

TUGAS AKHIR

DAYA DUKUNG LAPISAN SUBGRADE STABILISASI ZEOLIT

MUH. AKHIRUL TRI PUTRA

D111 15 509



PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

2022

LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR)

DAYA DUKUNG LAPISAN SUBGRADE STABILISASI ZEOLITE

Disusun dan diajukan oleh:

MUH. AKHIRUL TRI PUTRA

D111 15 509

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 10 Agustus 2022 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

menyetujui,

Pembimbing I,

Pembimbing II,



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



Ir. Ariningsih Suprapti, ST, MT
NIP: 197307122000032002

Ketua Program Studi,



Prof. Dr. H. M. Wihardi Tjaronge, ST, M.Eng
NIP: 196805292002121002

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini, nama Muh. Akhirul Tri Putra dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul "**Daya Dukung Lapisan Subgrade Stabilisasi Zeolite**" 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 risiko.

Gowa, 10 Agustus 2022

Yang membuat pernyataan,



Muh. Akhirul Tri Putra

NIM : D111 15 509

KATA PENGANTAR

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

Tugas akhir ini memerlukan proses yang tidak singkat. Perjalanan yang dilalui penulis dalam menyelesaikan skripsi ini tidak lepas dari 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 ibunda **Ilmawaty Riah Nurgas** dan ayahanda **Sumedin** atas kasih sayang dan segala dukungan selama ini, baik spritual maupun materil karena penulis tidak akan mampu sampai di titik ini jika tanpa nasihat, motivasi dan doa yang tiada hentinya terpanjatkan kepada Allah SWT.
2. Bapak **Prof. Dr. Eng. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T.** selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar.
3. Bapak **Prof. Dr. H. Muh. Wihardi Tjaronge, ST. M.Eng**, selaku Ketua dan Bapak **Prof. Dr. Eng. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T**, selaku Sekretaris Departemen Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar.
4. Bapak **Ir. H. Achmad Bakri Muhiddin, MSc, Ph.D** selaku dosen pembimbing I, atas segala arahan, bimbingan, dan wawasan, serta waktu yang telah diluangkannya dari awal dan hingga terselesainya tugas akhir ini.
5. Ibu **Ariningsih Suprapti, ST MT** selaku dosen pembimbing II, yang telah memberikan bimbingan, waktu, wawasan, dan pengarahan mulai dari awal hingga terselesainya penulisan tugas akhir ini.
6. Bapak **Prof. Dr. Ir. Abd. Rachman Djamaluddin, M.T** selaku Kepala Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Hasanuddin, yang telah memberikan wawasan tambahan selama penulis menjadi asisten laboratorium.

7. Seluruh dosen, staf dan karyawan Departemen Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar yang telah banyak membantu dalam mendukung penulisan tugas akhir ini.
8. Keluarga tercinta, yaitu **Annisa Eka Putri** dan **Anita Dwi Purnama** atas kasih sayang dan segala dukungan selama ini, baik spritiual maupun materil karena penulis tidak akan mampu sampai di titik ini jika tanpa nasihat, motivasi, dan doa yang tiada hentinya terpanjatkan kepada Allah SWT.
9. Yang teristimewa **Indah Purnamasari SH**, yang senantiasa mendukung dan mendoakan selama proses pengerjaan, yang selalu mendukung dikala menyerah untuk melanjutkan, menjadi penyemangat saat dibutuhkan, menjadi inspirasi serta motivasi bagi penulis untuk segera menyelesaikan tugas akhir ini.
10. Kepada sahabatku **Afdanil Lambogo** yang selalu menemani di masa-masa sulit, mendukung saat dibutuhkan, membantu dikala susah, dan menjadi penyemangat bagi penulis.
11. Kepada Kak **Zainal** yang telah banyak membantu dan memberi motivasi yang sangat bermanfaat dalam mendukung kehidupan selama di kampus dan penulisan tugas akhir ini.
12. Serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebut satu persatu dengan semua bantuan, dan dukungan hingga terselesainya skripsi 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, 10 Agustus 2022

Hormat saya,

Muh. Akhirul Tri Putra

ABSTRAK

Tanah yang berfungsi sebagai lapis pondasi dasar (*subgrade*) perencanaan perkerasan jalan merupakan elemen yang sangat penting dalam suatu pekerjaan konstruksi, dimana kekuatan tanah merupakan unsur utama dalam pembangunan konstruksi tersebut. Tanah sebagai tempat berdirinya suatu konstruksi harus mampu menahan beban yang bekerja di atasnya. Namun, tidak semua jenis tanah memiliki karakteristik yang sama dan berpengaruh terhadap daya dukungnya.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan *zeolite* 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%, 3%, 5%, dan 7%. Tanah asli yang digunakan adalah tanah yang berlokasi disekitar Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan. Pemeraman tanah terstabilisasi *zeolite* ini dilakukan dengan menggunakan masa pemeraman yakni 0 hari, 7 hari, 14 hari, dan 28 hari.

Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh penambahan *zeolite* dan masa pemeraman berpengaruh untuk meningkatkan daya dukung tanah. Adapun penambahan optimum dari *zeolite*, yakni 3%. Yang mana terdapat nilai CBR maksimum sebesar 15,06% dengan masa pemeraman 28 hari.

Kata kunci : *Tanah Asli, Stabilisasi, Zeolite, Pemeraman, CBR*

ABSTRACT

Soil which functions as a subgrade for road pavement planning is a very important element in construction work, where the strength of the soil is the main element in the construction of the construction. Soil as a place to stand for construction must be able to withstand the loads that work on it. However, not all soil types have the same characteristics and affect the carrying capacity.

This study aims to determine the effect of the addition of zeolite on the CBR value of the soil, as well as the effect of the curing period on the CBR value.

To determine the effect of the addition of zeolite on the CBR value, it was carried out with variations of the addition of zeolite by 1%, 3%, 5%, and 7%. The original land used is land located around Gowa Regency, South Sulawesi. The curing of the zeolite stabilized soil was carried out using a curing period of 0 days, 7 days, 14 days, and 28 days.

Based on the results of the study, it was found that the addition of zeolite and the curing period affected increasing the bearing capacity of the soil. The optimum addition of zeolite is 3%. Where there is a maximum CBR value of 15.06% with a curing period of 28 days.

Keywords: *Native Soil, Stabilization, Zeolite, Aging, CBR*

DAFTAR ISI

SAMPUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	Error! Bookmark not defined.i
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI	vi Error! Bookmark not defined.
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Tujuan Penelitian.....	2
D. Batasan Masalah.....	2
E. Sistematika Penulisan.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
A. Definisi Tanah	5
B. Daya Dukung Tanah.....	5
C. Stabilisasi Tanah	6
D. Zeolite.....	7
E. Pemadatan	9
F. Penelitian Terdahulu	12
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	36
A. Lokasi Dan Waktu Penelitian.....	16

B.	Metode Pengumpulan Data	16
C.	Kerangka Alir Penelitian	17
D.	Material	19
D.1.	Tanah Asli.....	19
D.2.	Zeolite	19
E.	Standar Pengujian.....	20
F.	Pengujian Karakteristik Tanah Asli.....	21
G.	Optimalisasi Bahan Stabilisator.....	21
H.	Pengujian Sampel	22
H.1.	Uji Sifat Fisis	22
H.2.	Uji Sifat Mekanis	23
I.	Menentukan Campuran Optimum Dengan Nilai CBR Maksimum	23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		25
A.	Karakteristik Sifat Fisis Dan Mekanis Tanah Asli	25
A.1.	Karakteristik Sifat Fisis Tanah	25
A.2.	Karakteristik Sifat Mekanis Tanah	31
B.	Karakteristik Mekanis Tanah Terstabilisasi Zeolite.....	36
B.1.	Pengujian Kompaksi Pada Tanah Terstabilisasi Zeolite.....	36
B.2.	Pengujian CBR Pada Tanah Terstabilisasi Zeolite	38
C.	Rakapitulasi pengaruh Penambahan Zeolite Terhadap Karakteristik Mekanis Tanah	44
BAB V PENUTUP		46
A.	Kesimpulan.....	46
B.	Saran.....	46
DAFTAR PUSTAKA		48

