

TUGAS AKHIR

**PENGARUH VARIASI KANDUNGAN ZEOLIT SEBAGAI
BAHAN STABILISASI TANAH LATERIT TERHADAP KUAT
TEKAN TANAH**

***THE EFFECT OF A VARIETY OF ZEOLITE DEPOSITS AS A
POTENT STABILIZER TO LATERITE SOILS FOR
UNCOFINED COMPRESSIVE STRENGTH***

**MUH.ICHSAN
D111 14003**



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



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS HASANUDDIN
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL**

Jl. Peros Malino km. 6 Bontomarannu, 92172, Kab. Gowa, Sulawesi Selatan
☎ <http://civil.unhas.ac.id> ✉ civil@eng.unhas.ac.id

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan studi pada Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Makassar.

Judul Tugas Akhir

**PENGARUH VARIASI KANDUNGAN ZEOLIT SEBAGAI BAHAN
STABILISASI TANAH LATERIT TERHADAP KUAT TEKAN TANAH**

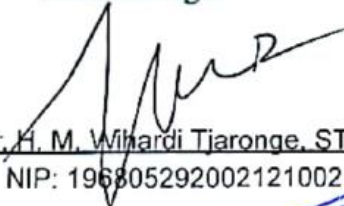
Disusun oleh

MUH.ICHSAN

D111 14003

Telah diperiksa dan disetujui oleh dosen pembimbing

Pembimbing I



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

NIP: 196805292002121002

Pembimbing II



Dr. Ir. Abd. Rahman Djalaluddin, MT

NIP: 195910101987031003



Ketua Departemen Teknik Sipil

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

NIP: 196805292002121002

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini, nama Muh. Ichsan dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul **“Pengaruh Variasi Kandungan Zeolit Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Laterit Terhadap Kuat Tekan Tanah”** 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 dan 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, 26 Juli 2021

Yang membuat
pernyataan,

A 5000 Rupiah Indonesian postage stamp is placed over the signature. The stamp features the Garuda Pancasila emblem and the text '5000', 'METRAI TEMPEL', and the serial number 'SDC4DAJX005198751'.

Muh. Ichsan
D111 14 003

KATA PENGANTAR

Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi dan memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis banyak mengalami hambatan, namun berkat bantuan, bimbingan dan kerjasama yang ikhlas dari berbagai pihak, akhirnya tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Untuk itu, dengan segala kerendahan hati penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, yaitu ayahanda **Hasan Siteng** dan ibunda **Hadisa** atas kasih sayang dan segala dukungan selama ini, baik spiritual maupun materil karena penulis tidak akan mampu sampai di titik ini jika tanpa nasihat, motivasi dan do'a yang tiada hentinya terpanjatkan kepada Allah SWT.
2. Bapak **Dr. Ir. Muhammad Arsyad Thaha, M.T.** selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar
3. Bapak **Prof. Dr. H. Muh. Wihardi Tjaronge, S.T., M.Eng** , selaku Ketua Departemen Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin dan Bapak **Dr. Eng. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T** selaku Sekretaris Departemen Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

4. Bapak **Prof. Dr. H. Muh. Wihardi Tjaronge, S.T., M.Eng** , selaku dosen pembimbing I , atas segala arahan dan bimbingan serta waktu yang telah diluangkannya dari dan hingga terselesainya skripsi ini serta mengajarkan kepada penulis tentang pentingnya kerja keras, gigih, dan teliti dalam mengerjakan sesuatu.
5. Bapak **Dr. Ir. Abd. Rahman Djamaluddin, M.T.** selaku dosen pembimbing II, yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan pengarahan mulai dari awal penelitian hingga terselesaikannya penulisan tugas akhir ini.
6. Bapak/Ibu **Dosen Departemen Sipil Fakultas Teknik** atas bimbingan, arahan, didikan, ilmu dan motivasi yang diberikan selama kurang lebih empat tahun perkuliahan.
7. Seluruh **Staf dan Karyawan** Departemen Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas segala bantuannya selama penulis menempuh perkuliahan.
8. Rekan-rekan di **Laboratorium Geoteknik Sipil** atas bantuan kepada penulis hingga terselesaikannya penulisan tugas akhir ini.
9. Saudara-saudariku **Teknik Sipil 2014** yang selalu menghadirkan canda tawanya, yang senantiasa memberikan semangat dan dorongan, yang telah banyak membantu dalam hal apapun, dan telah mewarnai kehidupan perkuliahan.

10. Serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebut satu persatu dengan semua bantuan, dan dukungan hingga terselesainya Tugas Akhir ini.

Tiada imbalan yang dapat diberikan penulis selain memohon kepada Tuhan Yang Maha Kuasa agar melimpahkan berkat-Nya kepada kita semua, Amin. Akhir kata penulis menyadari bahwa di dalam tugas akhir ini terdapat banyak kekurangan dan memerlukan perbaikan, sehingga dengan segala keterbukaan penulis mengharapkan masukan dari semua pihak. Semoga karya ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Gowa, Mei 2021

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian.....	3
D. Batasan Masalah.....	4
E. Sistematika Penulisan	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	7
A. Karakteristik Lempung.....	7
B. Struktur Mineral Lempung	7
C. Sifat Umum Mineral Lempung	8
D. Tanah Laterit	9
E. Zeolit.....	10
F. Stabilisasi Tanah	14
G. Berat Spesifik	16
H. Batas-Batas Atterberg	17
I. Pemadatan	18
J. Pengujian UCT	20
K. Penelitian Terdahulu	21
BAB 3. METODE PENELITIAN	26
A. Lokasi dan Waktu Penelitian	26
B. Metode Pengumpulan Data.....	26

