberapa pengujian untuk mengetahui jenis tanah tersebut.

### 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 perilaku tanah 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 di laboratorium yang paling akurat. Dengan mengambil beberapa sampel tanah yang diletakkan dalam cawan kemudian di oven dalam keadaan suhu 105°C - 110°C selama 24 jam supaya tanah menjadi kering sempurna. Suhu lebih dari 100°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.

$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100\% \quad (2.2)$$

Dengan:

w = Kadar air yang dinyatakan dalam persen

$W_w$  = berat air

$W_s$  = 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 volume yang sama dan suhu tertentu. Berat jenis butiran dapat

dicari menggunakan rumus berikut:

$$GS = \frac{(W_2 - W_1)}{(W_3 - W_2)} \quad (2.3)$$

Dengan:

Gs = Berat Jenis Tanah

W1 = Berat spesifik butiran

W2 = Berat picnometer

W3 = Berat picnometer + sampel

W4 = Berat Picnometer + air + sampel

Pada pengujian berat jenis tanah harus dikoreksi terhadap suhu dengan factor koreksi sesuai dengan temperature yang telah di ukur pada akhir percobaan, Faktor koreksi dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Ketentuan Faktor Koreksi

Temperatur (°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 (°C)	25	26	27	28	29	30	31
Koreksi (K)	1	0,9997	0,9995	0,9992	0,9989	0,9986	0,9983

(Sumber: Dr. Ir. Hary Christiady Hardiyatmo M Eng, DEA, 2002)

### 2.6.3 Batas-batas *Atterberg*

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

*Atterberg* (1911), membagi tingkat plastisitas tanah, menjadi 4 tingkatan 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: *Hardiyatmo*)

*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 indeks plastis (*plasticity indeks*).

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 di defenisikan 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.

2. Batas Plastis (*Plastic Limit – PL*)

Batas plastis adalah batas terendah dari tingkat keplastian 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 :

$$PL = WC (\%) = \frac{(22-23)}{(23-21)} \times 100\% \quad (2.4)$$

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 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.

$$PI=LL-PL \quad (2.5)$$

#### 2.6.4 Hydrometer

Uji analisa hydrometer berfungsi untuk menentukan ukuran partikel-partikel tanah yang berdiameter lebih dari 0,075 mm dengan cara mengendapkan partikel tanah atau sedimensi. Metode ini berdasarkan pada hukum Stokes mengenai kecepatan pengendapan butiran pada larutan suspense. Persamaan yang dapat digunakan sebagai berikut.

$$\text{Persentase butiran } N = \frac{0,075 \text{ mm } h \text{ } 0,075 \text{ mm}}{0,075 \text{ mm } h \text{ } 0,075 \text{ mm}} \quad (2.6)$$

Keterangan:

- KL =Kadar lumpur (berat lumpur)
- D =Diameter  $(1106.10^{-7}z/t)^{1/2} \times KL$
- T =Waktu dalam detik
- Z = $24-\alpha$  (0,2)
- A =Banyaknya strip setiap pembacaan

## 2.7 Sifat mekanik tanah

Sifat mekanika tanah adalah sifat dimana tanah dalam keadaan terbebani dan sebagai parameter dalam perencanaan pondasi. Pemadatan tanah adalah proses menjajal tanah menggunakan energi mekanika agar partikel tanah lebih rapat dan menjadi padat sehingga berat jenis tanah pasti akan naik. Tingkat kepadatan tanah dapat diukur dari berat volume keribng 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 nlebih muda bergerak sehingga membentuk kedudukan yang lebih rapat.

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

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

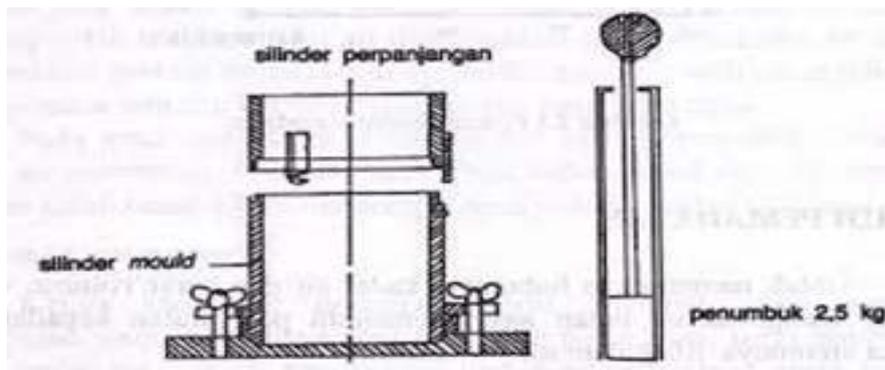
Didalam pemadatan tanah ada empat factor yang berpengaruh terhadap kontrol pemadatan, yaitu (Hadiyatmo, 2002):

