

**TUGAS AKHIR**  
**STUDI KOMPARASI SIKLUS BASAH KERING TERHADAP NILAI**  
**KUAT TEKAN TANAH DENGAN BERBAGAI JENIS ADITIF**

***COMPARISON STUDY OF WET - DRY CYCLE TOWARDS SOIL***  
***STRENGTH VALUE WITH VARIOUS TYPES OF ADDITIVE***

**GARY MICHEL SARUNGU**

**D111 16 302**



**PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**2020**

**LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR)**

**STUDI KOMPARASI PENGARUH SIKLUS BASAH KERING TERHADAP NILAI  
KUAT TEKAN TANAH TERSTABILISASI BERBAGAI JENIS ADITIF**

**Disusun dan diajukan oleh:**

**GARY MICHEL SARUNGU**

**D111 16 302**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 6 Juli 2021 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

menyetujui,

Pembimbing Utama,



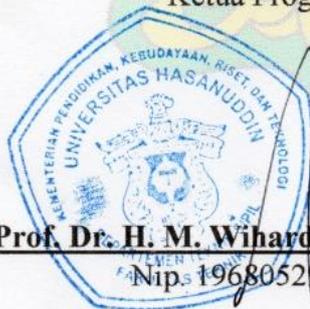
**Dr.Eng. Tri Harianto, ST, MT**  
NIP. 197203092000031002

Pembimbing Pendamping,



**Siti 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 : Gary Michel Sarungu  
NIM : D111 16 302  
Program Studi : Teknik Sipil  
Jenjang : S1

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul :

### **STUDI KOMPARASI SIKLUS BASAH KERING TERHADAP NILAI KUAT TEKAN TANAH DENGAN BERBAGAI JENIS ADITIF**

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 , 13 Juli 2021

Yang membuat pernyataan,



GARY MICHEL S  
NIM: D111 16 302

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada 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 bukanlah proses yang singkat dalam pembuatannya . Perjalanan yang dilalui penulis dalam menyelesaikan skripsi ini tidak lepas dari tangan-tangan 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. Kedua orang tua tercinta, yaitu ayah **Sergius Sarungu, SE**, dan ibu **Yuliana Embong Bulan, SE**, yang selalu mendukung dan mendoakan dalam perjalanan hidup ini sehingga dapat menyelesaikan salah satu bagian yang harus dijalani yaitu masa studi selama perkuliahan
2. Bapak **Prof. Dr. Ir. Muhammad Arsyad Thaha, MT**, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar.
3. 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
4. Bapak **Dr. Eng. Tri Harianto, ST, MT**, selaku dosen pembimbing I dan Kepala KKD Geotek, atas segala bimbingan, wawasan , arahan dan pengalaman yang dibagikan bersama , serta waktu yang boleh diluangkan hingga tugas akhir ini dapat diselesaikan
5. Ibu **Siti Hijraini Nur, ST. MT**, selaku dosen pembimbing II, yang dengan sabar telah meberikan arahan, bimbingan serta wawasan tamabahn dalam menunjang tugas akhir ini lebih baik.
6. Bapak **Dr. Ir. Abd. Rachman Djamaluddin, M.T**, selaku Kepala Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Hasanuddin, yang telah memberikan wawasan dan kesempatan kepada penulis sebagai asisten laboratorium sehingga dapat memperoleh ilmu tambahan serta pengalaman yang sangat berarti.

7. Seluruh dosen, staf dan karyawan Departemen Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar yang telah banyak membantu dalam mendukung penulisan tugas akhir ini.
8. Saudara terkasih, yaitu **Gabriella Tiku Sarungu** atas dukungan selama ini , baik dalam hal motivasi dan doa – doa yang selalu dipanjatkan.
9. Kepada sahabat – sahabat seperjuangan Asisten Laboratorium Mekanika Tanah **Thasya Belinda C.L, Tryanto Chrima Ratu, dan Nur Muthiah** , yang selalu saling menyamangati satu sama lain dan teman diskusi yang sangat bermanfaat dalam pembuatan tugas akhir ini.
10. Rekan – rekan asisten **Laboratorium Mekanika Tanah** , yang senantiasa menemani bertukar pikiran dan canda tawa serta duka bersama
11. Keluarga **KMKO SIPIL 2016** yang selalu memberikan dukungan dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Kiranya Tuhan Yang Maha Esa selalu memberikan berkat yang berlimpah kepada kita semua. Akhir kata penulis menyadari bahwa di dalam tugas akhir ini jauh dari kata sempurna sehingga penulis mengharapkan adanya saran baik dari pembaca ataupun pihak lain. Semoga karya ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Gowa, 13 Juli 2021

Hormat saya,

**Gary Michel Sarungu**

## ABSTRAK

Tanah merupakan material alam yang dapat kita jumpai dimanapun kita berada. Di dalam dunia konstruksi, tanah memiliki peranan dasar yang sangat penting dalam suatu konstruksi baik itu pekerjaan gedung, jalan, jembatan, bendungan dan pekerjaan – pekerjaan lainnya yang termasuk dalam ranah konstruksi atau dunia teknik sipil. .

Dalam pekerjaan konstruksi biasa dihadapkan dengan berbagai permasalahan yang terdapat dalam pekerjaan tersebut, salah satunya yaitu area lokasi pekerjaan. Terkadang tanah di area pekerjaan konstruksi memiliki karakteristik tanah yang tidak mendukung. Permasalahan tersebut belum tentu memiliki solusi yang mudah untuk dipecahkan seperti pindah lokasi area ataupun yang lainnya. .

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan pengaruh siklus basah – kering terhadap nilai kuat tekan tanah terstabilisasi berbagai jenis aditif.

Untuk mengetahui pengaruh penambahan tersebut maka dilakukan pengujian tanah dengan variasi campuran yaitu Tanah asli + 3% Zeolit, tanah asli + 3% Zeolit + 2% Alkali Aditif, dan tanah asli + 10% Semen + 2% Alkali Aditif Tanah asli yang digunakan adalah tanah yang berlokasi disekitaran Kampus Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan. Pencampuran tanah dengan bahan stabilisasi ini dilakukan dalam proses siklus basah-kering sebanyak 2 siklus.

Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh nilai kuat tekan tertinggi dari tiga jenis variasi campuran tersebut yaitu pada variasi penambahan zeolite 3%. Seiring bertambahnya jumlah siklus basah kering tiap variasi campuran, dapat diketahui bahwa nilai kuat tekan setiap variasi campuran menurun

Kata Kunci : Lempung, Stabilisasi Tanah, Zeolit, Semen, Alkali Aditif, UCT, dan Siklus Basah Kering.

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
KATA PENGANTAR .....	3
ABSTRAK.....	5
DAFTAR ISI.....	6
DAFTAR TABEL.....	9
DAFTAR GAMBAR.....	10
BAB 1. PENDAHULUAN .....	11
A. Latar Belakang.....	11
B. Rumusan Masalah .....	13
C. Tujuan Penelitian .....	13
D. Batasan Masalah .....	13
E. Sistematika Penulisan.....	14
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA .....	16
A. Definisi Tanah .....	16
B. Klasifikasi Tanah.....	17
B.1. Sistem Klasifikasi AASHTO (American Association Of Highway and Transportation Official) .....	20
B.1. Sistem Klasifikasi USCS ( Unified Soil Clasification System) ...	24
C. Tanah Lempung.....	27

C.1. Hidrasi .....	29
C.2. Aktivitas .....	29
C.3. Flokulasi dan Dispersi .....	30
C.4. Pengaruh Air .....	31
C.5. Sifat Kembang Susut .....	32
D. Stabilisasi Tanah.....	33
E. Karakteristik Material Campuran .....	37
F. Kuat Tekan Tanah .....	50
G. Siklus Basah Kering .....	51
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN.....	59
A. Lokasi dan Waktu Penelitian .....	59
B. Metode Pengumpulan Data.....	59
C. Kerangka Alir Penelitian .....	60
D. Material .....	61
D.1. Tanah Asli .....	61
D.2. Zeolit .....	62
D.3. Alkali Aditif.....	63
E. Standar Pengujian .....	64
F. Variasi Pengujian .....	65
G. Pengujian Sampel.....	65
G.1 Uji Sifat Fisis.....	66
G.2 Uji Sifat Mekanis.....	66
H. Perancangan Komposisi Campuran.....	67
I. Proses Pembuatan Benda Uji .....	68
J. Pengujian Kuat Tekan Bebas dengan Perlakuan Siklus Basah Kering.....	68

