

**STUDI PERBANDINGAN UJI PEMADATAN STANDAR DAN UJI
PEMADATAN MODIFIED TERHADAP NILAI KOEFISIEN
PERMEABILITAS TANAH LEMPUNG BERPASIR**

(Skripsi)

Oleh

NATANAEL SEMBIRING



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2016**

ABSTRACT

COMPARATIVE STUDY OF TEST STANDARD COMPACTION AND TEST MODIFIED COMPACTION ON VALUE PERMEABILITY COEFFICIENT SANDY CLAY SOIL

By

NATANAEL SEMBIRING

Construction of a construct in civil engineering requires that the material be a material of a building shall be in top shape . That is a state of optimal / maximum , especially in terms strength or other supporting factors . The soil that became the foundation of a structure should reach the prime condition to be able to sustain the existing structure on it . But in fact it is not easily met at a project site . This research will compare the compacted soil permeability values are standard with compacted soil permeability values are modified.

Soil of the sample in this study were taken from the sukajawa village , Lampung Tengah. The soil was taken from two locations with different types. The soil is then mixed with sand which then compacted using standard methods and methods modified. Next permeability test. Permeability testing is done to obtain permeability coefficient . The number of samples tested were 16 samples . Each method there are 8 pieces of samples were tested both for the standard method and to methods modified . Based on the original soil physical test , AASHTO soil 1 put into groups of A - 7-5 and the second soil into a group of A- 7-6, which means the land is clay soil types and USCS classify the soil into fine-grained soil.

The observations in the laboratory showed that compaction with different methods show different results while the amount of a mixture of sand affects the value of soil density.

Keywords : Soil clay , sand , compaction and permeability.

ABSTRAK

STUDI PERBANDINGAN UJI PEMADATAN STANDAR DAN UJI PEMADATAN MODIFIED TERHADAP NILAI KOEFISIEN PERMEABILITAS TANAH LEMPUNG BERPASIR

Oleh

NATANAEL SEMBIRING

Pembangunan suatu konstruksi dalam ilmu teknik sipil mengharuskan material yang menjadi bahan suatu bangunan wajib dalam keadaan prima. Maksudnya adalah keadaan optimal/maksimum terutama dalam segi kekutan ataupun factor-faktor pendukung lainnya. Tanah yang menjadi fondasi suatu struktur harus mencapai kondisi prima tersebut untuk dapat menopang struktur yang ada di atasnya. Namun pada kenyataannya hal tersebut tidak mudah terpenuhi pada suatu lokasi proyek. Pada penelitian ini akan membandingkan nilai permeabilitas tanah yang dipadatkan secara standar dengan nilai permeabilitas tanah yang dipadatkan secara modified.

Tanah yang menjadi sampel dalam penelitian ini diambil dari desa sukajawa, Lampung tengah. Tanah tersebut diambil dari 2 lokasi dengan jenis yang berbeda. Tanah tersebut kemudian dicampur dengan pasir yang selanjutnya dipadatkan dengan metode standar dan metode modified. Selanjutnya dilakukan uji permeabilitas. Uji permeabilitas dilakukan untuk mendapatkan nilai koefisien permeabilitasnya. Jumlah sampel yang diuji adalah 16 sampel. Setiap metode terdapat 8 buah sampel yang diuji baik untuk metode standar maupun untuk metode modified. Berdasarkan uji fisik tanah asli, AASHTO tanah 1 dimasukkan ke dalam kelompok A-7-5 dan tanah 2 ke dalam kelompok A-7-6 yang berarti tanah tersebut adalah jenis tanah Lempung dan USCS mengklasifikasikan tanah tersebut ke dalam tanah berbutir halus.

Hasil pengamatan di laboratorium menunjukkan bahwa pemadatan dengan metode berbeda menunjukkan hasil yang berbeda pula sedangkan jumlah campuran pasir mempengaruhi nilai kepadatan tanah.

Kata kunci: Tanah Lempung, Pasir, Pemadatan dan permeabilitas.

**STUDI PERBANDINGAN UJI PEMADATAN STANDAR DAN UJI
PEMADATAN MODIFIED TERHADAP NILAI KOEFISIEN
PERMEABILITAS TANAH LEMPUNG BERPASIR**

Oleh

Natanael Sembiring

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Lampung



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2016**

**Judul Skripsi : STUDI PERBANDINGAN UJI PEMADATAN
STANDAR DAN UJI PEMADATAN
MODIFIED TERHADAP NILAI KOEFISIEN
PERMEABILITAS TANAH LEMPUNG
BERPASIR**

Nama Mahasiswa : Natanael Sembiring

Nomor Pokok Mahasiswa : 1015011064

Jurusan : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik



MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Iswan, S.T., M.T.
NIP 19720608 200501 1 001

Ir. M. Jafri, M.T.
NIP 19590328 198803 1 002

2. Ketua Jurusan

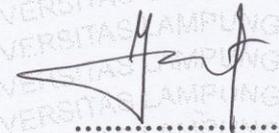
Gatot Eko S., S.T., M.Sc., Ph.D.
NIP 19700915 199503 1 006

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

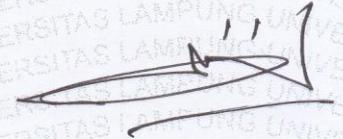
Ketua

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



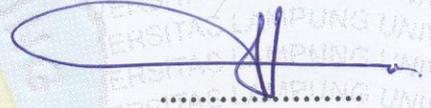
Sekretaris

: Ir. M. Jafri, M.T.



Penguji

Bukan Pembimbing : Ir. Setyanto, M.T.

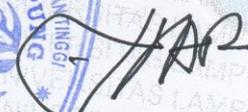


2. Dekan Fakultas Teknik



Prof. Suharno, M.S., M.Sc., Ph.D.

NIP 19620717 198703 1 002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 22 April 2016

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan oleh orang lain, dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka, selain itu saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila Pernyataan saya ini tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan Hukum yang berlaku.

Bandar Lampung,



Natanael Sembiring

RIWAYAT HIDUP



Penulis lahir di desa Nageri, Kecamatan Juhar, Kabupaten Karo, Sumatera Utara. Penulis merupakan anak bungsu dari 3 (tiga) bersaudara dari pasangan Waktu Sembiring dan Bunga br Ginting.

Riwayat pendidikan dari penulis dimulai dari SD negeri biaknampe (040559) desa Nageri Kecamatan Juhar yang diselesaikan pada tahun 2003, Sekolah Menengah Pertama (SMP) Negri 1 Juhar yang diselesaikan paa Tahun 2006, Sekolah Menengah Atas (SMA) Swasta Katolik Budi Murni 2 Medan yang diselesaikan pada Tahun 2009. Pada tahun 2010 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

Selama menjadi mahasiswa Teknik Sipil, penulis pernah mengikuti organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil (HIMATEKS) dengan jabatan sebagai anggota.

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas kasih setianya yang selalu memberikan hikmat, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul : **STUDI PERBANDINGAN UJI PEMADATAN STANDAR DAN UJI PEMADATAN MODIFIED TERHADAP NILAI KOEFISIEN PERMEABILITAS TANAH LEMPUNG BERPASIR..**

Semoga apa yang penulis persembahkan ini dapat menjadi berkat untuk banyak orang, penulis sadar masih banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini, saran dan kritik selau terbuka untuk jalan yang lebih baik.

Bandar Lampung, 06 Juli 2017
Penulis

Natanael Sembiring

SANWACANA

Puji syukur atas kehadiran Tuhan YME yang senantiasa menyertai dan melindungi serta melimpahkan kasihnya setiap waktu sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul “STUDI PERBANDINGAN UJI PEMADATAN STANDAR DAN UJI PEMADATAN MOIFIED TERHADAP NILAI PERMEABILITAS PADA TANAH LEMPUNG BERPASIR” yang merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Teknik pada Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Masih banyak kekurangan dalam penulisan ini karena penulis sadar akan kekurangan ataupun keterbatasan ilmu penulis. Oleh karena itu penulis mengharapkan saran atau kritik yang membangun.

Dalam penulisan skripsi ini penulis banyak mendapat bantuan, dukungan, bimbingan dan arahan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada :

1. Prof. Dr. Suharno, M. Sc selaku dekan di fakulas Teknik
2. Dr. Gatot Eko Susilo, S.T., M. Sc. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil
3. Bapak iswan, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I dalam penulisan skripsi ini yang banyak memberikan masukan serta didikan moral

maupun mengenai materi dan waktu senantiasa ada selama penulisan ini.

4. Bapak Ir. M. Jafri, M.T. selaku Dosen Pembimbing II, atas waktu yang disediakan untuk saya dan juga untuk arahan dan didikan serta masukan yang diberikan kepada saya.
5. Bapak Ir. setyanto M.T. selaku Dosen Penguji skripsi, yang telah menambah atau memberikan masukan bagi penulisan skripsi ini serta mengoreksinya sehingga hasilnya menjadi lebih baik.
6. Seluruh Dosen Pengajar di jurusan teknik sipil yang telah memberikan pendidikan selama saya mengikuti pendidikan di Jurusan Teknik Sipil, Universitas Lampung.
7. Seluruh karyawan Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
8. Seluruh karyawan Laboratorium Mekanika Tanah, Universitas Lampung yang telah memberikan instruksi yang baik selama melakukan penelitian di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
9. Kedua orang tuaku, terimakasih atas seluruh dukungan baik dalam bentuk doa, materi, serta pengajaran yang telah kalian berikan. Kalian yang terbaik, perjuangan yang telah kalian berikan tidak sebanding dengan apapun di dunia ini serta kasih sayang yang telah kalian tunjukkan adalah lebih indah dari segalanya yang pernah kuterima. Panjang umur mak, pak, ras sehat – sehat kam duana. Nggo bias kapndu latih nandangi kami anak-anakndu terutama aku si nggo cukup

ndekah ngelatih kam duana. Ertoto kita gelah sura-suraku seh ras baci idahndu uga ulih latihndu e.