- a. Energi pemadatan
- b. Tipe tanah dan gradasi
- c. Kadar air
- d. Unit berat kering

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

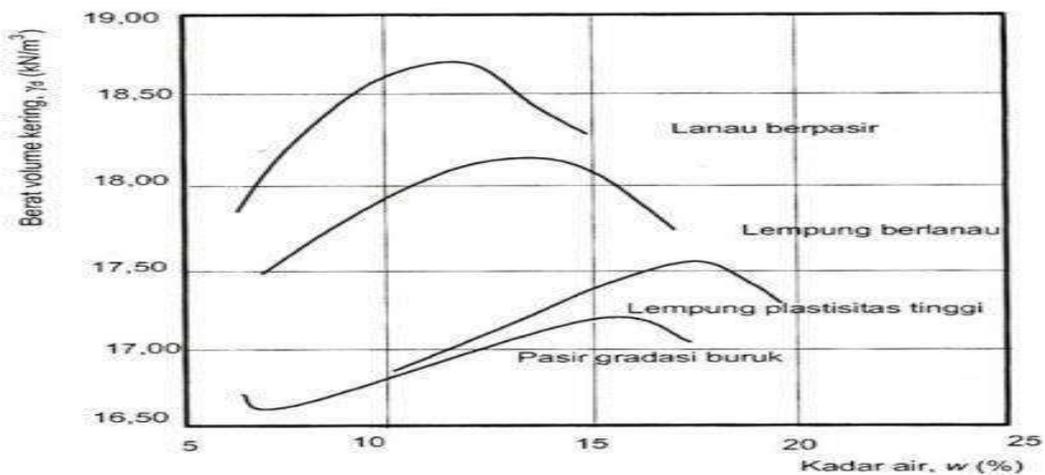
Alat yang digunakan berupa *slinder mould*.pada uji standard proctor sampel

tanah yang telah dimasukkan kedalam *mould* dipadatkan dengan penumbuk yang beratnya 2,5 kg dan tinggi jatuh 30,5 cm. sampelnya yang akan dipadatkan dibagi menjadi 3 lapisan. Tiap tipe lapisan tanah ditumbuk sebanyak 25 kali pukulan. Sedangkan pada uji *modified proctor*, *mould* yang digunakan masih sama hanya berat penumbukan diganti sebesar 4,54 kg dn 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 2.3.



Gambar 2.3 Alat uji pemadatan *proctor* standar  
 Sumber: (Hardiyatmo, 2002)

Dalam uji pemadatan tanah, percobaan diulang sedikitnya 5 kali dengan kadar air disetiap percobaan karvariasi, kemudian angka yang diperoleh di gambar pada sebuah grafik hubungan kadar air dan berat volume kering. Grafik tersebut bisa dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Grafik hubungan kadar air dan berat volume kering.  
 (Sumber: Hadiyatmo, 2002)

## **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:

### **2.8.1 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 nerat yang dijatuhkan, ledakan, tekanan, statis, dan sebagainya.

### **2.8.2 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 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 didapatkan di laboratorium yang akan digunakan dalam perencanaan tebal perkerasan. Hasil percobaan dinyatakan sebagai nilai CBR (dalam %) yang nantinya dipakai 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 didapatkan (*compacted sample*) 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  $\pm 5\%$ ).

## 2.10 Kapur

Serbuk kapur merupakan hasil penumbukan batuan kapur yang sekitar 50% sudah tidak terpakai. Kapur telah dikenal sebagai salah satu bahan stabilisasi tanah yang baik, terutama bagi stabilisasi tanah lempung yang memiliki sifat kembang susut yang besar. Bahan kapur adalah sebuah benda putih dan halus terbuat dari batu sedimen, membentuk bebatuan yang terdiri dari batu sedimen, membentuk bebatuan yang terdiri dari mineral kalsium, adanya unsur cation  $CA^+$  pada kapur dapat memberikan ikatan antar partikel yang lebih besar yang melawan sifat mengembang dari tanah. Batu kapur terbentuk dari kulit kerang dan batu karang yang merupakan hasil pengendapan kerangka binatang-binatang lembek yang halus dan hidup di dasar laut. Pengendapan ini berlangsung terus hingga beribu-ribu tahun dan oleh karena pergeseran dan pengangkatan dari dasar laut akhirnya muncul ke permukaan laut (Soetopo dan Bhakti, 1977).

