

TUGAS AKHIR

**STUDI POTENSI PENGEMBANGAN TANAH EKSPANSIF
YANG DISTABILISASI DENGAN ZIOLIT**

***STUDY OF SWELLING POTENTIAL OF EXPANSIVE SOILS
STABILIZED WITH ZIOLITES***

**ALVIN AMARTYA NURUL HIDAYAH
D111 14 005**



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

LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR)

**STUDI POTENSI PENGEMBANGAN TANAH EKSPANSIF YANG
DISTABILISASI ZIOLIT**

Disusun dan diajukan oleh:

ALVIN AMARTYA NURUL HIDAYAH

D111 14 005

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 29 Juni 2021 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

menyetujui,

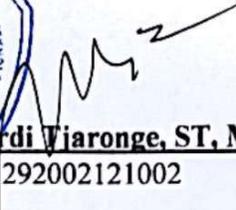
Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,


Dr. Ir. Abd. Rahman Djamaluddin, MT
NIP. 195910101987031003


Sitti Hijraini Nur, ST, MT
NIP. 197711212005012001

Ketua Program Studi,


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

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini, nama Alvin Amartya NH dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul **"Studi Potensi Pengembangan Tanah Ekspansif Yang Distabilisasi Ziolit"** 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, 13 juli 2021

Yang membuat
pernyataan,



Alvin Amartya NH
D111 14 005

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 **Abd. Halim Usman** dan ibunda **Nurliah Tahir** 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 **Dr. Ir. Abd. Rahman Djamaluddin, M.T.** 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. Ibu **St. Hijraini Nur, S.T., 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

ABSTRAK

Tanah merupakan material dasar yang sangat penting karena merupakan dasar dimana struktur akan didirikan seperti pondasi bangunan, jalan raya, bendungan, tanggul dan lain-lain. Permasalahan tanah ini tidak hanya terbatas pada penurunan (settlement) saja tetapi mencakup secara menyeluruh, seperti penyusutan dan pengembangan tanah. Beberapa jenis tanah memerlukan penanganan khusus untuk dapat dijadikan sebagai dasar konstruksi, salah satunya adalah tanah lempung ekspansif yang memiliki sifat kembang susut yang tinggi. Sehingga untuk menangani permasalahan tanah ekspansif dilakukan beberapa metode salah satunya stabilisasi tanah dengan menggunakan material lokal dapat dimungkinkan dengan bahan yang relative baru seperti zeolit yang tersedia banyak di tanah Tanah Toraja.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengamati karakteristik fisis dari tanah dasar yang bersifat ekspansif yang selanjutnya menganalisis besarnya pengaruh perubahan nilai aktifitas dan tingkat pengembangan karena adanya variasi penambahan ziolit pada tanah ekspansif.

Penelitian ini merupakan penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi yang terkendalkan. Pada penelitian ini yang dilakukan adalah meninjau karakteristik fisik, aktifitas dan potensi pengembangan tanah ekspansif setelah distabilisasi dengan ziolit dengan variasi campuran 0%, 5%, 10% dan 15%.

Dari hasil pengujian diperoleh hasil bahwa tanah ini memiliki tipe tanah CH menurut klasifikasi USCS dan dalam klasifikasi AASHTO yaitu tanah berlempung. Dari hasil pengujian sifat fisis tanah diperoleh hasil nilai aktifitas sebesar 0,8936, sehingga jenis tanah ini termasuk tanah yang memiliki potensi pengembangan yang sangat tinggi dan setelah ditambahkan ziolit dengan variasi campuran 5%, 10% dan 15% ziolit mengalami penurunan nilai secara berturut-turut yaitu 0,7483, 0,4951 dan 0,3960. Dari hasil pengujian potensi pengembangan dengan variasi campuran 0%, 5% 10% dan 15% ziolit diperoleh hasil yang secara berturut-turut mengalami penurunan nilai yaitu sebesar 7,354%, 6,237%, 3,970% dan 3,012%. Hasil ini menunjukkan bahwa seiring dengan bertambahnya ziolit maka tingkat pengembangan tanah tersebut juga semakin menurun.

Kata Kunci : Tanah Ekspansif, Stabilisasi, Ziolit, Aktifitas Tanah, Potensi Pengembangan.

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. This land problem is not only limited to settlement but covers the whole, such as depreciation and land development. Several types of soil require special handling to be used as a basis for construction, one of which is expansive clay which has high swelling and shrinkage properties. So that to deal with the problem of expansive soil, several methods are used, one of which is soil stabilization using local materials, which is possible with relatively new materials such as zeolites, which are widely available in the soil in Tanah Toraja.

The purpose of this study was to observe the physical characteristics of expansive subgrade so then to analyze the magnitude of the effect of changes in activity value and level of swelling potential due to variations in the addition of zeolites on expansive soil.

This research is a research that is used to find the effect of certain other treatments in uncontrolled conditions. In this study, what was done was to review the physical, activity and swelling potential of expansive soil after being stabilized with zeolites with a mixed variation 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 of the physical properties of the soil, the activity value of 0.8936 was obtained, so that this type of soil is one that has a very high development potential and after adding zeolite with a mixed variation of 5%, 10% and 15% zeolite has decreased in value respectively also, namely 0.7483, 0.4951 and 0.3960. From the results of the development potential test with a mixture of 0%, 5% 10% and 15% zeolite variations, the results obtained were respectively 7,354%, 6,237%, 3,970% and 3.012%. These results indicate that along with the increase in zeolite, the level of swelling potential also decreases.

