

**ANALISIS PERMEABILITAS TANAH YANG DIPADATKAN  
DENGAN MENGGUNAKAN METODA CUBIC PERMEAMETER**

**SKIRPSI**

**Disusun Oleh:**

**MOHAMMAD YOGI ALNASIR**

**1415011094**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2020**

## **ABSTRAK**

### **ANALISA PERMEABILITAS TANAH YANG DIPADATKAN DENGAN MENGUNAKAN METODE CUBIC PARAMETER**

Oleh

**MOHAMMAD YOGI ALNASIR**

Perkembangan pembangunan infrastruktur di Indonesia sedang meningkat diberbagai daerah seperti pembangunan waduk, embung, bendungan dan konstruksi lainnya. Salah satu hal penting yang menjadi dasar dalam pembangunan adalah tanah karena hampir semua bangunan berdiri di atas tanah. Oleh karena itu, perlu mengetahui jenis tanah yang dipakai dan sifat permeable tanah tersebut. Permeabilitas tanah menggambarkan kemampuan tanah dalam meloloskan air.

Sampel tanah yang digunakan berupa sampel tanah yang berasal dari desa Pamenang, Pringsewu. Tanah yang diambil merupakan sampel tanah yang terganggu dan sampel tanah tak terganggu. Tanah tersebut selanjutnya dipadatkan dengan metode standar dan dengan alat uji metode tekanan pada tekanan 5 MPa, 10 MPa, dan 15 MPa, setiap metode terdapat satu buah sampel yang diuji. Selanjutnya dilakukan pengujian permeabilitas untuk mendapatkan nilai koefisien permeabilitasnya

Hasil dari pengamatan di laboratorium menunjukkan semakin besar tekanan yang diberikan pada tanah maka semakin kecil koefisien permeabilitasnya. Hubungan koefisien permeabilitas dengan metode pemadatan standar dan metode tekanan memperoleh nilai koefisien permeabilitas sehingga tekanan berada diantara nilai 5 sampai 10 MPa.

Kata kunci : Tanah, Pemadatan, Tekanan dan Permeabilitas.

## **ABSTRACT**

### ***ANALYSIS OF SOIL PERMEABILITY COMPRESSED BY USING THE CUBIC PARAMETER METHOD***

**By**

**MOHAMMAD YOGI ALNASIR**

The development of infrastructure in Indonesia is increasing in various regions such as the construction of reservoirs, dams and other construction. One of the important things that became the basis of construction is soil because almost all of the buildings stand on the ground. Therefore, it is necessary to know the type of soil used and the permeable nature of the soil. Soil permeability illustrates the ability of soil to pass water.

Soil samples that were used were taken from Pamenang village, Pringsewu. Soil taken were disturbed and undisturbed soil samples. The soil then compacted by a standard method and pressure test method at a pressure of 5 MPa, 10 MPa and 15 MPa, each method contained one sample tested. Then the permeability test was carried out to get the permeability coefficient.

The results of observations in the laboratory show that the greater the pressure applied to the soil, the smaller the coefficient of permeability. The relationship between the permeability coefficient and the standard compaction method and the pressure method get the permeability coefficient value so that the pressure is between 5 to 10 MPa.

**Keywords:** Soil, Compaction, Pressure and Permeability.

**ANALISIS PERMEABILITAS TANAH YANG DIPADATKAN DENGAN  
MENGUNAKAN METODA CUIC PERMEAMETER**

**Oleh:**

**MOHAMMAD YOGI ALNASIR**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
SARJANA TEKNIK**

**Pada**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2020**

Judul Skripsi : **ANALISIS PERMEABILITAS TANAH YANG  
DIPADATKAN DENGAN MENGGUNAKAN  
METODE CUBIC PERMEAMETER**

Nama Mahasiswa : **Mohammad Yogi Anasir**

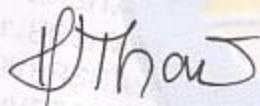
Nomor Pokok Mahasiswa : 1415011194

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

**MENYETUJUI**

**1. Komisi Pembimbing**



**Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A.**  
NIP 19650510 199303 2 008



**Ir. Idharmahadi Adha, M.T.**  
NIP 19590617 198803 1 003

**2. Ketua Jurusan Teknik Sipil**

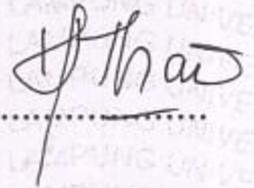


**Gatot Eko Susillo, S.T., M.Sc., Ph.D.**  
NIP 19700915 199503 1 006

## MENGESAHKAN

### 1. Tim Penguji

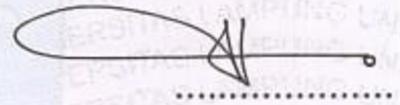
Ketua : **Dr. Ir. Lusmellia Afriani, D.E.A.**



Sekretaris : **Ir. Idharmahadi Adha, M.T.**



Penguji  
Bukan Pembimbing : **Ir. Setyanto, M.T.**



### 2. Dekan Fakultas Teknik



**Prof. Drs. Ir. Suharno, Ph.D., IPU., ASEAN. Eng.**  
NIP 19620717 198703 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **20 Februari 2020**

## LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini menyatakan dengan sebenarnya bahwa:

1. Skripsi dengan judul Analisis Permeabilitas Tanah yang Dipadatkan dengan Menggunakan Metoda *Cubic Permeameter* adalah karya saya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan atas karya penulis lain dengan cara yang tidak sesuai tata etika ilmiah yang berlaku dalam masyarakat akademik atau yang disebut plagiarisme.
2. Hak intelektual atas karya ilmiah ini diserahkan sepenuhnya kepada Universitas Lampung.

Atas pernyataan ini, apabila di kemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidakbenaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang diberikan kepada saya dan saya sanggup dituntut sesuai hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, Februari 2020

Pembuat Pernyataan



Mohammad Yogi Alnasir

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandar Lampung, 15 Januari 1996. Penulis merupakan anak ketiga dari Bapak Anizar dan Ibu Leni Yurina. Penulis memiliki 2 orang kakak yang bernama Eliza Techa Fattimah, M. Yuda Alnasir dan seorang adik yang bernama Tania Tamara.

Penulis memulai pendidikan Taman Kanak-Kanak di TK Pertimwi Bandar Lampung dan melanjutkan pendidikan sekolah dasar di SD Kartika II-5 Bandar Lampung yang diselesaikan pada tahun 2008, Pada tahun 2011 penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMPN 2 Bandar Lampung, dan melanjutkan Sekolah Menengah Atas di SMA Taruna Nusantara Magelang yang diselesaikan pada tahun 2014. Pada tahun 2014 penulis di terima sebagai mahasiswa fakultas teknik jurusan teknik sipil. Pada Januari - Maret 2018 penulis mengikuti Kuliah Kerja Nyata di pekon Tebak Bunuk Kota Agung Barat Kabupaten Tanggamus dan pada Maret 2018 mengikuti Kerja Praktik pada saat pembangunan tol Trans Sumatra.

## **MOTO**

**“The difference between winning and losing is most often not quitting”**

**- walt Disney -**

**A clever person solves a problem, a wise person avoids it.**

**- Albert Einstein -**

**“Do not pray for an easy life. Pray for the strenght to endure a difficult one”**

**- Bruce Lee -**

## PERSEMBAHAN

*Alhamdulillahirabbilalamin. Kuucapkan Syukur atas Karunia-Mu Akhirnya saya dapat menyelesaikan sebuah karya yang semoga menjadikanku insan yang berguna, bermanfaat dan*

*bermartabat. Aku Persembahkan karya sederhana ini*

*Untuk Kedua orang tuaku yang sangat aku cintai. Untuk ayah dan ibuku yang telah merawat dan memberikan dukungan materi serta moril dan spiritual. Terimakasih untuk kesabarannya dalam membimbing dan memberikan arahan serta nasihat yang berguna.*

*Terimakasih telah memeberikan pelajaran hidup yang sangat berharga.*

*Untuk saudara-saudaraku, abang, kakak, dan adik yang selalu mensupport dan bersabar selama masa kuliah aku. Untuk sahabat-sahabatku yang telah mendukungku dan telah menjadi tempat untuk berbagi cerita dan tempat berkeluh kesah.*

*Terima kasih untuk abang-abang dan adik-adik lingkungan Teknik Sipil Unila yang selalu ada di tiap harinya menemani waktu kuliah. Untuk para dosen yang tak hentinya memberikan ilmu pengetahuan, arahan serta bimbingannya.*

*Terima kasih untuk teman-teman keluarga besar serta sahabatku angkatan 2014 atas dukungannya dalam proses yang sangat panjang ini. Menemani perjalanan kuliah dari awal hingga akhir studi. Banyak kengan yang telah kita lalui bersama. Dan untuk mahasiswa lainnya khususnya Jurusan Teknik Sipil yang sedang mengalami proses ini untuk tetap optimis dan semangat dalam mengerjakan skripsi agar dapat membangun nusa dan bangsa agar lebih baik dan menjadi generasi muda yang cerdas dan berpendidikan.*