Kapur pada umumnya bukan CaO murni akan tetapi mengandung oksida-oksida lain dalam jumlah tertentu yang merupakan pengotoran dari bahan kapur. Kelebihan kapur sebagai bahan pengikat antara lain: plastis, mudah dan cepat mengeras, *workability* baik dan mempunyai daya ikat baik untuk batu dan bata (Pinasang, 2016). Bahan dasar kapur adalah batu kapur atau dolemit, yang mengandung senyawa kalsium karbonat (CaCO<sub>3</sub>).

Pengertian kapur sebagai bahan stabilisasi mengacu pada mineral kapur berupa kalsium hidroksida (Ca (OH)<sub>2</sub>), kalsium oksida (CaO) dan kalsium karbonat (CaCO<sub>3</sub>). Stabilisasi tanah dengan kapur telah banyak digunakan pada proyek-proyek konstruksi dan juga jalan dibanyak negara.

Serbuk kapur yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah bahan kapur yang sudah tidak terpakai atau limbah, dengan di lakukan proses penumbukan sehingga menjadi berupa serbuk dan telah di saring dengan menggunakan saringan 200.

## 2.11 Penelitian Terdahulu

Dalam menentukan keaslian penelitian ini, maka dirangkum beberapa penelitian sejenis terdahulu untuk mengetahui perbedaan yang ada dalam penelitan ini dengan penelitian-penelitian sebelumnya. Rangkuman beberapa penelitian sejenis terdahulu dijabarkan pada tabel 2.5.

Tabel 2.5 Penelitian terdahulu

No	Nama	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian
1.	Jurnal Teknik Sipil UNPAL Vol 8, No 2, Nov 2018 ISSN.2089-2950 Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Campuran Kapur Untuk 104 Lapisan Tanah Dasar	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah tanah yang telah diberikan bahan campuran seperti kapur akan meningkatkan kualitas tanah	Dari hasil pengujian, dan pembahasan yang dilakukan pada tanah lempung asli dan tanah lempung dengan campuran bahan Kapur sebesar 0%, 2%, 5%, dan 7%, maka dapat disimpulkan terjadi peningkatan

No	Nama	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian
	Konstruksi (RR. Susi Riwayati1), Risma Yuniar2)) Dosen Teknik Sipil Universitas Tamansiswa Palembang	lempung untuk lapisan dasar konstruksi.	
2.	TEKNO.Vol.15/No.67 /April 2017 ISSN: 0215-9617 77 Pengaruh Penambahan Kapur Terhadap Kuat Geser Tanah LEMPUNG Melisa Haras, Turangan A. E., Roski R.I. Legrans Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi	Mendapatkan hubungan antara variasi kadar kapur padam (%) terhadap sudut geser dalam tanah ( $\phi$ ).	Kadar bahan kapur yang efektif terhadap tanah yaitu pada Kohesi Tanah pada persentase 6% campuran kapur padam. Besarnya persentase peningkatan maksimum nilai Kohesi Tanah yaitu sebesar 2.050 t/m <sup>2</sup> .
3.	Jurnal Teknik Sipil, Vol. VIII, No. 2, September 2019 Sir, T. M.W.,et.al,“Stabilisasi Tanah Lempung Desa Niukbaun dengan Menggunakan Campuran Tanah Kapur” 179	Mengetahui pengaruh penambahan variasi tanah kapur terhadap sifat fisik dan mekanik tanah lempung.	Stabilisasi Tanah Lempung – Tanah Kapur Sifat fisik stabilisasi tanah lempung – tanah kapur menghasilkan nilai berat jenis, batas cair, dan indeks plastisitas semakin mengecil pada persentase tanah kapur 50% yaitu 2,50, 34,04%, dan 14,58%. Sifat mekanik stabilisasi tanah lempung –

No	Nama	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian
			tanah kapur menghasilkan nilai kadar air optimum dan potensi pengembangan (swelling) mengecil pada persentase tanah kapur 50% menjadi 15,34% dan 0,16%. Sedangkan nilai berat volume kering maksimum, CBR dan nilai kuat tekan bebas meningkat menjadi 1,70 gr/cm <sup>3</sup> , 5,31% dan 7,62 kg/cm <sup>2</sup> .

