

**STUDI KONVERSI ENERGI PEMADATAN TANAH DENGAN
MODIFIED PROCTOR METHOD UNTUK TANAH PASIR
BERLEMPUNG**

(Skripsi)

Oleh

SITI ZAHHARA ULFA



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2017**

ABSTRAK

STUDI KONVERSI ENERGI PEMADATAN TANAH DENGAN *MODIFIED PROCTOR METHOD* UNTUK TANAH PASIR BERLEMPUNG

Oleh

SITI ZAHHARA ULFA

Sehubungan dengan peningkatan perekonomian masyarakat, laju pertumbuhan kendaraan pun kian meningkat. Hal ini perlu diimbangi dengan perkembangan sarana transportasi. Oleh karena itu, diperlukan pembangunan jalan baru maupun perbaikan jalan yang sudah ada. Kondisi fisik dan mekanis tanah sangat erat kaitannya dengan pembangunan suatu konstruksi. Hal ini disebabkan karena tanah merupakan suatu material yang mempunyai peran sangat krusial dalam menopang suatu konstruksi. Untuk mendapatkan tanah timbunan dengan kualitas yang baik, diperlukan pemadatan tanah agar stabil terhadap beban struktur maupun beban non struktur. Pada penelitian ini membandingkan energi pemadatan tanah metode *modified proctor* dengan alat tekan pemadat modifikasi.

Sampel tanah yang digunakan berasal dari daerah Tirtayasa, Kec. Sukabumi Bandar Lampung, terdiri dari duabelas sampel untuk pengujian alat tekan pemadat modifikasi, dengan tekanan yang digunakan adalah 5 MPa, 10 MPa, 15 MPa dan 20 MPa menggunakan tiga sampel tanah pada masing-masing tekanan.

Hasil penelitian di laboratorium menunjukkan bahwa berat volume maksimum (γ_{dmaks}) sebesar $1,42 \text{ gr/cm}^3$ pada pengujian metode *modified proctor* dengan hasil pada alat tekan pemadat modifikasi didapat nilai tekanan sebesar 7 MPa dan tekanan pada mesin penggilas kaki kambing sebesar $6,9 \text{ N/mm}^2$.

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

ABSTRACT

STUDY CONVERSION OF SOIL ENERGY COMPACTION WITH MODIFIED PROCTOR METHOD FOR SANDY CLAY SOILS

By

SITI ZAHHARA ULFA

Related to increased of society economics and the growth rate of vehicles, this needs to be balanced with facilities of transportation. So, a new road or repair existing road is needed. The physical and mechanical conditions of soil are closely related to the construction. It caused the soil has a very crucial role in supporting the construction. To obtain good quality pile of soil, soil compaction is required to stabilize against both structural or non-structural loads. In this study comparing the modified proctor method soil compaction energy with modified press compactor tools.

The soil samples used is from Tirtayasa Region Sukabumi District Bandar Lampung, it consists of twelve samples used for modified press compactor tools tests, with pressure used 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_{dmax}) of 1,42 gr/cm³ amount on modified proctor method tests with the results on modified press compactor tools obtain pressure value of 7 MPa value and the pressure on sheep foot rifling machine of 6,9 N/mm².

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

**STUDI KONVERSI ENERGI PEMADATAN TANAH DENGAN
MODIFIED PROCTOR METHOD UNTUK TANAH PASIR
BERLEMPUNG**

Oleh

SITI ZAHHARA ULFA

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

Pada

**Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2017**

Judul Skripsi : **STUDI KONVERSI ENERGI PEMADATAN
TANAH DENGAN *MODIFIED PROCTOR*
METHOD UNTUK TANAH PASIR
BERLEMPUNG**

Nama Mahasiswa : **Siti Zahhara Ufa**

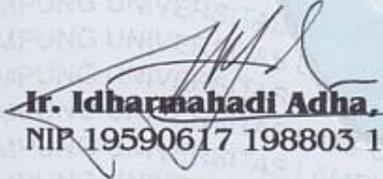
Nomor Pokok Mahasiswa : 1315011107

Jurusan : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

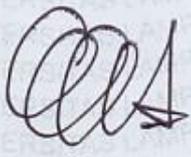
MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing


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


Ir. Setyanto, M.T.
NIP 19550830 198403 1 001

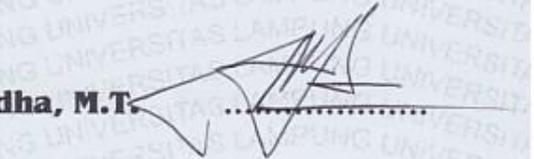
2. Ketua Jurusan Teknik Sipil


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

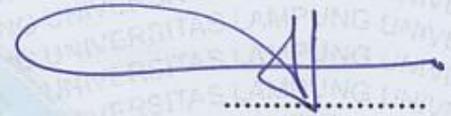
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

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

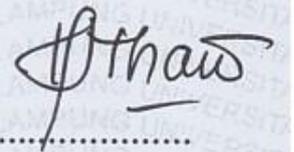


Anggota Pembimbing : **Ir. Setyanto, M.T.**



Penguji

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



2. Dekan Fakultas Teknik



Prof. Dr. Suharno, M.Sc.

NIP 19620717 198703 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **8 September 2017**

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini menyatakan dengan sebenarnya bahwa :

1. Skripsi dengan judul Studi Konversi Energi Pemadatan Tanah Dengan *Modified Proctor Method* untuk Tanah Pasir Berlempung 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, 2 September 2017

Pembuat Pernyataan



Siti Zahhara Ulfa

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Kotabumi pada tanggal 19 April 1995, sebagai anak pertama dari Bapak Saptu Heriyuza, S.E., M.M. dan Ibu Erma Elia.

Pendidikan Taman Kanak-Kanak (TK) Tunas Harapan diselesaikan pada tahun 2000, Sekolah Dasar (SD) diselesaikan di SD N 5 Kelapa Tujuh pada tahun 2007, Sekolah Menengah Pertama (SMP) diselesaikan pada tahun 2010 di SMP N 7 Kotabumi, dan Sekolah Menengah Atas (SMA) diselesaikan di SMA N 3 Kotabumi pada tahun 2013. Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung pada tahun 2013 melalui jalur SNMPTN.

Penulis telah melakukan Kerja Praktik (KP) pada Proyek Pembangunan Gedung Rawat Inap Kebidanan RSUD Dr. H. Abdul Moeloek Provinsi Lampung selama 3 bulan. Penulis juga telah mengikuti Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Beringin Jaya, Kecamatan Bandar Surabaya, Kabupaten Lampung Tengah selama 40 hari pada periode Januari-Februari 2017. Penulis mengambil tugas akhir dengan judul Studi Konversi Energi Pemadatan Tanah dengan *Modified Proctor Method* untuk Tanah Pasir Berlempung. Selama menjadi mahasiswa penulis aktif dalam Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil (HIMATEKS) sebagai anggota Bidang Kesekretariatan pada periode tahun 2014-2015.

Persembahan

Untuk Papa dan Mama tercinta yang selalu memberikan kasih sayang,
menyertakan namaku dalam setiap doa dan mendukungku
dalam segala hal.

Untuk Adikku tersayang yang tak pernah lelah memberikan semangat
dan dorongan untukku.

Untuk saudara-saudaraku yang telah memberikan dukungan dan doa.

Untuk semua teman-temanku di sekolah, di kampus, dan di manapun kalian
berada. Terima kasih sudah hadir dan memberikan warna dihidupku.

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.

Untuk teman-teman spesialku, rekan seperjuanganku, Teknik Sipil
Universitas Lampung Angkatan 2013. Terima kasih untuk semua yang
telah kalian berikan. Apalah aku tanpa kalian.

Untuk semua sahabat baikku, terima kasih sudah menjadi bagian berharga
dalam hidupku yang selalu mendukung apapun yang kulakukan. Semoga
kita bisa sama-sama menjadi orang sukses.

MOTTO

Sebaik-baiknya manusia adalah manusia yang bermanfaat bagi orang lain.

(Anonim)

Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari sesuatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain). Dan hanya kepada Tuhanmu-lah engkau berharap.

(QS. Al-Insyirah,6-8)

Kepercayaan pada diri sendiri akan menjadi kekuatan yang mampu mengubah takdir.

(Anonim)

No one is perfect. That's why pencils have erasers.

(Anonim)

Laughter is timeless. Imagination has no age. But dreams are forever.

(Anonim)

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul Studi Konversi Energi Pematatan Tanah *Modified Proctor Method* untuk Tanah Pasir Berlempung. Skripsi ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) pada Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Atas terselesaikannya skripsi ini penulis mengucapkan terima kasih 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. Idharmahadi Adha, M.T., selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah memberikan semangat, kritik, saran, serta bimbingan dalam proses penyusunan skripsi.
4. Bapak Ir. Setyanto, M.T., selaku Dosen Pembimbing Kedua yang telah memberikan kritik, saran, serta bimbingan dalam proses penyusunan skripsi.
5. Ibu Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., selaku Dosen Penguji atas kritik, saran, serta bimbingan dalam proses penyusunan skripsi.

