STUDI PERBANDINGAN NILAI ENERGI PEMADATAN TANAH MENGGUNAKAN *PROCTOR MODIFIED* DENGAN ALAT TEKAN PEMADAT MODIFIKASI (STUDI KASUS TANAH TIMBUNAN PILIHAN)

(Skripsi)

Oleh

ARIEF CAHYA PERKASA

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2017

ABSTRAK

STUDI PERBANDINGAN NILAI ENERGI PEMADATAN TANAH MENGGUNAKAN *PROCTOR MODIFIED* DENGAN ALAT TEKAN MODIFIKASI (STUDI KASUS: TANAH TIMBUNAN PILIHAN)

Oleh

ARIEF CAHYA PERKASA

Pembangunan daerah menjadi prioritas pemerintah saat ini, seperti pembangunan Jalan Tol Lintas Sumatera. Pembangunan sangat erat kaitannya dengan pekerjaan tanah, karena tanah merupakan salah satu material yang memegang peranan penting dalam mendukung suatu konstruksi. Umumnya, suatu konstruksi dibangun dengan elevasi yang tidak sesuai, sehingga pekerjaan galian dan timbunan perlu dilakukan. Untuk mendapatkan tanah timbunan dengan kualitas yang baik, diperlukan pemadatan agar memperoleh tanah yang stabil dan memenuhi persyaratan teknis untuk membangun suatu struktur. Pada penelitian ini membandingkan energi pemadatan tanah metode *proctor modified* dengan alat tekan pemadat modifikasi untuk tanah timbunan pilihan.

Sampel tanah yang digunakan adalah tanah timbunan pilihan, berasal dari Desa Gedung Agung, Kecamatan Jati Agung, Lampung Selatan. Pengujian alat tekan pemadat modifikasi ini terdiri dari 4 tekanan, yaitu 5 MPa, 10 MPa, 15 MPa dan 20 MPa, menggunakan tiga sampel tanah pada masing-masing tekanan.

Hasil pengujian di laboratorium menunjukkan bahwa berat volume maksimum (γ_{dmaks}) sebesar 1,706 gr/cm^3 pada pengujian metode *proctor modified* dengan hasil pada alat tekan pemadat modifikasi didapat nilai tekanan sebesar 10 MPa.

Kata kunci : Alat Tekan Pemadat Modifikasi, *Proctor Modified*, Pemadatan, Tanah Timbunan Pilihan

ABSTRACT

STUDY COMPARISON OF SOIL ENERGY COMPACTION BY USING MODIFIED PROCTOR WITH MODIFIED PRESS TEST COMPACTOR TOOLS (CASE STUDY:SOIL PILE OF CHOICE)

By

Arief Cahya Perkasa

Currently, the government start prioritizes some regional development, such as Sumatera highway. A construction and ground work are very closely related. It caused the soil has a very crucial role in supporting the construction. Generally, some constructions are built on unsuitable elevation of soil, so excavation and heaping work is needed. To obtain a good quality pile of soil, compaction is required in order to stabilized soil and meet the technical requirements to build the construction. In this study comparing the modified proctor method soil compaction energy with modified press compactor tools to soil pile of choice.

The soil samples used is from Gedung Agung Region Jati Agung District Lampung Selatan. This modified press compactor tools test consists of 4 different pressures are 5 MPa, 10 MPa, 15 MPa, and 20 MPa. For every pressure conducted for 3 soil samples.

Laboratory experiment result shows that the maximum volume weight (γ_{dmaks}) of 1,706 gr/cm^3 amount on modified proctor method tests with the results on modified press compactor tools obtain pressure value of 10 MPa.

Keywords : Modified Press Compactor Tools, Modified Proctor, Compaction, Soil Pile.

STUDI PERBANDINGAN NILAI ENERGI PEMADATAN TANAH MENGGUNAKAN *PROCTOR MODIFIED* DENGAN ALAT TEKAN PEMADAT MODIFIKASI (STUDI KASUS TANAH TIMBUNAN PILIHAN)

Oleh

ARIEF CAHYA PERKASA

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Lampung

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2017

Judul Skripsi : **STUDI PERBANDINGAN NILAI ENERGI PEMADATAN TANAH MENGGUNAKAN *PROCTOR MODIFIED* DENGAN ALAT TEKAN PEMADAT MODIFIKASI (STUDI KASUS TANAH TIMBUNAN PILIHAN)**

Nama Mahasiswa : *Arief Cahya Perkasa*

Nomor Pokok Mahasiswa : 1315011014

Jurusan : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Ir. Setyanto, M.T.	**Ir. Idharmahadi Adha, M.T.**
NIP 19550830 198403 1 001	NIP 19590617 198803 1 003

2. Ketua Jurusan Teknik Sipil

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

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Pembimbing Utama : **Ir. Setyanto, M.T.** .....

Anggota
Pembimbing : **Ir. Idharmahadi Adha, M.T.** .....

Penguji
Bukan Pembimbing : **Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A.** .....

2. Dekan Fakultas Teknik

Prof. Dr. Suharno, M.Sc.
NIP 19620717 198703 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **5 Desember 2017**

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini menyatakan dengan sebenarnya bahwa :

1. Skripsi dengan judul Studi Perbandingan Nilai Energi Pemadatan Tanah Menggunakan Proctor Modified dengan Alat Tekan Pemadat Modifikasi (Studi Kasus Tanah Timbunan Pilihan) 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, 20 - Des - 2017

Pembuat Pernyataan

METERAI TEMPEL 9B7CFAEF789384652 6000 ENAM RIBU RUPIAH

Arief Cahya Perkasa

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Banjit pada tanggal 8 Maret 1995, sebagai anak kedua dari Bapak Lukeman, S.P. dan Ibu Sari Sekar Kamalia, S.Pd.

Pendidikan Taman Kanak-Kanak (TK) Darma Wanita diselesaikan pada tahun 2000, Sekolah Dasar (SD) diselesaikan di SD N 2 Bali Sadhar Selatan pada tahun 2007, Sekolah Menengah Pertama (SMP) diselesaikan pada tahun 2010 di SMP N 2 Banjit, dan Madrasah Aliyah (MA) diselesaikan di MAN 2 Tanjung Karang pada tahun 2013. Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung pada tahun 2013 melalui jalur SBMPTN. Penulis telah melakukan Kerja Praktik (KP) pada Proyek Pembangunan Gedung Royal Dental Hospital Serpong, Tangerang selama 3 bulan. Penulis juga telah mengikuti Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Payung Makmur, Kecamatan Pubian, Kabupaten Lampung Tengah selama 40 hari pada periode Januari-Februari 2017. Penulis mengambil tugas akhir dengan judul Studi Perbandingan Nilai Energi Pemadatan Tanah Menggunakan Proctor Modified dengan Alat Tekan Pemadat Modifikasi (Studi Kasus Tanah Timbunan Pilihan). Selama menjadi mahasiswa penulis aktif dalam Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil (HIMATEKS) sebagai anggota bidang Olahraga dan Kerohanian pada periode tahun 2014-2015 .

Persembahan

Ku persembahkam tiap kata dalam lembaran
karya ini untuk

Bapakku terhebat Lukeman
Ibuku tercinta Sari Sekar Kamalia
Deis & Kak Ridho yang tersayang

Serta saudara-saudaraku sekeluarga besar yang telah
memberikan doa dan dukungan

Teman-teman sekolah, kampus dan dimanapun kalian. Terimakasih
atas segala halnya

Guru-guru dan dosen-dosen yang dengan tulus mengajarkan banyak
hal kepadaku.

Rekan seperjuanganku, Angkatan 2013 Teknik Sipil Universitas
Lampung. Yang sudah menjadi keluarga baru di kampus.

Spesial anak-anak ATN, kalian bukan hanya teman atau sahabat,
Kalian SAUDARA bagiku!!!

MOTTO

"Barang siapa keluar untuk mencari ilmu maka dia berada di jalan ALLAH"
(HR. Turmudzi)

"Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan."
(QS. Al-Insyirah : 6)

"Tugas kita bukanlah untuk berhasil. Tugas kita adalah untuk mencoba,
Karena di dalam mencoba itulah kita menemukan dan
Membangun kesempatan untuk berhasil"
(Mario Teguh)

"There is no limit of struggling"
(Tidak ada batasan dari perjuangan)
(Anonim)

"If the chance never comes, builds it !!!"
(Anonim)

SANWACANA

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan karunia serta ridho-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Studi Perbandingan Nilai Energi Pemadatan Tanah Menggunakan Proctor Modified dengan Alat Tekan Pemadat Modifikasi (Studi Kasus Tanah Timbunan Pilihan)”. Skripsi disusun sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) pada Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang setulusnya kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Suharno, M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.

2. Bapak Gatot Eko Susilo, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung.

3. Bapak Ir. Setyanto, M.T., selaku Dosen Pembimbing Utama atas bimbingan dan arahannya dalam penyusunan skripsi.

4. Bapak Ir. Idharmahadi Adha, M.T., selaku Dosen Pembimbing Kedua yang telah membimbingan dan mengarahkan dalam penyusunan skripsi.

5. Ibu Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., selaku Dosen Penguji atas kritik, saran, serta arahan dalam penyusunan skripsi.

6. Bapak Suyadi, S.T.,M.T., dan Dr. Eng. Mohd. Isneini, S.T.,M.T., selaku Dosen Pembimbing Akademik.

7. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung yang telah membagikan ilmu dan pembelajaran selama masa perkuliahan.

8. Keluarga yaitu orang tuaku, Bapak Lukeman dan Ibu Sari Sekar Kamalia, kakak Ridho Septiadi, adik Deis Rahma Julia, serta seluruh keluarga besar yang telah memberikan dorongan secara material maupun spiritual dalam menyelesaikan skripsi ini.

