

**HUBUNGAN PENGUJIAN CBR METODE TUMBUKAN DENGAN ALAT  
UJI CBR METODE TEKANAN BERDASARKAN UJI PEMADATAN  
STANDARD**

**(Skripsi)**

**Oleh:**

**DEVRI SVANSYAH IRWAN**

**1415011043**



**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
2021**

## **ABSTRAK**

### **HUBUNGAN PENGUJIAN CBR METODE TUMBUKAN DENGAN ALAT UJI CBR METODE TEKANAN BERDASARKAN UJI PEMADATAN STANDARD**

**Oleh**

**DEVRI SVANSYAH IRWAN**

Tanah merupakan salah satu material utama yang harus diperhatikan dalam suatu konstruksi pembangunan. Dengan kondisi tanah yang beragam, maka diperlukan proses uji fisik untuk mengetahui karakteristik tanah dan pengujian *California Bearing Ratio* (CBR) laboratorium untuk mengetahui daya dukung tanah dasar. Penelitian ini dilakukan untuk menilai kesesuaian dan keakuratan hasil nilai yang didapatkan dari uji CBR menggunakan dua alat pemadat yang berbeda.

Berdasarkan hasil pengujian, uji CBR *standard proctor* mendapat nilai 7,7% dan pada sampel direndam 3,6%. Sementara itu uji CBR menggunakan alat modifikasi metode tekan pada tekanan 3 MPa, 6 MPa, 9 MPa, dan 12 MPa, masing-masing mendapatkan nilai masing-masing yaitu 4,2%, 6,8%, 9,8%, dan 11,4%. Sedangkan pada sampel rendamannya masing masing mendapat nilai 2,95%, 4,2%, 4,45%, dan 4,56%. Didapatkan hasil uji CBR desain metode tekanan dengan tekanan 6 MPa yang paling mendekati nilai CBR metode standard dengan selisih 0,9% untuk tanpa rendaman dan 0,6% untuk rendaman.

Kata kunci : Standard Proctor, Alat Tekan Pemadat Modifikasi, *California Bearing Ratio* (CBR). Daya Dukung Tanah

## **ABSTRACT**

### ***CORRELATION BETWEEN CBR COMPACTION TEST AND CBR PRESSURE METHOD TEST BASED ON STANDARD PROCTOR TEST***

***By***

**DEVRI SVANSYAH IRWAN**

*Soil is one of the main materials that must be conscientious in a construction. Because soil have diverse conditions, a physical testing process is required to determine soil characteristics and laboratory California Bearing Ratio (CBR) testing is required to determine the bearing capacity of subgrade. This study was conducted to assess the suitability and accuracy of the value results obtained from cbr test using two different compactors.*

*Based on the test results, CBR standard proctor test got a value of 7.7% and in the sample soaked 3.6%. Meanwhile, CBR test using a modification tool of the press method at pressures of 3 MPa, 6 MPa, 9 MPa, and 12 MPa, each get a value of 4.2%, 6.8%, 9.8%, and 11.4%, respectively. While in the soaking sample each got a value of 2.95%, 4.2%, 4.45%, and 4.56%. Cbr test results were obtained by the pressure method at pressure 6 MPa closest to the value of CBR standard proctor with a difference of 0.9% for unsoaked sample and 0.6% for soaked sample.*

*Keywords : Standard Proctor, Modified Pressure Tool, California Bearing Ratio (CBR). Soil Bearing Capacity.*

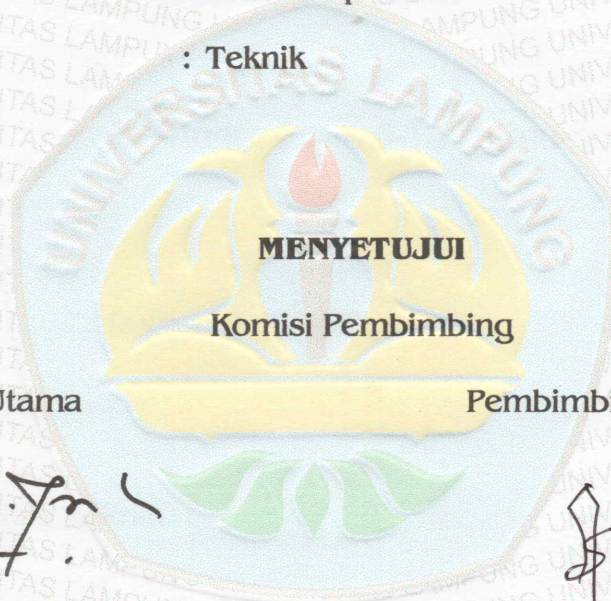
**Judul Skripsi : HUBUNGAN PENGUJIAN CBR METODE  
TUMBUKAN DENGAN ALAT UJI CBR  
METODE TEKANAN BERDASARKAN UJI  
PEMADATAN STANDARD**

**Nama Mahasiswa : Devrisvansyah Irwan**

**Nomor Pokok Mahasiswa : 1415011043**

**Jurusan : Teknik Sipil**

**Fakultas : Teknik**



**Pembimbing Utama**

**Pembimbing Sekretaris**

**Ir. Andius Dasa Putra, S.T., M.T., Ph.D.**  
NIP 19731018 200012 1 001

**Aminudin Syah, S.T., M.Eng.**  
NIP 19880323 201903 1 019

**Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil**

**Ketua Jurusan Teknik Sipil**

**Muhammad Karami, S.T., M.Sc., Ph.D.**  
NIP 19720829 199802 1 001

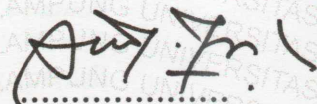
**Ir. Laksmi Irianti, M.T.**  
NIP 19620408 198903 2 001

## MENGESAHKAN

### 1. Tim Penguji

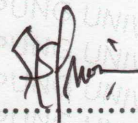
Ketua

: **Ir. Andius Dasa Putra, S.T., M.T., Ph.D.**



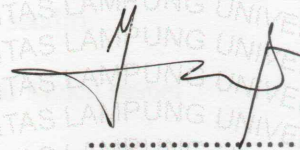
Sekretaris

: **Aminudin Syah, S.T., M.Eng.**



Anggota

: **Iswan, S.T., M.T.**



### 2. Dekan Fakultas Teknik



: **Prof. Drs. Ir. Suharno, Ph.D., IPU., ASEAN Eng.**

NIP 19620717 198703 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **09 Agustus 2021**

## SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini yang berjudul "*Hubungan Pengujian Cbr Metode Tumbukan Dengan Alat Uji Cbr Metode Tekanan Berdasarkan Uji Pemadatan Standard*" tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang dituliskan atau diterbitkan orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu saya menyatakan pula, bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri. Apabila pernyataan saya ini tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 21 Agustus 2021



Devrisvansyah Irwan

## RIWAYAT HIDUP



Devrisvansyah Irwan dilahirkan di Bandar Lampung, pada tanggal 08 April 1996. Penulis merupakan anak ketiga dari pasangan Bapak Irwan Duhir dan Alm. Upik Dahlenawati.

Penulis menempuh pendidikan dasar di SDN 1 Karang Maritim Bandar Lampung dan diselesaikan pada tahun 2008. Pendidikan tingkat pertama ditempuh di MTSN 1

Bandar Lampung dan diselesaikan pada tahun 2011, kemudian melanjutkan Pendidikan tingkat atas di SMA Negeri 5 Bandar Lampung dan diselesaikan pada tahun 2014.

Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung pada tahun 2014 melalui jalur Ujian Masuk Lokal (UML).

Penulis aktif dalam organisasi kemahasiswaan yaitu Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil sebagai anggota pada bidang Kaderisasi pada tahun 2015/2016..

Penulis melakukan Kerja Praktik pada Proyek Pembangunan Jalan Underpass Pada Jalan Z. A. Pagar Alam – Jalan Prof. Dr. Soemantri Brojonegoro Bandar Lampung

2018. Pada tahun 2018 penulis melakukan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Toto Mulyo , Kecamatan Gunung Terang, Kabupaten Tulang Bawabg Barat.

## **PERSEMBAHAN**

Kupersembahkan hasil kerja kerasku ini kepada :

Kedua orangtuaku tercinta, Ibuku tersayang Alm. Upik Dahlenawati,  
Ayahku tersayang Irwan Duhir , yang telah mencurahkan setiap doa,  
kasih sayang, harapan, dan dukungan kepadaku selama ini dalam  
segala hal.

Kakakku tersayang, Darwissyah Irwan Duhir dan Devriyansyah Irwan  
yang selalu memberikan semangat, doa, dan dorongan untukku.

Untuk semua guru-guru dan dosen-dosen yang dengan tulus  
mengajarkan banyak hal kepadaku. Terima kasih untuk ilmu  
pengetahuan, dan pelajaran hidup tak ternilai yang telah diberikan.

Seluruh keluarga besar dan sahabat yang selalu mendukung dan  
memberikan semangatnya hingga aku dapat menyelesaikan tugas  
akhirku ini. Terima

kasih sudah menjadi bagian berharga dalam hidupku.