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	iv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	v
<b>I. PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Urgensi Penelitian .....	2
1.3. Batasan Masalah .....	2
1.4. Tujuan Penelitian .....	3
1.5. Manfaat Penelitian .....	3
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1. Tanah.....	4
2.1.1. Definisi Tanah .....	4
2.1.2. Klasifikasi Tanah .....	5
2.1.3. Tanah Lempung .....	9
2.2. Pemadatan Tanah .....	10
2.3. Permeabilitas.....	14
2.3.1. Definisi Permeabilitas .....	14
2.3.2. Hukum Darcy .....	16
2.3.3. Koefesien Permeabilitas .....	18

2.3.4. Uji Permeabilitas di Laboratorium.....	18
2.4. Studi Literatur .....	21
<b>III. METODE PENELITIAN</b>	
3.1. Bahan Penelitian .....	22
3.2. Metode Pengambilan Sampel .....	23
3.3. Pelaksanaan Pengujian .....	23
3.4. Bagan Alir Penelitian .....	34
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1. Hasil Pengujian Sampel Tanah .....	35
4.2. Klasifikasi Sampel Tanah .....	43
4.3. Analisis Permeabilitas Tanah Akibat Pemadatan Tekan .....	44
<b>V. PENUTUP</b>	
5.1. Kesimpulan .....	51
5.2. Saran .....	52

## **DAFTAR PUSTAKA**

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Harga-Harga Koefisien Permeabilitas Tanah Pada Umumnya, Das 1988 .....	16
2. Hasil Pengujian Kadar Air Tanah .....	35
3. Hasil Pengujian Perhitungan Berat Volume Tanah .....	36
4. Hasil Pengujian Perhitungan Berat Jenis .....	37
5. Hasil Pengujian Batas <i>Atterberg</i> Tanah .....	38
6. Hasil Pengujian Analisis Saringan .....	39
7. Hasil Pengujian Analisis Hidrometer .....	40
8. Diameter Butiran dan Jenis Tanah .....	41
9. Hasil Pengujian Sampel Tanah .....	43
10. Hasil Perhitungan Pengujian Permeabilitas Akibat Tekanan .....	45

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Alat Uji Pemadatan Strandar .....	10
2. Kurva Hubungan Kadar Air dengan Berat Volume Kering .....	12
3. Cara Pengujian Koefisien Permeabilitas di Laboratorium .....	17
4. Grafik Nilai Permeabilitas Uji Laboratorium, Randi, H. 2014.....	19
5. Perbandingan derajat kepadatan tanah dengan pemadatan standard dan Pressure Method 5, 10, dan 15 MPa dengan 3 lapisan tanah, Fazri, H. 2018 .....	21
6. Lokasi Sampel Tanah .....	22
7. Bagan Alir Penelitian .....	34
8. Grafik Analisis Saringan .....	39
9. Grafik Analisis Hidrometer .....	40
10. Hubungan Berat Volume Kering dengan Kadar Air .....	42
11. Hubungan Tekanan dan Berat Volume Kering .....	45
12. Hubungan Koefisien dan Berat Volume Kering .....	46
13. Hubungan Tekanan dan Koefisien Permeabilitas .....	47
14. Hubungan Permeabilitas Metode Pemadatan Standar dan Tekanan .....	48

## **I. PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Indonesia adalah negara berkembang yang saat ini sedang melaksanakan pembangunan infrastruktur disetiap daerah antara lain pembangunan waduk, embung, dan bendungan diberbagai daerah. Salah satu hal penting yang menjadi dasar dalam pembangunan adalah kuatnya pondasi yang dibangun, termasuk jenis tanah yang dipakai dan sifat permeable tanah tersebut.

Permeable dimana air bebas mengalir melalui ruang kosong (pori-pori) yang ada diantara butiran butiran tanah. Tekanan pori diukur relatif terhadap tekanan atmosfer dan permukaan tanah yang tekanannya sama dengan tekanan atmosfer dinamakan muka air tanah atau permukaan freasik, di bawah muka air tanah. Permeabilitas tanah menggambarkan kemampuan tanah dalam meloloskan air. Tekstur dan struktur serta unsur organik lainnya ikut ambil bagian dalam menaikkan laju permeabilitas tanah. Tanah dengan permeabilitas tinggi menaikkan lajur infiltrasi.

Menurut Foth (1978) permeabilitas tanah adalah kecepatan air menembus tanah pada periode tertentu dan dinyatakan dalam cm/detik. Dalam menentukan penggunaan dan pengelolaan praktis tanah mengetahui nilai

permeabilitas sangatlah penting. Tanah mempunyai pori-pori yang besar dapat mengalirkan air dengan mudah. Semakin kecil ukuran partikel, semakin kecil ruang pori sehingga koefisien permeabilitas semakin kecil. Koefisien permeabilitas terutama tergantung pada ukuran rata-rata pori yang dipengaruhi oleh distribusi ukuran partikel, bentuk partikel dan struktur tanah. Permeabilitas mempengaruhi penetrasi akar, laju penetrasi air, laju absorpsi air, drainase internal dan pencucian unsur hara (Donahue, 1984).

Pada umumnya uji pemadatan pada permeabilitas yang dilakukan dipadatkan dengan menggunakan mould berbentuk sininder. Pada penelitian ini, dilakukan uji permeabilitas tanah yang dipadatkan dengan menggunakan metoda cubic permeameter.

## **1.2 Urgensi Penelitian**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, uji permeabilitas biasanya dipadatkan dengan mould berbentuk silinder. Rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui permeabilitas tanah dengan menggunakan alat tekan modifikasi.

## **1.3 Batasan Masalah**

Penelitian ini dibatasi dengan batasan masalah sebagai berikut :

1. Sampel tanah yang digunakan berasal dari daerah pringsewu.
2. Uji permeabilitas yang dilakukan menggunakan *mold* berbentuk cubic dengan ukuran 10 x 10 cm.
3. Pemadatan tanah dilakukan menggunakan metode standar dengan alat tekan modifikasi.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui nilai permeabilitas tanah akibat alat tekan modifikasi.
2. Untuk mengetahui apakah hasil dari permeabilitas dengan alat tekan modifikasi layak dipakai sebagai bahan inti bendungan.
3. Untuk membandingkan hasil permeabilitas dari alat *pressure method* dengan tekanan 5 MPa, 10 MPa, 15 MPa dan standar proctor method.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat mengetahui perbandingan hasil permeabilitas dari uji standar proctor method dan uji *pressure method*. Hasil dari penelitian ini diharap agar dapat bermanfaat bagi dinas pekerjaan umum, kontraktor dan untuk perkembangan ilmu pengetahuan sehingga menambah wawasan khususnya mengenai permeable dalam pembangunan waduk, embung, dan bendungan di berbagai daerah.

## **II. TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1. Tanah**

#### **2.1.1. Definisi 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, 1998). Proses pelapukan dari batuan dasar atau proses geologi lainnya yang terjadi didekat permukaan bumi akan membentuk tanah. Pembentukan tanah dari bahan induknya dapat berupa proses fisik dan kimia. Proses pembentukan tanah secara fisik yang mengubah batuan menjadi partikel-partikel yang lebih kecil, terjadi akibat pengaruh erosi, angin, air, es, manusia atau cuaca/suhu (Hardiyatmo, 2002).

Tanah adalah kumpulan dari bagian-bagian yang padat dan tidak terikat antara satu dengan yang lain (diantaranya mungkin material organik) rongga-rongga diantara material tersebut berisi udara dan air (Verhoef, 1994). Ikatan antara butiran yang relatif lemah dapat

disebabkan oleh zat organik, karbonat, atau oksida-oksida yang mengendap diantara partikel-partikel. Ruang diantara partikel-partikel dapat berisi air, udara, ataupun keduanya (Hardiyatmo, 2002).

Berdasarkan definisi-definisi di atas, dapat disimpulkan tanah merupakan kumpulan dari berbagai material yang tidak terikat satu sama lain yang dihasilkan dari pelapukan batuan.

### **2.1.2. Klasifikasi Tanah**

Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengelompokan tanah berdasarkan sifat dan ciri tanah yang serupa kedalam kelompok-kelompok dan sub kelompok berdasarkan pemakaiannya. Klasifikasi tanah sangat membantu perancangan dalam memberikan suatu pengarahan melalui tata cara empiris yang tersedia dari hasil pengalaman yang telah lalu. Sistem klasifikasi tanah yang telah dikembangkan untuk tujuan rekayasa yang didasarkan pada sifat-sifat indeks tanah seperti distribusi ukuran dan plastisitas.