LAMPIRAN..... 50

DAFTAR TABEL

Table 1. Standart Pengujian Sifat Fisis dan Mekanis Berdasarkan ASTM	20
Table 2. Benda Uji Untuk Pengujian Pada Tanah Asli.....	21
Table 3. Variasi Persentase Komposisi Bahan Stabilisasi	22
Table 4. Klasifikasi Tanah Berdasarkan AASHTO.....	31
Table 5. Rekapitulasi Hasil Pengujian Sifat Fisis dan Mekanis Tanah Asli.....	35
Table 6. Rekapitulasi Hasil Pengujian Kompaksi Pada Berbagai Variasi Campuran .	37
Table 7. Rekapitulasi Hasil Pengujian CBR Pada Masa Pemeraman 0 Hari	39
Table 8. Rekapitulasi Hasil Pengujian CBR Pada Masa Pemeraman 7 Hari	40
Table 9. Rekapitulasi Hasil Pengujian CBR Pada Masa Pemeraman 14 Hari	42
Table 10. Rekapitulasi Hasil Pengujian CBR Pada Masa Pemeraman 28 Hari	43
Table 11. Rekapitulasi Hasil Pengujian CBR Tanah Terstabilisasi Zeolite	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Batuan Zeolite	20
Gambar 2. Bagan Alir Penelitian	20
Gambar 3. Tanah Asli	20
Gambar 4. Zeolite (ukuran <0,075).....	20
Gambar 5. Contoh Sampel Tanah Pengujian Berat Jenis.....	20
Gambar 6. Contoh Sampel Tanah Pengujian Kadar Air	20
Gambar 7. Grafik Gradasi Butiran	20
Gambar 8. Pengujian Analisa Saringan.....	20
Gambar 9. Pengujian Batas Plastis.....	20
Gambar 10. Grafik Hasil Pengujian Batas Cair	20
Gambar 11. Pengujian Nilai Batas Nilai Batas Cair	20
Gambar 12. Pengujian Batas Susut	20
Gambar 13. Penggolongan Klasifikasi Tanah Asli Menurut Sistem USCS	20
Gambar 14. Regrafik Hubungan Antara Kadar Air dengan Berat Isi Kering Pada Tanah Asli	20
Gambar 15. Pengujian Kompaksi Tanah Asli.....	20
Gambar 16. Grafik Hubungan Antara Penetrasi Dengan Nilai Beban Pada Tanah Asli	20
Gambar 17. Pengujian CBR Tanah Asli	20
Gambar 18. Rekapitulasi Hasil Pengujian Kompaksi Pada Berbagai Variasi Campuran	20
Gambar 19. Pengujian Kompaksi Pada Tanah Terstabilisasi Zeolite	20
Gambar 20. Contoh Sampel Pengujian CBR Pada Tanah Terstabilisasi Zeolite	20
Gambar 21. Rekapitulasi Hasil Pengujian CBR Untuk Masa Pemeraman 0 Hari	20
Gambar 22. Rekapitulasi Hasil Pengujian CBR Untuk Masa Pemeraman 7 Hari	20
Gambar 23. Rekapitulasi Hasil Pengujian CBR Untuk Masa Pemeraman 14 Hari	20
Gambar 24. Rekapitulasi Hasil Pengujian CBR Untuk Masa Pemeraman 28 Hari	20
Gambar 25. Rekapitulasi Hasil Pengujian CBR Terhadap Masa Pemeraman.....	20

BAB 1. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Dalam proses pembangunan suatu konstruksi berbagai kesulitan dapat ditemui, diantaranya adalah kondisi tanah yang tidak mendukung untuk dijadikan sebagai dasar dari suatu pekerjaan konstruksi. Kondisi tanah yang dimaksud meliputi sifat-sifat dasar dari tanah seperti penyebaran ukuran butiran, kemampuan mengalirkan air, sifat pemampatan bila dibebani (*compressibility*), kekuatan geser dan kapasitas daya dukung terhadap beban.

Tanah yang berfungsi sebagai lapis pondasi dasar (*subgrade*) perencanaan perkerasan jalan merupakan elemen yang sangat penting dalam suatu pekerjaan konstruksi, dimana kekuatan tanah merupakan unsur utama dalam pembangunan konstruksi tersebut. Tanah sebagai tempat berdirinya suatu konstruksi harus mampu menahan beban yang bekerja di atasnya. Namun, tidak semua jenis tanah memiliki karakteristik yang sama dan berpengaruh terhadap daya dukungnya. Sehingga, diperlukan penanganan dan perlakuan khusus dalam mengatasi permasalahan yang mungkin terjadi dalam perencanaan suatu konstruksi.

Daya dukung tanah dan kekuatan menjadi faktor perencanaan pembangunan pondasi, maka pada tanah yang stabil dan memiliki daya dukung yang baik perencanaan pondasinya cukup yang sederhana saja. Sebaliknya apabila tanah tidak stabil dan daya dukungnya buruk maka perencanaan konstruksinya harus lebih kompleks.

Stabilisasi tanah biasanya dipilih sebagai salah satu alternatif dalam perbaikan tanah. Perbaikan tanah dengan cara stabilisasi bisa meningkatkan kepadatan tanah, kuat tekan dan daya dukung tanah. Stabilisasi ada banyak macamnya, diantaranya menggunakan bahan campuran dan melakukan pemadatan dengan cara mekanis.