Keywords : *Expansive Soil, Stabilization, Zeolite, Soil Activities, Swelling Potential.*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH.....	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB 1. PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Tujuan Penelitian	4
D. Manfaat Penelitian	4
E. Batasan Masalah	5
F. Sistematika Penulisan.....	6
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	8
A. Isu Permasalahan Tanah Ekspansif.....	8
B. Karakteristik Tanah Ekspansif.....	9

C. Identifikasi Tanah Ekspansif.....	11
D. Karakteristik Ziolit.....	14
E. Prinsip Stabilisasi Tanah.....	18
F. Penelitian Terdahulu	23
G. Kerangka Pikir Penelitian	28
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	29
A. Jenis Penelitian Penelitian	29
B. Lokasi Penelitian	29
C. Penyiapan Bahan dan Alat.....	29
D. Bagan Alir Penelitian.....	30
E. Pekerjaan Laboratorium.....	32
F. Kombinasi Campuran.....	32
G. Pengujian Sampel	33
H. Prosedur Pelaksanaan.....	34
I. Metode Analisis.....	38
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	42
A. Karakteristik Tanah Asli	42
B. Karakteristik Pencampuran Tanah Asli Dengan Penambahan Ziolit	50

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	60
A. Kesimpulan	60
B. Saran	60
DAFTAR PUSTAKA.....	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Grafik Hubungan antara Persentase tanah dan Aktifitas	14
Gambar 2. Zeolit	15
Gambar 3. Struktur Kimia Zeolit.....	15
Gambar 4. Kerangka pikir penelitian.....	28
Gambar 5. Bagan Alir Penelitian.....	31
Gambar 6. Kurva gradasi butiran	43
Gambar 7. Diagram plastisitas (ASTM, Casagrande).....	44
Gambar 8. Grafik penentuan klasifikasi grup A-4 s/d A-7 (AASHTO)	46
Gambar 9. Grafik hubungan antara persentase tanah dan aktifitas.....	48
Gambar 10. Grafik hubungan Kadar Air dan Berat Isi Kering Tanah Asli	49
Gambar 11. Grafik hubungan antara waktu dan pengembangan tanah asli	49
Gambar 12. Grafik rasio indeks plastisitas tanah campuran ziolit terhadap tanah asli.....	53
Gambar 13. Grafik rasio nilai aktifitas tanah (menurut skempton) campuran ziolit terhadap tanah asli.....	54
Gambar 14. Klasifikasi potensi pengembangan tanah (Seed, 1962)	55
Gambar 15. Grafik rasio nilai aktifitas tanah (menurut seed) campuran ziolit terhadap tanah asli	56
Gambar 16. Grafik hubungan kadar air dan berat isi kering tanah asli dengan campuran ziolit.....	57

Gambar 17. Grafik hubungan antara waktu dan persentase pengembangan	58
Gambar 18. Grafik rasio <i>Swelling Potential</i> campuran ziolit terhadap tanah asli.....	58

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Rentang kapasitas pertukaran kation dari mineral lempung	11
Tabel 2. Korelasi nilai indeks plastisitas dengan tingkat pengembangan	12
Tabel 3. Korelasi nilai indeks plastisitas dengan tingkat pengembangan	13
Tabel 4. Sampel pengujian untuk tanah asli	32
Tabel 5. Sampel pengujian untuk campuran tanah asli dengan ziolit	32
Tabel 6. Standar metode pengujian sifat fisik tanah	34
Tabel 7. Rekapitulasi hasil pemeriksaan karakteristik tanah asli	42
Tabel 8. Klasifikasi Tanah untuk Lapisan Tanah Dasar Jalan Raya (Sistem AASHTO).....	45
Tabel 9. Klasifikasi keandalan tanah berdasarkan AASHTO	47
Tabel 10. Rekapitulasi PI, lolos 200mm dan nilai <i>activity</i> tanah asli	47
Tabel 11. Rekapitulasi tingkat pengembangan tanah asli.....	49
Tabel 12. Rekapitulasi hasil pemeriksaan karakteristik tanah asli + ziolit	50
Tabel 13. Hasil uji Atterberg pencampuran tanah asli dengan ziolit.....	51
Tabel 14. Nilai PI dan Potensi pengembangan	52
Tabel 15. Rasio indeks plastisitas tanah campuran ziolit terhadap tanah asli.....	53
Tabel 16. Nilai aktifitas dan potensi pengembangan.....	54
Tabel 17. Rasio nilai aktifitas tanah (menurut skempton) campuran ziolit terhadap tanah asli.....	54
Tabel 18. Rekapitulasi lolos saringan 200, aktifitas dan potensi pengembangan	55

Tabel 19. Rasio nilai aktifitas tanah (menurut seed) campuran ziolit terhadap tanah asli.....	56
Tabel 20. Rekapitulasi pengujian kompaksi tanah asli dengan ziolit.....	57
Tabel 21. Hasil uji pengembangan tanah asli dengan ziolit	57
Tabel 22. Rasio <i>Swelling Potential</i> campuran ziolit terhadap tanah asli ..	58

BAB 1. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Tanah merupakan material dasar yang sangat penting karena merupakan dasar dimana struktur akan didirikan seperti pondasi bangunan, jalan raya, bendungan, tanggul dan lain-lain. Kerusakan yang terjadi pada jalan dan gedung, seperti terangkat atau turunnya suatu pondasi, keretakan dinding bangunan, dan bergelombangnya permukaan jalan, disebabkan oleh permasalahan pada tanah yang ada di bawah struktur suatu bangunan.

Permasalahan tanah ini tidak hanya terbatas pada penurunan (settlement) saja tetapi mencakup secara menyeluruh, seperti penyusutan dan pengembangan tanah. Oleh karena itu sifat teknis yang berkaitan dengan tanah dasar harus diperhatikan agar suatu struktur yang dibangun di atasnya dapat stabil terhadap pengaruh tanah. Beberapa jenis tanah memerlukan penanganan khusus untuk dapat dijadikan sebagai dasar konstruksi, salah satunya adalah tanah lempung ekspansif.

