

TUGAS AKHIR

**STABILISASI TANAH SEDIMEN MENGGUNAKAN
CAMPURAN SEMEN**

***SEDIMENTED SOIL STABILIZATION USING
CEMENT MIXED***

**HASRIYANTI TACHIR
D011 17 1027**



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

LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR)

STABILISASI TANAH SEDIMEN MENGGUNAKAN CAMPURAN SEMEN

Disusun dan diajukan oleh:

HASRIYANTI TACHIR

D011 17 1027

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 12 Agustus 2021 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

menyetujui,

Pembimbing Utama,



Dr. Eng. Tri Harianto, ST, MT
NIP. 197203092000031002

Pembimbing Pendamping,



Dr. Eng. Ardy Arsyad, ST, M.Eng. Sc
NIP. 197607072005011002

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 Hasriyanti Tachir, dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul "**Stabilisasi Tanah Sedimen 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 penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Gowa, 16 Agustus 2021

Yang membuat pernyataan,



Hasriyanti Tachir
NIM: D011 17 1027

KATA PENGANTAR

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

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini memerlukan proses yang tidak singkat, dan tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak yang senantiasa terus memberikan semangat dan dukungan pada penulis. Oleh karena itu dengan besar hati penulis ucapkan banyak terima kasih 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 tercinta, yaitu ayahanda **Tachir** dan ibunda **WD. Masria Desi** atas kasih sayang yang telah mereka berikan selama ini, baik dukungan materil maupun spiritual, karena penulis tidak dapat sampai di titik ini jika tanpa doa mereka.
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, ST., MT**, selaku sekretaris Departemen Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar.
5. Bapak **Dr. Eng. Tri Harianto, ST, MT** selaku dosen pembimbing I, atas segala arahan, bimbingan, serta waktu yang telah diluangkannya dari dan hingga terselesainya tugas akhir ini.
6. Bapak **Dr. Eng. Ardy Arsyad, ST., M.Eng.,Sc** selaku dosen pembimbing II, atas segala arahan, bimbingan, serta waktu yang telah diluangkannya dari dan hingga terselesainya tugas akhir ini.
7. Bapak **Dr. Ir. Abd. Rachman Djamaluddin, M.T** selaku Kepala Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Hasanuddin, yang telah memberikan wawasan dan arahan kepada penulis selama menjadi asisten laboratorium.
8. Seluruh dosen, staf dan karyawan Departemen Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar yang telah membantu dan mendukung penyelesaian tugas akhir ini.

9. Keluarga tercinta, yaitu **Bapak** dan **Ibu**, saudara-saudaraku tersayang **Fitri, Amank, Mamat, Ilham, dan Fadil**, serta **Zeyi** dan **Echa**, serta tak lupa kucing kesayangan saya **Ziro, Zoro**, dan **Cuma** yang selalu menghibur dan menyemangati saya baik dalam keadaan susah maupun senang, penulis tidak akan mampu sampai di titik ini tanpa kehadiran mereka.
10. Yang teristimewa **Adam Agathon**, yang telah menemani selama proses pengerjaan, masa-masa sulit, memberikan penyemangat, serta menjadi motivasi penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
11. Sahabatku tersayang **Asra** yang menjadi motivasi untuk segera menyelesaikan tugas akhir ini.
12. Teman-teman tersayang, **Cindy, Nidar, Marcel, Alwan, Evan**, dan **Baso**, yang senantiasa membantu dan menemani penulis di berbagai kesempatan dan menjadi dorongan penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini secepatnya.
13. Kepada Kak **Nurul Marfu'ah** yang telah memberikan saya wawasan dan dorongan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
14. Teman-teman Asisten Laboratorium Mekanika Tanah, Kak **Zainal, Kak Abul, Kak Thasya, Kak Mute, Kak Kintan, Kak Sri, Kak Gary, Kak Anto, Adam, Baso, Alwan, Marcel, Cindy, Nidar, Asmud, Egi, Meca, Feby**, dan **Novi** yang senantiasa menjadi rekan suka dan duka dalam perjalanan kuliah dan praktikum, semoga kalian selalu diberi keberkahan, amin.
15. Squad Pejuang Tugas Akhir **Alwan, Iksan, dan Agung** yang senantiasa membantu penulis dalam menyelesaikan semua pengujian hingga lembur, semoga kalian terus diberi kesehatan dan keberkahan, amin.
16. Keluarga plastis, yaitu teman-teman sipil angkatan 2017 yang tetap solid dan peduli, serta terus menjadi penyemangat dan pengapresiasi garda terdepan bagi penulis untuk terus berusaha dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
17. Teman-teman Cicil Ambassador Makassar yang telah menemani penulis dalam meningkatkan minat di bidang start up.
18. Teman-teman KKN Tamalate 2 Gelombang 105, yang telah menyemangati penulis dalam penyelesaian tugas akhir ini.
19. Teman-teman Close Ipa 5 yang terus-menerus memberikan semangat dan doanya untuk penulis agar cepat menjadi sarjana.

20. Serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu dengan semua dukungan hingga terselesainya tugas akhir 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, 16 Agustus 2021
Hormat Saya,

Hasriyanti Tachir

ABSTRAK

Fenomena sedimentasi yang terjadi di Waduk Bili-Bili semakin mengawatirkan karena dapat mengancam keberlanjutan fungsi waduk. Hal ini merupakan masalah yang perlu segera ditangani secara serius agar tidak semakin parah di kemudian hari. Dengan demikian, diperlukan suatu penelitian pada tanah sedimen waduk bili-bili untuk mengetahui sifat-sifat fisik dan mekanis serta pengaruh stabilisasi terhadap tanah sedimen tersebut sebagai parameter penentuan daya dukung sebagai bentuk pemanfaatan limbah sedimentasi waduk.