Klasifikasi tanah berfungsi untuk studi yang lebih terinci mengenai keadaan tanah tersebut serta kebutuhan akan pengujian untuk menentukan sifat teknis tanah seperti karakteristik pemadatan, kekuatan tanah, berat isi, dan sebagainya (Bowles, 1991). Ada beberapa sistem klasifikasi tanah yang pada umumnya digunakan antara lain, yaitu :

a. Sistem Klasifikasi *Unified Soil Classification System* (USCS)

Sistem klasifikasi tanah ini yang paling banyak dipakai untuk pekerjaan teknik fondasi seperti bendungan, bangunan dan konstruksi yang sejenis. Sistem ini biasa digunakan untuk desain lapangan udara dan untuk spesifikasi pekerjaan tanah untuk jalan. Klasifikasi berdasarkan *Unified System* (Das, 1995), tanah dikelompokkan menjadi:

1. Tanah berbutir kasar adalah yang mempunyai presentase lolos saringan No. 200  $<$  50%. Tanah butir kasar terbagi atas kerikil dengan simbol G (*gravel*), dan pasir dengan simbol S (*sand*).
2. Tanah berbutir halus adalah yang mempunyai presentase lolos saringan No. 200  $>$  50%. Tanah butir halus terbagi atas lanau dengan simbol M (*silt*), lempung dengan simbol C (*clay*), serta lanau dan lempung organik dengan symbol O, bergantung pada tanah itu terletak pada grafik plastisitas. Tanda L untuk plastisitas rendah dan tanda H untuk plastisitas tinggi.

b. Sistem Klasifikasi AASHTO

Sistem klasifikasi AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Official*) ini dikembangkan dalam tahun 1929 sebagai *Public Road Administration Classification System*. Klasifikasi ini bertujuan untuk menentukan kualitas tanah guna pekerjaan jalan yaitu lapis dasar (*sub-base*) dan tanah dasar (*subgrade*).

### 2.1.3. 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 tak mudah terkelupas hanya dengan jari tangan. Permeabilitas lempung sangat rendah (Terzaghi dan Peck, 1987). Ukuran mineral lempung (0,002 mm, dan yang lebih halus) agak bertindihan (overlap) dengan ukuran lanau. Akan tetapi, perbedaan antara keduanya ialah bahwa mineral lempung tidak lembam.

Dari segi mineral, tanah dapat juga disebut sebagai bukan lempung (non- clay soils) meskipun terdiri dari partikel-partikel yang sangat kecil. Untuk itu, akan lebih tepat partikel-partikel tanah yang berukuran lebih kecil dari

2 mikron ( $= 2 \mu$ ), atau  $< 5$  mikron ( $= 5 \mu$ ) menurut sistem klasifikasi yang lain, disebut saja sebagai partikel berukuran lempung daripada disebut sebagai lempung saja. Partikel-partikel dari mineral lempung umumnya berukuran koloid ( $< 1\mu$ ) dan ukuran  $2 \mu$  merupakan batas atas (paling besar) dari ukuran partikel mineral lempung (Das, 1988).

Pada kadar air lebih tinggi lempung bersifat lengket dan lunak. Jika kadar air yang tinggi maka kondisi tanah lempung akan mempunyai

daya rekat yang sangat tinggi antar partikelnya, namun kuat geser akan menurun drastis. Sehingga pada saat kadar air tinggi jika tanah lempung menerima beban melampaui daya dukung kritisnya maka akan menimbulkan berbagai kesulitan.

Sifat tanah lempung yang sangat dipengaruhi oleh air mengakibatkan tanah lempung mempunyai sifat kembang susut yang tinggi. Tanah lempung mengembang pada saat kering dan menyusut pada saat basah. Pada kondisi jenuh pori tanah diisi oleh air.

## 2.2. Pemadatan Tanah

Pemadatan adalah usaha secara mekanik untuk merapatkan butir-butir tanah. Pemadatan dilakukan untuk mengurangi volume pori, mengurangi volume tanah namun tidak mengurangi volume butir tanah. Pada awal proses, berat volume tanah kering ( $\gamma_d$ ) bertambah seiring dengan ditambahkan kadar air. Pada kadar air nol ( $w=0$ ), berat volume tanah basah ( $\gamma_b$ ) dengan berat volume tanah kering ( $\gamma_d$ ) sama. Ketika kadar air ditambah secara bertahap (dengan usaha pemadatan yang sama), berat butiran tanah padat per volume satuan ( $\gamma_d$ ) juga bertambah. Pada saat kadar air lebih besar dari kadar air optimum (OMC), kenaikan kadar air justru mengurangi berat volume keringnya. Hal ini karena, air mengisi rongga yang sebelumnya diisi oleh butiran padat. Pada saat berat volume kering mencapai maksimum ( $\gamma_{dmax}$ ) disebut kadar air optimum (Hardiyatmo, 2002).

Untuk mengevaluasi tanah agar memenuhi persyaratan pemadatan, maka umumnya dilakukan pengujian pemadatan. *Proctor (1933)* dalam

Hardiyatmo (1992), telah mengamati bahwa ada hubungan yang pasti antara kadar air dan berat volume kering yang padat. Untuk berbagai jenis tanah pada umumnya salah satu nilai kadar air optimum (OMC) tertentu untuk mencapai berat volume kering maksimumnya ( $\gamma_{dmax}$ ).

Hubungan berat volume kering ( $\gamma_d$ ) dengan berat volume basah ( $\gamma_b$ ) dan kadar air ( $w$ ), dinyatakan dalam persamaan :

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

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 pemadatan standar laboratorium.

Untuk menentukan kadar air optimum dari pengujian pemadatan tanah standar laboratorium, dilakukan dengan cara menambahkan air sedikit demi sedikit ke sampel tanah, aduk hingga merata hingga tanah tersebut jika digumpalkan dengan tangan, tidak lengket dan tidak mudah hancur .

Tanah di dalam cetakan silinder ( *mold* ) yang mempunyai diameter 10,2 cm dan tinggi 11,6 cm dipadatkan menggunakan penumbuk ( *hammer* ) yang beratnya 2,5 kg dengan tinggi jatuh 30,5 cm. Pada pemadatan tanah standar, Tanah dipadatkan dalam 3 (tiga) lapisan dengan tiap lapisan ditumbuk sebanyak 25 kali pukulan. Berikut merupakan alat pemadatan tanah standar pada gambar 1.



Gambar 1. Alat Uji Pemadatan Standar.

Setiap elemen pada alat uji pemadatan standar memiliki fungsi yang berbeda, berikut penjelasan fungsinya:

1. *Hammer* berfungsi sebagai alat penumbuk untuk memadatkan tanah didalam cetakan silinder (*mold*).
2. Cetakan silinder (*mold*) berfungsi sebagai wadah sampel tanah yang akan diuji.
3. Keping alas berfungsi untuk menahan posisi cetakan silinder (*mold*) agar tidak bergoyang pada saat dilakukan pemadatan.

Menurut SNI 1742:2008, peralatan yang digunakan berupa cetakan silinder berkapasitas  $943 \text{ cm}^3 \pm 8 \text{ cm}^3$  dengan diameter dalam  $101,60 \text{ mm} \pm 0,41 \text{ mm}$  dan tinggi  $116,43 \text{ mm} \pm 0,13 \text{ mm}$ . Saringan dengan diameter lubang 50 mm, 19 mm, dan 4,75 mm sesuai SNI 6866:2002. Alat pengeluar benda uji (*extruder*) yang terdiri dari sebuah dongkrak, pengungkit dan rangka. Tiga

buah timbangan (ketelitian 1 gram, 0,1 gram dan 0,01 gram). Oven pengering, pisau perata, cawan serta alat pencampur yang terdiri dari baki, sendok pengaduk, sekop, spatula dan alat bantu lainnya.

Tanah dalam cetakan dipadatkan dengan alat penumbuk, terdapat dua alat penumbuk yaitu :

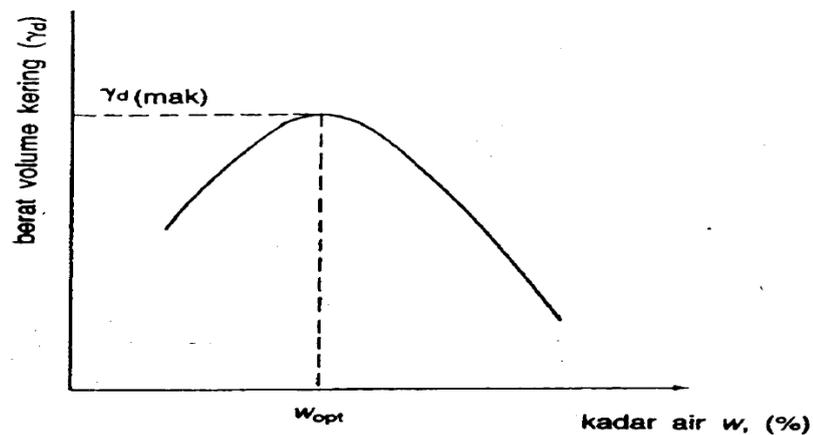
1. Alat penumbuk tangan (manual)

Permukaan tumbuk berbentuk bundar dan rata dengan diameter  $50,80 \text{ mm} \pm 0,25 \text{ mm}$  serta mempunyai massa  $2,495 \text{ kg} \pm 0,009 \text{ kg}$ . Penumbuk manual harus dilengkapi dengan selubung yang dapat mengatur jatuh bebas setinggi  $305 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$  di atas permukaan tanah yang akan dipadatkan.