# Motto Hidup

"Kebahagiaan kita tergantung pada diri kita sendiri.."  
(Aristoteles)

"Semakin tinggi ilmu seseorang, maka semakin tinggi toleransinya."  
(Abdurrahman Wahid)

"Gantungkan cit-cita mu setinggi langit! Bermimpilah setinggi langit. Jika engkau jatuh,  
engkau akan jatuh diantara bintang-bintang"  
(Ir. Soekarno)

"Satu-satunya cara untuk melakukan pekerjaan yang hebat adalah dengan mencintai  
apa yang kamu lakukan."  
(Steve Jobs)

"The More You Know The More You Realize You Don't Know."  
(Aristoteles)

## SANWACANA

*Assalamu'alaikum Wr. Wb.*

Alhamdulillah, segala puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul “***Hubungan Pengujian CBR Metode Tumbukan Dengan Alat Uji CBR Metode Tekanan Berdasarkan Uji Pemadatan Standard***” yang merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih yang tulus dan sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Suharno, M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
2. Ibu Ir. Laksmi Irianti, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
3. Bapak Ir. Muhammad Karami, S.T.,M.Sc.,Ph.D., selaku ketua Program Studi Teknik Sipil, Universitas Lampung
4. Bapak Ir. Andius Dasa Putra, S.T.M.T., Ph. D, selaku Dosen Pembimbing I yang telah sabar dalam membimbing, menasihati serta meluangkan waktunya untuk memberikan pengarahan, masukan, saran dan kritiknya kepada saya demi kesempurnaan skripsi ini.

5. Bapak Aminudin Syah, S.T., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktu untuk membimbing, memberikan pengarahan, motivasi, dan nasihat kepada saya demi kesempurnaan skripsi ini.
6. Bapak Iswan, S. T., M.T., selaku Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan pengarahan, kritik, saran, dan motivasi kepada saya selama masa perkuliahan dan penyusunan skripsi ini.
7. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Sipil, yang telah memberikan ilmu pengetahuan kepada penulis selama menjadi mahasiswa di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
8. Seluruh teknisi dan karyawan di Fakultas Teknik, yang telah memberikan bantuan kepada penulis selama menjadi mahasiswa di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
9. Kedua orangtuaku tercinta, ayahku Irwan Duhir dan Ibuku Alm.Upik Dahlenawati yang telah memberikan kasih sayang, dukungan, dan doa yang tiada henti, sehingga penulis dapat menyelesaikan perkuliahan di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
10. Kakakku, Darwisyah Irwan Duhir dan Devriyansyah Irwan selalu mendukung dan memberikan semangat.
11. Teman terbaikku, Cyntia Caroline D. yang selalu mendukung, memberikan motivasi dan doa, serta selalu ada dalam setiap kesulitan yang aku hadapi.
12. Sahabat tercintaku, Agil Julianto, Andrian Putra A., Bareb Abdi Oktiano, Firman Syahruli, Pandi Aditya, Rizky Prihandoyo, R. Nofan Adyaksa, Sofyan Ramadhan, Yogi Alnasir, berkat kalian 4 tahun perjuangan kita terasa ringan dan indah.

13. Sahabatku tersayang, Afrianzah M. E, Agil Julianto, Cyntia Caroline D., Tegar Prasetia M. terimakasih untuk segala dukungan dan kasih sayang selama 7 tahun ini.
14. Adik sekaligus teman seperjuangan penelitian, Amelia Ndamayanti, terimakasih atas bantuan, kerja sama, saran, dan kritik selama penelitian berlangsung.
15. Saudaraku, teman seperjuanganku angkatan 2014 yang selama beberapa tahun ini telah berbagi kenangan yang tak akan pernah terlupakan, serta seluruh angkatan yang sudah membantu selama masa perkuliahan ini yang mungkin tidak dapat disebutkan satu per satu.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang memerlukan, khususnya bagi penulis pribadi. Selain itu, penulis berharap dan berdoa semoga semua pihak yang telah memberikan bantuan dan semangat kepada penulis, mendapatkan ridho dari Allah SWT.

*Wassalamu'alaikum Wr. Wb.*

Bandar Lampung, Agustus 2021

Penulis

Devrisvansyah Irwan

## DAFTAR ISI

Halaman

<b>DAFTAR TABEL</b> .....	vi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	viii
<b>I. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Tanah .....	5
2.1.1. Tanah Dasar .....	5
2.1.2. Klasifikasi Tanah .....	7
2.2 Pemadatan Tanah .....	14
2.3 Daya Dukung Tanah .....	20
2.4 <i>California Bearing Ratio (CBR)</i> .....	21
2.5 Tinjauan Penelitian Terdahulu .....	25
<b>III. METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1 Bahan Penelitian .....	27
3.2 Metode Pengambilan Sampel .....	28
3.3 Pelaksanaan Pengujian .....	28
3.4 Diagram Alir Penelitian .....	33
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Hasil Pengujian Sampel .....	34
4.2 Klasifikasi Sampel Tanah .....	39
4.3 Pengujian Pemadatan Tanah .....	40
4.4 Pengujian CBR Metode Tumbukan .....	42
4.5 Pengujian CBR dengan Alat Tekanan .....	44
<b>V. SIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan .....	58
5.2 Saran .....	59
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
1. Klasifikasi Tanah Berdasarkan AASTHO.....	9
2. Tanah Berbutir Kasar .....	10
3. Tanah Berbutir Halus .....	10
4. Sistem Klasifikasi Tanah Unified .....	12
5. Sistem Klasifikasi Unified .....	13
6. Beban Penetrasi Bahan Standar .....	24
7. Hasil Pengujian Kadar Air .....	35
8. Hasil Pengujian Berat Volume.....	35
9. Hasil Pengujian Berat Jenis.....	36
10. Hasil Pengujian Batas <i>Atterberg</i> .....	36
11. Kadar Air Batas Cair.....	37
12. Hasil Pengujian Analisa Saringan.....	37
13. Hasil Pengujian Sifat Fisik.....	38
14. Hubungan Berat Volume Kering dengan Kadar Air ( <i>Standard Proctor</i> ) ....	41
15. Hasil Perhitungan Pengujian CBR Tanpa Rendaman Metode Tumbukan .....	42
16. Data Hasil Perhitungan Pengujian CBR Rendaman Metode Tumbukan.....	43
17. Hasil Perhitungan Pengujian CBR Tanpa Rendaman pada Tekanan 3 MPa .....	45
18. Hasil Perhitungan Pengujian CBR Tanpa Rendaman pada Tekanan 6 MPa .....	46
19. Hasil Perhitungan Pengujian CBR Tanpa Rendaman pada Tekanan 9 MPa .....	47
20. Hasil Perhitungan Pengujian CBR Tanpa Rendaman pada Tekanan 12 MPa .....	48
21. Hasil Pengujian CBR Tanpa Rendaman Metode Tekan Dan Berat Volume Kering.....	49
22. Hasil Perhitungan Pengujian CBR Rendaman pada Tekanan 3 MPa.....	50
23. Hasil Perhitungan Pengujian CBR Rendaman pada Tekanan 6 MPa.....	51
24. Hasil Perhitungan Pengujian CBR Rendaman pada Tekanan 9 MPa.....	52
25. Hasil Perhitungan Pengujian CBR Rendaman pada Tekanan 12 MPa.....	53

26. Hasil Perhitungan Pengujian CBR Rendaman dan Berat	
Volume Kering.....	50

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Alat Uji Pemadatan Tanah <i>Standard Proctor</i> .....	18
2. Kurva Hubungan Kadar Air dengan Berat Volume Kering.....	19
3. <i>Hammer</i> dan Mold Uji <i>CBR</i> Laboratorium .....	23
4. Alat Uji Penetrasi <i>CBR</i> Laboratorium .....	23
5. Lokasi Sampel Tanah.....	27
6. Alat Tekan Pemadat Modifikasi .....	32
7. Diagram Alir Penelitian .....	33
8. Grafik Hasil Pengujian Analisa Saringan .....	38
9. Diagram Plastisitas.....	39
10. Grafik Hubungan Berat Volume Kering dengan Kadar Air Standard Proctor .....	41
11. Hubungan Nilai CBR Tanpa Rendaman Metode Tumbukan dengan Berat Volume Kering.....	43
12. Hubungan Nilai CBR Rendaman Metode Tumbukan dengan Berat Volume Kering .....	44
13. Hubungan Nilai CBR Tanpa Rendaman pada Tekanan 3 MPa dengan Berat Volume Kering.....	45
14. Hubungan Nilai CBR Tanpa Rendaman pada Tekanan 6 MPa dengan Berat Volume Kering.....	46
15. Hubungan Nilai CBR Tanpa Rendaman pada Tekanan 9 MPa dengan Berat Volume Kering.....	47
16. Hubungan Nilai CBR Tanpa Rendaman pada Tekanan 12 MPa dengan Berat Volume Kering.....	48
17. Hubungan Nilai CBR Desain Tumbukan Tanpa Rendaman dengan Nilai CBR Desain Metode Tekanan .....	49
18. Hubungan nilai CBR dengan berat volume kering metode tekanan dan tumbukan <i>standard proctor</i> .....	50
19. Hubungan Nilai CBR Rendaman Tekanan 3 MPa dengan Berat Volum Kering .....	51
20. Hubungan Nilai CBR Rendaman Tekanan 6 MPa dengan Berat Volum Kering .....	52