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

Untuk mengetahui pengaruh penambahan semen terhadap Nilai Kuat Tekan Bebas 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 daya dukung tanah. Dimana semakin tinggi persentase kadar semen yang di tambahkan dan lamanya masa pemeraman mengakibatkan nilai Kuat Tekan Bebas makin meningkat. Diperoleh Nilai Kuat Tekan Tertinggi dari keempat variasi penambahan semen yaitu pada variasi penambahan semen 9% dengan masa pemeraman 28 hari sebesar $35,2 \text{ kg/cm}^2$. Peningkatan nilai Kuat Tekan Bebas pada tanah sedimen terstabilisasi semen dikarenakan reaksi sementasi atau pembentukan senyawa kimia yang berlangsung secara terus-menerus sehingga menyebabkan tanah menjadi keras dan kuat.

Kata Kunci : Waduk Bili-bili, Semen, Kuat Tekan Bebas

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB 1. PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Tujuan Penelitian	3
D. Batasan Masalah	3
E. Sistematika Penulisan	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	6
A. Definisi Tanah	6
B. Klasifikasi Tanah	7
B.1. Sistem Klasifikasi Berdasarkan Tekstur	8
B.2. Sistem Klasifikasi Berdasarkan Pemakaian	10
C. Karakteristik Lanau.....	19
D. Stabilisasi Tanah	20
E. Semen.....	24
F. Kuat Tekan Bebas.....	29
G. Penelitian Terdahulu	31
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	42
A. Lokasi dan Waktu Penelitian	42
B. Metode Pengumpulan Data	42
C. Kerangka Alir Penelitian	43
D. Material	45
D.1. Tanah Asli.....	45

D.2. Semen	46
E. Standar Pengujian.....	46
F. Pengujian Karakteristik Tanah Asli	47
G. Optimalisasi Bahan Stabilisator	47
H. Pengujian Sampel	48
H.1. Uji Sifat Fisis	49
H.2. Uji Sifat Mekanis	49
I. Proses Pembuatan Benda Uji	50
J. Pengujian Kuat Tekan Bebas dengan metode Pemeraman	51
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	52
A. Karakteristik Sifat Fisis dan Mekanis Tanah Asli	52
A.1. Karakteristik Sifat Fisis Tanah.....	52
A.2. Karakteristik Sifat Mekanis Tanah	58
B. Karakteristik Sifat Fisis dan Mekanis Tanah Terstabilisasi Semen	62
B.1. Karakteristik Sifat Fisis Tanah Terstabilisasi Semen	62
B.2. Karakteristik Sifat Mekanis Tanah Terstabilisasi Semen	67
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	73
A. Kesimpulan	73
B. Saran	73
DAFTAR PUSTAKA.....	75

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	45
Gambar 4. Tanah Asli	45
Gambar 5. Semen	46
Gambar 6. Contoh Benda Uji	51
Gambar 7. Grafik Hasil Pengujian Batas Cair	53
Gambar 8. Grafik Gradasi Butiran.....	54
Gambar 9. Penggolongan Klasifikasi Tanah Asli Menurut USCS	57
Gambar 10. Grafik Hubungan Kadar Air dengan Berat Isi Kering Hasil Kompaksi pada Tanah Asli	58
Gambar 11. Grafik Hubungan antara Tegangan dan Regangan pada Pengujian Kuat Tekan Bebas Tanah Asli.....	60
Gambar 12. Grafik Perubahan Nilai Berat Jenis Tiap Variasi Campuran Semen	63
Gambar 13. Grafik Nilai Batas Cair Tiap Variasi Campuran Semen.....	65
Gambar 14. Grafik Nilai Batas Plastis Tiap Variasi Campuran Semen	65
Gambar 15. Grafik Nilai Batas Susut Tiap Variasi Campuran Semen	66
Gambar 16. Grafik Nilai Indeks Plastisitas Tiap Variasi Campuran Semen	66
Gambar 17. Grafik Rekapitulasi Perubahan Nilai Kadar Air Optimum Hasil Kompaksi Terhadap Variasi Penambahan Semen	68
Gambar 18. Grafik Rekapitulasi Perubahan Berat Isi Kering Maksimum Hasil Kompaksi Terhadap Variasi Penambahan Semen	68

Gambar 19. Grafik Rekapitulasi Perubahan Nilai Berat Isi Kering pada Benda Uji Setelah Masa Pemeraman	70
Gambar 20. Grafik Rekapitulasi Perubahan Nilai Kuat Tekan pada Benda Uji Setelah Masa Pemeraman	71

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Klasifikasi Tanah Berdasarkan Sistem Klasifikasi AASHTO	13
Tabel 2. Sistem Klasifikasi Unified	18
Tabel 3. Variasi Kadar Semen Sesuai Jenis Tanah Untuk Perkerasan Jalan (<i>Pavement Construction</i>).....	27
Tabel 4. Klasifikasi Konsistensi Tanah Berdasarkan Nilai Kuat Tekan Bebas	31
Tabel 5. Standar Pengujian Sifat Fisis dan Mekanis Berdasarkan ASTM46	
Tabel 6. Jumlah Benda Uji untuk Pengujian pada Tanah Asli	47
Tabel 7. Variasi Persentase Komposisi Bahan Stabilisasi.....	48
Tabel 8. Klasifikasi Tanah untuk Lapisan Tanah Dasar Jalan Raya (Sistem AASHTO)	55
Tabel 9. Klasifikasi Keandalan Tanah Berdasarkan AASHTO	56
Tabel 10. Rekapitulasi Hasil Pengujian Sifat Fisis dan Mekanis Tanah Asli	61
Tabel 11. Hasil Pengujian Berat Jenis pada Tanah Asli Terstabilisasi Semen.....	62
Tabel 12. Batas-batas Atterberg pada Tiap Variasi Campuran Tanah Terstabilisasi Semen	64
Tabel 13. Perubahan Nilai Kadar Air Optimum dan Berat Isi Kering Maksimum Hasil Kompaksi pada Tanah Sedimen Terstabilisasi Semen .	67
Tabel 14. Perubahan Nilai Berat Isi Kering (γ_{dry}) pada Benda Uji Setelah Masa Pemeraman	69
Tabel 15. Perubahan Nilai Kuat Tekan Bebas (q_u) pada Benda Uji Setelah Masa Pemeraman	71