Tanah ekspansif adalah tanah atau batuan yang kandungan lempungnya memiliki potensi kembang-susut akibat perubahan kadar air. Tanah ekspansif umumnya diakibatkan oleh perubahan kadar air sehingga menyebabkan perubahan volume tanah. Tanah ekspansif merupakan jenis tanah yang bermasalah dalam suatu proyek konstruksi khususnya untuk pekerjaan timbunan tanah dasar suatu bangunan.

Dengan perubahan volume tanah akibat kadar air yang rendah dapat mengakibatkan penurunan pada bangunan di atasnya (*Settlement*) terlebih jika penurunannya tidak seragam (*Non-uniform Settlement*). Penurunan tersebut dapat terjadi pada masa konstruksi maupun selama operasional bangunan tersebut. Selain penurunan, akibat kadar air yang tinggi dalam tanah dapat pula mengakibatkan tanah mengembang sehingga dapat menyebabkan bangunan terangkat (*Uplift*).

Tanah ekspansif merupakan salah satu masalah global di bidang konstruksi. Di Amerika Serikat estimasi biaya kerusakan bangunan dan infrastruktur akibat tanah ekspansif mencapai \$15 Juta per tahun (Far & Flint, 2016). Tanah jenis ini umumnya memiliki liquid limit dan plastis limit yang cenderung besar dengan index plastisitas tinggi sekitar >30% (Chen,1975). Untuk mengurangi kerugian akibat tanah ekspansif dilakukan beberapa metode salah satunya stabilisasi tanah.

Stabilisasi tanah adalah suatu cara yang digunakan untuk mengubah atau memperbaiki sifat dasar tanah sehingga diharapkan tanah dasar tersebut mutunya dapat lebih baik dan dapat meningkatkan kemampuan daya dukung tanah dasar terhadap konstruksi yang akan dibangun di atasnya. Dalam rekayasa geoteknik, stabilisasi tanah secara umum terbagi dalam tiga kategori, yaitu secara mekanis, cara kimia, dan cara fisik.

Dalam pengembangan teknologi stabilisasi tanah, berbagai metode dan material stabilisator telah dipakai seperti kapur (Putri, 2016), pozzolan

(Rannu,2016), semen (Febriani,2017), resin damar (Muthmainah,2017). Namun demikian penggunaan material lokal dapat dimungkinkan dengan bahan yang relative baru seperti zeolit yang tersedia banyak di tanah Tanah Toraja.

Zeolit adalah 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 Walls), absorpsi kimia (melibatkan gaya elektrostatik), ikatan hydrogen dan pembentukan kompleks koordinasi.

Berdasarkan latar belakang ini, penulis melakukan penelitian dengan cara kimia untuk menghasilkan stabilisasi pada tanah ekspansif yang lebih baik dari dari segi pemanfaatan potensi alam dengan penggunaan material lokal dapat dimungkinkan dengan bahan yang relative baru seperti zeolit yang tersedia banyak di tanah Tanah Toraja.

Dari uraian diatas dapat dilakukan suatu studi penelitian dengan judul “ **STUDI POTENSI PENGEMBANGAN TANAH EKSPANSIF YANG DISTABILISASI DENGAN ZIOLIT** “

B. Rumusan Masalah

Perumusan masalah dalam penelitian ini dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Bagaimana karakteristik fisis tanah ekspansif yang akan distabilisasi dengan ziolit?
2. Bagaimana pengaruh penambahan ziolit terhadap perubahan aktifitas tanah?
3. Bagaimana pengaruh penambahan ziolit terhadap perubahan tingkat pengembangan?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut di atas, maka penelitian ini bertujuan untuk :

1. Menentukan karakteristik fisis dari tanah dasar yang bersifat ekspansif
2. Menentukan besarnya perubahan nilai aktifitas karena adanya variasi penambahan ziolit pada tanah ekspansif
3. Menganalisis pengaruh penambahan ziolit terhadap perubahan tingkat pengembangan

D. Manfaat Penelitian

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, diharapkan manfaat yang akan diperoleh sebagai berikut:

1. Sebagai bahan referensi bagi para peneliti dalam pengembangan pemanfaatan metode perbaikan daya dukung tanah dengan tambahan ziolit
2. Mengatasi masalah kerusakan jalan dan kesulitan pengadaan material struktur tanah dasar (subgrade) jalan yang memenuhi syarat

E. Batasan Masalah

Dalam melakukan penelitian ini, ditetapkan beberapa batasan terhadap tinjauan yang dilakukan agar tidak menyimpang dari tujuan yang akan dicapai. Adapun batasan masalah sebagai berikut:

1. Tanah yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah ekspansif
2. Penelitian ini dilakukan pada skala laboratorium, bukan pada skala lapangan.
3. Penelitian hanya meneliti sifat fisis dan mekanis tanah laterit, tidak meneliti unsur kimia tanah tersebut
4. Penelitian ini adalah penelitian perbaikan tanah yang dibatasi hanya pada stabilisasi tanah ekspansif dengan cara pencampuran bahan ziolit.
5. Penelitian yang dilakukan dengan uji sampel di laboratorium untuk mengetahui perubahan karakteristik pengembangan dan aktifitas dengan kadar campuran tertentu, yaitu 0%, 5%, 10%, 15%, ziolit dari tanah asli.

F. Sistematika Penulisan

Dalam penulisan tugas akhir ini penulis mencoba mengikuti aturan penulisan karya ilmiah yang benar, dan mencoba membagi isi dari tugas akhir ini dalam bentuk bab-bab yang merupakan pokok-pokok uraian masalah penelitian yang disusun secara sistematis. Isi per-bab secara garis besar sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan latar belakang masalah, rumusan masalah, maksud dan tujuan penulisan, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan teori-teori yang berasal dari buku-buku maupun dari tulisan-tulisan lain yang mendukung pencapaian tujuan penelitian dan teori yang mendukung penemuan jawaban dari rumusan masalah.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menguraikan secara rinci tentang metode, bahan penelitian, peralatan penelitian, dan cara pengujian yang dilakukan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menguraikan hasil penelitian dan pengolahan data serta pembahasannya.

