

TUGAS AKHIR

**STUDI NILAI CBR TANAH SEDIMEN DENGAN STABILISASI
MENGUNAKAN CAMPURAN SEMEN**

***STUDY OF SEDIMENT SOIL CBR VALUE WITH STABILIZATION USING
CEMENT MIXED***

**MUH. ALWAN
D11 17 1544**



**PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
2021**

LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR)

**STUDI NILAI CBR TANAH SEDIMEN DENGAN STABILISASI MENGGUNAKAN
CAMPURAN SEMEN**

Disusun dan diajukan oleh:

MUH. ALWAN

D011 17 1544

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 21 Oktober 2021 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

menyetujui,

Pembimbing Utama,

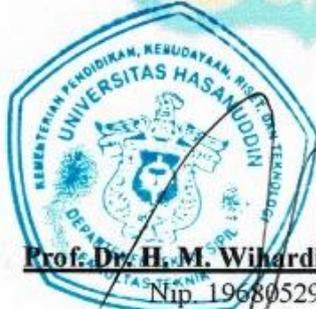
Pembimbing Pendamping,



Ir. H. Achmad Bakri Muhiddin, MSc, Ph.D
NIP. 196007301986031003

Sitti Hijraini Nur, ST, MT
NIP. 197711212005012001

Ketua Program Studi,



Prof. Dr. H. M. Wihardi Tjaronge, ST, M.Eng
Nip. 196805292002121002

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini, nama Muh. Alwan dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul "**Studi Nilai CBR Tanah Sedimen dengan Stabilisasi Menggunakan Campuran Semen**", adalah karya ilmiah penulis sendiri, dan belum pernah digunakan untuk mendapatkan gelar apapun dan dimanapun.

Karya ilmiah ini sepenuhnya milik penulis dan semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulissiap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Gowa, Agustus 2021

Yang membuat pernyataan,



MUH. ALWAN
NIM: D011 17 1544

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir sebagai salah satu syarat yang diajukan untuk menyelesaikan studi di Fakultas Teknik Departemen Teknik Sipil Universitas Hasanuddin.

Tugas akhir ini memerlukan proses yang tidak singkat. Perjalanan yang dilalui penulis dalam menyelesaikan skripsi ini tidak lepas dari tanggungan berbagai pihak yang senantiasa memberikan bantuan, baik berupa materi maupun dorongan moril. Olehnya itu, ucapan terima kasih penulis ucapkan kepada semua pihak yang telah membantu, yaitu kepada:

1. **Allah Swt** yang telah memudahkan jalan saya untuk terus berupaya dan tidak patah semangat dalam menempuh dunia perkuliahan hingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.
2. Kedua orang tua tercinta, yaitu ayahanda **Muh. Jupri Lambi, SE** dan ibunda **Muliati** atas kasih sayang dan segala dukungan selama ini, baik spritiual maupun materil karena penulis tidak akan mampu sampai di titik ini jika tanpa nasihat, motivasi dan doa yang tiada hentinya terpanjatkan kepada Allah SWT.
3. Bapak **Prof. Dr. Ir. Muhammad Arsyad Thaha, MT.** selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar.
4. Bapak **Prof. Dr. H. Muh. Wihardi Tjaronge, ST. M.Eng**, selaku Ketua dan Bapak **Dr. Eng. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T.**, selaku Sekretaris Departemen Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar.
5. Bapak **Ir. H. Achmad Bakri Muhiddin, MSc, Ph.D** selaku dosen pembimbing I, atas segala arahan, bimbingan, dan wawasan, serta waktu yang telah diluangkannya dari dan hingga terselesainya tugas akhir ini.
6. Ibu **Sitti Hijraini Nur, ST, MT** selaku dosen pembimbing II, yang telah memberikan bimbingan, waktu, wawasan, dan pengarahan mulai dari awal hingga terselesainya penulisan tugas akhir ini.
7. Bapak **Dr. Ir. Abd. Rachman Djamaluddin, M.T** selaku Kepala Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Hasanuddin, yang telah memberikan wawasan tambahan selama penulis menjadi asisten laboratorium.

8. Keluarga tercinta, yaitu **Bapak** dan **Ibu**, saudara-saudaraku tersayang **Nur Adilah**, **Nur Azisah Salsabila**, **Muh Khatib Anugrah** atas kasih sayang dan segala dukungan selama ini, baik spritual maupun materil karena penulis tidak akan mampu sampai di titik ini jika tanpa nasihat, motivasi, dan doa yang tiada hentinya terpanjatkan kepada Allah Swt.
9. Yang teristimewa **Herliana Sumardin**, yang senantiasa menemani selama proses pengerjaan, yang selalu mendukung dikala menyerah untuk melanjutkan, menjadi penyemangat saat dibutuhkan, menjadi inspirasi serta motivasi bagi penulis untuk segera menyelesaikan tugas akhir ini.
10. Kepada teman-temanku **Asri**, **Cindy**, **Marcel**, **Adam**, **Evan**, **Baso**, yang selalu menemani di masa-masa sulit, mendukung saat dibutuhkan, membantu dikala susah, dan menjadi penyemangat bagi penulis.
11. Kepada kak **Nurul Marfu'ah** yang telah memberikan saya wawasan dan dorongan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
12. Tim Pejuan Tugas Akhir **Hasriyanti Tachir**, **Agung Indrawan Suandi**, dan **Nurul Ikhsan** yang senantiasa membantu penulisan dalam menyelesaikan semua pengujian hingga lembur, semoga kalian terus diberikan kesehatan dan keberkahan, aamiin.
13. Kepada pasangan tergokil **Hasriyanti Tachir** dan **Adam Agathon** yang telah banyak membantu penulis, semoga kalian terus diberikan kesehatan, kelancaran dalam menyelesaikan segala keinginannya masing-masing dan yang penting semoga kalian selalu Bersama, aamiin.
14. Kepada Grub abcd **Tulla**, **Meywana**, **Magma**, **Masnia**, dan **Iksan** yang telah banyak memberi bantuan dan berbagi wawasan yang sangat bermanfaat bagi kehidupan dan penulisan tugas akhir ini.
15. Kepada 02 **M. Nur Wahyu Yusuf**, yang telah mendampingi dan membantu menyelesaikan balighi 3D DEDIKASI 2019 yang memberikan pengalaman dan cerita baru serta seru kepada penulis, semoga selalu diberikan kesehatan dan keberkahan, aamiin.
16. Kepada Mawang Apartement **Arung**, **Bacca**, **Irfan Jaya**, **Naen**, dan **Wahyu** yang telah memberikan pengalaman dan ilmu baru kepada penulis dalam mengembangkan ilmu di desain grafis.
17. Kepada kak **Gary Michel Sarungu**, kak **Thasya B C L**, kak **Nur Muthi'ah**, dan **Tryanto Chrisma Ratu** yang telah banyak membantu dan memberi motivasi yang sangat bermanfaat dalam mendukung kehidupan selama di kampus dan penulisan tugas akhir ini.
18. Rekan-rekan asisten Laboratorium Mekanika Tanah, Kak **Zainal**, kak **Abul**, kak **Thasya B C L**, kak **Nur Muthi'ah**, kak **Gary Michel**

Sarungu, kak Tryanto Chrisma Ratu, kak Kintan Umari, kak Sri Hasrianti, Marchelinus Herman Salu Bonga, Hasriyanti Tachir, Adam Agathon, Mohammad Alief AF Baso, Cindy Rofany Rantesalu, Hasnidar Wahyuni, Novi Azizah, Egi Karaka, Feby Alistia Mardi, Asruddin Machmud, Megawati C. P. A yang senantiasa mengisi hari-hariku selama berkuliah di Universitas Hasanuddin, yang telah memberi warna cerah dalam kisah kehidupanku di kampus, semoga segala doa dan impian kalian tercapai, Aamiin.

19. Kepada teman-teman asisten laboratorium segedung sipil yang senantiasa mengisi hari-hariku selama berkuliah di Universitas Hasanuddin, yang telah memberi warna cerah dalam kisah kehidupanku di kampus, semoga segala doa dan impian kalian tercapai, Aamiin.
20. Kepada Keluarga Besar **PLASTIS 2018** yang tetap solid dan peduli, serta terus menjadi penyemangat dan pengapresiasi garda terdepan bagi penulis untuk terus berusaha dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
21. Kepada **ismail, Rian, dan Fahrul** yang telah menemani dari SMP sampai sekarang memberikan motivasi dan semangat dalam menyelesaikan perkuliahan.
22. Serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebut satu persatu dengan semua bantuan, dan dukungan hingga terselesainya skripsi ini.

Tidak ada kata yang dapat penulis gambarkan atas rasa terima kasih penulis kepada semua pihak, dan semoga Tuhan yang Maha Kuasa senantiasa melimpahkan berkat dan rahmat-Nya pada kita semua. Akhir kata penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan, sehingga penulis berharap masukan dari semua pihak. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Gowa, Agustus 2021

Yang membuat pernyataan,

MUH. ALWAN

NIM: D011 17 1544

ABSTRAK

Tanah merupakan dasar dari suatu struktur atau konstruksi, baik itu konstruksi bangunan maupun konstruksi jalan, yang sering menimbulkan masalah bila memiliki sifat-sifat tanah yang buruk. Sifat-sifat tanah yang buruk dan kurang menguntungkan bila digunakan sebagai dasar suatu bangunan atau konstruksi, antara lain plastisitas yang tinggi, kekuatan geser yang rendah, kemampuan atau perubahan volume yang besar dan potensi kembang susut yang besar.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan semen terhadap nilai CBR tanah sedimen, serta pengaruh masa pemeraman terhadap nilai CBR tanah terstabilisasi semen.

Untuk mengetahui pengaruh penambahan semen terhadap nilai CBR maka dilakukan variasi penambahan semen sebesar 3%, 5%, 7%, dan 9%. Tanah sedimen yang digunakan adalah tanah sedimen hasil pengerukan pada Waduk Bili-bili yang berlokasi di Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan. Pencampuran tanah sedimen dengan semen dilakukan dengan masa pemeraman 0 hari, 7 hari, 14 hari, dan 28 hari.

Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh penambahan semen dan masa pemeraman pada tanah sedimen Waduk Bili-bili dapat meningkatkan nilai CBR tanah. Dimana semakin tinggi persentase kadar semen yang ditambahkan dan lamanya masa pemeraman mengakibatkan nilai CBR makin meningkat. Diperoleh nilai CBR tertinggi dari keempat variasi penambahan semen yaitu pada variasi penambahan semen 9% dengan masa pemeraman 28 hari sebesar 93,06%. Peningkatan nilai CBR tanah sedimen terstabilisasi semen dikarenakan reaksi sementasi atau pembentukan senyawa kimia yang berlangsung secara terus-menerus sehingga menyebabkan tanah menjadi keras dan kuat.