9. Sahabat-sahabat terbaikku Danesta Ayu Saputri, Dimas, Fajar, Ican, Kikay, Anwar, Erny, Zara, Astri, Tika, Dwi, Septi, Mely seluruh rekan angkatan 2013 Teknik Sipil Unila dan kakak dan adik tingkat Teknik Sipil yang telah mendukung dan medoakan selama ini.

Penulis menyadari bahwa masih memiliki banyak kekurangan. Penulis sangat mengharapkan saran serta kritik yang bersifat membangun. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi kita semua. Amin.

Bandar Lampung, Desember 2017

Penulis

Arief Cahya Perkasa

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR TABEL ..... **iii**

DAFTAR GAMBAR ..... **v**

DAFTAR NOTASI ..... **vii**

I. PENDAHULUAN **1**

A. Latar Belakang 1
B. Rumusan Masalah 2
C. Batasan Masalah 2
D. Tujuan Penelitian 3
E. Manfaat Penelitian 4

II. TINJAUAN PUSTAKA **5**

A. Tanah..... 5
1. Definisi Tanah..... 5
2. Klasifikasi Tanah 5
3. Tanah Timbunan 10
B. Pemadatan Tanah..... 11
1. Definisi Pemadatan Tanah..... 11
2. Dasar-dasar Teori Pemadatan Tanah 11
3. Pemadatan di Lapangan..... 16
C. Studi Literatur..... 17

III. METODE PENELITIAN..... **20**

A. Bahan Penelitian..... 20
B. Alat Tekan Pemadat Modifikasi 21
C. Metode Pengambilan Sampel 23
D. Pengelolaan Sampel..... 23
E. Pelaksanaan Pengujian 25
1. Pengujian sifat fisik tanah 25
2. Pengujian Pemadatan Tanah *Proctor Modified* 33

3. Pengujian Pemadatan Tanah dengan Alat Tekan Pemadat Modifikasi 34
F. Bagan Alir Penelitian 36

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN 37

A. Hasil Pengujian Sampel Tanah 37
1. Hasil Pengujian Kadar Air (w) 37
2. Hasil Pengujian Berat Volume (γ) 37
3. Hasil Pengujian Batas *Atterberg* 48
4. Hasil Pengujian Analisa Saringan 39
5. Hasil Pengujian Analisa Hidrometer 40
6. Hasil Pengujian Berat Jenis (Gs) 40
7. Hasil Pengujian Pemadatan Tanah 41
B. Klasifikasi Sampel Tanah 43
1. Sistem Klasifikasi AASHTO 43
2. Sistem Klasifikasi *Unified Soil Classification System* (USCS) 43
C. Hasil Pengujian Alat Tekan Pemadat Modifikasi 44
D. Hasil Pengujian Alat Tekan Pemadat Modifikasi Kondisi Kadar Air Optimum 49

V. PENUTUP 54

A. Kesimpulan 54
B. Saran 55

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN A (Lembar Asistensi)

LAMPIRAN B (Surat-surat)

LAMPIRAN C (Perhitungan)

LAMPIRAN D (Gambar Pengujian)

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 1. Sistem Klasifikasi *Unified* 7

Tabel 2. Klasifikasi tanah untuk lapisan tanah dasar jalan raya (Sistem AASHTO) 9

Tabel 3. Hasil Pengujian Alat Tekan Modifikasi Berdasarkan Kondisi Rata-rata dengan 5 Lapisan Tanah 18

Tabel 4. Hasil Perhitungan Berat Volume Tanah..... 38

Tabel 5. Hasil Pengujian Batas *Atterberg* Tanah 38

Tabel 6. Hasil Pengujian Analisa Saringan..... 39

Tabel 7. Hasil Pengujian Analisa Hidrometer..... 40

Tabel 8. Hasil Perhitungan Berat Jenis Tanah 41

Tabel 9. Hasil Pengujian Sampel Tanah..... 43

Tabel 10. Hasil Perhitungan Pengujian Alat Tekan Modifikasi pada Tekanan 5 Mpa Tanah Timbunan Pilihan 44

Tabel 11. Hasil Perhitungan Pengujian Alat Tekan Modifikasi pada Tekanan 10 Mpa Tanah Timbunan Pilihan 45

Tabel 12. Hasil Perhitungan Pengujian Alat Tekan Modifikasi pada Tekanan 15 Mpa Tanah Timbunan Pilihan 46

Tabel 13. Hasil Perhitungan Pengujian Alat Tekan Modifikasi pada Tekanan 20 Mpa Tanah Timbunan Pilihan 47

Tabel 14. Hasil Pengujian Alat Tekan Modifikasi Berdasarkan Kondisi Kadar Air Optimum 5 Lapisan Tanah Timbunan Pilihan 49

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 1. Alat Pengujian Pemadatan Tanah *Modified Proctor*..... 13

Gambar 2. Grafik Hubungan Kadar Air Dengan Berat Volume Kering Untuk Usaha Pemadatan Yang Berbeda (Craig,1991)..... 14

Gambar 3. Grafik Kadar Air dan Berat volume Kering dengan pengaruh usaha pemadatan yang berbeda (Das, 1995) 15

Gambar 4. Hubungan Berat Volume Kering Kondisi Rata-rata dengan Tekanan pada Uji Alat Tekan Modifikasi dengan 5 Lapisan Tanah 18

Gambar 5. Lokasi Sampel Tanah 20

Gambar 6. Sketsa Alat Tekan Pemadat Modifikasi..... 21

Gambar 7. Alat Tekan Pemadat Modifikasi..... 22

Gambar 8. Bagan Alir Penelitian..... 36

Gambar 9. Grafik Uji Analisa Saringan 40

Gambar 10. Hubungan Berat Volume Kering dengan Kadar Air Menggunakan *Proctor Modified* 41

Gambar 11. Hubungan Berat Volume Kering dan γ_{ZAV} dengan Kadar Air pada Uji Alat Tekan Modifikasi untuk Tekanan 5 MPa 45

Gambar 12. Hubungan Berat Volume Kering dan γ_{ZAV} dengan Kadar Air pada Uji Alat Tekan Modifikasi untuk Tekanan 10 MPa 46

Gambar 13. Hubungan Berat Volume Kering dan γ_{ZAV} dengan Kadar Air pada Uji Alat Tekan Modifikasi untuk Tekanan 15 Mpa 47

Gambar 14. Hubungan Berat Volume Kering dan γ_{ZAV} dengan Kadar Air pada Uji Alat Tekan Modifikasi untuk Tekanan 20 MPa 48

Gambar 15. Hubungan Berat Volume Kering dan γ_{ZAV} dengan Kadar Air Berdasarkan Uji Alat Tekan Modifikasi. 48

Gambar 16. Hubungan Berat Volume Kering Kondisi Kadar Air Optimum Tekanan pada Uji Alat Tekan Modifikasi. 50

Gambar 17. Perbandingan Berat Volume Kering dengan Beban untuk Tanah Timbunan Pilihan dan Tanah Timbunan Biasa. 51

Gambar 18. Perbandingan Berat Volume Kering dengan Beban untuk Tanah Timbunan Pilihan Menggunakan Metode *Proctor Standard* dan *Proctor Modified* 52

DAFTAR NOTASI

LL = Batas cair (%)

PL = Batas plastis (%)

PI = *Plastic index* (%)

LI = *Liquid index* (%)

w = Berat tanah (gram)

Ww = Berat air (gram)

Ws = Berat tanah kering (gram)

Wcs = Berat tanah basah (gram)

Wds = Berat tanah kering (gram)

Wc = Berat cawan/ring/kontainer (gram)

γ = Berat volume (gram/cm^3)

Gs = Berat jenis

E = Energi Kepadatan (ft-lb/ft^3)

Nb = Jumlah pukulan per lapisan

Ni = Jumlah lapisan

W = Berat pemukul (lb)

H = Tinggi jatuh pemukul (ft)

V = Volume mold/tabung (ft^3)

γb = Berat volume basah (gram/cm^3)

γd = Berat volume kering (gram/cm^3)

γd_{maks} = Berat volume kering maksimum (gram/cm^3)

γd_{zav} = Zero air void (gram/cm^3)

w = Kadar air (%)

w_{opt} = Kadar air optimum (%)

d = Diameter (cm)

t = Tinggi (cm)

R1 = Pembacaan campuran tanah + air + reagent

R2 = Pembacaan campuran air + reagent

Fm = koreksi miniskus hidrometer

T = Waktu (menit)

L = Kedalaman efektif (mm)

a = Konstanta kepadatan suspensi

F200 = Persentase lolos saringan 200 (%)

e = Angka pori

n = Porositas

Sr = Derajat kejenuhan (%)

P = Persentase berat tertahan/lolos saringan (%)

Wai = Berat tanah tertahan (gram)

Cu = Koefisien keseragaman

Cc = Koefisien gradasi

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pembangunan daerah menjadi prioritas pemerintah saat ini, hal ini bertujuan agar masyarakat dapat merasakan kesejahteraan secara merata. Seperti halnya di Provinsi Lampung, pembangunan infrastruktur yang sedang berkembang sekarang ini adalah pembangunan Jalan Tol Trans Sumatera. Pembangunan ini sangat berdampak baik karena menjadi sarana dan prasarana penunjang masyarakat dan investor dalam mengembangkan usahanya.

Pembangunan suatu konstruksi sangat erat kaitannya dengan pekerjaan tanah. Hal ini disebabkan karena tanah merupakan salah satu material yang memegang peranan penting dalam mendukung suatu konstruksi. Kondisi tanah berkualitas baik apabila memiliki kerapatan partikel tanah yang tinggi dan sedikit mengandung air.