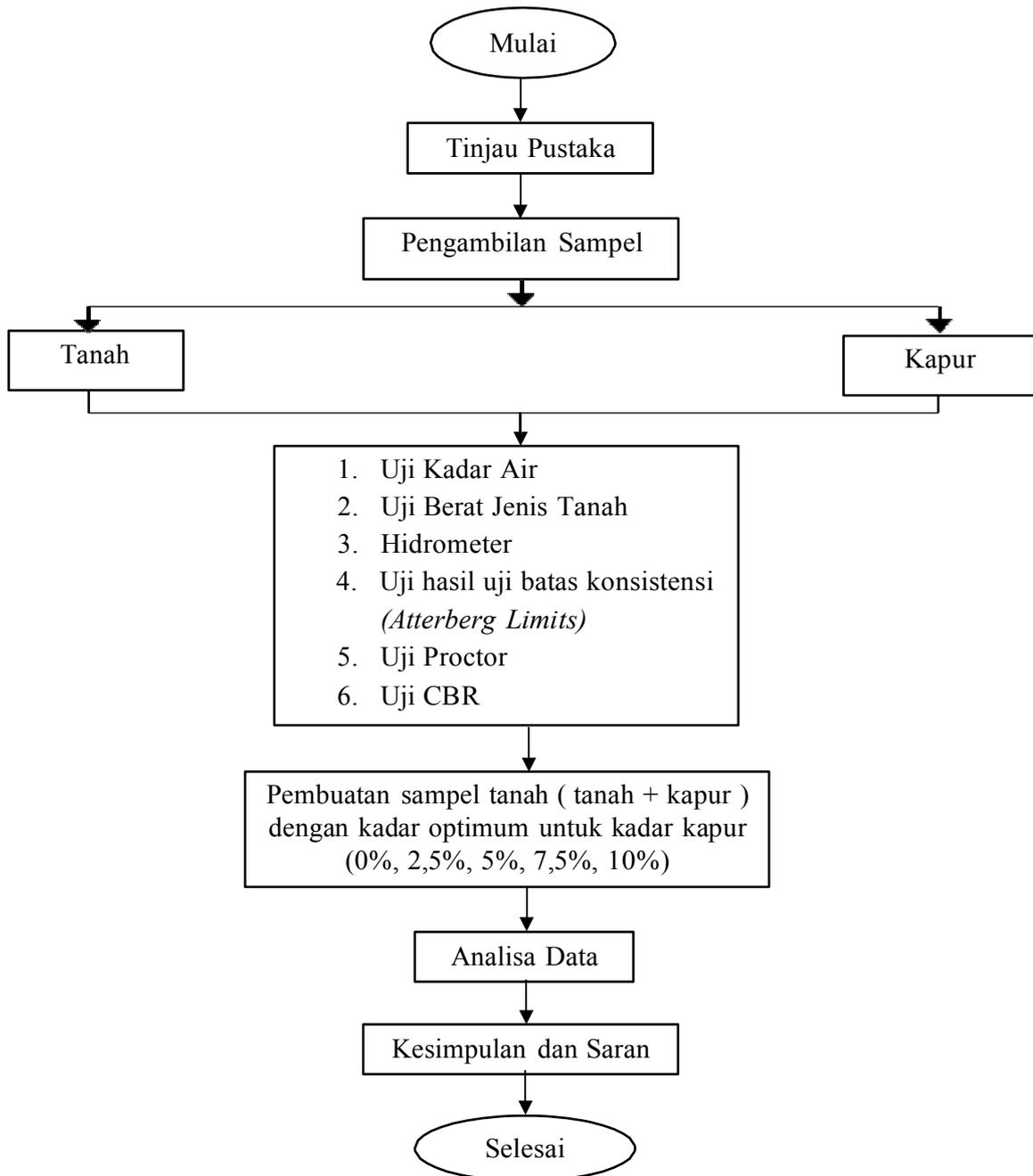
(Sumber: Google)

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Bagan Alir Penelitian

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



Gambar 3.1 Diagram Alir  
(Sumber: Penulis, 2023)

### 3.2 Waktu Penelitian (*Time Schedule*)

Waktu pelaksanaan penelitian dilaksanakan dalam waktu terhitung dari bulan Desember 2022 - September 2023 dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Waktu kegiatan penelitian Tugas Akhir