Dalam penelitian ini, metode stabilisasi yang digunakan yaitu dengan menambahkan bahan campuran / *additive*. Bahan *additive* yang dicoba gunakan adalah *zeolite* karena bahannya ekonomis, terjangkau, dan ramah lingkungan.

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

“DAYA DUKUNG LAPISAN SUBGRADE STABILISASI ZEOLIT”

B. Rumusan Masalah

Adapun beberapa rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana daya dukung tanah sebelum diberi campuran zeolit?
2. Apa pengaruh variasi campuran zeolite dengan tanah terhadap daya dukung tanah ?
3. Apa pengaruh masa pemeraman terhadap daya dukung tanah ?
4. Bagaimana hasil perbandingan daya dukung pada tanah sebelum dengan setelah diberi campuran zeolite?

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini ialah:

1. Mengidentifikasi bagaimana hasil daya dukung tanah sebelum diberi campuran zeolite.
2. Menganalisis pengaruh campuran zeolite terhadap peningkatan daya dukung terhadap tanah.
3. Mengetahui pengaruh masa pemeraman terhadap daya dukung tanah.
4. Membandingkan daya dukung pada tanah sebelum dan setelah diberi campuran zeolite.

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 Lanau.
2. Pengujian dilakukan terhadap variasi *zeolite*.
3. Penelitian ini dilakukan pada skala laboratorium bukan pada skala lapangan.
4. Penelitian ini hanya meneliti sifat-sifat fisis dan mekanis, dan tidak meneliti unsur kimia tanah tersebut.

5. Sifat fisis dan mekanis yang dianalisis ialah:

- Pengujian berat jenis
- Pengujian kadar air
- Pengujian analisa saringan dan hidrometer
- Pengujian kadar organik
- Pengujian batas-batas atterberg
- Pengujian pemadatan (kompaksi)
- Pengujian CBR (*California Bearing Ratio*) *Unsoaked* (dengan 56x tumbukan)

6. Bahan stabilisasi yang digunakan adalah *zeolite*.

7. Persentase berat campuran yang diuji adalah 1%, 3%, 5%, 7% terhadap berat tanah dengan kadar air mula-mula.

8. Waktu pemeraman setelah pencampuran tanah lempung dengan *zeolite* adalah 0, 7, 14, dan 28 hari dengan kondisi laboratorium.

E. Sistematika Penulisan

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

BAB 1. PENDAHULUAN

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

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

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

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

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

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

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

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

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

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

A. Definisi Tanah

Tanah 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 diantara partikel-partikel padat tersebut (Das, 1995).

Selain itu, tanah dalam pandangan Teknik Sipil adalah himpunan mineral, bahan organik dan endapan-endapan yang relatif lepas (loose) yang terletak di atas batu dasar (bedrock) (Hardiyatmo, 2017).

Ada pula menurut (Dunn, 1980) berdasarkan asalnya, tanah diklasifikasikan secara luas menjadi 2 macam yaitu :

- a. Tanah organik adalah campuran yang mengandung bagian-bagian yang cukup berarti berasal dari lapukan dan sisa tanaman dan kadang-kadang dari kumpulan kerangka dan kulit organisme.
- b. Tanah anorganik adalah tanah yang berasal dari pelapukan batuan secara kimia ataupun fisis.

B. Daya Dukung Tanah

Daya dukung tanah adalah besarnya tekanan atau kemampuan tanah untuk menerima beban dari luar sehingga menjadi labil. Daya dukung tanah dasar dipengaruhi oleh jenis tanah, tingkat kepadatan, kadar air, kondisi drainase, dan lain-lain. Tingkat kepadatan dinyatakan dengan persentase berat volume kering γ_k tanah terhadap berat volume kering maksimum $\gamma_{k \text{ maks}}$.

Daya dukung tanah bisa kita dapat dengan cara mekanis seperti dengan bantuan alat berat. Ada beberapa cara seperti melakukan penggilasan dengan alat penggilas, menjatuhkan benda berat, ledakan, melakukan tekanan stastis, melakukan proses pembekuan, pemanasan dan sebagainya. Tanah yang memiliki daya dukung yang baik memiliki tingkat kerapatan yang besar. Tanah pada kondisi ini memiliki penurunan tanah yang sangat kecil dan dalam jangka waktu yang sangat lama. Penurunan muka air tanah

juga sangat besar sehingga pada drainase tanah kondisinya tidak terlalu tergenang air.