BAB V PENUTUP

Bab ini memberikan kesimpulan dari hasil penelitian secara singkat dan jelas sebagai jawaban dari masalah yang diangkat dalam penelitian serta

memberikan saran-saran sehubungan dengan analisis yang telah dilakukan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

A. Isu Permasalahan Tanah Ekspansif

Secara umum tanah dasar atau *subgrade* adalah lapisan tanah setebal 50cm-100cm yang merupakan permukaan terbawah suatu konstruksi perkerasan jalan raya atau landasan pacu pesawat terbang. Tanah dasar harus mempunyai kapasitas dukung yang baik serta mampu mempertahankan perubahan volume selama masa pelayanan, walaupun terdapat perbedaan kondisi lingkungan. Subgrade dapat berupa tanah asli yang dapat dipadatkan jika tanah aslinya tergolong baik dan tanah yang didatangkan dari tempat lain kemudian dipadatkan atau tanah yang distabilisasi dengan bahan tambah (*additive*).

Fungsi *subgrade* adalah menerima tekanan akibat beban lalu lintas yang ada di atasnya sehingga harus mempunyai kapasitas dukung yang optimal dan mampu menerima gaya akibat beban lalu lintas tanpa mengalami perubahan dan kerusakan yang berarti.

Apabila suatu tanah yang terdapat dilapangan bersifat sangat lepas atau sangat lunak sehingga tidak sesuai untuk suatu pembangunan, maka tanah tersebut sebaiknya distabilikan. Stabilisasi itu sendiri dapat berupa satu atau gabungan pekerjaan secara mekanis, seperti menambah kepadatan tanah dengan cara digilas, peledakan, atau dengan menjatuhkan benda-benda berat. Selain itu dengan menambah

material lain agar dapat mengadakan perubahan-perubahan alami dan kimiawi material tanah yang akan distabilkan.

Salah satu jenis tanah yang dianggap kurang baik sebagai subgrade pada konstruksi jalan adalah tanah lempung, karena mempunyai sifat sangat dipengaruhi gaya-gaya permukaan serta sangat mudah mengembang oleh tambahan kadar air, sehingga dapat merusak struktur ringan dan perkerasan jalan raya. Untuk itu tanah tersebut perlu distabilkan dengan cara dipadatkan atau menginjeksi bahan lain yang sifatnya dapat menguatkan struktur tanah.

B. Karakteristik Tanah Ekspansif

Definisi umum dari tanah ekspansif adalah tanah yang mempunyai sifat kembang susut yang besar, sifat kembang susut ini sangat dipengaruhi oleh kandungan air yang ada di dalam tanah tersebut. Jika kandungan airnya banyak maka tanah tersebut akan mengembang dan kekuatan daya dukungnya akan berkurang, demikian sebaliknya jika kadar airnya berkurang atau kering maka tanah itu akan menyusut dan mengakibatkan tanah pecah-pecah di permukaannya sedangkan daya dukungnya akan meningkat.

Sifat-sifat dan perilaku kembang susut ini sangat tergantung pada komposisi mineral-mineralnya, unsur-unsur kimianya, tekstur lempung, dan partikel-partikelnya serta pengaruh lingkungan sekitarnya. Untuk

memahami sifat dan perilaku lempung diperlukan pengetahuan tentang tanah ekspansif dan mineral lempung.

Mineral utama pembentuk tanah ekspansif adalah Montmorilonite, Illite, dan Kaolinite. Ketiga mineral tersebut membentuk kristal Hidro Aluminium Silikat ($\text{Al}_2\text{O}_3\text{nSiO}_2\text{kH}_2\text{O}$), namun demikian ketiga mineral tersebut mempunyai sifat dan struktur dalam yang berbeda satu dengan lainnya, yaitu :

- a. Mineral Montmorilonite, mempunyai sifat pengembangan yang sangat tinggi, sehingga tanah lempung yang mengandung mineral ini akan mempunyai potensi pengembangan yang sangat tinggi. Rumus kimia mineral Montmorilonite adalah $\text{Al}_2\text{Mg}(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_2\text{kH}_2\text{O}$
- b) Mineral Illite, mineral ini mempunyai sifat pengembangan yang sedang sampai tinggi, sehingga material lempung yang mengandung mineral ini mempunyai sifat pengembangan yang medium. Rumus kimia mineral Illite adalah $\text{KyAl}_2(\text{FeMg}_2\text{Mg}_3)(\text{Si}_4\text{-yAl}_y\text{O}_{10})(\text{OH})_2$.
- c) Mineral Kaolinite, mempunyai ukuran partikel Yang lebih besar dan mempunyai sifat pengembangan yang lebih kecil. Rumus kimia untuk mineral ini adalah $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}$

Ukuran partikel mineral lempung dan kapasitas pertukaran Kation digambarkan dalam tabel 1 yang dikutip dari Chen (1998).

Tabel 1. Rentang kapasitas pertukaran kation dari mineral lempung

Uraian	Kaolinite	Illite	Montmorilonite
Tebal partikel	0,5 – 2 micron	0,003 – 1 micron	< 9,5 A
Diameter partikel	0,5 – 4 micron	0,5 – 10 micron	0,5 – 10 micron
Spesifikasi permukaan (m ² /gr)	10 – 20	65 – 180	50 – 840
Kapasitas pertukaran Kation	3 – 15	10 – 40	70 – 80

Sumber: (Chen, 1998 dalam Das, 1995)

C. Identifikasi Tanah Ekspansif

Identifikasi tanah ini sangat berhubungan dengan hasil pengujian laboratorium dan pengujian lapangan serta tingkat pengembangannya. Untuk melakukan identifikasi tanah ekspansif dapat dilakukan dengan 2 cara, yaitu cara langsung dan cara tidak langsung.