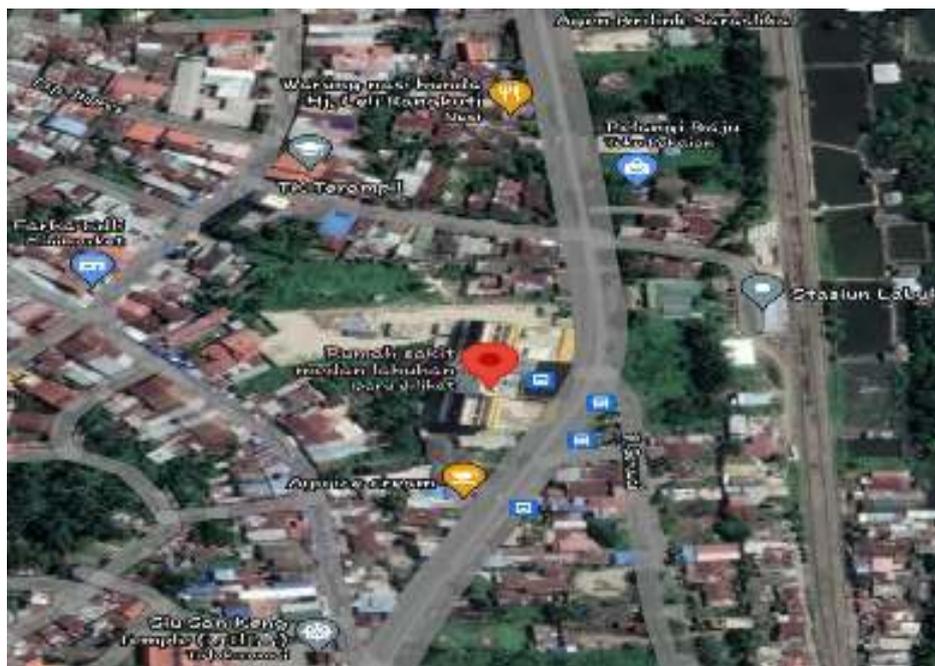
No	Uraian Pekerjaan	Desember	Maret	April	Mei	juni	Agustus	September
		1	2	20	4	5	15	1
1.	Pendaftaran dan Pengajuan Judul T.A							
2.	Penyusunan Proposal (Bab I-III)							
3.	Seminar Proposal							
4.	Pengambilan data Primer dan Sekunder							
5.	Mulai Penelitian di Laboratorium							
6.	Seminar Isi							
7.	Sidang Meja Hijau							
8.	Revisi hasil Sidang							

(Sumber: Penulis, 2023)

### 3.3 Lokasi Penelitian



Gambar 3. 1 Peta pengambilan sampel  
(Sumber: google maps)



Gambar 3. 2 Tempat Lokasi Penelitian  
(Sumber: Google Maps)

Sampel tanah yang diambil dari RSUD Labuhan 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 dilakukan di Tanah Dasar Konstruksi RSUD Labuhan.

### 3.4 Teknik Pengumpulan Data

Tabel 3. 2 Teknik Pengumpulan Data

Jenis Data	Sumber Data	Tipe Analisis	Kegunaan
Data Primer	Pengujian Di Laboratorium	Kadar Air	Mencari Kadar air awal untuk tanah campuran kapur masing – masing 0%, 2,5%, 5%, 7,5% dan 10%.
		Berat Isi	Menentukan berat jenis tanah untuk tanah asli dan tanah campuran kapur masing–masing 0%, 2,5%, 5%, 7,5% dan 10%.
		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 kapur masing-masing 0%, 2,5%, 5%, 7,5% dan 10%.
		<i>Proctor Modified</i>	Menentukan kadar air optimum yang diperlukan

Jenis Data	Sumber Data	Tipe Analisis	Kegunaan
			untuk memadatkan tanah (Wopt), berat volume basah tanah optimum ( $\gamma_{dry}$ ), dan prosentase pori ( <i>porosity</i> ) untuk tanah asli dan tanah campuran kapur masing-masing 0%, 2,5%, 5%, 7,5% dan 10%.
		CBR	Mengetahui daya dukung tanah dasar dalam perencanaan lapis perkerasan lentur untuk tanah asli dan tanah campuran kapur masing-masing 0%, 2,5%, 5% 7,5%, dan 10%.

(Sumber: Penulis, 2023)

### 3.5 Bahan Penelitian

Bahan-bahan penelitian ini terdiri dari tanah, air, dan kapur dan dibawah ini penjelasan dari identitas bahan:

#### 1. Tanah

Tanah yang digunakan sebagai sampel dalam penelitian Tugas akhir ini yaitu tanah lempung yang diambil dari Tanah Dasar Konstruksi RSUD Medan Labuhan

#### 2. Air

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

### 3. Kapur

Kapur yang digunakan sebagai stabilisator dalam penelitian ini adalah batuan kapur atau kapur gamping yang akan di pecahkan lalu dihaluskan yang diambil dari limbah pabrik kapur Berastagi.