Tujuan perbaikan daya dukung tanah yang paling utama adalah untuk memadatkan tanah yang memiliki sifat-sifat yang sesuai dengan spesifikasi pekerjaan tertentu. Perbaikan daya dukung juga merupakan usaha untuk mempertinggi kerapatan tanah dengan pemakaian energi mekanis untuk menghasilkan pemampatan partikel (Bowless, 1989).

Energi pemadatan dilapangan dapat diperoleh dari alat-alat berat, pemadat getaran, mesin gilas dan dari benda-benda berat yang dijatuhkan. Di laboratorium untuk mendapatkan daya dukung dilakukan dengan gaya tumbukan dinamik, alat penekan, alat tekan statik yang memakai piston dan mesin tekan. Rumus daya dukung tanah $q_u = C_u N_c + \gamma D$ Di mana : D : Kedalaman tanah C_u : Kuat geser undrained N_c : Faktor daya dukung yang tergantung pada sudut geser Menurut (Bowless 1989), ada beberapa keuntungan pemadatan :

1. Berkurangnya penurunan permukaan tanah subsidence yaitu gaya vertikal pada massa tanah akibat berkurangnya angka pori.
2. Bertambahnya kekuatan tanah.
3. Berkurangnya penyusutan, berkurangnya volume akibat berkurangnya kadar air dari nilai patokan pada saat pengeringan. Kerugian utamanya adalah bahwa pemuaian bertambahnya kadar air dari nilai patokannya dan kemungkinan pembekuan tanah itu akan membesar.

C. 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 kemampuan daya dukung tanah dalam menahan serta meningkatkan stabilitas tanah.

Secara umum, stabilisasi tanah dikelompokkan menjadi tiga bagian, yaitu stabilisasi fisik, stabilisasi mekanis, dan stabilisasi kimiawi. Stabilisasi fisik yaitu mencampur bahan tanah berkarakteristik buruk dengan tanah berkarakteristik baik (gradasi yang lebih baik). Stabilisasi mekanis adalah usaha meningkatkan kemampuan geser dan kohesi dengan penambahan kekuatan dan daya dukung terhadap tanah yang ada dengan meningkatkan

kepadatannya. Sedangkan untuk stabilisasi kimiawi mengandalkan bahan additive yang dapat mengurangi sifat-sifat tanah yang kurang menguntungkan dan biasanya disertai dengan pengikatan terhadap butiran.

Stabilisasi tanah menggunakan bahan additive adalah untuk merubah interaksi air dengan tanah terhadap reaksi permukaan, karena itu aktivitas permukaan dari partikel tanah dan daerah penyerapan air memegang peranan penting. Yang sama pentingnya adalah penggabungan luas partikel sehingga dapat merubah menjadi suatu kesatuan untuk mencapai keseimbangan gaya tarik antar butir.

Metode atau cara memperbaiki sifat-sifat tanah ini juga sangat bergantung pada lama waktu pemeraman, hal ini disebabkan karena di dalam proses perbaikan sifat-sifat tanah terjadi proses kimia yang dimana memerlukan waktu untuk zat kimia yang ada di dalam bahan additive untuk bereaksi.

D. Zeolite

Zeolite adalah mineral yang terbentuk dari kristal batuan gunung berapi yang terjadi karena endapan magma hasil letupan gunung berapi jutaan tahun lalu. Pada Gambar 1 dapat dilihat contoh batuan *zeolite*.



Gambar 1. Batuan *zeolite*

Selama 30 tahun terakhir ini, sifat-sifat *zeolite* telah banyak menarik perhatian para ahli kimia karena sifatnya yang sangat istimewa. *Zeolite* banyak dipakai dalam proses-proses kimia. Pada saat ini penggunaan *zeolite* semakin meningkat, terutama untuk

keperluan sebagai adsorben, penukar ion dan katalis. Dasar pertimbangannya karena *zeolite* memiliki sifat yang mampu menyerap uap/gas maupun cairan, mampu menukar kation, sifat katalitiknya terhadap berbagai reaksi kimia yang sangat baik dan ramah lingkungan (Alfian, Afriani, & Iswan, 2015).

Zeolite merupakan suatu bahan stabilisasi tanah sangat cocok digunakan untuk meningkatkan kondisi tanah atau material tanah yang buruk. Penambahan zeolite ini akan meningkatkan kepadatan, meningkatkan ikatan antar partikel dalam tanah, daya dukung, kuat tekan serta kuat geser material tanah, sehingga memungkinkan pembangunan konstruksi di atasnya.

Karena sifat fisika dan kimia dari zeolite yang unik, sehingga dalam dasawarsa ini, zeolite oleh para peneliti dijadikan sebagai mineral serba guna. Sifat-sifat unik tersebut meliputi dehidrasi, adsorben dan penyaring molekul, katalisator dan penukar ion (Susanto, 2015).