Cara langsung adalah dengan mengukur susut dari contoh tanah yang ada, sedangkan cara tidak langsung adalah dengan cara melakukan analisis dari parameter-parameter tanah antara lain, batas-batas Atterberg dan nilai aktivitas. Beberapa cara identifikasi tanah ekspansif cara tidak langsung adalah sebagai berikut :

1. Cara Chen (1988)

Beberapa Dalam melakukan identifikasi tanah ekspansif, ada dua cara yang dikemukakan Chen, yaitu : cara pertama, Chen menggunakan indeks tunggal yaitu *Plasticity Index* (PI) dan cara kedua yaitu menggunakan korelasi anatara fraksi lempung lolos saringan no. 200, batas cair (LL), dan nilai N dari hasil uji *Standart Penetration Test* (SPT).

Tabel 2 menunjukkan hubungan anantara harga PI dengan potensi pengembangan yang dibagi menjadi 4 kategori, yaitu : potensi pengembangan rendah, sedang, tinggi dan sangat tinggi. Tanah ekspansif dengan tingkat pengembangan tinggi sampai sangat tinggi yaitu nilai Plasticity Index > 55% . :

Tabel 2. Korelasi nilai indeks plastisitas dengan tingkat pengembangan

Indeks Plastisitas (PI) %	Potensi Pengembangan
0 – 15	Rendah
10 – 35	Sedang
20 – 55	Tinggi
>55	Sangat tinggi

Sumber : (Chen, 1988 dalam Das, 1995)

2. Cara Skempton (1953)

Skempton mengidentifikasi tanah ekspansif dengan activity, yaitu perbandingan antara harga Plasticity Index (PI) dengan prosentase fraksi lempung (CF), dengan persamaan :

$$Ac = PI / CF$$

Dimana :

Ac = Aktifity

PI = Plasticity Index

CF = Prosentase lolos saringan no. 200

Pada tabel 3 dibawah menunjukkan korelasi anantara potensi pengembangan dengan nilai aktifity. Tanah ekspansif bila nilai aktivitas (Ac)

Tabel 3. Korelasi nilai indeks plastisitas dengan tingkat pengembangan

Nilai Aktifitas Tanah	Tingkat Keaktifan	Potensi Pengembangan
<0,75	Tidak Aktif	Rendah
0,75<Ac<1,25	Aktif	Sedang
>1,25	Sangat Aktif	Tinggi

Sumber : Skempton (1953)

3. Cara Seeds (1962)

Cara ini mempergunakan actifity Skempton yang dimodifikasi, yaitu:

$$Ac = PI / (CF - 10) \quad (3)$$

Dimana :

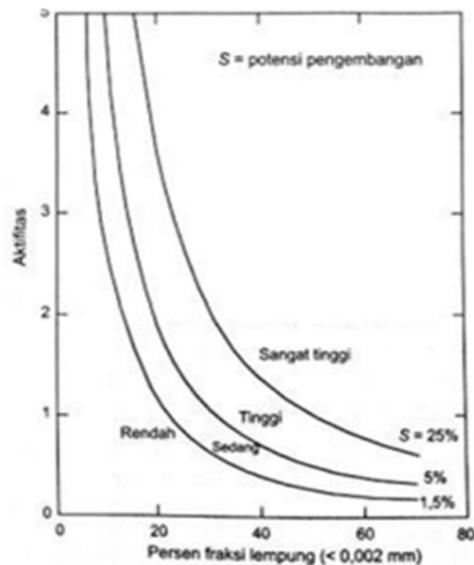
Ac = Actifity

PI = Plasticity Index (%)

CF = Prosentase lolos saringan no. 200

Angka 10 adalah faktor reduksi

Pada gambar 1 dibawah ini menunjukkan grafik hubungan antara presentase tanah lolos saringan no. 200 dan aktifity serta potensial swelling. Tanah ekspansif dengan aktifity lebih besar dari (very high) dan prosentase lolos saringan no. 200.



Gambar 1. Grafik Hubungan antara Persentase tanah dan Aktifitas

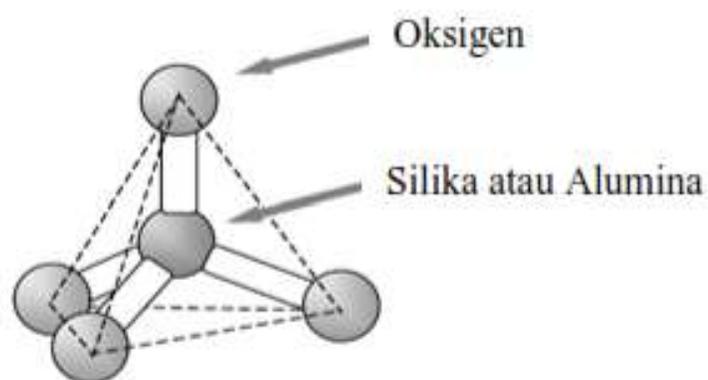
D. Karakteristik Zeolit

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 suatu bahan stabilisasi tanah yang sangat cocok digunakan untuk meningkatkan kondisi tanah atau material tanah jelek atau di bawah standar. Penambahan zeolit 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.



Gambar 2. Zeolit

Zeolit merupakan kristal aluminosilikat terhidrasi yang mengandung kation alkali dan alkali tanah dalam kerangka tiga dimensinya, secara empiris mempunyai rumus sebagai berikut : $Mx/n(AlO_2)x(SiO_2)yH_2O$ 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 zeolit adalah sebagai berikut :

a. Dehidrasi

Dehidrasi bertujuan untuk melepaskan molekul air dari 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 zeolit terisi oleh molekul air yang berada di sekitar kation. Bila zeolit dipanaskan maka air tersebut akan keluar. Zeolit yang telah dipanaskan dapat berfungsi sebagai penyerap gas atau cairan.

c. Penukaran 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 zeolit 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 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

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 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 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.