C. Kerangka Alir Penelitian	27
D. Pekerjaan Laboratorium	29
E. Jumlah Sampel Penelitian	29
F. Pengujian Sampel	30
G. Prosedur Pelaksanaan	31
H. Metode Analisis	35
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	39
A. Karakteristik Tanah Laterit.....	39
B. Hasil dan Pembahasan Tanah Yang Distabilisasikan	50
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	58
A. Kesimpulan.....	58
B. Saran.....	58
DAFTAR PUSTAKA.....	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Struktur Dasar Mineral Lempung(DAS,1995).....	8
Gambar 2. Zeolit dan bentuk batuan(unscale)	11
Gambar 3. Struktur Kimia Zeolit.....	11
Gambar 4. Bagian Alir Penelitian	28
Gambar 5. Grafik Hasil Pengujian Batas Cair	41
Gambar 6. Grafik Gradasi Butiran.....	42
Gambar 7. Diagram Plastisitas	43
Gambar 8. Grafik Hasil Pengujian Scanning Electron Microscope (SEM) untuk tanah laterit.....	45
Gambar 9. Grafik Hasil Pengujian Scanning Electron Microscope(SEM) untuk zeolit.....	46
Gambar 10. Hasil X-ray diffraction tanah (XRD) Tanah Laterit	47
Gambar 11. Grafik Hubungan antara Kadar Air dengan Berat Isi Kering.	48
Gambar 12. Grafik Hubungan Tegangan dan Regangan Kuat Tekan Bebas Tanah Laterit.....	49
Gambar 13. Grafik Hubungan Nilai γ_d maks dengan campuran variasi penambahan zeolit.....	51
Gambar 14. Grafik Hubungan Nilai ω_{opt} dengan campuran variasi penambahan zeolit.....	51
Gambar 15. Grafik Hubungan Nilai q_u dengan campuran variasi penambahan zeolit pemeraman 0 hari.....	53
Gambar 16. Grafik Hubungan Nilai q_u dengan campuran variasi penambahan zeolit 3 hari.....	54
Gambar 17. Grafik hubungan nilai q_u dengan campuran variasi penambahan zeolit 7 hari.....	55
Gambar 18. Grafik Rekapitulasi q_u dan variasi campuran penambahan zeolit terhadap masa pemeraman	56

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Berat Jenis Tanah(<i>specific gravity</i>)	17
Tabel 2. Nilai Indeks Plastisitas dan Macam Tanah.....	19
Tabel 3. Hubungsn Kuat Tekan Bebas (qu) Tanah Lempung dengan Konsistensinya	21
Tabel 4. Penelitian Terdahulu	21
Tabel 5. Jumlah Sampel Pengujian	29
Tabel 6. Standar Metode Pegujian Sifat Fisik Tanah	30
Tabel 7. Standar Metode Pengujian Sifat Mekanis Tanah	31
Tabel 8. Rekapitulasi hasil pemeriksaan karakteristik tanah asli	39
Tabel 9. Klasifikasi Tanah untuk Lapisan Tanah Dasar Jalan Raya (Sistem AASHTO)	44
Tabel 10. Hubungan antara Kuat Tekan(qu) dengan konsistensi tanah ..	50
Tabel 11. Hasil Pemeriksaan Kompaksi yang Distabilisasi degan Zeolit	50
Tabel 12. Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas Pemeraman 0 Hari.....	52
Tabel 13. Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas Pemeraman 3 Hari.....	54
Tabel 14. Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas Pemeraman 7 Hari.....	55

ABSTRAK

Tanah merupakan material dasar yang sangat penting karena merupakan dasar dimanana struktur akan didirikan seperti pondasi bangunan, jalan raya, bendungan, tanggul dan lain-lain. Tanah memiliki peranan penting karena seluruh bangunan sipil berada di atas tanah. Beberapa jenis tanah memerlukan penanganan khusus untuk dapat dijadikan sebagai dasar konstruksi, salah satunya adalah tanah laterit yang memiliki tingkat kompressibilitas tinggi sehingga daya dukung rendah. Melihat kondisi tanah seperti itu maka pada penelitian ini dilakukan beberapa metode salah satunya stabilisasi tanah dengan menggunakan material lokal dapat dimungkinkan dengan bahan yang relative baru seperti zeolit yang tersedia di Tanah Toraja.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengamati karakteristik fisis dari tanah laterit dan selanjutnya mengkaji pengaruh campuran butir zeolit terhadap peningkatan parameter kuat tekan tanah karena adanya variasi penambahan zeolit pada tanah laterit.

Penelitian ini merupakan penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi yang terkendalikan. Pada penelitian ini yang dilakukan adalah meninjau karakteristik kuat tekan tanah laterit setelah ditambahkan zeolit dengan variasi campuran adalah 0%, 5%, 10%, dan 15%.

Dari hasil pengujian diperoleh bahwa tanah ini memiliki tipe tanah CH menurut klasifikasi USCS dan dalam klasifikasi AASHTO yaitu tanah berlempung. Dari hasil pengujian diperoleh hasil bahwa tanah laterit memiliki nilai kuat tekan sebesar $0,796 \text{ kg/cm}^2$, sehingga jenis tanah ini termasuk tanah yang buruk jika digunakan sebagai tanah dasar. Hasil pengujian terhadap tinjauan nilai kuat tekan bebas setelah ditambahkan zeolit terjadi peningkatan nilai, yaitu ketika ditambahkan 5%, 10%, 15% mengalami kenaikan nilai secara berturut-turut menjadi $1,797 \text{ kg/cm}^2$, $1,886 \text{ kg/cm}^2$, $1,934 \text{ kg/cm}^2$. Hasil ini menunjukkan bahwa penambahan zeolit dapat meningkatkan kekuatan dari tanah laterit.