### 3.6 Lokasi Pengujian

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

### 3.7 Prosedur Pengujian

Berdasarkan tujuan penelitian, maka dilakukan beberapa pengujian sebagai berikut:

#### 3.7.1 Kadar air

Pengujian ini prosentase berat air suatu tanah terhadap berat tanah keringnya dinyatakan dalam persen.

Alat dan bahan yang digunakan:

1. Oven pemanas dengan suhu sampai  $110^{\circ}C + 5^{\circ}$
2. Cawan sebanyak 4 buah
3. Skrap/sendok dempul 1buah
4. Sampel tanah yang diambil dari RSUD. Labuhan
5. Neraca dengan ketelitian 0,01 gram

Proses pelaksanaan pengujian kadar air adalah sebagai berikut:

1. Tempatkan masing-masing contoh tanah yang akan diperiksa pada 4 buah cawan yang telah dibersihkan dan telah telah ditimbang terlebih dahulu cawannya untuk mengetahui berat cawan.
2. Cawan dan isinya ditimbang dan dicatat beratnya
3. Setelah cawan dan tanah ditimbang,kemudian masukkan kedalam oven pengering selama 24 jam.
4. Masing-masing cawan diberikan tanda terlebih dahulu,untuk menghindari kekeliruan.
5. Setelah 24 jam,tanah dan cawan dikeluarkan dari dalam oven dan kemudian ditimbang kembali beratnya
6. Kemudian catat hasilnya



Gambar 3.4 Alat Percobaan Kadar Air  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

### 3.7.2 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.

Bahan dan alat yang dipergunakan:

1. Piknometer dengan kepastian minimum 500 ml.
2. Oven pengering dengan pengatur suhu sampai  $110^{\circ} \pm 5^{\circ}$
3. Neraca dengan ketelitian 0,01 gram.
4. Termometer ukuran  $0^{\circ}$ - $5^{\circ}$  c dengan ketelitian baca  $1^{\circ}$  c
5. Saringan no.4, 10, 40 dan penadahnya.
6. Botol air suling dan air sulingnya.
7. Bak perendam
8. Tunggku listrik atau pompa vakum



Gambar 3.5 Alat Percobaan Berat Jenis

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Proses pelaksanaan pengujian berat jenis tanah adalah sebagai berikut.

1. Mencari harga pikno:

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

2. Mencari *specify gravity* (Gs)

- a. Sampel kering secukupnya diambil, kemudian dimasukkan kedalam pikno diatas yang telah bersih dan kering lalu ditimbang pikno diatas yang telah bersih dan kering lalu ditimbang, misalkan = c gram (berat sampel = 20-25 gram).

- b. Piknometer dan sampel tersebut diisi *aquades* hingga dibawah leher piknometer kemudian diketuk-ketuk hingga pelembung udara tidak ada, lalu diamkan selama 24 jam.
- c. Setelah 24 jam, piknometer tersebut ditambahkan *aquades* lagi hingga penuh dan ditimbang lagi, misalkan = d gram.
- d. Selanjutnya diukur temperaturnya dengan thermometer, misalkan =  $T_2$  °C. Koreksi temperaturnya bisa dilihat dalam table, misalkan =  $t_2$ . Maka *specific gravity* (Gs) dapat dicari dengan persamaan (2.3).

### 3.7.3 Analisa Saringan

#### 1. Grain Size

Pengujian ini bertujuan untuk mengklasifikasikan tanah untuk menentukan ukuran butir-butir tanahnya:

Alat yang dipergunakan pada praktikum ini:

- a. Satu set saringan No: 4, 10, 20, 40, 50, 80, 200, dan PAN.
- b. Timbangan dengan ketelitian 0,1% dari berat benda uji.
- c. Mesin pengguncang saringan.
- d. Kuas dan sikat.
- e. Stopwatch.



Gambar 3.6 Alat Percobaan Analisa Saringan  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Proses pelaksanaan pengujian *grain size* adalah sebagai berikut :

1. Ambil sampel kering secukupnya lalu ditimbang, misalkan= a gram.
2. Sampel 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 di oven kemudian ditimbang, misalkan=b gram.
5. Siapkan beberapa saringan tadi pada alat penggetar dengan diameter.
6. Sampel yang telah selesai ditimbang diletakkan pada saringan teratas kemudian digetarkan selama  $\pm 5$  menit.
7. Masing-masing sampel yang tertinggal pada saringan ditaruh dalam cawan aluminium lalu ditimbang.