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR	v
LEMBAR PENGESAHAN	vi
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	vii
KATA PENGANTAR	viii
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
BAB 1. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah.....	3
C. Tujuan Penelitian	3
D. Batasan Masalah	4
E. Sistematika Penulisan	5
BAB 1. PENDAHULUAN	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	5
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	5
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	6
A. Definisi Tanah.....	6
B. Klasifikasi Tanah	7
C. Karakteristik Lanau.....	20
D. Stabilisasi Tanah	21
E. Semen.....	24
F. <i>California Bearing Ration</i>	30
BAB 3. METODE PENELITIAN	45
A. Lokasi dan Waktu Penelitian.....	45
B. Metode Pengumpulan Data	45
C. Kerangka Alir Penelitian	46

D. Material.....	48
E. Standar Pengujian	49
F. Pengujian Karakteristik Tanah Asli	51
G. Optimalisasi Bahan Stabilisator	51
H. Pengujian Sampel	52
I. Pembuatan Benda Uji untuk California Bearing Ratio Test	53
J. Pengujian Sampel	56
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	57
A. Karakteristik Sifat Fisis dan Mekanis Tanah Asli.....	57
B. Karakteristik Sifat Fisis dan Mekanis Tanah Terstabilisasi Semen.....	66
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN.....	75
A. Kesimpulan.....	75
B. Saran.....	75
DAFTAR PUSTAKA	76
LAMPIRAN	79

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Klasifikasi Tanah Berdasarkan Sistem Klasifikasi AASHTO ..	12
Tabel 2. Sistem Klasifikasi Unified	18
Tabel 3. Sistem Klasifikasi Unified (Lanjutan).....	19
Tabel 4. Variasi Kadar Semen Sesuai Jenis Tanah Untuk Perkerasan Jalan (<i>Pavement Construction</i>)	28
Tabel 5. Klasifikasi Konsistensi Tanah Berdasarkan Nilai CBR.....	30
Tabel 6. Standar Pengujian Sifat Fisis Berdasarkan ASTM.....	50
Tabel 7. Standar Pengujian Sifat Mekanis Berdasarkan ASTM.....	51
Tabel 8. Jumlah Benda Uji untuk Pengujian tanah asli.....	51
Tabel 9. Variasi Persentase Komposisi Bahan Stabilisasi	52
Tabel 10. Tabel Rencana Variasi Komposisi Benda Uji Stabilisasi.....	55
Tabel 11. Karakteristik Pengujian Tanah Asli	57
Tabel 12. Klasifikasi Tanah untuk Lapisan Tanah Dasar Jalan Raya (sistem AASHTO).....	61
Tabel 13. Klasifikasi Keandalan Tanah Berdasarkan AASHTO	62
Tabel 14. Nilai CBR Tanah asli pada penurunan 0,1 inch dan 0,2 inch .	65
Tabel 15. Rekapitulasi Hasil Pengujian Sifat Fisis dan Mekanis Tanah Asli	66
Tabel 16. Hasil Pengujian Berat Jenis pada Tanah Asli Terstabilisasi Semen	67
Tabel 17. Batas - batas Atterberg pada Tiap Variasi Campuran Tanah Terstabilisasi Semen	68
Tabel 18. Perubahan Nilai Kadar Air Optimum dan Berat Isi Kering Maksimum Hasil Kompaksi pada Tanah Sedimen Terstabilisasi Semen.....	70
Tabel 19. Perubahan Nilai Berat isi Kering (γ_{dry}) pada Benda Uji Setelah Masa Pemeraman	72
Tabel 20. Perubahan Nilai CBR pada Benda Uji Setelah Masa Pemeraman	73

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Klasifikasi Berdasarkan Tekstur oleh Departemen Pertanian Amerika Serikat (USDA).....	9
Gambar 2.	Grafik Klasifikasi Tanah Berdasarkan Sistem Klasifikasi AASHTO	13
Gambar 3.	Bagan Alir Penelitian	48
Gambar 4.	Tanah Asli	48
Gambar 5.	Semen.....	49
Gambar 6.	Contoh Benda Uji	53
Gambar 7.	Grafik Hasil Pengujian Batas Cair.....	59
Gambar 8.	Grafik Gradasi Butiran	60
Gambar 9.	Penggolongan Klasifikasi Tanah ASli Menurut Sistem USCS	63
Gambar 10.	Grafik Hubungan Kadar Air dengan Berat Isi Kering Hasil Kompaksi Pada Tanah Asli.....	64
Gambar 11.	Grafik Hubungan Penurunan - Beban.....	65
Gambar 12.	Grafik Perubahan Nilai Berat Jenis Tiap Variasi Campuran Semen.....	67
Gambar 13.	Grafik Nilai Batas Cair Tiap Variasi Campuran Semen ...	68
Gambar 14.	Grafik Nilai Batas Plastis Tiap Variasi Campuran Semen	69
Gambar 15.	Grafik Nilai Batas Susut Tiap Variasi Campuran Semen	69
Gambar 16.	Grafik Nilai Batas Susut Tiap Variasi Campuran Semen	70
Gambar 17.	Grafik Rekapitulasi Perubahan Nilai Kadar Air Optimum Hasil Kompaksi Terhadap Variasi Penambahan Semen	71
Gambar 18.	Grafik Rekapitulasi Perubahan Berat Isi Kering Maksimum Hasil Kompaksi Terhadap Variasi Penambahan Semen.....	71
Gambar 19.	Grafik Rekapitulasi Perubahan Nilai Berat Isi Kering pada Benda Uji Setelah Masa Pemeraman	72
Gambar 20.	Grafik Rekapitulasi Perubahan Nilai CBR pada Benda Uji Setelah Masa Pemeraman	73

BAB 1. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Tanah didefinisikan sebagai bahan yang tersusun dari mineral padat (butiran) tidak ada perekat (ikatan kimia) antara satu sama lain, juga tidak diisi dengan bahan organik yang telah melapuk (partikel padat) disertai dengan cairan dan gas, yang mengisi area kosong di antara partikel padat tersebut.

Tanah memegang peranan yang sangat penting dalam konstruksi yaitu pada bangunan gedung, jalan raya, jembatan, bendungan dan bangunan lainnya, sehingga dibutuhkan tanah dengan sifat teknis yang memadai. Stabilitas konstruksi perkerasan jalan akan dipengaruhi secara langsung oleh kemampuan dasar jalan untuk menerima dan meneruskan beban kerja. Namun, tidak semua lapisan tanah dasar dapat menahan beban di atasnya. Hanya tanah dengan klasifikasi baik yang dapat menggunakan daya dukungnya. Oleh karena itu diperlukan stabilisasi tanah yang merupakan salah satu cara untuk memperbaiki sifat fisik tanah.

Stabilisasi tanah dapat dilakukan secara mekanis dan kimia. Berbagai upaya telah dilakukan untuk memperbaiki sifat tanah, termasuk memadatkan atau mencampur bahan kimia yang dapat meningkatkan kekuatan tanah. Peneliti sebelumnya menunjukkan bahwa penambahan bahan kimia tertentu tidak hanya dapat mengurangi sifat pengembangan dan plastisitas, tetapi juga meningkatkan kekuatan dan mengurangi besarnya penurunan pada tanah.

Secara umum tanah lanau memiliki karakteristik yang kurang baik yaitu kuat geser yang rendah setelah dibebani, kapilaritas tinggi, permeabilitas rendah, kepadatan relatif rendah dan sulit untuk dipadatkan.

Dengan adanya permasalahan tersebut maka alternatif usaha perbaikan yang dilakukan adalah stabilisasi tanah dengan menggunakan bahan aditif yaitu semen (*Portland Cement*). Semen merupakan *stabilizing agents* yang baik, karena kemampuannya mengeras dan mengikat butir-butir agregat sangat baik sebagai usaha untuk mendapatkan massa tanah yang kokoh dan tahan terhadap deformasi. Semen juga dapat membantu meningkatkan kekuatan tanah. Kekuatan tanah akan meningkat dengan bertambahnya waktu pemeraman (*curing*). Jika tanah diperam maka akan bereaksi dengan semen sehingga pengikatan dan pengerasan yang dihasilkan akan lebih baik pada masa pemeraman.

Dari uraian yang telah dikemukakan diatas, penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul:

**“STUDI NILAI CBR TANAH SEDIMEN DENGAN STABILISASI
MENGUNAKAN CAMPURAN SEMEN”**

B. Rumusan Masalah

Beberapa rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana karakteristik tanah sedimen Waduk Bili-bili yang digunakan pada penelitian?
2. Bagaimana pengaruh variasi campuran semen (*Portland Cement*) dengan tanah sedimen Waduk Bili-bili terhadap karakteristik fisis dan mekanis tanah tersebut?
3. Bagaimana pengaruh masa pemeraman terhadap nilai CBR tanah sedimen Waduk Bili-bili terstabilisasi semen (*Portland Cement*)?

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini ialah:

1. Menganalisis karakteristik dan klasifikasi tanah sedimen Waduk Bili-bili yang digunakan pada penelitian.
2. Menganalisis pengaruh campuran semen (*Portland Cement*) dengan tanah sedimen Waduk bili-bili terhadap karakteristik fisis dan mekanis tanah tersebut.
3. Menganalisis pengaruh masa pemeraman terhadap nilai CBR tanah sedimen Waduk Bili-bili yang terstabilisasi semen (*Portland Cement*)

D. Batasan Masalah

Agar penelitian dapat berjalan efektif dan mencapai sasaran yang diinginkan maka penelitian dibatasi pada:

1. Tanah yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah sedimen Waduk Bili-bili yang berlokasi di Kabupaten Gowa Provinsi Sulawesi Selatan.
2. Pengujian dilakukan terhadap variasi penambahan bahan stabilisasi semen.
3. Penelitian ini dilakukan pada skala laboratorium bukan pada skala lapangan.
4. Penelitian ini hanya meneliti sifat-sifat fisis dan mekanis, dan tidak meneliti unsur kimia tanah tersebut.
5. Sifat fisis dan mekanis yang dianalisis ialah:
 - Pengujian berat jenis
 - Pengujian kadar air
 - Pengujian batas-batas atterberg
 - Pengujian Analisa saringan dan hidrometer
 - Pengujian pemadatan (kompaksi)
 - Pengujian CBR (*California Bearing Ratio*) *Unsoaked*
6. Persentase berat campuran yang diuji adalah 3%, 5%, 7%, dan 9% terhadap berat tanah dengan kadar air mula-mula.
7. Waktu pemeraman setelah pencampuran tanah lanau dengan semen adalah 0, 7, 14, dan 28 hari dengan kondisi laboratorium.

E. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan disusun agar pembahasan lebih terarah dan tetap menjurus pada pokok permasalahan dan kerangka isi. Dalam tugas akhir ini sistematika penulisan disusun dalam lima bab yang secara berurutan menerangkan hal-hal sebagai berikut :

BAB 1. PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan latar belakang masalah, rumusan masalah, maksud dan tujuan penelitian, batasan masalah, serta sistematika penulisan penelitian.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisikan teori - teori dan tinjauan umum yang digunakan untuk membahas dan menganalisa tentang permasalahan dari penelitian.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang tahap demi tahap prosedur pelaksanaan penelitian serta cara pengolahan data hasil penelitian. Termasuk juga kerangka alir penelitian.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil analisis perhitungan data-data yang diperoleh dari hasil pengujian serta pembahasan dari hasil pengujian yang diperoleh.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini akan menerangkan tentang kesimpulan beserta saran yang diperlukan untuk penelitian lebih lanjut dari tugas akhir ini.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

A. Definisi Tanah

Tanah adalah kumpulan mineral, bahan organik, dan sedimen yang relatif lepas di atas batuan dasar. Pembentukan tanah dari batuan induk dapat melalui proses fisik atau kimia. Proses pembentukan fisik tanah yang mengubah batuan menjadi partikel yang lebih kecil terjadi karena erosi, angin, air, es, pengaruh manusia, atau kerusakan partikel tanah karena perubahan suhu atau cuaca. Tanah mengalami pelapukan oleh reaksi kimia untuk menghasilkan sekelompok partikel koloid dengan ukuran partikel kurang dari 0,002 mm, yang disebut mineral lempung (Hardiyatmo, 2001).

Selain itu, dalam pengertian teknik secara umum, tanah didefinisikan sebagai bahan yang terdiri dari Agregat (partikel) dari mineral padat yang tidak disemen (berikat secara kimia) Dari bahan organik yang membusuk (partikel padat) dan cairan dan gas yang mengisi rongga antar partikel padat. Tanah dapat digunakan sebagai bahan bangunan dalam berbagai teknik sipil, dan juga dapat digunakan sebagai penopang pondasi bangunan (Das, 1995).

Ada pula menurut (Santoso, et al., 1998) pengelompokan jenis tanah dalam praktek berdasarkan campuran butir menjadi 3 macam yaitu:

- a. Tanah berbutir kasar adalah tanah yang sebagian besar butir-butir tanahnya adalah pasir dan kerikil.
- b. Tanah berbutir halus adalah tanah yang hampir semua butir-butir dalam tanahnya berupa lempung dan lanau.
- c. Tanah organik adalah tanah yang mengandung banyak bahan-

bahan organik.

Sedangkan berdasarkan sifat lekatannya, tanah dikelompokkan menjadi :

- a. Tanah Kohesif adalah tanah yang mempunyai sifat lekatan antara butir - butirnya seperti tanah lempung
- b. tanah Non Kohesif adalah tanah yang tidak mempunyai atau sedikit sekali lekatan antara butir - butirnya atau hampir tidak mengandung lempung misal pasir.

B. Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tapi mempunyai sifat yang serupa ke dalam kelompok dan subkelompok berdasarkan pemakaiannya. Sistem klasifikasi berfungsi sebagai penjelasan singkat dari sifat-sifat umum tanah yang sangat bervariasi tanpa penjelasan yang terperinci. Sistem klasifikasi yang sudah ada dan dikembangkan sebagian besar didasarkan pada sifat-sifat indeks tanah yang sederhana (Das, 1995).

Walaupun saat ini terdapat berbagai sistem klasifikasi tanah, tetapi tidak ada satupun dari sistem-sistem tersebut yang benar-benar memberikan penjelasan yang tegas mengenai segala kemungkinan pemakaiannya. Hal ini disebabkan karena sifat-sifat tanah yang sangat bervariasi.

B.1 Sistem Klasifikasi Berdasarkan Tekstur

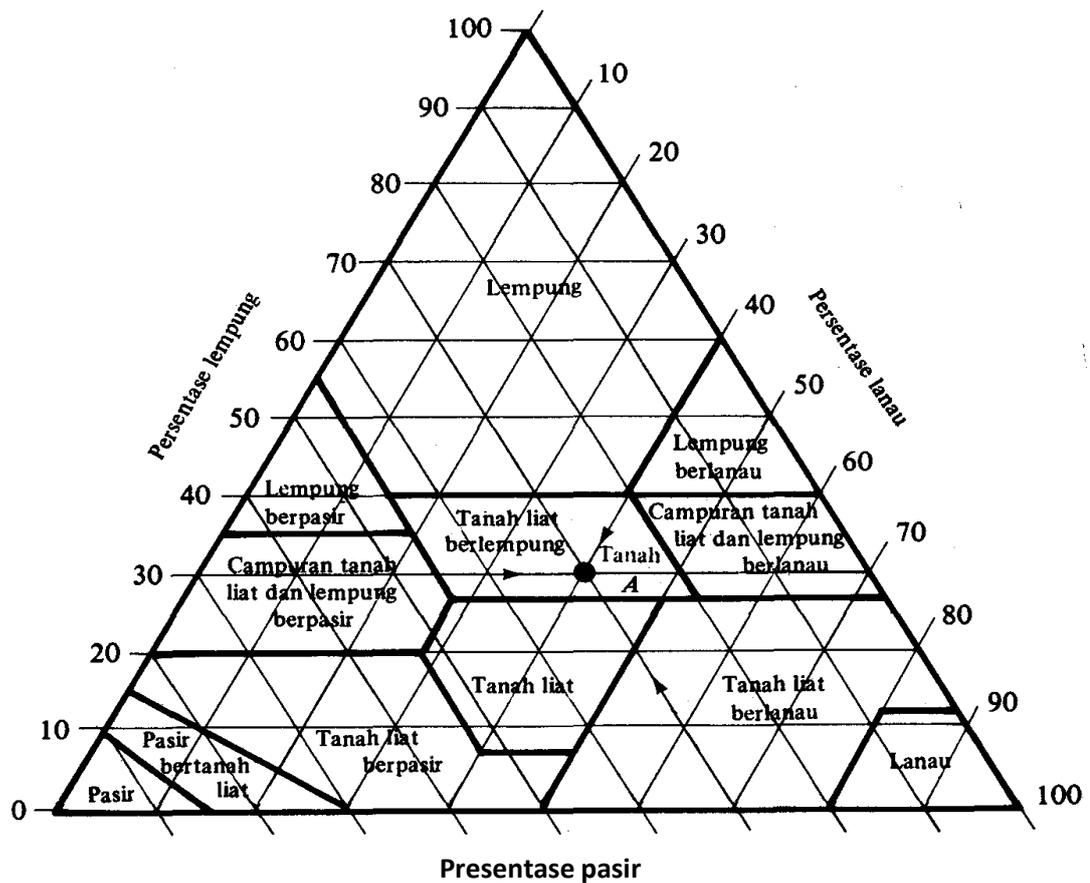
Tekstur adalah keadaan permukaan tanah yang bersangkutan yang dipengaruhi oleh ukuran tiap-tiap butir yang ada di dalam tanah. Tanah dikelompokkan menjadi pasir (*sand*), lanau (*silt*), dan lempung (*clay*) atas dasar ukuran butiran. Dalam sistem klasifikasi tanah berdasarkan tekstur,

tanah diberi nama atas dasar komponen utama yang dikandungnya, misalnya lempung berpasir (*sandy clay*), lempung berlanau (*silty clay*), dan seterusnya.

Beberapa sistem klasifikasi berdasarkan tekstur tanah telah dikembangkan sejak dulu oleh berbagai organisasi guna memenuhi kebutuhan mereka sendiri, beberapa dari sistem-sistem tersebut masih tetap dipakai sampai saat ini. Gambar 1 menunjukkan sistem klasifikasi berdasarkan tekstur tanah yang dikembangkan oleh Departemen Pertanian Amerika (USDA).

Sistem ini didasarkan pada ukuran batas dari butiran tanah seperti yang diterangkan oleh sistem USDA, yaitu:

1. Pasir : butiran dengan diameter 2,0 sampai dengan 0,05 mm.
2. Lanau : butiran dengan diameter 0,05 sampai dengan 0,002 mm.
3. Lempung : butiran dengan diameter lebih kecil dari 0,002 mm.



Gambar 1. Klasifikasi berdasarkan tekstur oleh Departemen Pertanian Amerika Serikat (USDA)

Pemakaian bagan dalam Gambar 1 ini dapat diterangkan secara jelas dengan menggunakan sebuah contoh. Apabila distribusi ukuran butir tanah A adalah : 30% pasir, 40% lanau, dan 30% butiran dengan ukuran lempung (< 0,002 mm), klasifikasi tekstur tanah yang bersangkutan dapat ditentukan dengan cara seperti yang ditunjukkan dengan anak panah dalam Gambar 1. Jenis tanah A termasuk dalam daerah lempung tanah liat. Perhatikan bahwa bagan ini hanya didasarkan pada bagian tanah yang lolos lewat ayakan No. 10. Oleh karena itu, apabila tanahnya mengandung butiran berdiameter lebih besar dari 2 mm dalam persentase tertentu, maka perlu diadakan koreksi.

B.2 Sistem Klasifikasi Berdasarkan Pemakaian

Selain klasifikasi berdasarkan tekstur, terdapat pula sistem lain yang digunakan untuk mengklasifikasikan tanah misalnya berdasarkan pemakaian. Sistem klasifikasi berdasarkan tekstur tidak memperhitungkan sifat plastisitas tanah, dan secara keseluruhan tidak menunjukkan sifat-sifat tanah yang penting, maka sistem tersebut dianggap tidak memadai untuk sebagian besar dari keperluan teknik. Sistem klasifikasi tanah yang banyak digunakan oleh ahli teknik sipil pada saat ini memperhitungkan distribusi ukuran butir dan batas-batas Atterberg. Sistem klasifikasi tersebut adalah sistem klasifikasi AASHTO dan sistem klasifikasi *Unified*.

a. Sistem Klasifikasi AASHTO

Sistem klasifikasi ini dikembangkan dalam tahun 1929 sebagai Publik *Road Administration Classification Sistem*. Dalam sistem ini tanah diklasifikasikan menjadi 7 kelompok besar yaitu A-1 sampai dengan A-7. Tanah yang diklasifikasikan ke dalam A-1, A-1, dan A-3 merupakan tanah berbutir dimana 6 35% atau kurang dari jumlah butiran tanah tersebut lolos ayakan No. 200. Sedangkan tanah yang lebih dari 35% butirannya lolos ayakan No.200 diklasifikasikan ke dalam kelompok A-4, A-5, A-6, dan A-7 yang sebagian besar adalah lanau dan lempung. Sistem klasifikasi ini didasarkan pada kriteria di bawah ini :

a) Ukuran butir :

- Kerikil : bagian tanah yang lolos ayakan dengan diameter 75 mm (3 in) dan yang tertahan pada ayakan No. 20 (2mm).

- Pasir : bagian tanah yang lolos ayakan No. 10 (2mm) dan yang tertahan pada ayakan No. 200 (0,075 mm).
- Lanau dan lempung : bagian tanah yang lolos ayakan No. 200.

b) Plastisitas :

Nama berlanau dipakai apabila bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastisitas [*plasticity index* (PI)] sebesar 10 atau kurang. Nama berlempung dipakai bilamana bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastisitas sebesar 11 atau lebih.

c) Apabila batuan (ukuran lebih besar dari 75 mm) ditemukan di dalam contoh tanah yang akan ditentukan klasifikasi tanahnya, maka batuan-batuan tersebut harus dikeluarkan terlebih dahulu. Tetapi, persentase dari batuan yang dikeluarkan tersebut harus dicatat.