10. Abangku Robihenra Sembiring dan kakaku Herlianna br sembiring yang senantiasa memberikan motivasi dan semangat beserta keluarga besar yang selalu mendoakan beserta memberikan dukungan.
11. Teman2 spesial yang membantu saya ngeleb Gagari Alfi Yunita br Surbakti yang merupakan motivator bagi saya dan Alfrido Hutagalung yang selalu siap dan selalu ada, terimakasih untuk bantuannya. Terbaik doaku untuk kalian.
12. Teman - teman kosan lama di serumpun :novrit simanullang, bang alfan barus, bang Antonio ginting, bang ranto, bang Antonius situmorang, dan abang - abang yang lain yang sering main ke kosan. Terimakasih untuk canda tawanya yang sesaat dapat kita lupakan masalah dunia ini saat kita berkumpul. ☺
13. Teman2 seperjuangan di sipil angkatan 2010, Imka, Permata yang tidak dapat kusebutkan namanya satu persatu.
14. Dan kawan-kawan yang lainnya yang belum saya sebutkan namanya, terima kasih kawan kalian juga bagian penting dalam hidupku.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat , khususnya bagi penulis dan pembaca.

Bandar Lampung,
Penulis,

Natanael Sembiring

DAFTAR ISI

	Halaman
SANWACANA	i
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	ix
I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah.....	3
C. Tujuan Penelitian	3
D. Manfaat Penelitian	4
E. Batasan Masalah	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	
A. Tanah.....	5
1. Pengertian Tanah	5
2. Klasifikasi Tanah	6
3. Tanah Lempung	15
4. Pasir.....	16
B. Pemasatan	17

C. Hukum Darcy	20
D. Permeabilitas	21
1. Koefisien Permeabilitas	23
2. Uji Pemadatan di Laboratorium.....	25
E. Pengujian Kadar Air	27
F. Pengujian Berat Jenis	27
G. Pengujian Batas-batas Atterberg.....	28
1. Pengujian Batas Cair	28
2. Pengujian Batas Plastis	29
H. Pengujian Analisa Saringan	29

III. METODE PENELITIAN

A. Bahan-bahan penelitian.....	30
B. Metode Pencampuran Sampel.....	31
C. Pelaksanaan Pengujian.....	32
D. Pengujian Pemadatan Tanah	33
E. Pengujian Permeabilitas	38
F. Pengolahan dan Analisis Data	39
G. Diagram Alir	41

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil dan Pembahasan Pengujian Tanah Asli.....	42
1. Uji Kadar Air	43
2. Uji Berat Jenis.....	43
3. Uji Analisa Saringan	44

4. Uji Batas Atterberg	46
5. Hasil dan Pembahasan Uji Pematatan Tanah.....	47
6. Klasifikasi Tanah	50
a. Sistem Klasifikasi AASTHO	51
b. Sistem Klasifikasi USCS	52
B. Pencampuran Pasir	54
1. Hubungan Antara Campuran dan Berat Jenis	54
2. Hubungan Antara Campuran dan Batas Atterberg	56
3. Hubungan Antara Campuran dan Pematatan	58
C. Permeabilitas	69
1. Tanah 1	70
2. Tanah 2	72

V. PENUTUP

A. Kesimpulan	77
B. Saran	78

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1. Sistem Klasifikasi Tanah <i>Unified</i> Berdasarkan Klompok	8
2.2 Sistem Klasifikasi Tanah <i>Unified</i> secara umum	11
2.3. Tanah Berbutir Kasar	12
2.4. Tanah Berbutir Halus	12
2.5. Ukuran Butir Sistem Klasifikasi AASTHO	13
2.6. Sistem Klasifikasi Tanah ASTHO	14
2.7. Harga – harga Koefisien Tanah Paa Umumnya.....	24
3.1. Variasi Campuran	32
4.1. Hasil Pengujian Kadar Air	43
4.2. Hasil Pengujian Berat Jenis.....	44
4.3. Hasil Pengujian Analisa Saringan.....	45
4.4. Hasil Pengujian Batas <i>Atterberg</i> Tanah	47
4.5. Hasil Pengujian Sifat Tanah Lempung (<i>Soft Clay</i>).....	51

4.6. Berat Jenis Tiap Campuran Tanah 1	54
4.7. Berat Jenis Tiap Campuran Tanah 2	55
4.8. Batas <i>Atterberg</i> Tiap Campuran Tanah 1	56
4.9. Batas <i>Atterberg</i> Tiap Campuran Tanah 2	57
4.10. Berat Volume Kering Maksimum dan Kadar Air Optimum Pemadatan Metode Standar Kondisi Tanah 1	59
4.11. Berat Volume Kering Maksimum dan Kadar Air Optimum Pemadatan Metode Modified Kondisi Tanah 1	62
4.12. Berat Volume Kering Maksimum dan Kadar Air Optimum Pemadatan Metode Standar Kondisi Tanah 2	65
4.13. Berat Volume Kering Maksimum dan Kadar Air Optimum Pemadatan Metode Modified Kondisi Tanah 2	67
4.14. Nilai Permeabilitas Tanah 1	70
4.15. Nilai Permeabilitas Tanah 2	72

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1. Komposisi Tanah	5
2.2. Nilai Optimum Air	19
2.3. Alat Pengujian Permeabilitas di Laboratorium	25
2.4. Alat Untuk Percobaan Permeabilitas Dengan Menggunakan Tanah Lempung.....	26
3.1. Lokasi Pengambilan Bahan Penelitian.....	30
3.2. Lokasi Pengambilan Tanah 1	31
3.3. Lokasi Pengambilan Tanah 2	31
4.1. Grafik Hasil Analisa Saringan Sampel Tanah 1	45
4.2. Grafik Hasil Analisa Saringan Sampel Tanah 2	46
4.3. Grafik pemadatan Metode Modified Tanah Lokasi 1	48
4.4. Grafik Pemadatan Metode Standar Tanah Lokasi 1	49
4.5. Grafik pemadatan Metode Modified Tanah Lokasi 2.....	49

4.6. Grafik Pemadatan Metode Standar Tanah Lokasi 2	50
4.7. Grafik Hubungan Campuran dan Berat jenis tanah 1	55
4.8. Grafik Hubungan Campuran dan Berat Jenis Tanah 2	56
4.9. Batas <i>atterberg</i> tanah 1	57
4.10. Batas <i>Atterberg</i> Tanah 2	58
4.11. Hasil Pemadatan Metode Standar Campuran Pasir Dan Tanah 1	59
4.12. Hubungan Campuran Pasir dan Berat Volume Kering Maksimum Pemadatan Standar Kondisi Tanah 1.	60
4.13. Hubungan Campuran Pasir dan Kadar Air Optimum Pemadatan Standar Kondisi Tanah 1	61
4.14. Hasil Pemadatan Metode Modifed Campuran Pasir dan Tanah 1 ...	62
4.15. Hubungan Campuran Pasir dan Berat Volume Kering Maksimum Pemadatan Modified Kondisi Tanah 1.....	63
4.16. Hubungan Campuran Pasir dan Kadar Air Optimum Pemadatan Modified Kondisi Tanah 1	64
4.17. Hasil Pemadatan Metode Standar Campuran Pasir dan Tanah 2.....	64
4.18. Hubungan Campuran Pasir dan Berat Volume Kering Maksimum Pemadatan Standar Kondisi Tanah 2	66
4.19. Hubungan Campuran Pasir dan Kadar Air Optimum Pemadatan Standar Kondisi Tanah 1	66

4.20. Hasil Pemadatan Metode Standar Campuran Pasir dan Tanah 2.....	67
4.21. Nilai Berat Volume Kering Maksimum dan Kadar Air Optimum Pemadatan Metode Modified Kondisi Tanah 2	68
4.22. Hubungan Campuran Pasir dan Kadar Air Optimum Pemadatan Metode Modified Kondisi Tanah 2.....	69
4.23. Perbandingan Nilai Permeabilitas Campuran Tanah 1 dan Pasir Dengan Metode Pemadatan Standar Dan Modified.....	70
4.24. Hubungan Antara Campuran Pasir dengan Nilai Berat Volume Kering Maksimum Tanah 1.	71
4.25. Perbandingan Nilai Permeabilitas Campuran Tanah 2 dan Pasir Dengan Metode Pemadatan Standar Dan Modified.....	73
4.26. Hubungan Antara Campuran Pasir dengan Nilai Berat Volume Kering Maksimum Tanah 2	74

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Nilai koefisien permeabilitas tanah merupakan hal yang perlu diketahui. Mengetahui nilai koefisien permeabilitas tanah maka aliran air dalam tanah dapat diprediksi. Besar kecilnya aliran air dalam tanah dapat digunakan menjadi salah satu dasar untuk melakukan perancangan bangunan teknik sipil. Dasar yang dimaksud adalah sebagai salah satu pertimbangan untuk meningkatkan pelayanan tanah yang dimaksud.

Dalam pencegahan kerusakan tanah sebagai fondasi bangunan, aliran air di dalam tanah yang dikenal dengan nilai permeabilitas tanah juga dapat dikatakan sebagai factor yang mempengaruhi kekuatan tanah. Tanah dengan kecepatan aliran air yang besar atau dikatakan dengan nilai koefisien permeabilitasnya besar akan lebih rentan mengalami kerusakan dibandingkan dengan tanah yang mempunyai nilai permeabilitas yang kecil.

Dari beberapa percobaan telah dijelaskan bahwa faktor yang mempengaruhi nilai permeabilitas tanah adalah : jenis tanah, bentuk dan ukuran tanah, komposisi mineral, rongga pori, drajat kejenuhan dan tipe aliran.

Tanah lempung merupakan salah satu jenis dengan sifat permeabilitas rendah. Karena begitu kecilnya nilai permeabilitas tanah sehingga disebut bahwa tanah lempung adalah jenis tanah yang tidak lolos air. Kemampuan air untuk meloloskan diri dari pori sangat kecil. Nilai permeabilitas tanah lempung sangat kecil disebabkan oleh karena sifat fisik tanah lempung yang mempunyai diameter yang sangat kecil dan nilai kohesi tanah yang sangat besar.

Tanah pasir adalah jenis tanah yang terbentuk dari sedimentasi batuan. Pasir adalah jenis tanah yang mempunyai sifat yang amat berbeda dengan tanah lempung. Pasir merupakan jenis tanah dengan nilai permeabilitas yang tinggi dan dengan nilai kohesi yang sangat kecil bahkan tidak mempunyai nilai kohesi. Namun dengan nilai kohesi yang sangat kecil dan nilai permeabilitas yang tinggi, tanah pasir memiliki sifat dengan nilai kuat geser yang tinggi.