Cara penggambaran dan perhitungan:

1. Berat sampel mula-mula =  $a$  gram. Berat sampel yang telah dicuci =  $b$  gram  
Berat lumpur = berat sampel yang lolos dari saringan no.200 =  $a-b$  gram.
2. Total berat tanah yang tertinggal di saringan  $\phi$  4,76 mm s.d  $\phi$  0,074 mm =  $c$  gram.  
Kehilangan berat =  $(b-c)$  gram
3. Kehilangan lumpur = 
$$\frac{(a - b) + c}{a} \times 100 \%$$
Dengan  $a$  = berat tanah yang tertinggal dalam alas saringan.
4. Presentase tanah yang tertinggal dihitung berdasarkan persamaan (2.4).
5. Perhitungan persen tanah tertinggal = jumlah - Presentase tanah di atasnya.

#### 3.7.4 Hydrometer Analisis

Pengujian bertujuan menentukan butiran tanah dengan saringan diameter 0.074 mm (no.200) dengan menggunakan alat *hydrometer*. Alat yang dipergunakan pada praktikum ini;

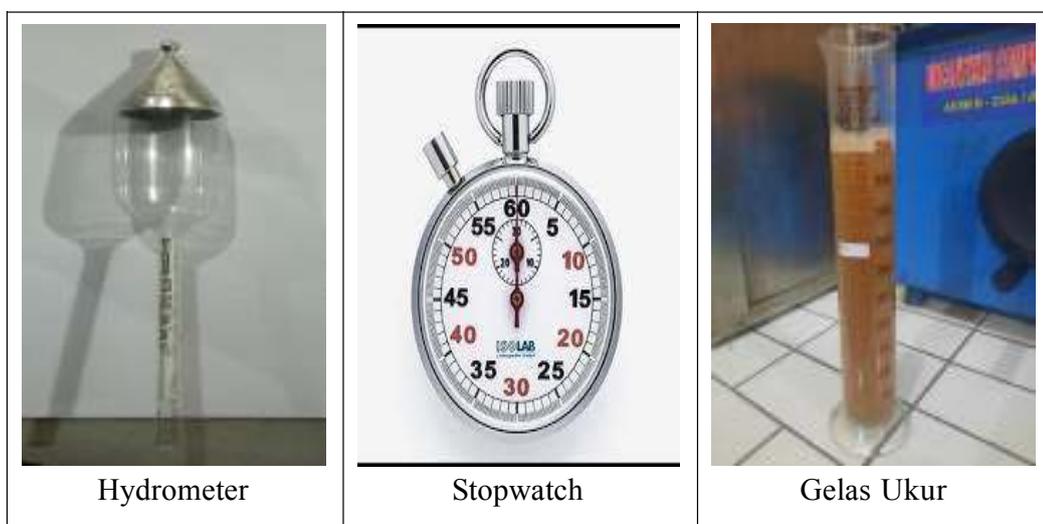
- a. *Hydrometer*.
- b. Gelas ukur.
- c. Cawan dan Penumbuk.
- d. *Stopwatch*.
- e. *Oven*.

Proses pelaksanaan pengujian hydrometer adalah sebagai berikut:

1. Sampel tanah yang lolos 0,074 mm (no.200) di oven selama  $\pm 24$  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 hydrometer 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 akan turun, hal ini menunjukkan jika lumpur semakin mengendap. Pada pembacaan strip-strip 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.



Gambar 3.7 Alat Pengujian *Hydrometer Analisis*  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

### 3.7.5 *Atterberg limits* (Batas - Batas Konsistensi)

#### 1. *Liquid Limit* (Batas Cair)

Pada uji ini bertujuan untuk menentukan kadar air pada batas antar keadaan cair dan dalam keadaan plastis. Alat-alat yang dipergunakan pada praktikum ini:

- Cassagrande* dengan coletnya
- Saringan no.40 (mm)
- Sendok dempul/spatula dengan panjang 12,5 cm
- Cawan
- Mangkok/Cawan besar
- Neraca dengan ketelitian 0,01 gram
- Oven Oven pengering dengan suhu sampai  $100^{\circ}\pm 5^{\circ}\text{c}$

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

1. Ambil sampel tanah secukupnya, lalu di oven selama,  $\pm 24$  jam. Setelah itu sampel tanah ditumbuk dan diayak dengan saringan no. 40 ( $\phi$  0,425 mm).
2. Ambil sebagian sampel, lalu dicampurkan dengan aquades 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  $\pm 1$  cm.
5. Sampel yang sudah diletakkan di *cassagrande* diratakan, lalu bagian tengahnya digaris dengan colet hingga terbelah menjadi dua bagian.
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 *aquades* 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, diambil *liquid limit* adalah sebagai berikut:

1. Dari hasil tadi dibuat grafik-grafik dengan sumbu aslinya adalah jumlah ketukan dan sumbu ordinatnya adalah persentase 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 persentase kadar air.
4. Titik kadar air itu adalah batas cair tanah tersebut.