Kata Kunci : tanah laterit, stabilisasi, zeolit, kuat tekan bebas

ABSTRACT

Soil is a very important basic material because it is the basis on which structures will be erected such as building foundations, roads, dams, embankments and others. Land has an important role because all civil buildings are above the ground. Several types of soil require special handling to be used as the basis for construction, one of which is laterite soil which has a high level of compressibility so that its carrying capacity is low. Seeing such soil conditions, in this study several methods were carried out, one of which was soil stabilization using local materials. with relatively new materials such as zeolites which are available in Tanah Toraja.

The purpose of this study was to observe the physical characteristics of laterite soils and further study the effect of a mixture of zeolite grains on the increase in soil compressive strength parameters due to variations in the addition of zeolites to laterite soils.

This research is a research that is used to find the effect of certain treatments on others under controlled conditions. In this research, which was conducted was to review the compressive strength characteristics of the laterite soil after zeolite was added with mixed variations of 0%, 5%, 10%, and 15%.

From the test results, it was found that this soil has a CH soil type according to the USCS classification and in the AASHTO classification, namely clay soil. From the test results, it was found that laterite soil has a compressive strength value of 0.796 kg/cm^2 , so that this type of soil is considered a bad soil if used as a subgrade. The test results on the review of the value of free compressive strength after adding zeolite increased in value, namely when 5%, 10%, 15% were added, the values increased respectively to 1.797 kg/cm^2 , 1.886 kg/cm^2 , 1.934 kg/cm^2 . These results indicate that the addition of zeolite can increase the strength of the laterite soil.

Keywords: laterite soil, stabilization, zeolite, compressive strength

BAB 1. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Dalam dunia Teknik sipil tanah merupakan satu bagian yang tidak dapat dipisahkan dalam perencanaan bangunan-bangunan Teknik sipil. Tanah memiliki peranan penting karena seluruh bangunan sipil berada diatas tanah. Tanah memiliki spesifikasi yang berbeda dari tiap jenisnya, sehingga memerlukan penanganan yang berbeda baik secara mekanis dan kimia. Penanganan ini tidak biasa dipisahkan karena saling berhubungan erat satu dengan yang lainnya. Jika penanganannya tidak dilakukan dengan tepat maka akan terjadi kerusakan-kerusakan struktur bangunan sipil yang ditimbulkan oleh reaksi tanah baik secara mekanis maupun kimia.

Stabilisasi tanah atau perbaikan tanah yang dikenal dalam rekayasa geoteknik secara umum terbagi dalam tiga kategori, yaitu cara mekanis, cara kimia, dan cara fisik. Cara mekanis didasarkan atas usaha-usaha mekanis, seperti kompaksi dan konsolidasi. Melalui cara yang paling umum digunakan kerapatan tanah akan meningkat, kompresibilitas tanah berkurang, yang kemudian diikuti pula dengan peningkatan kapasitas daya dukung dan stabilitas tanah. Pada cara kimiawi, suatu bahan aditif berupa zeolite dicampurkan dalam tanah yang kemudian akan mengubah properties dan kekuatan tanah. Sedangkan pada cara fisik, suatu bahan

perkuatan seperti geotekstil dimasukkan atau disusun pada lapisan tanah untuk memperkuat tanah.

Tanah laterit adalah tanah yang terbentuk di daerah tropis atau subtropis dengan tingkat pelapukan tinggi pada batuan basa sampai batuan ultrabasa yang didominasi oleh kandungan logam besi. Tanah ini mengandung mineral-mineral lempung yang relative tinggi utamanya illite dan montmorillonite, sehingga potensi kerusakannya relative besar jika dilakukan pekerjaan konstruksi pada tanah seperti ini. Dengan kandungan mineral lempung dan unsur logam, tanah ini dapat dimanfaatkan untuk berbagai kebutuhan baik pada pekerjaan konstruksi, industri, maupun lainnya, namun perlu kejelian mendalam terhadap karakteristik detail dan kemungkinan perbaikannya sebelum digunakan.

Zeolit merupakan material kristal silika-alumina yang memiliki struktur penataan polimer tiga dimensi yang terdiri dari unit-unit tetrahedral SiO_4 dan AlO_4 yang bergabung dengan jalan pemakaian bersama (*sharing*) oksigen, bersifat asam dan mempunyai pori yang berukuran molekul. Zeolit mempunyai kapasitas yang tinggi sebagai penyerap. Hal ini disebabkan karena zeolit dapat memisahkan molekul-molekul berdasarkan ukuran dan konfigurasi dari molekul. Mekanisme absorpsi yang mungkin terjadi adalah absorpsi fisika (melibatkan gaya Van der Waals), absorpsi kimia (melibatkan gaya elektrostatis), ikatan hidrogen dan pembentukan kompleks koordinasi (Andreas dan Masduqi 2004).

Dalam penelitian ini kita akan bahas mengenai karakteristik tanah laterit dengan menggunakan zeolit sebagai bahan pencampurnya. Zeolit digunakan untuk stabilisasi tanah. Diharapkan dari hasil penelitian ini nantinya akan diketahui karakteristik dan perilaku tanah laterit dengan stabilisasi zeolit dan pemanfaatannya pada pekerjaan-pekerjaan geoteknik.