Pencampuran dua jenis tanah tersebut sangat menarik untuk diijadikan sebagai bahan penelitian. Pencampuran dua jenis tanah dengan sifat yang berbeda akan memberikan suatu sifat yang baru yang mungkin akan dapat berguna untuk suatu konstruksi bangunan.

Dalam penelitian ini akan dilakukan penelitian tentang nilai permeabilitas tanah yang dicampur dengan pasir. Hasil permeabilitas dari campuran

dibandingkan terhadap hasil dari pemadatan metode standar dan metode modified.

B. Rumusan Masalah

permasalahan yang sering dihadapi yang berhubungan dengan tanah adalah terlalu besarnya rembesan air dalam tanah. Rembesan air dalam tanah akan menjadi masalah jika jumlah air yang merembes terlalu banyak. Masalah tersebut harus diantisipasi untuk mengurangi rembesan air dalam tanah yang akan diamati dalam nilai koefisien permeabilitas tanah.

Pemadatan adalah salah satu usaha untuk memperkecil permeabilitas tanah. Untuk itu perlu diamati bagaimana pengaruh pemadatan tanah terhadap nilai permeabilitas suatu tanah.

Pencampuran tanah dengan agregat halus dapat juga memperkecil nilai permeabilitas tanah. Selain memperkecil permeabilitas tanah pencampuran dua agregat juga akan mengubah parameter-parameter lainnya. Tanah lempung setelah dicampur dengan agregat halus mempunyai pengaruh terhadap nilai permeabilitas tanah.

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah :

1. Memastikan tanah yang penelitian adalah tanah lempung.
2. Mendapatkan nilai KAO suatu tanah baik dengan cara pemadatan standar maupun pemadatan dengan cara modified.

3. Mendapatkan nilai koefisien permeabilitas tanah lempung yang telah dipadatkan dan setelah dicampur dengan pasir.
4. Membandingkan nilai koefisien permeabilitas tanah yang dipadatkan dengan cara pemadatan standar dengan tanah yang dipadatkan dengan cara modifiet.

D. Manfaat Penelitian

Dalam penelitian ini, ada manfaat yang diharapkan bisa dicapai. Dengan adanya penelitian ini maka akan diketahui tentang karakteristik tanah. Hasil dari penelitian ini akan menjadi informasi tambahan bagi setiap insan yang ingin mambangun struktur sipil.

E. Batasan Masalah

Untuk menghindari pembahasan yang terlalu luas sehingga pembahasan tidak terfokus pada tujuan awal maka penelitian ini dibatasi dalam beberapa hal.

Adapun batasan-batasan dalam penelitian ini adalah :

1. Materil yang digunakan adalah tanah lempung yang berada di dua lokasi yaitu desa sukajawa, Lampung Tengah.
2. Material pasir sebagai bahan campuran yang digunakan adalah pasir yang diambil dari gunung sugih.
3. Pengujian lab yang dilakukan adalah uji pemadatan standar dan uji pemadatan midified.
4. Pengujian permeabilitas dilakukan adalah pengujian di lab yaitu dengan menggunakan metode *falling head*.

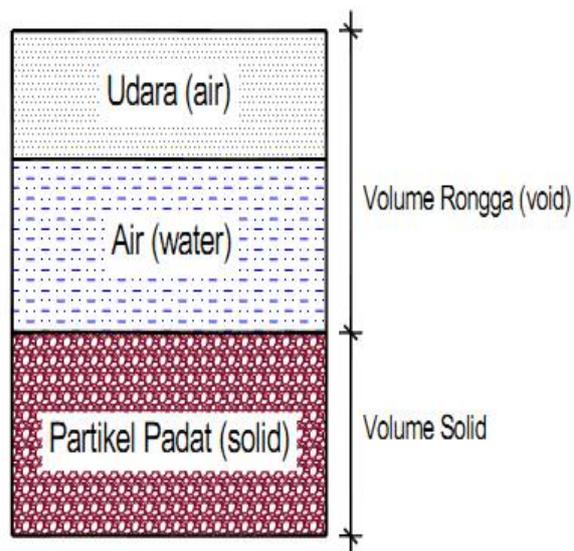
BAB II

TINJAUAN PUSATAKA

A. Tanah

1. Pengertian Tanah

Pengertian tanah sangat umum dan luas. dalam lingkup teknik sipil dapat diartikan bahwa tanah merupakan material yang terdiri dari beberapa zat alam yang terbentuk dari pelapukan. Sesuai dengan yang dikemukakan oleh bapak tanah dunia Terzaghi yang mengemukakan pengertian tanah sebagai susunan butiran-butiran hasil pelapukan massa batuan massive, dimana ukuran setiap butirnya dapat sebesar kerikil-pasir-lanau-lempung dan kotak antar butir tidak tersementasi termasuk bahan organik.



Gambar 2.1 Komposisi Tanah

Dari gambar dapat dilihat bahwa tanah merupakan campuran beberapa partikel. Partikel yang tersusun tersebut adalah partikel padat, air, dan udara. Dari ketiga unsur penyusun tanah tersebut yang paling berpengaruh terhadap sifat-sifat teknis tanah adalah air dan partikel padat. Angin hanya mengisi rongga yang terdapat dalam di dalam tanah. Jika rongga tersebut seluruhnya diisi oleh air maka tanah tersebut mencapai kondisi jenuh. Dalam kondisi jenuh jika tanah diberikan beban maka tahanan air yang pertama kali bekerja. Dalam kondisi ini butiran-butiran tanah lempung tidak dapat mendekat satu sama lain untuk meningkatkan gaya gesernya. Untuk mengeluarkan air dari dalam tanah, membutuhkan waktu yang lama. Namun, setelah waktu yang lama sampai air tanah keluar maka butiran-butiran tanah lempung akan dapat mendekat sehingga kuat geser tanah meningkat.

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).

Secara umum dari jenis tanahnya maka sifat dari tanah dapat diketahui. Tanah yang berjenis lempung akan cenderung memiliki sifat kedap air, kohesivitas yang tinggi dan nilai kuat geser yang rendah. Sedangkan tanah pasir akan mempunyai nilai kuat geser yang tinggi sedangkan gaya tarik menarik antar partikel akan cenderung kecil. Klasifikasi tanah juga

berguna untuk studi yang lebih terperinci mengenai keadaan tanah tersebut serta kebutuhan akan pengujian untuk menentukan sifat teknis tanah seperti karakteristik pemadatan, kekuatan tanah, berat isi dan sebagainya (Bowles, 1989).

Beberapa sistem pengklasifikasian tanah yang sering digunakan adalah :

a. Sistem USCS

Sistem USCS (unified sistem clasification sistem) adalah sistem yang membagi tanah ke dalam dua kelompok berdasarkan ukuran butirannya. Tanah berbutir kasar yaitu tanah yang tertahan di saringan dengan no. 200 dan tanah berbutir halus adalah tanah yang lolos melalui saringan 200.

(USCS) diajukan pertama kali oleh Casagrande dan selanjutnya dikembangkan oleh United State Bureau of Reclamation (USBR) dan United State Army Corps of Engineer (USACE). Kemudian American Society for Testing and Materials (ASTM) memakai USCS sebagai metode standar guna mengklasifikasikan tanah. Dalam bentuk yang sekarang, sistem ini banyak digunakan dalam berbagai pekerjaan geoteknik.

Menurut Bowles, 1991 Kelompok-kelompok tanah utama sistem klasifikasi Unified dapat dilihat pada tabel 1. berikut ini :

Tabel 2.1. Sistem Klasifikasi Tanah Unified Berdasarkan Klompok

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

Sumber : Bowles, 1991.

Keterangan :

G = Untuk kerikil (Gravel) atau tanah berkerikil (Gravelly Soil).

S = Untuk pasir (*Sand*) atau tanah berpasir (*Sandy soil*).

M = Untuk lanau inorganik (*inorganic silt*).

C = Untuk lempung inorganik (*inorganic clay*).

O = Untuk lanau dan lempung organik.

Pt = Untuk gambut (*peat*) dan kandungan organik tinggi.

W = Untuk gradasi baik (*well graded*).

P = Gradasi buruk (*poorly graded*).

L = Plastisitas rendah (*low plasticity*).

H = Plastisitas tinggi (*high plasticity*).

Prosedur untuk menentukan klasifikasi tanah sistem Unified adalah sebagai berikut :

- a. Menentukan tanah apakah berupa butiran halus atau butiran kasar secara visual atau dengan cara menyaringnya dengan saringan nomer 200.

b. Jika tanah berupa butiran kasar :

1. Menyaring tanah dan menggambarkan grafik distribusi butirannya.
2. Menentukan persen butiran lolos saringan no.4. Bila persentase butiran yang lolos 50%, merupakan kerikil. Bila persentase yang lolos > 50%, merupakan pasir.
3. Menentukan jumlah butiran yang lolos saringan no.200 jika persentase butiran yang lolos 5%, pertimbangkan bentuk grafik distribusi dengan menghitung C_u dan C_c . Jika termasuk bergradasi baik, maka klasifikasikan sebagai GW (bila berkerikil) atau SW (bila pasir). Jika termasuk bergradasi buruk, klasifikasikan sebagai GP (bila berkerikil) atau SP (bila pasir).
4. Jika persentase butiran tanah yang lolos saringan no.200 di antara 5 - 12%, tanah akan mempunyai simbol dobel dan mempunyai sifat keplastisan (GW-GM, SW-SM, dan sebagainya).
5. Jika persentase butiran tanah lolos saringan no.200 > 12%, harus diadakan pengujian batas-batas Atterberg dengan menyingkirkan butiran tanah yang tertinggal dalam saringan no.40. Kemudian, dengan menggunakan diagram plastisitas, tentukan klasifikasinya (GM, GC, SM, SC, GM-GC atau SM-SC).

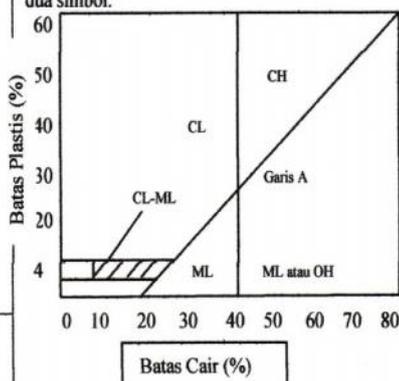
c. Jika tanah berbutir halus :

1. Menguji batas-batas Atterberg dengan tanah yang tinggal dalam saringan no.40. Jika batas cair > 50%, termasuk H (plastisitas tinggi), jika < 50%, termasuk L (plastisitas rendah).