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....	70
A. Karakteristik Sifat Fisis dan Mekanis Tanah Asli .....	70
A.1. Karakteristik Sifat Fisis Tanah .....	70
A.2. Karakteristik Sifat Mekanis Tanah .....	76
B. Karakteristik Sifat Mekanis Tanah Terstabilisasi dengan Berbagai Bahan Aditif.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
C. Pengaruh Siklus Basah – Kering Terhadap Nilai Kuat Tekan Tanah Terstabilisasi Berbagai Jenis Aditif ..	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
C.1. Nilai Kuat Tekan Tanah Terstabilisasi Berbagai Jenis Aditif pada Siklus Kering 1 .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
C.2. Nilai Kuat Tekan Tanah Terstabilisasi Berbagai Jenis Aditif pada Siklus Basah 1 .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
C.3. Nilai Kuat Tekan Tanah Terstabilisasi Berbagai Jenis Aditif pada Siklus Kering 2 .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
C.4. Nilai Kuat Tekan Tanah Terstabilisasi Berbagai Jenis Aditif pada Siklus Basah 2 .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
D. Komparasi Siklus Basah – Kering Terhadap Nilai Kuat Tekan Tanah Terstabilisasi Berbagai Jenis Aditif ..	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
BAB 5. PENUTUP .....	80
A. Kesimpulan .....	80
B. Saran .....	81
DAFTAR PUSTAKA .....	82

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Batas – Batas Ukuran Butir .....	19
Tabel 2 Klasifikasi Tanah Berdasarkan AASHTO.....	21
Tabel 3 Klasifikasi Tanah USCS .....	25
Tabel 4 Variasi Kadar Semen Sesuai Jenis Tanah Untuk Perkerasan Jalan (Pavement Consttuction) .....	46
Tabel 5 Komposisi Kimia Novocrete .....	49
Tabel 6. Klasifikasi Tanah Berdasarkan Nilai Kuat Tekan Bebas.....	51
Tabel 7 Standar pengujian sifat fisis dan mekanis berdasarkan ASTM .....	64
Tabel 8 Benda Uji Untuk Pengujian Tanah Asli .....	65
Tabel 9 Rancangan Variasi Campuran .....	67
Tabel 10 Klasifikasi Tanah untuk Lapisan Tanah Dasar Jalan Raya (Sistem AASHTO).....	75
Tabel 11. Rekapitulasi Hasil Pengujian Sifat Fisis dan Mekanis Tanah Asli.....	79
Tabel 12. Rekapitulasi Hasil Pengujian Kompaksi Pada Berbagai Variasi Campuran.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 13. Rekapitulasi Nilai Kuat Tekan Tiap Variasi Campuran pada Masa Peram 1 Jam.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 14. Rekapitulasi Nilai Kuat Tekan Tiap Variasi Campuran pada Siklus Kering 1 .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 15. Rekapitulasi Nilai Kuat Tekan Tiap Variasi Campuran pada Siklus Basah 1.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 16. Rekapitulasi Nilai Kuat Tekan Tiap Variasi Campuran pada Siklus Kering 2 .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 17. Rekapitulasi Nilai Kuat Tekan Tiap Variasi Campuran pada Siklus Basah 2.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 18. Rekapitulasi Nilai Kuat Tekan Tanah Terstabilisasi Berbagai Aditif terhadap Siklus beserta Konsistensinya .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 19 Rekapitulasi Nilai Kadar Air Tiap Variasi Campuran terhadap Siklus Basah Kering .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 20. Rekapitulasi Kenaikan Nilai Kuat Tekan Tanah Stabilsasi Terhadap Tanah Asli .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 21. Tabel Rekapitulasi Penurunan Nilai Kuat Tekan antar Siklus Setiap Variasi Campuran.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Batuan zeolit.....	41
<b>Gambar 2.</b> Bagan Alir Penelitian .....	61
Gambar 3. Tanah Asli.....	62
Gambar 4. <i>Zeolit</i> .....	62
Gambar 5 Alkali Aditif ( <i>Novocrete</i> ) .....	63
Gambar 6. Semen .....	64
Gambar 7 Grafik Hasil Pengujian Batas Cair .....	71
Gambar 8 Grafik Gradasi Butiran .....	72
Gambar 9. Penggolongan Klasifikasi Tanah Asli Menurut Sistem USCS. 74	
Gambar 10. Grafik Hubungan Antara Kadar Air dengan Berat Isi Kering Pada Tanah Asli .....	77
Gambar 11. Grafik Hubungan Antara Penetrasi dengan Nilai Beban Pada Tanah Asli.....	78
Gambar 12. Diagram Komparasi Nilai Berat Isi Maksimum Tiap Variasi Campuran .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 13. Diagram Komparasi Nilai Kuat Tekan Tiap Variasi Campuran pada Masa Peram 1 Jam .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 14. Diagram Komparasi Nilai Kuat Tekan Tiap Variasi Campuran pada Siklus Kering 1 .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 15. Diagram Komparasi Nilai Kuat Tekan Tiap Variasi Campuran pada Siklus Basah 1 .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 16. Diagram Komparasi Nilai Kuat Tekan Tiap Variasi Campuran pada Siklus Kering 2 .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 17. Diagram Komparasi Nilai Kuat Tekan Tiap Variasi Campuran pada Siklus Basah 1 .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>Gambar 18.</b> Grafik Komparasi Nilai Kuat Tekan Tiap Variasi Campuran terhadap Siklus Basah Kering .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 19 Grafik Komparasi Nilai Kadar Air Tiap Variasi Campuran Terhadap Siklus Basah – Kering .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

## **BAB 1. PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Tanah merupakan material alam yang dapat kita jumpai dimanapun kita berada. Proses terbentuknya tanah berasal dari pelapukan batuan yang telah mengalami proses secara fisik maupun kimiawi yang dapat berlangsung hingga jutaan tahun lamanya. Di dalam dunia konstruksi, tanah memiliki peranan dasar yang sangat penting dalam suatu konstruksi baik itu pekerjaan gedung, jalan, jembatan, bendungan dan pekerjaan – pekerjaan lainnya yang termasuk dalam ranah konstruksi atau dunia teknik sipil. Tanah memiliki perananan penting dalam bidang konstruksi karena tanah merupakan dasar daripada pengerjaan suatu konstruksi untuk didirikan.

Dalam pekerjaan konstruksi biasa dihadapkan dengan berbagai permasalahan yang terdapat dalam pekerjaan tersebut, salah satunya yaitu area lokasi pekerjaan. Terkadang tanah di area pekerjaan konstruksi memiliki karakteristik tanah yang tidak mendukung. Permasalahan tersebut belum tentu memiliki solusi yang mudah untuk dipecahkan seperti pindah lokasi area ataupun yang lainnya.

Selain itu, Indonesia merupakan suatu negara yang terletak di kawasan iklim tropis. Negara yang beriklim tropis memiliki 2 musim, yaitu musim kemarau dan musim hujan. Di Indonesia sendiri musim panas dan musim hujan cenderung dominan dalam jangka waktu tertentu. Pada

pekerjaan konstruksi, musim maupun cuaca juga sangat berpengaruh dalam kelangsungan suatu pekerjaan konstruksi. Terutama dalam pengerjaan konstruksi yang kaitannya dengan tanah. Hal ini disebabkan tidak semua tanah memiliki ketahanan yang stabil akibat perubahan cuaca dari basah – kering yang tidak menentu.

Jenis tanah di Indonesia yang biasa digunakan untuk pekerjaan konstruksi yaitu tanah lempung yang bersifat ekspansif, dimana tanah tersebut sangat sensitif dengan air . Dari beberapa masalah – masalah ini perlu dilakukan suatu perlakuan khusus terhadap tanah yang digunakan pada pekerjaan konstruksi untuk menunjang pekerjaan tetap berjalan dengan lancar.

Terdapat beberapa cara untuk memperbaiki atau meningkatkan karakteristik tanah, salah satunya yaitu dengan cara menggunakan bahan aditif atau bahan campuran yang bertujuan untuk menstabilisasi tanah. Maka dari itu, penulis tertarik melakukan penelitian yang berjudul :

**“STUDI KOMPARASI SIKLUS BASAH KERING TERHADAP NILAI  
KUAT TEKAN TANAH DENGAN BERBAGAI JENIS ADITIF”**

## **B. Rumusan Masalah**

Beberapa rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana karakteristik tanah lempung yang digunakan dalam penelitian?
2. Bagaimana perbandingan pengaruh penambahan berbagai jenis aditif pada nilai kuat tekan tanah?
3. Bagaimana perbandingan pengaruh siklus basah – kering terhadap nilai kuat tekan tanah terstabilisasi berbagai jenis aditif ?