Pembangunan suatu konstruksi juga terkadang dibangun diatas tanah dengan elevasi yang tidak sesuai. Seperti pembangunan Jalan Tol Trans Sumatera, banyak dilakukan pekerjaan galian dan timbunan agar sesuai dengan elevasi yang direncanakan. Sebelum dibangun konstruksi diatasnya, dibutuhkan perbaikan tanah terlebih dahulu, yaitu pemadatan tanah. Pemadatan tanah yaitu proses naiknya kerapatan tanah dengan memperkecil jarak antar partikel

sehingga terjadi reduksi volume udara namun tidak terjadi perubahan volume air yang cukup berarti pada tanah ini (*Craig*, 1994). Dengan cara melakukan pemadatan tanah diharapkan memperoleh tanah yang stabil dan memenuhi persyaratan teknis untuk membangun struktur diatasnya.

Metode pemadatan tanah dilapangan yaitu pemadatan dengan alat berat pemadat tanah, sedangkan pemadatan di laboratorium dengan cara menumbuk tanah menggunakan alat pemadat laboratorium. Perkembangan alat pemadat semakin baik dengan banyaknya inovasi alat pemadat modifikasi.

Oleh karna itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan dari pemadatan tanah *proctor modified* di laboratorium dengan permodelan alat tekan pemadat modifikasi menggunakan tanah timbunan pilihan yang berasal dari salah satu lokasi pada proyek Jalan Tol Trans Sumatera.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas, rumusan masalah untuk penelitian ini adalah untuk mendapatkan besarnya energi atau tekanan pada pemadatan tanah *proctor modified* di laboratorium dengan pemodelan alat tekan pemadat modifikasi menggunakan tanah pilihan. Penelitian ini akan membahas sifat-sifat fisik dan mekanis. Untuk mengetahui jenis klasifikasi tanah, maka perlu dilakukan pengujian sampel tanah.

C. Batasan Masalah

Batasan masalah penelitian ini diuraikan sebagai berikut :

1. Sampel tanah merupakan tanah timbunan yang berasal dari Desa Gedung Agung, Kecamatan Jati Agung, Lampung Selatan.
2. Pengujian karakteristik tanah yang dilakukan di laboratorium antara lain sebagai berikut :
    1. Pengujian kadar air
    2. Pengujian berat volume
    3. Pengujian berat jenis
    4. Pengujian *atterberg*
    5. Pengujian analisis saringan
    6. Pengujian hidrometer
    7. Pengujian pemadatan *proctor modified*
3. Uji pemadatan tanah *proctor modified* menggunakan alat tekan pemadat modifikasi

D. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengetahui sifat-sifat fisik dan mekanis tanah timbunan yang berasal dari Desa Gedung Agung, Kec. Jati Agung, Lampung Selatan.
2. Untuk mengetahui besaran perbandingan tekanan yang dihasilkan dari pemadatan tanah *proctor modified* di laboratorium dengan alat tekan pemadat modifikasi menggunakan tanah timbunan pilihan.
3. Untuk mempersingkat waktu pelaksanaan pengujian pemadatan tanah *proctor modified* dilaboratorium.

E. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini adalah untuk mengetahui besar perbandingan dari pemadatan tanah *proctor modified* di laboratorium dengan permodelan alat tekan pemadat modifikasi menggunakan tanah timbunan pilihan. Diharapkan hasil penelitian ini dapat bemanfaat untuk instansi dalam bidang konstruksi dan untuk perkembangan ilmu pengetahuan mengenai pemadatan tanah timbunan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Tanah

1. Definisi Tanah

Menurut Craig (1991), tanah adalah akumulasi mineral yang tidak mempunyai atau lemah ikatan antar partikelnya, yang terbentuk karena pelapukan dari batuan.

Dalam pengertian teknik secara umum, Tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral–mineral padat yang tidak tersedimentasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut (Das, 1995).

Selain itu tanah adalah himpunan mineral, bahan organik dan endapan-endapan yang relative lepas (*loose*) yang terletak di atas batu dasar (*bedrock*) (Hardiyatmo, H.C., 2002).

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. Sistem klasifikasi ini memberikan suatu bahasa yang mudah untuk menjelaskan secara singkat sifat-sifat umum tanah yang sangat bervariasi tanpa penjelasan yang terinci (Das, 1995).

Kebanyakan klasifikasi tanah menggunakan indeks tipe pengujian yang sederhana untuk memperoleh karakteristik tanah. Karakteristik tersebut digunakan untuk menentukan kelompok klasifikasi. Umumnya, klasifikasi tanah didasarkan atas ukuran partikel yang diperoleh dari analisis saringan (dan uji sedimentasi) dan plastisitas (Hardiyatmo, H.C., 2002).

Terdapat dua sistem klasifikasi yang sering digunakan, yaitu *Unified Soil Classification System* (USCS) dan *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO).

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

Pada sistem USCS, tanah diklasifikasikan kedalam tanah berbutir kasar (kerikil dan pasir) jika kurang dari 50% lolos saringan nomer 200, dan sebagai tanah berbutir halus (lanau/lempung) jika lebih dari 50% lolos saringan nomer 200 (Hardiyatmo, H.C., 2002). Simbol-simbol yang digunakan adalah sebagai berikut :

G = kerikil (*gravel*) M = lanau (*silt*)

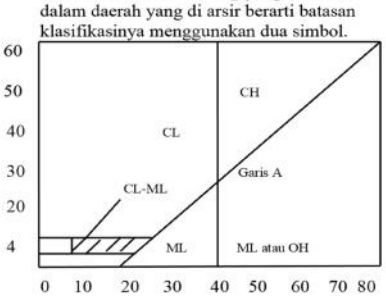
S = Pasir (*sand*) C = lempung (*clay*)

O = lanau atau lempung organik

Pt = tanah gambut dan tanah organik tinggi

W = gradasi baik

Tabel 1. Sistem Klasifikasi *Unified*

Divisi Utama			Simbol	Nama Umum		Kriteria Klasifikasi	
Tanah berbutir kasar≥ 50% butiran tertahan saringan No. 200	Kerikil 50%≥ fraksi kasar T ertahan saringan No. 4	Kerikil bersih (hanya kerikil)	GW	Kerikil bergradasi-baik dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	Klasifikasi berdasarkan prosentase butiran halus ; Kurang dari 5% lolos saringan no.200: GM, GP, SW, SP . Lebih dari 12% lolos saringan no.200 : GM, GC, SM, SC. 5% - 12% lolos saringan No.200 : Batasan klasifikasi yang mempunyai simbol dobel	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $Cc = \frac{(D_{30})^2}{D10 \times D60}$ Antara 1 dan 3	
			GP	Kerikil bergradasi-buruk dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus		Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW	
		Kerikil dengan Butiran halus	GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau		Batas-batas *Atterberg* di bawah garis A atau PI < 4	Bila batas *Atterberg* berada didaerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai dobel simbol
			GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung		Batas-batas *Atterberg* di bawah garis A atau PI > 7	
	Pasir≥ 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		$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$ $Cc = \frac{(D_{30})^2}{D10 \times D60}$ Antara 1 dan 3	
			SP	Pasir bergradasi-buruk, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus		Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW	
		Pasir dengan butiran halus	SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau		Batas-batas *Atterberg* di bawah garis A atau PI < 4	Bila batas *Atterberg* berada didaerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai dobel simbol
			SC	Pasir berlempung, campuran pasir-lempung		Batas-batas *Atterberg* di bawah garis A atau PI > 7	
Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos ayakan No. 200		Lanau dan lempung batas cair ≤ 50%	ML	Lanau anorganik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung		Diagram Plastisitas: Untuk mengklasifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutir halus dan kasar. Batas *Atterberg* yang termasuk dalam daerah yang di arsir berarti batasan klasifikasinya menggunakan dua simbol.  Batas Cair LL (%) Garis A : PI = 0.73 (LL-20)	
			CL	Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung "kurus" (*lean clays*)			
			OL	Lanau-organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah			
		Lanau dan lempung batas cair ≥ 50%	MH	Lanau anorganik atau pasir halus diatomae, atau lanau diatomae, lanau yang elastis			
			CH	Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung "gemuk" (*fat clays*)			
			OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi			
Tanah-tanah dengan kandungan organik sangat tinggi			PT	*Peat* (gambut), *muck*, dan tanah-tanah lain dengan kandungan organik tinggi		Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488	

Sumber. Das (1995).

b. Sistem Klasifikasi AASHTO

Sistem klasifikasi AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Official)* berguna untuk menentukan kualitas tanah untuk perencanaan timbunan jalan, *subbase* dan *subgrade.* Sistem klasifikasi ini membagi tanah dalam 7 kelompok besar, yaitu kelompok A-1 sampai A-7. Dimana kelompok besar ini dapat dikelompokkan kembali menjadi 2 yaitu :

1. Kelompok tanah berbutir kasar yang diklasifikasikan ke dalam A-1, A-2, dan A-3 yaitu tanah dimana 35% atau kurang dari jumlah butiran tanah lolos ayakan No. 200.
2. Kelompok tanah berbutir halus yang diklasifikasikan ke dalam A-4, A-5, A-6, dan A-7 yaitu tanah dimana lebih dari 35% butiran tanah lolos ayakan No. 200. Butiran dalam kelompok ini sebagian besar adalah lanau dan lempung.

Adapun sistem klasifikasi AASHTO ini di dasarkan pada kriteria dibawah ini (Das, 1995) :

1. Ukuran butir

   Kerikil yaitu bagian tanah yang lolos ayakan dengan diameter 75 mm, Pasir yaitu lolos ayakan No. 10 (2 mm), Lanau dan lempung yaitu bagian tanah yang lolos ayakan No. 200.

2. Plastisitas

   Nama berlanau dipakai bila bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastisitas [*plasticy index* (PI)] sebesar 10 atau kurang.