BAB 1. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sedimen yang terbawa oleh air dibedakan menjadi muatan dasar (*bed load*) dan muatan melayang (*suspended load*). Muatan dasar adalah material sedimen yang bergerak di sepanjang dasar sungai, sedangkan muatan melayang adalah material sedimen dalam bentuk suspensi karena aliran turbulen pada sungai. Muatan dasar yang selalu bergerak menyebabkan permukaan dasar sungai mengalami kenaikan dan penurunan dasar sungai. Muatan melayang tidak berpengaruh pada alterasi dasar sungai tetapi dapat mengendap di dasar waduk maupun muara sungai. Waduk Bili-bili yang merupakan salah satu waduk terbesar di Provinsi Sulawesi Selatan terletak di bagian tengah DAS Jeneberang, merupakan waduk serbaguna yang dibangun dengan tujuan untuk pengendalian banjir, pemenuhan kebutuhan air irigasi, suplai air baku dan pembangkit listrik tenaga air. Namun fenomena sedimentasi yang terjadi di Waduk Bili-bili semakin mengkhawatirkan karena dapat mengancam keberlanjutan fungsi waduk. Hal ini merupakan masalah yang perlu segera ditangani secara serius agar tidak semakin parah di kemudian hari. Dengan demikian, diperlukan suatu penelitian pada tanah sedimen Waduk Bili-bili untuk mengetahui sifat-sifat fisis dan mekanis serta pengaruh stabilisasi terhadap tanah sedimen tersebut sebagai parameter penentuan daya dukung dan bentuk pemanfaatan limbah sedimentasi waduk.

Stabilisasi tanah adalah usaha untuk memperbaiki sifat-sifat tanah yang ada, sehingga didapatkan sifat-sifat tanah yang memenuhi syarat-syarat teknis untuk lokasi konstruksi bangunan. Tujuan lain dari stabilisasi tanah yaitu untuk memperbaiki kondisi tanah tersebut, kemudian mengambil tindakan yang tepat terhadap masalah-masalah yang dihadapi. Dalam penelitian ini metode stabilisasi digunakan untuk melihat pengaruh penambahan bahan campuran (*additive*) yaitu semen terhadap perubahan nilai daya dukung tanah sedimen Waduk Bili-bili.

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

“STABILISASI TANAH SEDIMEN MENGGUNAKAN 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 dengan tanah sedimen Waduk Bili-bili terhadap karakteristik fisis dan mekanis tanah tersebut?
3. Bagaimana pengaruh masa pemeraman terhadap nilai kuat tekan bebas tanah sedimen Waduk Bili-bili terstabilisasi semen?

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini ialah :

1. Mengetahui karakteristik dan klasifikasi tanah sedimen Waduk Bili-bili yang digunakan pada penelitian.
2. Mengetahui pengaruh variasi campuran semen dengan tanah sedimen Waduk Bili-bili terhadap karakteristik fisis dan mekanis tanah tersebut.
3. Mengetahui pengaruh masa pemeraman terhadap nilai kuat tekan bebas tanah sedimen Waduk Bili-bili yang terstabilisasi semen.

D. Batasan Masalah

Agar penelitian berjalan efektif serta 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 dan bukan pada skala lapangan.
4. Penelitian ini hanya meneliti sifat-sifat fisis dan mekanis tanah, dan tidak meneliti unsur kimia pada tanah tersebut.

5. Sifat fisis dan mekanis yang diteliti adalah:

- Pengujian Berat Jenis
- Kadar Organik
- Pengujian Batas-batas Atterberg
- Pengujian Analisa Saringan dan Hidrometer
- Pengujian Pemadatan (kompaksi)
- Pengujian Kuat Tekan Bebas, UCS (*Unconfined Compression Test*)

6. Persentase berat campuran yang di uji adalah 3%,5%,7%, dan 9% terhadap berat tanah dengan kadar air mula-mula.

7. Waktu pemeraman setelah campuran tanah 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 himpunan mineral, bahan organik, dan endapan-endapan yang relatif lepas (*loose*), yang terletak di atas batuan dasar (*bedrock*). Pembentukan tanah dari batuan induknya, dapat berupa proses fisik maupun kimia. Proses pembentukan tanah secara fisik yang mengubah batuan menjadi partikel-partikel yang lebih kecil, terjadi akibat pengaruh erosi, angin, air, es, manusia, atau hancurnya partikel tanah akibat perubahan suhu atau cuaca (Hardiyatmo, 2001).

Selain itu, dalam pengertian teknik secara umum, tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong di antara partikel-partikel padat tersebut (Das, 1995).

Adapun pengelompokan jenis tanah dalam praktek berdasarkan campuran butir menurut (Santosa, 1996) yaitu :

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

Sedangkan berdasarkan sifat lekatannya, tanah dikelompokkan menjadi :

- a. Tanah kohesif yaitu tanah yang mempunyai sifat lekatan antara butir-butirnya (mengandung lempung cukup banyak).
- b. Tanah Non Kohesif adalah tanah yang tidak mempunyai atau sedikit sekali lekatan antara butir-butirnya (hampir tidak mengandung lempung misalnya 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-kelompok dan subkelompok-subkelompok berdasarkan pemakaiannya. Sistem klasifikasi memberikan suatu bahasa yang mudah untuk menjelaskan secara singkat sifat-sifat umum tanah yang sangat bervariasi tanpa penjelasan yang terinci. Sebagian besar sistem klasifikasi tanah yang telah dikembangkan untuk tujuan rekayasa didasarkan pada sifat-sifat indeks tanah yang sederhana seperti distribusi ukuran butiran dan plastisitas (Das, 1995).