6. Ibu Dyah Indriana K., S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah banyak membantu selama masa perkuliahan.
7. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung atas ilmu dan pembelajaran yang telah diberikan selama masa perkuliahan.
8. Keluargaku tercinta terutama kedua orang tuaku, Sapta Heriyuza dan Erma Elia, serta adikku, Muhammad Al-farizi dan seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan dan doa.
9. Sahabat sekaligus teman seperjuangan penelitian, Erny Robianti, terima kasih atas bantuan, kerja sama, saran, dan kritik selama penelitian berlangsung.
10. Sahabat-sahabat baikku, Dea Amanda, Astri, Septi, Dwi, Tika, Melly, Ican, Arief, Fajar, Anwar, Dimas, Rizqika, Adlina, rekan seperjuangan Teknik Sipil Angkatan 2013, serta kakak-kakak dan adik-adik Teknik Sipil, terima kasih atas bantuan serta doa dan dukungannya selama ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan dan keterbatasan. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan. Akhir kata semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Bandar Lampung, September 2017

Penulis

Siti Zahhara Ulfa

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|--|---------|
| DAFTAR TABEL | iii |
| DAFTAR GAMBAR | v |
| DAFTAR NOTASI | vii |
| I. PENDAHULUAN | |
| A. Latar Belakang | 1 |
| B. Rumusan Masalah | 2 |
| C. Batasan Masalah | 3 |
| D. Tujuan Penelitian | 4 |
| E. Manfaat Penelitian | 4 |
| II. TINJAUAN PUSTAKA | |
| A. Tanah | 5 |
| 1. Pengertian Tanah | 5 |
| 2. Klasifikasi Tanah | 6 |
| 3. Tanah Timbunan | 11 |
| 4. Mineral-mineral Tanah | 12 |
| B. Pemadatan Tanah | 12 |
| 1. Definisi Pemadatan Tanah | 12 |
| 2. Dasar-dasar Teori Pemadatan Tanah | 13 |
| C. Studi Literatur | 16 |
| III. METODE PENELITIAN | |
| A. Bahan Penelitian | 19 |
| B. Alat Tekan Pemadat Modifikasi | 19 |
| C. Metode Pengambilan Sampel | 22 |
| D. Pelaksanaan Pengujian | 22 |
| E. Bagan Alir Penelitian | 35 |
| IV. HASIL DAN PEMBAHASAN | |
| A. Hasil Pengujian Sampel Tanah | 37 |
| B. Klasifikasi Sampel Tanah | 44 |
| C. Uji Alat Tekan Pemadat Modifikasi | 45 |

| | |
|---------------------|----|
| V. PENUTUP | |
| A. Kesimpulan | 59 |
| B. Saran | 60 |

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN A

LAMPIRAN B

LAMPIRAN C

LAMPIRAN D

DAFTAR TABEL

| Tabel | Halaman |
|--|---------|
| 1. Simbol Pada Klasifikasi Tanah <i>Unified</i> | 7 |
| 2. Klasifikasi Tanah Berdasarkan USCS | 8 |
| 3. Klasifikasi Tanah Berdasarkan AASHTO | 9 |
| 4. Tanah Berbutir Kasar | 10 |
| 5. Tanah Berbutir Halus | 10 |
| 6. Sifat Fisik Tanah Palangka Raya | 16 |
| 7. Pengujian Kepadatan Alat Uji SNI 1742:2008 Dan Model | 17 |
| 8. Prosedur Alat Uji Tekan Modifikasi | 23 |
| 9. Hasil Pengujian Kadar Air Tanah | 37 |
| 10. Hasil Pengujian Berat Volume Tanah | 38 |
| 11. Hasil Pengujian Berat Jenis (Gs) Tanah | 38 |
| 12. Hasil Pengujian Batas <i>Atterberg</i> Tanah | 39 |
| 13. Hasil Pengujian Analisis Saringan | 40 |
| 14. Hasil Pengujian Analisis Hidrometer | 41 |
| 15. Hasil Pengujian Sampel Tanah | 43 |
| 16. Hasil Perhitungan Pengujian Alat Tekan Modifikasi Pada Tekanan 5 Mpa dengan 5 Lapisan Tanah..... | 45 |
| 17. Hasil Perhitungan Pengujian Alat Tekan Modifikasi Pada Tekanan 10 Mpa dengan 5 Lapisan Tanah..... | 46 |
| 18. Hasil Perhitungan Pengujian Alat Tekan Modifikasi Pada Tekanan 15 Mpa dengan 5 Lapisan Tanah..... | 47 |

| | |
|--|----|
| 19. Hasil Perhitungan Pengujian Alat Tekan Modifikasi Pada Tekanan 20 Mpa dengan 5 Lapisan Tanah..... | 48 |
| 20. Hasil Pengujian Alat Tekan Modifikasi Berdasarkan Kondisi Minimum dengan 5 Lapisan Tanah..... | 50 |
| 21. Hasil Pengujian Alat Tekan Modifikasi Berdasarkan Kondisi Optimum dengan 5 Lapisan Tanah..... | 53 |
| 22. Hasil Pengujian Alat Tekan Modifikasi Berdasarkan Kondisi Rata-rata dengan 5 Lapisan Tanah | 55 |

DAFTAR GAMBAR

| Gambar | Halaman |
|---|---------|
| 1. Alat Uji Pemadatan Tanah <i>Modified Proctor</i> | 14 |
| 2. Kurva Hubungan Kadar Air dengan Berat Volume Kering | 15 |
| 3. Grafik Berat Isi Kering Maksimum Model | 17 |
| 4. Grafik Kadar Air Optimum Model | 18 |
| 5. Lokasi Pengambilan Sampel Tanah | 19 |
| 6. Sketsa Alat Tekan Pemadat Modifikasi | 20 |
| 7. Alat Tekan Pemadat Modifikasi | 21 |
| 8. Bagan Alir Penelitian | 36 |
| 9. Grafik Analisis Saringan | 41 |
| 10. Hubungan Berat Volume Kering dengan Kadar Air Menggunakan <i>Modified Proctor</i> | 42 |
| 11. Hubungan Berat Volume Kering dengan Kadar Air Pada Uji Alat Tekan Modifikasi untuk Tekanan 5 Mpa dengan 5 Lapisan Tanah..... | 46 |
| 12. Hubungan Berat Volume Kering dengan Kadar Air Pada Uji Alat Tekan Modifikasi untuk Tekanan 10 Mpa dengan 5 Lapisan Tanah..... | 47 |
| 13. Hubungan Berat Volume Kering dengan Kadar Air Pada Uji Alat Tekan Modifikasi untuk Tekanan 15 Mpa dengan 5 Lapisan Tanah..... | 48 |
| 14. Hubungan Berat Volume Kering dengan Kadar Air Pada Uji Alat Tekan Modifikasi untuk Tekanan 20 Mpa dengan 5 Lapisan Tanah..... | 49 |
| 15. Hubungan Berat Volume Kering dengan Kadar Air Berdasarkan Uji Alat Tekan Modifikasi dengan 5 Lapisan Tanah | 50 |

| | |
|--|----|
| 16. Hubungan Berat Volume Kering dengan Kadar Air Pada Uji Alat Tekan Modifikasi pada Kondisi Minimum dengan 5 Lapisan Tanah | 51 |
| 17. Hubungan Kadar Air Pada Kondisi Minimum dengan Tekanan pada Uji Alat Tekan Modifikasi dengan 5 Lapisan Tanah | 51 |
| 18. Hubungan Berat Volume Kering Pada Kondisi Minimum dengan Tekanan pada Uji Alat Tekan Modifikasi dengan 5 Lapisan Tanah | 52 |
| 19. Hubungan Berat Volume Kering dengan Kadar Air pada Uji Alat Tekan Modifikasi Pada Kondisi Optimum dengan 5 Lapisan Tanah | 53 |
| 20. Hubungan Kadar Air pada Kondisi Optimum dengan Tekanan pada Uji Alat Tekan Modifikasi dengan 5 Lapisan Tanah | 54 |
| 21. Hubungan Berat Volume Kering pada Kondisi Optimum dengan Tekanan pada Uji Alat Tekan Modifikasi dengan 5 Lapisan Tanah | 54 |
| 22. Hubungan Berat Volume Kering Dengan Kadar Air Pada Uji Alat Tekan Modifikasi Pada Kondisi Rata-rata | 56 |
| 23. Hubungan Kadar Air pada Kondisi Rata-Rata dengan Tekanan pada Uji Alat Tekan Modifikasi | 56 |
| 24. Hubungan Berat Volume Kering pada Kondisi Rata-rata dengan Tekanan pada Uji Alat Tekan Modifikasi | 57 |
| 25. Mesin Penggilas Kaki Kambing | 58 |