Dari uraian di atas dapat dilakukan suatu studi penelitian dengan judul “ **PENGARUH VARIASI KANDUNGAN ZEOLIT SEBAGAI BAHAN STABILISASI TANAH LATERIT TERHADAP KUAT TEKAN TANAH** “

B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana karakteristik sifat fisik dan mekanis tanah laterit yang digunakan pada penelitian
2. Bagaimana pengaruh campuran zeolit terhadap peningkatan nilai kuat tekan bebas pada tanah laterit yang distabilisasi
3. Bagaimana hubungan nilai kuat tekan campuran terhadap masa pemeraman

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Untuk mengkaji karakteristik tanah laterit yang digunakan pada penelitian

2. Untuk mengkajipengaruh campurankandungan zeolit terhadap peningkatan nilai parameter kuat tekan tanah laterit yang distabilisasi
3. Untuk mengkaji hubungan nilai kuat tekan campuran terhadap masa pemeraman

D. Batasan Masalah

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

1. Tanah yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah laterit
2. Pengujian dilakukan terhadap variasi kandungan zeolit
3. Penelitian ini dilakukan pada skala laboratorium ,bukan pada skala lapangan
4. Penelitian hanya meneliti sifat-sifat fisis dan mekanis tanah lempung,tidak meneliti unsur kimia tanah tersebut
5. Sifat-sifat fisis dan mekanis tanah yang dianalisis ialah:
 - Pengujian berat jenis
 - Pengujian kadar air
 - Pengujian batas-batas Atterberg
 - Pengujian Analisa saringan dan hydrometer
 - Pengujian pemadatan(kompaksi)
 - Pengujian kuat tekan bebas

Bahan stabilisasi yang digunakan ialah zeolit

E. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan tugas akhir ini adalah membagi kerangka masalah dalam beberapa bagian, dengan maksud agar masalah yang hendak dibahas menjadi jelas dan mudah diikuti.

Secara garis besar tugas akhir ini terdiri dari lima bab, adapun urutan-urutannya sebagai berikut:

BAB I: PENDAHULUAN

Bab ini terdiri dari latar belakang masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, ruang lingkup penelitian serta sistematika penulisan penelitian.

BAB II: TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini terdiri kajian pustaka yang mengulas tentang pandangan umum serta landasan teori yang memuat teori-teori yang digunakan dalam lingkup tugas akhir ini.

BAB III: METODOLOGI PENELITIAN

Dalam bab ini dijelaskan mengenai jenis penelitian, variabel penelitian, instrument penelitian, prosedur dan teknik pengumpulan data, metode pengolahan dan analisis data yang akan dipakai dalam penelitian ini.

BAB IV: ANALISIS DATA

Setelah data terkumpul maka dilakukan pengolahan data. Dalam bab inilah akan dijelaskan tentang pengolahan serta analisis data penelitian ini.

BAB V: KESIMPULAN DAN SARAN

Akhir dari penelitian ini dapat diambil kesimpulan dan saran yang nantinya diharapkan dapat menjadi masukan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

A. Karakteristik Lempung

Lempung didefinisikan sebagai golongan partikel yang berukuran kurang dari 0.002 mm (Das,1995).Hardiyatmo(2010),mengatakan sifat-sifat yang dimiliki dari tanah lempung yaitu antara lain ukuran butiran-butiran halus<0.002 mm,permeabilitas rendah,kenaikan air kapiler tinggi,bersifat sangat kohesif,kadar kembang susut tinggi dan proses konsolidasi lambat.

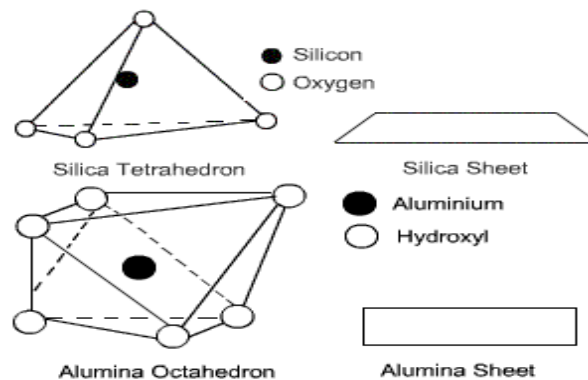
Sifat dan perilaku lempung terlihat pada komposisi mineral,unsur-unsur kimianya,dan partikel-partikelnya serta pengaruh yang ditimbulkan di lingkungan sekitarnya.Sehingga untuk dapat memahami sifat dan perilakunya diperlukan pengetahuan tentang mineral dan komposisi kimia lempung,hal ini dikarenakan mineralogi adalah faktor utama untuk mengontrol ukuran,bentuk dan sifat fisik serta kimia dari partikel tanah.Tanah lempung memiliki sifat khas yaitu apabila dalam keadaan kering dia akan bersifat keras,dan jika basah akan bersifat lunak

plastis, sehingga mempunyai perubahan volume yang besar dan itu terjadi karena pengaruh air.

B. Struktur Mineral Lempung

Mineral lempung merupakan senyawa aluminium silikat yang kompleks. Mineral ini terdiri dari dua lempung kristal pembentuk kristal dasar, yaitu silika tetrahedral dan aluminium octahedral. (Das, Braja M, 1988). Hampir semua mineral lempung berbentuk lempengan yang mempunyai permukaan spesifik (perbedaan antara luas permukaan dan massa) yang tinggi. Jenis-jenis mineral lempung tergantung dari komposisi susunan satuan

struktur dasar atau tumpuan lembaran serta macam ikatan antara masing-masing lembaran.