2. Alat penumbuk mekanis

Permukaan tumbuk berbentuk bundar dan rata dengan diameter  $50,80 \text{ mm} \pm 0,25 \text{ mm}$  serta mempunyai massa  $2,495 \text{ kg} \pm 0,009 \text{ kg}$ . Penumbuk mekanis dilengkapi alat pengontrol tinggi jatuh bebas  $305 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$  di atas permukaan tanah yang akan dipadatkan dan dapat menyebarkan tumbukan secara merata di atas permukaan. Alat penumbuk mekanis harus dikalibrasi terhadap beberapa macam jenis tanah dan massa penumbuk disesuaikan agar mendapatkan hubungan kadar air dengan kepadatan kering yang sama apabila dipadatkan dengan alat penumbuk manual (ASTM D 2168).

Grafik hubungan kadar air optimum (OMC) dan berat volume kering maksimum, diperlihatkan pada gambar berikut :



Gambar 2. Kurva Hubungan Kadar Air dengan Berat Volume Kering (Hardiyatmo, 2002).

## 2.3. Permeabilitas

### 2.3.1. Definisi Permeabilitas

Kemampuan fluida untuk mengalir melalui medium yang berpori adalah suatu sifat teknis yang disebut permeabilitas (Bowles, 1991). Permeabilitas juga dapat didefinisikan sebagai sifat bahan yang memungkinkan aliran rembesan zat cair mengalir melalui rongga pori (Hardiyatmo, 2001).

Wesley (1973) menyatakan bahwa permeabilitas atau daya rembes adalah kemampuan tanah untuk dapat melewatkan air. Air yang mengalir dalam tanah hampir selalu berjalan linier yaitu jalan atau garis yang ditempuh air merupakan garis dengan bentuk garis yang teratur (*smooth curve*). Permeabilitas diartikan sebagai kecepatan Bergeraknya suatu cairan pada media berpori dalam keadaan jenuh, atau didefinisikan juga sebagai kecepatan air untuk menembus tanah

pada periode waktu tertentu yang dinyatakan dalam cm/jam. Permeabilitas juga didefinisikan sebagai sifat bahan yang memungkinkan aliran rembesan dari cairan yang berupa air atau minyak mengalir lewat rongga pori. Pori-pori tanah saling berhubungan antara satu dengan yang lainnya. Sehingga air dapat mengalir dari titik yang mempunyai tinggi energi lebih tinggi ke titik dengan energi yang lebih rendah. Untuk tanah permeabilitas dilukiskan sebagai sifat tanah yang menggambarkan bagaimana air mengalir melalui tanah.

Permeabilitas tanah bergantung pada ukuran butiran tanah. Karena butiran tanah lempung berukuran kecil, kemampuan meloloskan air juga kecil. Dalam praktik, tanah lempung dianggap sebagai lapisan yang tak lolos air atau kedap air, karena pada kenyataannya permeabilitasnya lebih kecil daripada beton. Tanah granuler merupakan tanah dengan permeabilitas yang relatif besar hingga sering digunakan sebagai bahan filter. Namun, akibat permeabilitas yang besar, tanah ini menyulitkan pekerjaan galian tanah pondasi yang dipengaruhi air tanah, karena tebing galian menjadi mudah longsor. Lagi pula, aliran yang terlalu cepat dapat merusak struktur tanah dengan menimbulkan rongga-rongga yang dapat mengakibatkan penurunan pondasi (Hardiyatmo, 2001).

Permeabilitas suatu massa tanah penting untuk :

1. Mengevaluasi jumlah rembesan (*seepage*) yang melalui bendungan dan tanggul sampai ke sumur air.

2. Mengevaluasi gaya angkat atau gaya rembesan di bawah struktur hidrolik untuk analisis stabilitas.
3. Menyediakan kontrol terhadap kecepatan rembesan sehingga partikel tanah berbutir halus tidak tererosi dari massa tanah.
4. Studi mengenali laju penurunan (konsolidasi) dimana perubahan volume tanah terjadi pada saat air tersingkir dari rongga tanah pada saat proses terjadi pada suatu gradien energi tertentu.
5. Mengendalikan rembesan dari tempat penimbunan bahan-bahan limbah dan cairan-cairan sisa yang mungkin berbahaya bagi manusia.

### **2.3.2. Hukum Darcy**

Pada ilmu tanah, permeabilitas didefinisikan secara kualitatif sebagai pengurangan gas-gas, cairan-cairan atau penetrasi akar tanaman. Selain itu permeabilitas juga merupakan pengukuran hantaran hidraulik tanah. Hantaran hidraulik tanah timbul adanya pori kapiler yang saling bersambungan antara satu dengan yang lain. Secara kuantitatif hantaran hidraulik jenuh dapat diartikan sebagai kecepatan Bergeraknya suatu cairan adalah air dan media pori adalah tanah. Penetapan hantaran hidraulik didasarkan pada hukum Darcy (1856). Hukum Darcy (1856) menjelaskan tentang kemampuan air mengalir pada rongga-rongga (pori-pori) dalam tanah dan sifat-sifat yang mempengaruhinya.

Menurut Darcy (1856), kecepatan aliran air di dalam tanah dinyatakan dengan persamaan :

$$V = k \cdot I \quad \text{..... (2)}$$

dengan :

$v$  = kecepatan aliran (m/dtk atau cm/dtk)

$k$  = koefisien permeabilitas

$I$  = gradient hidraulik

Lalu telah diketahui bahwa

$$v = \frac{Q}{A \cdot t} \quad \text{..... (3)}$$

dan

$$i = \frac{\Delta h}{L} \quad \text{..... (4)}$$

dengan :

$Q$  = debit konstan, air yang dituangkan ke dalam sumur uji ( $\text{cm}^3/\text{dt}$ )

$A$  = luas penampang aliran ( $\text{m}^2$  atau  $\text{cm}^2$ )

$t$  = waktu tempuh fluida sepanjang  $L$  (s/detik)

$\Delta h$  = selisih ketinggian (m atau cm)

$L$  = panjang daerah yang dilewati aliran (m atau cm)

### 2.3.3. Koefisien Permeabilitas

Hukum Darcy menunjukkan bahwa permeabilitas tanah ditentukan oleh koefisien permeabilitasnya. Koefisien permeabilitas tanah bergantung pada beberapa faktor.

Beberapa harga koefisien permeabilitas tanah diberikan dalam Tabel dibawah ini:

Tabel 1. Harga-Harga Koefisien Permeabilitas Tanah Pada Umumnya, Das, 1988

Jenis Tanah	K	
	cm/dt	ft/menit
Kerikil bersih	1,0 – 100	2,0 – 200
Pasir kasar	1,0 – 0,01	2,0 – 0,02
Pasir halus	0,01 – 0,001	0,02 – 0,002
Lanau	0,001 – 0,00001	0,002 – 0,00002
Lempung	< 0,000001	< 0,000002

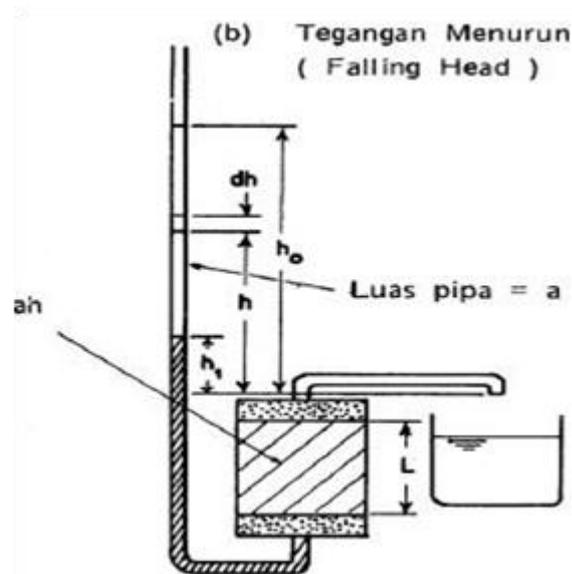
Koefisien permeabilitas dapat ditentukan secara langsung di lapangan ataupun dengan cara lebih dahulu mengambil contoh tanah di lapangan dengan menggunakan tabung contoh kemudian diuji di laboratorium.

#### 2.3.4. Uji Permeabilitas di Laboratorium

Untuk menentukan koefisien permeabilitas di laboratorium, ada 2 macam cara pengujian yang sering digunakan, yaitu Uji Tinggi Energi Tetap (*Constant Head*) dan Uji Tinggi Energi Turun (*Falling Head*).

Uji permeabilitas *Constant Head* cocok untuk tanah granular, seperti pasir, kerikil atau beberapa campuran pasir dan lanau. Umumnya tanah jenis ini memiliki nilai permeabilitas yang tinggi, karena jenis tanah ini mempunyai angka pori tinggi, yang bergantung pada distribusi ukuran butiran, susunan serta kerapatan butiran.