21. Hubungan Nilai CBR Rendaman Tekanan 9 MPa dengan Berat Volum Kering .....	53
22. Hubungan Nilai CBR Rendaman Tekanan 12 MPa dengan Berat Volum Kering .....	54
23. Hubungan Nilai CBR desain Rendaman Tekanan dengan Nilai CBR desain Rendaman Metode Tumbukan.....	54
24. Hubungan nilai CBR rendaman dengan berat volume kering metode tekanan dan tumbukan standard proctor .....	55
25. Hubungan Nilai CBR Tanpa Rendaman dengan Nilai CBR Rendaman Metode Tekanan.....	56
26. Hubungan Nilai Berat Volume Kering pada Uji CBR Rendaman dan Tanpa Rendaman Metode Tekanan.....	56

## **I. PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Jalan adalah salah satu prasarana yang penting dalam memenuhi kebutuhan untuk transportasi dan pembangunan nasional. Pada pembangunan dan peningkatan prasarana jalan di Indonesia, lebih dari setengahnya terletak di atas tanah sulit yang memerlukan perbaikan sebelum digunakan sebagai fondasi konstruksinya (Tanzil, 1991).

Pada konstruksi jalan, tanah dasar merupakan lapisan tanah yang akan menerima beban dari lapisan-lapisan perkerasan yang ada di atasnya, yang juga merupakan bagian terakhir yang menerima distribusi beban dari lapisan permukaan (Chairullah, 2011). Oleh karena itu tanah dasar mempunyai andil yang sangat penting dikarenakan lapisan konstruksi perkerasan jalan bergantung pada sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar tersebut.

Bowles (1984) menyatakan bahwa jika tanah dalam kondisi sangat lepas, mudah tertekan, permeabilitas yang terlalu tinggi, atau sifat lain yang tidak diinginkan untuk suatu proyek pembangunan, maka tanah harus distabilisasi. Salah satu metode stabilisasi tanah yaitu dengan pemadatan tanah . Pemadatan tanah merupakan proses naiknya kerapatan tanah dengan memperkecil jarak

antar partikel sehingga terjadi reduksi volume udara (Prihatono, 2011). Untuk memadatkan tanah ada beberapa metode yang dapat digunakan, yaitu dengan mesin penggilas untuk di lapangan dan pemadatan yang dilakukan di laboratorium.

Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi memberi dampak kepada pengembangan metode pemadatan timbunan tanah pilihan, pengujian pemadatan tanah di laboratorium turut mengalami kemajuan dengan tujuan menciptakan suatu metode yang dapat memberikan kemudahan bagi para penggunanya. Diperlukan pengujian daya dukung tanah dasar (*subgrade*) dengan uji *California Bearing Ratio* (CBR) agar hasil dari penemuan metode tersebut akurat.

California Bearing Ratio (CBR) adalah rasio dari gaya perlawanan penetrasi dari tanah terhadap penetrasi sebuah piston yang ditekan secara kontinu dengan gaya perlawanan penetrasi serupa pada contoh tanah standar berupa batu pecah di California (Putra, 2017). Pengujian CBR dilakukan untuk mengevaluasi potensi kekuatan material lapis tanah dasar, pondasi, dan juga material yang didaur ulang untuk kepentingan konstruksi perkerasan jalan dan lapangan terbang.

Maka dari itu, agar dapat mengetahui daya dukung tanah dan kesesuaian alat uji tersebut, didalam penelitian ini akan dilakukan pengujian pemadatan tanah dengan menggunakan alat standar tumbukan menggunakan *hammer* dan dengan alat modifikasi untuk metode tekanan yang dilakukan di laboratorium.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah untuk mengetahui korelasi antara nilai CBR laboratorium yang sesuai ASTM dengan CBR metode tekanan menggunakan alat uji tekan modifikasi.

## **1.3 Batasan Masalah**

Agar penelitian ini sesuai dengan tujuan yang diharapkan, maka penelitian ini dibatasi dalam beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Sampel tanah yang digunakan dalam penelitian ini merupakan tanah yang bersumber dari Desa Marga Kaya, Kecamatan Jati Agung, Kabupaten Lampung Selatan karena tanah pada lokasi tersebut sering dipakai sebagai bahan penelitian.
2. Penelitian ini membahas tentang berapa nilai tekanan yang diperlukan agar nilai berat volume kering maksimum tanah pada CBR metode tekanan mendekati nilai berat volume kering maksimum pada CBR Lab sesuai ASTM

## **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui tekanan yang diperlukan agar nilai CBR metode tekanan sesuai dengan nilai CBR tumbukan pada CBR Laboratorium sesuai asas ASTM.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat di masa yang akan datang. Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini yaitu agar dapat menghitung dan mengetahui besar konversi dari pengujian CBR dengan menggunakan alat pemadat yang berbeda, yaitu dengan menggunakan *standard proctor* di laboratorium dan dengan alat uji pemadat tekanan modifikasi. Dan agar bermanfaat bagi dinas pekerjaan umum/instansi terkait, kontraktor, dan untuk bertambahnya wawasan bagi pembaca mengenai uji pemadatan tanah dan uji CBR. Penelitian ini bisa dijadikan referensi pengetahuan agar dapat mempercepat langkah untuk mendapatkan nilai-nilai hasil pengujian pada standar kepadatan yang diinginkan dengan metode yang digunakan pada tanah berbutir halus.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tanah

#### 2.1.1 Tanah Dasar (*Subgrade*)

Tanah merupakan benda alami yang dapat dengan mudah ditemukan di permukaan bumi yang terwujud dari hasil pencampuran bahan-bahan mineral di lingkungan sekitarnya. Dari segi fisik tanah batuan yang mengandung bahan anorganik maupun bahan organik dapat melapuk karena adanya pengaruh dari unsur lain.

Berdasarkan definisi tersebut maka dapat diartikan bahwa tanah merupakan akumulasi dari berbagai partikel mineral yang terikat antara satu sama lain dan terbentuk akibat pelapukan dari batuan. Tanah mengalami proses penghancuran secara fisis dan kimiawi dalam pembentukan tanah dari batuan disekitarnya. Dari kedua proses tersebut maka tanah dapat memiliki perbedaan dalam wujud struktur dan sifat tanahnya.

Menurut Verhoef (1994), tanah dapat dibagi menjadi tiga kelompok yaitu:

1. Tanah berbutir kasar (pasir, kerikil)
2. Tanah berbutir halus (lanau, lempung)
3. Tanah campuran

Perbedaan antara pasir dan kerikil dengan lanau atau lempung dapat dilihat perbedaannya dari sifat material tersebut. Tanah lanau maupun lempung sering terbukti memiliki sifat kohesif (saling mengikat) sedangkan pada material berbutir kasar seperti pasir dan kerikil mempunyai sifat tidak kohesif (tidak saling mengikat). Tanah dapat diklasifikasikan secara umum sebagai tanah tidak kohesif dan tanah kohesif, atau tanah berbutir kasar dan berbutir halus (Bowles, 1989).

Lapisan tanah dengan ketebalan 50 – 100 cm dimana dapat diletakkan lapisan pondasi bawah di atasnya dinamakan lapisan tanah dasar (*subgrade*) yang merupakan tanah asli yang telah dipadatkan, tanah yang dibawa dari tempat lain dan dipadatkan, atau tanah campuran yang telah distabilisasi dengan baik. Sebelum meletakkan lapisan-lapisan lain, tanah dasar dipadatkan hingga mencapai nilai kestabilan yang tinggi terhadap pergantian volume, kemudian sifat daya dukung tanah tersebut yang menjadi salah satu faktor kekuatan dan awetnya suatu konstruksi. Jika ditinjau dari muka tanah asli, maka lapisan tanah dasar dapat dibedakan menjadi 3 macam, yaitu:

- a) Lapisan tanah dasar, yaitu tanah timbunan.
- b) Lapisan tanah dasar, yaitu tanah asli.
- c) Lapisan tanah dasar, yaitu tanah galian.

Adapun masalah yang seringkali ditemui terhadap tanah dasar yaitu:

- a. Di lokasi yang akan ditinjau, daya dukung tanah dasar tidak merata dengan jenis dan karakteristik tanah yang berbeda-beda.

- b. Perubahan bentuk dari jenis tanah akibat beban di atasnya. Hasil nilai CBR menunjukkan daya dukung tanah dasar, hal ini merupakan indikasi dari perubahan bentuk yang mungkin dapat terjadi.
- c. Sifat menyusut dan mengembang dari tanah akibat perubahan kadar air. Hal ini dapat diantisipasi dengan pemadatan tanah pada kadar air optimum untuk mencapai kepadatan tertentu agar dapat meminimalisir perubahan volume yang dapat terjadi di kemudian hari.