Terdapat dua sistem klasifikasi tanah yang di dasarkan pada tekstur dan pemakaian, yaitu :

B.1 Sistem Klasifikasi Berdasarkan Tekstur

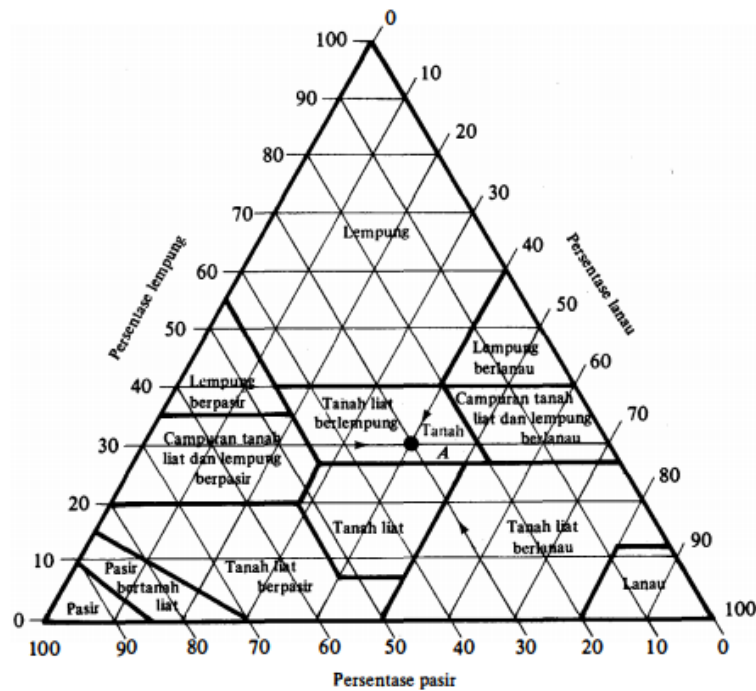
Dalam arti umum, yang dimaksud dengan tekstur tanah adalah keadaan permukaan tanah yang bersangkutan. Tekstur tanah dipengaruhi oleh ukuran tiap-tiap butir yang ada di dalam tanah. Beberapa sistem

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 seperti 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:

- a. Pasir : butiran dengan diameter 2,0 sampai dengan 0,05 mm.
- b. Lanau : butiran dengan diameter 0,05 sampai dengan 0,002 mm.
- c. Lempung : butiran dengan diameter lebih kecil dari 0,002 mm.

Gambar 1 menunjukkan sistem klasifikasi berdasarkan tekstur tanah yang dikembangkan oleh Departemen Pertanian Amerika (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.



Gambar 1. Klasifikasi Tanah Berdasarkan Tekstur Oleh Departemen Pertanian Amerika Serikat (USDA)

Sistem klasifikasi tanah berdasarkan tekstur adalah relatif sederhana karena ia hanya didasarkan pada distribusi ukuran butiran tanah saja. Dalam kenyataannya, jumlah dan jenis dari mineral lempung yang dikandung oleh tanah sangat mempengaruhi sifat fisis tanah yang bersangkutan. Oleh karena itu, kiranya perlu untuk memperhitungkan sifat plastisitas tanah, yang disebabkan adanya kandungan mineral lempung, agar dapat menafsirkan ciri-ciri suatu tanah. Karena 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.

B.2 Sistem Klasifikasi Berdasarkan Pemakaian

Pada saat sekarang ada lagi dua buah sistem klasifikasi tanah yang selalu dipakai oleh para ahli teknik sipil. Kedua sistem tersebut memperhitungkan distribusi ukuran butir dan batas-batas Atterberg. Sistem-sistem tersebut adalah Sistem Klasifikasi AASHTO dan Sistem Klasifikasi Unified. Sistem klasifikasi AASHTO pada umumnya dipakai oleh departemen jalan raya di semua negara bagian di Amerika Serikat. Sedangkan sistem klasifikasi Unified pada umumnya lebih disukai oleh para ahli geoteknik untuk keperluan-keperluan teknik yang lain.

a. Sistem Klasifikasi AASHTO

Sistem klasifikasi ini dikembangkan dalam tahun 1929 sebagai *Public Road Administration Classification System*. Sistem ini sudah mengalami beberapa perbaikan, versi yang saat ini berlaku adalah yang diajukan oleh *Committee on Classification of Materials for Subgrade and Granular Type Road of the Highway Research Board* dalam tahun 1945 (ASTM Standard no D-3282, AASHTO metode M 145). Sistem klasifikasi AASHTO yang dipakai saat ini diklasifikasikan ke dalam tujuh kelompok besar, yaitu A-1 sampai dengan A-7. Tanah yang diklasifikasikan ke dalam A-1, A-2, dan A-3 adalah tanah berbutir di mana 35% atau kurang dari

jumlah butiran tanah tersebut lolos ayakan No. 200. Tanah di mana lebih dari 35% butirannya lolos ayakan No. 200 diklasifikasikan ke dalam kelompok A-4, A-5, A-6, dan A-7. Butiran dalam kelompok A-4 sampai dengan A-7 tersebut sebagian besar adalah lanau dan lempung. Sistem klasifikasi ini didasarkan pada kriteria di bawah ini:

a. Ukuran butir :

1. Kerikil : bagian tanah yang lolos ayakan dengan diameter 75 mm (3 in) dan yang tertahan pada ayakan No. 20 (2 mm).
2. Pasir : bagian tanah yang lolos ayakan No. 10 (2 mm) dan yang tertahan pada ayakan No. 200 (0,075 mm).
3. 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 plastis 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 AASHTO

Klasifikasi Umum	Tanah Berbutir (35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan N0. 200)						
	A-1		A-3	A-2			
Klasifikasi Kelompok	A-1 a	A-1 b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Analisa ayakan (& lolos) No. 10 No. 40 No. 200	Max 50 Max 30 Max 15	Max 50 Max 25	Max 51 Max 10	Max 35	Max 35	Max 35	Max 35
Sifat fraksi yang bisa lolos ayakan no. 40 Batas Cair (LL) Indeks Plastisitas (PI)	Max 6		NP	Max 40 Max 10	Min 41 Max 10	Max 41 Min 11	Min 41 Min 11
Tipe material yang paling dominan	Batu pecah, kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerikil dan pasir yang berlanau atau berlempung			
Penilaian sebagai bahan dasar	Baik sekali sampai baik						