Gambar 1. Struktur Dasar Mineral Lempung (Das, 1995)

Umumnya partikel-partikel lempung mempunyai muatan negatif pada permukaannya. Hal ini disebabkan oleh adanya substitusi isomorf dan oleh karena pecahnya keping partikel pada tepi-tepinya. Muatan negatif

yang lebih besar dijumpai pada partikel-partikel yang mempunyai spesifik yang lebih besar.

Jika ditinjau dari mineraloginya,lempung terdiri dari berbagai mineral penyusun,antara lain mineral lempung kaolinite,montmorillonite,dan illite.

C. Sifat Umum Mineral Lempung

Air sangat mempengaruhi sifat tanah lempung,karena butiran dari tanah lempung sangat halus,sehingga luas permukaan spesifiknya menjadi lebih besar.Dalam suatu partikel lempung yang ideal,muatan positif dan negative berada dalam posisi seimbang,selanjutnya terjadi substitusi isomorf dan kontinuitas perpecahan susunannya,sehingga terjadi muatan negatif pada permukaan partikel kristal lempung.Salah satu cara untuk mengimbangi muatan negatif,partikel tanah lempung menarik muatan positif(kation) dari garam yang ada di dalam air porinya.Hal ini disebut dengan pertukaran ioin-ion.

Pertemuan antar molekul air dan partikel lempung akan menimbulkan lekatan yang sangat kuat,sebab air akan tertarik secara elektrik dan air akan berada di sekitar partikel lempung yang disebut air lapisan ganda,yaitu air yang berada pada lapisan air resapan.Lapisan air inilah yang menimbulkan gaya tarik menarik antar partikel lempung yang disebut *unhindered moisture film*.Air lapisan ganda inilah yang menyebabkan sifat plastis pada tanah lempung.

D. Tanah Laterit

Tanah laterit adalah tanah yang terbentuk di daerah tropis atau sub tropis dengan tingkat pelapukan tinggi pada batuan basa sampai batuan ultrabasa yang didominasi oleh kandungan logam besi. Tanah ini mengandung mineral-mineral lempung yang relatif tinggi utamanya *illite* dan *montmorillonite*, sehingga potensi kerusakannya relatif besar jika dilakukan pekerjaan konstruksi pada tanah seperti ini. Dengan kandungan mineral lempung dan unsur logam, tanah ini dapat dimanfaatkan untuk berbagai kebutuhan baik pada pekerjaan konstruksi, industri, maupun lainnya, namun perlu kajian mendalam terhadap karakteristik detail dan kemungkinan perbaikannya sebelum digunakan.

Tanah laterit atau sering disebut dengan tanah merah merupakan tanah berwarna merah hingga coklat. Tanah ini memiliki profil yang dalam, mudah menyerap air, memiliki kandungan bahan organik sedang dan pH netral hingga asam dengan banyak kandungan logam terutama besi dan aluminium. Serta baik digunakan sebagai bahan pondasi karena menyerap air dan teksturnya relative padat dan kokoh.

E. Zeolit

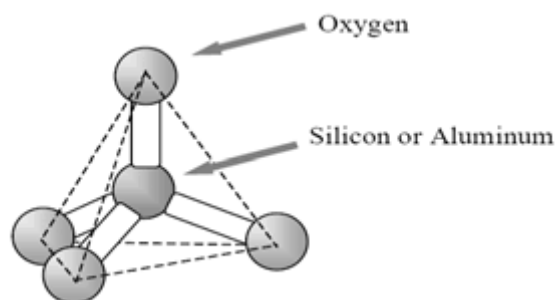
Zeolit adalah mineral yang terbentuk dari kristal batuan gunung berapi yang terjadi karena endapan magma hasil letusan gunung berapi jutaan tahun lalu. Zeolit merupakan suatu bahan stabilisasi tanah yang sangat cocok digunakan untuk meningkatkan kondisi tanah atau material tanah jelek/ dibawah standar. Penambahan zeolite ini akan meningkatkan kepadatan, meningkatkan ikg, kuat tekan serta kuat gesekan

antar partikel dalam tanah, daya dukung, kuat tekan serta kuat geser material tanah, sehingga memungkinkan pembangunan konstruksi di atasnya.



Gambar 2. Zeolit dalam bentuk batuan (*unscale*)

Zeolit merupakan kristal aluminosilikat terhidrasi yang mengandung kation alkali dan alkali tanah dalam rangka tiga dimensinya, secara empiris mempunyai rumus sebagai berikut : $M_x/n(\text{AlO}_2)_x(\text{SiO}_2)_y \cdot n\text{H}_2\text{O}$ dimana M= kation alkali tanah atau alkali, n =valensi logam alkali dan x, y = bilangan tertentu



Gambar 3. Struktur Kimia Zeolit

Menurut Aslina Br, Dkk (2007), sifat kimia zeolite adalah sebagai berikut:

- a. Dehidrasi

Dehidrasi bertujuan untuk melepaskan molekul air dan kisi kristal sehingga terbentuk suatu rongga dengan permukaan yang lebih besar dan tidak lagi terlindungi oleh sesuatu yang berpengaruh terhadap proses adsorpsi

b. Penyerapan

Dalam keadaan normal ruang hampa dalam kristal zeolite terisi oleh molekul air yang berada di sekitar kation. Bila zeolite dipanaskan maka air tersebut akan keluar. Zeolit yang telah dipanaskan dapat berfungsi sebagai penyerap gas atau cairan

c. Penukar ion

Ion-ion pada rongga berguna untuk menjaga kenetralan zeolit. Ion-ion ini dapat bergerak bebas sehingga pertukaran ion yang terjadi tergantung dari ukuran dan muatan maupun jenis zeolitnya. Sifat sebagai penukar ion dari zeolite antara lain tergantung pada sifat kation, suhu, dan jenis anion.