Adanya perbedaan penurunan akibat adanya lapisan tanah lunak di bawah tanah dasar yang bisa berakibat terjadinya perubahan bentuk tetap. Solusi dari masalah ini adalah dengan melakukan penyelidikan tanah secara akurat. Pemeriksaan dengan mengaplikasikan alat bor dapat mengetahui kondisi yang lebih jelas tentang lapisan tanah yang ada di bawah lapisan tanah dasar.

### **2.1.2 Klasifikasi Tanah**

Klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tapi mempunyai sifat yang serupa ke dalam kelompok dan subkelompok berdasarkan pemakaiannya (Das, 1995). Tujuan klasifikasi tanah adalah untuk menentukan kesesuaian terhadap pemakaian tertentu, serta untuk menginformasikan tentang keadaan tanah dari suatu daerah kepada daerah lainnya dalam bentuk berupa data dasar. seperti karakteristik pemadatan, kekuatan tanah, berat isi, dan sebagainya (Bowles, 1989). Sistem klasifikasi tanah itu sendiri pada dasarnya dibuat untuk memberikan informasi tentang karakteristik tanah dan dikelompokkan sesuai dengan



variasi sifat dan perilaku tanah tersebut. Sistem klasifikasi yang diterapkan yaitu dengan cara mengelompokkan tanah ke dalam kategori berdasarkan kesamaan sifat fisik tanah.

Ada beberapa macam sistem klasifikasi tanah yang umumnya digunakan sebagai hasil pengembangan dari sistem klasifikasi yang sudah ada. Beberapa sistem tersebut memperhitungkan distribusi ukuran butiran dan batas-batas *Atterberg*, sistem tersebut merupakan sistem klasifikasi tanah berdasarkan AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Official*) dan sistem klasifikasi tanah berdasarkan USCS (*Unified System Clasification Soils*).

a) Sistem Klasifikasi AASTHO

Sistem klasifikasi AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Official*) ini telah mengalami beberapa perbaikan-perbaikan, dan yang berlaku saat ini adalah yang diajukan oleh *Commite on Classification of Material for Subgrade and Granular Type Road of the Highway Research Board* pada tahun 1945 (ASTM Standar No.D-3282, AASHTO model M105). Sistem klasifikasi ini berguna untuk menentukan kualitas tanah pada pekerjaan jalan yaitu lapis dasar (*sub-base*) dan tanah dasar (*subgrade*). Sistem klasifikasi AASHTO bermanfaat untuk menentukan kualitas tanah guna pekerjaan jalan yaitu lapis dasar (*sub-base*) dan tanah dasar (*subgrade*).

Tabel 1. Klasifikasi Tanah Berdasarkan AASTHO

Klasifikasi Umum	Tanah Berbutir ( $\leq 35\%$ dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No.200)						
	A1		A3	A2			
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 11
Tipe mineral yang paling dominan	Batu pecah, kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerikil dan pasir yang berlanau atau berlempung			
Pennilaian sebagai bahan tanah dasar	Baik sekali sampai baik						
Klasifikasi umum	Tanah berbutir ( $> 35\%$ 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	Min 41 Maks 10	Maks 40 Min 11	Min 41 Min 11			
Tipe mineral yang paling dominan	Tanah Berlanau			Tanah Berlempung			
Pennilaian sebagai bahan tanah dasar	Biasa sampai jelek						

Sumber : Sistem AASTHO, Das (1995).

Berdasarkan sifat-sifat tanah maka dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok, yaitu:

1. Kelompok tanah berbutir kasar (<35% lolos saringan no.200)

Tabel 2. Tanah Berbutir Kasar

Kode	Karakteristik Tanah
A-1	Tanah yang terdiri dari kerikil dan pasir kasar dengan sedikit atau tanpa butir halus, dengan atau tanpa sifat plastis.
A-2	Terdiri dari pasir halus dengan sedikit butir halus lolos saringan no. 200 dan tidak plastis.
A-3	Kelompok batas tanah berbutir kasar dan halus dan merupakan campuran kerikil/pasir dengan tanah berbutir halus cukup banyak (<35%).

Sumber: Sistem Klasifikasi AASTHO.

2. Kelompok Tanah Berbutir Halus (>35% lolos saringan no.200)

Tabel 3. Tanah Berbutir Halus

Kode	Karakteristik Tanah
A-4	Tanah lanau dengan sifat plastisitas rendah
A-5	Tanah lanau yang mengandung lebih banyak butir-butir plastis, sehingga sifat plastisnya lebih besar dari A-4.
A-6	Tanah lempung yang masih mengandung butiran pasir dan kerikil, tetapi sifat perubahannya cukup besar.
A-7	Tanah lempung yang lebih bersifat plastis dan mempunyai sifat perubahan yang cukup besar.

Sumber: Sistem Klasifikasi AASTHO.

b) Sistem Klasifikasi *Unified Soil Classification System* (USCS)

Sistem ini pada awalnya diperkenalkan oleh Casagrande pada tahun 1942 dan *American Society for Testing and Materials* (ASTM) menggunakan USCS sebagai standar guna klasifikasi tanah. Pada awalnya, sistem ini diperkenalkan oleh Casagrande (1942) untuk digunakan di pekerjaan pembuatan lapangan terbang (Das, 1995). Dalam USCS, suatu tanah diklasifikasikan ke dalam dua kategori utama yaitu:

1. Tanah berbutir kasar yaitu terdiri atas kerikil dengan presentase lolos saringan no.200  $< 50\%$  dengan simbol G (*gravel*) yang berarti kerikil atau tanah berkerikil (*gravelly soil*), dan pasir dengan simbol S (*sand*) atau tanah berpasir (*sandy soil*).
2. Tanah berbutir halus, dengan presentase lebih dari 50% tanah lolos saringan no.200. Diawali dengan simbol M (*silt*) untuk tanah lanau, lempung dengan simbol C (*clay*), atau simbol O untuk tanah lanau dan lempung organik. Simbol Pt ditujukan untuk tanah gambut (*peat*) dan tanah dengan kandungan organik yang tinggi. Tanda L ditujukan untuk plastisitas rendah dan H untuk berplastisitas tinggi.

Tabel 4. Sistem Klasifikasi Tanah *Unified*

Jenis Tanah	Prefiks	Sub Kelompok	Sufiks
Kerikil	G	Gradasi baik Gradasi Buruk	W P
Pasir	S	Berlanau Berlempung	M C
Lanau	M		
Lempung	C	WL<50%	L
Organik	O	WL>50%	H
Gambut	Pt		

Sumber: Bowles, 1991.

Keterangan:

P : *Poorly Graded* (tanah dengan gradasi buruk)

W : *Well Graded* (tanah bergradasi baik)

H : *High Plasticity* (berplastisitas tinggi,  $LL > 50$ )

L : *Low Plasticity* (berplastisitas rendah,  $LL < 50$ )

Tabel 5. Klasifikasi Tanah Berdasarkan USCS

Divisi Utama		Simbol	Nama Umum
Tanah Berbutir Kasar $\geq 50\%$ butiran tertahan saringan No. 200	Kerikil $\geq 50\%$ fraksi kasar lolos saringan No. 4	Kerikil bersih (hanya kerikil)	GW Kerikil bergradasi-baik, dan campuran kerikil pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus
		Kerikil dengan butiran halus	GP Kerikil bergradasi-buruk dan campuran kerikil pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus
		Pasir Bersih (hanya pasir)	GM Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lempung
			GC Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-berlanau
	Pasir $\geq 50\%$ fraksi kasar lolos saringan No. 4	Pasir Bersih (hanya pasir)	SW Pasir bergradasi-baik, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus
			SP Pasir bergradasi-buruk, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus
		Pasir dengan butiran halus	SM Pasir Berlanau, campuran pasir lanau
			SC Pasir berlempung, campuran pasir-lempung
	Tanah Berbutir Halus 50% atau lebih lolos saringan No. 200	Lanau dan Lempung batas cair $\leq 50\%$	ML Lanau organik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung
			CL Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung "kurus" ( <i>lean clays</i> )
OL Lanau organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah			
Lanau dan Lempung batas cair $\geq 50\%$		MH Lanau anorganik atau pasir halus diatomae, atau lanau diatomae, lanau yang elastis	
		CH lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung "gemuk" ( <i>fat clays</i> )	
		OH Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi	
Tanah-tanah dengan kandungan organik sangat tinggi	PT Peat (gambut), <i>muck</i> , dan tanah-tanah lain dengan kandungan organik tinggi		

Sumber: USCS, Hardiyatmo, (1992).

## 2.2 Pemadatan Tanah

Pemadatan tanah adalah proses naiknya kerapatan tanah dengan memperkecil jarak antar partikel yang menyebabkan reduksi volume udara. Tujuan dari pemadatan tanah yaitu untuk meningkatkan kuat geser tanah, memperkecil daya rembesan air, mengurangi perubahan volume sebagai akibat dari perubahan kadar air, memperkecil permeabilitas tanah, mengurangi penurunan oleh beban (kompresibilitas), dan lain sebagainya.