## **C. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini ialah:

1. Mengetahui karakteristik tanah lempung yang digunakan dalam penelitian.
2. Mengetahui perbandingan pengaruh penambahan berbagai jenis aditif pada nilai kuat tekan tanah.
3. Mengetahui perbandingan pengaruh siklus basah – kering terhadap nilai kuat tekan tanah terstabilisasi berbagai jenis aditif.

## **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 lempung.
2. Penelitian ini hanya meneliti sifat-sifat fisis dan mekanis, dan tidak meneliti unsur kimia tanah tersebut.
3. 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 kadar organik
  - Pengujian UCT ( *Unconfined Compression Test* )
4. Bahan stabilisasi yang digunakan adalah *zeolite*, *novocrete*, dan semen.
5. Persentase berat stabilisator adalah terhadap berat tanah dengan kadar air mula-mula

#### **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 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. Tanah berguna sebagai bahan bangunan pada berbagai macam pekerjaan teknik sipil, disamping itu tanah berfungsi juga sebagai pendukung pondasi dari bangunan. (Das, 1995)

Menurut Suyono Sosrodarsono (1984:8) tanah didefinisikan sebagai partikel-partikel mineral yang tersemen maupun yang lepas sebagai hasil pelapukan dari batuan, dimana rongga pori antar partikel terisi oleh udara dan atau air. Akibat pengaruh cuaca dan pengaruh lainnya, tanah mengalami pelapukan sehingga terjadi perubahan ukuran dan bentuk butirannya. Pelapukan batuan dapat disebabkan oleh pelapukan mekanis, kimia dan organis.

Secara teknis tanah merupakan suatu lapisan sedimen lepas seperti kerikil (gravel), pasir (sand), lanau (silt), lempung (clay) atau suatu campuran dari bahan-bahan tersebut (M.J. Smith, 1984)

Menurut Harry Cristady Hardiyatmo (2002) tanah adalah himpunan mineral, bahan organik dan endapan-endapan yang relative lepas (loose), yang terletak diatas batuan dasar (bedrock). Ikatan antara butiran yang relative lemah dapat disebabkan oleh karbonat, zat organik atau oksida-oksida yang mengendap diantara partikel-partikel. Ruang diantara partikel-partikel dapat berisi air, udara maupun keduanya. Proses pelapukan batuan atau proses geologi lainnya yang terjadi di dekat permukaan bumi membentuk tanah. 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. Partikel-partikel mungkin berbentuk bulat, bergerigi maupun bentuk-bentuk diantaranya. Umumnya, pelapukan akibat proses kimia dapat terjadi oleh pengaruh oksigen., karbondioksida, air (terutama yang mengandung asam atau alkali) dan proses - proses kimia yang lain

## **B. Klasifikasi Tanah**

Dalam bidang teknik sipil, suatu tanah dapat meliputi setiap lapisan endapan lepas. Ini dapat meliputi pasir, lempung, kerikil, napal (marl) dan sebagainya. Supaya dapat membahas sifat-sifat dari tipe-tipe tanah yang berbeda, pertama-tama perlu untuk mempunyai beberapa cara untuk mengklasifikasikan mereka. Ada banyak cara untuk mengklasifikasi tanah,

berdasar asal geologis, berdasar kadar mineral, berdasar ukuran butir atau berdasar plastisitas. (MJ.Smith, 1984)

Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda – beda tapi mempunyai sifat yang serupa ke dalam kelompok – kelompok berdasarkan pemakaiannya. Sistem klasifikasi memberikan suatu bahasa yang mudah untuk menelaskan secara singkat sifat – sifat umum tanah yang sangat bervariasi tanpa penjelasan yang terperinci. (Braja Das, 1995)

Tanah yang terbentuk akibat penumpukan produk-produk pelapukan hanya di tempat asalnya saja disebut tanah residual. Sifat yang penting dari tanah residual adalah gradasi ukurannya. Butiran yang lebih halus umumnya terdapat di permukaan, dan ukuran butiran biasanya semakin besar dengan semakin dalam kedalamannya dari permukaan. Pada kedalaman yang besar, fragmen batuan yang bersudut runcing-runcing mungkin juga dapat dijumpai. Tanah-tanah yang terbawa ke tempat lain dapat diklasifikasikan menjadi beberapa kelompok, tergantung dari jenis pembawa dan cara pengendapan ( deposisi)-nya di tempat yang baru, sebagai berikut:

- a. Tanah *glacial* terbentuk karena transportasi dan deposisi oleh gletser (sungai es)
- b. Tanah *alluvial* terbentuk karena terangkut oleh air yang mengalir dan terdeposisi di sepanjang aliran ( sungai ).

- c. Tanah *lacustrine* terbentuk karena deposisi di danau-danau yang tenang.
- d. Tanah *marine* terbentuk karena deposisi di laut.
- e. Tanah *aeolian* terbentuk karena terangkut dan terdeposisi oleh angin.
- f. Tanah *colluvial* terbentuk oleh pergerakan tanah dari tempat asalnya karena gravitasi seperti yang terjadi pada saat tanah longsor. (Braja Das, 1995)

Berdasarkan gradasi atau ukuran butirannya, ada sejumlah sistem – sistem klasifikasi ukuran butir yang dipakai akan tetapi ‘British Standard Institution’ telah menerakan sistem yang dikembangkan oleh ‘Massachusetts Institute of Technology’ berhubung batas – batas pembagian utama yang dipakai kira – kira bersangkutan dengan perubahan – perubahan yang penting di dalam sifat – sifat teknis tanah. Adapun nilai – nilai batas ukuran butir tanah dapat dibedakan sebagai berikut (lihat tabel 1 ):

**Tabel 1.** Batas – Batas Ukuran Butir

Tipe	Perkiraan Ukuran Butir (mm)
Kerakal ( <i>Cobbles</i> )	200 – 60
Kerikil Kasar ( <i>Coarse gravel</i> )	60 – 20
Kerikil Sedang ( <i>Medium gravel</i> )	20 – 6
Kerikil Halus ( <i>Fine gravel</i> )	6 – 2
Pasir Kasar ( <i>Coarse sand</i> )	2 – 0,6

Pasir Sedang ( <i>Medium sand</i> )	0,6 – 0,2
Pasir Halus ( <i>Fine sand</i> )	0,2 – 0,06
Lanau Kasar ( <i>Coarse silt</i> )	0,06 – 0,02
Lanau Sedang ( <i>Medium silt</i> )	0,02 – 0,006
Lanau Halus ( <i>Fine silt</i> )	0,006 – 0,002
Lempung ( <i>Clay</i> )	< 0,002

Sumber : (MJ. Smith , 1984)

Dalam bidang teknik sipil sendiri, terdapat dua sistem klasifikasi tanah yang selalu dipakai dalam penentuan klasifikasi jenis tanah, yaitu sistem klasifikasi AASHTO (American Association Of Highway and Transportation Official) dan sistem klasifikasi USCS (Unified Soil Clasification System)

### **B.1. Sistem Klasifikasi AASHTO (American Association Of Highway and Transportation Official)**

Sistem klasifikasi tanah AASHTO dikembangkan sejak tahun 1929 adalah sistem yang biasa digunakan untuk keperluan jalan raya. Sistem ini membagi tanah menjadi tujuh kelompok besar yaitu A-1 sampai dengan A-7. Tanah diklasifikasikan berdasarkan persentase jumlah butiran tanah yang lolos no. 200 dan nilai batas atterberg-nya (PI dan LL). Klasifikasian tanah berdasarkan AASHTO dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2** Klasifikasi Tanah Berdasarkan AASHTO

Klasifikasi tanah	Tanah berbutir (35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No.200)						
	A - 1		A - 3	A - 2			
	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	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 lolos Ayakan No.40 Batas cair (LL) Indeks plastisitas (PI)	Maks. 6		NP	Maks.40 Maks.10	Min. 41 Maks.10	Maks.40 Min. 11	Min. 41 Min. 11
Tipe material yang paling dominan	Batu pecah, kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerikil dan pasir yang berlannau atau berlempung			
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Baik sekali sampai baik						
Klasifikasi tanah	Tanah lanau – lempung (Lebih dari 35% dari seluruh contoh tanah lolos						

	ayakan No.200			
Klasifikasi kelompok	A - 4	A - 5	A - 6	A - 7 A - 7-5* A - 7-6**
Analisa 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 (IP)	Maks. 40 Maks. 10	Min. 41 Maks. 10	Maks. 40 Min. 11	Min. 41 Min. 11
Tipe material yang paling dominan	Tanah berlanau		Tanah berlempung	
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Biasa sampai jelek			

(Sumber : Braja Das, 1995)

Dari tabel di atas, kelompok tanah yang terletak paling kiri adalah kelompok tanah yang paling baik dalam hal menahan beban roda, berarti yang paling baik sebagai bahan untuk tanah dasar. Semakin ke kanan letak kelompok tanah dalam tabel dari sistem AASHTO semakin berkurang kualitas tanah tersebut sebagai tanah dasar. Kelompok tanah berbutir kasar, A-1, A-2 dan A-3, didefinisikan sebagai berikut :

- A-1 adalah kelompok tanah yang terdiri dari kerikil dan pasir kasar dengan sedikit atau tanpa butir halus, dengan atau tanpa sifat-sifat plastis.
- A-2 sebagai kelompok batas antara kelompok tanah berbutir kasar dengan tanah berbutir halus. Kelompok A-2 ini terdiri dari campuran kerikil/pasir kasar dengan tanah berbutir halus yang cukup banyak (< 35%).
- A-3 adalah kelompok tanah yang terdiri dari pasir halus dengan sedikit sekali mengandung butir-butir halus yang lolos saringan No. 200 dan bersifat tidak plastis.