DAFTAR NOTASI

| | |
|-----|---|
| E | = Energi Kepadatan (ft-lb/ft ³) |
| Nb | = Jumlah pukulan per lapisan |
| Ni | = Jumlah lapisan |
| W | = Berat pemukul (kg) |
| H | = Tinggi jatuh pemukul (cm) |
| V | = Volume mold/tabung (cm ³) |
| 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) |
| | = Berat volume (gram/cm ³) |
| Gs | = Berat jenis |
| LL | = Batas cair (%) |
| PL | = Batas plastis (%) |
| PI | = <i>Plastic index</i> (%) |
| LI | = <i>Liquid index</i> (%) |
| b | = Berat volume basah (gram/cm ³) |
| d | = Berat volume kering (gram/cm ³) |

- d_{maks} = Berat volume kering maksimum (gram/cm³)
- d_{zav} = Zero air void (gram/cm³)
- w = Kadar air (%)
- w_{opt} = Kadar air optimum (%)
- d = Diameter (cm)
- t = Tinggi (cm)
- 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
- 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 (%)

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan zaman, perkembangan infrastruktur yang ada pun melaju dengan kian pesatnya. Bandar Lampung yang merupakan ibukota Provinsi Lampung pun ikut mengalami perkembangan serupa. Aktivitas lalu lintas yang seolah membuat pemerintah harus terus meningkatkan pembangunan sarana dan prasarana demi menunjang kenyamanan masyarakat. Hal ini tentu diperlukan tanah dengan kualitas yang baik.

Tanah merupakan suatu media untuk mendirikan bangunan struktur. Oleh karena itu, tanah menjadi suatu hal yang sangat penting dan berpengaruh dalam dunia konstruksi. Kualitas tanah akan sangat menentukan kekokohan konstruksi di atasnya. Tanah yang baik adalah tanah yang memiliki kerapatan antar partikel tanah yang tinggi dan mengandung sedikit kadar air. Kualitas suatu tanah akan sangat bergantung pada kondisi fisik dan mekanis tanah.

Tanah pada suatu daerah tentu tidak selalu memiliki kontur yang sama, oleh karena itu diperlukan penggalian atau timbunan tanah agar didapatkan ketinggian tanah sesuai dengan yang diinginkan. Agar tanah benar-benar kuat untuk menopang konstruksi dan lainnya, maka perlu dilakukan pemadatan tanah.

Pemadatan tanah yaitu proses naiknya kerapatan tanah dengan memperkecil jarak antar partikel sehingga terjadi reduksi volume udara (Prihatono, 2011). Udara yang terdapat pada pori-pori tanah dikeluarkan sehingga rongga udara tersebut dapat terisi oleh butiran tanah. Dengan cara melakukan pemadatan tanah diharapkan memperoleh tanah yang stabil dan memenuhi persyaratan teknis.

Terdapat macam-macam metode pemadatan tanah yang sering dilakukan, yaitu pemadatan dengan mesin penggilas untuk dilapangan dan pemadatan dengan cara memukul tanah dengan alat pemadat dilaboratorium. Dewasa ini banyak dikembangkan inovasi alat pemadat modifikasi yang digunakan untuk memadatkan tanah. Banyaknya kadar air yang terkandung dalam tanah akan menentukan seberapa kepadatan yang mampu dicapai oleh tanah tersebut. Untuk mencapai kepadatan maksimum, maka diperlukan nilai kadar air optimum tanah.

Oleh karena itu, penelitian ini akan dilakukan agar mendapatkan besarnya konversi pemadatan tanah *modified proctor* di laboratorium dengan alat tekan pemadat modifikasi.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah mengenai sifat-sifat fisik dan mekanis dari sampel tanah yang digunakan. Karena sifat-sifat tanah yang berbeda-beda maka diperlukan pengujian pada sampel tanah untuk mengetahui jenis klasifikasi tanah.

Setiap tanah tentu memiliki ketahanan yang berbeda dalam hal menopang beban di atasnya. Pemadatan tanah merupakan cara yang tepat untuk memperoleh tanah yang stabil terhadap beban struktur maupun beban non struktur.

Maka perlu dilakukan penelitian untuk mendapatkan besar energy yang timbul dari pemadatan tanah *modified proctor* di laboratorium terhadap alat uji tekan pemadat modifikasi.

C. 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 timbunan yang bersumber dari Jalan Tirtayasa, Kec. Sukabumi, Bandar Lampung.
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*
 - a. Uji Batas Plastis (*Plastic Limit Test*)
 - b. Uji Batas Cair (*Liquid Limit Test*)
 5. Pengujian Analisis Saringan
 6. Pengujian Hidrometer

3. Uji Pemadatan Tanah *Modified Proctor*
4. Pengujian Pemadatan Tanah *Modified Proctor* dengan Alat Tekan Pemadat Modifikasi

D. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengetahui sifat-sifat fisik dan mekanis tanah yang bersumber dari Jalan Tirtayasa, Kec. Sukabumi, Bandar Lampung.
2. Untuk mengetahui energy yang timbul dari pemadatan tanah *modified proctor* terhadap alat uji tekan pemadat modifikasi.
3. Untuk mempersingkat waktu pelaksanaan pengujian pemadatan tanah *modified proctor* di laboratorium.

E. Manfaat Penelitian

Penelitian ini tentunya diharapkan dapat memberi manfaat di masa yang akan datang. Beberapa manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini yaitu agar dapat mengetahui besar konversi dari pemadatan tanah *modified proctor* di laboratorium dengan permodelan alat tekan pemadat modifikasi. Agar dapat bermanfaat bagi dinas / instansi terkait, pihak kontraktor dan untuk perkembangan ilmu pengetahuan sehingga dapat menambah wawasan khususnya mengenai pemadatan tanah timbunan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Tanah

1. Pengertian Tanah

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

Tanah adalah himpunan mineral, bahan organik dan endapan-endapan yang relatif lepas (*loose*) yang terletak diatas batu dasar (*bedrock*) (Hardiyatmo, 2010).

Tanah adalah material yang terdiri dari agregat atau butiran mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dari bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai zat cair juga gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut (Das, 1995).

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

2. Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem penggolongan yang sistematis dari jenis-jenis tanah yang mempunyai sifat-sifat yang sama ke dalam kelompok-kelompok dan sub kelompok berdasarkan pemakaiannya (Das, 1995). Tanah-tanah yang dikelompokkan dalam urutan berdasarkan satu kondisi fisis tertentu bisa saja mempunyai urutan yang tidak sama jika berdasarkan pada kondisi-kondisi fisis lainnya, oleh karena itu sejumlah sistem klasifikasi telah dikembangkan sesuai dengan maksud yang diinginkan oleh sistem tersebut.

Klasifikasi tanah berfungsi untuk studi yang lebih terinci mengenai keadaan tanah tersebut serta kebutuhan akan pengujian untuk menentukan sifat teknis tanah seperti karakteristik pemadatan, kekuatan tanah, berat isi, dan sebagainya (Bowles, 1991).

Ada beberapa sistem klasifikasi tanah yang umum digunakan, yaitu :

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

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

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

Tabel 1. Simbol Pada Klasifikasi Tanah *Unified*

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

Sumber : *Bowles, 1989* dalam Larasati (2016)

Keterangan :

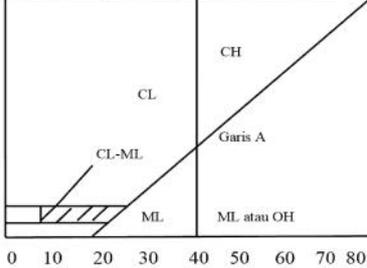
W = *Well Graded* (tanah dengan gradasi baik).

P = *Poorly Graded* (tanah dengan gradasi buruk).

L = *Low Plasticity* (plastisitas rendah, LL<50).

H = *High Plasticity* (plastisitas tinggi, LL> 50).