Uji pemadatan digunakan untuk menentukan hubungan kadar air dan berat volume, serta mengevaluasi tanah agar tanah tersebut memenuhi syarat kepadatannya. Nilai kepadatan tanah yang di peroleh sesudah pemadatan akan berbeda - beda, tergantung dari kadar air atau water content tanah tersebut. Tingkat pemadatan diukur dari berat volume kering yang dipadatkan. Apabila menambahkan air pada suatu tanah yang sedang dipadatkan, air tersebut akan berfungsi sebagai unsur pelumas atau pembasah pada partikel-partikel tanah. Partikel tersebut lebih mudah bergeser dan bergerak dengan membentuk fisik yang lebih rapat/padat.

Dalam usaha pemadatan yang sama, berat volume kering dari tanah akan naik bila kadar air dalam tanah (pada saat dipadatkan) meningkat (Prihatono, 2011). Prinsipnya, apabila pada saat kadar air  $w = 0$ , berat volume basah dari tanah adalah sama dengan berat volume keringnya. Dan ketika kadar air ditingkatkan secara bertahap pada usaha pemadatan yang serupa, maka berat jumlah bahan padat dalam tanah per satuan volume dapat meningkat secara bertahap pula. Setelah mencapai kadar air tertentu, yaitu saat kadar air optimum, adanya

penambahan air dapat menyebabkan turunnya berat volume kering tanah. Hal ini terjadi karena air mengisi rongga pori tanah yang seharusnya dapat diisi dengan butiran tanah padat. Kadar air dimana nilai berat volume kering mencapai maksimum disebut kadar air optimum. Percobaan di laboratorium yang umum dilakukan untuk mendapatkan berat volume kering maksimum dan kadar air optimum adalah uji pemadatan *Proctor*.

Selain kadar air, faktor yang dapat mempengaruhi pemadatan tanah adalah jenis dan usaha pemadatan tanah. Bentuk butiran tanah, distribusi ukuran butiran, berat spesifik bagian padat tanah, jenis tanah, serta jumlah dan jenis mineral yang ada pada tanah memiliki pengaruh besar terhadap nilai berat volume kering maksimum dan kadar air optimum dari tanah tersebut. Bila kadar air rendah, terjadi tegangan kapiler pada pori tanah untuk mencegah kecenderungan partikel tanah bergerak dengan bebas. Lalu tegangan kapiler tersebut akan berkurang ketika kadar air bertambah sehingga partikel menjadi lebih padat dan mudah bergerak.

Kurva pemadatan akan berubah ketika usaha pemadatan per satuan volume tanah berubah. Namun perlu diingat bahwa tingkat kepadatan tanah tidak langsung sebanding dengan usaha pemadatannya.

a. Uji Pemadatan Tanah

Untuk mengevaluasi tanah agar memenuhi syarat kepadatan, dan untuk menentukan hubungan kadar air dengan berat volume, maka dapat dilakukan uji pemadatan.



Hardiyatmo (2002), 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 tertentu untuk mencapai berat volume kering maksimumnya ( $\gamma_{d\text{maks}}$ ).

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

$$\gamma_d = \frac{\gamma_b}{1 + w} \dots\dots\dots (2.1)$$

Setelah pemadatan, berat volume kering tergantung pada kadar air, jenis tanah, dan usaha yang diberikan oleh alat penumbuknya. Faktor yang perlu diperhatikan dalam pekerjaan pemadatan adalah sebagai berikut:

1. Tebal lapisan yang dipadatkan

Untuk mencapai kepadatan yang diinginkan maka pemadatan harus dilaksanakan lapis demi lapis bergantung dari jenis tanah dan alat pemadat yang dipakai. Makin tebal suatu kepadatan tertentu maka diperlukan alat pemadat yang semakin berat.

2. Kadar air tanah

Tanah sukar dipadatkan apabila kadar air rendah maka dapat menambah air untuk menaikkan kadar air. Namun bila kadar air terlalu tinggi akan menyebabkan menurunnya kepadatan. Jadi untuk memperoleh kepadatan maksimum diperlukan kadar air optimum dengan diadakannya percobaan pemadatan di laboratorium yang dikenal dengan uji *standard proctor test* dan *modified proctor test*.

### 3. Alat pekerjaan

Pemilihan alat pemadat dapat disesuaikan dengan kepadatan yang ingin dicapai. Alat pemadat harus disesuaikan dengan jenis tanah yang akan dipadatkan agar tujuan pemadatan dapat tercapai.

### 4. Pengaruh Usaha Pemadatan

Energi pemadatan per volume satuan ( $E$ ), dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut:

$$E = (N_b \cdot N_i \cdot W \cdot H) / V \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan:

$E$  = Energi pemadatan per volume satuan (ft-lb/ft<sup>3</sup>)

$N_b$  = Jumlah pukulan per lapisan

$N_i$  = Jumlah lapisan

$W$  = Berat pemukul (lb)

$H$  = Tinggi jatuh pemukul (ft)

$V$  = Volume *modal* (m<sup>3</sup>)

#### b) Pemadatan dengan *Standard Proctor*

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 ( $\gamma_{dmax}$ ).

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. Prinsip pengujiannya diterangkan dibawah ini.

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. Tanah dipadatkan dalam 3 (tiga) lapisan dengan tiap lapisan ditumbuk sebanyak 25 kali pukulan. Gambar 1 berikut ini adalah alat uji pemadatan tanah *standard proctor*.

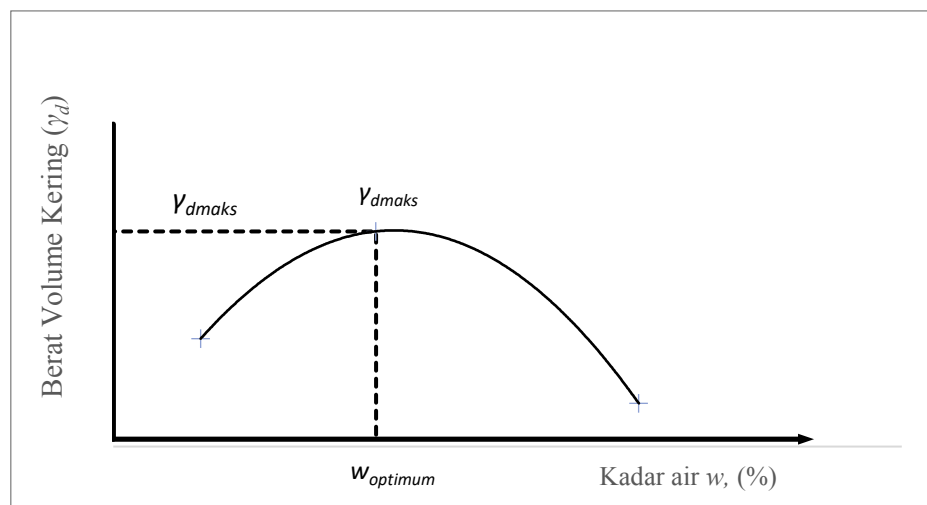


Gambar 1. Alat Uji Pemadatan Tanah *Standard Proctor*

Sesuai dengan yang tercantum pada ketentuan SNI 1742:2008, bahwa cetakan harus terbuat dari logam berdinding kuat dilengkapi dengan leher sambung yang dibuat dari bahan yang sama. Cetakan dan leher sambung harus dipasang dengan kuat. Dengan cetakan berdiameter 101,6 mm dan

kapasitas  $943 \text{ cm}^3 \pm 8 \text{ cm}^3$  dengan diameter dalam  $101,60 \text{ mm} \pm 0,41 \text{ mm}$ , dan memiliki tinggi  $116,43 \text{ mm} \pm 0,13 \text{ mm}$ . Kemudian cetakan berdiameter  $152,4 \text{ mm}$  dengan kapasitas  $2124 \pm 21 \text{ cm}^3$  dengan diameter dalam  $152,4 \text{ mm} \pm 0,66 \text{ mm}$ , dan memiliki tinggi  $116,4 \text{ mm} \pm 0,13 \text{ mm}$ .

Dalam uji pemadatan, percobaan biasanya paling sedikit diuji sebanyak 5 kali dengan jumlah kadar air yang bervariasi. Kemudian digambarkan grafik hubungan kadar air dan berat volume keringnya seperti pada Gambar 2. Dari pengujian ini akan memperlihatkan nilai kadar air optimum ( $w_{opt}$ ) untuk mencapai berat volume kering terbesar atau kepadatan kering maksimum ( $\gamma_d \text{ maks}$ )



Sumber: Hardiyatmo (1992)

Gambar 2. Kurva Hubungan Kadar Air dengan Berat Volume Kering

### 2.3 Daya Dukung Tanah

Daya dukung tanah (*bearing capacity*) adalah kekuatan tanah untuk menahan suatu beban di atasnya. Daya dukung tanah dipengaruhi oleh jumlah air, kohesi tanah, dan tegangan normal tanah.

Sebagian besar teori daya dukung tanah dikembangkan berdasarkan teori plastisitas dimana tanah dianggap berkelakuan sebagai bahan yang bersifat plastis. Pemahaman ini dikenalkan oleh Prandtl pada tahun 1921 dan dikembangkan bersamaan dari analisis kondisi aliran yang kemudian dikembangkan kembali oleh Terzaghi (1943), Meyerhof (1955), Hansen (1970), Vesic (1973) dan lainnya. Analisis daya dukung tanah ditentukan dari daya dukung ultimate yang sesuai dan dilakukan dengan cara empiris untuk memudahkan dalam perhitungan.