2. Untuk H (plastisitas tinggi), jika plot batas-batas Atterberg pada grafik plastisitas di bawah garis A, tentukan apakah tanah organik (OH) atau anorganik (MH). Jika plotnya jatuh di atas garis A, klasifikasikan sebagai CH.
3. Untuk L (plastisitas rendah), jika plot batas-batas Atterberg pada grafik plastisitas di bawah garis A dan area yang diarsir, tentukan klasifikasi tanah tersebut sebagai organik (OL) atau anorganik (ML) berdasar warna, bau, atau perubahan batas cair dan batas plastisnya dengan mengeringkannya di dalam oven.

Jika plot batas-batas Atterberg pada grafik plastisitas jatuh pada area yang diarsir, dekat dengan garis A atau nilai LL sekitar 50%, gunakan simbol dobel.

Tabel 2. Klasifikasi Tanah Berdasarkan Sistem *Unified*

Divisi Utama		Simbol	Nama Umum	Kriteria Klasifikasi		
Tanah berbutir kasar $\geq 50\%$ butiran tertahan saringan No. 200	Kerikil $50\% \geq$ fraksi kasar 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 dobel 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 dobel 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 : Hary Christady, 2001.

b. Sistem AASTHO

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

Berdasarkan sifat tanahnya terhadap beban roda dan dikelompokkan menjadi 2 kelompok besar yaitu :

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

Tabel 2.3. 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 sekali 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%),

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

Tabel 2.4. 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.

Adapun sistem klasifikasi AASHTO ini didasarkan pada kriteria pada tabel berikut :

Tabel 2.5. Ukuran Butir Sistem Klasifikasi AASHTO

Kerikil	Tanah yang lolos ayakan diameter 75 mm (3 in) dan yang tertahan pada ayakan No. 10 (2 mm).
Pasir	Tanah yang lolos ayakan No. 10 (2 mm) dan yang tertahan pada ayakan No. 200 (0.075 mm).
Lanau dan Lempung	Tanah yang lolos ayakan No. 200.

Tabel 2.6. Sistem Klasifikasi Tanah AASHTO

Klasifikasi Umum	Bahan-bahan berbutir (35 % atau kurang lolos No. 200)							<i>Bahan-bahan lanau lempung (lebih dari 35 % lolos No. 200)</i>			
Klasifikasi Kelompok	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1a	A-1b		A-24	A-25	A-26	A-27				A-75 A-76
Analisa Saringan Persen lolos :											
No. 10	50		≥ 51					≥ 36	≥ 36	≥ 36	≥ 36
No. 40	30	50									
No. 200	15	25	10	35	35	35	35	≥ 36	≥ 36	≥ 36	≥ 36
Karakteristik Fraksi lolos No. 40				40	≥ 41	40	≥ 41	41	≥ 41	40	≥ 41
Batas Cair :			N.P.	10	10	≥ 11	≥ 11	10	10	≥ 11	≥ 11
Indeks Plastisitas :	6		N.P.					10	10	≥ 11	≥ 11
Indeks Kelompok	0		0	0			4	8	12	16	20
Jenis-jenis bahan pendukung utama	Fragmen batu, kerikil & pasir		Pasir halus	Kerikil dan pasir berlanau atau berlempung				<i>Tanah berlanau</i>		<i>Tanah berlempung</i>	
Tingkatan umum sebagai tanah dasar	Sangat baik sampai baik							<i>Sedang sampai buruk</i>		<i>buruk</i>	

Sumber : Bowles, 1991

3. Tanah lempung

Tanah lempung merupakan agregat partikel-partikel berukuran mikroskopik dan submikroskopik yang berasal dari pembusukan kimiawi unsur-unsur penyusun batuan, dan bersifat plastis dalam selang kadar air sedang sampai luas. Dalam keadaan kering sangat keras, dan tak mudah terkelupas hanya dengan jari tangan. Permeabilitas lempung sangat rendah (Terzaghi dan Peck, 1987). Ukuran mineral lempung (0,002 mm, dan yang lebih halus) agak bertindihan (overlap) dengan ukuran lanau. Akan tetapi, perbedaan antara keduanya ialah bahwa mineral lempung tidak lembam.

Dari segi mineral, tanah dapat juga disebut sebagai bukan lempung (non-clay soils) meskipun terdiri dari partikel-partikel yang sangat kecil. Untuk itu, akan lebih tepat partikel-partikel tanah yang berukuran lebih kecil dari 2 mikron ($= 2 \mu$), atau < 5 mikron ($= 5 \mu$) menurut sistem klasifikasi yang lain, disebut saja sebagai partikel berukuran lempung daripada disebut sebagai lempung saja. Partikel-partikel dari mineral lempung umumnya berukuran koloid ($< 1\mu$) dan ukuran 2μ merupakan batas atas (paling besar) dari ukuran partikel mineral lempung (Das, 1988).

Pada kadar air lebih tinggi lempung bersifat lengket dan lunak (Das, 1998). Jika kadar air yang tinggi maka kondisi tanah lempung akan mempunyai daya rekat yang sangat tinggi antar partikelnya, namun kuat geser akan menurun drastis. Sehingga pada saat kadar air tinggi jika tanah lempung menerima beban melampaui daya dukung kritisnya maka akan menimbulkan berbagai kesulitan.

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

4. Pasir

Secara partikel, ukuran partikel pasir besar dan sama atau seragam, bentuknya bervariasi dari bulat sampai persegi. Bentuk-bentuk yang dihasilkan dari abrasi dan pelarutan adalah sehubungan dengan jarak transportasi sedimen.

Perilaku terjadinya massa disebabkan oleh jarak pori di antara butiran masing-masing yang bersentuhan. Mineral pasir yang lebih dominan adalah kwarsa yang pada dasarnya stabil, lemah dan tidak dapat merubah bentuk. Pada suatu saat, pasir dapat meliputi granit, magnetit dan *hornblende*. Karena perubahan cuaca di mana akan cepat terjadi pelapukan mekanis dan terjadi sedikit pelapukan kimiawi, mungkin akan ditemui mika, *feldspar* atau *gypsum*, tergantung pada batuan asal.

Secara permeabilitas, pasir merupakan material yang mempunyai permeabilitas tinggi, mudah ditembus air. Kapilaritas pasir dapat dikatakan rendah, sehingga dapat diabaikan. Kekuatan hancur pasir diperoleh dari gesekan antar butiran. Dan berkenaan dengan kekuatan hancur, perlu diperhatikan bahwa pada pasir lepas sedikit tersementasi dapat menyebabkan keruntuhan struktur tanah.

Dalam hal kemampuan berdeformasi, pasir bereaksi terhadap beban cepat seperti tertutupnya pori-pori dan padatnya butiran akibat pengaturan kembali. Deformasi atau perubahan bentuk pasir pada dasarnya plastis, dengan beberapa pemampatan elastis yang terjadi di dalam butiran-butiran. Jumlah pemampatan dihubungkan dengan gradasi kerapatan relatif dan besarnya tegangan yang bekerja. Kepekaan dan terjadinya kerapatan pasir disebabkan getaran keras dan material-material yang siap dipadatkan. Kehancuran dapat terjadi pada butiran - butiran pada saat tegangan - regangan yang bekerja relatif rendah.

B. Pemadatan

Pemadatan adalah usaha secara mekanik untuk merapatkan butir-butir tanah. Pemadatan dilakukan untuk mengurangi volume tanah, mengurangi volume pori namun tidak mengurangi volume butir tanah.

Tujuan dari pemadatan ini adalah :

- a. Memperbaiki kuat geser tanah
- b. Mengurangi kompresibilitas tanah.
- c. Mengurangi permeabilitas tanah.
- d. Mengurangi perubahan volume sebagai akibat perubahan kadar air.

Pemadatan ini bermaksud untuk mengurangi volume tanah. Akibat dari pengurangan volume tanah tersebut adalah volume tanah yang berubah. Volume tanah akan berkurang dari volume awalnya, nilai C (kohesif tanah) berkurang dan nilai e (angka pori tanah) juga ikut berkurang.

Kadar air dalam tanah setelah pemadatan juga berkurang setelah dilakukan pemadatan. Proctor (1993) telah mengamati bahwa ada hubungan yang pasti antara kadar air dan berat volume kering supaya tanah padat.

Derajat kepadatan tanah diukur dari berat volume keringnya. Hubungan berat volume kering (γ_d) dengan berat volume basah (γ_b) dan kadar air (ω), dinyatakan dalam persamaan :

$$\gamma_d = \gamma_b / (1 + \omega)$$

Berat volume maksimum yaitu berat volume dengan tanpa rongga udara atau berat volume tanah maksimum pada saat kondisi jenuh. Berat volume maksimum dapat dihitung dengan persamaan:

$$\gamma_d = G_s \gamma_w / (1 + \omega G_s)$$

Sedangkan untuk menghitung volume kering setelah pemadatan pada kadar air w dengan kadar udara A dapat dihitung dengan persamaan :

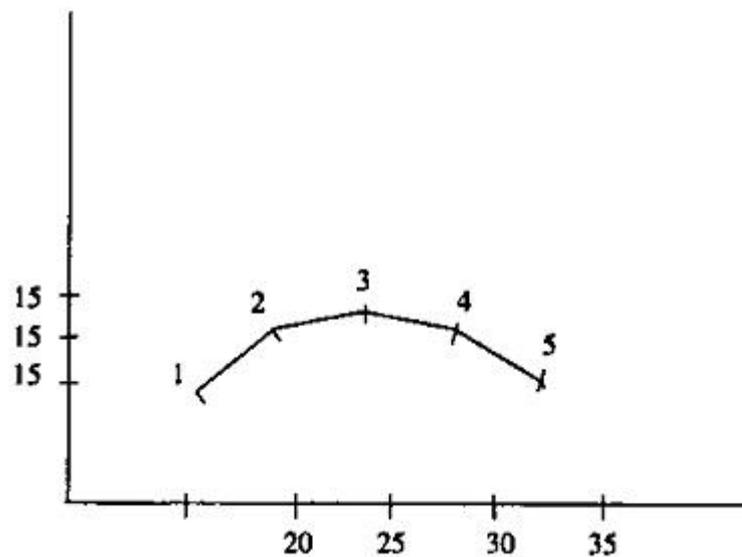
$$\gamma_d = G_s (1-A) \gamma_w / (1 + \omega G_s)$$

$$G_s = 2.65$$

Berat volume tanah kering setelah pemadatan bergantung pada jenis tanah, kadar air, dan usaha yang diberikan oleh pemadatnya. Dalam uji pemadatan tanah karakteristik tanahnya dapat dinilai dari pengujian standar laboratorium yang disebut dengan pengujian Proctor.