Tabel 2. Klasifikasi Tanah Berdasarkan USCS

| Divisi Utama | | Simbol | Nama Umum | Kriteria Klasifikasi | | |
|--|--|---|--|---|---|---|
| Tanah berbutir kasar $\geq 50\%$ butiran tertahan saringan No. 200 | Kerikil $50\% \geq$ fraksi kasar T tertahan saringan No. 4 | GW | Kerikil bergradasi-baik dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus | $Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW | | |
| | | GP | Kerikil bergradasi-buruk dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus | | | |
| | | Kerikil dengan Butiran halus | GM | Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau | Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI > 7$ Bila batas <i>Atterberg</i> berada didaerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol | |
| | | | GC | Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung | | |
| | | 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 | $Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$ $Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW |
| | | | | SP | Pasir bergradasi-buruk, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus | |
| | Pasir dengan butiran halus | | SM | Pasir berlanau, campuran pasir-lanau | Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI > 7$ Bila batas <i>Atterberg</i> berada didaerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol | |
| | | | SC | Pasir berlempung, campuran pasir-lempung | | |
| | Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos ayakan No. 200 | | Lanau dan lempung batas cair $\leq 50\%$ | 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 <i>Atterberg</i> yang termasuk dalam daerah yang di arsir berarti batasan klasifikasinya menggunakan dua simbol.  |
| | | | | 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 | <i>Peat</i> (gambut), <i>muck</i> , dan tanah-tanah lain dengan kandungan organik tinggi | Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488 | | |

(Sumber : Hardiyatmo 2002)

b. Sistem Klasifikasi AASHTO

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

Tabel 3. Klasifikasi Tanah Berdasarkan AASHTO

| Klasifikasi Umum | Tanah Berbutir (35% atau kurang 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 | 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 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 (lebih dari 35% dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No.200) | | | | | | |
| Klasifikasi kelompok | A-4 | | A-5 | A-6 | | A-7 | |
| Analisis ayakan (% lolos) | | | | | | | |
| No.10 | | | | | | | |
| No.40 | | | | | | | |
| No.200 | Min 36 | Min 36 | Min 36 | Min 36 | | | |
| Sifat fraksi yang lolos ayakan No.40 | | | | | | | |
| Batas Cair (LL) | Maks 40 | Min 41 | Maks 40 | Min 41 | | | |
| Indeks Plastisitas (PI) | Maks 10 | Maks 10 | Min 11 | Min 11 | | | |
| Tipe mineral yang paling dominan | Tanah Berlanau | | | Tanah Berlempung | | | |
| Pennilaian sebagai bahan tanah dasar | Biasa sampai jelek | | | | | | |

(Hardiyatmo, 2002)

Berdasarkan sifat tanah dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok besar yaitu :

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

Tabel 4. 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 : Larasati, 2016

2. Kelompok tanah berbutir halus (>35% lolos saringan no.200).

Tabel 5. 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 perubahan volumenya cukup besar. |
| A-7 | Tanah lempung yang lebih bersifat plastis dan mempunyai sifat perubahan yang cukup besar. |

Sumber : Larasati, 2016

3. Tanah Timbunan

Timbunan dibagi menjadi dua jenis, yaitu timbunan pilihan dan timbunan biasa (Bisa, 2014).

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.

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.

Timbunan biasa harus terdiri dari bahan galian tanah atau bahan galian batu. Bahan yang dipilih sebaiknya tidak termasuk tanah yang berplastisitas tinggi.

Timbunan pilihan harus terdiri dari bahan galian tanah atau bahan galian batu yang memenuhi semua ketentuan untuk timbunan biasa. Bahan digunakan pada lereng atau pada situasi lainnya yang memerlukan kuat geser yang cukup (Spesifikasi Bina Marga, 2010).

4. Mineral – mineral Tanah

Mineral tanah adalah mineral yang terkandung di dalam tanah dan merupakan salah satu bahan utama penyusun tanah. Mineral dalam tanah berasal dari pelapukan fisik dan kimia dari batuan yang merupakan bahan induk tanah. Mineral mempunyai peran yang sangat penting dalam suatu tanah, antara lain sebagai indikator cadangan sumber hara dalam tanah dan indikator muatan tanah beserta lingkungan pembentukannya (Harim, 2013).

B. Pemadatan Tanah

1. Definisi Pemadatan Tanah

Pemadatan tanah merupakan proses naiknya kerapatan tanah dengan memperkecil jarak antar partikel sehingga terjadi reduksi volume udara. Tingkat pemadatan diukur dari berat volume kering yang dipadatkan. Bila air ditambahkan pada suatu tanah yang sedang dipadatkan, air tersebut akan berfungsi sebagai unsur pembasah atau pelumas pada partikel-partikel tanah. Karena adanya air, partikel-partikel tersebut agar lebih mudah bergerak dan bergeseran satu sama lain dengan membentuk kedudukan yang lebih rapat/padat. Usaha pemadatan yang sama, berat volume kering dari tanah akan naik bila kadar air dalam tanah (pada saat dipadatkan) meningkat (Prihatono, 2011).

2. Dasar-dasar Teori Pemadatan Tanah

a. Prinsip Pemadatan Tanah

Pada awal proses pemadatan, berat volume tanah kering (ρ_d) bertambah seiring dengan ditambahkan kadar air. Pada kadar air nol ($w=0$), berat volume tanah basah (ρ_b) sama dengan berat volume tanah kering (ρ_d). Ketika kadar air berangsur-angsur ditambah (dengan usaha pemadatan yang sama), berat butiran tanah padat per volume satuan (ρ_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 (ρ_{dmak}) disebut kadar air optimum (Hardiyatmo, 2002).

b. Pengujian Pemadatan Tanah *Modified Proctor*

Untuk mengevaluasi tanah agar memenuhi persyaratan pemadatan, maka umumnya dilakukan pengujian pemadatan.

Proctor (1933) dalam 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 (ρ_{dmaks}).

Hubungan berat volume kering (ρ_d) dengan berat volume basah (ρ_b) dan kadar air (w), dinyatakan dalam persamaan :

$$1. \quad d = \frac{x \cdot b}{1 + S}$$

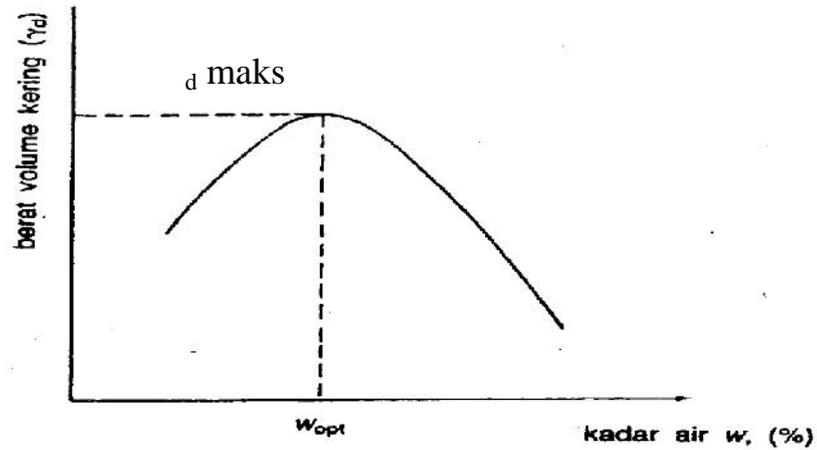
Berat volume kering setelah pemadatan bergantung pada jenis tanah, kadar air, dan usaha yang diberikan oleh alat penumbuknya. Karakteristik kepadatan tanah dapat dinilai dari pengujian pemadat *modified proctor* laboratorium. Prinsip pengujiannya diterangkan dibawah ini.

Alat pemadat *modified proctor* laboratorium berupa silinder (*mold*) yang mempunyai diameter 10,2 cm dan tinggi 11,6 cm. Tanah di dalam *mold* dipadatkan dengan dengan penumbuk yang beratnya 10 lb atau setara dengan 4,54 kg dengan tinggi jatuh 18 inchi atau setara dengan 45,72 cm. Tanah dipadatkan dalam 5 (lima) lapisan dengan tiap lapisan ditumbuk sebanyak 25 kali pukulan. Berikut merupakan alat uji pemadatan tanah *modified proctor* pada Gambar 1.



Gambar 1. Alat Uji Pemadatan Tanah *Modified Proctor*

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



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

c. Pengaruh Usaha Pemasatan

Energi yang dibutuhkan untuk pemadatan pada pemadatan standar (Hardiyatmo, 1992) dirumuskan sebagai berikut :

$$2. \quad E = \frac{N b N i W H}{V}$$

Keterangan :

E = Energi Kepadatan (ft-lb/ft³)

$N b$ = Jumlah pukulan per lapisan

$N i$ = Jumlah lapisan

W = Berat pemukul (lb)

H = Tinggi jatuh pemukul (ft)

V = Volume *modal*/tabung (m³)

C. Studi Literatur

Penelitian dilakukan oleh Muda (2016) tentang model pendekatan alat uji kepadatan ringan untuk tanah di laboratorium, menggunakan sampel tanah dari Palangka Raya, dengan hasil sebagai berikut :

1. Pengujian Sifat Fisik Tanah

Sifat Fisik tanah dapat dilihat pada Tabel 6 berikut :

Tabel 6. Sifat fisik tanah Palangka Raya

| Tipe pengujian | Satuan | Hasil | | |
|------------------------|--------|----------|----------|-----------|
| | | Sampel 1 | Sampel 2 | Rata-rata |
| Lolos saringan No. 200 | % | 90.60 | 88.10 | 89.35 |
| Batas plastis | % | 26.21 | 26.09 | 26.15 |
| Kadar air awal | % | 6.15 | 6.02 | 6.09 |
| Berat jenis | | 2.62 | 2.65 | 2.64 |

Sumber : Muda (2016)