Dalam menentukan nilai daya dukung tanah, ada beberapa metode yang dapat digunakan seperti DCP (*Dynamic Cone Penetrometer*), CBR (*California Bearing Ratio*), dan lain sebagainya. Namun dalam penelitian ini akan menggunakan metode CBR (*California Bearing Ratio*) untuk menentukan nilai daya dukung tanah yang akan dilaksanakan di laboratorium dan CBR dengan alat uji tekan modifikasi. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan korelasi parameter nilai CBR antara hasil uji CBR menggunakan alat uji tekan modifikasi metode tekanan dengan hasil uji CBR laboratorium metode modifikasi.

## 2.4 *California Bearing Ratio (CBR)*

Pengujian *California Bearing Ratio (CBR)* adalah perbandingan antara beban penetrasi suatu beban terhadap beban standar dengan kecepatan dan kedalaman penetrasi yang sama. Uji CBR ini adalah percobaan daya dukung tanah yang dikembangkan oleh *California State Highway Departement*. Prinsip pengujian ini ialah pengujian penetrasi dengan menusukkan benda ke dalam benda uji.

Tujuan dilakukan pengujian CBR adalah untuk mengetahui nilai CBR pada variasi kadar air pemadatan. Nilai yang diperoleh dari uji CBR untuk menentukan kekuatan lapisan tanah dasar (*subgrade*) dapat dipakai untuk menentukan tebal perkerasan yang diperlukan (Wesley, 1977). Tanah dasar (*subgrade*) pada kontruksi jalan baru merupakan tanah asli, tanah timbunan, atau tanah galian yang sudah dipadatkan sampai mencapai kepadatan 95% dari kepadatan maksimum.

Maka dari itu, setelah tanah dipadatkan daya dukung tanah dasar tersebut merupakan nilai kemampuan lapisan tanah untuk memikul beban.

Percobaan uji CBR ini dapat dilakukan dengan 3 cara, yaitu:

### 1. CBR Lapangan

Uji ini digunakan untuk mendapatkan nilai CBR asli sesuai dengan kondisi tanah pada saat itu. Biasanya digunakan untuk perencanaan tebal perkerasan yang dimana lapisan tanah dasarnya tidak akan dipadatkan lagi.

## 2. CBR Lapangan Rendaman

Umum digunakan untuk mendapatkan nilai CBR di lapangan dengan kondisi jenuh air dan tanah mengalami pengembangan (*swelling*) yang maksimum. Pengujian ini sering dilakukan di lapisan tanah dasarnya tidak akan dipadatkan lagi, dan terletak di daerah yang badan jalannya sering terendam air. Untuk pemeriksaan dapat dilakukan dengan mengambil contoh tanah ke dalam tabung (*mold*) ditekan masuk ke dalam tanah dan disesuaikan dengan kedalaman yang diinginkan. Setelah tabung tersebut dikeluarkan dan direndam dalam air selama beberapa hari seraya mengecek dan mengukur pengembangannya. Apabila tidak terjadi pengembangan lagi, dapat dilakukan pemeriksaan CBR.

## 3. CBR Laboratorium

Dalam suatu pekerjaan konstruksi jalan, tanah dasar (*subgrade*) yang digunakan telah dipadatkan sampai mencapai 95% kepadatan maksimum. Dengan demikian, daya dukung tanah dasar merupakan nilai kemampuan tanah memikul beban di atasnya. CBR laboratorium dibedakan atas 2 macam yaitu CBR Laboratorium rendaman dan tanpa rendaman.

Pada pengujian CBR laboratorium rendaman pelaksanaannya lebih sulit karena memerlukan waktu dan biaya yang relatif lebih besar dibandingkan uji CBR tanpa rendaman. Dan dari hasil uji CBR laboratorium tanpa rendaman sejauh ini menghasilkan daya dukung tanah yang lebih besar daripada nilai yang didapatkan dari hasil CBR laboratorium rendaman. Alat uji CBR laboratorium metode tumbukan dapat dilihat dari Gambar 3 dan 4 berikut ini.



Gambar 3. *Hammer* dan Mold Uji CBR Laboratorium



Gambar 4. Alat Uji Penetrasi CBR Laboratorium



Dalam pengujian kekuatan dengan alat CBR laboratorium, penentuan nilai CBR untuk pondasi jalan adalah pada penetrasi 0,1” dan penetrasi 0,2”. Rumus perhitungan dalam penentuan nilai CBR adalah dapat dilihat sebagai berikut:

$$\text{Nilai CBR pada penetsai 0,1''} = \frac{A}{3000} \times 100\% \dots\dots\dots(2.3)$$

$$\text{Nilai CBR pada penetsai 0,2''} = \frac{B}{4500} \times 100\% \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana:

*A* : Pembacaan dial pada saat penetrasi 0,1”

*B* : Pembacaan dial pada saat penetrasi 0,2”

Nilai CBR yang didapat adalah nilai yang terkecil diantara hasil perhitungan kedua nilai CBR. Berikut ini adalah tabel beban yang digunakan untuk melakukan penetrasi bahan standar.

Tabel 6. Beban Penetrasi Bahan Standar

Penetrasi (inch)	Beban Standar (lbs)	Tekanan Standar (lbs/inch)
0,1	3000	1000
0,2	4500	1500
0,3	5700	1900
0,4	6900	2300
0,5	7800	6000

Adapun rumus kepadatan kering desain adalah sebagai berikut:

$$\text{Kepadatan kering desain} = 95\% \times \text{kepadatan kering maksimum} \dots\dots(2.5)$$

## 2.5 Tinjauan Penelitian Terhadulu

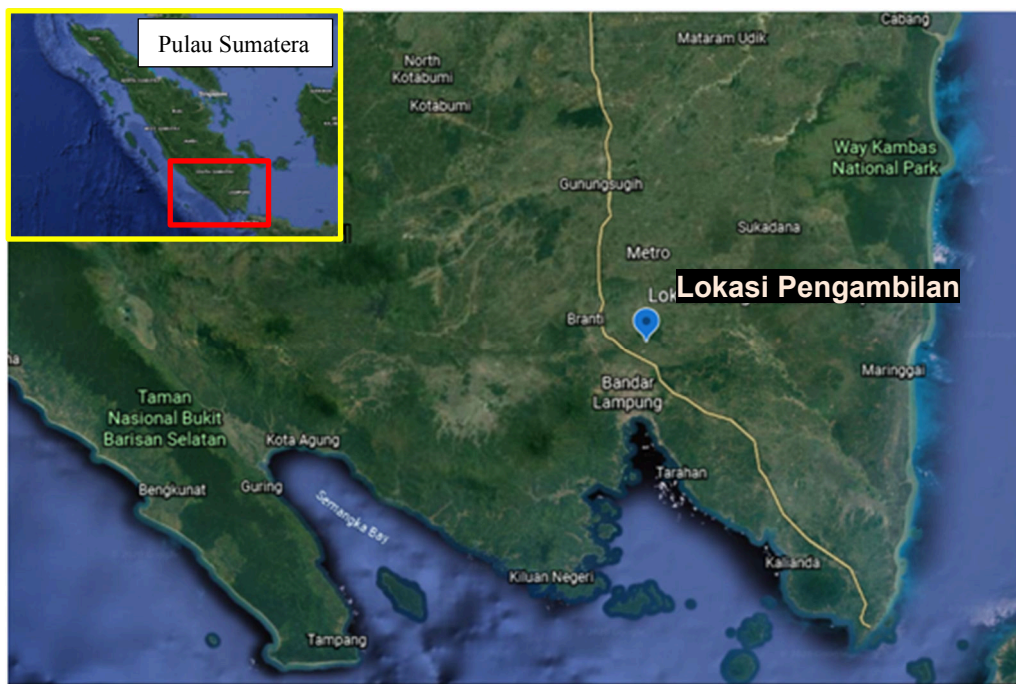
1. Penelitian yang dilakukan oleh Utami, W. (2019). Mengenai aplikasi alat uji tekan modifikasi metode tekanan (*pressure method*) terhadap daya dukung tanah dasar (*subgrade*) berdasarkan *standard proctor method*, dengan sampel tanah berjenis pasir berlanau yang berasal dari Tirtayasa, Bandar Lampung. Berdasarkan hasil penelitian, didapat kenaikan nilai CBR di setiap tekanan pada pengujian CBR rendaman menggunakan alat tekan modifikasi. Berdasarkan hasil pengujian CBR, Nilai CBR tanpa rendaman metode tekanan menggunakan alat uji tekan modifikasi jauh lebih besar dibandingkan nilai CBR tanpa rendaman metode tumbukan menggunakan hammer. Hal ini disebabkan keseragaman tekanan yang diterima oleh permukaan tanah pada saat pemadatan menggunakan alat uji tekan modifikasi.
2. Penelitian yang dilakukan oleh Sari, D.W. (2019). Mengenai Pengujian CBR Laboratorium menggunakan metode tekanan (*Pressure Method*) untuk tanah timbunan berdasarkan energi pemadatan.  
  