Tabel 2. Klasifikasi tanah untuk lapisan tanah dasar jalan raya (Sistem AASHTO)

Klasifikasi umum	Tanah berbutir (35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No. 200)						
Klasifikasi kelompok	A-1		A-3	A-2			
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Analisis ayakan (% lolos)							
No. 10	Maks 50						
No. 40	Maks 30	Maks 50	Min 51				
No. 200	Maks 15	Maks 25	Maks 10	Maks 35	Maks 35	Maks 35	Maks 35
Sifat Fraksi yang lolos ayakan No. 40							
Batas cair (LL)				Maks 40	Min 41	Maks 40	Min 41
Indeks plastisitas (PI)	Maks 6		NP	Maks 10	Maks 10	Min 11	Min 11
Tipe material yang paling dominan	Batu pecah, kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerikil dan pasir yang berlanau atau berlempung			
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Baik sekali sampai baik						

Klasifikasi umum	Tanah Lanau -lempung (35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No. 200)			
Klasifikasi kelompok	A-4	A-5	A-6	A-7 [(A-7-5*) dan (A-7-6")]
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)	Maks 40	Maks 41	Maks 40	Min 41
Indeks plastisitas (PI)	Maks 10	Maks 10	Min 11	Min 11
Tipe material yang paling dominan	Tanah berlanau		Tanah berlempung	
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Biasa sampai jelek			

Keterangan : * Untuk A-7-5, PI ≤ LL – 30
** Untuk A-7-6, PI > LL – 30

Sumber : Das, 1995.

3. Tanah Timbunan

Tanah timbunan dapat dibagi menjadi berbagai jenis yaitu :

a. Timbunan biasa adalah timbunan atau urugan yang digunakan untuk pencapaian elevasi akhir *subgrade* yang disyaratkan dalam gambar perencanaan tanpa maksud khusus lainnya. Timbunan biasa ini juga digunakan untuk penggantian material *existing subgrade* yang tidak memenuhi syarat (Bisa, 2014). Berdasarkan Rancangan Spesifikasi Umum Bina Marga Revisi 3 (2010), Bahan untuk timbunan biasa memiliki sifat:
   1) Tanah yang tidak mengandung organik seperti jenis tanah OL, OH, dan Pt dalam sistem USCS.
   2) Tidak termasuk tanah yang berplastisitas tinggi, yang diklasifikasikan sebagai A-7-6 menurut AASHTO.
   3) Harus memiliki nilai CBR tidak kurang dari karakteristik daya dukung tanah yaitu tidak kurang dari 6%.
b. Timbunan pilihan adalah timbunan atau urugan yang digunakan untuk pencapaian elevasi akhir *subgrade* yang disyaratkan dalam gambar suatu perencanaan, misal untuk mengurangi tebal lapisan pondasi bawah, atau untuk memperkecil gaya lateral tekanan tanah dibelakang dinding penahan tanah talud jalan (Bisa, 2014). Berdasarkan Rancangan Spesifikasi Umum Bina Marga Revisi 3 (2010), timbunan hanya boleh diklasifikasikan sebagai timbunan pilihan bila digunakan pada lokasi atau untuk maksud dimana bahan-bahan ini telah disetujui oleh direksi pekerjaan. Timbunan yang diklasifikasikan sebagai

timbunan pilihan harus memenuhi semua ketentuan timbunan biasa. Seluruh timbunan pilihan harus memiliki nilai CBR paling sedikit 10% setelah 4 hari perendaman bila dipadatkan sampai 100% .

c. Timbunan pilihan berbutir di atas tanah rawa adalah bahan timbunan untuk keadaan penghamparan dalam kondisi jenuh atau banjir tidak dapat dihindarkan haruslah batu, pasir atau kerikil atau bahan berbutir bersih lainnya dengan index plastisitas maksimum 6%.

B. Pemadatan Tanah

1. Definisi Pemadatan Tanah

Pemadatan (*compaction*) adalah proses naiknya kerapatan tanah dengan memperkecil jarak antar partikel sehingga terjadi reduksi volume udara namun tidak terjadi perubahan volume air yang cukup berarti pada tanah ini (*Craig*, 1994).

Menurut Hardiyatmo (2002), peristiwa bertambahnya berat volume kering oleh beban dinamis disebut pemadatan. Oleh akibat beban dinamis, butir-butir tanah merapat satu sama lain sebagai akibat berkurangnya rongga udara.

2. Dasar-dasar Teori Pemadatan Tanah

a. Prinsip Pemadatan Tanah

Pada awal proses pemadatan, berat volume tanah kering (γ_d) bertambah seiring dengan ditambahnya kadar air. Pada kadar air nol (w=0), berat

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

b. Pengujian Pemadatan *Proctor Modified*

Untuk menentukan hubungan kadar air dan berat volume, dan untuk mengevaluasi tanah agar memenuhi persyaratan pemadatan, maka umumnya dilakukan pengujian pemadatan.

Proctor (1933) dalam Hardiyatmo (2002), telah mengamati bahwa ada hubungan yang pasti anatara 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 (γ_{dmak}).

Hubungan berat volume kering (γ_d) dengan berat volume basah (γ_b) dan kadar air (*w*), dinyatakan dalam persamaan :

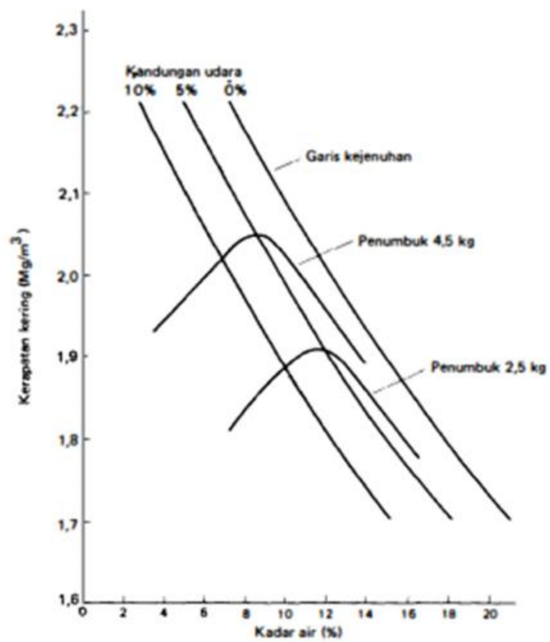
$$\gamma_d = \frac{¥\ b}{1+\mu} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

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 pemadat standar laboratorium. Prinsip pengujiannya diterangkan dibawah ini.

Alat pemadat *proctor modified* berupa silinder (*mold*) yang mempunyai diameter 10,2 cm dan tinggi 11,6 cm. Tanah di dalam mold dipadatkan dengan penumbuk yang beratnya 4,5 kg dengan tinggi jatuh 45,7 cm. Tanah dipadatkan dalam 5 (lima) lapisan dengan tiap lapisan ditumbuk sebanyak 25 kali pukulan. Berikut merupakan alat pemadatan tanah *proctor modified* pada gambar 1.

Gambar 1. Alat Pengujian Pemadatan Tanah *Proctor Modified*

Grafik hubungan kadar air dengan berat volume kering untuk usaha pemadatan yang berbeda yaitu *proctor standard* dan *proctor modified.*



Gambar 2. Grafik Hubungan Kadar Air Dengan Berat Volume Kering Untuk Usaha Pemadatan Yang Berbeda (Craig,1991)

c. Pengaruh Usaha Pemadatan

Usaha pemadatan adalah suatu pengukur energi mekanik yang diterapkan ke tanah (Yamali, 2016). Bila energi pemadatan membesar, maka tanah menjadi semakin padat. Beberapa hal yang mempengaruhi nilai energi pemadatan yaitu banyaknya tumbukan, jumlah lapisan, berat penumbuk dan tinggi jatuh seperti dirumuskan sebagai berikut (Hardiyatmo, 2002):

$$E = \frac{N\,b\,N\,i\,WH}{V} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

Keterangan :

E = Energi Kepadatan (ft-lb/ft^3)

$N\,b$ = Jumlah pukulan per lapisan

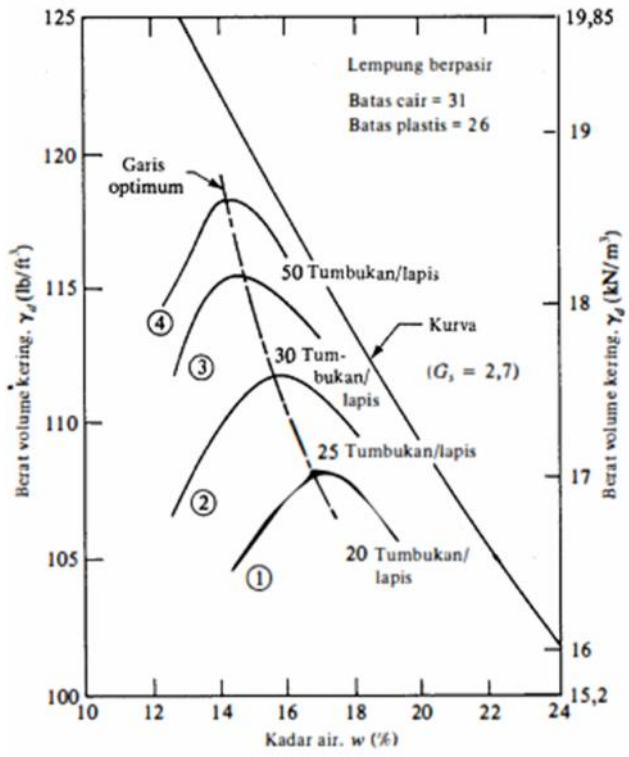
$N\,i$ = Jumlah lapisan

W = Berat pemukul (lb)

H = Tinggi jatuh pemukul (ft)

V = Volume mold/tabung (ft^3)

Grafik hubungan berat volume kering dan kadar air pada tanah lempung berpasir dengan usaha pemadatan yang berbeda.