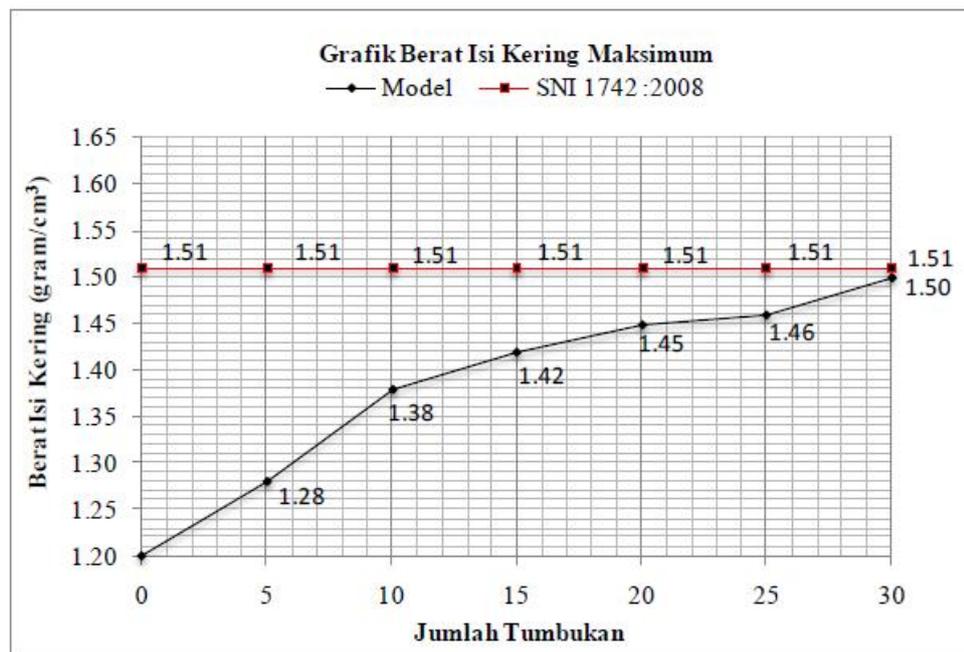
2. Pengujian Sifat Mekanik Tanah

Hasil pengujian sifat mekanik tanah didasarkan alat uji kepadatan ringan untuk tanah di laboratorium berdasarkan SNI 1742:2008 dengan model pendekatan seperti pada Tabel 7, Gambar 3 dan Gambar 4 :

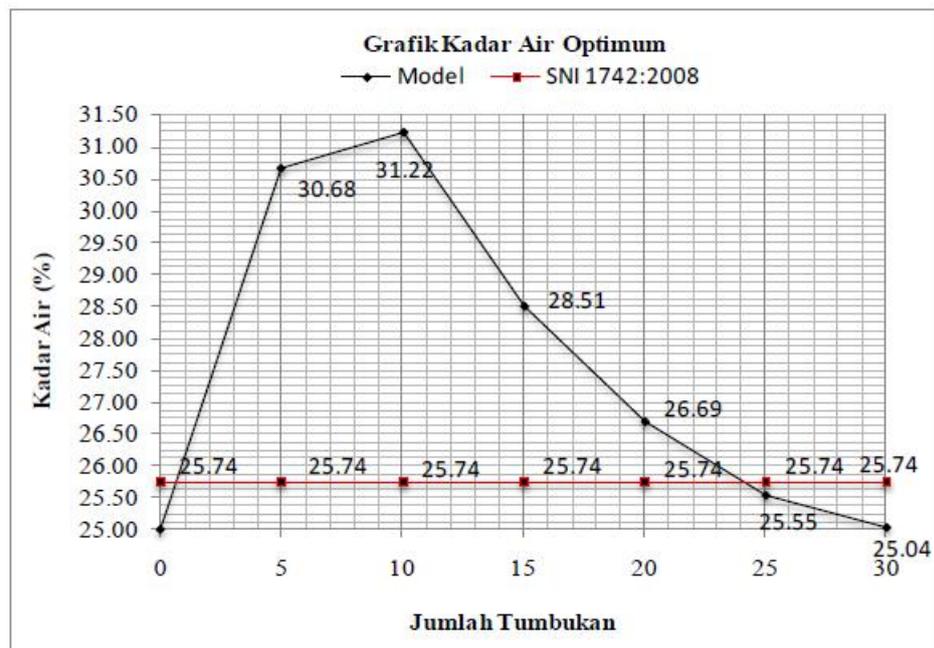
Tabel 7. Pengujian Kepadatan Alat Uji SNI 1742:2008 dan Model

| Sampel | Kepadatan Tanah | | | | Tingkat Keyakinan (%) | | Margin Error (%) | | Batas Margin Error (%) | Rekomendasi |
|-------------------|---------------------------------------|----------|---------------------------------------|--------|---------------------------------------|--------|---------------------------------------|--------|------------------------|-------------|
| | Model Pendekatan | | SNI 1742:2008 | | | | | | | |
| | γ_d maks gr/cm ³ | Wopt (%) | γ_d maks gr/cm ³ | Wopt % | γ_d maks gr/cm ³ | Wopt % | γ_d maks gr/cm ³ | Wopt % | | |
| 5 tumbukan /lapis | 1.28 | 30.68 | 1.51 | 25.74 | 84.77 | 119.19 | 15.23 | -19.19 | $\geq 5\%$ | Ditolak |
| 10 tumbukan/lapis | 1.38 | 31.22 | | | 91.39 | 121.29 | 8.61 | -21.29 | $\geq 5\%$ | Ditolak |
| 15 tumbukan/lapis | 1.42 | 28.51 | | | 94.04 | 110.76 | 5.96 | -10.76 | $\geq 5\%$ | Ditolak |
| 20 tumbukan/lapis | 1.45 | 26.69 | | | 96.03 | 103.69 | 3.97 | -3.69 | $\leq 5\%$ | Ditolak |
| 25 tumbukan/lapis | 1.46 | 25.55 | | | 96.69 | 99.26 | 3.31 | 0.74 | $\leq 5\%$ | Ditolak |
| 30 tumbukan/lapis | 1.50 | 25.04 | | | 99.34 | 97.28 | 0.66 | 2.72 | $\leq 5\%$ | Diterima |

Sumber : Muda (2016)



Gambar 3. Grafik Berat Isi Kering Maksimum SNI 1742:2008 dan Model



Gambar 4. Grafik Kadar Air Optimum SNI 1742:2008 dan Model

Berdasarkan hasil pengujian kepadatan ringan SNI 1742:2008 seperti pada Tabel 7, bahwa tanah lempung Palangka Raya mempunyai berat isi kering maksimum (d_{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 (d_{maks}) $1,49 - 1,88 \text{ gr/cm}^3$ 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.

III. METODE PENELITIAN

A. Bahan Penelitian

Adapun bahan penelitian yang digunakan yaitu sampel tanah yang digunakan berupa tanah yang berasal dari Tirtayasa Kec. Sukabumi, Bandar Lampung, karena daerah tersebut merupakan salah satu lokasi masyarakat mengambil tanah timbunan biasa untuk daerah Bandar Lampung dan sekitarnya.



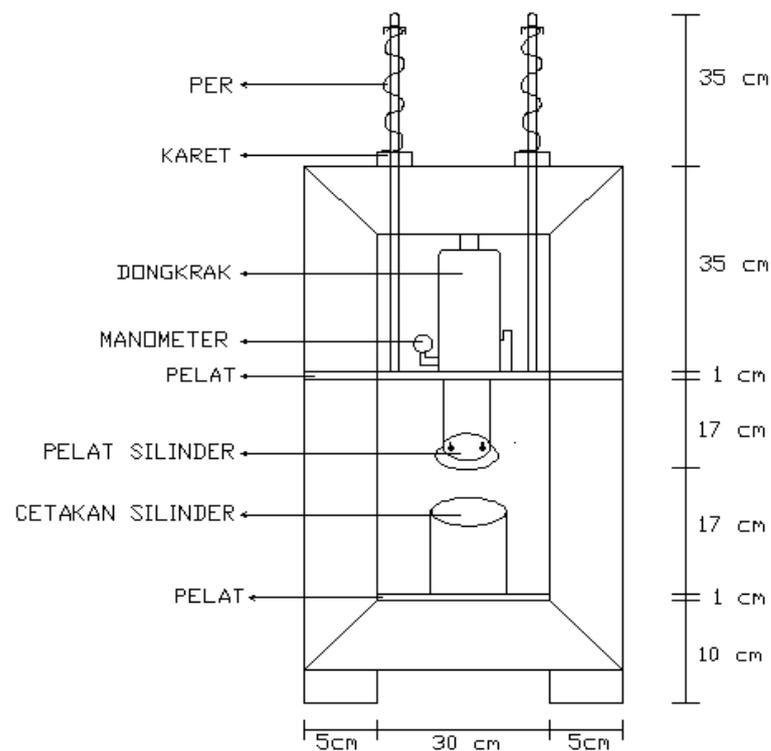
Gambar 5. Lokasi Pengambilan Sampel Tanah