Gambar 3.8 Alat Pengujian Liquid Limit (Batas Cair)  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

## 2. Plastic Limits (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:

- a. Saringan no. 40 (mm).
- b. Mangkok.
- c. Cawan.
- d. Lempeng kaca.
- e. Neraca Analisis.
- f. Oven.

g. Pendingin.

Proses pelaksanaan pengujian batas plastis ini adalah sebagai berikut:

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



Gambar 3.9 Alat Pengujian *Plastis Limit* (Batas Plastis)

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

### 2.7.2 Proctor Modified

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

Alat yang dipergunakan pada penelitian ini:

1. Perangkat proctor beserta penumbuknya.
2. Jangka Sorong.
3. Pisau Perata.
4. Timbangan Berat.
5. Neraca analisis dan anak timbangan.
6. Cawan.
7. Oven.
8. Gelas ukur.
9. Saringan no.4 ( $\phi$  4,76 mm).



Gambar 3.10 Alat Pengujian Pematatan Tanah (*Proctor Modified*)  
 (Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Proses pelaksanaan pengujian proctor adalah sebagai berikut:

1. Tanah yang akan diuji dikeringkan terlebih dahulu sebelum dilakukan uji proctor.
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 ( $\phi$  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 proctor 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 ( $\gamma_b$ ), berat volume kering ( $\gamma_k$ ),  $n$ ,  $e$ , dan ZAV.
11. Grafik Digambar dengan absis kadar air ( $W$ ) dan ordinatnya ( $\gamma_b, \gamma_k, ZAV$ )

### **3.7.6 Uji California Bearing Ratio (CBR)**

Penelitian ini dimaksudkan untuk menentukan air CBR tanah dan campuran tanah di laboratorium pada kadar air optimum tertentu yang didapat dari pengujian pemadatan sebelumnya.

Proses pelaksanaan pengujian konsolidasi ini adalah:

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* sebelumnya, campur sampai homogen. Bagi menjadi 5 bagian sama rata
5. Masukkan masing-masing bagian dalam ring dan tumbuk 65 kali secara merata di setiap bagian.
6. Cincin bagian atas dilepar dan tanah diratakan, kemudian 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. 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. Pembacaan arloji pembebanan dilakukan pada bacaan dial
10. Setelah pembacaan selesai, ambil sebagian tanah untuk melakukan pemeriksaan kadar air



Gambar 3.11 Alat Pengujian CBR (*California Bearing Ratio*)  
 (Sumber: Dokumentasi Pribadi)

### **3.8 Pembuatan Benda Uji**

Proses pencampuran sampel dengan mencampur tanah asli yaitu tanah lempung organik dengan penambahan kapur dan air dengan persentase penambahan kapur pada penelitian ini sebesar 0%, 2,5%, 5%, 7,5% dan 10% dari berat tanah kering. Lokasi pengambilan sampel tanah lempung yaitu dari Tanah Dasar Konstruksi RSUD Labuhan. Persiapan yang dilakukan pada tanah jenis ini sebelumnya dilakukan penelitian adalah pengambilan sampel tanah.

Adapun hal-hal yang dilakukan pada pengambilan sampel tanah terganggu sebagai berikut:

1. Tanah tersebut diambil dengan menggunakan cangkul dan dimasukkan ke dalam karung, sehingga mudah dalam pengangkutan.
2. Sampel tanah sebelum dilakukan penelitian dihilangkan dahulu kadar airnya dengan cara menjemur sampel tanah tersebut pada sinar matahari  $\pm 1$  minggu.
3. Bahan campuran yang digunakan pada penelitian ini adalah bahan tambahan yaitu kapur. Setelah pekerjaan lapangan atau persiapan selesai, maka dilanjutkan dengan pekerjaan laboratorium. Pekerjaan laboratorium ini dilakukan di laboratorium Fakultas Teknik Prodi Teknik Sipil Universitas HKBP NOMMENSEN.