Apabila sistem klasifikasi AASHTO dipakai untuk mengklasifikasikan tanah, maka data dari hasil uji dicocokkan dengan angka-angka yang diberikan dari kolom sebelah kiri ke kolom sebelah kanan hingga ditemukan angka-angka yang sesuai. Tabel 1 menunjukkan suatu gambar dari senjang batas cair (*liquid limit*, LL) dan indeks plastisitas (PI) untuk tanah yang masuk dalam kelompok A-2, A-4, A-5, A-6, dan A-7.

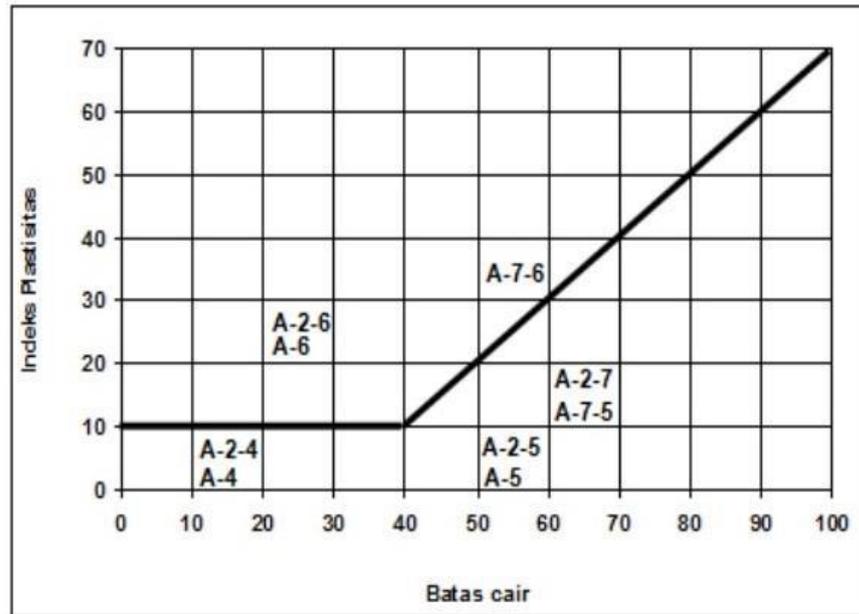
Tabel 1. Klasifikasi Tanah Berdasarkan Sistem Klasifikasi ASASHTO

Klasifikasi Umum	Tanah Berbutir (35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan NO. 200)						
	A-1		A-3	A-2			
Klasifikasi Kelompok	A-1 a	A-1 b			A2-4	A2-5	A2-6
Analisa ayakan (& lolos) No. 10 No. 40 No. 200	Maks 50 Maks 30 Maks 15	Maks 50 Maks 25	Maks 51 Maks 10	Maks 35	Maks 35	Maks 35	Maks 35
Sifat fraksi yang bisa lolos ayakan no. 40 Batas Cair (LL) Indeks Plastisitas (PI)	Maks 6		NP	Maks 40 Maks 10	Maks 41 Maks 10	Maks 41 Maks 11	Maks 41 Maks 11
Tipe material yang paling dominan	Batu pecah, kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerikil dan pasir yang berlanau atau berlempung			
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Baik sekali sampai baik						
Klasifikasi Umum	Tanah lanau - lempung (Lebih dari 35% dari seluruh contoh tanah lolos ayakan NO. 200)						
Klasifikasi Kelompok	A-4		A-3		A-6		A-7 A-7-3* A-7-6**
Analisa ayakan (& lolos) No. 10 No. 40 No. 200	Min 36		Min 36		Min 36		Min 36
Sifat fraksi yang bisa lolos ayakan no. 40 Batas Cair (LL) Indeks Plastisitas (PI)	Maks 40 Maks 10		Maks 41 Maks 10		Maks 40 Min 11		Maks 41 Min 11
Tipe material yang paling dominan	Tanah berlanau			Tanah berlempung			
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Biasa sampai jelek						

*Untuk A 7-5, $PI \leq LL - 30$

** Untuk A 7-6, $PI > LL - 30$

Sumber : (Das, 1995)



Gambar 2. Grafik Klasifikasi Tanah Berdasarkan Sistem Klasifikasi AASHTO

Tabel 1 merupakan rentang (*range*) dari batas cair (LL) dan indeks plastisitas (PI) untuk tanah dalam kelompok A-2, A-4, A-5, A-6, dan A-7, Gambar 2 merupakan grafik klasifikasi tanah berdasarkan system klasifikasi AASHTO untuk mengevaluasi mutu (kualitas) dari suatu tanah sebagai bahan lapisan tanah dasar (*subgrade*) dari suatu jalan raya, suatu angka yang dinamakan indeks grup (group index GI) juga diperlukan selain kelompok dan subkelompok dari tanah yang bersangkutan. Harga GI ini dituliskan di dalam kurung setelah nama kelompok dan subkelompok dari tanah yang bersangkutan. Indeks grup dapat dihitung dengan memakai persamaan (1) :

$$GI = (F - 35) [0,2 + 0,005 (LL - 40)] + 0,01(F - 15) (PI - 10) \quad (1)$$

di mana :

F = Persentase butiran yang lolos ayakan No. 200

LL = Batas cair (*liquid limit*)

PI = Indeks plastisitas.

Suku pertama Persamaan (1), yaitu $(F - 35) [0,2 + 0,005 (LL - 40)]$, adalah bagian dari indeks grup yang ditentukan dari batas cair (LL).

Suku yang kedua, yaitu $0,01 (F - 15) (PI - 10)$, adalah bagian dari indeks grup yang ditentukan dari indeks plastisitas (PI). Berikut ini adalah aturan untuk menentukan harga dari indeks grup :

1. Apabila Persamaan (1) menghasilkan nilai GI yang negatif, maka harga GI dianggap nol.
2. Indeks grup yang dihitung dengan menggunakan Persamaan (1) dibulatkan ke angka yang paling dekat (sebagai contoh: GI = 3,4 dibulatkan menjadi 3,0; GI = 3,5 dibulatkan menjadi 4,0).
3. Tidak ada batas atas untuk indeks grup.
4. Indeks grup untuk tanah yang masuk dalam kelompok A-1 a, A-1 b, A-2-4, A-2-5, dan A-3 selalu sama dengan nol.
5. Untuk tanah yang masuk kelompok A-2-6 dan A-2-7, hanya bagian dari indeks grup untuk PI saja yang digunakan Persamaan (2), yaitu :

$$GI = 0,01 (F - 15) (PI - 10) \quad (2)$$

Pada umumnya, kualitas tanah yang digunakan untuk bahan tanah dasar dapat dinyatakan sebagai kebalikan dari harga indeks grup.

b. Sistem Klasifikasi *Unified*

Sistem yang diperkenalkan oleh Casagrande pada tahun 1942 ini mulanya dipergunakan pada pekerjaan pembuatan lapangan terbang yang dilaksanakan oleh *The Army Corps of Engineer* selama Perang Dunia II. Sistem ini disempurnakan kembali dalam rangka bekerja sama dengan *United States Bureau of Reclamation* pada tahun 1952. Pada masa kini, sistem klasifikasi tersebut digunakan secara luas oleh para ahli Teknik. Sistem Klasifikasi *Unified* dimuat pada Table 2 dibawah. Sistem ini mengelompokkan tanah ke dalam dua kelompok besar, yaitu :

- Tanah berbutir kasar (*coarse-grained-soil*), yaitu: tanah kerikil dan pasir dimana kurang dari 50% berat total contoh tanah lolos ayakan No. 200. Simbol dari kelompok ini dimulai dengan huruf awal G atau S. G adalah untuk kerikil (*gravel*) atau tanah berkerikil, dan S adalah untuk pasir (*sand*) atau tanah berpasir.
- Tanah berbutir halus (*fine-grained-soil*), yaitu tanah dimana lebih dari 50% berat total contoh tanah lolos ayakan No. 200. Simbol dari kelompok ini dimulai dengan huruf awal M untuk lanau (*silt*) anorganik, C untuk lempung (*clay*) anorganik, dan O untuk lanau-organik dan lempung organik. Simbol PT digunakan untuk tanah gambut (*peat*), muck, dan tanah-tanah lain dengan kadar organik yang tinggi.

Simbol-simbol lain yang digunakan untuk klasifikasi USCS adalah

- 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) ($LL > 50$)

Tanah berbutir kasar ditandai dengan simbol kelompok seperti: GW, GP, GM, GC, SW, SP, SM, dan SC. Untuk klasifikasi yang benar, faktor-faktor berikut ini perlu diperhatikan :

1. Persentase butiran yang lolos ayakan No. 200 (ini adalah fraksi halus)
2. Persentase fraksi kasar yang lolos ayakan No. 40
3. Koefisien keseragaman (uniformity coefficient, C_u) dan koefisien gradasi (gradation coefficient, C_c) untuk tanah di mana 0 - 12% lolos ayakan No. 200
4. Batas cair (LL) dan indeks plastisitas (PI) bagian tanah yang lolos ayakan No. 40 (untuk tanah di mana 5% atau lebih lolos ayakan No. 200).

Bilamana persentase butiran yang lolos ayakan No. 200 adalah antara 5 sampai dengan 12%, simbol ganda seperti GW-GM, GP-GM, GW-GC, GP-GC, SW-SM, SW SC, SP-SM, dan SP-SC diperlukan. Rincian klasifikasi ini diberikan dalam Tabel 2.

Klasifikasi tanah berbutir halus dengan simbol ML, CL, OL, MH, CH, dan OH didapat dengan cara menggambar batas cair dan indeks plastisitas .tanah yang bersangkutan pada bagan plastisitas

(Casagrande, 1948) yang diberikan dalam Tabel 2 dan Tabel 3. Garis diagonal pada bagan plastisitas dinamakan garis A (sebelumnya sudah diperkenalkan dalam Gambar 2), dan garis A tersebut diberikan dalam Persamaan (3) :

$$PI = 0,73 (LL - 20) \quad (3)$$

Untuk tanah gambut (*peat*), identifikasi secara visual mungkin diperlukan (Das, 1995).