Gambar 3. Grafik Kadar Air dan Berat volume Kering dengan pengaruh usaha pemadatan yang berbeda (Das, 1995)

3. Pemadatan di Lapangan

Material timbunan di suatu lokasi proyek biasanya merupakan material lepas, material ini secara alami akan menjadi padat karena pengaruh waktu dan cuaca. Proses pemadatan ini berlangsung dalam jangka waktu yang lama. Pada proyek konstruksi dimana waktu adalah bagian penting di dalam pelaksanaannya maka proses pemadatan dipercepat. Untuk mempercepat pemadatan ini digunakan peralatan mekanik (Rostiyanti, 2008).

a. Metode Pemadatan di Lapangan

Adapun energi yang diberikan oleh alat terhadap permukaan tanah dilakukan dengan beberapa metode (Rostiyanti, 2008) :

1. *Kneading* atau pemerasan

   Tanah diremas oleh gigi pada roda sehingga udara dan air yang terdapat di antara partikel material dapat dikeluarkan.

2. *Static weight* atau pemberat

   Permukaan tanah ditekan oleh suatu berat tertentu secara perlahan-lahan.

3. *Vibaration* atau getaran

   Tanah di bawah alat pemadatan diberikan getaran yang berasal dari alat tersebut sehingga partikel tanah yang kecil dapat masuk di antara partikel–partikel yang lebih besar untuk mengisi rongga yang ada.

4. *Impact* atau tumbukan

Proses yang dilakukan dengan metode ini adalah dengan menjatuhkan benda dari suatu ketinggian. Selain tanah menjadi lebih padat, dengan proses ini partikel tanah yang lebih besar menjadi pecah sehingga butiran partikel menjadi seragam.

C. Studi Literatur

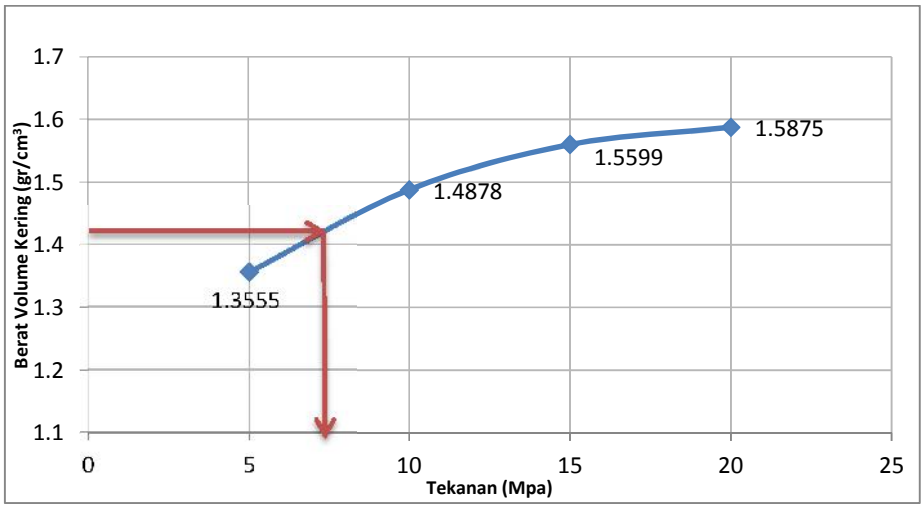
1. Penelitian dilakukan oleh Muda, A. (2016) tentang model pendekatan alat uji kepadatan ringan untuk tanah di laboratorium. Berdasarkan hasil pengujian kepadatan ringan SNI 1742:2008 bahwa tanah lempung Palangka Raya mempunyai berat isi kering maksimum (γd maks) 1.51 gr/cm^3 dan kadar air optimum (w_{opt}) 25,74%. Menurut Gregg (1960), tanah ini termasuk lanau-lempung dengan perkiraan kinerja timbunan buruk sampai bagus, karena dari hasil pengujian tanah ini mempunyai berat volume kering maksimum (γd maks) 1,49 – 1,88 gr/cm^3 dan kadar air optimum (w opt) 15 – 30%. Kemudian, tanah ini termasuk lempung dengan perkiraan kinerja timbunan buruk sampai sedang, karena kepadatan tanah dengan *margin error* ≤ 5% dan memiliki penilaian yang sama dengan SNI 1742:2008 terhadap kinerja timbunan, maka model memenuhi syarat sebagai alat uji kepadatan ringan untuk tanah di laboratorium dan memiliki standar yang sama dengan SNI 1742:2008.

2. Penelitian dilakukan oleh Ulfa, S.Z. (2017) tentang studi konversi energi pemadatan tanah dengan *modified proctor method* untuk tanah pasir

berlempung, sampel tanah berasal dari Tirtayasa, Kec. Sukabumi, Bandar Lampung, dengan hasil sebagai berikut :

Tabel 3. Hasil Pengujian Alat Tekan Modifikasi Berdasarkan Kondisi Rata-rata dengan 5 Lapisan Tanah.

Nama Sampel	Kadar Air (%)	Berat Volume Kering (gram/cm^3)
5 MPa	22,80	1,3555
10 MPa	22,95	1,4878
15 MPa	23,02	1,5599
20 MPa	23,15	1,5875



Gambar 4. Hubungan Berat Volume Kering Kondisi Rata-rata dengan Tekanan pada Uji Alat Tekan Modifikasi dengan 5 Lapisan Tanah.

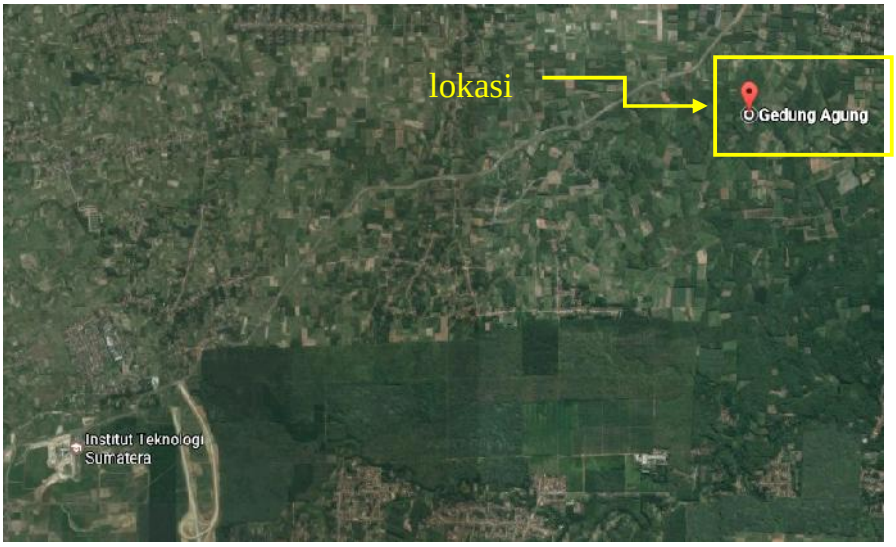
Berdasarkan hasil pengujian alat tekan pemadat modifikasi seperti pada Gambar 4, dari hasil uji *proctor modified* di laboratorium didapat nilai berat volume kering maksimum (γ_{dmaks}) sebesar 1,42 gr/cm^3. Bila nilai ini dikonversi terhadap hasil uji alat tekan modifikasi pada Gambar 4 didapat nilai tekanan sebesar 7 MPa.

3. Yamali, F.R. (2016) tentang Analisa Energi alat pemadat tanah lempung di lapangan. Berdasarkan hasil penelitian didapat energi alat pemadat di laboratorium untuk pemadatam modifikasi energi yang dihasilkan lebih besar yaitu 2642749 joule/m^3 dibandingkan energi pemadatan standar sebesar 593876 joule/m^3. Untuk alat pemadat di lapangan energi yang dihasilkan pemadatan tanah lempung dengan 1 lintasan adalah sebesar 64,43 joule (tiap cm lebar roda) dan 515,47 joule (tiap cm lebar roda) untuk 8 lintasan. Hal ini menunjukkan energi semakin bertambah seiring dengan penambahan jumlah lintasan.

III. METODE PENELITIAN

A. Bahan Penelitian

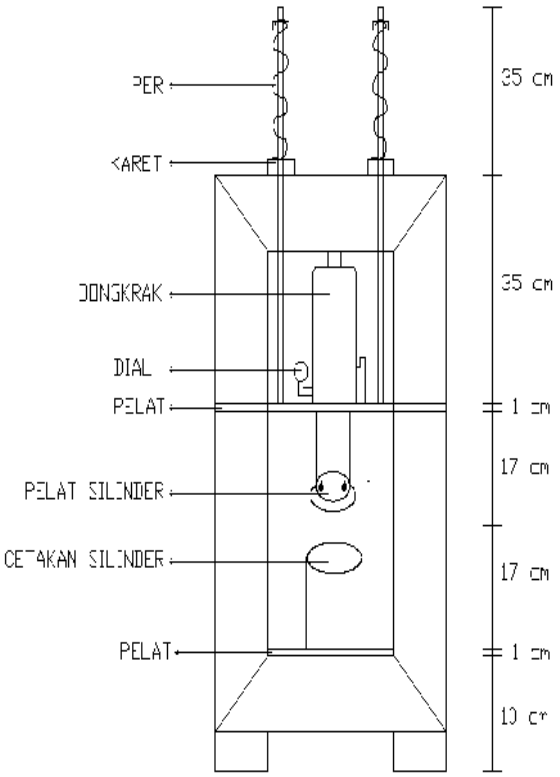
Pada penelitian ini, sampel tanah yang digunakan adalah tanah timbunan dalam proyek jalan tol Sumatera ruas Bakauheni – Terbanggi Besar Km 80 + 050. Sampel tanah yang digunakan berupa tanah yang berasal dari Desa Gedung Agung Kec. Jati Agung, Lampung Selatan.