d. Katalis

Zeolit sebagai katalis hanya mempengaruhi laju reaksi tanpa mempengaruhi keseimbangan reaksi karena mampu menaikkan perbedaan lintasan molekulnya dari reaksi. Katalis berpori dengan pori-pori sangat kecil akan memuat molekul-molekul kecil tetapi mencegah molekul besar masuk

e. Penyaring/Pemisah

Zeolit sebagai penyaring molekul maupun pemisah atas perbedaan bentuk, ukuran, dan polaritas molekul yang disaring. Molekul yang berukuran lebih kecil dari ruang hampa dapat melintas sedangkan yang berukuran lebih besar hampa akan ditahan.

Adapun keuntungan pemakaian zeolit sebagai bahan campuran stabilisasi adalah:

1. Memperbaiki dan meningkatkan kualitas mineral yang ada 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

Adapun mekanisme kerja zeolit secara kimiawi pada tanah antara lain (Susanto, Dedi 2015) :

1. Lempung terdiri dari partikel mikroskopik yang berbentuk plat yang mirip lempengan-lempengan kecil dengan susunan yang beraturan, mengandung ion(+) pada bagian tepi platnya. Dalam kondisi kering, ikatan antara tepi plat cukup kuat menahan lempung dalam satu kesatuan, tetapi bagian tersebut sangat mudah menyerap air.
2. Karena komposisi mineraloginya, pada saat turun hujan, plat yang memiliki kelebihan ion negative(anion) akan menarik ion positif(kation) air yang akan menyebabkan air tersebut menjadi

perekat antara 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, zeolit memiliki kemampuan yang sangat besar untuk melakukan sebagai penukar kation (*cation exchanger*), dan pengikat air. Pada saat Zeolit dijadikan bahan campuran tanah, zeolit akan dapat mengikat molekul H_2O sehingga sebagian besar molekul tersebut tidak bercampur dengan tanah, sehingga sebagian besar molekul tersebut tidak bercampur dengan tanah, sehingga pada saat kondisi panas molekul H_2O sehingga pada saat kondisi panas molekul H_2O akan dilepaskan oleh zeolite sehingga pada saat tanah menjadi kering molekul H_2O tidak tertahan di dalam tanah.

F. Stabilisasi Tanah

Stabilisasi dalam bidang rekayasa Teknik sipil disebut dengan perbaikan tanah. Stabilisasi dapat dilaksanakan dengan menambah suatu bahan atau komposit tertentu untuk menambah kekuatan pada tanah. Tujuan dari stabilisasi tanah yaitu meningkatkan kapasitas daya dukung tanah dalam menahan beban serta untuk meningkatkan kestabilan tanah.

Banyak material tanah di lapangan yang tidak dapat digunakan sebagai bahan dasar dalam pengerjaan konstruksi. Kondisi material tanah yang tidak memenuhi syarat ini dapat diperbaiki sifat teknisnya sehingga kekuatannya meningkat. Secara umum, stabilisasi tanah dikelompokkan menjadi tiga bagian, yaitu stabilisasi mekanis, kimiawi, dan fisik. Cara mekanis didasarkan atas usaha-usaha mekanis, seperti kompaksi dan konsolidasi. Melalui cara paling umum yang digunakan, akan mengakibatkan kerapatan tanah meningkat, kompersibilitas tanah berkurang, yang kemudian diikuti pula dengan peningkatan kapasitas daya dukung dan stabilitas tanah. Pada kimiawi, suatu bahan kimia aditif seperti semen Portland, kapur, dan bahan kimia lainnya dicampurkan dalam tanah yang kemudian akan mengubah properties dan kekuatan tanah. Sedangkan pada cara fisik, suatu bahan perkuatan seperti geotekstil dimasukkan atau disusun pada lapisan tanah untuk memperkuat tanah.

Menurut *Bowles*(1986) beberapa tindakan yang dilakukan untuk menstabilisasi tanah adalah sebagai berikut:

1. Meningkatkan kerapatan tanah,
2. Menambah material yang tidak aktif sehingga meningkatkan kohesi dan atau tahanan gesek yang timbul,
3. Menambah material untuk menyebabkan perubahan-perubahan kimiawi dan fisik dari material tanah,
4. Menurunkan muka air tanah(drainase tanah),

5. Mengganti tanah yang buruk.

Stabilisasi tanah menggunakan bahan stabilisator adalah untuk merubah interaksi air dengan tanah terhadap reaksi permukaan, karena itu aktivitas permukaan dari partikel tanah, muatan kutub, penyerapan, dan daerah penyerapan air memegang peranan penting. Agar terjadi interaksi yang lebih baik antara air dan tanah perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut:

- Tanah yang distabilisasi dengan bahan stabilisator mempunyai ikatan yang lebih kuat pada permukaan partikel tanah, sehingga sensitifitasnya terhadap pengaruh air menjadi berkurang. Bahan stabilisator menggantikan molekul-molekul air pada permukaan butiran, mencegah adanya ikatan baru, sehingga tanah tidak lembab.
- Tanah yang distabilisasi dengan ion-ion bermuatan positif *non-hydrated* ditarik ke permukaan oleh muatan negatif dan diganti dengan ion-ion lain. Melalui transformasi seperti itu sensitifitas tanah terhadap pengaruh air akan menurun dan suatu ketika akan kering.
- Interaksi air dan tanah dapat diubah dengan memisahkan ikatan kation (Mg, Ca) bervalensi banyak pada permukaan partikel tanah dengan cara menambahkan bahan stabilisator tertentu, sehingga air bebas berinteraksi dan tanah busa menjadi cair.