Proctor merupakan suatu alat yang digunakan dalam memadatkan tanah. Alat pemadat proctor ini berupa silinder mould. Silinder mould mempunyai volume $9,44 \times 10^{-4} \text{ m}^3$. Tanah yang terdapat dalam silinder dipadatkan dengan menggunakan penumbuk. Tujuan dari pemadatan ini adalah untuk mendapatkan nilai KOA dan MDD yang diperoleh dari grafik hubungan antara kadar air (ω) dan γ_k hasil pemadatan.

Dalam pengujian pemadatan, percobaan dilakukan sebanyak 5 kali dengan kadar air tiap percobaan divariasikan. Hasil dari percobaan digambarkan ke sebuah grafik. Dari grafik akan didapatkan kadar air terbaik untuk mendapatkan berat volume kering terbesar atau kepadatan maksimum yang disebut dengan kadar air optimum.



Gambar 2.2 Grafik Nilai Optimum Air

Pemadatan dapat dilakukan dengan dua cara berdasarkan besar tenaga pemadatnya, yaitu :

- a. Cara standar yaitu cara pemadatan dengan menggunakan penumbuk standar dengan berat 2.5 kg dengan tinggi jatuh sebesar 30 cm.
- b. Cara berat (modified) yaitu pemadatan dengan menggunakan penumbuk dengan berat 4.5 kg dengan tinggi jatuh sebesar 45 cm.

Tanah lempung yang dipadatkan sifatnya akan tergantung pada cara atau usaha pemadatan, macam tanah, dan kadar airnya. Pemadatan dengan usaha yang lebih besar akan mendapatkan tanah yang lebih padat. Kadar air tanah yang dipadatkan biasanya berdasarkan pada posos-posisi kadas air sisi kering optimum, dekat optimum atau optimum, dan sisi basah optimum.

C. Hukum Darcy

Hukum Darcy (1856) menjelaskan tentang kemampuan air mengalir pada rongga-rongga (pori-pori) dalam tanah dan sifat-sifat yang mempengaruhinya. Ada dua asumsi utama yang digunakan dalam penetapan Hukum Darcy ini. Asumsi pertama menyatakan bahwa aliran fluida/cairan dalam tanah bersifat laminar. Sedangkan asumsi kedua menyatakan bahwa tanah berada dalam keadaan jenuh (<http://www.anneahira.com/permeabilitas-tanah.htm>).

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

$$v = k \cdot i$$

dengan :

v = kecepatan aliran (m/s atau cm/s)

k = koefisien permeabilitas

i = gradient hidrolik

Lalu telah diketahui bahwa

$$v = \frac{Q}{A \cdot t} \quad \text{dan} \quad i = \frac{\Delta h}{L}$$

dengan :

Q = debit konstan, air yang dituangkan ke dalam sumur uji (cm^3/dt)

A = luas penampang aliran (m^2 atau cm^2)

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

h = selisih ketinggian (m atau cm)

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

D. Permeabilitas

Permeabilitas dapat diartikan sebagai kemampuan fluida atau zat cair untuk mengalir melalui zat lain yang berpori dan bisa juga dikatakan bahwa permeabilitas merupakan kemampuan suatu zat untuk meloloskan air melalui pori yang dimilikinya. Bowels (1991) mengatakan bahwa kemampuan fluida untuk mengalir melalui medium yang berpori adalah suatu sifat teknis yang disebut permeabilitas. Sedangkan Hardiyatmo (2001) berpendapat bahwa permeabilitas dapat didefinisikan sebagai sifat bahan yang memungkinkan aliran rembesan zat cair mengalir melalui rongga pori.

Satuan permeabilitas adalah m^2 . Pada umumnya pada reservoir panas bumi, permeabilitas vertikal berkisar antara 10 - 14 m^2 , dengan permeabilitas horizontal dapat mencapai 10 kali lebih besar dari permeabilitas vertikalnya (sekitar 10 - 13 m^2). Satuan permeabilitas yang umum digunakan di dunia perminyakan adalah Darcy (1 Darcy = 10 - 12 m^2) (<http://www.anneahira.com/permeabilitas-tanah.htm>).

Sifat permeabilitas tanah berbeda antara satu dengan yang lain. sifat permeabilitas tanah dipengaruhi oleh pori tanah pada setiap jenis tanahnya. Tanah dengan pori yang lebih besar akan memiliki nilai permeabilitas tanah yang lebih besar. Tanah lempung dianggap tanah yang tidak lolos air. Hal tersebut karena butiran lempung yang sangat kecil sehingga sangat sulit meloloskan air. Kemampuan lempung untuk meloloskan air lebih kecil dibandingkan dengan beton.

Permeabilitas suatu massa tanah penting untuk :

1. Mengevaluasi jumlah rembesan (*seepage*) yang melalui bendungan dan tanggul sampai ke sumur air.
2. Mengevaluasi gaya angkat atau gaya rembesan di bawah struktur hidrolik untuk analisis stabilitas.
3. Menyediakan kontrol terhadap kecepatan rembesan sehingga partikel tanah berbutir halus tidak tererosi dari massa tanah.
4. Studi mengenali laju penurunan (konsolidasi) dimana perubahan volume tanah terjadi pada saat air tersingkir dari rongga tanah pada saat proses terjadi pada suatu gradien energi tertentu.

5. Mengendalikan rembesan dari tempat penimbunan bahan-bahan limbah dan cairan-cairan sisa yang mungkin berbahaya bagi manusia.

1. Koefisien Permeabilitas

Hukum Darcy menunjukkan bahwa permeabilitas tanah ditentukan oleh koefisien permeabilitasnya. Koefisien permeabilitas tanah bergantung pada beberapa faktor (<http://www.anneahira.com/permeabilitas-tanah.htm>).

Setidaknya ada enam faktor utama yang mempengaruhi permeabilitas tanah, yaitu :

- a. Viskositas cairan, semakin tinggi viskositasnya, koefisien permeabilitas tanahnya semakin kecil.
- b. Distribusi ukuran pori, semakin merata distribusi ukurannya, koefisien permeabilitasnya cenderung semakin kecil.
- c. Distribusi ukuran butiran, semakin merata distribusi ukurannya, koefisien permeabilitasnya cenderung semakin kecil.
- d. Rasio kekosongan (*void*), semakin besar rasio kekosongannya, koefisien permeabilitas tanahnya akan semakin tinggi.
- e. Semakin besar partikel mineralnya, semakin kasar partikel mineralnya, koefisien permeabilitas tanahnya akan semakin tinggi.

Derajat kejenuhan tanah. semakin jenuh tanahnya, koefisien permeabilitas tanahnya akan semakin tinggi.

Beberapa harga koefisien permeabilitas tanah diberikan dalam tabel 3.

Tabel 2.7. Harga-Harga Koefisien Permeabilitas Tanah Pada Umumnya

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

Sumber : Das, 1988

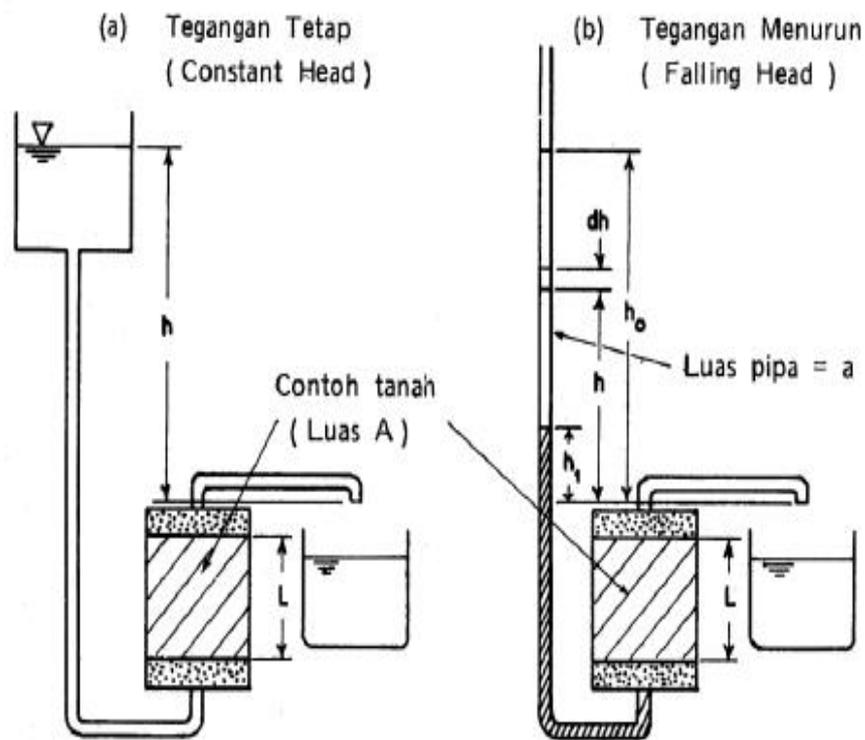
Koefisien permeabilitas dapat ditentukan secara langsung di lapangan ataupun dengan cara lebih dahulu mengambil contoh tanah di lapangan dengan menggunakan tabung contoh kemudian diuji di laboratorium.

2. Uji Permeabilitas di Laboratorium

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

Uji permeabilitas *Constant Head* cocok untuk tanah granular, seperti pasir, kerikil atau beberapa campuran pasir dan lanau.

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



Gambar 2.3 Gambar Alat Untuk Pengujian Permeabilitas di Laboratorium

Pada pengujian ini, air dari dalam pipa tegak yang dipasang di atas contoh tanah mengalir melalui contoh tanah. Ketinggian air pada awal pengujian h_1 pada saat waktu $t_1 = 0$ dicatat, kemudian air dibiarkan mengalir melalui contoh tanah hingga perbedaan tinggi air pada waktu t_2 adalah h_2 .