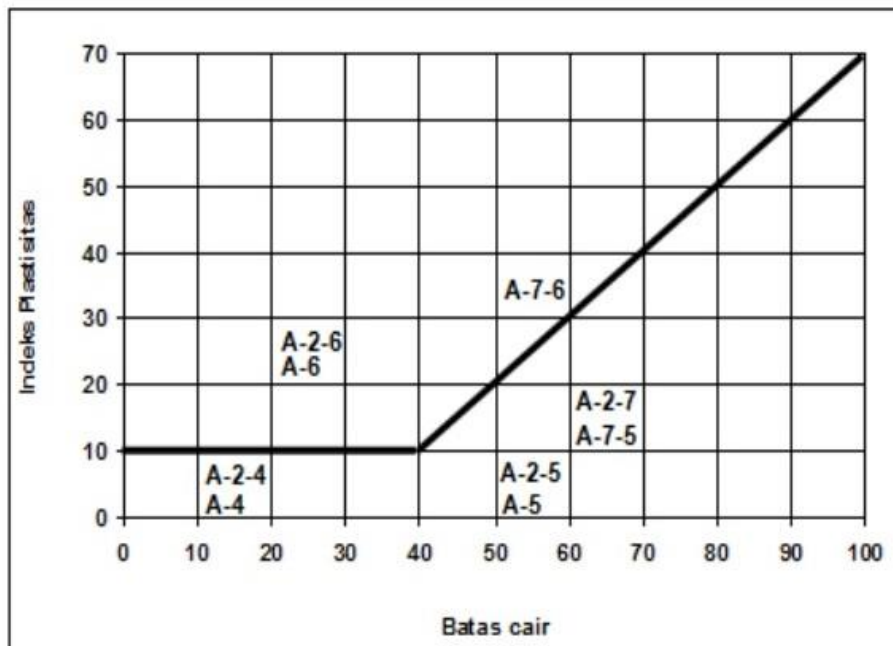
(a)

Klasifikasi Umum	Tanah Lanau – Lempung (35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No. 200)			
Klasifikasi Kelompok	A - 4	A - 5	A - 6	A - 7 A - 7-5* A - 7-6**
Analisis ayakan (& lolos) No. 10 No. 40 No. 200	Min 36	Min 36	Min 36	Min 36
Sifat fraksi yang lolos ayakan no. 40 Batas Cair (LL) Indeks Plastisitas (PI)	Max 40 Max 10	Max 41 Max 10	Max 40 Min 11	Min 41 Min 11
Tipe material yang paling dominan	Tanah Berlanau		Tanah Berlempung	
Penilaian sebagai bahan dasar	Biasa sampai Jelek			

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

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

(b)



Gambar 2. Grafik Klasifikasi Tanah Berdasarkan Sistem Klasifikasi AASHTO

Tabel 1 (b) 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. 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 seperti di bawah ini:

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

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:

- a. Apabila Persamaan (1) menghasilkan nilai GI yang negatif, maka harga GI dianggap nol.
- b. 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 di- bulatkan menjadi 4,0).
- c. Tidak ada batas atas untuk indeks grup.

- d. 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.
- e. Untuk tanah yang masuk kelompok A-2-6 dan A-2-7, hanya bagian dari indeks grup untuk PI saja yang digunakan, yaitu $CI = 0,01(F - 1.5) (PI-10)$.

b. Sistem Klasifikasi Unified

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

1. Tanah berbutir-kasar (*coarse-grained-soil*), yaitu tanah kerikil dan pasir di mana 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.
2. Tanah berbutir-halus (*fine-grained-soil*), yaitu tanah di mana 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. Simbil-simbil 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 simbil 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. Garis diagonal pada bagan plastisitas dinamakan garis A (sebelumnya sudah diperkenalkan dalam Gambar 2), dan garis A tersebut diberikan dalam persamaan:

$$PI = 0,73 (LL - 20)$$

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

Tabel 2. Sistem Klasifikasi Unified

UNIFIED SOIL CLASSIFICATION AND SYMBOL CHART		LABORATORY CLASSIFICATION CRITERIA	
COARSE-GRAINED SOILS (more than 50% of material is larger than No. 200 sieve size.)			
Clean Gravels (Less than 5% fines)			
GRAVELS More than 50% of coarse fraction larger than No. 4 sieve size		GW	Well-graded gravels, gravel-sand mixtures, little or no fines
		GP	Poorly-graded gravels, gravel-sand mixtures, little or no fines
	Gravels with fines (More than 12% fines)		
		GM	Silty gravels, gravel-sand-silt mixtures
		GC	Clayey gravels, gravel-sand-clay mixtures
Clean Sands (Less than 5% fines)			
SANDS 50% or more of coarse fraction smaller than No. 4 sieve size		SW	Well-graded sands, gravelly sands, little or no fines
		SP	Poorly graded sands, gravelly sands, little or no fines
	Sands with fines (More than 12% fines)		
		SM	Silty sands, sand-silt mixtures
		SC	Clayey sands, sand-clay mixtures
FINE-GRAINED SOILS (50% or more of material is smaller than No. 200 sieve size.)			
SILTS AND CLAYS Liquid limit less than 50%		ML	Inorganic silts and very fine sands, rock flour, silty of clayey fine sands or clayey silts with slight plasticity
		CL	Inorganic clays of low to medium plasticity, gravelly clays, sandy clays, silty clays, lean clays
		OL	Organic silts and organic silty clays of low plasticity
SILTS AND CLAYS Liquid limit 50% or greater		MH	Inorganic silts, micaceous or diatomaceous fine sandy or silty soils, elastic silts
		CH	Inorganic clays of high plasticity, fat clays
		OH	Organic clays of medium to high plasticity, organic silts
HIGHLY ORGANIC SOILS		PT	Peat and other highly organic soils

GW	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ greater than 4; $C_c = \frac{D_{30}}{D_{10} \times D_{60}}$ between 1 and 3
GP	Not meeting all gradation requirements for GW
GM	Atterberg limits below "A" line or P.I. less than 4
GC	Atterberg limits above "A" line with P.I. greater than 7
Above "A" line with P.I. between 4 and 7 are borderline cases requiring use of dual symbols	
SW	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ greater than 4; $C_c = \frac{D_{30}}{D_{10} \times D_{60}}$ between 1 and 3
SP	Not meeting all gradation requirements for GW
SM	Atterberg limits below "A" line or P.I. less than 4
SC	Atterberg limits above "A" line with P.I. greater than 7
Limits plotting in shaded zone with P.I. between 4 and 7 are borderline cases requiring use of dual symbols.	