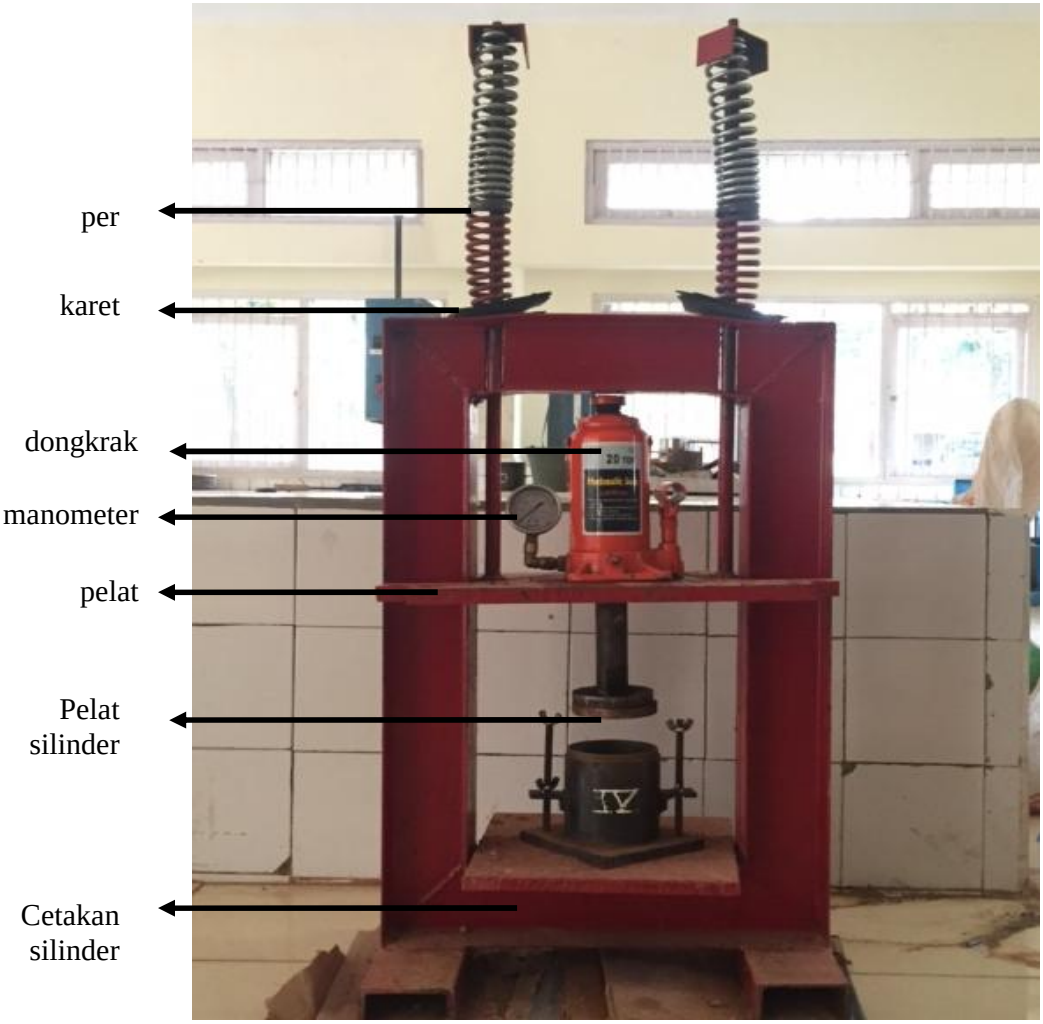
Gambar 5. Lokasi Sampel Tanah

B. Alat Tekan Pemadat Modifikasi

Alat tekan pemadat modifikasi yaitu alat yang dibuat dengan memodifikasi sebuah dongkrak yang memiliki kuat tekan yang tinggi. Dengan menggunakan sistem hidrolik secara manual menggunakan dial untuk mengukur tekanan yang diberikan pada saat mengalami tekanan. Cetakan yang akan digunakan yaitu silinder *(mold)* dengan diameter 10,2 cm dan tinggi 11,6 cm. Berikut merupakan sketsa alat tekan pemadat modifikasi.



Gambar 6. Sketsa Alat Tekan Pemadat Modifikasi



Gambar 7. Alat Tekan Pemadat Modifikasi

Cara kerja alat tekan pemadat modifikasi dengan memompa dongkrak, sehingga pelat yang ada tepat berada di bawah dongkrak akan turun. Saat dongkrak dipompa, pelat silinder turun dan menekan tanah yang berada di dalam cetakan. Pada saat tanah di padatkan maka manometer akan bergerak sehingga dapat mengetahui berapa besar tekanan yang di terima oleh tanah dengan membaca pada manometer.

C. Metode Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel tanah dilakukan dengan cara pengambilan langsung sampel tanah yang berasal dari Desa Gedung Agung Kec. Jati Agung, Lampung Selatan. Tanah yang diambil merupakan sampel tanah terganggu (*disturb sample)* dan sampel tanah tidak terganggu (*undisturb sample).*

Pengambilan sampel tanah terganggu *(disturbed sample)* dilakukan dengan cara pengambilan langsung sampel tanah menggunakan cangkul kemudian dimasukkan kedalam karung. Sampel ini digunakan untuk pengujian analisa saringan, berat jenis analisa hidrometer, *atterberg limit, proctor modified* dan alat uji tekan pemadat modifikasi.

Pengambilan sampel tanah tak terganggu (*undisturbed sample)* dilakukan dengan menggunakan tabung sampel yang ditekan kedalaman tanah, setelah terisi oleh tanah kemudian tabung diangkat dan di ujung tabung ditutup dengan plastik untuk menjaga agar kelembaban sampel tidak berubah. Sampel ini digunakan untuk pengujian kadar air, dan berat volume.

Sampel tanah yang sudah diambil selanjutnya digunakan sebagai sampel untuk pengujian awal dan bila memenuhi persyaratan sebagai tanah timbunan maka akan dilanjutkan untuk pengujian dengan alat tekan pemadat modifikasi.

D. Pengelolaan Sampel

Sampel tanah tak terganggu disimpan di tempat yang sejuk dan baru dibuka pada saat melakukan percobaan, hal ini dimaksudkan agar sampel tanah tak

terganggu tidak berubah kelembabannya. Sampel ini digunakan untuk pengujian kadar air dan berat volume tanah.

Sampel tanah terganggu setelah dibawa ke laboratorium, langsung dihamparkan dan dikeringkan dibawah sinar matahari. Setelah kering sampel tanah diambil sedikit untuk pengecekan kadar air tanah setelah dihamparkan dan dikeringkan. Hal ini bertujuan untuk mengetahui kadar air sisa pada sampel tanah kering. Kemudian sampel tanah kering diambil minimal 500 gram untuk melakukan pengujian analisa saringan.

Lalu sampel tanah akan diayak dengan nomor saringan yang dibutuhkan pada pengujian selanjutnya. Pertama, sampel diambil secukupnya lalu dimasukkan kedalam oven, kemudian tanah diayak dengan saringan no. 40, tanah yang lolos saringan ini sebanyak 400 gr yang digunakan unutuk pengujian berat jenis tanah dan batas *atterberg*. Kedua, sampel diambil secukupnya lalu dimasukkan kedalam oven, kemudian tanah diayak dengan saringan no. 200, tanah yang lolos saringan ini sebanyak 50 gram, sampel ini digunakan untuk pengujian hidrometer. Terakhir, tanah yang tersisa diayak dengan saringan no. 4 kemudian tanah dimasukkan kedalam plastik dengan masing-masing tanah seberat 2,5 kg. Sampel tanah ini digunakan untuk pengujian pemadatan tanah *proctor modified* sebanyak 12,5 kg (5 plastik tanah) dan pengujian pemadatan tanah dengan alat tekan pemadat modifikasi sebanyak 30 kg (12 plastik). Sisa sampel tanah disimpan ditempat yang aman dan digunakan apabila sewaktu-waktu dibutuhkan untuk pengujian kembali.

E. Pelaksanaan Pengujian

Pelaksanaan pengujian dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Lampung. Adapun pengujian yang dilakukan yaitu :

Pengujian fisik tanah bertujuan untuk mengetahui sifat fisik tanah yang digunakan sebagai bahan sampel. Kemudian hasil dari pengujian akan dianalisis sesuai dengan klasifikasi tanah menurut USCS dan AASHTO.

1. Pengujian Sifat Fisik dan Mekanis Tanah

a. Pengujian Kadar Air

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. Cara pengujian sebagai berikut :

1) Bahan :

Sampel tanah tak terganggu antara 30-50 gram.

2) Prosedur :

a) Menyiapkan sampel tanah yang akan diuji.

b) Menimbang ketiga *container*. Lalu memberi tanda atau nomor pada masing-masing container.

c) Memasukkan sampel tanah yang akan diuji kedalam *container.*

d) Menimbang *container* yang telah berisi sampel tanah.

e) Memasukkan *container* ke dalam oven pada temperatur 105°C selama 24 jam.

f) Menimbang *container* beserta tanah yang telah dikeringkan.