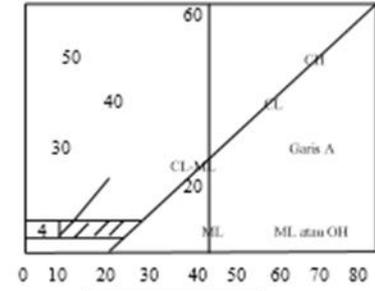
Kelompok tanah berbutir halus, A-4, A-5, A-6 dan A-7, didefinisikan sebagai berikut :

- A-4 adalah kelompok tanah lanau berplastisitas rendah.
- A-5 adalah kelompok tanah lanau yang mengandung lebih banyak partikel - partikel halus yang bersifat plastis. Sifat plastis tanah lebih besar dari kelompok A-4.
- A-6 adalah kelompok tanah lempung yang masih mengandung butir-butir pasir dan kerikil, tetapi sifat perubahan volume cukup besar.
- A-7 adalah kelompok tanah lempung yang lebih bersifat plastis. Tanah ini mempunyai sifat perubahan volume besar.

### **B.1. Sistem Klasifikasi USCS ( Unified Soil Clasification System)**

Sistem klasifikasi tanah ini yang paling banyak dipakai untuk pekerjaan teknik pondasi seperti untuk bendungan, bangunan dan konstruksi yang sejenis. Sistem ini biasa digunakan untuk perencanaan lapangan udara dan untuk spesifikasi pekerjaan tanah untuk jalan. Sistem klasifikasi berdasarkan hasil-hasil percobaan laboratorium yang paling banyak dipakai secara meluas adalah sistem klasifikasi kesatuan tanah. Percobaan laboratorium yang dipakai adalah analisa ukuran butir dan batas-batas konsistensi. Klasifikasi berdasarkan *Unified Soil Classification System* (Das, 1988), tanah dikelompokkan menjadi (lihat Tabel 3) :

Tabel 3 Klasifikasi Tanah USCS

Divisi Utama		Simbol	Nama Umum	Kriteria Klasifikasi	
Tanah berbutir kasar, 50% butiran tertahan saringan No. 200	Kerikil 50% >= fraksi kasar tertahan saringan No. 4	GW	Kerikil bergradasi-baik dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI > 7$ Bila batas Atterberg berada didaerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol ganda	
		GP	Kerikil bergradasi-buruk dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus		
		GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau		
		GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung		
	Pasir 50% >= fraksi kasar lolos saringan No. 4	Pasir bersih (hanya pasir)	SW	Pasir bergradasi-baik, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI > 7$ Bila batas Atterberg berada didaerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol ganda
			SP	Pasir bergradasi-buruk, 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%	ML	Lanau anorganik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung	Diagram Plastisitas: Untuk mengklasifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutir halus dan kasar. Batas Atterberg yang termasuk dalam daerah yang di arsir berarti batasan klasifikasinya menggunakan dua simbol. 
			CL	Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung "kering" ( <i>lean clay</i> )	
			OL	Lanau-organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah	
		Lanau dan lempung batas cair >= 50%	MH	Lanau anorganik atau pasir halus diatomae, atau lanau diatomae, lanau yang elastis	
CH			Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung "gemuk" ( <i>fat clay</i> )		
OH			Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi		
MH atau OH					
Tanah-tanah dengan kandungan organik sangat tinggi	PT	Peat (gambut), muck, dan tanah-tanah lain dengan kandungan organik tinggi	Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488		

Sumber : Hary Christady, 1996.

- a. Tanah butir 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.
- b. 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* = tanah dengan gradasi baik (*well graded*)

*P* = tanah dengan gradasi buruk (*poorly graded*)

*L* = tanah dengan plastisitas rendah (*low plasticity*),  $LL < 50$

*H* = tanah dengan plastisitas tinggi (*high plasticity*),  $LL > 50$

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

- a. Persentase butiran yang lolos ayakan No. 200 (fraksi halus).
- b. Persentase fraksi kasar yang lolos ayakan No. 40.

- c. Koefisien keseragaman (*Uniformity Coefficient, Cu*) dan koefisien gradasi (*Gradation Coefficient, Cc*) untuk tanah dimana 0-12% lolos ayakan No. 200.
- d. Batas cair (*LL*) dan indeks plastisitas (*IP*) bagian tanah yang lolos ayakan No. 40 (untuk tanah dimana 5% atau lebih lolos ayakan No. 200).

### **C. Tanah Lempung**

Pelapukan tanah akibat rekasi kimia menghasilkan susunan kelompok partikel berukuran koloid dengan diameter butiran lebih kecil dari 0,002 mm, yang disebut mineral lempung. Partikel lempung berbentuk seperti lembaran yang mempunyai permukaan khusus, sehingga lempung mempunyai sifat sangat dipengaruhi oleh gaya – gaya permukaan. Terdapat kira – kira 15 macam mineral yang diklasifikasikan sebagai mineral lempung. Diantaranya terdiri dari kelompok – kelompok : *montmorillonite, illite, kaolinite, polygorskite, chlorite, vermiculite dan halloysite.*(Hardiyatmo, 2002 )

Lempung (clay) sebagian besar terdiri dari partikel mikroskopis dan submikroskopis (tidak dapat dilihat dengan jelas bila hanya dengan mikroskop biasa) yang berbentuk lempengan – lempengan pipih dan merupakan partikel – partikel dari mjka, mineral – mineral lempung (clay minerals) dan mineral – mineral yang sangat halus lainnya. (Braja Das, 1995 )

Tanah lempung umumnya terbentuk dari hidrat alumunium silica bercampur bahan organik, bersifat kohesif berplastis, mudah terkonsolidasi bila terbebani dan mempunyai kembang – susut akibat perubahan kadar air. Salah satu jenis tanah lempung adalah tanah lempung ekspansif. Tanah lempung ekspansif adalah tanah yang memiliki sifat kembang susut yang besar dan perilakunya sangat dipengaruhi oleh air, dan memiliki fluktuasi kembang susut yang tinggi. ( I Gusti Agung Ayu, 2014)

Tanah lempung sangat mudah dipengaruhi terhadap air. Karena pada tanah berbutir halus seperti tanah lempung, luas permukaan spesifik menjadi lebih besar, variasi kadar air akan mempengaruhi plastisitas tanah. Distribusi ukuran butir tanah umumnya bukan faktor yang mempengaruhi kelakuan tanah butiran halus. Identifikasi tanah jenis ini dilakukan dengan mengadakan uji batas – batas Atterberg. Partikel – partikel mempunyai muatan listrik negatif. Dalam suatu Kristal yang ideal, muatan – muatan negatif dan positif seimbang. Akan tetapi, akibat susbtitusi isomorf dan kontinuitas perepecahan susunannya, terjadi muatan negatif pada permukaan patikel lempung. Untuk mengimbangi muatan negatif tersebut, partikel lempung menarik ion muatan positif (kation) dari garam yang ada di dalam air pori. Hal ini disebut pertukaran ion. (Hardiyatmo, 2002 )

Adapun sifat-sifat umum dari mineral lempung, yaitu :

### **C.1. Hidrasi**

Partikel mineral lempung biasanya bermuatan negatif sehingga partikel lempung hampir selalu mengalami hidrasi, yaitu dikelilingi oleh lapisan-lapisan molekul air dalam jumlah yang besar. Lapisan ini sering mempunyai tebal dua molekul dan disebut lapisan difusi, lapisan difusi ganda atau lapisan ganda adalah lapisan yang dapat menarik molekul air atau kation yang di sekitarnya. Lapisan ini akan hilang pada temperatur yang lebih tinggi dari 60°C sampai 100°C dan akan mengurangi plastisitas alamiah, tetapi sebagian air juga dapat menghilang cukup dengan pengeringan udara saja.