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

E. Prinsip Stabilisasi Tanah

Stabilisasi tanah disebut dengan perbaikan tanah dibidang rekayasa teknik sipil, Stabilisasi dapat dilaksanakan dengan menambah sesuatu bahan atau komposit tertentu untuk menambah kekuatan pada tanah. Tujuan dari stabilisasi tanah yaitu untuk meningkatkan kemampuan daya dukung tanah dalam menahan serta meningkatkan stabilitas tanah.

Pada umumnya ada dua cara stabilisasi tanah, yaitu dengan cara mekanis dan cara kimiawi. Stabilisasi tanah secara mekanis bertujuan

untuk mendapatkan tanah yang bergradasi baik sehingga dapat memenuhi spesifikasi yang diinginkan, Pada prinsipnya stabilisasi tanah secara mekanis dengan penambahan kekuatan dan daya dukung terhadap tanah yang ada dengan mengatur gradasi dari butir tanah yang bersangkutan dengan meningkatkan kepadatannya. Menambah dan

mencampur tanah yang ada (natural soil) dengan jenis tanah yang lain sehingga mempunyai gradasi baru yang lebih baik. Yang perlu diperhatikan dalam stabilisasi tanah secara mekanis adalah gradasi butir tanah yang memiliki daya ikat (binder soil) dan kadar air.

Menurut Bowles (1986) stabilisasi dapat berupa :

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, dan
5. Mengganti tanah yang buruk.

Perbaikan kualitas tanah harus segera dilakukan dengan cara stabilisasi tanah. Jika tanah asli yang digunakan sebagai landasan suatu perkerasan jalan memiliki kualitas daya dukung yang kurang baik untuk dijadikan sebagai lapisan tanah dasar maupun sebagai material timbunan. Pemilihan kualitas jenis tanah yang dapat dijadikan tanah dasar melalui penyelidikan tanah menjadi penting karena tanah dasar akan sangat

menentukan tebal lapis perkerasan di atasnya, sifat fisik perkerasan di kemudian hari, dan kelakuan perkerasan seperti deformasi permukaan dan lain sebagainya. Kekuatan yang tidak memadai (ketahanan terhadap deformasi) merupakan masalah yang sering dijumpai pada pelaksanaan konstruksi jalan dan merupakan penyebab kerugian secara ekonomis atau juga bisa menyebabkan terjadi kecelakaan. Perbaikan tanah pada lapis tanah dasar (subgrade) dengan stabilisasi merupakan suatu pilihan untuk mengatasi kondisi tersebut. Maksud dari stabilisasi lapisan tanah dasar (subgrade) pada konstruksi jalan adalah suatu usaha untuk perbaikan sifat-sifat tanah eksisting agar memenuhi spesifikasi teknis, Untuk sistem struktur perkerasan jalan, sifat-sifat ini diharapkan agar bisa memenuhi sebagai bagian dari lapisan perkerasan.

Stabilisasi dapat dilakukan berupa tindakan-tindakan sebagai berikut :

1. Stabilisasi Tanah dengan Cara Removal dan Replacement.

Metode ini dilakukan dengan cara mencampur tanah ekspansif dengan tanah non ekspansif, diharapkan dengan mencampur kedua jenis tanah ini dapat memperbaiki sifat dari tanah ekspansif. Tinggi dari timbunan tanah non ekspansif harus tepat agar didapat kekuatan yang diinginkan. Tidak ada petunjuk yang tepat, berapa tinggi timbunan tersebut. Menurut Chen (1988) merekomendasikan 1 meter sampai dengan 1 meter. Keuntungan dari metode ini adalah:

- a. Tanah non ekspansif yang dicampurkan mempunyai sifat density dan daya dukung lebih besar, sehingga dapat memperbaiki tanah ekspansif yang mempunyai nilai density rendah.
- b. Biaya dari metode ini lebih ekonomis dari metode stabilisasi tanah ekspansif lainnya, karena metode ini tidak membutuhkan peralatan konstruksi yang mahal.

Kerugian dari metode ini adalah ketebalan dari tanah ekspansif yang telah dicampur dengan tanah non ekspansif akan menjadi lebih tebal sehingga memungkinkan tidak sesuai dengan ketebalan yang telah ditentukan.

2. Stabilisasi Tanah Dengan Cara Remolding dan Compaction.

Swelling potensial dari tanah ekspansif dapat diperbaiki dengan cara merubah nilai density tanah tersebut (Holtz dalam Seta, 2006). Metode ini menunjukkan bahwa pemadatan pada nilai density yang rendah dan pada kadar air dibawah kadar optimum yang terlihat pada test Standart Proctor dapat mengakibatkan lebih sedikit swelling potential dari pemadatan pada nilai density yang tinggi dan kadar air yang lebih rendah.

3. Stabilisasi Tanah dengan Cara Chemical Admixtures

a. Stabilisasi Tanah Dengan Kapur

Stabilisasi tanah dengan kapur telah banyak digunakan padaproyek-proyek jalan dibanyak negara. Untuk hasil yang optimum kapur yang digunakan biasanya antara 3% sampai dengan 10%. Warsiti (2009) Berdasarkan hasil pengujian

pengujian sifat fisik dan mekanis dari campuran tanpa pemeraman kepadatan kering, CBR keadaan unsoaked dan soaked terbesar dicapai pada prosentase kapur 10%, maka dapat diambil kesimpulan bahwa yang paling baik untuk stabilisasi tanah lempung adalah dengan penambahan kapur 10%.

b. Stabilisasi Tanah dengan Semen

Bahan pengikat yang paling luas digunakan adalah yang dikenal sebagai semen hidrolik yang merupakan bahan anorganik yang dihaluskan sehingga memiliki daya ikat hidrolik yang kuat, yaitu apabila dicampur dengan air, bahan tersebut menjadi keras sehingga menghasilkan bahan barg yang stabil dan awet.