Dengan menggunakan tanah yang berasal dari Tirtayasa, Kec. Sukabumi, Bandar Lampung. Pengujian ini mendapati hasil fisik tanah yang digolongkan pada kelompok tanah A-2-7 (pasir berlanau) dan klasifikasi USCS tanah yang digolongkan kedalam kelompok SC yaitu tanah pasir berlanau.

Berdasarkan hasil perhitungannya nilai kadar air dan berat volume kering pada kondisi optimum berbanding terbalik. Semakin besar nilai berat volume kering ( $\gamma_d$ ) dan nilai Z.A.V., semakin menurun nilai kadar air (w). Dan dapat disimpulkan bahwa semakin besar tekanan yang diberikan pada sampel tanah, berat volume kering dan nilai CBR akan semakin meningkat.

### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Bahan Penelitian

Sampel tanah yang akan diuji pada penelitian ini diambil dari Desa Marga Kaya, Kecamatan Jati Agung, Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung. Pada lokasi tersebut memiliki jenis tanah berbutir halus.



(Sumber : *Google Earth*, 2020)

Gambar 5. Lokasi Pengambilan Sampel Tanah.

### 3.2 Metode Pengambilan Sampel

Dalam penelitian sampel tanah yang berasal dari Desa Marga Kaya, Kec. Jati Agung, Kab. Lampung Selatan. Sampel yang diambil adalah sampel tanah pada kondisi asli atau tidak terganggu (*undisturbed soil*) dan sampel tanah terganggu (*disturbed soil*). Sampel tanah yang diambil memiliki jenis tanah berbutir halus. Sampel tanah asli atau tak terganggu (*undisturbed soil*) dibutuhkan untuk pengujian kadar air, berat jenis, batas-batas *atterberg*, dan analisis saringan. Untuk mendapatkan sampel tanah tidak terganggu, digunakan tabung contoh yang dimasukkan ke dalam tanah dan menjaga keasliannya dengan menutup tabung dengan lilin atau plester. Untuk pengambilan sampel tanah terganggu cukup memasukkan tanah kedalam karung dengan cangkul. Sampel tanah terganggu (*disturb soil*) dibutuhkan pada pengujian pemadatan (*standard proctor*), dan CBR.

Sampel tanah yang telah diperoleh kemudian digunakan untuk pengujian di laboratorium untuk mengetahui jenis dan kelompok tanah tersebut. Proses selanjutnya dilanjutkan dengan pengujian menggunakan alat pemadat tanah *standard proctor* dan alat uji tekan modifikasi di laboratorium.

### 3.3 Pelaksanaan Pengujian

Pelaksanaan pengujian sampel tanah dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Lampung. Pengujian sampel tanah yang dilakukan di laboratorium adalah sebagai berikut:

## 1. Pengujian Sifat Fisik Tanah

Tujuan dari pengujian pada tanah yang akan digunakan sebagai sampel dengan klasifikasi tanah menurut USCS dan AASTHO yaitu untuk mengetahui klasifikasi tanah tersebut. Dari hasil pengujian tersebut maka akan didapatkan nilai kadar air optimum ( $w_{opt}$ ) dan volume kering maksimum ( $\gamma_{dmax}$ ).

### a. Kadar Air (*Water Content*)

Pengujian kadar air bertujuan untuk mengetahui kadar air yang terkandung pada sampel tanah dan dinyatakan dalam satuan persen. Pengujian ini berdasarkan pada SNI 1965-2008 dan ASTM D 2216-98.

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

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan berat jenis tanah kepadatan massa butiran yaitu perbandingan antara berat air suling dengan berat butiran tanah dengan volume yang sama pada suhu tertentu. Pengujian ini berdasarkan SNI 1964-2008.

### c. Berat Volume (*Unit Weight*)

Pengujian berat volume bertujuan menentukan berat volume tanah basah dalam keadaan asli (*undisturbed soil*), perbandingan antara berat tanah dengan volume tanah berdasarkan ASTM D 2167.

d. Pengujian Batas *Atterberg*

Pada pengujian batas *Atterberg* ini bertujuan untuk menentukan kadar air suatu tanah pada batasan keadaan antara batas cair dan batas plastis. Pengujian ini dilakukan dengan dua tahap, yaitu terdiri batas cair (*Limit Liquid Test*) dan batas plastis (*Plastic Limit Test*). Pengujian ini berdasarkan pada SNI 1967-2008 dan ASTM D 4318-00.

e) Analisa Saringan (*Sieve Analisis*)

Uji Analisa saringan bertujuan untuk mengetahui persentase ukuran butiran tanah dan susunan butir tanah (gradasi) dari suatu jenis tanah yang tertahan di atas saringan No.200 ( $\varnothing$  0,075 mm). Pengujian ini berdasarkan SNI 3423-2008.

2. Pengujian Pemadatan dengan Metode Pemadatan Standar

Pengujian sifat mekanis pada tanah merupakan perilaku pada struktur massa tanah yang terkena tekanan. Pengujian sifat mekanis yang akan dipakai pada penelitian ini menggunakan metode pemadatan modifikasi (*standard proctor method*). Tujuan dari pengujian ini yaitu untuk menentukan kepadatan maksimum suatu jenis tanah dengan cara tumbukan.

3. Pengujian CBR (*California Bearing Ratio*)

a. Uji CBR Laboratorium

Uji CBR bertujuan untuk mengetahui kuat hambatan tanah terhadap penetrasi untuk menentukan nilai CBR tanah pada kadar air tertentu. Pengujian CBR di laboratorium metode tumbukan dapat segera

dilakukan setelah mendapat nilai kadar air optimum dan volume kering maksimum dari uji pemadatan modifikasi. Nilai CBR yang diperoleh dapat dipakai untuk menentukan tebal lapisan suatu perkerasan yang diperlukan di atas lapisan tanah dasar (*subgrade*). Dasar untuk pengujian CBR di laboratorium yaitu SNI 03- 1744-1989.

b. Uji CBR dengan Alat Uji Tekan Modifikasi CBR Laboratorium

Dalam pengujian CBR laboratorium menggunakan alat uji tekan modifikasi, yaitu alat yang telah dimodifikasi dan dilengkapi dengan dongkrak yang memiliki tekanan yang tinggi. Dengan menggunakan sistem hidrolik manual *dial* untuk mengukur tekanan pada saat pengujian.

Cara kerja alat tekan modifikasi yaitu dengan cara memompa dongkrak secara manual, kemudian pelat yang berada dibawah akan turun. Saat dongkrak dipompa pelat silinder akan menekan tanah yang berada di dalam cetakan dan per yang berada di atas akan menurun menahan beban yang diterima oleh dongkrak. Pada saat tanah dipadatkan maka monometerkan bergerak sehingga dapat mengetahui berapa besar tekanan yang diterima oleh tanah dengan membaca manometer (Robianti, 2017).

Dalam tahap pengujian, menggunakan cetakan berbentuk silinder dengan diameter 10,2 cm dengan tinggi 23 cm. Dalam satu cetakan (*mold*) terdiri dari 3 lapisan tanah. Berdasarkan pengujian dengan menggunakan alat CBR laboratorium uji tekan modifikasi, maka didapatkan nilai CBR