G. Berat Spesifik

Berat spesifik atau berat jenis (*specific gravity*) adalah perbandingan antara berat volume butiran padat (γ_s) dengan berat volume air (γ_w). G_s tidak berdimensi. Secara tipikal, berat jenis berbagai jenis tanah berkisar antara 2.65 sampai 2.75. Sebagaimana pada tabel 1

Tabel 1. Berat Jenis Tanah (*specific gravity*)

Macam Tanah	Berat Jenis
Kerikil	2.65 - 2.68
Pasir	2.65 - 2.68
Lanau anorganik	2.62 – 2.68
Lempung organic	2.58 – 2.65
Lemung anorganik	2.68 – 2.75
Humus	1.37
Gambut	1.25 – 1.80

(Sumber Christady, 2012)

H. Batas-Batas Atteberg

Suatu hal yang penting pada tanah berbutir halus adalah sifat plastisitasnya. Plastisitas disebabkan oleh adanya partikel mineral lempung dalam tanah. Istilah plastisitas menggambarkan kemampuan tanah dalam menyesuaikan perubahan bentuk pada volume yang konstan tanpa retak-retak atau remuk.

Bergantung pada kadar air, tanah dapat berbentuk cair, plastis, semi padat, atau padat. Kedudukan fisik tanah berbutir halus

pada kadar tertentu disebut konsistensi. Menurut Atterberg batas-batas konsistensi tanah berbutir halus tersebut adalah batas cair, batas plastis, batas susut. Batas konsistensi tanah ini didasarkan kepada kadar air yaitu:

a. Batas Cair (*Liquid Limit*)

Batas cair adalah kadar air tanah pada batas antara keadaan cair dan keadaan plastis

b. Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Pegertian batas plastisitas adalah sifat tanah dalam konsistensi, cair, plastis, semi padat, atau padat tergantung pada kadar airnya. Kebanyakan dari tanah lempung atau tanah berbutir halus yang ada di alam dalam keadaan plastis. Secara umum semakin besar plastisitas tanah, yaitu semakin besar rentang kadar air daerah plastis maka tanah tersebut akan semakin berkurang kekuatan dan mempunyai kembang susut yang semakin besar.

Indeks plastisitas adalah selisih batas cair dan batas plastis (interval kadar air pada kondisi tanah masih bersifat plastis), karena itu menunjukkan sifat keplastisan tanah

$$PI = LL - PL$$

(2.1)

Dimana:

PI = Plastis Indeks (%)

LL = Liquid Limit (%)

$PL = \text{Plastis Limit}(\%)$

Untuk lebih jelasnya tentang Nilai Indeks Plastisitas dan Macam Tanah dapat dilihat pada Tabel 2 di bawah ini

Tabel 2. Nilai Indeks Plastisitas dan Macam Tanah

PI	Macam Tanah	Sifat	Kohesi
0	Pasir	Non plastis	Non Kohesif
<7	Lanau	Rendah	Kohesif Sedang
7-17	Lempung Berlanau	Sedang	Kohesif
>17	Lempung murni	Tinggi	Kohesif

c. Batas Susut (*shrinkage Limit*)

Suatu tanah akan mengalami penyusutan bila kadar air secara perlahan-perlahan hilang dari dalam tanah. Dengan hilangnya air terus menerus akan mencapai suatu tingkat keseimbangan, dimana penambahan kehilangan air tidak akan menyebabkan perubahan volume tanah tanah.

Kandungan mineral *montmorillonite* mempengaruhi nilai batas konsistensi. Semakin besar kandungan mineral *monmorilonite* semakin besar batas cair dan indeks plastisitas serta semakin kecil nilai batas susut dan batas plastisnya (Hardiyanto, 2006)

I. **Pemadatan**

Dalam mekanika tanah, kata kerja "memadat" adalah menekan partikel-partikel tanah sampai rapat bersamaan dengan keluarnya udara dari ruang pori. Dengan demikian, yang disebut pemadatan tanah adalah usaha memadatkan tanah (mengurangi ruang pori) dengan cara mekanis, yaitu dengan menumbuk, menggilas, atau menggetarkan tanah.

Tujuan pemadatan adalah untuk memperbaiki mutu/ kualitas tanah, karena:

1. Dapat memperbesar daya dukung tanah, karena sudut gesek dalam tanah bertambah besar dan kohesi (C) bertambah besar pula
2. Mengurangi permeabilitas
3. Mengurangi *settlement* (penurunan tanah)
4. Mengurangi kembang susut tanah karena ruang pori sedikit

Dalam mekanika tanah, ukuran kepadatan tanah adalah berat volume kering tanah (*dry density*) yang dinyatakan dengan notasi γ_k atau γ_d

Derajat kepadatan tanah diukur dari volume keringnya. Berat volume maksimum yaitu berat volume dengan tanpa rongga udara atau berat volume tanah maksimum pada saat kondisi jenuh. Berat volume tanah kering setelah pemadatan bergantung pada jenis tanah, kadar air, dan usaha yang diberikan oleh pemadatnya.

J. Pengujian Unconfined Compression Test (UCT)

Uji kuat tekan bebas (*Unconfined Compression Test*) merupakan salah satu cara laboratorium untuk menghitung kuat geser tanah, dimana uji kuat tekan ini mengukur seberapa kuat tanah menerima kuat tekan yang

diberikan hingga tanah tersebut terpisah dari butiran-butirannya, uji kuat tekan ini juga mengukur regangan akibat tekanan tersebut.