Tabel 2. Sistem Klasifikasi Unified

Divisi Utama		Simbol Kelompok	Nama Umum
Tanah Berbutir kasar Lebih dari 50% atau lebih lolos ayakan No. 200	Pasir lebih dari 50% fraksi kasar lolos ayakan No.4	Kerikil bersih (hanya kerikil)	GW Kerikil bergradasi-baik dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus
			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
			GC Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung
	Kerikil 50% atau lebih dari fraksi kasar tertahan pada ayakan No. 4	Pasir bersih (hanya pasir)	SW Pasir bergradasi-baik, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus
			SP Pasir bergradasi-buruk dan pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus
		Pasir dengan butiran halus	SM Pasir berlanau, campuran pasir - lanau
			SC Pasir berlempung, campuran pasir - lempung
	Tanah Berbutir Halus 50% atau lebih lolos ayakan No. 200	Lanau dan Lempung Batas cair 50% atau kurang	ML Lanau anorganik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung
			CL Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung "kurus" (lean clays)
OL Lanau- organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah			
Lanau dan Lempung Batas cair lebih dari 50%		MH Lanau anorganik atau pasir halus diatomase, atau lanau diatomae, lanau yang elastis	
		CH Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung "gemuk" (fat clays)	
		OH Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi	
Tanah - tanah dengan kandungan organik sangat tinggi		PT Peat (gambut), muck, dan tanah-tanah dengan kandungan organik tinggi	

Sumber : (Das, 1995)

Tabel 3. Sistem Klasifikasi Unified (Lanjutan)

	Kriteria klasifikasi	
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Klasifikasi berdasarkan persentase butir halus</p> <p>Kurang dari 5% lolos ayakan No. 200 GW, GP, SW, SP</p> <p>Lebih dari 12% lolos ayakan No. 200 GM, GC, SM, SC</p> <p>5% sampai 12% lolos ayakan No. 200</p> <p>Klasifikasi perbatasan yang memerlukan penggunaan dua simbol</p>	$C_u = D_{60}/D_{10}$ Lebih besar dari 4 $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3.	
	Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW	
	Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$	Batas-batas Atterberg yang digambar dalam daerah yang diarsir merupakan klasifikasi batas yang membutuhkan simbol ganda
	Batas-batas Atterberg di atas garis A dengan $PI > 7$	
	$C_u = D_{60}/D_{10}$ Lebih besar dari 6 $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3	
	Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW	
	Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$	Batas-batas Atterberg yang digambar dalam daerah yang diarsir merupakan klasifikasi batas yang membutuhkan simbol ganda
	Batas-batas atterberg di atas garis A dengan $PI > 7$	
<p style="text-align: center;">Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat dalam ASTM Designation D-2488</p>		

Sumber : (Das, 1995)

C. Karakteristik Lanau

Tanah lanau biasanya terbentuk oleh dekomposisi kristal kuarsa berukuran pasir. Beberapa perpustakaan Indonesia menyebut benda ini sebagai debu. Lanau dapat membentuk sedimen yang mengapung di atas air atau tenggelam. Pembelahan alami melibatkan pelapukan kimia batuan dan batuan lapuk dan pelapukan fisik melalui es garam. Proses utama termasuk abrasi oleh padatan (gletser), cairan (endapan sungai) atau angin. Di daerah semi-kering, produksi lumpur biasanya tinggi.

Lanau yang terbentuk secara glasial (oleh gletser) dalam bahasa Inggris kadang-kadang disebut *rock flour* atau *stone dust*. Dalam hal komposisi mineral, lanau terdiri dari feldspar kuarsa. Sifat fisik lanau umumnya antara lempung dan pasir. Selain itu, lanau adalah tanah berbutir halus kurang dari 0,074 mm (No. 200). Ada dua jenis Lanau, yaitu lanau anorganik, yang merupakan tanah berbutir halus dengan plastisitas kecil, yang mengandung partikel kuarsa sedimen, kadang-kadang disebut bubuk batu dan lanau organik, semacam mikroplastisitas dengan campuran partikel tanah berbutir halus. Bahannya dipisahkan dengan halus, dan warna tanahnya bervariasi dari abu-abu muda hingga abu-abu gelap. lanau adalah tanah berbutir halus yang batas cair dan indeks plastisitasnya lebih rendah dari garis A, dan liat lebih tinggi dari garis A. Kelompok ML dan MH adalah tanah yang diklasifikasikan sebagai lanau pasiran, lanau lempung atau lanau anorganis dengan plastisitas relatif rendah. Juga termasuk tanah jenis butiran lepas, bubuk batu, tanah yang mengandung mika juga beberapa jenis lempung (Darwis, 2017).

D. Stabilisasi Tanah

Stabilisasi tanah secara umum merupakan suatu proses untuk memperbaiki sifat-sifat tanah dengan menambahkan sesuatu pada tanah tersebut, agar dapat menaikkan kekuatan tanah dan mempertahankan kekuatan geser.

Menurut (Bowles, 1991) beberapa tindakan yang dilakukan untuk menstabilisasikan tanah adalah sebagai berikut : meningkatkan kerapatan tanah, menambah material yang tidak aktif sehingga meningkatkan kohesi atau tahanan gesek yang timbul, menambah bahan untuk menyebabkan perubahan-perubahan kimiawi dan/atau fisis pada tanah, menurunkan muka air tanah (drainase tanah), mengganti tanah yang buruk.

Secara khusus pengertian stabilisasi tanah dapat dilihat dari berbagai definisi yang dikemukakan beberapa ahli, antara lain :

1. Menurut (Krebs & Walker, 1971) dalam arti luas, tujuan stabilisasi tanah meliputi perlakuan tanah dimana dibuat lebih stabil.
2. Menurut (Hardiyatmo, 2010) dalam pembangunan perkerasan jalan, stabilisasi tanah didefinisikan sebagai perbaikan material jalan lokal yang ada, dengan cara stabilisasi mekanis atau dengan cara menambahkan suatu bahan tambah (*additive*) ke dalam tanah.
3. Menurut (Ingles & Metcalf, 1972) bahwa perubahan sifat tanah untuk memenuhi persyaratan teknik tertentu, dikenal sebagai stabilisasi tanah.
4. Menurut (Punmua, 1962) menyatakan bahwa stabilisasi tanah

dalam pengertian luas mencakup berbagai metode yang digunakan untuk memodifikasi sifat tanah untuk memperbaiki kinerja tekniknya. Dalam hal ini menurut Punmia bahwa tujuan utama dari stabilisasi tanah adalah untuk meningkatkan kekuatan atau stabilitas tanah dan mengurangi biaya konstruksi dengan memanfaatkan sebaik-baiknya bahan yang tersedia secara lokal.

5. Menurut (Winterkorn & Fang, 1975) menyatakan bahwa Stabilisasi tanah adalah istilah kolektif untuk metode fisik, kimia, atau biologi, atau kombinasi metode semacam itu, yang digunakan untuk memperbaiki sifat tertentu dari tanah alami agar sesuai dengan tujuan rekayasa yang tepat.

Selain definisi di atas, masih banyak lagi terminologi yang dikemukakan beberapa ahli lain. Secara umum orang mengartikan bahwa stabilisasi tanah adalah pencampuran tanah dengan bahan tertentu guna memperbaiki sifat-sifat teknis tanah, atau dapat pula diartikan secara umum bahwa stabilisasi tanah adalah usaha untuk mengubah atau memperbaiki sifat-sifat teknis tanah agar memenuhi syarat teknis tertentu. Secara garis besar, jika ditinjau dari mekanisme global yang terjadi pada tindakan stabilisasi tanah, maka klasifikasi tindakan stabilisasi tanah dapat dibedakan atas dua macam, yakni :

1. Perbaikan tanah (*soil improvement*); adalah suatu jenis stabilisasi tanah yang dimaksudkan untuk memperbaiki dan mempertahankan kemampuan dan kinerja tanah sesuai syarat teknis yang dibutuhkan, dengan menggunakan bahan *additive* (kimiawi), pencampuran tanah (*re-gradation*), pengeringan tanah

(*dewatering*) atau melalui penyaluran energi statis atau dinamis ke dalam lapisan tanah (fisik).

2. Perkuatan tanah (*soil reinforcement*); adalah suatu jenis stabilisasi tanah yang dimaksudkan untuk memperbaiki dan/atau mempertahankan kemampuan dan kinerja tanah sesuai syarat teknis yang dibutuhkan, dengan memberikan material sisipan ke dalam lapisan tanah tersebut.

Dari kedua pengklasifikasian di atas, terlihat korelasi antara keduanya, bahwa :

1. Perbaikan tanah (*soil improvement*), relevan dengan stabilisasi kimia dan stabilisasi fisik.
2. Perkuatan tanah (*soil reinforcement*), relevan dengan stabilisasi mekanis.

Namun apabila ditinjau dari proses yang terjadi dalam pelaksanaan stabilisasi tanah, maka stabilisasi tanah dapat dibedakan atas tiga jenis, yakni :

1. Stabilisasi Kimia, yaitu menambahkan bahan kimia tertentu dengan material tanah, sehingga terjadi reaksi kimia antara tanah dengan bahan pencampurnya, yang akan menghasilkan material baru yang memiliki sifat teknis yang lebih baik.
2. Stabilisasi Fisik, yaitu mengenakan energi dari beban dinamis atau beban statis ke dalam lapisan tanah, sehingga terjadi dekomposisi baru dalam massa tanah, yang akan memperbaiki karakteristik lapisan tanah sesuai dengan tujuan

yang ingin dicapai.

3. Stabilisasi Mekanis, yaitu stabilisasi dengan memasukkan material sisipan ke dalam lapisan tanah sehingga mampu meningkatkan karakteristik teknis dalam massa tanah sesuai dengan tujuan tindakan stabilisasi yang ingin dicapai. Karena keberadaan material sisipan ke dalam lapisan tanah inilah, sehingga stabilisasi mekanis diistilahkan sebagai “perkuatan tanah (*soil reinforcement*). Contohnya stabilisasi dengan *metal strip, geotextile, geomembrane, geogrid, vertical drain*, dan lain sebagainya.

Sebagaimana tujuan dari stabilisasi tanah adalah untuk mengikat dan menyatukan agregat material yang ada sehingga membentuk struktur jalan atau pondasi jalan yang padat. Adapun sifat tanah yang telah diperbaiki tersebut dapat meliputi, kestabilan volume, kekuatan atau daya dukung, permeabilitas, dan kekekalan atau keawetan.

Tujuan yang terakhir, seyogyanya menjadi tujuan yang melekat pada setiap perlakuan dan tindakan di dalam perbaikan tanah, terutama yang dilakukan dengan menggunakan bahan *additive*, yang bisa bereaksi dengan unsur-unsur bahan alamiah (*natural material*) dan akan mengubah struktur dan komposisi dan material alamiah tersebut (Darwis, 2017)

E. Semen

Semen merupakan material yang mempunyai sifat-sifat *adhesif* dan kohesif sebagai perekat yang mengikat fragmen-fragmen mineral menjadi suatu kesatuan yang kompak. Semen dikelompokkan ke dalam 2 (dua) jenis yaitu semen hidrolis dan semen non-hidrolis. Semen hidrolis adalah suatu

bahan pengikat yang mengeras jika bereaksi dengan air serta menghasilkan produk yang tahan air, seperti semen portland, semen putih dan sebagainya. Sedangkan semen non-hidrolis adalah semen yang tidak dapat stabil dalam air.