B. Alat Tekan Pematik Modifikasi

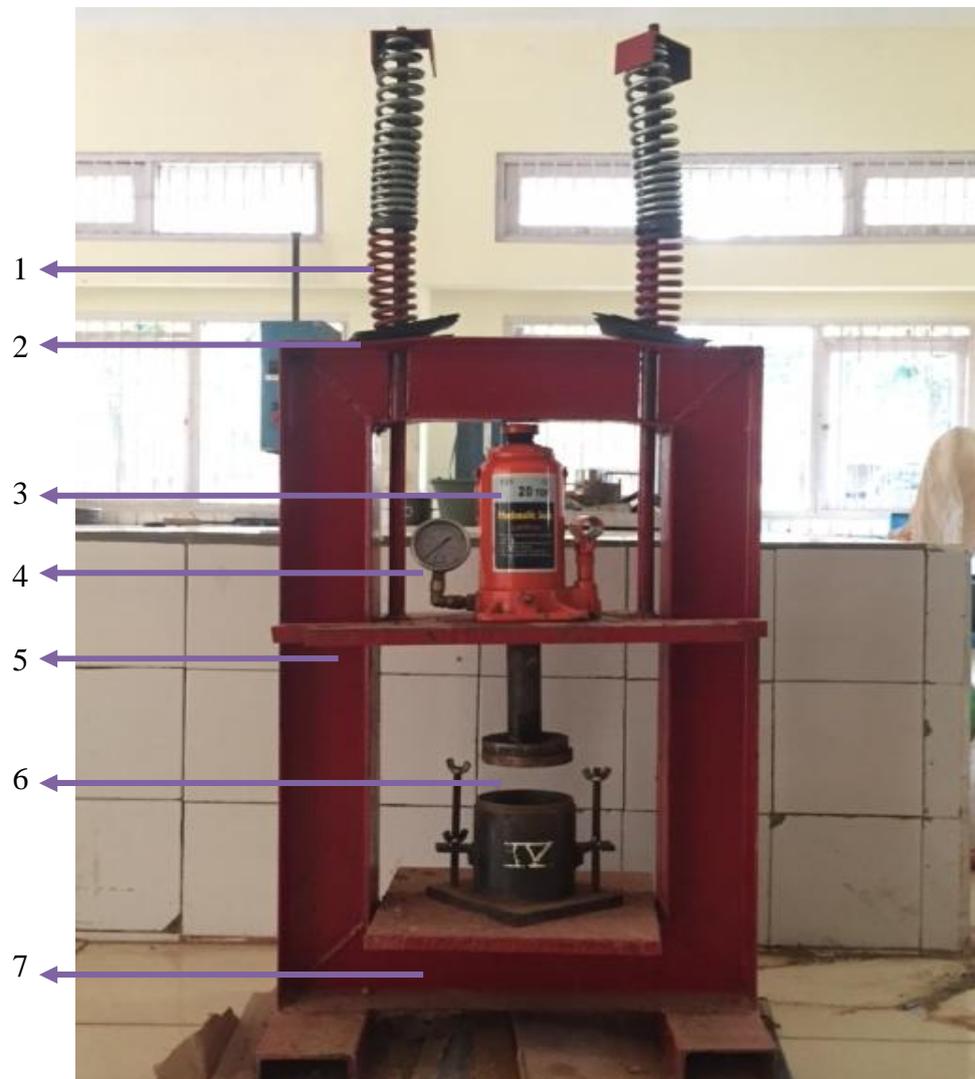
Alat tekan pematik modifikasi berfungsi untuk memadatkan tanah. Alat tekan pematik modifikasi dibuat dengan memodifikasi sebuah dongkrak yang memiliki kuat tekan yang tinggi. Dengan menggunakan sistem hidrolis secara manual menggunakan manometer untuk mengukur tekanan yang diberikan

pada saat pengujian. Cetakan yang akan digunakan yaitu silinder (*modal*) dengan diameter 10,2 cm dan tinggi 11,6 cm.

Cara kerja alat tekan pemadat modifikasi dengan cara memompa dongkrak secara manual, maka pelat yang ada tepat berada di bawah dongkrak akan turun. Saat dongkrak dipompa maka akan menekan tanah yang berada di dalam cetakan dan per yang berada di atas menurun menahan beban yang diterima dari dongkrak. Pada saat tanah di padatkan maka manometer akan bergerak sehingga dapat mengetahui berapa besar tekanan yang di terima oleh tanah dengan membaca pada manometer. Berikut merupakan sketsa alat tekan pemadat modifikasi.



Gambar 6. Sketsa Alat Tekan Pemadat Modifikasi



Gambar 7. Alat Tekan Pematik Modifikasi

Keterangan :

1 = Per

2 = Karet

3 = Dongkrak

4 = Manometer

5 = Pelat

6 = Pelat silinder

7 = Cetakan silinder

C. Metode Pengambilan Sampel

Sampel tanah yang diambil berasal dari Jalan Tirtayasa Kec. Sukabumi, Bandar Lampung. Pengambilan sampel tanah terganggu (*disturbed sample*) dilakukan dengan cara pengambilan langsung sampel tanah menggunakan cangkul kemudian dimasukkan kedalam karung. *Disturbed sample* digunakan untuk pengujian analisa saringan, analisa hidrometer, *atterberg limit*, *modified proctor* dan alat uji tekan pemadat modifikasi. Pengambilan sampel tanah tak terganggu (*undisturbed sample*) menggunakan tabung sampel. Tabung sampel ditekan perlahan-lahan kedalaman tanah, kemudian diangkat ke permukaan sehingga terisi penuh oleh tanah dan di ujung tabung ditutup dengan plastik untuk menjaga agar kelembaban sampel tidak berubah. *Undisturbed sample* digunakan untuk pengujian kadar air, berat volume, dan berat jenis.

Sampel yang sudah diambil ini selanjutnya digunakan untuk pengujian di laboratorium. Setelah sampel dapat dikatakan memenuhi persyaratan sebagai tanah timbunan maka selanjutnya dilakukan pengujian dengan alat pemadatan tanah *modified proctor* di laboratorium dan alat uji tekan pemadat modifikasi.

D. Pelaksanaan Pengujian

Pelaksanaan pengujian dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Lampung. Adapun pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

Pengujian fisik tanah pada tanah asli ini 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 untuk mengetahui tanah tersebut termasuk klasifikasi tanah.

Pengujian dengan alat tekan pemadat modifikasi, dengan prosedur pengujian alat uji tekan modifikasi yang digunakan pada Tabel 8.

Tabel 8. Prosedur Alat Uji Tekan Modifikasi

| No. Sampel | Tekanan | Kadar Air (W) |
|------------|---------|---------------|
| A.1 | 5 Mpa | 23% |
| A.2 | | |
| A.3 | | |
| B.1 | 10 Mpa | 23% |
| B.2 | | |
| B.3 | | |
| C.1 | 15 Mpa | 23% |
| C.2 | | |
| C.3 | | |
| D.1 | 20 Mpa | 23% |
| D.2 | | |
| D.3 | | |

1. Pengujian Sifat Fisik Tanah

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

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

a. Bahan :

Sampel tanah yang akan diuji seberat antara 30-50 gram.

b. Peralatan :

- 1) *Container* sebanyak 3 buah.
- 2) Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram.
- 3) Oven.

c. Prosedur :

- 1) Menyiapkan bahan dan sampel tanah yang akan diuji.
- 2) Menimbang ketiga *container* beserta tutupnya. Lalu memberi nomor pada masing – masing *container*.
- 3) Memasukkan sampel tanah yang akan diuji kedalam *container*.
- 4) Menimbang *container* yang telah berisi sampel tanah.
- 5) Memasukkan *container* ke dalam oven pada temperatur 105°C selama 24 jam.
- 6) Menimbang *container* beserta tanah yang telah dikeringkan.

d. Perhitungan :

$$3. \omega = \frac{W_w}{W_s} = \frac{W_{cs} - W_{ds}}{W_{ds} - W_c} \times 100\%$$

dimana :

W = Berat air

W_s = Berat tanah kering

2) Pengujian Berat Volume (*Unit Weight Test*)

Pengujian berat volume bertujuan untuk menentukan berat volume tanah dengan keadaan asli (*undisturbed sample*), yaitu perbandingan

berat tanah dengan volume tanah. Dengan cara pengujian, sebagai berikut :

a. Bahan :

Sampel tanah *undisturbed*.

b. Peralatan

- 1) Ring Contoh.
- 2) Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram.

c. Prosedur :

- 1) Membersihkan ring contoh dengan oli agar tanah tidak melekat pada ring kemudian menimbang ring contoh.
- 2) Mengukur diameter dan tinggi permukaan samping ring contoh
- 3) Mengolesi oli pada permukaan ring dan alat pendorong sampel secara merata agar tanah tidak melekat pada ring.
- 4) Mengambil sampel tanah dari tabung contoh yang telah dipersiapkan.
- 5) Memasukkan sampel tersebut pada ring dengan cara menekan ring ke sampel, hingga tanah tertekan padat pada ring.
- 6) Meratakan permukaan tanah dengan pisau.
- 7) Menimbang ring dan sampel pada timbangan dengan ketelitian 0,01 gram, kemudian mencatatnya.

d. Perhitungan :

$$4. \quad = \frac{W}{V}$$

Keterangan :

W = Berat tanah

V = Volume ring

3) Pengujian Berat Jenis (*Specific Gravity Test*)

Pengujian berat jenis bertujuan untuk menentukan berat jenis tanah yang lolos saringan No. 40 dengan menggunakan *picnometer* .