Hasil yang didapat dengan stabilisasi tanah menggunakan semen hampir sama stabilisasi tanah dengan kapur, Menurut Chen (1988) dengan menambahkan semen pada tanah akan dapat meningkatkan shrinkage limit dan shear strength,

c. Stabilisasi Tanah Dengan Fly ash.

Fly ash dapat juga dipergunakan sebagai stabilizing agents karena apabila dicampur dengan tanah akan terjadi reaksi pozzolonic. Pada tanah lunak kapur yang akan dicampur fly ash dengan perbandingan satu banding dua terbukti dapat meningkatkan daya dukung tanah.

F. Penelitian Terdahulu

Penelitian-penelitian tentang stabilisasi dengan cara penambahan zat-zat aditif baik itu dari ziolit maupun bahan lainnya yang telah dilakukan. Seperti yang dilakukan oleh:

- a. Muhammad Ari Ridwansyah, M. Farid Ma'ruf, Paksitya Purnama Putra, (2018): Stabilisasi Tanah Ekspansif Dengan Penambahan Pasir (Studi Kasus: Dusun Jatiluhur, Desa Glagahagung, Kecamatan Purwoharjo, Kabupaten Banyuwangi).

Tanah ekspansif di desa Glagahagung, Kecamatan Purwoharjo, Kabupaten Banyuwangi banyak merusak dinding dan lantai rumah warga. Kerusakan diakibatkan karena tanah jenis ini memiliki sifat kembang susut tinggi. Guna mengurangi sifat tersebut perlu dilakukan stabilisasi. Stabilisasi dalam penelitian ini menggunakan pasir sebagai stabilisator. Penambahan pasir bertujuan untuk mengurangi rasio sifat kohesi lempung, meningkatkan nilai kepadatan, mengurangi potensi pengembangan tanah dan menurunkan permeabilitas tanah. Kadar pasir yang digunakan untuk stabilisasi sebesar 15%, 20%, 25%, 30% dan 35%. Dari hasil pengujian didapat tanah asli memiliki batas cair sebesar 90,86%, batas plastis sebesar 36,97% dan indeks plastisitas sebesar 53,89%. Berdasarkan sistem klasifikasi USCS, tanah

asli termasuk dalam kategori tanah lempung plastisitas tinggi. Dari beberapa klasifikasi mengenai potensi pengembangan tanah ekspansif, tanah asli termasuk ke dalam tanah dengan tingkat pengembangan tinggi. Sedangkan hasil dari pengujian tanah campuran didapatkan bahwa semakin besar kadar pasir dapat mengurangi sifat plastisitas, kadar air, dan pengembangan tanah.

- b. Agus Tugas Sudjianto, (2007): Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif Dengan Garam Dapur (NaCl).

Tanah merupakan dasar dari suatu struktur atau konstruksi, baik itu konstruksi bangunan maupun konstruksi jalan, yang sering menimbulkan masalah bila memiliki sifat-sifat yang buruk. Sifat-sifat tanah yang buruk dan kurang menguntungkan bila digunakan sebagai dasar suatu bangunan atau konstruksi, antara lain plastisitas yang tinggi, kekuatan geser yang rendah, kemampatan atau perubahan volume yang besar dan potensi kembang susut yang besar. Berbagai cara digunakan untuk memperbaiki kekuatan dari tanah lempung ekspansif, diantaranya dengan penambahan bahan kimia (stabilisasi secara kimiawi). Guna mengatasi permasalahan yang ada pada tanah lempung ekspansif maka diadakan penelitian dengan menggunakan garam dapur (NaCl) sebagai bahan stabilisasinya. Sampel tanah lempung

ekspansif diambil dari perumahan Citra Land Surabaya, sedangkan sampel garam dapur digunakan garam dapur cap kapal api. Komposisi campuran garam dapur (NaCl) sebesar 10%, 20%, 30%, 40% dan 50% dengan masa perawatan 7 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahan stabilisasi garam dapur (NaCl) dapat memperbaiki sifat fisik dan mekanik tanah lempung ekspansif. Pada sifat fisik : berat volume, kadar air, berat jenis, dan batas-batas Atterberg mengalami penurunan setelah distabilisasi. Sementara pada sifat mekanik tanah lempung ekspansif menjadi semakin baik. Dari hasil optimasi untuk sifat fisik dan mekanik kadar campuran yang paling baik adalah 50% penambahan garam dapur (NaCl).

- c. Surta Ria N. Panjaitan, (2014): Pengaruh Perendaman Terhadap Nilai Cbr Tanah Mengembang Yang Distabilisasi Dengan Abu Cangkang Sawit.

Tanah mengembang merupakan tanah yang memiliki tingkat sensitifitas tinggi dan mempunyai sifat kembang susut yang dapat menimbulkan kerusakan pada bangunan yang berdiri di atasnya, tanah ini juga memiliki potensi mengembang dan menyusut sangat tinggi akibat perubahan kadar air di dalam tanah. Jika dilakukan perendaman pada tanah mengembang biasanya mempunyai nilai swelling yang besar, dan dapat dilihat dengan adanya jalan yang

bergelombang. Maka untuk mengatasi masalah tersebut perlu dilakukan suatu perbaikan atau stabilisasi tanah mengembang dengan mencampur Abu Cangkang Kelapa Sawit pada tanah tersebut. Penambahan Abu Cangkang Kelapa Sawit pada tanah lempung akan dapat meningkatkan nilai CBR dan menurunkan nilai kembang susut yang digunakan sebagai bahan konstruksi. Pengujian dilakukan meliputi pengujian lanjutan yaitu batas plastis, cair, susut. Pada pengujian tanah asli dengan menambah persentase campuran Abu Cangkang Kelapa Sawit 3%, 6%, 9%, 12%, dan 15% dengan variasi perendaman 1, 4, 7, dan 14 hari, serta dapat dilihat besar pengembangannya dan nilai CBR rendam. Berdasarkan Guide For Design Of Pavement Structures, AASHTO, The American Association of State Highway and Official, Washington, 1986 Tanah lempung Tanjung Pura termasuk tanah yang memiliki daya dukung tanah yang jelek karena memiliki nilai CBR $2,58 \% < 5\%$, dan pada campuran 9% termasuk tanah yang memiliki daya dukung tanah sedang karena mempunyai nilai CBR $7,56\%$, sedangkan campuran 3, 6, 12, dan 15 % ACKS termasuk dalam tanah yang memiliki daya dukung tanah jelek karena memiliki nilai CBR $< 5\%$. Hasil perendaman menunjukkan bahwa lamanya perendaman akan mempengaruhi daya