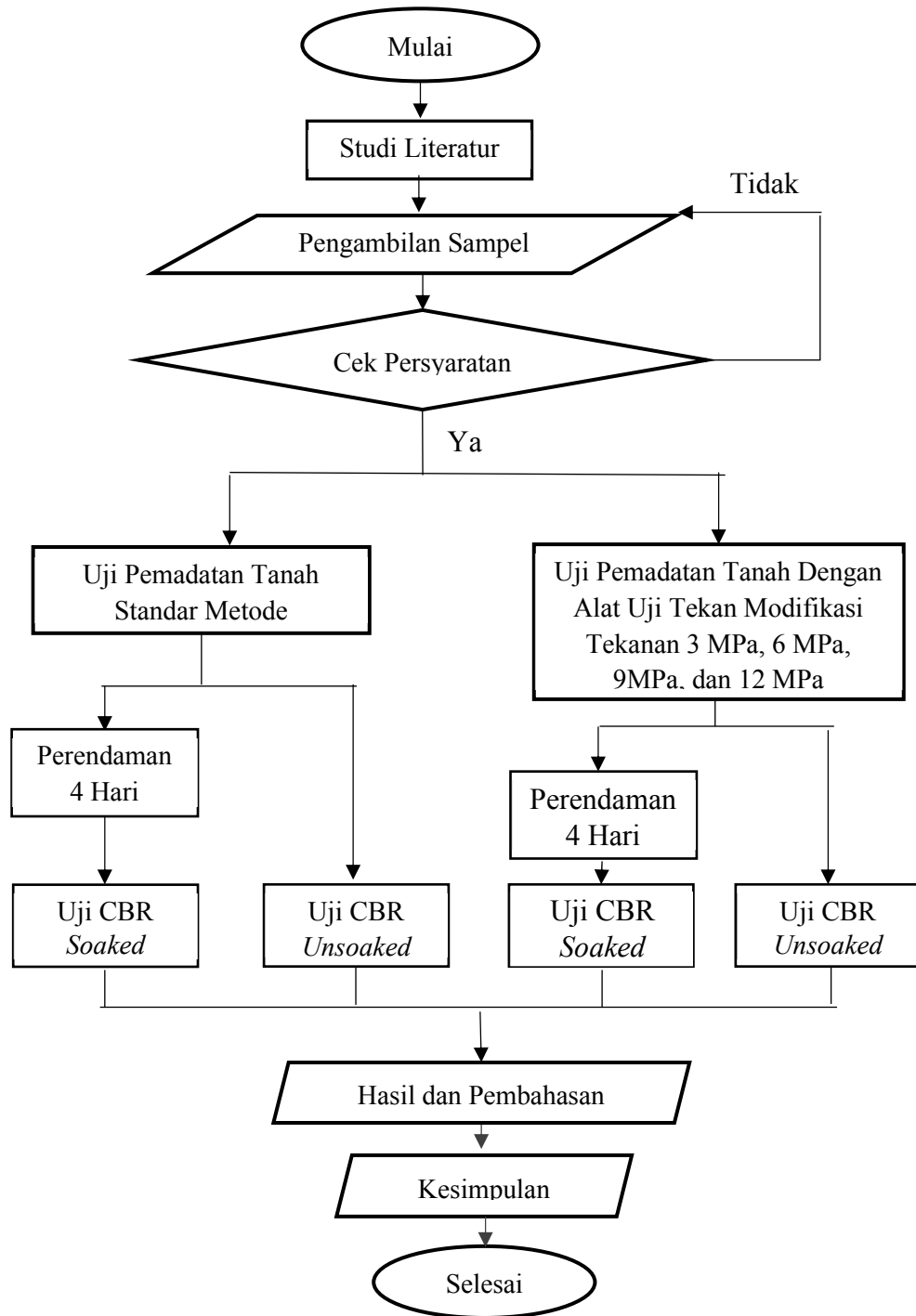
tanah yang akan dibandingkan dengan nilai uji CBR laboratorium metode tumbukan.



Gambar 6. Alat Tekan Pematik Modifikasi

### 3.4 Diagram Alir Penelitian

Proses dan hasil dari penelitian yang akan dilakukan akan dijelaskan dengan bagan alir sebagai berikut:



Gambar 7. Diagram Alir Penelitian

## V. PENUTUP

### 5. 1. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Tanah yang dipakai didalam penelitian ini, berdasarkan sistem klasifikasi USCS termasuk di dalam kelompok CL yaitu Tanah lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai sedang lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung “kurus” dan klasifikasi berdasarkan AASTHO masuk pada kelompok tanah A-6 yaitu tanah lempung yang masih mengandung butiran pasir dan kerikil, tetapi sifat perubahan volumenya cukup besar.
2. Berdasarkan hasil uji laboratorium, uji CBR modifikasi dengan pola tekanan menunjukkan korelasi terhadap uji CBR *standard proctor*. Pada tanah tanpa rendaman ( *unsoaked* ) nilai CBR modifikasi yang paling efisien terhadap CBR *standard proctor* berada di antara tekanan 6-9 MPa, hal ini ditunjukkan oleh grafik CBR desain *standard proctor* yang digabungkan dengan CBR desain modifikasi metode tekanan.
3. Pada sampel rendaman, nilai tekanan CBR modifikasi terhadap CBR *standard proctor* yang paling efisien berada di antara tekanan 3-6 MPa,

dapat dilihat pada gambar hubungan nilai cbr desain rendaman tekanan dengan nilai cbr desain rendaman *standard proctor* bahwa keduanya menunjukkan korelasi.

4. Hasil uji CBR dengan tekanan ini difungsikan untuk mempercepat waktu pelaksanaan, hasil ini lebih bersifat interpretasi, tidak disarankan untuk digunakan sebagai dasar analisis. Permasalahan yang didapat bahwa pemadatan dengan pola tekanan memberikan mekanisme pemadatan yang sangat berbeda dengan pemadatan standar (*standard proctor*).

## 5.2. SARAN

1. Pada saat uji fisik dan karakteristik tanah sebaiknya dilakukan dengan teliti agar mendapat keakuratan dan sesuai dengan yang diperlukan.
2. Sebaiknya melakukan pengecekan terhadap kondisi alat sebelum pelaksanaan pengujian.
3. Sebelum pengujian di laboratorium, peneliti sebaiknya lebih memperhatikan perlakuan terhadap tanah yang satu dengan yang lainnya agar memiliki nilai nilai kadar air yang serupa.
4. Sebaiknya peneliti lebih teliti pada saat pengujian pemadatan sampel tanah menggunakan *hammer* agar menghasilkan kepadatan tanah yang merata.

5. Penelitian ini dianjurkan tidak untuk dilanjutkan hasilnya, hasil uji hanya untuk interpretasi, karena pemadatan ini tidak sesuai dengan prinsip dan dasar pemadatan tanah sebagai material elasto-plastis.
6. Perlu melakukan penelitian uji lanjut terhadap karakteristik materi itu sendiri.

## DAFTAR PUSTAKA

- \_\_\_\_\_. 2012, *SNI 1744:2012 Metode Uji CBR Laboratorium*, Badan Standarisasi Nasional.
- AASHTO M-145, 1945, *Committee on Classification of Materials for Subgrade and granular type Roads of the Highway Research Board*, U.S.
- ASTM D 2216 – 98 *Standard Test Method for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass*.
- ASTM D 3282-15, *Standard Practice for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes*.
- ASTM D 698, *Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Efforts (12 400 ft-lbf/ft<sup>3</sup> (600 kN-m/m))*, (SNI 1742:2008, *Cara uji kepadatan ringan untuk tanah*).
- ASTM D2167, *Standard Test Method for Density and Unit Weight of Soil in Place by the Rubber Balloon Method*.
- Bowles, 1984, *Physical and Geotechnical Properties of Soils, Second Edition*, McGraw Hill, New York.
- Bowles, J.E. 1991, *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*, Erlangga, Jakarta.
- Chairullah, B. 2011, *Stabilisasi Tanah Lempung Lunak Untuk Material Tanah Dasar Sub Grade Dan Sub Base Jalan Raya*, Banda Aceh.
- Das, B.M. 1995, *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid I*, Erlangga, Jakarta.
- Hansen J. B. 1970, *A Revised and Extended Formula for Bearing Capacity*. Danish Geotechnical Institute, Copenhagen, bulletin No. 28.
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2010. *Mekanika Tanah 1 Edisi kelima*. Jakarta.

- Meyerhof G. G. , 1963, *So me recent research on thebearing capacity of foundations*. Canadian Geo-technical Journal, 1, No. 1, 16-26.
- Prandtl, L. (1921) *Hauptaufsätze: über die Eindringungsfestigkeit (Härte) plastischer Baustoffe und die Festigkeit von Schneiden*. Journal of Applied Mathematics and Mechanics, 1, 15-20. (In German).
- Prihatono, Y. 2011, *Pemadatan Tanah*, <https://yogoz.wordpress.com/2011/01/31/pemadatan-tanah-2/>, (8 Juni 2020).
- Putra, M. D. H. 2017, *Pengaruh Perbaikan Tanah Lempung Ekspansif Dengan Metode Deep Soil Mixing Pada Berbagai Kadar Air Lapangan Tanah Asli Terhadap Nilai Cbr Dan Pengembangan*, Universitas Brawijaya, Malang.
- Robianti, E. 2017, *Percobaan Pengujian Pemadatan Tanah Metode Standard Proctor Dengan Alat Uji Tekan Pematat Modifikasi*, Skripsi, Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Sari, D.W. 2019, *Mengenai Pengujian CBR Laboratorium Menggunakan Metode Tekanan (Pressure Method) Untuk Tanah Timbunan Berdasarkan Energi Pemadatan*, Skripsi, Universitas Lampung, Bandar Lampung.
- Tanzil, A.P.,1991, *Sifat-sifat Lempung Kembang dan Permasalahannya, Makalah Teknik pada Konferensi Regional Teknik jalan ke I Wilayah Barat*, Palembang.
- Terzaghi k. 1943, *Theoretical Soil Mechanics*. Wiley,New York.
- Utami, W. 2019, *Aplikasi Alat Uji Tekan Modifikasi Metode Tekanan (Pressure Method) Terhadap Daya Dukung Tanah Dasar (Subgrade) Berdasarkan Standard Proctor Method*, Skripsi, Universitas Lampung, Bandar Lampung.
- Verhoef, P.N.W. 1994, *Geologi Untuk Teknik Sipil*, Erlangga, Jakarta.
- Vesic A. 1973, *Analysis of ultimate loads of shallowfoundations*. Journal of the Soil Mechanics andFoundations Division, ASCE, 99, No. SM1,45-73.
- Wesley. 1997. *Mekanika Tanah*. Jakarta: Badan Penerbit Pekerjaan Umum. Yogyakarta.