Dengan cara pengujian sebagai berikut :

a. Bahan :

- a. Sampel tanah yang lolos saringan No.40 dan telah dikeringkan seberat antara 30-50 gram sebanyak dua sampel.
- 2) Air bersih secukupnya.

b. Peralatan :

- 1) Labu Ukur (*Picnometer*).
- 2) Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram.
- 3) Tungku pemanas (*Boiler*).

c. Prosedur :

- 1) Menyiapkan benda uji secukupnya dan mengoven pada suhu 60°C .
- 2) Mendinginkan tanah lalu menyaring dengan saringan No. 40
- 3) Menimbang *picnometer* dalam keadaan kosong.
- 4) Mengambil sampel tanah antara 25-30 gram.
- 5) Memasukkan sampel tanah ke dalam *picnometer* dan menambahkan air suling sampai menyentuh garis batas labu ukur.

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

7) Mengeringkan bagian luar labu ukur, menimbang dan mencatat hasilnya.

d. Perhitungan :

$$5. G_s = \frac{W_s}{W_{w1} - W_{w2}}$$

Keterangan :

W_s = Berat sampel tanah

W_{w1} = Berat air mula – mula

W_{w2} = Berat air sesudah didinginkan

4) 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 agar mengetahuinya.

Pengujian yang dilakukan yaitu :

a. Pengujian Batas Cair (*Liquid Limit Test*). Dengan cara pengujian sebagai berikut :

a. Bahan :

1) Sampel tanah yang telah dikeringkan.

2) Air bersih.

b. Peralatan :

- 1) Alat Batas Cair / Mangkuk *Cassagrande*.
- 2) Alat Pembuat Alur (*Grooving Tool*).
- 3) Spatula.
- 4) *Container*.
- 5) Wadah atau Gayung.
- 6) Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram.
- 7) Oven.
- 8) Ayakan No. 40 (\varnothing 0,42 mm).

c. Prosedur :

- 1) Mengayak sampel tanah menggunakan saringan No. 40.
- 2) Mengatur tinggi jatuh mangkuk *casagrande* setinggi 10 mm.
- 3) Mengambil sampel tanah sebanyak 150 gram, kemudian diberi air dan aduk hingga merata, kemudian dimasukkan ke dalam mangkuk *casagrande* dan meratakan permukaan adonan sehingga sejajar dengan alas.
- 4) Membuat alur tepat ditengah-tengah dengan membagi benda uji dalam mangkuk *cassagrande* tersebut dengan menggunakan *grooving tool*.
- 5) Memutar tuas pemutar sampai kedua sisi tanah bertemu sepanjang 13 mm sambil menghitung jumlah ketukan dengan jumlah ketukan harus berada diantara 10 – 40 kali.

- 6) Mengambil sebagian benda uji 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.
- b. Pengujian Batas Plastis (*Plastic Limit Test*). Dengan cara pengujian sebagai berikut :
- a. Bahan :
 - 1) Sampel tanah sebanyak 100 gram.
 - 2) Air bersih.
 - b. Peralatan :
 - 1) *Container*.
 - 2) Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram.
 - 3) Spatula.
 - 4) Oven.
 - c. Prosedur :
 - 1) Mengayak sampel tanah dengan saringan No. 40.
 - 2) Mengambil 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.
 - 3) Memasukkan benda uji ke dalam *container* kemudian ditimbang.

4) Menentukan kadar air benda uji.

d. Perhitungan :

$$6. PI = LL - PL$$

$$7. LI = \frac{w - PL}{PI}$$

Keterangan :

PI = *Plastic Index*

LL = Batas Cair

PL = Batas Plastis

w = Berat Air

5) Pengujian Analisa Saringan (*Sieve Analysis Test*)

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. Dengan cara pengujian sebagai berikut :

a. Bahan :

- 1) Tanah asli yang telah dioven sebanyak 500 gram.
- 2) Air bersih atau air suling sebanyak 1500 cc.

b. Peralatan :

- 1) Satu set saringan (*Sieve*).
- 2) Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram.
- 3) Mesin penggetar (*Sieve Shaker*).
- 4) Oven.

c. Prosedur :

- 1) Mengambil sampel tanah sebanyak 500 gram dan memeriksa kadar airnya.
- 2) Meletakkan susunan saringan di atas mesin penggetar dan memasukkan sampel tanah pada susunan yang paling atas kemudian menutup rapat.
- 3) Mengencangkan penjepit mesin dan menghidupkan mesin penggetar selama kira-kira 15 menit.
- 4) Menimbang masing-masing saringan beserta sampel tanah yang tertahan di atasnya.

6) Pengujian Hidrometer (*Hydrometry Test*)

Untuk menentukan distribusi ukuran butir-butir tanah untuk tanah yang tidak mengandung butir tertahan saringan no. 200. Dengan

Cara pengujian sebagai berikut :

a. Bahan :

- 1) Sampel tanah lolos saringan no. 200 sebanyak 50 gram.
- 2) Air
- 3) *Reagent* (Na_2SiO_3)

b. Peralatan :

- 1) ASTM *soil hydrometer* (151 H)
- 2) Satu set saringan
- 3) *Container*
- 4) Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram
- 5) *Thermometer*

- 6) Gelas silinder dengan kapasitas 1000 cc sebanyak 2 buah.
- 7) Cawan porselen (mortar)
- 8) Alat pengaduk suspensi
- 9) *Stopwatch*
- 10) *Mixer*

c. Prosedur :

- 1) Menyaring sampel tanah menggunakan saringan no. 200.
Ambil sebanyak 50 gram.
- 2) Menaruh sampel tanah ke dalam *container*, menuangkan 125 cc larutan air dan *reagent* sebanyak 5 gram. Aduk hingga semua bahan tercampur.
- 3) Melakukan pemeraman tanah yang sudah tercampur selama 16 jam.
- 4) Menuangkan campuran ke dalam alat pencampur (*mixer*) dan mengaduk selama 15 menit.
- 5) Memindahkan campuran ke gelas ukur silinder.
Menambahkan air sehingga mencapai volume 1000 cm^3 .
- 6) Menutup dan mengocok gelas ukur secara bolak-balik sekitar 60 kali.
- 7) Melakukan pembacaan hidrometer pada $T=2$; $T=5$; $T=15$;
 $T=30$; $T=60$; $T=250$ dan $T=1440$.
- 8) Melakukan pembacaan suhu menggunakan termometer.
- 9) Menyediakan gelas ukur kedua yang hanya berisi air dan *reagent*.

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

11) Melakukan pembacaan hidrometer pada gelas ukur kedua.

2. Pengujian Pemadatan Tanah *Modified Proctor*

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

a. Bahan :

- 1) Sampel tanah terganggu.
- 2) Air bersih.

b. Peralatan :

- 1) 1 set mold *standard*.
- 2) *Hammer* berat 4,5 kg.
- 3) Pan segiempat.
- 4) Sendok pengaduk.
- 5) Palu karet.
- 6) Gelas ukur 1000 cc.
- 7) Pisau pemotong.
- 8) Saringan No. 4.
- 9) Timbangan kapasitas 1 kg dan 20 kg.
- 10) *Container*.
- 11) Oli.
- 12) Oven.

c. Prosedur :

- 1) Menghamparkan sampel tanah hingga kering.
- 2) Mengayak tanah dengan saringan No.4.
- 3) Mengambil sampel tanah sebanyak 12,5 kg yang lolos saringan No.4, kemudian dipindahkan atas 5 bagian, masing-masing 2,5 kg.
- 4) Mengambil sebagian butiran tanah yang mewakili sampel untuk menentukan kadar air awal.
- 5) Mengambil sampel tanah sebesar 2,5 kg dan menambahkan air sedikit demi sedikit diaduk sampai merata. Bila tanah yang diaduk telah merata dikepalkan dengan tangan. Bila tangan dibuka, tanah tidak hancur dan lengket ditangan.
- 6) Mendapatkan berapa cc air yang ditambahkan untuk setiap 2,5 kg tanah, penambahan air dengan selisih 3%.
- 7) Mengolesi bagian dalam *mold* dengan oli hingga merata.
- 8) Dengan menggunakan *Modified Proctor*, tanah dibagi kedalam 5 bagian. Bagian pertama masukan kedalam *mold* ditumbuk sebanyak 25 kali sampai merata. Dengan cara yang sama dilakukan pula untuk bagian kedua dan seterusnya.
- 9) Mengulangi prosedur (8) untuk keempat sampel tanah berikutnya.
- 10) Mengeluarkan sampel tanah dari *mold*.
- 11) Mengambil dan menimbang sampel tanah hasil percobaan. Kemudian masukkan kedalam oven selama 24 jam.