Zeolite mempunyai sifat dehidrasi (melepaskan molekul H₂O) apabila dipanaskan. Pada umumnya struktur kerangka zeolite akan menyusut. Tetapi kerangka dasarnya tidak mengalami perubahan secara nyata. Disini molekul H₂O seolah-olah mempunyai posisi yang spesifik dan dapat dikeluarkan secara reversibel. Sifat zeolite sebagai adsorben dan penyaring molekul, dimungkinkan karena struktur zeolite 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 (Rini & Lingga, 2010).

Pada kebanyakan orang pemakaian zeolite biasanya dipergunakan untuk pertanian dan perikanan, ini menjadi bukti bahwa zeolite tidak berbahaya bagi hewan mau pun tumbuhan yang ada di tanah yang akan distabilisasi dengan zeolite.

Pada zaman sekarang ini zeolite juga banyak dimanfaatkan dibidang konstruksi sebagai bahan additive, adapun keuntungan pemakaian zeolite sebagai bahan campuran stabilisasi tanah 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.

Menurut (Susanto, 2015) adapun mekanisme kerja *zeolite* 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 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 negatif (anion) akan menarik ion positif (kation) air yang akan menyebabkan air tersebut menjadi air pekat yang melekat dan juga sekaligus sebagai 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 exchangers), dan pengikat air. Pada saat Zeolit dijadikan bahan campuran tanah, Zeolit akan dapat mengikat molekul H₂O sehingga sebagian besar molekul tersebut tidak bercampur dengan tanah, sehingga pada saat kondisi panas molekul H₂O akan dilepaskan oleh Zeolit sehingga pada saat tanah menjadi kering molekul H₂O tidak tertahan di dalam tanah.

E. Pematatan

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

Dalam mekanika tanah, ukuran kepadatan tanah adalah berat volume kering tanah (dry density) yang dinyatakan dengan notasi γ_k atau γ_d . Pengujian California Bearing Ratio (CBR) adalah rasio dari gaya perlawanan penetrasi (penetration resistance) dari tanah terhadap penetrasi sebuah piston yang ditekan secara kontinu dengan gaya perlawanan penetrasi serupa pada contoh tanah standard berupa batu pecah di California. Rasio tersebut diambil pada penetrasi 2,5 dan 5,0 mm (0,1 dan 0,2 in) dengan ketentuan angka tertinggi yang digunakan. Gaya perlawanan penetrasi adalah gaya yang diperlukan untuk menahan penetrasi konstan dari suatu piston ke dalam tanah. Berdasarkan cara mendapatkan contoh tanahnya, California Bearing Ratio (CBR) dapat dibagi atas :

- A. California Bearing Ratio (CBR) Lapangan CBR lapangan disebut juga CBR in-place atau field in-place dengan kegunaan sebagai berikut :
 - Mendapatkan nilai CBR asli dilapangan sesuai dengan kondisi tanah pada saat itu. Umumnya digunakan untuk perencanaan tebal lapis perkerasan yang lapisan tanah dasarnya sudah tidak akan dipadatkan lagi
 - Mengontrol apakah kepadatan yang diperoleh sudah sesuai dengan yang diinginkan. Pemeriksaan ini tidak umum digunakan, metode pemeriksaannya dengan meletakkan piston pada kedalaman dimana nilai CBR akan ditentukan lalu dilakukan penetrasi dengan menggunakan beban yang dilimpahkan melalui gardan truk.
- B. California Bearing Ratio (CBR) Laboratorium Tanah dasar pada konstruksi jalan baru dapat berupa tanah asli, tanah timbunan atau tanah galian yang dipadatkan sampai mencapai 95% kepadatan maksimum. Dengan demikian daya dukung tanah dasar merupakan kemampuan lapisan tanah yang memikul beban setelah tanah itu dipadatkan. CBR ini disebut CBR laboratorium, karena disiapkan di laboratorium. CBR laboratorium dibedakan atas 2 macam, yaitu CBR laboratorium rendaman dan CBR laboratorium tanpa rendaman. Manfaat dari pengujian CBR adalah untuk menentukan tebal perkerasan secara umum biasanya kekuatan tanah dasar dinyatakan dalam nilai CBR dimana nilai CBR adalah perbandingan kekuatan tanah dasar atau bahan lain yang dipakai untuk pembuatan perkerasan terhadap nilai CBR didapat dari percobaan baik, untuk contoh tanah asli (undisturbed sample) maupun contoh tanah yang dipadatkan