Determine percentages of sand and gravel from grain-size curve. Depending on percentage of fines (fraction smaller than No. 200 sieve size), coarse-grained soils are classified as follows:	
Less than 5 percent GW, GP, SW, SP
More than 12 percent GM, GC, SM, SC
5 to 12 percent Borderline cases requiring dual symbols

PLASTICITY CHART	
	<p>PLASTICITY INDEX (PI) (%)</p> <p>LIQUID LIMIT (LL) (%)</p> <p>A LINE: $PI = 0.73(LL-20)$</p>

C. Karakteristik Lanau

Tanah lanau biasanya terbentuk dari pecahnya kristal kuarsa berukuran pasir. Beberapa pustaka berbahasa Indonesia menyebut objek ini sebagai debu. Lanau dapat membentuk endapan yang mengapung di permukaan air maupun yang tenggelam. Pemecahan secara alami melibatkan pelapukan batuan dan regolit secara kimiawi maupun pelapukan secara fisik melalui embun beku (*frost haloclasty*). Proses utama melibatkan abrasi, baik padat (oleh gletser), cair (pengendapan sungai), maupun oleh angin. Di wilayah-wilayah setengah kering produksi lanau biasanya cukup tinggi.

Lanau yang terbentuk secara glasial (oleh gletser) dalam bahasa Inggris kadang-kadang disebut *rock flour* atau *stone dust*. Secara komposisi mineral, lanau tersusun dari kuarsa felspar. Sifat fisika tanah lanau umumnya terletak diantara sifat tanah lempung dan pasir. Selain itu tanah lanau merupakan tanah berbutir halus yang berukuran lebih kecil dari 0,074 mm (No. 200). Lanau terdiri dari dua jenis yaitu lanau anorganik (inorganik silt) yang merupakan tanah berbutir halus dengan plastisitas kecil mengandung butiran kuarsa sedimen yang kadang disebut tepung batuan (*rockflour*) dan tanah lanau organik (organik silt) tanah agak plastis berbutir halus dengan campuran partikel-partikel bahan organik terpisah secara halus, warna tanah bervariasi dari abu-abu terang ke abu-abu sangat gelap. Lanau adalah tanah berbutir halus yang mempunyai batas cair dan indeks plastis terletak di bawah garis A dan lempung berada di

atas 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

Semua tindakan mengubah sifat-sifat asli dari pada tanah, untuk disesuaikan dengan kebutuhan konstruksi adalah merupakan tindakan yang dapat dikategorikan sebagai upaya stabilisasi tanah. Secara khusus pengertian stabilisasi tanah dapat dilihat dari berbagai definisi yang dikemukakan beberapa ahli, antara lain :

1. Menurut Lambe (1962), mendefinisikan stabilisasi tanah sebagai perubahan dari setiap properti tanah untuk memperbaiki kinerja tekniknya (*soil stabilization as "the alteration of any property of a soil to improve its engineering performance"*). Dalam pengertian ini Lambe memaknai sifat-sifat tanah (*soil property*) mencakup sifat mikroskopis dan makroskopis dari massa tanah.
2. Jon A. Epps et al. (1971), mengartikan stabilisasi tanah adalah tindakan untuk memperbaiki sifat rekayasa tanah (*soil properties*).
3. Ingles & Metcalf (1972), mengatakan bahwa perubahan sifat tanah untuk memenuhi persyaratan teknik tertentu, dikenal sebagai stabilisasi tanah.

4. Punmia (1980), menyatakan bahwa stabilisasi tanah dalam pengertian luas mencakup berbagai metode yang digunakan untuk memodifikasi sifat tanah untuk memperbaiki kinerja teknisnya. 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. Winterkorn (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.

6. Ruston Paving Company Inc., mengartikan bahwa “stabilisasi tanah adalah perubahan fisik dan kimia permanen dari tanah dan agregat untuk meningkatkan sifat teknisnya sehingga meningkatkan daya dukung beban sub-grade atau sub-basis untuk mendukung perkerasan dan pondasi”.

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/atau 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/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 dengan tujuan dari setiap tindakan stabilisasi tanah, maka tujuan umum dari perbaikan tanah adalah untuk :

1. Meningkatkan daya dukung tanah.
2. Meningkatkan kuat geser tanah.
3. Memperkecil kompresibilitas dan penurunan tanah.
4. Memperkecil permeabilitas tanah (kasus : tanggul)
5. Memperbesar permeabilitas tanah (kasus : *dewatering* dan *sand lense*).
6. Memperkecil potensi kembang-susut pada tanah (*swelling potential*).
7. Menjamin kelestarian dan keberlanjutan sumber daya alam dan lingkungan.

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 alsiium 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% (C3S), 25% (C2S), 12% (C3A), 8% (C4AF), 2,8% (MgO), 2,9% (SO₃). 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% (C3S), 29% (C2S), 6% (C3A) 11% (C4AF), 2,9% (MgO), 2,5% (SO3). 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 C3S-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 C3S dan C3A 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% (C3S), 36% (C2S), 4% (C3A), 12% (C4AF), 1,9% (MgO), 1,8% (SO3). 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 3. 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

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/atau 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/atau 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. Kuat Tekan Bebas

Kuat tekan bebas adalah tekanan aksial benda uji pada saat mengalami keruntuhan atau pada saat regangan aksial mencapai 20%. Uji kuat tekan bebas adalah salah satu cara untuk mengetahui geser tanah. Uji kuat tekan bebas bertujuan untuk menentukan kekuatan tekan bebas suatu jenis tanah yang bersifat kohesif, baik dalam keadaan asli

(*undisturbed*), buatan (*remoulded*) maupun tanah yang dipadatkan (*compacted*). Kuat tekan bebas (q_u) adalah harga tegangan aksial maksimum yang dapat ditahan oleh benda uji silindris (sampel tanah) sebelum mengalami keruntuhan. Nilai kuat tekan bebas (*unconfined compressive strength*) didapat dari pembacaan proving ring dial dengan tegangan maksimum.

$$q_u = \frac{kxR}{A} \quad (2)$$

Dimana :

q_u : Kuat Tekan Bebas

k : Kalibrasi proving ring

R : Pembacaan maksimum

A : Luas penampang contoh tanah pada saat pembacaan R

Uji kuat tekan bebas (*Unconfined Compression Strength*) merupakan cara yang dilakukan di laboratorium untuk menghitung kekuatan geser tanah. Uji kuat ini mengukur seberapa kuat tanah menerima kuat tekan yang diberikan sampai tanah tersebut terpisah dari butiran-butirannya juga mengukur regangan tanah akibat tekanan tersebut. Uji tekan bebas ini dilakukan pada contoh tanah asli dan contoh tanah tidak asli lalu diukur kemampuannya masing-masing contoh terhadap kuat tekan bebas. Dari nilai kuat tekan maksimum yang dapat diterima pada masing-masing contoh akan didapat sensitivitas tanah. Nilai sensitivitas ini mengukur bagaimana perilaku tanah jika terjadi gangguan dari luar.