Jumlah air yang mengalir melalui contoh tanah pada suatu waktu (t) dapat dituliskan sebagai berikut :

$$Q = k \times \frac{h}{L} \times A = - a \frac{\Delta h}{\Delta t}$$

dimana :

Q = debit aliran yang mengalir melalui contoh tanah (cm^3/dt)

a = luas penampang melintang pipa pengukur (pipa tegak)

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

L = panjang contoh tanah (m atau cm)

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

h = selisih ketinggian (m atau cm)

Jika persamaan di atas diturunkan lagi, maka akan didapat :

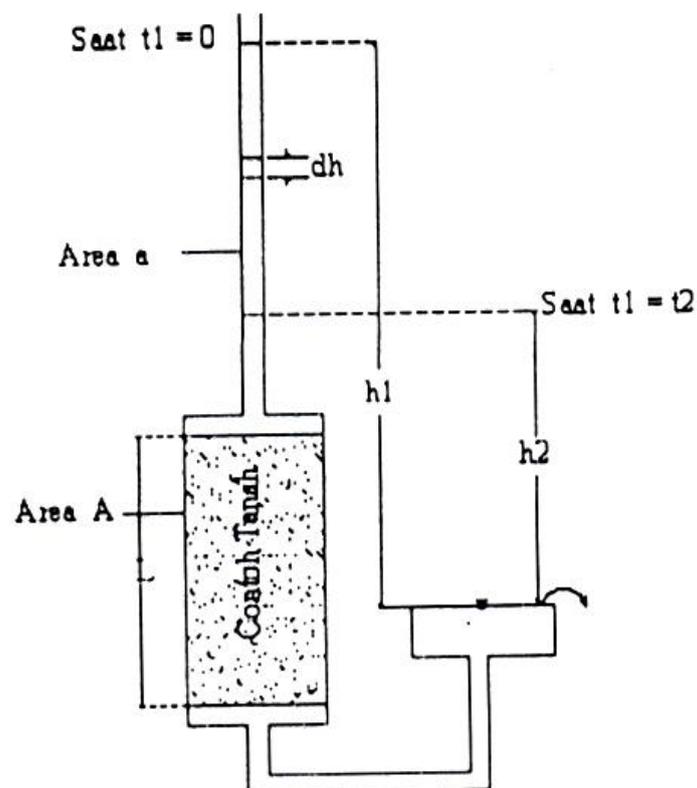
$$t = \frac{aL}{Ak} \left(- \frac{\Delta h}{h} \right)$$

Yang jika diintegrasikan dengan batas kiri atas $t = 0$ dan batas kiri bawah

$t = t$, batas kanan atas $h = h_1$ dan batas kanan bawah $h = h_2$ maka didapat :

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

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



Gambar 2.4. alat untuk percobaan permeabilitas dengan menggunakan tanah lempung.

E. Pengujian Kadar Air (*Water Content*)

Kadar air adalah perbandingan berat air yang terkandung dalam tanah dengan berat kering tanah tersebut. Kadar air tanah dapat digunakan untuk menghitung parameter sifat-sifat tanah.

Besarnya kadar air dinyatakan dalam persen dan dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\text{Kadar Air} = \frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_3} \times 100 \%$$

dimana :

W_1 = berat cawan + tanah basah (gram)

W_2 = berat cawan + tanah kering (gram)

W_3 = berat cawan kosong (gram)

$W_1 - W_2$ = berat air (gram)

$W_2 - W_3$ = berat tanah kering (gram)

F. Pengujian Berat Jenis (*Spesific Gravity*)

Berat jenis tanah adalah suatu nilai dari perbandingan antara berat butir tanah dengan berat isi air suling dengan isi yang sama pada suhu 40 °C. Berat jenis tanah diperoleh dengan melakukan pengujian di laboratorium dan dihitung dengan menggunakan rumus :

$$G_s = \frac{W_2 - W_1}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)}$$

dimana :

G_s = berat jenis

W_1 = berat picnometer (gram)

W_2 = berat picnometer tanah kering (gram)

W_3 = berat picnometer tanah + air (gram)

W_4 = berat picnometer air (gram)

G. Pengujian Batas-Batas *Atterberg*

1. Pengujian Batas Cair (*Liquid Limit*)

Batas cair tanah adalah kadar air minimum dimana sifat suatu tanah yang akan berubah dari keadaan cair menjadi keadaan plastis. Besaran batas cair tanah digunakan untuk menentukan sifat dan klasifikasi tanah.

Batas cair ditentukan dengan terlebih dahulu menghitung kadar air dari masing-masing sampel tanah sesuai dengan jumlah pukulan, kemudian menggambarkan jumlah pukulan dan kadar dalam suatu grafik, lalu menarik sebuah garis lurus melalui titik-titikanya. Besarnya kadar air pada jumlah pukulan ke-25 merupakan batas cair dari sampel tanah tersebut.

2. Pengujian Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Batas plastis adalah kadar air dimana suatu tanah berubah sifatnya dari keadaan plastis menjadi semi padat. Besaran batas palstis tanah biasanya digunakan untuk menentukan jenis, sifat dan klasifikasi tanah.

Nilai batas plastis meruapakan harga kadar air rata-rata dari sample tanah yang diuji. Indeks plastis dihitung dengan menggunakan rumus:

$$PI = LL - PL$$

dimana:

PI = indeks plastis

LL = batas cair

PL = batas plastis

H. Pengujian Analisis Saringan (*Sieve Analysis*)

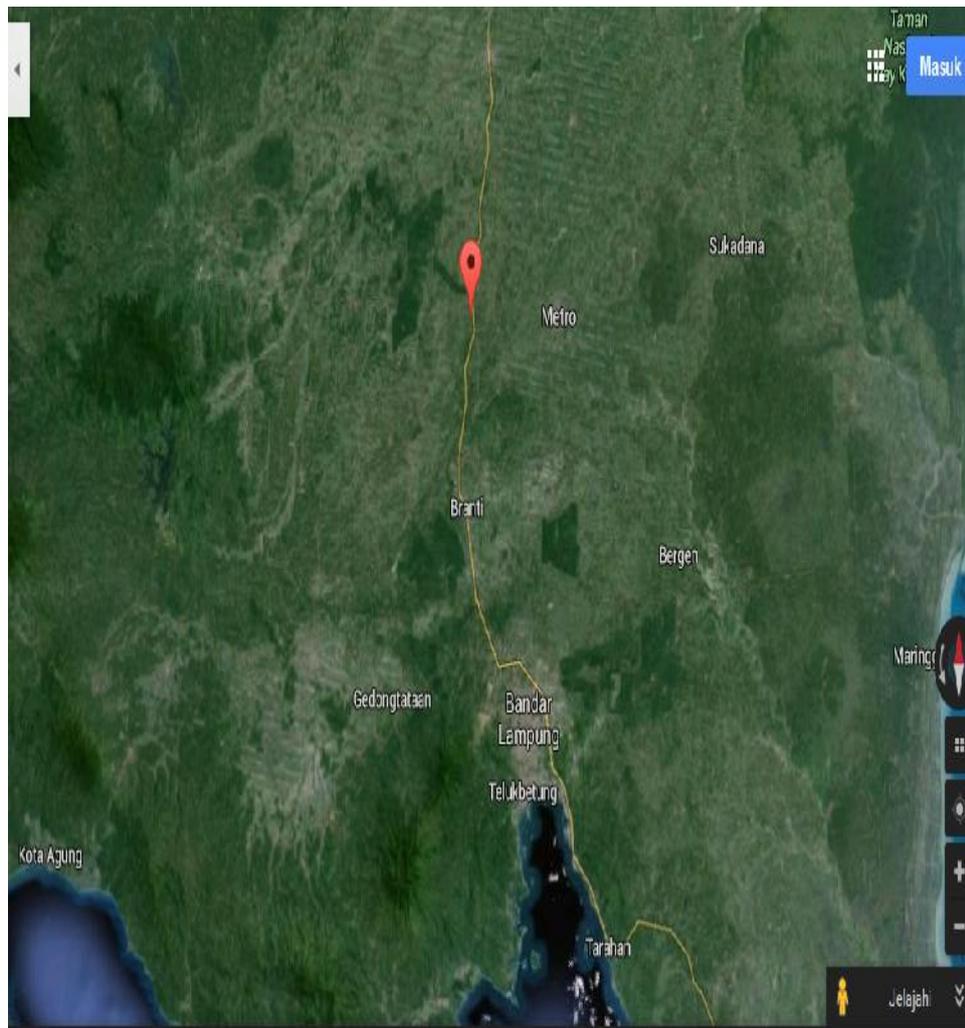
Analisis saringan adalah penentuan persentase berat butiran tanah yang lolos dari satu set saringan. Analisis saringan bertujuan untuk menentukan persentase ukuran butiran tanah dan susunan butiran tanah (gradasi) dari suatu jenis tanah yang tertahan di atas saringan no. 200.

Analisis saringan digunakan untuk pembagian butir (gradasi) tanah dengan tujuan untuk memperoleh distribusi besarnya. Hasil dari analisis saringan dapat digunakan antara lain untuk penyelidikan *quarry agregat*, untuk perencanaan campuran dan pengendalian mutu.