Uji permeabilitas *Falling Head* cocok digunakan untuk mengukur permeabilitas tanah berbutir halus. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode *Falling Head*, karena contoh tanah yang digunakan adalah tanah lempung.



Gambar 3. Cara pengujian koefisien permeabilitas di laboratorium

Pada pengujian ini, air dari dalam pipa tegak yang dipasang di atas contoh tanah mengalir melalui contoh tanah. Ketinggian air pada awal pengujian  $h_1$  pada saat waktu  $t_1 = 0$  dicatat, kemudian air dibiarkan mengalir melalui contoh tanah hingga perbedaan tinggi air pada waktu  $t_2$  adalah  $h_2$ . Rumus dalam mencari nilai permeabilitas metode *Falling Head* menurut Sosrodarsono, S. Takeda, Kensaku. (1977) dapat dituliskan sebagai berikut :

$$k = 2,303 \left( \frac{aL}{At} \right) \log \left( \frac{h_2}{h_1} \right) \quad \dots\dots(5)$$

dimana :

$k$  = nilai permeabilitas laboratorium (cm/dtk)

$a$  = luas penampang melintang pipa pengukur (pipa tegak)

$A$  = luas penampang melintang contoh tanah ( $m^2$  atau  $cm^2$ )

$L$  = panjang contoh tanah (m atau cm)

$t$  = waktu tempuh fluida sepanjang  $L$  (s/detik)

$h_1$  = ketinggian awal (m/cm)

$h_2$  = ketinggian akhir (m/cm)

Uji Tinggi Jatuh sangat cocok untuk tanah berbutir halus dengan koefisien rembesan kecil.

Namun, alat yang dipakai pada penelitian kali ini dibedakan oleh bentuk cetakan mold yang digunakan yaitu dengan menggunakan mold berbentuk persegi persegi dengan ukuran 10 cm x 10 cm, dan panjang mold sampel ( $L$ ) adalah 10 cm dengan menggunakan alat uji tekan modifikasi.

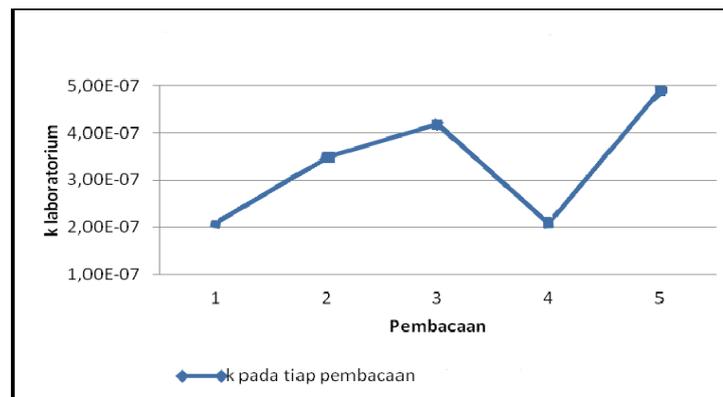
Dalam penelitian ini yang digunakan untuk menentukan nilai permeabilitas adalah dengan menggunakan prinsip Uji Tinggi Energi Turun (*Falling Head*). Pengujian nilai permeabilitas tanah ini dilakukan untuk mendapatkan perbandingan nilai permeabilitas laboratorium metode tumbukan dengan metode tekanan menggunakan alat uji tekan modifikasi.

## 2.4 Studi Literatur

Beberapa penelitian yang menjadi bahan pertimbangan dan acuan penelitian ini dikarenakan adanya beberapa kesamaan metode akan tetapi dengan perlakuan yang berbeda pada sampel tanah yang digunakan, antara lain :

### 1. Pengaruh Air Hujan Pada Tanah Berlempung Terhadap Muka Air Hujan Berdasarkan Hasil Uji Permeabilitas

Terdapat kesamaan metode pengujian permeabilitas yang digunakan yaitu metode di laboratorium menggunakan metode *Falling Head*, dengan menggunakan tanah yang berasal dari Perumahan Bhayangkara, kelurahan Beringin Jaya Kecamatan Kemiling Kota Bandar Lampung. Pada penelitian terdahulu hasil pengujian permeabilitas di laboratorium diperoleh nilai  $k$  rata-rata  $3,788 \times 10^{-7}$  cm/dt. Berikut ini adalah tabel hasil pengujian permeabilitas laboratorium.



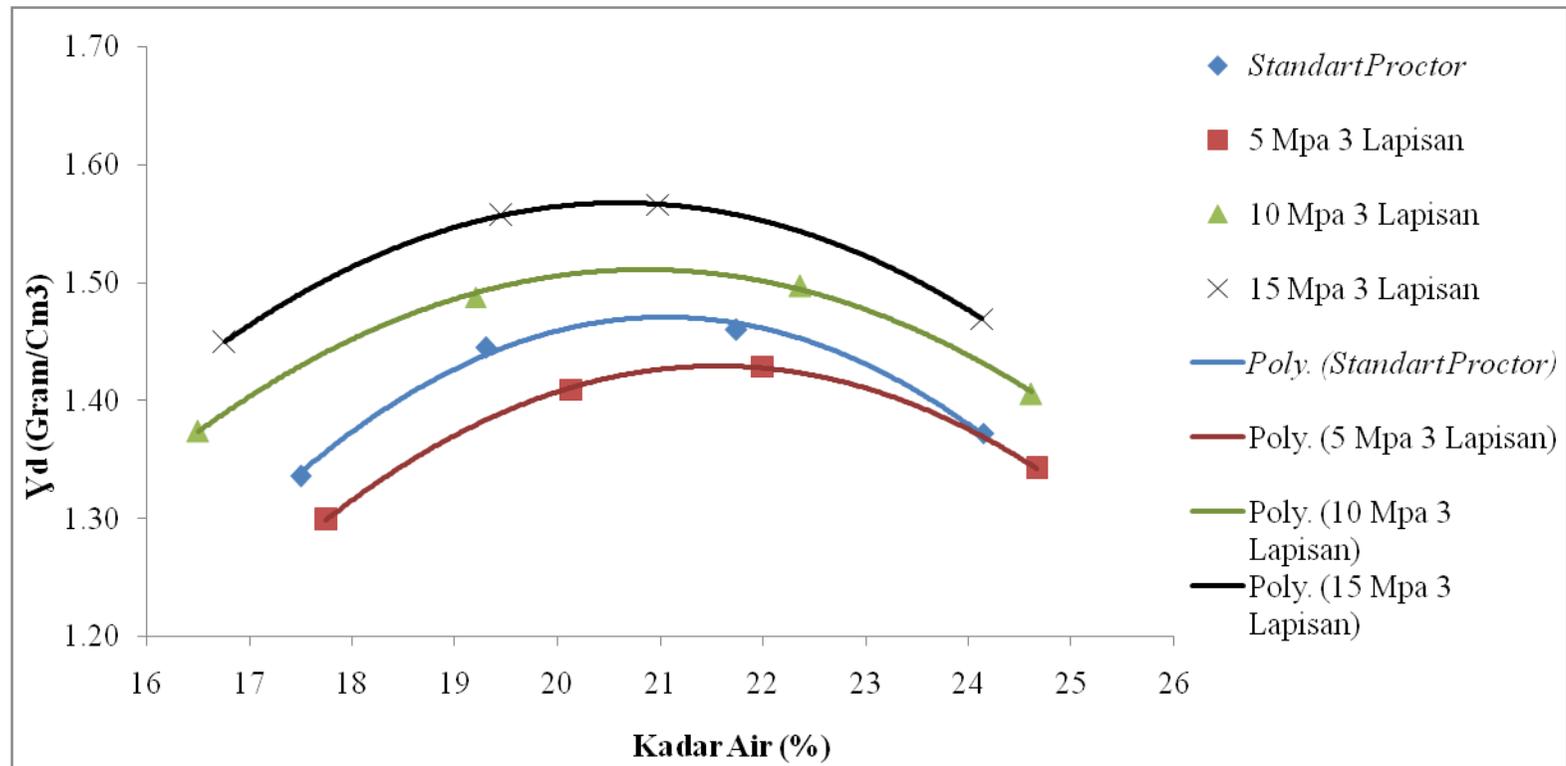
Gambar 4. Grafik Nilai Permeabilitas Uji Laboratorium, Randi, H. 2014

## 2. Analisis Derajat Kepadatan Tanah Pada Lapisan *Subgrade* dengan Alat Uji *Pressure Method*

Pada Study literatur kali ini, terdapat persamaan metode ada saat pemadatan tanah, yaitu dengan menggunakan alat uji *pressure method*. Sampel tanah yang diambil berlokasi di Jl. Tirtayasa Kec. Sukabumi, Bandar Lampung. Pada penelitian terdahulu terdapat beberapa hasil pengujian pemadatan tanah..