Tabel 4. Klasifikasi Konsistensi Tanah Berdasarkan Nilai Kuat Tekan Bebas

Sifat Tanah	Unconfined Compression Test
Very soft (sangat lunak)	< 0,25 kg/cm ²
Soft (lunak)	0,25 – 0,50 kg/cm ²
Firm/Medium (tengah)	0,50 – 1,00 kg/cm ²
Stiff (kenyal)	1,00 – 2,00 kg/cm ²
Very stiff (sangat kenyal)	2,00 – 4,00 kg/cm ²
Hard (keras)	> 4,00 kg/cm ²

Sumber : Das, 1994

G. Penelitian Terdahulu

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

1. Hamzah Yusuf (2013) : Model Deformasi Perkerasan Rigid dengan Subgrade Sedimen Pengerukan Stabilisasi Semen.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik dasar material tanah sedimen pengerukan Dam Bili-bili, perubahan kapasitas daya dukung tanah sedimen pengerukan stabilisasi semen, model deformasi subgrade material sedimen stabilisasi semen, dan model deformasi elastis perkerasan jalan rigid dengan subgrade sedimen pengerukan stabilisasi semen. Berdasarkan hasil penelitian kuat tekan bebas untuk sedimen pengerukan stabilisasi semen dengan waktu

pemeraman 3,7,14, dan 28 hari dengan penambahan semen 0%, 5%, 10%, dan 20%, didapatkan nilai kuat tekan bebas pada penambahan semen 0% yaitu sebesar 0,315 kg/cm² pada waktu pemeraman 3 hari, 0,339 kg/cm² pada waktu pemeraman 7 hari, 0,346 kg/cm² pada waktu pemeraman 14 hari, 0,352 kg/cm² pada waktu pemeraman 28 hari. Untuk penambahan semen 5% didapatkan nilai kuat tekan bebas sebesar 1,300 kg/cm² pada waktu pemeraman 3 hari, 1,843 kg/cm² pada waktu pemeraman 7 hari, 2,359 kg/cm² pada waktu pemeraman 14 hari, 3,387 kg/cm² pada waktu pemeraman 28 hari. Untuk penambahan semen 10% didapatkan nilai kuat tekan bebas sebesar 2,551 kg/cm² pada waktu pemeraman 3 hari, 3,555 kg/cm² pada waktu pemeraman 7 hari, 4,517 kg/cm² pada waktu pemeraman 14 hari, 5,464 kg/cm² pada waktu pemeraman 28 hari. Sedangkan, untuk penambahan semen 20% didapatkan nilai kuat tekan bebas sebesar 6,775 kg/cm² pada waktu pemeraman 3 hari, 9,242 kg/cm² pada waktu pemeraman 7 hari, 11,576 kg/cm² pada waktu pemeraman 14 hari, 14,451 kg/cm² pada waktu pemeraman 28 hari. Nilai kuat tekan bebas tertinggi terdapat pada tanah sedimen terstabilisasi semen 20% dengan nilai kuat tekan bebas sebesar 14,451 kg/cm² pada waktu pemeraman 28 hari.

2. Pretty Prescilia Takaen, S. Monintja, J. H. Ticoth, dan J. R. Sumampouw (2013) : Pengaruh Stabilisasi Semen Terhadap Swelling Lempung Ekspansif.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui *swelling* berdasarkan nilai indeks plastisitas dan nilai daya dukung berdasarkan pengujian Kuat Tekan Bebas (UCT). Kadar air benda uji diambil dari hasil pemadatan proctor standar dengan variasi campuran semen 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%. Semen merupakan salah satu bahan stabilisasi yang mudah diperoleh dan efektif. Semen memiliki kemampuan mengeras dan mengikat partikel yang sangat bermanfaat untuk mendapatkan suatu masa tanah yang kokoh dan tahan terhadap deformasi.

Berdasarkan hasil pengujian karakteristik tanah asli didapatkan parameter tanah yaitu kadar air sebesar 3,9%, Batas Cair 75%, Batas Plastis 36%, Indeks Plastis sebesar 39%, Berat Jenis 2,6334, dan Persentase lolos saringan No. 200 yaitu 52% dan berat isi kering maksimum sebesar 1,21 kg/cm³, sehingga tanah termasuk lempung anorganik dengan plastisitas tinggi (CH). Semakin besar persentase semen, nilai indeks plastisitas tanah semakin menurun dan dengan demikian *swelling* lempung ekspansif semakin berkurang dimana penurunan tertinggi terdapat pada penambahan 20% kadar semen yaitu sebesar 17%. Lempung ekspansif yang distabilisasi dengan semen (0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%) menunjukkan adanya peningkatan nilai daya dukung tanah yang cukup signifikan untuk setiap penambahan kadar

semen. Pada campuran semen sebesar 20% terjadi peningkatan nilai daya dukung sebesar 767.01 % dari daya dukung pada tanah asli yaitu 0,097 kg/cm² hingga 0,841 kg/cm². Dengan bertambahnya kadar semen, nilai berat isi tanah kering maksimum semakin bertambah yaitu sebesar 1,38 kg/cm³, sebaliknya dengan bertambahnya kadar semen, nilai kadar air optimum tanah semakin berkurang yaitu dari 41,6% hingga 30,4% pada penambahan kadar semen sebesar 20%.