BAB III METODE PENELITIAN

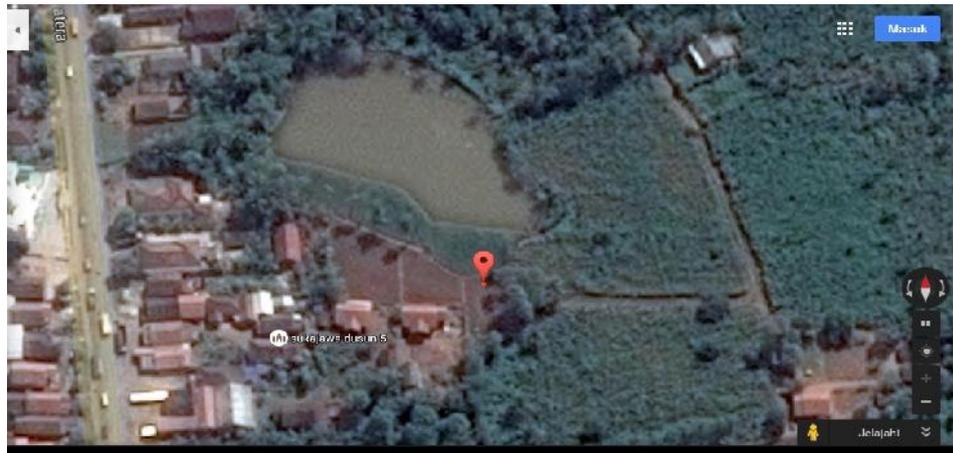
A. Bahan – Bahan Penelitian

1. Sampel yang digunakan berupa tanah lempung yang diambil dari dua lokasi di desa sukajawa, Lampung Tengah.



Gambar 3.1. Lokasi Pengambilan Bahan Penelitian

Lokasi pengambilan tanah 1



Gambar 3.2. Lokasi Pengambilan Tanah 1

Lokasi pengambilan tanah 2



Gambar 3.3. Lokasi Pengambilan Tanah 2

2. Pasir sebagai campuran sampel tanah diambil dari lokasi gunung sugih.
3. Air diambil dari laboratorium tanah.

B. Metode Pencampuran Sampel

Dalam penelitian ini digunakan satu jenis tanah dengan lokasi yang berbeda. Tanah yang dipakai adalah tanah lempung dengan campuran pasir. Sebelum melaksanakan pencampuran dilakukan uji pemadatan terlebih dahulu untuk

mendapatkan nilai KAO tiap tanah. Kadar air optimum ini akan digunakan sebagai kadar air pada saat pencampuran tanah dengan pasir. Adapun campuran tanah dan pasir yang akan dilaksanakan untuk setiap lokasi tanah adalah sebagai berikut:

1. Campuran 1 terdiri dari Tanah lempung + pasir 10 %
2. Campuran 2 terdiri dari Tanah lempung + pasir 20 %
3. Campuran 3 terdiri dari Tanah lempung + pasir 30%
4. Campuran 4 terdiri dari Tanah lempung + pasir 40%

Jumlah sampel untuk masing-masing campuran diperlihatkan pada tabel di bawah ini:

Tabel 3.1 Variasi Campuran

	Campuran 1	Campuran 2	Campuran 3	Campuran 4
Tanah lokasi 1	2	2	2	2
Tanah lokasi 2	2	2	2	2

Setiap lokasi tanah dibutuhkan 2 sampel per campuran tanah. Sehingga untuk percobaan ini dibutuhkan $2 \text{ (sampel)} \times 4 \text{ (campuran)} \times 2 \text{ (lokasi)} = 16 \text{ sampel}$. setiap lokasi dan setiap campuran dibuthkan 2 sampel untuk percobaan pemadatan dengan metode modified dan metode standar.

C. Pelaksanaan Pengujian

Semua pengujian yang akan dilakukan berlokasi di Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil Universitas Lampung. Pengujian yang akan dilaksanakan adalah:

- a. Pengujian sifat fisik tanah
 1. Pengujian Analisa Saringan

2. Pengujian Kadar Air
 3. Pengujian Batas *atterberg*
 4. Pengujian Berat Jenis
- b. Pengujian Pemadatan Tanah
 - c. Pengujian sifat permeabilitas tanah

D. Pengujian Pemadatan Tanah

Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai optimum air dari suatu tanah yang kemudian akan digunakan sebagai nilai optimum air dalam pencampuran tanah dengan pasir.

Pemadatan dalam penelitian ini dilakukan dengan dua metode untuk membandingkan hasilnya.

➤ Metode standar

1. Penambahan air

1. Tanah sebagai bahan utama yang sudah kering dan hancur diayak menggunakan ayakan. Tanah yang dipakai adalah tanah yang lolos saringan 40.
2. Tanah dengan dengan jumlah 2,5 kg, ditambah air sedikit demi sedikit sambil diaduk sehingga tanah merata. Kondisi yang dibutuhkan setelah campuran air merata adalah jika tanah dikepal maka tanah tidak akan lengket di tangan dan jika tanah tersebut dilepas dari genggamannya maka tanah tersebut tidak hancur.
3. Jumlah air yang dimasukkan ke dalam tanah dicatat jumlahnya (cc).

4. Melakukan langkah 2 dan 3 untuk 4 sampel yang lain dengan penambahan air setiap sampel adalah 3 %.

2. Pemadatan Tanah.

1. Menimbang *mold* standar beserta alas.
2. Memasang *coller* pada *mold*, lalu meletakkannya di atas papan.
3. Mengambil salah satu sampel yang telah ditambahkan air sesuai dengan penambahannya.
4. Membagi sampel tanah menjadi 3 bagian. Setiap bagian yang dimasukkan ke dalam *mold* ditumbuk sebanyak 25 kali dengan berat penumbuk 2,5 kg dan tinggi jatuh penumbuk 30 cm. setelah melakukan penumbukan 25 kali, bagian tanah yang kedua dimasukkan dan ditumbuk lagi sebanyak 25 kali lagi. Begitu juga dengan bagian tanah yang ketiga.
5. Melepas *coller* dan meratakan permukaan tanah pada *mold* dengan menggunakan pisau pemotong.
6. Menimbang *mold* berikut alas dan tanah di dalamnya.
7. Mengeluarkan tanah dari *mold* dengan *extruder*, ambil bagian tanah dengan menggunakan 2 *container* untuk pemeriksaan kadar air (w).
8. Mengulangi langkah kerja 2 sampai 7 untuk sampel tanah lainnya, akan didapatkan 5 data pemadatan tanah

3. Perhitungan

1. Perhitungan kadar air

- Berat cawan + berat tanah basah = W_1 (gr)
- Berat cawan + berat tanah kering = W_2 (gr)
- Berat air = $W_1 - W_2$ (gr)
- Berat cawan = W_c (gr)
- Berat tanah kering = $W_2 - W_c$ (gr)
- Kadar air (w) = $\frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_c}$

2. Perhitungan Berat Isi :

- Berat *modal* = W_m (gr)
- Berat *modal* + *sampel* = W_{ms} (gr)
- Berat tanah (W) = $W_{ms} - W_m$ (gr)
- Volume *modal* = $\frac{1}{4} * \pi * d^2 * t$ (cm³)
- Berat Volume = W/V (gr/cm³)
- Kadar air (w)
- Berat Volume Kering (ρ_d)

$$\rho_d = \frac{\gamma}{100+w} \times 100 \%$$

➤ Metode Modified

Dibandingkan dengan metode standar, langkah kerja pada metode modified hampir sama dengan metode standar. Perbedaannya hanya terdapat pada bagian berat pemukul, tinggi jatuh pemukul dan pembagian tanah yang menjadi 5 bagian sehingga total pukulan pada metode modified adalah 125 kali pukulan sedangkan pada metode standar hanya terdapat 75 kali pukulan.

Adapun langkah kerja untuk metode modified adalah:

1. Penambahan air

1. Tanah sebagai bahan utama yang sudah kering dan hancur diayak menggunakan ayakan. Tanah yang dipakai adalah tanah yang lolos saringan 40.
2. Tanah dengan dengan jumlah 2,5 kg, ditambah air sedikit demi sedikit sambil diaduk sehingga tanah merata. Kondisi yang dibutuhkan setelah campuran air merata adalah jika tanah dikepal maka tanah tidak akan lengket di tangan dan jika tanah tersebut dilepas dari genggamannya maka tanah tersebut tidak hancur.
3. Jumlah air yang dimasukkan ke dalam tanah dicatat jumlahnya (cc).
4. Melakukan langkah 2 dan 3 untuk 4 sampel yang lain dengan penambahan air setiap sampel adalah 3 %.

2. Pemasakan Tanah.

1. Menimbang *mold* standar beserta alas.
2. Memasang *coller* pada *mold*, lalu meletakkannya di atas papan.
3. Mengambil salah satu sampel yang telah ditambahkan air sesuai dengan penambahannya.
4. Membagi sampel tanah menjadi 5 bagian. Setiap bagian yang dimasukkan ke dalam *mold* ditumbuk sebanyak 25 kali dengan berat penumbuk 4,5 kg dan tinggi jatuh penumbuk 45 cm. setelah melakukan penumbukan 25 kali, bagian tanah yang kedua

dimasukkan dan ditumbuk lagi sebanyak 25 kali lagi. Begitu juga dengan bagian tanah yang ketiga hingga bagian ke lima.

5. Melepas *coller* dan meratakan permukaan tanah pada mold dengan menggunakan pisau pemotong.
6. Menimbang mold berikut alas dan tanah di dalamnya.
7. Mengeluarkan tanah dari *mold* dengan *extruder*, ambil bagian tanah dengan menggunakan 2 *container* untuk pemeriksaan kadar air (w).
8. Mengulangi langkah kerja 2 sampai 7 untuk sampel tanah lainnya, akan didapatkan 5 data pemadatan tanah

3. Perhitungan

1. Perhitungan kadar air.

- Berat cawan + berat tanah basah = W_1 (gr)
- Berat cawan + berat tanah kering = W_2 (gr)
- Berat air = $W_1 - W_2$ (gr)
- Berat cawan = W_c (gr)
- Berat tanah kering = $W_2 - W_c$ (gr)
- Kadar air (w) = $\frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_c}$

2. Perhitungan Berat Isi :

- Berat *mold* = W_m (gr)
- Berat *mold* + *sampel* = W_{ms} (gr)
- Berat tanah (W) = $W_{ms} - W_m$ (gr)
- Volume *mold* = $\frac{1}{4} * \pi * d^2 * t$ (cm³)

- Berat Volume = W/V (gr/cm^3)
- Kadar air (w)
- Berat Volume Kering (d)

$$d = \frac{\gamma}{100+w} \times 100 \%$$

E. Pengujian Permeabilitas

Pengujian permeabilitas tanah dilakukan di laboratorium teknik sipil unila. Tujuan dari uji permeabilitas adalah untuk mendapatkan nilai k . karena tanah yang dipakai adalah tanah butiran halus maka metode dalam uji permeabilitas yang dipakai cara tinggi energi turun (*Falling Head*).

1. Bahan

1. Sampel tanah yang sudah dicampur dengan pasir dan sudah dipadatkan
2. Air secukupnya.

2. Peralatan

1. Silinder *mold* yang diganti dengan pipa paralon diameter 7 cm.
2. *Stopwatch*.
3. Kertas saring.
4. Alat pengukur (penggaris)
5. Lingkaran papan sebagai porus.