Tegangan aksial yang diterapkan di atas benda uji berangsur-angsur ditambah sampai benda uji mengalami keruntuhan. Pada saat keruntuhannya, karena $\sigma_3 = 0$, maka

$$\tau_f = \frac{\sigma_1}{2} = \frac{q_u}{2} = C_u$$

Dimana :

τ_f = Kuat geser

σ_f = Tegangan utama

q_u = Kuat tekan bebas tanah

C_u = Kohesi

Tabel 3. Hubungan Kuat Tekan Bebas (q_u) Tanah Lempung dengan Konsistensinya

(q_u) (kg/cm ²)	Konsistensi
0 - 0,27	Sangat Lunak
0,27 – 0,54	Lunak
0,54 – 1,59	Menengah
1,59 – 2,15	Kaku
2,15 – 4,31	Sangat Kaku
>4,31	Keras

(Sumber : Holtz dan Kovacs, 1981)

K. Penelitian Terdahulu

Tabel 4. Penelitian Terdahulu

NAMA	JUDUL	METODE	HASIL
Amu, O.O, et.al(2011)	Geotechnical propertiesof lateritic soil stabilized with sugarcane straw Ash	Menentukan sifat- sifat geoteknik tanah lateritic yang dimodifikasi dengan campuran abu serat tebu. Tiga contoh A, B, dan C dibuat untuk identifikasi dan klasifikasi uji konsistensinya, selanjutnya diuji kekuatan tanah (pemadatan), <i>(CBR), fined compression test, dan triaxial test)</i> , pengujian untuk kondisi sebelum stabilisasi dan sesudah stabilisasi, dengan penambahan	Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan diketahui bahwa abu serat tebu sangat efektif untuk stabilisasi dan memperkuat sifat- sifat geoteknik tanah laterit.

		abu serat tebu 2, 4, 6, dan 8%	
Ijimdiya, T.S.a and Igboro, T. (2012)	Modification of a Lateritic Soil with Lime and Cement: An Economical Alternative for Flexible Pavement Layers	Evaluasi penggunaan kandungan kapur dan semen rendah yang dimodifikasi dengan tanah laterite untuk melihat perilaku campuran untuk konstruksi. Pengujian dan analisis dilakukan terhadap workability, sifat-sifat kimia, perilaku mekanik, dan komposisi mineralogy. Analisis mekanistik dilakukan untuk menguji keruntuhan fatigue terhadap lapisan aspal pada lapisan	Penambahan 2% kapur dan 3% semen cukup untuk merubahkemampuan tanah dan meningkatkan kekuatan mekanik. Uji fatigue sangat mendukung kemampuan tanah campuran untuk aplikasi dengan elastisitas regangan yang rendah pada lapisan aspal sebagai lapisan dasar perkerasan.

		struktur jalan raya.	
Ijimdiya, T.S.a and Igboro, T. (2012)	The Compressibility Behavior of Oil Contaminated Soils	Melakukan pengujian terhadap kompresibilitas tanah laterit yang terkontaminasi dengan minyak., dengan persentasi campuran minyak 0, 2, 4, 6, dan 8%. Selanjutnya dilakukan uji sifat fisik campuran tanah dan minyak, uji kompresibilitas, uji unconfined compression strength, dan uji konsolidasi.	Hasil menunjukkan bahwa, kontaminasi minyak sangat serius mempengaruhi secara negative sifat-sifat geoteknik tanah. Untuk itu diperlukan stabilisasi untuk memperkuat tanah.
Jaritngam, S, et. al (2013)	Development of Strength Model of Lateritic Soil-	Investigasi perbaikan kemampuan tanah lateritic yang dimodifikasi dengan	Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan diketahui bahwa campuran semen

	Cement	campuran semen. Sampel dibuat dengan variasi campuran semen masing-masing 3%, 5%, 7%, dan 9% terhadap berat kering tanah laterit untuk identifikasi, selanjutnya dilakukan pemadatan dan diuji kekuatan tanah dengan metode <i>Unconfined Compression Test</i> (UCT)	efektif untuk nilai q_u dan modulus elastisitas pada tanah laterit
Alfian rian, Asriani, Lusmelia, dan Iswan (2015)	Studi Analisis Daya Dukung Tanah Lempung Berplastisitas Tinggi yang Dicampur	Penelitian ini dilakukan dengan cara pengujian pada sampel tanah lempung yang dicampur zeolit dengan variasi 6%,	Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin banyak campuran zeolit maka semakin naik pula daya dukung tanahnya. Akan

	Zeolit	8%, Selanjutnya dilakukan uji mekanis yaitu pengujian CBR yang bertujuan untuk mengetahui daya dukung tanah setelah dicampur zeolit	12%. tetapi, nilai CBR pada penelitian ini tidak dapat digunakan sebagai <i>subgrade</i> pada konstruksi jalan karena nilai CBRnya < 6%
--	--------	--	--

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

A. Lokasi dan Waktu Penelitian

Bahan-bahan untuk pembuatan benda uji didatangkan dari lokasi yang berbeda :

- Bahan-bahan untuk pembuatan benda uji adalah tanah laterit dari Kabupaten Gowa, Zeolit dari Kabupaten Tanah Toraja Utara. Uji fisik dan mekanis tanah, pembuatan benda uji, dan uji mekanis benda uji di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, di Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan.

Adapun waktu penelitian mengacu pada interval dan durasi yang telah ditetapkan berdasarkan standar pengujian yang digunakan.