Perbaikan tanah dengan semen adalah suatu campuran dari tanah yang dihancurkan, semen dan air yang kemudian dilakukan proses pemadatan yang akan menghasilkan suatu bahan baru yang disebut material tanah-semen. Reaksi semen dengan material tanah dan air, akan membuat senyawa yang mengeras sehingga memperbaiki kekuatan tanah dan sifat-sifat teknis tanah tersebut menjadi lebih kuat dan lebih tahan terhadap air. Semen Portland sebagai semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara mencampurkan batu kapur yang mengandung kapur (CaO) dan lempung yang mengandung silika (SiO_2), oksida alumina (Al_2O_3) dan oksida besi (Fe_2O_3), dalam oven dengan suhu kira-kira 145°C sampai menjadi klinker. Klinker ini dipindahkan, digiling sampai halus disertai penambahan 3-5% gips, untuk mengendalikan waktu pengikat semen agar tidak berlangsung terlalu cepat. Berdasarkan pengalaman jenis semen yang paling efektif dipergunakan sebagai bahan *stabilizer* dalam pekerjaan perbaikan tanah adalah semen portland. Hal ini ukuran partikel semen portland relatif halus (± 20 micron), sehingga proses hidrasi lebih cepat. Menurut (Ingles & Metcalf, 1972), bahwa penggunaan semen yang memiliki partikel lebih halus dari saringan No. 200, akan memberikan tambahan kuat geser sampai 40%. Oleh karena itu dalam spesifikasi yang ditentukan dalam SNI 03 - 3438 - 1994, disyaratkan jenis semen untuk pekerjaan perbaikan tanah adalah semen portland.

Sesuai dengan tujuan penggunaannya, semen portland di Indonesia dapat dibagi menjadi beberapa tipe yaitu :

- a. Tipe I : Adalah perekat hidrolisis yang dihasilkan dengan cara menggiling klinker yang kandungan utamanya alsium silikat dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat. Komposisi senyawa yang terdapat pada tipe ini adalah 49% (C_3S), 25% (C_2S), 12% (C_3A), 8% (C_4AF), 2,8% (MgO), 2,9% (SO_3). Semen Portland tipe I dipergunakan untuk pengerasan jalan, gedung, jembatan, dan lain-lain jenis konstruksi yang tidak ada kemungkinan mendapat serangan sulfat dari tanah dan timbulnya panas hidrasi yang tinggi.
- b. Tipe II : Semen jenis ini dalam penggunaannya memerlukan ketahanan sulfat dan panas hidrasi sedang. Komposisinya: 46% (C_3S), 29% (C_2S), 6% (C_3A) 11% (C_4AF), 2,9% (MgO), 2,5% (SO_3). Semen Portland tipe II dipergunakan untuk bangunan tepi laut, bendungan, dan irigasi, atau beton masa yang membutuhkan panas hidrasi rendah.
- c. Tipe III : Semen jenis ini dalam penggunaannya memerlukan kekuatan yang tinggi pada fase permulaan setelah terjadi pengikatan. Kadar C_3S -nya sangat tinggi dan butirannya sangat halus. Semen Potland tipe III dipergunakan untuk bangunan yang memerlukan kekuatan tekan yang tinggi (sangat kuat) seperti, jembatan-jembatan dan pondasi-pondasi berat.

- d. Tipe IV : Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi rendah, sehingga kadar C_3S dan C_3A rendah. Semen Portland tipe IV dipergunakan untuk kebutuhan pengecoran yang tidak menimbulkan panas, pengecoran dengan penyemprotan (*setting time* lama).
- e. Tipe V : Semen portland yang dalam penggunaannya hanya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat. Komposisi senyawa yang terdapat pada tipe ini adalah: 43% (C_3S), 36% (C_2S), 4% (C_3A), 12% (C_4AF), 1,9% (MgO), 1,8% (SO_3). Semen Portland tipe V dipergunakan untuk instalasi pengolahan.

Mekanisme reaksi antara mineral tanah dengan bahan semen, hampir sama dengan mekanisme pada kapur-tanah, yang diawali dengan reaksi pertukaran ion (*inonic change reaction*), dan akan berlanjut dengan reaksi sementasi. Proses absorpsi air dan reaksi pertukaran ion segera terjadi bila semen ditambahkan pada tanah dengan air, dimana ion kalsium (Ca^{2+}) yang dilepaskan melalui proses hidrolisis dan pertukaran ion akan berlanjut pada permukaan partikel-partikel lempung. Dengan reaksi ini, partikel-partikel lempung menggumpal sehingga mengakibatkan konsistensi tanah menjadi lebih baik.

Tabel 4. Variasi Kadar Semen Sesuai Jenis Tanah Untuk Perkerasan Jalan (*Pavement Construction*)

Jenis Tanah	Kebutuhan Semen (%)
Batuan pecah (<i>fine crushed rock</i>)	0,5 – 2,0
Lempung berpasir – berkerikil (<i>well graded sandy clay gravel</i>)	2,0 – 4,0
Pasir gradasi baik (<i>well graded sand</i>)	2,0 – 4,0
Lempung berpasir (<i>sandy clay</i>)	4,0 – 6,0
Lempung berlanau (<i>silty clay</i>)	6,0 – 8,0
Lempung (<i>heavy clay</i>)	8,0 – 12,0
Lumpur (<i>very heavy clay</i>)	12,0 – 15,0
(Tanah organik (<i>organic soils</i>))	10,0 – 15,0
Pasir gradasi buruk (<i>poorly graded sand</i>)	4,0 – 6,0

Sumber : (Ingles & Metcalf, 1972)

Dari Tabel 4 penentuan variasi kadar semen sesuai jenis tanah untuk perkerasan jalan. Jadi, mekanisme reaksi antara semen dengan material tanah, dapat diurutkan sebagai berikut :

a. Reaksi Pertukaran Ion

Reaksi pertukaran ion akan menghasilkan pembentukan kalsium silikat ($\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$). dan kalsium aluminat ($\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$). Proses reaksi tersebut dapat dijelaskan dengan persamaan berikut :



Dari reaksi kimia yang berlangsung seperti di atas, maka reaksi utama yang berkaitan dengan kekuatan adalah hidrasi dari *A-lite*

($3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$) dan *B-lite* ($2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$), membentuk senyawa-senyawa kalsium silikat dan melalui hidrasi tadi. Senyawa hidrat yang terbentuk di dalam campuran tergantung dari jenis mineral dalam tanah asli, dan senyawa-senyawa hidrat yang dapat terbentuk dalam stabilisasi semen-tanah seperti kalsium silikat dan/atau kalsium aluminat.

b. Reaksi Sementasi

Reaksi sementasi yang terjadi pada campuran semen-tanah adalah merupakan reaksi *pozzolanic*. Dengan bertambahnya waktu reaksi, maka unsur silika (SiO_2) dan unsur alumina (Al_2O_3) yang terkandung di dalam tanah lempung dengan kandungan mineral reaktif, akan membentuk senyawa kalsium silikat hidrat ($\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$). dan senyawa kalsium aluminat hidrat ($\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$). Pembentukan senyawa kimia ini terus-menerus berlangsung untuk waktu yang lama dan menyebabkan tanah menjadi keras dan kuat serta awet, karena ia berfungsi sebagai *binder* (pengikat).

Hal lain yang memerlukan perhatian di dalam pekerjaan perbaikan tanah dengan semen, adalah kualitas air pencampur. Pengalaman dari beberapa penelitian membuktikan bahwa air yang mengandung bahan organik dan garam sulfat, akan memberikan hasil yang kurang baik dalam stabilisasi semen-tanah. Oleh karena itu air pencampur yang digunakan, sebaiknya air yang sekualitas dengan air minum. Dalam penerapan semen-tanah, desain campuran sangat penting memperhatikan tiga hal, yakni :

1. Kondisi tanah asli secara menyeluruh
2. Karakteristik semen yang digunakan
3. Tujuan tindakan perbaikan yang diinginkan.

Ketiga faktor tersebut akan mempengaruhi jumlah (kadar) semen yang diperlukan di dalam tindakan perbaikan yang akan dilakukan (Darwis, 2017).

F. **California Bearing Ration**

Metode pengukuran daya dukung tanah yang relatif mudah untuk dilakukan dan dimengerti adalah *California Bearing Ratio Test*. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui kapasitas daya dukung tanah, metode ini pertama kali dikembangkan oleh Departemen Jalan Raya California pada tahun 1920. CBR merupakan perbandingan antara beban penetrasi suatu bahan (*Test Load*) terhadap beban standar (*Standard Load*) dan dinyatakan dalam persentase. Semakin keras suatu bahan atau material yang digunakan maka semakin tinggi nilai CBR yang dihasilkan. Berikut merupakan tabel nilai CBR pada masing-masing jenis tanah.

Tabel 5. Klasifikasi tanah berdasarkan nilai CBR

CBR	General Rating	Uses	Classification System	
			Unified	AASHTO
0 - 3	Very poor	Subgrade	OH, CH, MH, OL	A5, A6, A7
3 - 7	Poor to fair	Subgrade	OH, CH, MH, OL	A4, A5, A6, A7
7 - 20	Fair	Subbase	OL, CL, ML, SC, SM, SP	A2, A4, A6, A7
20 - 50	Good	Base, sub base	GM, GC, SW, SM, SP, GI	A1b, A2-5, A3, A2-6
>50	Excellent	Base, sub base	GW, GM	A1a, A2-4, A3

Sumber : (Das, 1995)

Pada Tabel 5 Klasifikasi tanah Braja M. Das ini sering dijadikan acuan untuk menentukan standar perkerasan. Dimana apabila nilai CBR

suatu bahan atau tanah yang digunakan memiliki nilai yang rendah dengan kualitas *Very Poor–Poor* maka bahan ini wajib distabilisasi, baik itu dengan cara stabilisasi mekanis, kimiawi maupun termal. Penentuan perlakuan stabilisasi ini tentu harus didasari dengan faktor-faktor yang telah diuraikan pada poin 2.3.2 ataupun beberapa pertimbangan lainnya.

G. Penelitian Terdahulu

Penelitian-penelitian terdahulu mengenai stabilisasi tanah dengan penambahan semen telah dilakukan, seperti yang dilakukan oleh :

1. Braco Pandiangan, Iswan, dan Muhammad Jafri (2016) : Pengaruh Variasi Waktu Pemeraman Terhadap Daya Dukung Tanah Lempung dan Lanau yang Distabilisasi Menggunakan Semen pada Kondisi Tanpa Rendaman (*Unsoaked*).