(compacted sample). Kekuatan tanah dasar tentu banyak tergantung pada kadar airnya. Makin tinggi kadar airnya, makin kecil kekuatan CBR dari tanah tersebut. Kekuatan tanah dasar tentu banyak tergantung pada kadar airnya. Makin tinggi kadar airnya, makin kecil kekuatan CBR dari tanah tersebut. Banyaknya penambahan air dapat dihitung dengan rumus:

$$6000 \text{ gr} \times \left(\frac{A-B}{100+B} \right)$$

Dimana :

A = Kadar air asli (%)

B = Kadar air optimum (%) [dari data kompaksi]

6000 = Jumlah contoh sampel tanah (gram)

Walaupun demikian, hal itu tidak berarti bahwa sebaiknya tanah dasar di padatkan dengan kadar air rendah untuk mendapatkan nilai CBR yang tinggi, karena kadar air tidak konstan pada nilai rendah itu. Harga CBR dihitung pada harga penetrasi 0,1” dan 0,2” dengan persamaan rumus sebagai berikut :

$$CBR = \frac{\text{correctedload}}{\text{standarload}} \times 100$$

Jadi :

$$CBR_{0,1} = \frac{A \text{ (lbs)}}{3000} \times 100\%$$

$$CBR_{0,2} = \frac{B \text{ (lbs)}}{4500} \times 100\%$$

Dimana :

A dan B = beban-beban untuk penetrasi 0,1” dan 0,2” dalam satuan lbs.

Dari kedua nilai di atas pada umumnya penetrasi 0,1” lebih besar dari 0,2” maka di ambil penetrasi 0,1”. Akan tetapi apabila penetrasi 0,2” lebih besar maka pengujian

sebaiknya diulang kembali, dan apabila nilainya tetap sama maka penetrasi 0'2" itu yang dijadikan nilai CBR nya. (ASTM D1883).

F. Penelitian Terdahulu

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

1. Rian Alfian, Lusmeilia Afriani, Iswan (Alfian, Afriani, & Iswan, 2015) : Studi Analisis Daya Dukung Tanah Lempung Berplastisitas Tinggi yang Dicampur Zeolit. Penelitian ini dilakukan dengan cara pengujian pada sampel tanah lempung tanpa campuran dan pada tanah lempung yang dicampur zeolit dengan variasi 6%, 8%, 10%, 12%, dan 14%. Pengujian yang dilakukan menggunakan pemadatan standard dan modified yang sebelumnya dilakukan pemeraman selama 14 hari. Setelah pengujian pemadatan, sampel direndam selama 4 hari kemudian dilakukan pengujian mekanis yaitu pengujian CBR yang bertujuan untuk mengetahui nilai daya dukung tanah setelah sampel dicampur zeolit. Berdasarkan hasil penelitian laboratorium, nilai CBR tertinggi didapat pada sampel tanah lempung dengan campuran zeolit 14% yang menggunakan pemadatan modified dengan pemeraman 14 hari dan perendaman 4 hari yaitu sebesar 2,78%. Hal ini dikarenakan pengaruh zeolit yang dapat mengikat partikel tanah lempung. Jadi, semakin banyak campuran zeolit maka semakin naik pula daya dukung tanahnya. Akan tetapi, nilai CBR pada penelitian ini tidak dapat digunakan sebagai subgrade pada konstruksi jalan karena nilai CBRnya $\leq 6\%$.
2. Dedi Susanto (Susanto, 2015) : Pengaruh Tanah Lempung Berplastisitas Tinggi dengan Bahan Additive Zeolit pada Uji CBR dan Uji Geser Langsung. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh pencampuran antara zeolit dan tanah lempung terhadap nilai CBR dan kuat geser tanah. Hal ini dilakukan karena jika mendirikan struktur di atas tanah lempung akan menimbulkan beberapa permasalahan, antara lain kecilnya nilai CBR dan nilai kuat geser pada tanah tersebut. Oleh karena itu, sebelum dilakukan pembangunan struktur diatas tanah tersebut, perlu dilakukan stabilisasi tanah. Pada penelitian ini dilakukan stabilisasi tanah dengan menggunakan campuran antara zeolit dan tanah lempung. Berdasarkan hasil penelitian, penambahan zeolit dengan masa pemeraman dan perendaman dapat meningkatkan nilai CBR. Nilai CBR tertinggi didapat

pada sampel tanah lempung dengan campuran zeolit 10 % dan peningkatan nilai kuat geser maksimum setelah tanah dicampurkan dengan zeolit pada penambahan maksimal 10%. Nilai CBR dan kuat geser tanah semakin meningkat seiring ditambahkannya persentase pada campuran.