3) Perhitungan :

$$w = \frac{Ww}{\text{Ws}} = \frac{Wcs - Wds}{\text{Wds - Wc}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

Keterangan :

Ww = Berat air

Ws = Berat tanah kering

b. Pengujian Berat Jenis

Pengujian berat jenis bertujuan untuk menentukan berat jenis tanah yang lolos saringan No. 40 dengan menggunakan *picnometer* . Cara pengujian sebagai berikut :

1) Bahan :

a) Sampel tanah yang lolos saringan No.40 dan telah dikeringkan seberat antara 30-50 gram.

b) Air bersih.

2) Peralatan :

a) *Picnometer*.

b) Tungku pemanas (*Boiler*).

3) Prosedur :

a) Menyiapkan sampel tanah yang lolos saringan No. 40.

b) Menimbang *picnometer* dalam keadaan kosong.

c) Memasukkan sampel tanah ke dalam *picnometer* dan menambahkan air suling sampai 2/3 garis batas labu ukur.

d) Dipanaskan diatas tungku pemanas sampai butir-butir udara hilang.

e) Mengeringkan bagian luar labu ukur, menambahkan air hingga garis batas labu ukur, menimbang dan mencatat hasilnya.

4) Perhitungan :

$$Gs = \frac{Ws}{Ww1 - Ww2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

Keterangan :

Ws = Berat sampel tanah

Ww1 = Berat air mula – mula

Ww2 = Berat air sesudah didinginkan

c. Pengujian Batas *Atterberg*

Pada pengujian batas *atterberg* bertujuan untuk menentukan kadar air suatu jenis tanah pada batasan antara keadaan plastis dan keadaan cair, sesuai ketentuan yang ditentukan oleh *atterberg*.

Pengujian dilakukan dengan dua tahap. yaitu :

1) Pengujian Batas Cair (*Liquid Limit Test*). Cara pengujiannya yaitu:

a) Bahan :

- Sampel tanah yang lolos saringan no. 40 dan telah dikeringkan sebanyak 150 gram.
- Air bersih.

b) Peralatan :

- Alat Batas Cair / Mangkuk *Cassagrande*.

- Alat Pembuat Alur (*Grooving Tool*).

c) Prosedur :

- Menyiapkan sampel tanah yang lolos saringan No. 40.
- Mengatur tinggi jatuh mangkuk *casagrande* setinggi 10 mm.
- Sampel tanah dimasukkan kedalam wadah lalu diberi air dan aduk hingga merata, kemudian dimasukkan ke dalam mangkuk *casagrande* dan meratakan permukaan adonan sehingga sejajar dengan alas.
- Membuat alur tepat ditengah-tengah dengan membagi benda uji dalam mangkuk *cassagrande* tersebut dengan menggunakan *grooving tool.*
- Memutar tuas pemutar sampai kedua sisi tanah bertemu sepanjang 13 mm sambil menghitung jumlah ketukan dengan jumlah ketukan harus berada diantara 10 – 40 kali.
- Mengambil sebagian benda uji di bagian tengah mangkuk untuk pemeriksaan kadar air dan 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.

2) Pengujian Batas Plastis (*Plastic Limit Test).* Pengujiannya yaitu :

a) Bahan :

- Sampel tanah lolos saringan no. 40 sebanyak 100 gram.
- Air bersih.

b) Prosedur :

- Menyiapkan sampel tanah.
- Sampel tanah dimasukkan kedalam wadah lalu diberi air dan aduk hingga merata, kemudian ambil sampel tanah kira-kira sebesar ibu jari kemudian digulung- gulung di atas plat kaca hingga mencapai diameter 3 mm sampai retak-retak atau putus-putus.
- Memasukkan benda uji ke dalam *container* kemudian ditimbang.
- Menentukan kadar air benda uji.

c) Perhitungan :

PI = LL-PL ……..……... (5)

$$LI = \frac{w - PL}{PI} \quad \text{……..……... (6)}$$

Keterangan :

PI = *Plastic Index*

LL = Batas Cair

PL = Batas Plastis

w = Berat Air

d. Pengujian Berat Volume

Pengujian berat volume bertujuan untuk menentukan berat volume tanah dengan keadaan asli (*undisturbed sample*), yaitu perbandingan berat tanah dengan volume tanah. Dengan cara pengujian yaitu :

1) Bahan :

Sampel tanah keadaan asli (*undisturbed sample*).

2) Prosedur :

a) Membersihkan ring dengan oli kemudian menimbang ring.

b) Mengukur diameter dan tinggi permukaan samping ring contoh

c) Mengambil sampel tanah dari tabung contoh yang telah dipersiapkan.

d) Memasukkan sampel tersebut pada ring dengan cara menekan ring ke sampel, hingga tanah tertekan padat pada ring.

e) Meratakan permukaan tanah dengan pisau.

f) Menimbang ring dan sampel pada timbangan.

3) Perhitungan :

$$\gamma = \frac{W}{V} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (7)$$

Keterangan :

W = Berat tanah

V = Volume ring

e. Pengujian Analisa Saringan

Pengujian Analisa Saringan bertujuan untuk mengetahui persentase ukuran butiran tanah dan susunan butiran tanah (gradasi) dari suatu jenis tanah yang tertahan di atas saringan No. 200. Berikut cara pengujiannya :

1) Bahan :

a) Tanah yang telah dikeringkan sebanyak 500 gram.

b) Air bersih atau air suling sebanyak 1500 cc.

2) Peralatan :

a) Satu set saringan (*Sieve*).

b) Mesin penggetar (*Sieve Shaker*).

3) Prosedur :

a) Mengambil sampel tanah sebanyak 500 gram untuk dicuci diatas saringan no. 200 dan sampel tanah dimasukkan kedalam oven.

b) Meletakkan susunan saringan di atas mesin penggetar dan memasukkan sampel tanah pada susunan yang paling atas kemudian menutup rapat.

c) Mengencangkan penjepit mesin dan menghidupkan mesin penggetar selama kira-kira 15 menit.

d) Menimbang masing-masing saringan beserta sampel tanah yang tertahan di atasnya.

f. Pengujian Hidrometer

Pengujian hidrometer bertujuan untuk menentukan distribusi ukuran butir-butir tanah untuk tanah yang tidak mengandung butir tertahan saringan no. 200. Cara pengujian sebagai berikut :

1) Bahan :

a) Sampel tanah lolos saringan no. 200 sebanyak 50 gram.

b) *Reagent* (Na_2SiO_3).

c) Air.

2) Peralatan :

a) ASTM *soil hydrometer* (151 H).

b) *Thermometer*.

c) Gelas silinder dengan kapasitas 1000 cc sebanyak 2 buah.

3) Prosedur :

a) Menyaring sampel tanah menggunakan saringan no. 200. Ambil sebanyak 50 gram.

b) Menaruh sampel tanah ke dalam *container*, menuangkan 125 cc larutan air dan *reagent* sebanyak 5 gram. Aduk hingga semua bahan tercampur.

c) Melakukan pemeraman tanah yang sudah tercampur selama 16 jam.

d) Menuangkan campuran ke dalam alat pencampur (*mixer*) dan mengaduk selama 15 menit.

e) Memindahkan campuran ke gelas ukur silinder. Menambahkan air sehingga mencapai volume 1000 cm^3.

f) Menutup dan mengocok gelas ukur secara bolak-balik sekitar 60 kali.

g) Melakukan pembacaan hidrometer pada menit ke- T=2; T=5; T=15; T=30; T=60; T=250 dan T=1440.

h) Melakukan pembacaan suhu menggunakan termometer.

i) Menyediakan gelas ukur kedua yang hanya berisi air dan *reagent*.

j) Mengulangi prosedur (5), (6), dan (8) untuk gelas ukur kedua.

k) Melakukan pembacaan hidrometer pada gelas ukur kedua.

2. Pengujian Pemadatan Tanah *Proctor Modified*

Pengujian pemadatan tanah *proctor modified* bertujuan untuk menentukan kepadatan maksimum suatu jenis tanah melalui cara tumbukan, yaitu mengetahui hubungan antara kadar air dan kepadatan tanah. Cara pengujiannya sebagai berikut :

a. Bahan :
   1) Sampel tanah terganggu.
   2) Air bersih.
b. Peralatan :
   1) 1 set mold *standard.*
   2) *Hammer* berat 4,5 kg.
c. Prosedur :
   1) Mengambil sampel tanah yang lolos saringan No.4, untuk 5 sampel, masing-masing 2,5 kg.
   2) sampel tanah sebesar 2,5 kg dihamparkan kedalam pan segiempat dan menambahkan air sedikit demi sedikit diaduk merata sampai tanah dikepalkan dengan tangan, kemudian dibuka tanah tidak hancur dan lengket ditangan.
   3) Mendapatkan berapa cc air yang ditambahkan untuk setiap 2,5 kg tanah, penambahan air dengan selisih 3%.
   4) Mengolesi bagian dalam *mold* dengan oli hingga merata.

5) Dengan menggunakan *Proctor Modified,* tanah dibagi kedalam 5 bagian. Bagian pertama masukan kedalam *mold* ditumbuk sebanyak 25 kali sampai merata. Dengan cara yang sama dilakukan pula untuk lapisan kedua sampai lapisan ke lima.
6) Mengeluarkan sampel tanah dari *mold.*
7) Mengambil dan menimbang sampel tanah hasil percobaan. Kemudian masukkan kedalam oven selama 24 jam.
8) Mengulangi prosedur (4 sampai 7) untuk keempat sampel tanah berikutnya.
9) Dari hasil uji *proctor Modified* didapatkan nilai berat volume kering maksimum (γ_{dmax}) dan kadar air optimum (w_{opt}).