### **C.2. Aktivitas**

Aktivitas (*A*) tanah lempung merupakan perbandingan antara indeks plastisitas (*PI*) dengan persentase butiran yang lebih kecil dari 2 µm yang dinotasikan dengan huruf *C* dan disederhanakan dalam persamaan berikut :

$$A = \frac{PI}{C}$$

Aktivitas digunakan sebagai indeks untuk mengidentifikasi kemampuan mengembang dari suatu tanah lempung. Klasifikasi mineral lempung berdasarkan nilai aktivitasnya, yaitu :

- 1) *Montmorillonite* : Tanah lempung dengan nilai aktivitas ( $A$ )  $\geq 7,2$
- 2) *Illite* : Tanah lempung dengan nilai aktivitas ( $A$ )  $\geq 0,9$  dan  $< 7,2$
- 3) *Kaolinite* : Tanah lempung dengan nilai aktivitas ( $A$ )  $\geq 0,38$  dan  $< 0,9$
- 4) *Polygorskite* : Tanah lempung dengan nilai aktivitas ( $A$ )  $< 0,38$

Ada tiga klasifikasi dari lempung berdasarkan nilai aktivitasnya:

- *Inactive* untuk nilai aktivitas di bawah 0,75.
- *Normal* untuk nilai aktivitas diantara 0,75 dan 1,25.
- *Active* untuk nilai aktivitas di atas 1,25

### C.3. Flokulasi dan Dispersi

Apabila mineral lempung terkontaminasi dengan substansi yang tidak mempunyai bentuk tertentu atau tidak berkristal ("*amorphous*") maka daya negatif netto, ion-ion  $H^+$  di dalam air, gaya Van der Waals, dan partikel berukuran kecil akan bersama-sama tertarik dan bersinggungan atau bertabrakan di dalam larutan tanah dan air. Beberapa partikel yang tertarik akan membentuk *flok* ("*flock*") yang berorientasi secara acak, atau struktur yang berukuran lebih besar akan turun dari larutan itu dengan cepatnya dan membentuk sendimen yang sangat lepas. Flokulasi larutan dapat dinetralsir dengan menambahkan bahan-bahan yang mengandung asam (ion  $H^+$ ), sedangkan penambahan bahan-bahan alkali akan mempercepat flokulasi. Lempung yang baru saja berflokulasi dengan

mudah tersebar kembali dalam larutan semula apabila digoncangkan, tetapi apabila telah lama terpisah penyebarannya menjadi lebih sukar karena adanya gejala *thixotropic* (*"Thixotropy"*), dimana kekuatan didapatkan dari lamanya waktu (Susanto, 2015).

#### **C.4. Pengaruh Air**

Air biasanya tidak banyak mempengaruhi kelakuan tanah non kohesif (granuler). Sebagai contoh, kuat geser tanah pasir mendekati sama pada kondisi kering maupun jenuh air. Tetapi, jika air berada pada lapisan pasir yang tidak padat, beban dinamis seperti gempa bumi dan getaran lainnya sangat mempengaruhi kuat gesernya. Sebaliknya, tanah berbutir halus khususnya lempung akan banyak dipengaruhi oleh air. Karena pada tanah berbutir halus, luas permukaan spesifik lebih besar, variasi kadar air akan mempengaruhi plastisitas tanah. Distribusi ukuran butir tanah umumnya bukan faktor yang mempengaruhi kelakuan tanah berbutir halus. Identifikasi tanah jenis ini dilakukan dengan mengadakan uji batas-batas atterberg. Air yang tertarik secara elektrik, yang berada disekitar partikel lempung disebut air lapisan ganda (*double-layer water*). Sifat plastis tanah lempung adalah akibat eksistensi dari lapisan ganda (Susanto, 2015).

### **C.5. Sifat Kembang Susut**

Tanah-tanah yang banyak mengandung lempung mengalami perubahan volume ketika kadar air berubah. Pengurangan kadar air menyebabkan lempung menyusut, dan sebaiknya bila kadar air bertambah lempung mengembang (Hardiyatmo, 2010). Perubahan inilah yang berbahaya untuk bangunan di atasnya.

Menurut (Hardiyatmo, 2010) derajat pengembangan bergantung pada beberapa faktor, yaitu :

- 1) Tipe dan jumlah mineral lempung yang ada di dalam tanah;
- 2) Luas spesifik lempung;
- 3) Susunan tanah;
- 4) Konsentrasi garam dalam air pori;
- 5) Valensi kation;
- 6) Sementasi;
- 7) Adanya bahan organik;
- 8) Kadar air awal, dan sebagainya.

Secara umum sifat kembang susut tanah lempung tergantung pada sifat plastisitasnya, semakin plastis mineral lempung semakin potensial untuk mengembang dan menyusut.

#### **D. Stabilisasi Tanah**

Dalam rekayasa konstruksi bangunan sipil, sering ditemukan lapisan tanah yang memiliki daya dukung rendah (*low strength*), yang sangat mempengaruhi beberapa tahapan rancang bangun konstruksi, baik dalam tahap perencanaan (*design*), tahap pelaksanaan (*perform*), maupun operasional dan pemeliharaan (*Operational and Maintenance*). Dalam pengertian secara teknis, daya dukung tanah adalah kemampuan tanah memikul tekanan dan/atau melawan penurunan akibat pembebanan yaitu tahanan geser yang disebarkan oleh tanah disepanjang bidang – bidang gesernya. Rendahnya daya dukung dari suatu jenis lapisan tanah di suatu tempat, sangat dipengaruhi oleh minerologi tanah, yang mana minerologi tanah terbentuk dari proses pelapukan material batuan (unorganik) dan/atau material organik.

Selain permasalahan daya dukung tanah, terdapat juga permasalahan seperti permeabilitas tanah yang biasa diumpai di lapangan. Terkadang permeabilitas tanah diupayakan sekecil mungkin untuk tujuan optimalisasi kinerja konstruksi. Contoh pada pekerjaan konstruksi seperti bending tanggul urugan tanah, struktur sub grade jalan, lapisan backfill turap dan lain sebagainya. Namun, kadang pula diupayakan agar nilai permeabilitas pada lapisan tanah diperbesar. Contoh untuk lapisan top soil pada recharge area suatu akuifer harus diupayakan lapisan permukaan tanah yang memiliki permeabilitas tinggi,

agar proses infiltrasi air permukaan ke dalam zona akuifer lebih mudah dan akan menghasilkan input air tanah ke dalam akuifer yang lebih besar.

Dari kedua permasalahan yang biasa dijumpai ini, perlu dilakukan suatu tindakan yang dapat mengubah atau merekayasa sifat asli dari tanah. Semua tindakan mengubah sifat – sifat asli dari pada tanah, untuk diseuaikan 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 property tanah untuk memperbaiki kinerja tekniknya . Dalam pengertian ini Lambe memaknai sifat – sifat tanah (soil property) mencakup sifat mikroskopis dan makroskopis dari massa tanah.
2. 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
3. Ingles & Metcalf (1980) mengatakan bahwa perubahan sifat tanah untuk memenuhi persyaratan teknik tertentu, dikenal sebagai stabilisasi tanah.

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 serta kinerja tanah sesuai syarat teknis yang dibutuhkan, dengan menggunakan bahan kimiawi (additive), pencampuran tanah (re-gradation), pengeringan tanah (dewatering) atau memalui penyaluran energi statis / dinamis ke dalam lapisan tanah (fisik)
2. Perkuatan tanah (soil reinforcement) : adalah suatu jenis stabilisasi tanah yang dimaksudkan untuk memperbaiki dan mempertahankan kemampuan dan kinerja tanah sesuai syarat teknis yang dibutuhkan, dengan memberikan material sisipan ke dalam lapisan tanah tersebut.

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 tujuan stabilisasi yang ingin dicapai. Contohnya stabilisasi dengan metal strip, geotextile, geomembrane, geogrid, vertical drain, dan lain sebagainya.