3. Yuni Taryuni, Nono Suhana, dan Dhian D. Prayuda (2020) : Stabilisasi Tanah dengan Campuran Semen dan Silica Fume pada Pengujian Kuat Tekan Bebas (*Unconfined Compression Strength*).

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik jenis tanah asli dengan melakukan uji mekanik, mengetahui pengaruh penambahan semen dan *silica fume*, dan mengetahui nilai kuat tekan bebas pada tanah asli dan tanah campuran yang sudah dianalisis dengan melakukan pengujian *Unconfined Compression Strength* (UCS). Dalam penelitian ini pengambilan sampel tanah dari daerah Kenanga, Kecamatan Sindang, Kabupaten Indramayu sedangkan bahan stabilisasi dengan semen dan persentase silica fume.

Pemeriksaan sampel tanah dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Wiralodra Indramayu (UNWIR) dan Laboratorium Institut Teknologi Bandung (ITB). Sampel tanah ditambahkan dengan bahan stabilisasi yaitu semen dengan persentase campuran 2%, dan silica fume

dengan persentase campuran 5%, 10% dan 15% dari tanah asli kemudian di uji Berat Jenis, Atterberg, analisa saringan, pemadatan dan UCS (*Unconfined Compression Strength*). Pada pengujian pemadatan untuk kuat tekan bebas (*Unconfined Compression Strength*) dilakukan pemeraman terlebih dahulu selama 1 hari, setelah dilakukan pemeraman kemudian tanah di kompakasi dan dicetak dengan tabung ukuran diameter 3,8 cm dan tinggi 7,6 cm. Menurut USCS (*Unified Soil Classification System*) campuran tanah dengan variasi semen 2%, silica fume 5%, silica fume 10%, dan silica fume 15% termasuk kedalam kelompok MH yaitu tanah lanau anorganik dengan plastisitas tinggi. Sedangkan menurut *American Association Of State Highway And Transportation Officials* (AASHTO) tanah tersebut termasuk kedalam golongan A-5.

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan bebas, penggunaan campuran tanah asli dengan semen 2% dan campuran tanah asli + semen 2% + silica fume 5%, dan tanah asli + semen 2% + silica fume 10%, serta tanah asli + semen 2% + silica fume 15% menunjukkan peningkatan nilai kuat tekan bebas, yaitu dari 5,956 kg/cm² pada tanah asli hingga 10,993 kg/cm² pada penambahan semen 2% dan silica fume 15%. Hal ini disebabkan pada campuran semen dan silica fume mempunyai unsur yang membentuk pasta pengikat, ketika terhidrasi. Semen dan silica fume akan menjadi media perekat bila bereaksi dengan air dan tanah. Campuran tanah ini kemudian akan memadat dan membentuk massa yang keras akibat adanya proses sementasi.

4. Bravo 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, 1994). 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.

5. Hilda Sulaiman Nur (2018) : Studi Stabilisasi Tanah Lunak menggunakan Campuran Abu Batu Gunung dan Semen.

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui sifat-sifat fisik tanah asli sebelum dan sesudah distabilisasi menggunakan semen dan abu batu gunung dan menganalisis nilai uji kuat tekan bebas (UCT) tanah lunak sebelum dan sesudah distabilisasi dengan semen dan abu batu gunung. Penelitian ini dimulai dengan melakukan pengambilan sampel tanah lunak dan pengujian di laboratorium guna mengetahui nilai uji kuat tekan bebas (*Unconfined Compression Test*). Lokasi pengambilan material agregat halus (tanah) dari kelurahan Busoa, Kecamatan Batauga, dan filler (abu batu gunung) dari Kecamatan Pasarwajo hasil produksi AMP PT. Sarana Perkasa Ekalancar. Menurut sistem klasifikasi AASHTO, dimana diperoleh data berupa persentase tanah lolos ayakan no. 200 sebesar 6,36% dan nilai batas cair (liquid limit) sebesar 36,00% sehingga tanah sampel dapat diklasifikasikan dalam jenis tanah A-4.

Menurut sistem klasifikasi USCS, dari hasil plot grafik klasifikasi USCS diperoleh tanah termasuk dalam kelompok ML yaitu lanau berpasir dengan plastisitas rendah. Dari hasil uji pemadatan tanah yang dilakukan pada tanah asli diperoleh nilai berat isi kering tanah sebesar 1,29 gr/cm³. Sampel tanah terdiri dari 5 (lima) variasi campuran terdiri dari tanah asli, tanah asli dengan penambahan 2% semen, tanah asli dengan penambahan 2% abu batu gunung dan 2% semen, tanah asli dengan penambahan 5% abu batu gunung dan 2% semen, dan tanah asli dengan

penambahan 10% abu batu gunung dan 2% semen. Dari uji *Unconfined Compression Test* yang dilakukan pada masa pemeraman 3 hari pada tanah asli diperoleh nilai kuat tekan tanah sebesar 0,051 kg/cm², pada campuran tanah dan 2% PC diperoleh nilai kuat tekan sebesar 0,058 kg/cm², sedangkan dari komposisi campuran tanah dengan semen dan abu batu gunung diperoleh nilai maksimum pada variasi komposisi 2% PC + 10% ABG yakni memiliki nilai kuat tekan sebesar 0,102 kg/cm². Saat masa pemeraman 7 hari tanah asli memperoleh nilai sebesar 0,075 kg/cm² dan dari komposisi campuran tanah dengan semen dan abu batu gunung diperoleh nilai maksimum pada variasi komposisi tanah asli + 2% PC + 10% ABG yang memiliki nilai kuat tekan sebesar 0,126 kg/cm². Masa pemeraman 14 hari tanah asli memperoleh nilai sebesar 0,078 kg/cm², nilai 2% PC sebesar 0,094 kg/cm², sedangkan dari komposisi campuran tanah dengan semen dan abu batu gunung diperoleh nilai maksimum pada variasi komposisi 2% PC + 10% AB yaitu memiliki nilai kuat tekan sebesar 0,161 kg/cm².

6. Roni Indra Lesmana, Muhardi, dan Soewignjo Agus Nugroho (2016) : Stabilitasi 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 kecendrungan 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 dikarnakan 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.