Sampel tanah yang di uji pada penelitian ini yaitu tanah dengan klasifikasi lempung yang berasal dari daerah Rawa Sragi, Kecamatan Jabung, Kabupaten Lampung Timur dan tanah lanau didaerah Desa Yosomulyo, Kecamatan Metro Timur, Kota Metro – Provinsi Lampung. Digunakan air dari Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil, Universitas Lampung. Stabilizing agent yaitu Portland Cement, semen yang dipakai yaitu semen Batu Raja dalam kemasan 50 kg/sak. Pada pengujian tanah campuran, setiap sampel tanah dibuat campuran dengan semen dengan kadar 3%, 6%, dan 9% dari berat sampel dan juga dilakukan pemeraman dengan variasi waktu pemeraman yaitu 7 hari, 14 hari dan 28 hari sebelum dilakukan pengujian CBR dan pengujian yang lainnya. Berdasarkan data yang diperoleh dari uji

sifat fisik tanah lanau didapatkan nilai batas cair sebesar 44,06%, batas plastis 34,96%, indeks plastisitas 9,11% serta persentase butiran lolos saringan No. 200 yaitu 69,82%. dengan menggunakan Tabel AASHTO, maka tanah ini digolongkan dalam klasifikasi A-5 (tanah berlanau), dan > 36% butiran tanah lolos saringan no. 200. Berdasarkan tabel AASHTO pula maka dapat disimpulkan tanah ini memiliki plastisitas rendah karena $PI \leq 10\%$. Pada umumnya tanah lanau jika digunakan sebagai tanah dasar atau subgrade memiliki penilaian yang jelek (Das, 1995). Dari hasil uji pemadatan *modified proctor*, penambahan campuran semen pada tanah lempung dan tanah lanau terbukti meningkatkan nilai berat volume maksimum (γ_d) secara continue dari kadar semen 3%, 6% dan 9%. Untuk nilai kadar air optimum terjadi penurunan pada pada setiap kadar semennya, namun penurunan yang terjadi tidak terlalu signifikan. Dari hasil pengujian CBR tanpa rendaman dengan pemadatan *modified proctor* didapatkan peningkatan nilai CBR pada tanah lempung dan tanah lanau campuran semen. Untuk tanah lempung peningkatan tertinggi didapat pada kadar semen 9%, durasi pemeraman 28 hari. Peningkatan sebesar 99,8% dari CBR tanah lempung asli. Pada tanah lanau peningkatan tertinggi juga pada kadar semen 9% dan durasi pemeraman 28 hari. Kenaikan sebesar 58% dari CBR tanah lanau asli. Penggunaan campuran semen (*portland cement*) dapat meningkatkan nilai CBR tanpa rendaman pada tanah lempung dan tanah lanau. Peningkatan terjadi dikarenakan fungsi semen

sebagai material pengikat pada tanah. Peningkatan nilai CBR juga terjadi seiring dengan penambahan kadar semen dan durasi pemeraman sampai 28 hari. Penambahan semen (portland cement) terbukti mampu meningkatkan daya dukung tanah karena semakin besar nilai CBR tanah, semakin besar pula nilai daya dukung tanah tersebut.

2. Roni Indra Lesmana, Muhardi, dan Soewignjo Agus Nugroho (2016) : Stabilitas Tanah Plastisitas Tinggi dengan Semen.

Adapun maksud dari pengujian ini adalah menentukan kuat tekan bebas tanah kohesif. Dari hasil pengujian analisa butiran tanah ini termasuk dalam lanau berlempung. Dimana mengandung pasir 5,38%, lanau 58,12%, lempung 36.5%. dan lolos saringan no.200 sebanyak 94,62%. Berdasarkan klasifikasi tanah USCS tanah ini termasuk dalam tanah berbutir halus, sedangkan berdasarkan ASHTO tanah ini termasuk dalam tanah berlempung (A-7-5). Disimpulkan bahwa tanah ini merupakan tanah lanau berlempung plastisitas tinggi. dapat dilihat bahwa adanya kecenderungan bertambahnya berat jenis seiring bertambahnya kadar semen. Dimana berat jenis awal tanah asli 2,63 dan setelah penambahan semen OPC kenaikan maksimum berat jenis terjadi pada campuran 10% yakni 2,69, sedangkan pada penambahan semen PCC terjadi pada campuran 10% yakni 2,67. Hal ini terjadi karna bercampurnya berat jenis yang berbeda antara berat jenis semen dengan berat jenis tanah asli. Menurut (Andriani, dkk, 2012) terjadinya kenaikan berat jenis tanah ini dikarenakan semen yang

bercampur dengan tanah mengakibatkan terjadinya proses pertukaran kation alkali (Na^+ dan K^+) dari tanah digantikan oleh kation semen sehingga ukuran butiran lempung semakin besar (flokulasi). Bertambahnya ukuran butiran ini akan mengakibatkan mikropori dan makropori yang ada pada tanah lempung meningkat seiring dengan bertambahnya kadar bahan stabilisasi. Penambahan semen mengakibatkan nilai Berat volume kering tanah menurun dibandingkan dengan tanah tanpa campuran semen, namun seiring penambahan semen nilai berat volume kering tanah meningkat. Kepadatan maksimum terbesar terjadi pada penambahan kadar semen sebesar 10% untuk semen OPC dan PCC. Pada campuran tanah-semen OPC memiliki nilai kenaikan maksimum berat volume kering pada persentase 10% semen OPC yaitu 1.548, sedangkan pada tanah semen PCC memiliki nilai kenaikan berat volume kering pada persentase 10% semen PCC yaitu 1.517. Hal ini terjadi karna adanya proses sementasi antara semen OPC ataupun PCC dengan partikel tanah asli. diketahui bahwa campuran antara tanah dan semen OPC ataupun PCC pada pemeraman 28 hari mampu meningkatkan nilai kuat tekan (q_u) dan C_u . Dimana untuk setiap penambahan persentase campuran nilai kuat tekan (q_u) dan C_u juga akan semakin meningkat. Pada semen OPC nilai q_u maksimum terdapat pada campuran 10% yaitu 1,44 MPa, sedangkan pada semen PCC nilai q_u maksimum terdapat pada campuran 10% yaitu 2,43 MPa. Hal ini terjadi akibat proses sementasi yang terjadi selama

pemeraman 28 hari, sehingga tanah semen mengalami proses sementasi yang maksimal dan membentuk butiran baru yang lebih keras dan kaku serta mampu menahan beban yang lebih keras dibandingkan tanah lanau asli. Peningkatan nilai UCS ini juga disebabkan meningkatnya ikatan antar butiran karena proses sementasi, rongga-rongga pori yang ada akan dikelilingi bahan sementasi yang lebih keras, sehingga butiran tidak mudah hancur atau berubah bentuk. Semakin bertambahnya persentase kadar semen OPC ataupun PCC dalam campuran tanah uji, maka nilai kadar air optimum (OMC) akan semakin menurun dan nilai berat volume kering maksimum (γ_{dry} maks) meningkat seiring bertambahnya kadar semen namun menurun dibandingkan nilai kadar air optimum (OMC) dengan tanah uji tanpa semen. Dari hasil pengujian CBR dan UCS untuk variasi semen OPC ataupun PCC, dapat disimpulkan bahwa semen PCC lebih efektif digunakan sebagai subbase struktur jalan, karna sudah memenuhi syarat kekuatan, lebih mudah didapat dan harganya lebih murah.

3. Mawardi, Makmun R. Razali, Olandri Wijaya : Nilai CBR pada Stabilisasi Tanah dengan Semen Jalan Budi Utomo UNIB Depan.

Penelitian adalah penelitian eksperimental di laboratorium. Tempat pengujian di lab. Geoteknik, Prodi Teknik Sipil, UNIB. Bahan berupa sampel benda uni berupa tanah lunak dari jalan Budi utomo Unib Depan, dan semen *portland* tipe I sesuai dengan standar SNI merk Tiga Roda, yang di jual di toko bangunan di Kota Bengkulu. Rangkaian pengujian dari penelitian ini adalah

pengujian sifat fisis tanah asli dan pengujian CBR laboratorium. Pengujian dilakukan pada tanah asli dan tanah asli yang di campur semen dengan prosentase penambahan semen sebesar : 0%, 4%, 8%, 12% dari berat kering tanah asli. Penelitian nilai CBR pada stabilisasi tanah dengan semen di jalan Budi Utomo Unib Depan untuk mendapatkan pengaruh properties tanah dan nilai CBR tanah asli, setelah dilakukan stabilisasi dengan semen. Pengujian dilakukan di Lab Geoteknik Fakultas Teknik UNIB. Test properties tanah dilaboratorium mencakup : Berat jenis, Kadar air, analisis saringan, Pengujian pemedatan Proctor standard, batas-batas atterberg, and percobaan Nilai CBR (California Bearing Ratio) laboratorium. Stabilisasi tanah lunak yang dilakukan dengan semen dengan penambahan kadar semen sebesar 0%, 2%, 4%, 8%, dan 12 %. Berdasarkan hasil pengujian properties tanah dan nilai CBR laboratorium nilai CBR maksimum pada penambahan kadar semen sebesar 12%, Nilai CBR terjadi kenaikan sebesar 144,21%, dari kondisi tanah asli, berat volume kering naik 3.85%, dari tanah asli, kadar air optimum turun 13,75% dari tanah asli, Nilai PI turun 50,42% dari tanah asli, nilai Gs tanah naik 1,93% dari tanah aslinya. Stabilisasi dengan semen meningkatkan nilai CBR, yang berarti juga akan meningkatkan stabilitas tanah dan juga akan meningkatkan daya dukung tanah qu. Kenaikan stabilitas tanah dan daya dukung tanah sebanding dengan kenaikan nilai CBR sebesar 144,21%, hal ini dikarenakan

adanya silika, lempung dan kapur yang terkandung dalam semen yang merupakan pengikat hidrolis.

4. Ukiman (2013) : Pengaruh Penambahan Kapur dan Semen Terhadap Nilai CBR Tanah Lempung Merah

Dalam penelitian dengan judul karakteristik Nilai CBR tanah lempung merah dengan bahantambahan kapur dan semen pada berbagai porsi campuran untuk perbaikan lapisan tanah dasar (subgrade) merupakan penelitian laboratorium, sehingga segala aktivitas pelaksanaannya dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah Politeknik Negeri Semarang, sampel uji tanah lempung merah dari kampus Polines, dengan mengacu pada tata cara pengujian CBR lab atau CBR laboratorium. daya dukung atau CBR akan turun. Perendaman selama 1 hari telah menyebabkan kondisi daya dukung tanah turun hampir sama dengan direndam 4 hari. Aturan perendaman pada kondisi Soaked dari Bina Marga adalah selama 4 hari, hal ini supaya air masuk ke seluruh pori tanah dan kondisi yang paling kritis. Pada campuran tanah dan kapur pada hubungan antara yang dieram dan direndam, kesemuanya hampir sama nilai CBR nya. Hal ini kapur sebagai bahan pengisi dan nilai sementrasinya sangat rendah. Pada campuran tanah lempung merah dan semen, porsi campuran 4% sama yang dieram hasilnya lebih baik dari yang direndam, hal ini dipengaruhi sementrasi/pengerasan dari semen masih kecil terhadap pengaruh pengembangan butiran lempung pada campuran tanah dan 8% semen pengaruh rendaman akan menurunkan nilai CBR tanah.