Adapun tujuan dilakukannya stabilisasi tanah, diantaranya yaitu :

- Meningkatkan daya dukung tanah
- Meningkatkan kuat geser tanah
- Memperkecil kompresibilitas dan penurunan tanah
- Memperkecil permeabilitas tanah ( contoh : konstruksi tanggul )
- Memperbesar permeabilitas tanah ( contoh : pekerjaan dewatering dan sand lease )
- Memperkecil potensi kembang susut pada tanah (swelling potential)

## E. Karakteristik Material Campuran

### 1. Zeolit

Nama zeolit berasal dari kaa “*zein*” yang berarti mendidih dan “*lithos*” yang artinya batuan, disebutkan demikian karena mineral ini mempunyai sifat mendidih atau mengembang apabila dipanaskan. Zeolit merupakan batuan atau mineral alam yang secara kimiawi termasuk golongan mineral silika dan dinyatakan sebagai alumina silika terhidrasi, berbentuk halus, dan merupakan hasil produk sekunder yang stabil pada kondisi permukaan karena berasal dari proses sedimentasi, pelapukan maupun aktivitas hidrotermal ( Sutarti 1994)

Mineral zeolite dikenal sebagai bahan alam dan umumnya dalam bentuk batuan *clinoptilolite*, *mordenite*, *barrerite*, *chabazite*, *stilbite*, *analcime* dan *laumontite*, sedangkan *offertie*, *paulingite*, dan *mazzite* hanya sedikit dan jarang dijumpai. Zeolit merupakan senyawa aluminium silika (Si/Al) yang mempunyai pori dan luas permukaan yang relative besar, sehingga mempunyai sifat absorpsi yang tinggi. Zeolit dengan kandungan Si yang tinggi seperti *clinoptilolite*, *mordenite*, dan *ferrierite* dikelompokkan sebagai batuan *acidic* ( Setyowati,2002)

Zeolit merupakan suatu bahan stabilisasi tanah yang sangat cocok digunakan untuk meningkatkan kondisi tanah atau material yang memiliki nilai atau kandungan di bawah standar yang ingin dicapai.

Penambahan zeolite ini akan meningkatkan kepadatan, meningkatkan kepadatan, meningkatkan ikatan antar partikel dalam tanah, daya dukung, kuat tekan serta kuat geser material tanah, sehingga memungkinkan pembangunan konstruksi di jalan raya.

Karena sifat fisika dan kimia zeolite yang unik, sehingga dalam dasawarsa ini, zeolite oleh para peneliti dijadikan sebagai mineral serbaguna. Sifat – sifat unik tersebut meliputi dehidrasi, adsorben, dan penyaring molekul, katalisator dan penukaran ion. Zeolit mempunyai sifat dehidrasi ( melepaskan molekul  $H_2O$  ) apabila dipanaskan. Pada umumnya struktur kerangka zeolite akan menyusut. Tetapi kerangka dasarnya tidak mengalami perunahan secara nyata. Disini molekul  $H_2O$  seolah – olah mempunyai posisi spesifik yang dapat dikeluarkan secara reversibel.

Sifat zeolit sebagai adsorben dan penyaring molekul, dimungkinkan karena struktur zeolit yang berongga, sehingga zeolite mampu menyerap sejumlah besar molekul yang berukuran lebih kecil atau sesuai dengan ukuran rongganya. Selain itu Kristal zeolite yang telah terdehidrasi merupakan adsorben yang selektif dan mempunyai efektivitas adsorpsi yang tinggi.

Kemampuan zeolit sebagai katalis berkaitan dengan tersedianya pusat – pusat aktif dalam saluran antar zeolit. Pusat – pusat aktif tersebut terbentuk karena adanya gugus fungsi asam tipe Bronsted

maupun Lewis. Perbandingan kedua jenis asam ini tergantung pada proses aktivasi zeolite dan kondisi rekasi. Pusat – pusat aktif yang bersifat asam ini selanjutnya dapat mengikat molekul – molekul basa secara kimiawi. Sedangkan sifat zeolit sebagai penukar ion karena adanya kation logam alkali dan alkali tanah. Kation tersebut dapat bergerak bebas di dalam rongga dan dapat dipertukarkan dengan kation logam lainya dengan jumlah yang sama. Akibat struktur zeolite berongga, anion atau molekul berukuran lebih kecil atau sama dengan rongga dapat masuk dan terjebak . ( Dian Kusuma Rini, dkk. 2010 )

Pada zaman sekarang ini zeolit juga sering dimanfaatkan dalam bidang konstruksi sebagai bahan *additive*, adapun keuntungan pemakaian zeolit sebagai bahan campuran tanah adalah :

1. Memperbaiki dan meningkatkan kualitas mineral yang ada di dalam tanah
2. Meningkatkan ikatan antar partikel dalam tanah, sehingga dapat meningkatkan daya dukung dan kuat tekan tanah
3. Meningkatkan tahanan tanah terhadap geser yang terjadi di lereng

Zeolit yang akan digunakan sebagai bahan campuran stabilisasi tanah lempung merupakan zeolit yang sudah ditumbuk hingga membentuk ukuran p1 atau kurang dari 0,002 mm.

Adapun mekanisme kerja zeolit secara kimiawi pada tanah lempung antara lain :

1. Lempung terdiri dari partikel mikroskopik yang berbentuk plat yang mirip lempengan – lempengan kecil dengan susunan yang beraturan, mengandung ion (+) pada bagian muka/datar dan ion (-) pada bagian tepi platnya . Dalam kondisi kering, ikatan antar tepi plat cukup kuat menahan lempung dalam satu kesatuan, tetapi bagian tersebut sangat mudah menyerap air.
2. Karna komposisi mineraloginya, pada saat turun hujan, plat yang memiliki ion negative (anion) akan menarik ion positif (kation) air yang akan menyebabkan air tersebut menjadi air pekat yang melekat dan juga sekaligus sebagai perekat antar partikel satu dengan partikel lainnya dan tak hilang meski tanah lempung dalam kondisi kering sekalipun. Ini merupakan sifat alamiah dari tanah lempung yang mudah mengembang dan menyusut. Hal ini menyebabkan tanah lempung sulit digunakan untuk konstruksi.
3. Dengan komposisi kimianya, zeolite memiliki kemampuan yang sangat besar untuk melakukan sebagai penukar kation (*kation exchangers*), dan pengikat air. Pada saat zeolit dijadikan bahan campuran tanah, zeolit akan dapat mengikat molekul H<sub>2</sub>O

sehingga sebagian besar molekul tersebut tidak bercampur dengan tanah, yang mengakibatkan pada saat kondisi panas molekul H<sub>2</sub>O akan dilepaskan oleh zeolit sehingga pada saat tanah menjadi kerin, molekul H<sub>2</sub>O tidak tertahan di dalam tanah.



**Gambar 1** Batuan zeolit

## **2. Semen**

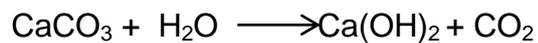
Semen adalah perekat hidraulik yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terdiri dari bahan utama silikat –silikat kalsium dan bahan tambahan batu gypsum dimana senyawa – senyawa tersebut dapat bereaksi dengan air dan membentuk zat baru bersifat perelkat pada bebatuan. Semen dalam pengertian umum adalah bahan yang mempunyai sifat *adhesive* dan *cohesive* , digunakan sebagai bahan pengikat (*bonding material*), yang biasanya dipake bersama – sama

dengan batu kerikil dan pasir. Semen dibagi menjadi dua kelompok yaitu

:

a. Semen non Hidraulis

Semen non hidraulis adalah semen yang tidak dapat mengeras dalam air atau tidak stabil dalam air. Contoh semen non *hidraulis (hydraulic binder)* adalah *lime* dimana *lime* merupakan perekat klasik dalam bangunan yang dibuat dengan memanaskan *limestone* pada suhu 850 ° C.  $\text{CaCO}_3$  dari *limestone* akan melepaskan  $\text{CO}_2$  dan menghasilkan *burn lime* atau *quick lime* ( $\text{CaO}$ ).



Produk ini bereaksi cepat dengan air menggunakan  $\text{Ca(OH)}_2$  dalam butiran yang halus dan  $\text{Ca(OH)}_2$  ini tidak dapat mengeras dalam air tetapi dapat mengeras bila bereaksi dengan  $\text{CO}_2$  dari udara sehingga membentuk  $\text{CaCO}_3$  kembali.

b. Semen Hidraulis

Semen hidraulis adalah semen yang dapat mengeras di dalam air sehingga menghasilkan padatan yang stabil dalam air. Karena mempunyai sifat *hidraulis*, maka semen tersebut bersifat :

- Dapat mengeras bila dicampur air
- Tidak larut dalam air
- Dapat mengeras walau di dalam air

Contoh semen *hydraulicis* adalah semen portland , semen campur, semen khusus dan sebagainya. Semen portland sangat umum dijumpai dalam kegiatan konstruksi . Semen Portland ialah semen hidrolisis yang dihasilkan dengan cara menghasilkan klinker terutama silikaat – silikat kalsium yang bersifat hidrolisis ( dapat mengeras jika bereaksi dengan air) dengan gips sebagai bahan tambahan.