3. Muhammad Taufik Qurrahman (Qurrahman, 2019) : Pengaruh Stabilisasi Tanah Lempung dengan Serbuk Bata Merah dan Zeolit terhadap Nilai CBR dan Potensi Kembang Susut.

Penelitian ini menggunakan metode pengujian California Bearing Ratio (CBR) dan Batas susut (Swelling). Pengujian California Bearing Ratio (CBR) dilakukan dengan CBR tanpa rendaman dan CBR rendaman. CBR tanpa rendaman diperam selama 1, 3, 7 hari, sedangkan CBR rendaman dilakukan perendaman selama 4 hari dan saat perendaman dilakukan Swelling. Sampel terdiri dari tanah asli, kemudian tanah dicampur dengan variasi campuran yang distabilisasi menggunakan bahan tambah serbuk bata merah 1%, 2%, 3% dan zeolit 3%. Dari hasil pengujian Nilai CBR soaked dengan waktu perendaman 4 hari semua pengujian mengalami penurunan dan penurunan yang paling kecil terjadi pada penambahan tanah asli + SBM 3% + Zeolit 3% penurunan sebesar 4,147% dari tanah asli. Hasil tersebut dapat disimpulkan campuran serbuk bata merah dan zeolit jika terkena air maka akan mengalami penurunan nilai CBR pada kondisi soaked dari tanah asli. Pengaruh terbesar bahan tambah terhadap tanah asli pada potensi pengembangan (swelling) yaitu penambahan tanah asli + SBM 3% + Zeolit 3% penurunan sebesar 29,635% dari tanah asli.

Dari hasil pengujian potensi pengembangan diatas dapat disimpulkan bahwa semakin besar penambahan kadar campuran serbuk bata merah dan zeolit pada tanah asli, maka potensi pengembangan mengalami penurunan potensi pengembangan dari tanah asli.

4. Thasya Belinda Cherry Leatemia (Thasya, 2021) : Karakteristik Mekanis Tanah Terstabilisasi Zeolite.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan *zeolite* 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 *zeolite* ini dilakukan dengan menggunakan masa pemeraman yakni 0 hari, 1 hari, 14 hari, dan 28 hari. Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh penambahan *zeolite* dan masa pemeraman berpengaruh untuk meningkatkan daya dukung tanah. Adapun penambahan optimum dari *zeolite*, yakni 3%. Yang mana terdapat nilai CBR maksimum sebesar 40,47% dengan masa pemeraman 28 hari.

5. Windu Abdi Bahari (2019) : Studi CBR Tanah Laterit Stabilisasi Zeolit Aktivasi Waterglass.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi campuran bahan stabilisasi dan waktu pemeraman terhadap nilai CBR Tanah laterit. Penelitian ini menggunakan sampel tanah asli, zeolit dan waterglass 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 zeolit adalah 4%, 8%, 12%, 16%, 20% dari berat tanah asli dan penambahan waterglass 10%, 20%, dan 30% untuk masing-masing variasi zeolit. Dari hasil pengujian diperoleh hasil bahwa tanah laterit memiliki nilai CBR sebesar 20,458 % , sehingga jenis tanah ini termasuk tanah yang buruk jika digunakan sebagai tanah dasar. Hasil pengujian terhadap tinjauan nilai CBR setelah ditambahkan zeolit dan waterglass terjadi peningkatan nilai, yaitu Ketika ditambah 4%, 8 %, 12%, 16% dan 20% zeolite juga 10%, 20%, dan 30% waterglass mengalami kenaikan nilai secara berturut turut menjadi 26.83%, 28.48%, 29.53%, 33.42%, dan 34.02%. Hasil ini menunjukkan bahwa penambahan zeolit dan waterglass dapat meningkatkan stabilitas dari tanah laterit dan seiring dengan bertambahnya usia pemeraman daya dukung tanah tersebut juga semakin meningkat

6. Marthen Matasik Tangkeallo, 2019 : Studi Cbr Tanah Laterit Stabilisasi Zeolit Aktivasi Waterglass.

Hasil penelitian ini telah menunjukkan bahwa tanah laterit stabilisasi zeolite aktivasi waterglass dapat digunakan sebagai lapis pondasi atas dengan presentasi zeolite 16%-

20% dan waterglas 4%-6%, Penambahan zeolite 20% dan waterglas 6% dengan waktu peram 28 hari CBR meningkat 4 kali lebih tinggi dibandingkan tanah tanpa stabilisas