Gambar 5. akan menjelaskan perbandingan derajat kepadatan tanah dengan menggunakan *Standard Proctor* dan alat tekan modifikasi dengan menggunakan *Pressure Method* 3 lapisan tanah dengan kuat tekanan sebesar 5, 10, dan 15 MPa. Hal ini ditujukan untuk menguji pemadatan menggunakan alat tekan modifikasi dengan menggunakan *Pressure Method* dengan kuat tekan 5, 10, dan 15 MPa pada tiap lapisan dan membandingkan kepadatan tanah dengan pemadatan menggunakan *Standard Proctor* dengan 25 kali jumlah pukulan yang memiliki kuat tekan sebesar 6,9 MPa.

Dari hasil gambar dapat disimpulkan bahwa semakin besar kuat tekan yang diberikan pada kadar air yang ditentukan maka kepadatan tanah akan semakin besar. Hasil dari pemadatan menggunakan *Standard Proctor* terletak di antara kuat tekan 5 MPa dan 10 MPa pada pemadatan menggunakan alat tekan modifikasi dengan *Pressure Method*



Gambar 5. Perbandingan derajat kepadatan tanah dengan pemadatan standard dan Pressure Method 5, 10, dan 15 MPa dengan 3 lapisan tanah, Fazri H. 2018

### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1. Bahan Penelitian

Bahan penelitian yang digunakan yaitu berupa sampel tanah yang berlokasi di desa Pamenang, Kecamatan Pagelaran, kabupaten Pringsewu. Sampel tanah yang diambil berupa tanah lempung. Daerah pamenang merupakan daerah yang banyak perbukitan dan dapat dijadikan tempat pengambilan sampel tanah lempung. Sampel tanah yang diambil merupakan sampel tanah yang digunakan untuk bahan inti bendungan way sekampung. Sehingga diperkirakan memiliki nilai permeabilitas yang rendah.



Gambar 6. Lokasi Sampel Tanah

### 3.2. Metode Pengambilan Sampel

Sampel tanah diambil dengan cara pengambilan langsung yang berasal dari daerah Pamenang, Kecamatan Pagelaran, kabupaten Pringsewu. Tanah yang diambil adalah sampel tanah terganggu (*disturbed sample*) dan sampel tanah tak terganggu (*undisturbed sample*). Pengambilan sampel tanah dilakukan di tiga titik yang berbeda. Pengambilan sampel dilakukan dengan cara digali terlebih dahulu sedalam  $\pm 2$  meter, lalu tanah diambil secukupnya menggunakan karung dan tabung.

*Undisturbed sample* diambil menggunakan tabung digunakan untuk pengujian kadar air, berat volume, dan berat jenis. *Disturbed sample* diambil menggunakan cangkul kemudian dimasukkan kedalam karung digunakan untuk pengujian batas *Atterberg*, analisis saringan, analisis hidrometer, pemadatan *standard proctor method*, pemadatan menggunakan alat uji tekan pemadat modifikasi. Setelah dilakukan uji fisik dan pemadatan tanah, Maka dapat dilakukan uji permeabilitas tanah.

### 3.3. Pelaksanaan Pengujian

Pelaksanaan pengujian dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Lampung. Samepl tanah yang berada dalam karung yang telah diambil dari lapangan dihamparkan dan dijemur hingga kering. Untuk tanah *undisturbed* sampel yang berada dalam tabung dapat langsung dilakukan pengujian kadar air, berat volume, dan berat jenis. Adapun pelaksanaan pengujian dilaboratorium sebagai berikut :

### 3.3.1. Pengujian Sifat Fisik Tanah

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui sifat fisik tanah yang digunakan sebagai sampel. Kemudian hasil dari pengujian akan dianalisis sesuai dengan klasifikasi tanah menurut USCS dan AASHTO untuk mengetahui klasifikasi tanah tersebut. Adapun pengujian sifat fisik yang dilakukan di laboratorium antara lain sebagai berikut :

#### 1. Pengujian Kadar Air (*Water Content Test*)

Pengujian kadar air bertujuan untuk mengetahui kadar air tanah pada sampel tanah, yaitu perbandingan antara berat air yang terkandung dalam butiran tanah dengan butiran tanah kering yang dinyatakan dalam persen. Pengujian kadar air dilakukan dengan cara sebagai berikut :

- 1) Menyiapkan peralatan dan sampel tanah yang akan diuji. Sampel tanah diambil dari tabung *undisturbed*.
- 2) Pengujian dilakukan dengan menggunakan 3 sampel untuk diambil rata-ratanya.
- 3) Timbang tiga kontainer kosong dan tandai masing-masing kontainer.
- 4) Memasukkan sampel tanah yang akan diuji kedalam kontainer.
- 5) Menimbang kontainer yang telah berisi sampel tanah.
- 6) Memasukkan kontainer ke dalam oven pada temperatur 105°C selama 24 jam.
- 7) Menimbang kontainer beserta tanah yang telah dikeringkan.

## 2. Pengujian Berat Jenis (*Specific Gravity Test*)

Pengujian berat jenis bertujuan untuk menentukan berat jenis tanah yang lolos saringan No. 40 ( $\emptyset$  0,425 mm) dengan menggunakan *picnometer*. Pengujian berat jenis dilakukan dengan cara sebagai berikut :

- 1) Menyiapkan benda uji secukupnya yang telah dikeringkan, lalu mengayak dengan saringan No. 40 ( $\emptyset$  0,425 mm).
- 2) Menimbang *picnometer* dalam keadaan kosong.
- 3) Mengambil sampel tanah sebanyak 25-30 gram dan memasukkannya ke dalam *picnometer*.
- 4) Menimbang *picnometer* yang berisi sampel tanah.
- 5) Menambahkan air suling ke dalam *picnometer* sampai terisi duapertiganya.
- 6) Memanaskan *picnometer* diatas tungku pemanas sampai butir-butir udara hilang.
- 7) Merendam *picnometer* dalam bak perendaman sampai temperaturnya kembali normal.
- 8) Menambahkan air suling ke dalam *picnometer* sampai batas penuh.
- 9) Mengeringkan bagian luar *picnometer*, menimbang dan mencatat hasilnya.
- 10) Membersihkan *picnometer* yang telah digunakan, lalu isi dengan air suling sampai batas penuh dan ditimbang.

### 3. Pengujian Batas Cair (*Liquid Limit Test*)

Pengujian batas cair bertujuan untuk menentukan kadar air suatu jenis tanah pada batasan antara keadaan cair dan keadaan plastis, sesuai ketentuan yang ditentukan oleh *Atterberg*. Pengujian batas cair dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- 1) Menyiapkan benda uji secukupnya yang telah dikeringkan, lalu mengayak dengan saringan No. 40 ( $\varnothing$  0,425 mm).
- 2) Mengatur tinggi jatuh mangkuk *casagrande* setinggi 10 mm.
- 3) Mengambil sampel tanah sebanyak 150 gram, kemudian diberi air dan aduk hingga merata, kemudian dimasukkan ke dalam mangkuk *cassagrande* dan meratakan permukaan adonan sehingga sejajar dengan alas.
- 4) Membuat alur tepat ditengah-tengah dengan membagi benda uji dalam mangkuk *cassagrande* tersebut dengan menggunakan *grooving tool*.
- 5) Memutar tuas pemutar sampai kedua sisi tanah bertemu sepanjang 13 mm sambil menghitung jumlah ketukan dengan jumlah ketukan harus berada diantara 10–40 kali.
- 6) Mengambil sebagian benda uji dibagian tengah mangkuk untuk pemeriksaan kadar air.
- 7) Melakukan langkah kerja yang sama untuk benda uji dengan keadaan yang berbeda sehingga diperoleh 4 macam benda uji dengan jumlah ketukan 2 buah dibawah 25 ketukan dan 2 buah di atas 25 ketukan.

#### 4. Pengujian Batas Plastis (*Plastic Limit Test*)

Pengujian batas plastis bertujuan untuk menentukan kadar air suatu jenis tanah pada batasan antara keadaan plastis dan keadaan semi padat, sesuai ketentuan yang ditentukan oleh *Atterberg*. Pengujian batas plastis dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- 1) Menyiapkan benda uji secukupnya yang telah dikeringkan, lalu mengayak dengan saringan No. 40 ( $\emptyset$  0,425 mm).
- 2) Mengambil sampel tanah sebanyak 20 gram dan campurkan dengan air suling sampai massa menjadi cukup plastis untuk dibentuk menjadi bola.
- 3) Mengambil sampel tanah kira-kira 1,5-2 gram, kemudian menggeleng sampel tersebut dengan kecepatan 80-90 gelengan per menit di atas plat kaca hingga mencapai diameter 3 mm dan terjadi retakan.
- 4) Apabila sampel tanah tidak memenuhi standar, dapat menambahkan atau mengurangi air hingga mencapai diameter 3 mm dan terjadi retakan.
- 5) Mengumpulkan bagian-bagian tanah yang retak dan memasukkannya ke dalam kontainer, kemudian ditimbang.
- 6) Menentukan kadar air benda uji.
- 7) Melakukan pengujian dengan tiga sampel yang berbeda.