Dan pada tanah + 12% semen, pengaruh rendaman akan meningkatkan CBR tanah. Nilai CBR pada tanah asli dieram akan turun, hal ini karena adanya penguapan air yang tertahan oleh pembungkus/plastik sehingga membasahi bidang permukaan sample berakibat menurunkan nilai CBR. Perilaku perubahan dapat di periksa grafik hubungan nilai CBR dengan durasi eram. Sedangkan pada Nilai CBR yang direndam, cenderung menurun, perendaman dengan durasi 1 hari telah mencapai nilai yang rendah/kritis. Grafik hubungan Nilai CBR dengan durasi eram, pada tanah lempung merah + 4% kapur antara dieram dan direndam nilai CBR campuran tanah tadi nilainya meningkat walaupun kecil. Campuran tanah lempung merah dengan kapur 8% dan 12% baik direndam maupun dieram sampai nilai CBR nya hampir sama, hal ini kapur sebagai bahan pengisi dan merupakan bahan sementrasi rendah. Untuk campuran tanah lempung merah di tanah semen seperti untuk Nilai CBR yang dieram dari campuran 4% semen sehingga 12% semen semua cenderung naik, sedangkan untuk yang direndam setelah 1 hari nilai CBR akan turun hal ini dikarenakan adanya air yang masuk kedalam sample dengan proses pengerasan semen lebih lambar daripada air yang masuk sehingga memperlemah proses pengeraan dari semen. Sesudah itu proses pengerasan semen lebih dari 5 hari berlangsung yang berdampak pada peningkatan nilai CBRnya lebih baik (untuk semen 8%). Pada campuran tanah lempung + 12 % semen akibat rendaman 1 hari nilai CBR akan turun, tetapi

setelah melewati rendaman lebih besar atau sama dengan 2 hari nilai CBR tanah akan naik. Dari hasil pembahasan dalam penelitian dengan judul nilai CBR tanah lempung merah dengan tambahan kapur dan semen dapat disimpulkan bahwa pada tanah lempung merah (asli), nilai CBR yang diendam cenderung turun, dalam durasi rendaman sehari Nilai CBR telah mengalami yang terendah/kritis. Stabilisasi tanah merah dengan bahan tambah kapur bila, kena air atau terendam cenderung akan turun sedikit, dalam kondisi terendam air dan tidak nilai CBR hampir sama. Hal ini kapur merupakan bahan dengan daya sementrasi rendah. Stabilisasi dengan bahan tambah semen pada tanah lempung merah, pada umur rendaman atau peram sehari nilai daya dukung CBR cenderung turun. Sedangkan sesudahnya nilai yang diendam lebih bagus peningkatannya. Hal ini dikarenakan proses pengerasan semen lebih baik karena terendam air.

5. Kamaluddin Lubis (2016) : Analisa Perkuatan Tanah dengan Menggunakan Semen Sebagai Bahan Tambahan dalam Meningkatkan Nilai CBR pada Tanah Lempung.

Maksud penelitian untuk menganalisa pengaruh penambahan Semen terhadap tanah lempung. Kemudian Tujuan dari penulisan pada penelitan ini adalah mendapatkan perbandingan antara plastisitas tanah dasar dan nilai CBR tanah asli dengan yang telah distabilisasi menggunakan semen. Tanah lempung yang diuji termasuk lempung dengan plastisitas tinggi dengan indeks plastisitas (PI) 30.28 % dan tergolong CH menurut USCS dan

golongan A-7-5 menurut AASHTO. Dari hasil penelitian yang dilakukan di laboratorium terhadap tanah asli dan tanah yang telah dicampur semen optimum 30 %, pengaruh yang paling dominan akibat stabilisasi dengan semen yaitu penurunan indeks plastisitas, yaitu dari 30,28% menjadi 5.24% dengan persentase penurunan sebesar 25.04% . Nilai CBR juga mengalami kenaikan yang signifikan, yaitu dari 5.17 % menjadi 61.25 %, dengan presentase kenaikan sebesar 56.08%. Tanah lempung ekspansif, merupakan salah satu jenis tanah berbutir halus ukuran koloidal, yang terbentuk dari mineral-mineral ekspansif. Disamping mempunyai sifat-sifat umum, juga mempunyai sifat-sifat yang khas, yakni kandungan mineral ekspansif mempunyai kapasitas pertukaran ion yang tinggi, mengakibatkan lempung ekspansif mempunyai potensi kembang susut, apabila terjadi peningkatan atau penurunan kadar air. Disamping mempunyai sifat-sifat umum, juga mempunyai sifat-sifat yang khas, yakni kandungan mineral ekspansif mempunyai kapasitas pertukaran ion yang tinggi, mengakibatkan lempung ekspansif mempunyai potensi kembang susut, apabila terjadi peningkatan atau penurunan kadar air (Sadjiyanto, 2007). Berdasar analisis data yang diperoleh dari penelitian yang dilakukan, penulis mengambil kesimpulan bahwa :Tanah lempung Menurut USCS dengan indeks plastisitas sebesar 30,28%, masuk dalam kelompok CH yaitu lempungan organik dengan plastisitas tinggi (*high plasticity clay*). Menurut AASHTO tanah tersebut diklasifikasikan masuk dalam kelompok 2-7-5 yaitu

tanah berlempung. Hasil Uji Pemadatan Standart Proctor memperlihatkan kecenderungan penurunan berat isi kering maksimum (*maximum dry density*). Hal ini disebabkan terjadinya pembesaran rongga–rongga antara partikel campuran tanah akibat reaksi pozolan, yaitu reaksi antara silika dan alumina halus yang terkandung dalam tanah lempung dengan kandungan mineral aktif. Hasil dari reaksi pozolan adalah kalsium silikat hidrat yang tidak larut dalam air. Pengecilan rongga–rongga dapat diartikan sebagai kenaikan volume partikel tanah. Sedangkan berat isi kering yaitu perbandingan antara berat partikel tanah dengan volume rongga – rongga tanah. Pengecilan rongga yang terjadi menyebabkan berkurangnya pori – pori tanah yang dapat diisi air, sehingga akan terjadi penurunan kadar air optimum. Hasil Uji Pemadatan Test CBR menunjukkan bahwa Penambahan semen telah meningkatkan nilai daya dukung tanah secara signifikan. Nilai CBR semakin naik seiring dengan penambahan semen, dimana nilai CBR tanah asli sebesar 5.17%. Terjadinya peningkatan nilai CBR pada campuran 30% semen dengan waktu pemeraman 3 hari dengan nilai CBR 54,69 % atau naik sebesar 49.52%. Sedangkan waktu pemeraman 7 hari mengalami kenaikan dengan nilai CBR 61.25 % atau naik sebesar 56.08%.

6. Andriani, Rina Yuliet, Franky Leo Fernandez (2012) : Pengaruh Penggunaan Semen Sebagai Bahan Stabilisasi Pada Tanah Lempung Daerah Lambung Bukit Terhadap Nilai CBR Tanah.

Adapun tujuan dari penelitian yang dilakukan ini adalah untuk mengetahui sifat fisik dan mekanik jenis tanah berbutir halus dari daerah Lambung Bukit, Padang Sumatera Barat dan juga untuk mengetahui pengaruh semen terhadap tanah lempung, sehingga dapat diketahui nilai CBR tanah sebelum dan setelah distabilisasi dengan semen, yaitu dengan cara mencampur tanah lempung dengan semen pada berbagai variasi kadar semen yaitu dengan cara mencampur tanah lempung dengan semen pada berbagai variasi kadar semen yaitu dengan presentase campuran sebesar 5%, 10%, 15%, 20% dan lama pemeraman 3 hari, dengan tujuan agar dapat mengetahui persentase kadar semen optimum. Dari pengujian ini seiring bertambahnya semen, tanah lempung mengalami kenaikan berat jenis campuran. Dapat kita lihat berat jenis sebelum penambahan semen didapat 2,587 % dan setelah penambahan 5% semen, berat jenis meningkat menjadi 5,9 % sampai penambahan 20% semen berat jenis meningkat menjadi 2,642 %. Hal ini disebabkan karena Semen yang bercampur dengan tanah mengakibatkan terjadinya proses pertukaran kation alkali (Na^+ dan K^+) dari tanah digantikan oleh kation dari semen sehingga ukuran butiran lempung bertambah besar (*flokulasi*). Bertambahnya ukuran butiran ini akan mengakibatkan mikropori dan makropori yang ada pada tanah lempung meningkat seiring dengan bertambahnya kadar bahan stabilisasi. Menurut (Kezdi , 1979) proses yang dilakukan untuk melakukan sistem sementasi pada tanah akan menyebabkan penggumpalan yang merekat antar

partikel, rongga-rongga pori yang ada sebagian akan dikelilingi bahan sementasi yang lebih keras dan lebih sulit untuk ditembur air. Oleh karena itu penambahan semen pada tanah lempung akan menyebabkan air sulit masuk ke mikropori dan makropori tanah lempung, sehingga penambahan semen akan menyebabkan berat jenis tanah lempung meningkat. Hasil pengujian *Atterberg Test* tanah lempung dengan campuran *Portland cement type I* , sedangkan pengaruh penambahan *Portland Cement Type I* terhadap nilai nilai batas cair (LL), batas plastis (PL) dan indeks plastisitas (IP). Hasil penelitian batas-batas konsistensi setelah penambahan semen adalah sebagai berikut. Terlihat bahwa semakin tinggi kadar semen batas plastis meningkat dan batas cair menurun, sehingga indeks plastisitas (IP) tanah menurun. Fenomena tersebut menunjukkan terjadinya pertukaran ion-ion K^+ (potassium) dan Na^+ (sodium) yang terkandung dalam tanah lempung oleh ion-ion Ca^{++} dan Mg^{++} yang terkandung didalam semen. Pertukaran kation pada partikel-partikel lempung membuat ukuran partikel menjadi bertambah besar dan mengurangi indeks plastisitas tanah yang kemudian diikuti oleh penurunan potensi pengembangan tanah. Penambahan semen juga akan meningkatkan derajat keasaman (pH) tanah yang berakibat pada peningkatan kapasitas pertukaran ion-ion positif (kation). Selain itu, silica (SiO_2), dan alumina (Al_2O_3) dari semen bercampur dengan air membentuk pasta yang mengikat partikel lempung dan menutupi pori-pori tanah. Rongga-rongga pori yang dikelilingi bahan

sementasi yang lebih sulit ditembus air akan membuat campuran tanah-semen lebih tahan terhadap penyerapan air sehingga menurunkan sifat plastisitasnya. Hasil pengujian pemadatan tanah lempung dengan campuran semen menunjukkan bahwa pemberian semen sebagai bahan campuran dapat menurunkan kadar air optimum dan meningkatkan berat volume kering tanah dari kondisi sebelum distabilisasi. Terlihat bahwa kenaikan meningkat seiring bertambahnya semen. Kepadatan maksimum terbesar terjadi pada penambahan kadar semen sebesar 20% yaitu 1.35 gr/cm³. Hal ini disebabkan semen mengisi rongga pori tanah, yang pada kondisi tanah asli, rongga pori tersebut terisi oleh air dan udara. Akibat adanya semen dalam rongga pori tanah ini, prosentase air yang dikandung tanah menjadi berkurang. Peningkatan jumlah partikel padat pada tanah berdampak pada peningkatan berat volume keringnya dibandingkan pada kondisi tanah asli. Selain itu meningkatnya kepadatan maksimum ini disebabkan karena terjadinya reaksi posolanik yang semakin meningkat karena unsur-unsur SiO₂, Al₂O₃, dan Fe₂O₃ yang bertambah oleh semen. Proses pozzolan terjadi antara kalsium hidroksida dari tanah bereaksi dengan silikat (SiO₂) dan aluminat (AlO₃) dari semen membentuk material pengikat yang terdiri dari kalsium silikat atau aluminat silikat. Reaksi dari ion Ca²⁺ dengan silikat (SiO₂), dan aluminat (Al₂O₃) dari permukaan partikel lempung membentuk pasta semen (*hydrated gel*) sehingga mengikat partikel-partikel tanah.