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% (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 Portland 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% (SO<sub>3</sub>). Semen Portland tipe V dipergunakan untuk instalasi pengolahan

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. Berdasarkan pengalaman jenis semen yang paling efektif dipergunakan sebagai bahan stabilisasi dalam pekerjaan perbaikan tanah adalah semen portland. Hal ini dikarenakan ukuran partikel semen portland relative halus ( $\pm 20$  micron), sehingga proses hidrasi lebih cepat. (Darwis, 2017)

Hampir semua jenis tanah kecuali tanah yang mengandung kadar organic yang tinggi, dapat digunakan untuk stabilisasi dengan bahan semen, mulai dari tanah berbutir halus (lempung dan lanau) sampai jenis tanah granuler (pasir) . Namun karena pertimbangan biaya maka dalam mengambil keputusan dalam pemilihan bahan stabilisasi yang akan digunakan, perlu pula mempertimbangkan jenis bahan stabilisasi yang lain.

Jenis dan sifat – sifat teknis tanah sangat menentukan kadar semen pencampur (stabilizer) yang diperlukan dalam perbaikan tanah. Ingles & Metcalf (1972), memberikan korelasi antar kadar semen dengan tipe tanah asli yang akan diperbaiki. Seperti yang tercantum dalam tabel berikut.

**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*)

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)

Mekanisme reaksi antara mineral tanah dengan bahan semen, hamper sama dengan mekanisme pada kapur – tanah, yang diawali dengan rekasi pertukaran ion (*ionic change reaction*), dan akan berlanjut dengan reaksi sementasi. Proses adsorpsi air dan rekasi pertukaran ion segera terjadi bila semen ditambahkan pada tanah dengan air, dimana ion kalsium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) 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. Mekanisme rekasi antara semen dengan material tanah, dapat diurutkan sebagai berikut :

#### 1. Reaksi Pertukaran Ion

Reaksi pertukaran ion akan menghasilkan pembentukan kalsium silikat ( $\text{CaO.SiO}_2$ ) dan kalsium aluminat ( $\text{CaO.Al}_2\text{O}_3$ ). Proses rekasi 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 ( $3\text{CaO.SiO}_2$ ) dan B-lite ( $2\text{CaO.SiO}_2$ ), 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.

## 2. Reaksi sementasi

Reaksi sementasi yang terjadi pada campuran semen-tanah adalah merupakan reaksi pozzolanic. Dengan bertambahnya waktu reaksi, maka unsur silika ( $\text{SiO}_2$ ) dan unsur alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) 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 ). (Darwis 2017)

## 3. Alkali Aditif (*Novocrete*)

Alkali aditif atau Novocrete merupakan mineral bubuk 100% mineral, komponennya terdiri dari alkalin dan alkali tanah pilihan. Novocrete digunakan sebagai semen campuran aditif Tipe 1, Tipe 2 Semen Portland dengan nilai optimal yaitu 2% dari semen,

Campuran novocrete dengan takaran air yang optimal akan meningkatkan pembentukan pengkristalan selama proses hidrasi, sehingga menghasilkan kekuatan yang lebih tinggi, menetralkan tingkat Ph, juga membuat lapisan tidak tembus air.

Tanah lempung dan lanau dapat distabilisasikan dengan novocrete. serta tanah dengan kandungan garam yang tinggi dapat di stabilisasikan juga. (Munadrah, dkk, 2014).

**Tabel 5** Komposisi Kimia Novocrete

No	Unsur/Senyawa	Hasil (%)
1	Kalsium Oksida (CaO)	75.542
2	Klorin (Cl)	14.847
3	Kalium Oksida (K <sub>2</sub> O)	3.962
4	Sulfur Trioksida (SO <sub>3</sub> )	3.516
5	Silikon Dioksida(SiO <sub>2</sub> )	2.241
6	Ferioksida (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	2.196
7	Stronsium Oksida (SrO)	0.29
8	Bromin (Br)	0.221
9	Perak Oksida (Ag <sub>2</sub> O)	0.088
10	Mangan Oksida (MnO)	0.073
11	Rubidium Oksida (Rb <sub>2</sub> O)	0.024

(Sumber : Sumber: PT. Bumikharisma Lininusa, 2010)

## F. Kuat Tekan Tanah

Uji kuat tekan bebas atau UCT (Unconfined Compression Test) merupakan cara yang dilakukan di laboratorium untuk mengukur seberapa besar kuat dukung tanah menerima Kuat tekan yang diberikan sampai tanah tersebut terpisah dari butiran-butirannya dan juga regangan tanah akibat tekanan tersebut. Pada saat pengujian, benda uji diberi tegangan vertikal, sedangkan tegangan selnya sama dengan nol. Pada saat benda uji diberi beban maka luas contoh di bagian tengah akan membesar seiring dengan ditambahkannya tegangan. Tegangan aksial berangsur - angsur ditambah sampai benda uji mengalami keruntuhan. (Qunik Wiqoyah )

Kuat tekan bebas merupakan pengujian yang diperlukan untuk menyelesaikan masalah-masalah yang berkaitan dengan stabilisasi tanah. Kuat tekan bebas adalah besarnya beban aksial persatuan luas pada saat benda uji mengalami keruntuhan atau pada saat regangan aksial mencapai 20%. Hasil atau output dari pengujian kuat tekan bebas berupa nilai  $q_u$ . Besar kecilnya nilai  $q_u$  dapat menentukan sifat konsistensi tanah. Berikut di bawah ini merupakan tabel konsistensi tanah terhadap nilai kuat tekan bebas yang dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Klasifikasi Tanah Berdasarkan Nilai Kuat Tekan Bebas

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

Sumber : (Das, 1994)

Nilai kuat tekan bebas (Unconfined compressive strength),  $q_u$  didapat dari pembacaan proving ring dial yang maksimum.

$$q_u = \frac{kxR}{A}$$

Dimana :

= kuat tekan bebas.

= kalibrasi proving ring.

= pembacaan maksimum – pembacaan awal.

= luas penampang contoh tanah pada saat pembacaan R

### G. Siklus Basah Kering

Perubahan cuaca mengakibatkan terjadinya siklus basah kering secara berulang-ulang, sehingga tanah akan mengalami perubahan volume tanah akibat perubahan kadar air dan menurunnya faktor-faktor pendukung parameter tanah. ( Wardani Dkk, 2017 )

Keberlangsungan siklus basah kering yang terjadi secara alami ini, sangat mempengaruhi karakteristik tanah yang dapat mengubah sifa – sifat asli tanah terutama yang berkaitan dengan air seperti kembang susut tanah dimana hal ini berkaitan dengan kekuatan tanah itu sendiri.

Menurut Wijaya Seta ( 2006 ) terjadi penurunan potensi mengembang pada sampel tanah seiring dengan meningkatnya siklus berulang basah – kering. Pada benda uji tanah campuran kapur, tingkat penurunan potensi mengembang pada setiap perulangan siklus rata – rata pada tanah asli lebih tajam dibandingkan dengan benda uji dengan campuran kapur. Penambahan kapur pada benda uji (tanah asli) mempercepat kondisi stabil dan menambah kuat geser .

## **Penelitian Terdahulu**

Penelitian-penelitian terdahulu mengenai stabilisasi tanah dengan penambahan *zeolite* telah dilakukan. Seperti yang dilakukan oleh:

1. Try Atmojo (2020) :Uji Siklus Basah Kering Tanah Terstabilisasi Alkali Semen Terhadap Kuat Tekan.

Jenis tanah dalam pekerjaan kontruksi sipil merupakan jenis tanah yang sering di temui di lapangan yaitu jenis tanah lempung yang memiliki kemampuan menyerap air yang cukup tinggi. Stabilisasi yang di lakukan pada penelitian ini merupakan stabilisasi secara kimiawi yaitu dengan mencampurkan zat aditif alkalin dan semen terhadap tanah guna mencari kondisi baik tanah. Variasi campuran yaitu Tanah+2%AA(Aditif Alkalin)+ 2%,4%,serta 6% Semen dengan metodei siklus basah kering, perendaman menggunakan air payau dan air tawar sebanyak 3

siklus. untuk pengujian dilakukan uji sifat fisis tanah dan uji mekanis tanah yaitu uji kuat tekan bebas (UCT). Dari penelitian ini, diperoleh hasil uji sifat fisik pada tanah asli, yaitu kadar air 38.85%, berat jenis 2.65, batas cair 65.46% dan indeks plastisitas 35.03%. Berdasarkan klasifikasi USCS, sampel tanah tersebut termasuk dalam jenis CH (clay with high plasticity) dan hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kuat tekan bebas ( $q_u$ ) pada tanah asli sebesar 91.2 kN/m<sup>2</sup>. Pengaruh penambahan aditif alkalin terhadap kuat tekan tanah akibat perendaman air tawar dan air payau maka di dapatkan hasil, nilai ( $q_u$ ) kondisi kering meningkat apabila di campurkan alkali dan semakin tinggi ketika di variasikan dengan campuran semen. Pada kondisi basah ( $q_u$ ) tidak setinggi di bandingkan kondisi kering, namun di bandingkan dengan kuat tekan tanah asli, nilai ( $q_u$ ) dari penambahan aditif alkalin dan variasi campuran semen lebih tinggi di bandingkan nilai kuat tekan tanah aslinya serta nilai kuat tekan terhadap perendaman air payau lebih tinggi di bandingkan air tawar