Setelah didapatkan data batas cair dan batas plastis, dapat dilakukan perhitungan untuk indeks plastis.

#### 5. Pengujian Analisis Saringan (*Sieve Analysis Test*)

Pengujian analisis saringan bertujuan untuk mengetahui persentase ukuran butiran tanah dan susunan butiran tanah (gradasi) dari suatu jenis tanah yang tertahan di atas saringan No. 200 ( $\emptyset$  0,075 mm). Pengujian berdasarkan ASTM D 422 dan SNI 3423 2008, dengan prosedur pengujian sebagai berikut :

- 1) Mengambil sampel tanah sebanyak 500 gram.
- 2) Mencuci sampel tanah dan menyaring dengan saringan No. 200 ( $\emptyset$  0,075 mm).
- 3) Mengeringkan sampel tanah yang telah diayak dengan cara dioven selama 24 jam.
- 4) Meletakkan susunan saringan di atas mesin penggetar dan memasukkan sampel tanah pada susunan yang paling atas kemudian menutup rapat.
- 5) Mengencangkan penjepit mesin dan menghidupkan mesin penggetar selama  $\pm 15$  menit.
- 6) Menimbang masing-masing sampel tanah yang tertahan di saringan.
- 7) Mencatat hasil penyaringan, saringan yang lolos no. 200 dapat diperoleh dengan mengurangi dari berat awal yaitu 500 gram.

#### 6. Pengujian Analisis Hidrometer (*Hydrometry Analysis Test*)

Pengujian analisis hidrometer bertujuan untuk menentukan distribusi ukuran butir-butir tanah untuk tanah yang tidak mengandung butir tertahan saringan No. 10 ( $\emptyset$  2 mm). Pengujian

berdasarkan ASTM D 1140 dan SNI 3423 2008, dengan prosedur pengujian sebagai berikut :

- 1) Mengayak sampel tanah menggunakan saringan No. 10 dan mengambilnya sebanyak 50 gram.
- 2) Menaruh sampel tanah ke dalam kontainer, menuangkan 125 cc larutan air dan reagent sebanyak 5 gram. Aduk hingga semua bahan tercampur.
- 3) Melakukan pemeraman tanah yang sudah tercampur selama 16 jam.
- 4) Menuangkan campuran ke dalam alat pencampur (*mixer*) dan mengaduk selama 15 menit.
- 5) Memindahkan campuran ke gelas ukur silinder, kemudian tambahkan air sehingga mencapai volume 1000 cm<sup>3</sup>.
- 6) Menutup dan mengocok gelas ukur secara bolak-balik sekitar 60 kali.
- 7) Melakukan pembacaan hidrometer pada T=2; T=5; T=15; T=30; T=60; T=250 dan T=1440.
- 8) Melakukan pembacaan suhu menggunakan termometer.
- 9) Menyediakan gelas ukur kedua yang hanya berisi air dan reagent.
- 10) Mengulangi prosedur (5), (6), dan (8) untuk gelas ukur silinder kedua.
- 11) Melakukan pembacaan hidrometer pada gelas ukur kedua.

### 3.3.2. Pengujian Pemadatan Tanah

#### a. Pengujian *Standard Proctor Method*

Pengujian pemadatan *standard proctor method* bertujuan untuk menentukan kepadatan maksimum suatu jenis tanah melalui cara tumbukan. Dari hasil uji *standard proctor* didapatkan nilai berat volume kering maksimum ( $\gamma_{dmax}$ ) dan kadar air optimum ( $w_{opt}$ ) yang selanjutnya akan digunakan pada uji permeabilitas. Pengujian berdasarkan ASTM D 698 dan SNI 1742 2008, dengan prosedur pengujian sebagai berikut :

- 1) Menghamparkan sampel tanah hingga kering, lalu mengayak dengan saringan No.4 ( $\emptyset$  4,75 mm).
- 2) Menimbang dan mengukur *mold*.
- 3) Mengambil sampel tanah sebanyak 12,5 kg yang lolos saringan No.4 ( $\emptyset$  4,75 mm), kemudian dibagi menjadi 5 sampel, masing-masing 2,5 kg.
- 4) Mengambil sampel pertama sebesar 2,5 kg dan menambahkan air sedikit demi sedikit sambil diaduk sampai merata. Apabila campuran telah merata, tanah tidak hancur dan lengket ketika dikepalkan oleh tangan. Catat penambahan air yang digunakan.
- 5) Mengolesi bagian dalam *mold* dengan oli hingga merata sebelum dimasukkan sampel tanah.
- 6) Membagi tanah kedalam 3 bagian, lalu masukkan bagian pertama kedalam *mold* dan tumbuk menggunakan *hammer* sebanyak 25 kali

sampai merata. Dengan cara yang sama dilakukan untuk bagian kedua dan ketiga.

- 7) Meratakan sampel yang telah dipadatkan hingga rata dengan *mold*.
- 8) Menimbang *mold* beserta sampel tanah yang telah dipadatkan.
- 9) Mengeluarkan sampel tanah dari *mold* menggunakan *extruder*.
- 10) Mengulangi prosedur 1 sampai 11 hingga didapat 5 data pemadatan tanah dengan kadar air yang berbeda. Penambahan air untuk tiap sampel memiliki selisih 3%, dengan 2 sampel diatas kadar air mula dan 2 sampel dibawah kadar air mula.
- 11) Mengambil dan menimbang sebagian sampel tanah hasil percobaan untuk uji kadar air. Kemudian masukkan ke dalam oven selama 24 jam.
- 12) Dari hasil uji *standard proctor* didapatkan nilai berat volume kering maksimum ( $\gamma_{dmax}$ ) dan kadar air optimum ( $W_{opt}$ ).

#### **b. Pengujian *Pressure Method***

Alat tekan pemadat modifikasi berfungsi untuk memadatkan tanah, alat tekan pemadat modifikasi dibuat dengan memodifikasi sebuah dongkrak yang memiliki kuat tekan yang tinggi. Dengan menggunakan sistem hidrolik secara manual menggunakan manometer untuk mengukur tekanan yang diberikan pada saat mengalami tekanan. Cetakan yang akan digunakan yaitu *cubic (mold)* dengan ukuran 10 cm dan tinggi 10 cm.

Cara kerja alat tekan pematik modifikasi dengan cara memompa dongkrak secara manual, maka pelat yang ada tepat berada di bawah dongkrak akan turun. Saat dongkrak dipompa maka akan menekan tanah yang berada di dalam cetakan dan per yang berada di atas menurun menahan beban yang diterima dari dongkrak. Pada saat tanah di padatkan maka manometer akan bergerak sehingga dapat mengetahui berapa besar tekanan yang di terima oleh tanah dengan membaca pada manometer. Pada uji *pressure method* ini, tekanan yang digunakan adalah 5, 10 dan 15 Mpa.