3. Langkah Kerja.

1. Mempersiapkan tanah yang sudah dicampur pasir dan dipadatkan.
2. Menggunakan paralon sebagai wadah pemadatan.
3. Mengukur diametr paralon.

4. Meratakan permukaan sampel bagian atas dan bawah, kemudian menutup dengan kertas saring dan lingkaran papan.
 5. Mengisi air ke dalam pipa paralon setinggi 20 cm.
 6. Menunggu sampai penurunan air sebanyak 3 sampel.
 7. Mencatat ketinggian air awal (h_1) dan tinggi air setelah waktu (t) yang ditentukan (h_2).
 8. Jika penurunan ketinggian dan durasi waktu telah didapat maka catat beda tinggi dan durasi waktu yang ada..
4. Perhitungan.

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

karena $a = A$, maka persamaan di atas dapat berubah menjadi

$$k = 2,303 \left(\frac{L}{t} \right) \log \left(\frac{h_2}{h_1} \right)$$

F. Pengolahan dan Analisis Data

1. Pengolahan Data

Hasil dari penelitian yang berupa data-data tanah diolah menurut klasifikasi yang ada. Pengklasifikasian dilakukn sesuai dengan rumus-rumus yang berlaku. Hasil dari pengklasifikasian tersebut diuraikan dalam bentuk tabel dan grafik.

2. Analisis Data

Dari rangkaian pengujian yang dilakukan di laboratorium, maka:

- a. Dari uji analisa saringan diperoleh persentase pembagian ukuran butiran tanah.

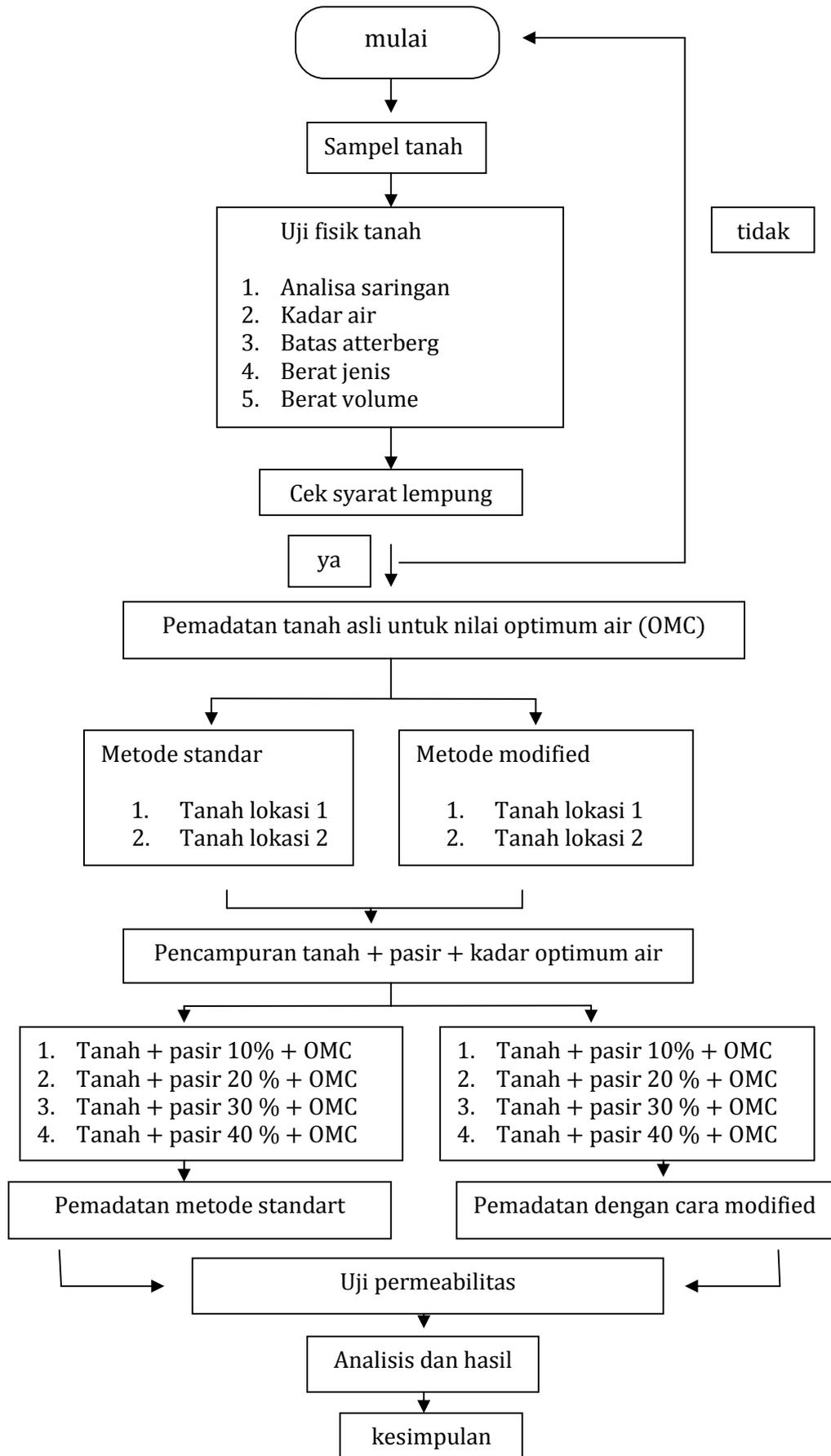
- b. Dari uji kadar air diperoleh kadar air dalam persentase.
- c. Dari uji batas *atterberg* diperoleh batas cair, batas plastis dan indeks plastis.
- d. Dari uji berat jenis diperoleh berat jenis tanah.

Dengan menggunakan parameter-parameter yang telah didapat maka sampel tanah dapat dikelompokkan ke dalam salah satu jenis tanah menurut *unified*.

Kemudian akan dilakukan uji pemadatan untuk mendapatkan nilai optimum air yang kemudian akan digunakan sebagai nilai optimum air saat pemadatan tanah setelah dicampur dengan pasir.

Campuran tanah, pasir dan kadar air optimum dipadatkan dengan menggunakan metode standart dan modified. Masing masing sampel akan dipadatkan dengan cara standar dan modified. Jadi, setiap sampel akan dilakukan pemadatan dengan dua cara pemadatan.

Uji permeabilitas tanah dilakukan terhadap seluruh sampel yang berjumlah 16 sampel. Dengan setiap sampel yang mengalami perlakuan pemadatan dua kali yaitu dengan metode standar dan modified, maka nilai k dari setiap sampel yang didapatkan berjumlah 2. Nilai k dari sampel yang telah diperoleh yang akan dibandingkan untuk dianalisa.



V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan yang telah dilakukan terhadap sampel tanah lempung yang telah dipadatkan dengan metode standar dan metode modified, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil uji fisik tanah dapat disimpulkan bahwa tanah I termasuk ke dalam golongan A-7-5 dan tanah II masuk ke dalam golongan A-7-6. Kedua jenis tanah tersebut masuk ke dalam jenis tanah lempung.
2. Dari hasil pengamatan dapat dilihat sifat yang ditunjukkan oleh kedua jenis tanah bahwa koefisien permeabilitas tanah semakin meningkat sesuai dengan jumlah campuran pasir yang diberikan. Tanah yang dipadatkan dengan campuran pasir memberikan kepadatan yang lebih tinggi sehingga permeabilitas tanah yang mempunyai campuran lebih besar memiliki nilai lebih kecil.
3. Nilai yang ditunjukkan dalam perhitungan bahwa nilai berat kering optimum setiap sampel yang dipadatkan dengan metode pemadatan modified lebih besar dibandingkan dengan nilai permeabilitas tanah yang dipadatkan dengan metode standar. Rongga udara yang terdapat pada tanah yang dipadatkan dengan metode modified lebih kecil daripada

rongga udara yang terdapat pada tanah yang dipadatkan dengan metode standar. Kepadatan maksimum yang dihasilkan adalah dengan metode pemadatan modified.

4. Nilai permeabilitas tanah dapat disimpulkan bahwa tanah yang dipadatkan dengan metode modified nilai permeabilitasnya lebih kecil dibandingkan dengan nilai permeabilitas tanah yang dipadatkan dengan metode standar.

B. SARAN.

Saran untuk penelitian yang berhubungan dengan permeabilitas tanah dengan variasi campuran adalah sebagai berikut.

1. Perlu dilakukan penelitian dengan campuran pasir yang lebih besar untuk menganalisa berapa nilai campuran pasir supaya nilai optimum pasirnya menurun. Dalam penelitian ini sejauh campuran pasir sebanyak 40% nilai kadar optimum yang diberikan meningkat. Dengan nilai campuran berapa % nilai campuran pasir untuk mendapatkan berat optimumnya menurun. Karena pada dasarnya pasir adalah tanah dengan porus yang cukup tinggi.
2. Disarankan untuk lebih teliti dalam membaca nilai penelitian. Semakin akurat data dibaca maka akan semakin akurat informasi yang diambil sehingga data yang diberikan akan semakin bagus.

DAFTAR PUSTAKA

- Adha, Idharmahadi. 2008. *Penuntun Praktikum Mekanika Tanah*.
- Arief Rachmansyah, dkk. *Pengaruh Prosentase Pasir pada Kaolin yang Dipadatkan dengan Pemadatan Standar terhadap Rasio Daya dukung CBR*. Universitas Brawijaya. Malang.
- Bowles, J.E. 1989. *Sifat-sifat Fisika dan Geoteknis Tanah*. Erlangga. Jakarta.
- Craig, R.F., 1987, "*Mekanika Tanah*. (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis). Jilid I. Penerbit Erlangga, Jakarta
- Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga. 2006. *Pekerjaan Tanah Dasar*. Jakarta.
- Djarwanti, Noegroho. *Komparasi Koefisien Permeabilitas (k) Pada Tanah Kohesif*. Universitas Negeri Semarang. Semarang.
- Hardiyatmo, Hary Cristady. 1992. *Mekanika Tanah 1*. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Schoder, 1997. *Pengertian Tanah Menurut Ahli*.
- Setia, Wijaya. *Perilaku Tanah Ekspansif Yang Dicampur dengan Pasir Untuk Subgrade*. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Sutedjo, M. 1998. *Pengantar Ilmu Tanah*. Bina Aksara Jakarta.
- Universitas Lampung. 2012. *Format Penulisan Karya Ilmiah Universitas Lampung*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.