3. Pengujian Pemadatan Tanah dengan Alat Tekan Pemadat Modifikasi

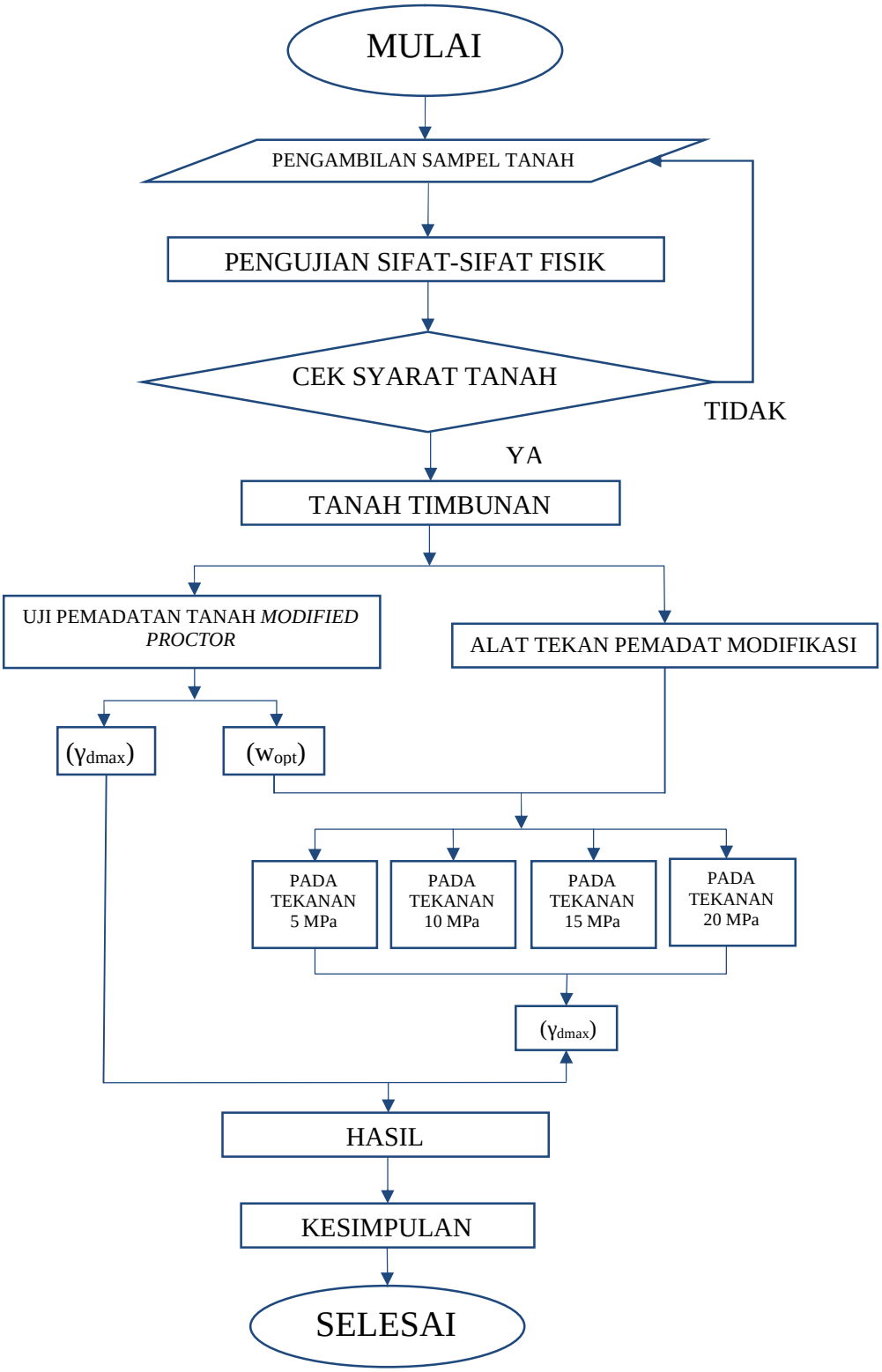
Pada Pengujian ini, akan dilakukan 4 macam penekanan oleh alat tekan modifikasi, yaitu pada tekanan 5 MPa, 10 MPa, 15 MPa, dan 20 MPa. Dari masing-masing penekanan sampel yang digunakan berjumlah 3 sampel. Cara pengujian sebagai berikut :

1) Mengambil sampel tanah yang lolos saringan No.4, untuk 12 sampel, masing-masing 2,5 kg.
2) Dari uji *Proctor Modified* didapat kadar air optimum (w_{opt}) yang digunakan untuk penambahan kadar air pada sampel tanah.
3) Menambahkan air sesuai kadar air optimum pada sampel tanah, diaduk merata dan dimasukkan kembali kedalam plastik. Kemudian dilakukan pemeraman minimal satu hari.

4) Menyiapkan sampel tanah yang sudah diperam.
5) Masukan bagian pertama kedalam *mold* kemudian di tekan dengan tekanan 5 MPa pada alat tekan pemadat modifikasi. Dengan cara yang sama dilakukan untuk lapisan kedua hingga kelima.
6) Didapatkan nilai berat volume kering (γ_d) dan kadar air (w).
7) Mengulangi prosedur (3) sampai (5) untuk keempat sampel berikutnya dengan tekanan 10 MPa, 15 MPa dan 20 MPa.

F. Bagan Alir Penelitian

Semua proses dan hasil yang didapat dari hasil penelitian akan ditampilkan dalam bentuk tabel, grafik hubungan serta penjelasan-penjelasan. Berikut merupakan bagan alir penelitian pada gambar 8.



Gambar 8. Bagan Alir Penelitian

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

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

1. Sampel tanah yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Desa Gedung Agung, Lampung Selatan. berdasarkan sistem klasifikasi AASHTO termasuk pada kelompok tanah A-2-4 yaitu tanah pasir berlempung dan dinilai naik sebagai tanah timbunan pilihan. klasifikasi berdasarkan USCS tanah tersebut termasuk kedalam kelompok SC yaitu tanah pasir berlempung.
2. Pada pengujian uji *proctor modified* di laboratorium didapat nilai berat volume kering maksimum (γ_{dmaks}) sebesar 1,706 gr/cm^3. Bila nilai ini dikonversi terhadap hasil uji alat uji tekan modifikasi didapat nilai tekanan sebesar 10 MPa.
3. Berdasarkan perhitungan energi alat tekan modifikasi menggunakan tanah timbunan biasa sebesar 7 MPa, lebih kecil dibandingkan alat tekan modifikasi menggunakan tanah timbunan pilihan yaitu sebesar 10 MPa.

4. Nilai berat volume kering pada kondisi kadar air optimum memiliki nilai yang hampir sama untuk setiap tekanan. Hal ini membuktikan bahwa sampel tanah yang digunakan memiliki gradasi butiran tanah yang baik, sehingga pada pengujian dengan tekanan berapapun tidak akan mempengaruhi nilai berat volume kering.
5. Hasil pemadatan menggunakan alat tekan pemadat modifikasi didapatkan berat volume kering pada *proctor modified* pada setiap tekanan lebih besar dibandingkan *proctor standard,* maka dapat disimpulkan jumlah lapisan sangat berpengaruh pada kepadatan tanah.

B. Saran

Untuk penelitian selanjutnya mengenai perbandingan pemadatan tanah di laboratorium dengan uji alat tekan pemadat modifikasi, disarankan beberapa hal dibawah ini untuk dipertimbangkan :

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk jenis tanah lainnya.
2. Perlu dilakukan penelitian pengaruh kadar air terhadap kepadatan pada alat tekan pemadat modifikasi.
3. Perlu dilakukan penelitian pengaruh jumlah lapisan terhadap kepadatan pada alat tekan pemadat modifikasi.
4. Diperlukan pemeliharaan alat tekan modifikasi dan alat laboratorium lainnya, agar mendapatkan hasil penelitian yang sesuai.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Standarisasi Nasional, 2008, *SNI 1742:2008 Cara Uji Kepadatan Ringan untuk Tanah*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.

Bisa, F., 2014, *Pengertian dan Klasifikasi Timbunan*, diakses pada *http://kumpulengineer.blogs pot.co.id/2014/09/pengertian-dan-klasifikasi-timbunan.html* (20 April 2017).

Craig, R.F. 1991. "*Mekanika Tanah Edisi Ke Empat"*. PT. Erlangga. Jakarta.

Das, B. M. 1995. "*Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid I"*. PT. Erlangga. Jakarta.

Departemen Pekerjaan Umum, 2010. Direktorat Jenderal Bina Marga. *"Spesifikasi Umum Revisi 3"*.

Hardiyatmo, H.C. 2002. *"Mekanika Tanah 1"*. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.

Laboraturium Mekanika Tanah. 2014. *Buku Petunjuk Praktikum Mekanika Tanah I dan Mekanika Tanah II*. Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Bandar Lampung.

Muda, A. 2016. *"Model Pendekatan Alat Uji Kepadatan Ringan untuk Tanah di Laboratorium"*. Jurnal Teknik Sipil Universitas Lambung Mangkurat. Banjarmasin.

Novalia, A. 2017. "*Studi Eksperimen Derajat Kepadatan Tanah Standard Proctor Laboratorium Terhadap Alat Tekan Pemadat Modifikasi Menggunakan Tanah Timbunan Pilihan"* . Skripsi. Universitas Lampung. Bandar Lampung.

Rostiyanti, S.F., 2008. "*Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi"*. PT. Rineka Cipta. Jakarta.

Ulfa, S.Z., 2017. *"Studi Konversi Energi Pemadatan Tanah dengan Modified Proctor Method untuk Tanah Pasir Berlempung"*. Skripsi. Universitas Lampung. Bandar Lampung.

Universitas Lampung. 2012. "*Format Penulisan Karya Ilmiah Universitas Lampung"*. UPT Percetakan Universitas Lampung. Bandar Lampung.

Yamali,F.R. 2016. *"Analisa Energi alat pemadat tanah lempung di lapangan"*. Jurnal Teknik Sipil Universitas Batanghari. Jambi.