## 2. Munadrah (2018) : Pengaruh Aditif Alkali pada Tanah Stabilisasi Semen Terhadap nilai CBR.

Dari hasil pengujian kompaksi setelah distabilisasi dengan aditif alkalin dengan semen, menunjukkan bahwa pada tanah

asli nilai berat isi kering dan kadar air optimumnya adalah 1,400 gr/cm<sup>3</sup> dan 32,39% dengan penambahan air untuk pengujian CBR sebesar 777 ml. Pada penambahan 2% aditif alkalin berat isi kering dan kadar air optimumnya adalah 1,429 gr/cm<sup>3</sup> dan 30,49% serta didapatkan penambahan air untuk pengujian CBR adalah 700 ml, kemudian pada penambahan 2% aditif alkalin dan 2% semen nilai berat isi kering dan kadar air optimumnya sebesar 1,439 gr/cm<sup>3</sup> dan 28,73% dengan nilai penambahan air pengujian CBR 628 ml. Penambahan 4% semen nilai berat isi kering dan kadar air optimumnya sebesar 1,458 gr/cm<sup>3</sup> dan 28,05% dengan penambahan air untuk pengujian CBR sebesar 599 ml. Pada penambahan 6% semen berat isi kering dan kadar air optimumnya mencapai 1,521 gr/cm<sup>3</sup> dan 26,89% serta didapatkan penambahan air untuk pengujian CBR adalah 550 ml. Jadi semakin besar kadar semen dengan kadar campuran aditif alkalin 2% maka kepadatan kering maksimumnya semakin meningkat namun nilai kadar air optimumnya semakin menurun. Hal ini disebabkan karena aditif alkalin dan semen memiliki daya pengikat yang tinggi, dimana mampu mempercepat pengkristalan selama proses hidrasi pada tanah sehingga lapisan tanah tidak mudah tembus air. Dari hasil pengujian penetrasi di dapat nilai CBR tanah asli 6,84%. Dari setiap penambahan kadar aditif alkalin 2% dengan 2%, 4% dan 6%

semen nilai CBR mencapai 22,04%. Hal ini dapat disimpulkan bahwa dengan meningkatkan persentase semen maka semakin meningkat bebannya, semakin meningkat pula nilai. CBR.

### 3. Thasya Belinda Cherry Leatemala (2021) : Karakteristik Tanah Terstabilisasi Zeolit

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan zeolit terhadap nilai CBR tanah, serta pengaruh masa pemeraman terhadap nilai CBR. Untuk mengetahui pengaruh penambahan zeolite terhadap nilai CBR, maka dilakukan dengan variasi penambahan zeolite sebesar 1%, 2%, 3%, dan 4%. Tanah asli yang digunakan adalah tanah yang berlokasi disekitar Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan. Pemeraman tanah terstabilisasi zeolit ini dilakukan dengan menggunakan masa pemeraman yakni 0 hari, 1 hari, 14 hari, dan 28 hari. Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh penambahan zeolit dan masa pemeraman berpengaruh untuk meningkatkan daya dukung tanah. Adapun penambahan optimum dari zeolite, yakni 3%. Yang mana terdapat nilai CBR maksimum sebesar 4,47x lipat dari tanah tanpa stabilisasi dengan masa pemeraman 28 hari.

4. Kintan Umari (2020): Efektifitas Penambahan Aditif terhadap Tanah Terstabilisasi Zeolit.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi campuran bahan stabilisasi dan waktu pemeraman terhadap nilai CBR Tanah. Penelitian ini menggunakan sampel tanah asli, zeolit dan alkali aditif (novocrete) sebagai bahan stabilisasi. Zeolit adalah mineral yang terbentuk dari kristal batuan gunung berapi yang terjadi karena endapan magma hasil letupan gunung berapi jutaan tahun yang lalu. Zeolit merupakan kristal aluminosilikat terhidrasi yang mengandung kation alkali dan alkali tanah. Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini yaitu uji sifat fisis tanah, uji kepadatan dan uji CBR. Variasi campuran yaitu penambahan 2% alkali aditif (novocrete) terhadap persentasi 1%, 2%, 3%, dan 4% zeolite terhadap berat total. Dari hasil pengujian diperoleh hasil bahwa tanah asli memiliki nilai CBR sebesar 6,84% , sehingga jenis tanah ini termasuk tanah yang buruk jika digunakan sebagai tanah dasar. Hasil pengujian terhadap tinjauan nilai CBR setelah ditambahkan zeolit dan alkali aditif (novocrete) terjadi peningkatan nilai seiring dengan bertambahnya penambahan bahan stabilisasi yang diberikan dan seiring dengan lamanya waktu pemeraman. Untuk hasil nilai CBR terbesar diperoleh pada pencampuran 2% alkali aditif

(novocrete) terhadap 4% zeolit pada masa waktu pemeraman 28 hari, nilai CBR yaitu sebesar 34,62%. Hasil ini menunjukkan bahwa penambahan zeolit dan alkali aditif (novocrete) dapat meningkatkan stabilitas dari tanah dan seiring dengan bertambahnya usia pemeraman daya dukung tanah tersebut juga semakin meningkat.

5. Nur Kholis ( 2018 ) : Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Semen dan Renolith

Tanah pada Universitas Islam "45" Bekasi termasuk klasifikasi tanah lempung organik (OH) yang mempunyai berat jenis 2,510, nilai indeks plastisitas 26,79 dengan plastisitas sedang-tinggi, berat isi kering 1,345 gram/cm<sup>3</sup> dengan kadar air optimum 33%, kuat tekan bebas 0,120 kg/cm<sup>2</sup>, sudut geser pada uji direct shear sebesar 26,33° dan kohesi 0,025 kg/cm<sup>2</sup> dan CBR 2,77% < 5% termasuk kategori buruk untuk lapisan dasar (subgrade) jalan. Variasi penambahan 10% semen tanpa renolith maupun 10% semen dan 3% atau 6% renolith dapat menurunkan nilai indeks plastisitas. Nilai IP tanah asli sebesar 26,79% secara berurut mengalami penurunan pada variasi 10% semen sebesar 20,44%, variasi 10% semen dan 3% renolith sebesar 12,19%,

variasi 10% semen dan 6% renolith sebesar 19,66%. Penurunan Nilai IP terbesar terjadi pada variasi 10% semen dan 3% renolith. 3. Penambahan 10% semen tanpa renolith maupun 10% semen dan 3% atau 6% dapat meningkatkan nilai CBR tanah asli. Nilai CBR tanah asli sebesar 2,77%, setelah distabilisasi menggunakan semen dan renolith secara berurut mengalami kenaikan sebesar 18,07%, 13,10% dan 8,39%. Peningkatan terbesar terjadi pada variasi 10% semen. Hasil pengujian UCS tanah asli sebesar 0,120 kg/cm<sup>2</sup>, peningkatan nilai UCS tertinggi terjadi pada variasi penambahan 10% semen sebesar 0,316 kg/cm<sup>2</sup>. Variasi penambahan 10% semen dan 3% atau 6% renolith juga mampu menaikkan nilai UCS. 5. Hasil pengujian direct shear tanah asli mempunyai nilai kohesi sebesar 0,0250 kg/cm<sup>2</sup> dengan sudut geser sebesar 26,33° setelah distabilisasi menggunakan 10% semen mengalami kenaikan nilai kohesi sebesar 0,044 kg/cm<sup>2</sup> dengan sudut geser 26,33°. Variasi penambahan 10% semen dan 3% renolith menaikkan nilai kohesi sebesar 0,040 kg/cm<sup>2</sup> namun menurunkan sudut geser. Nilai kohesi tertinggi terjadi pada variasi penambahan 10% semen tanpa renolith.