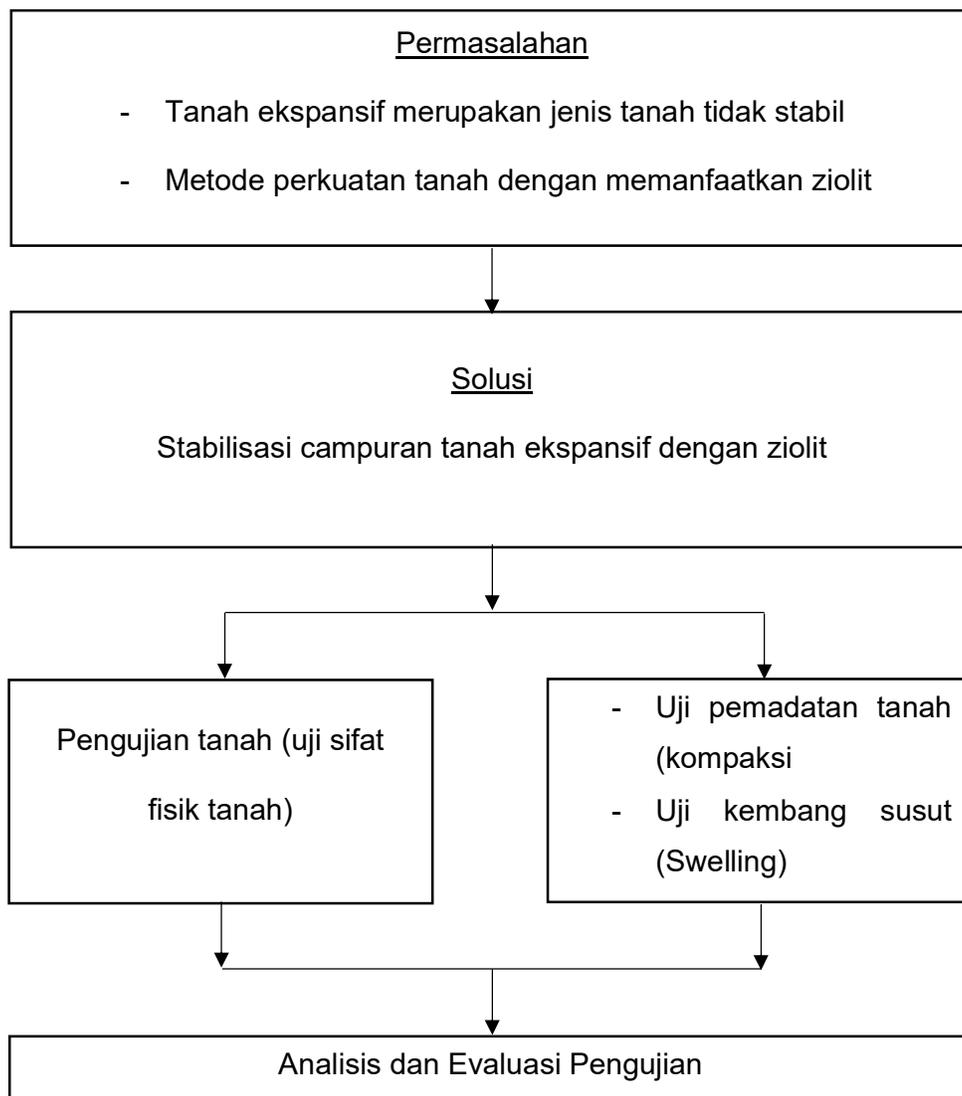
dukung tanah, dan semakin lama terjadi perendaman maka semakin kecil nilai CBR yang diperoleh.

- d. Sabani (2016): Peningkatan Nilai CBR Tanah Liat Yang Distabilisasi Dengan Penambahan Limbah Serbuk Besi.

Telah dilakukan penelitian dengan memanfaatkan limbah serbuk besi yang ditambahkan pada bahan penstabil tanah (soil stabilizer) yang terdiri atas semen Portland tipe I, serbuk PVC dan serat polipropilena dengan tujuan untuk mengetahui besarnya peningkatan nilai CBR tanah liat. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian sifat fisik tanah liat sebelum tanah distabilisasi dengan menambahkan limbah serbuk besi, yang terdiri dari pengujian batas Atterberg, berat jenis, permeabilitas tanah. Selanjutnya diuji sifat mekanik tanah yaitu dengan pemadatan tanah dan nilai CBR sebelum dan sesudah dicampur dengan menggunakan limbah serbuk besi. Dari hasil pengujian terhadap tanah liat diperoleh data indeks plastisitas (PI) sebesar 15,76% dengan batas plastis 36,57%, ini menunjukkan bahwa tanah ini merupakan tanah liat yang berjenis tanah lempung lanau. Untuk pengujian mekanik terjadi perubahan kadar air dari berat isi kering dengan nilai tertinggi 1,92 gr/cm³ pada campuran limbah serbuk besi sebesar 1%. Untuk nilai CBR juga terjadi perubahan dari tanah liat sebelum distabilisasi dengan

menambahkan limbah serbuk besi sebesar 66,35% menjadi 85,31% setelah distabilisasi dengan menambahkan limbah serbuk besi 1%.

G. Kerangka Pikir Penelitian



Gambar 4. Kerangka pikir penelitian