### 3.3.3. Pengujian Permeabilitas

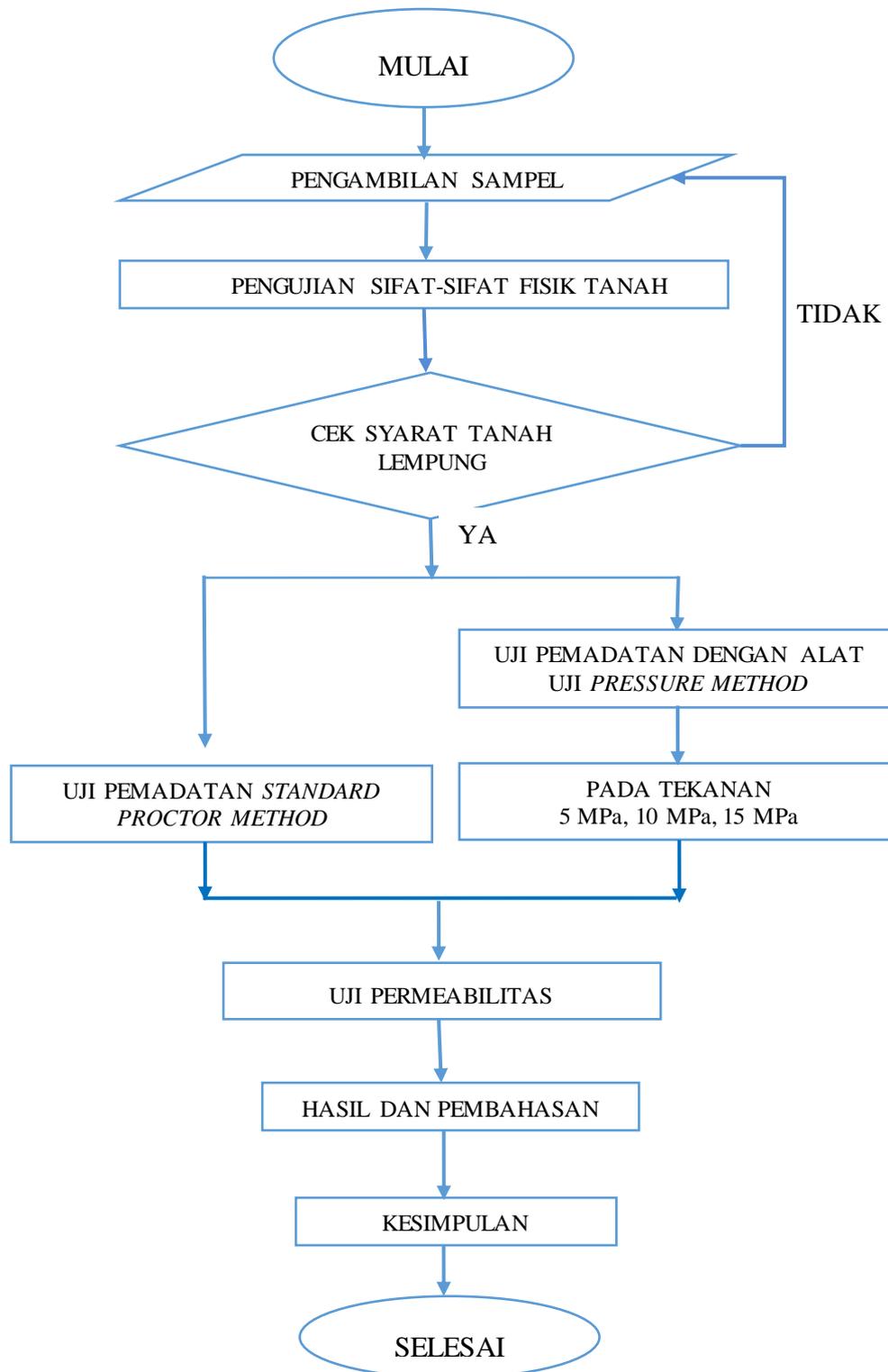
Pengujian permeabilitas tanah dilakukan di laboratorium teknik sipil unila. Tujuan uji permeabilitas adalah untuk mendapatkan nilai koefisien. Karena tanah yang dipakai adalah tanah lempung maka metode dalam uji permeabilitas yang dipakai cara tinggi energi turun (*Falling Head*).

Pengujian permeabilitas pada penelitian ini menggunakan sampel tanah dari uji *pressure method* pada tekanan 5, 10 dan 15. Tujuannya untuk mengetahui nilai koefisien dari metode tekan. Prosedur pengujian permeabilitas sebagai berikut :

- 1) Mempersiapkan tanah yang sudah dipadatkan dengan metode tekanan. (P5, 10, 15 MPa)
- 2) Menutup sampel tanah dengan kertas saring dan penutup.
- 3) Menghubungkan sampel dengan alat uji permeabilitas.

- 4) Membuka keran yang terhubung dari *falling head*, dan membiarkan air mengalir sampai tanah jenuh. Menjenuhkan tanah dapat dibantu dengan menggunakan mesin air.
  - 5) Menunggu sampai volume air yang keluar stabil.
  - 6) Setelah tanah jenuh, membuka keran *burret* yang akan digunakan. Ukur diameter *burret* yang digunakan.
  - 7) Mencatat ketinggian air awal ( $h_1$ ) pada saat  $t = 0$ .
  - 8) Mencatat beda tinggi penurunan air setiap 24 jam hingga waktu yang telah ditentukan.
  - 9) Setelah waktu yang diinginkan sudah tercapai, catat beda tinggi dan durasi waktu yang ada.
  - 10) Mengeluarkan sampel tanah setelah dilakukan pengujian
  - 11) Mengulangi langkah 1 sampai 10 untuk sampel 10, dan 15 Mpa.
- Pada penelitian ini, akan dilakukan perbandingan antara hasil uji permeabilitas akibat metode tekanan dengan metode pemadatan tanah standar. Dengan demikian, buat satu sampel uji permeabilitas dengan menggunakan metode pemadatan tanah standar dengan kadar air optimum yang telah didapatkan.

### 3.4. Bagan Alir Penelitian



Gambar 7. Bagan Alir Penelitian.

## V. PENUTUP

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan yang telah dilakukan, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Diperoleh nilai koefisien permeabilitas pada tekanan 5 MPa sebesar  $1,23E-07$ , pada tekanan 10 MPa sebesar  $4,663E-08$  cm/dtk dan pada tekanan 15 MPa sebesar  $1,308E-08$  cm/dtk. Hal ini membuktikan bahwa sampel tanah yang digunakan layak sebagai bahan inti bendungan. Karena standar nilai permeabilitas untuk inti bendungan maksimal sebesar  $1E-07$  cm/dtk.
2. Sampel tanah yang digunakan dalam penelitian ini berdasarkan sistem klasifikasi AASHTO digolongkan pada kelompok tanah A-7-5 (tanah lempung) dan digolongkan kedalam kelompok CH yaitu tanah lempung berdasarkan sistem klasifikasi USCS.
3. Semakin besar tekanan atau tumbukan yang diberikan pada sampel tanah, maka kepadatan pada sampel tanah akan semakin rapat. Hal ini disebabkan pada saat diberikan tekanan atau tumbukan yang tinggi maka tanah akan semakin padat, karena rongga antar butiran tanah yang seharusnya berisi air dan udara telah digantikan oleh butiran padat yang menyebabkan berat volume kering semakin besar.

4. Berat volume kering pada tanah mempengaruhi permeabilitas karena semakin besar berat volume kering semakin kecil nilai koefisien permeabilitas yang diakibatkan oleh kemampuan air mengalir pada pori – pori tanah yang mengecil. Hal ini juga yang menyebabkan semakin besar tekanan atau tumbukan yang diberikan pada tanah maka semakin kecil koefisien permeabilitasnya.
5. Hubungan koefien permeabilitas dengan metode pemadatan standar dan tekanan 5 MPa, 10 MPa dan 15 MPa memperoleh nilai koefisien permeabilitas yang berada antara 5 dan 10 MPa.

## 5.2. Saran

Untuk penelitian selanjutnya mengenai permeabilitas tanah dengan metode pemadatan standar menggunakan alat uji tekan modifikasi, disarankan beberapa hal dibawah ini untuk dipertimbangkan:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan tekanan yang lebih bervariasi untuk membuktikan kelayakan hubungan alat uji tekan modifikasi dengan permeabilitas.
2. Perlu dilakukan penelitian permeabilitas dengan metode pemadatan modified.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk jenis tanah lainnya.
4. Untuk jenis tanah timbunan biasa pada alat uji tekan modifikasi hanya mampu menahan tekanan sebesar 20 Mpa, karena jika dipaksakan dengan tekanan yang lebih tinggi, maka akan terjadi perlawanan dari sampel tanah tersebut sehingga manometer mengalami naik turun tidak beraturan.

## DAFTAR PUSTAKA

- \_\_\_\_\_. 2002, *SNI 6797:2002 Tata Cara Klasifikasi Tanah dan Campuran Tanah Agregat Untuk Konstruksi Jalan*, Badan Standarisasi Nasional. 10 hlm.
- \_\_\_\_\_. 2008, *SNI 1742:2008 Cara Uji Kepadatan Ringan untuk Tanah*, Badan Standarisasi Nasional. 20 hlm.
- \_\_\_\_\_. 2008, *SNI 1964:2008 Cara Uji Berat Jenis Tanah*, Badan Standarisasi Nasional. 14 hlm.
- \_\_\_\_\_. 2008, *SNI 1965:2008 Cara Uji Penentuan Kadar Air untuk Tanah dan batuan di laboratorium*, Badan Standarisasi Nasional. 16 hlm.
- \_\_\_\_\_. 2008, *SNI 1966:2008 Cara Uji Penentuan Batas Plastis dan Indeks Plastisitas Tanah*, Badan Standarisasi Nasional. 15 hlm.
- \_\_\_\_\_. 2008, *SNI 1967:2008 Cara Uji Penentuan Batas Cair Tanah*, Badan Standarisasi Nasional. 25 hlm.
- \_\_\_\_\_. 2008, *SNI 3423:2008 Cara Uji Analisis Ukuran Butir Tanah*, Badan Standarisasi Nasional. 33 hlm.
- Prihatono, Y. 2011, *Pemadatan Tanah*, <https://yogoz.wordpress.com/2011/01/31/pemadatan-tanah-2/>, Diakses pada 1 Mei 2018.
- Hilman, F. 2017, *Analisis Derajat Kepadatan Tanah Pada Lapisan Subgrade dengan Alat Uji Pressure Method* Skripsi, Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Soedarmo, G.D. dan S.J. Edy Purnomo, 1993, *Mekanika Tanah 1*, Kanisius, Malang.
- Sukirman, Silvia. 1999, *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Nova, Bandung.
- Universitas Lampung, 2016, *Format Penulisan Karya Ilmiah Universitas Lampung*, Unila Offset, Bandar Lampung.
- Verhoef, P.N.W. 1994, *Geologi Untuk Teknik Sipil*, Erlangga, Jakarta.