12) Dari hasil uji *Modified Proctor* didapatkan nilai berat volume kering maksimum (ρ_{dmax}) dan kadar air optimum (w_{opt}).

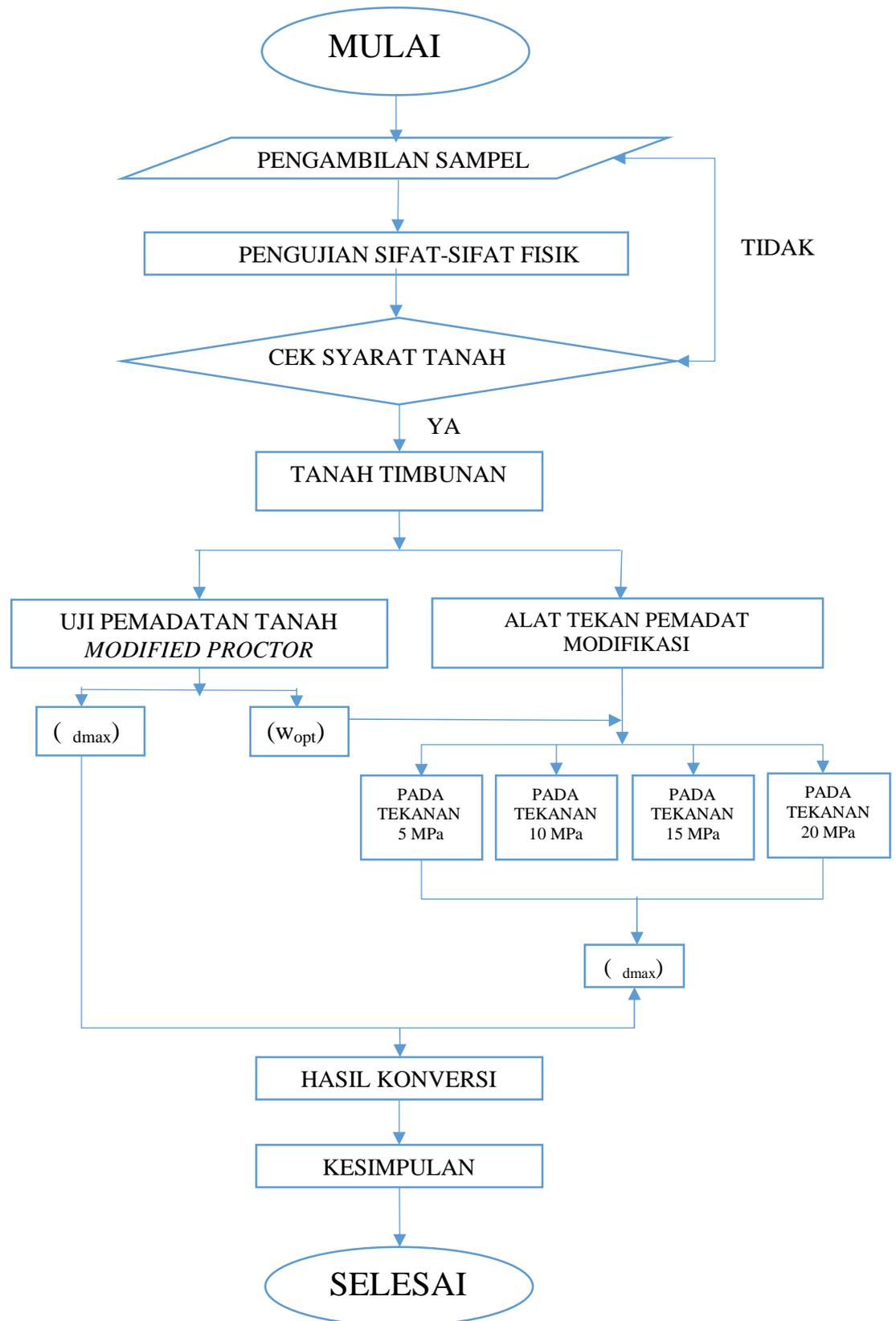
3. Pengujian Alat Tekan Pematik Modifikasi

Setelah mendapatkan (w_{opt}) dan (ρ_{dmax}) dari uji *Modified Proctor* maka selanjutnya melakukan pengujian alat tekan pematik modifikasi menggunakan 5 lapisan tanah dengan prosedur, sebagai berikut :

- 1) Mengulangi prosedur (1), (2), (3), dan (4) pada pengujian pemadatan tanah *Modified Proctor*
- 2) Dari uji *Modified Proctor* didapat kadar air optimum (w_{opt}) yang digunakan untuk penambahan kadar air pada sampel tanah.
- 3) Masukkan bagian pertama kedalam *mold* kemudian di tekan dengan tekanan 5 MPa pada alat tekan pematik modifikasi. Dengan cara yang sama dilakukan untuk bagian kedua hingga kelima.
- 4) Didapatkan nilai berat volume kering (ρ_d) dan (w).
- 5) Mengulangi prosedur (2) dan (3) untuk keempat sampel berikutnya dengan tekanan 10 MPa, 15 MPa dan 20 MPa.

E. Bagan Alir Penelitian

Semua proses dan hasil yang didapat dari 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, tanah yang berasal dari Tirtayasa, Bandar Lampung memperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Sampel tanah yang digunakan dalam penelitian ini berdasarkan sistem klasifikasi AASHTO digolongkan pada kelompok tanah A-2-7 (pasir berlempung) dan klasifikasi berdasarkan USCS tanah tersebut digolongkan kedalam kelompok SC yaitu tanah pasir lempung.
2. Nilai kadar air (w) dan berat volume kering (ρ_d) pada kondisi optimum berbanding terbalik. Semakin besar nilai berat volume kering (ρ_d) dan nilai (ρ_{zav}), semakin menurun nilai kadar air (w).
3. Uji *modified proctor* di laboratorium didapat nilai berat volume kering maksimum (ρ_{dmaks}) sebesar $1,42 \text{ gr/cm}^3$. Bila nilai ini dikonversi terhadap hasil uji alat uji tekan modifikasi didapat nilai tekanan sebesar 7 MPa.
4. Untuk tanah dengan jenis pasir berlempung didapat nilai tekanan tidak lebih dari 7 MPa.

B. Saran

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

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh jumlah lapisan terhadap kepadatan pada alat tekan pemadat modifikasi.
2. Perlu dilakukan penelitian untuk jenis tanah timbunan atau tanah lainnya.
3. Untuk jenis tanah timbunan biasa, alat tekan pemadat modifikasi hanya mampu menahan tekanan sebesar 20 MPa, disarankan untuk tidak melakukan tekanan yang lebih besar, karena jika dipaksakan dengan energi yang lebih tinggi, maka terjadi perlawanan dari sampel tanah tersebut sehingga manometer mengalami naik turun tidak beraturan.
4. Diperlukan pengecekan kondisi alat atau mesin sebelum melakukan pengujian-pengujian di laboratorium.

DAFTAR PUSTAKA

- Bisa, F., 2014. “*Pengertian dan Klasifikasi Timbunan*”
<http://kumpulengineer.blogspot.co.id/2014/09/pengertian-dan-klasifikasi-timbunan.html> (12 Agustus 2016).
- Bina Marga, Direktorat Jendral. “*Spesifikasi Umum 2010*”. Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Bowles, E.J. 1991. “*Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*”. PT. Erlangga. Jakarta.
- Das, B. M. 1995. “*Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid I*”. PT. Erlangga. Jakarta.
- Hardiyatmo, H.C. 2002. “*Mekanika Tanah 1*”. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Harim, A., 2013. “*Proses Pembentukan Mineral dalam Tanah*”.
<http://tambangunp.blogspot.co.id/2013/04/proses-pembentukan-mineral-dalam-tanah.html> (12 Agustus 2016).
- Laboratorium 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.
- Larasati, D., 2016. “*Uji Kuat Tekan Paving Blok Menggunakan Campuran Tanah dan Kapur dengan Alat Pemadat Modifikasi*”. Skripsi. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Muda, A. 2016. “*Model Pendekatan Alat Uji Kepadatan Ringan Untuk Tanah Di Laboratorium*”. Jurnal Teknik Sipil. Universitas Lambung Mangkurat. Banjarmasin.
- Prihatono, Y., 2011. “*Pemadatan Tanah*”.
<https://yogoz.wordpress.com/2011/01/31/pemadatan-tanah-2/> (12 Agustus 2016).

Robianti, E., 2017. "*Percobaan Pengujian Pematatan Tanah Metode Standard Proctor Dengan Alat Uji Tekan Pemadat Modifikasi*". Skripsi. Universitas Lampung. Bandar Lampung.

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

Verhoef, P.N.W. 1994. "*Geologi Untuk Teknik Sipil*". PT. Erlangga. Jakarta.