

SKRIPSI

**STUDI PENGEMBANGAN TANAH EKSPANSIF DENGAN PERKUATAN
GEOSINTETIK**

Disusun dan diajukan oleh :

ELMA RURA LALLO

D011 20 1092



PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2024

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

STUDI PENGEMBANGAN TANAH EKSPANSIF DENGAN PERKUATAN GEOSINTETIK

Disusun dan diajukan oleh

ELMA RURA LALLO
D011201092

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Pada tanggal 20 November 2024 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Ketua Program Studi,



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

Menyetujui,
Pembimbing Utama,



Prof. Ir. H. Achmad Bakri Muhiddin, M.Sc, Ph.D
NIP. 196007301986031003

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Elma Rura Lallo

Nim : D011201092

Program Studi : Teknik Sipil

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

“Studi Pengembangan Tanah Ekspansif dengan Perkuatan Geosintetik”

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitnya. 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.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atau perbuatan tersebut.

Gowa, September 2024

Yang Menyatakan,



Elma Rura Lallo

ABSTRAK

Elma Rura Lallo. Studi Pengembangan Tanah Ekspansif Dengan Perkuatan Geosintetik (dibimbing oleh Prof. Ir. H. Achmad Bakri Muhiddin, M.Sc, Ph.D.)

Tanah ekspansif memiliki sifat kembang-susut yang tinggi dan dipengaruhi oleh kadar air. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan daya dukung tanah ekspansif adalah dengan melakukan perkuatan menggunakan material sintetis yang kuat dan tahan terhadap korosi dalam tanah, seperti geosintetik. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi karakteristik, potensi pengembangan, dan efek perkuatan geosintetik pada tanah ekspansif. Penelitian dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin dengan menggunakan campuran 50% bentonite dan 50% tanah asli. Bentonite, yang mengandung mineral montmorillonite, dikenal memiliki indeks plastisitas tinggi dan potensi pengembangan besar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa campuran ini termasuk dalam kategori tanah berbutir halus dengan klasifikasi CH dan A-7-6. Metode Chen, Seed, dan Skempton mengindikasikan potensi pengembangan yang sangat tinggi, dengan indeks plastisitas di atas 55% dan aktivitas lebih dari 1.25%. Kombinasi geogrid, geotekstil, dan geomembran paling efektif dalam mengurangi pengembangan tanah, sementara perkuatan dengan geosintetik jenis H2Rx juga menunjukkan hasil positif. Tanah tanpa perkuatan menunjukkan potensi pengembangan yang sangat tinggi.

Kata Kunci : Tanah Ekspansif, Bentonite, Potensi Pengembangan, dan Geosintetik.

ABSTRACT

Elma Rura Lallo. Study on the Development of Expansive Soil with Geosynthetic Reinforcement (supervised by Prof. Ir. H. Achmad Bakri Muhiddin, M.Sc, Ph.D.)

Expansive soil exhibits high swelling-shrinkage properties and is influenced by moisture content. One approach to enhance the bearing capacity of expansive soil is to use strong and corrosion-resistant synthetic materials, such as geosynthetics, for reinforcement. This study aims to evaluate the characteristics, development potential, and effects of geosynthetic reinforcement on expansive soil. The research was conducted at the Soil Mechanics Laboratory, Faculty of Engineering, Hasanuddin University, using a mixture of 50% bentonite and 50% natural soil. Bentonite, which contains montmorillonite mineral, is known for its high plasticity index and significant swelling potential. The results indicate that this mixture falls into the fine-grained soil category with CH and A-7-6 classifications. Chen, Seed, and Skempton methods indicate very high swelling potential, with a plasticity index above 55% and an activity greater than 1.25%. The combination of geogrid, geotextile, and geomembrane was found to be the most effective in reducing soil swelling, while reinforcement with H2Rx geosynthetics also showed positive results. Unreinforced soil exhibited very high swelling potential.

Keywords: Expansive Soil, Bentonite, Development Potential, Geosynthetics.

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL.....	xii
KATA PENGANTAR.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Pengertian Tanah	5
2.2 Klasifikasi Tanah.....	6

2.2.1	Sistem Klasifikasi AASHTO (<i>American Association of State Highway and Transportation Officials</i>).....	7
2.2.2	Sistem Klasifikasi USCS (<i>Unified Soil Classification System</i>)	9
2.3	Tanah Ekspansif.....	12
2.4	Identifikasi Tanah Ekspansif	13
2.5	Bentonite.....	17
2.6	Geosintetik.....	18
2.7	Jenis-jenis Geosintetik.....	21
2.8	Penelitian Terdahulu	23
BAB III METODE PENELITIAN.....		29
3.1	Lokasi dan Waktu Penelitian	29
3.2	Metode Pengumpulan Data	30
3.3	Kerangka Alir Penelitian	30
3.4	Material.....	32
3.4.1	Tanah	32
3.4.2	Bentonite	32
3.4.3	Geosintetik	33
3.5	Alat Pengujian	35
3.6	Standar Pengujian.....	37
3.6.1	Uji Sifat Fisis.....	37
3.6.2	Uji Sifat Mekanis	38
3.7	Pengujian Karakteristik Tanah Ekspansif.....	38
3.8	Prosedur Pengujian Tanah	39

3.8.1	Pengujian Sifat Fisis Tanah.....	39
3.8.2	Pengujian Sifat Mekanis Tanah.....	42
3.9	Pembuatan Benda Uji.....	43
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		49
4.1	Karakteristik Sifat Fisis dan Mekanis Tanah Ekspansif.....	49
4.1.1	Karakteristik Sifat Fisis Tanah Ekspansif.....	49
4.1.2	Karakteristik Sifat Mekanis Tanah.....	51
4.1.3	Klasifikasi Tanah.....	52
4.2	Identifikasi Tanah Ekspansif.....	54
4.3	Pengujian Pengembangan Tanah.....	55
4.2.1	Pengembangan Tanah Ekspansif Tanpa Perkuatan.....	55
4.2.2	Pengembangan Tanah Ekspansif yang diperkuat dengan Geomembran, Geogrid, Geotekstil.....	60
4.2.3	Pengembangan Tanah Ekspansif yang diperkuat dengan H2RX.....	65
4.2.4	Rekapitulasi hasil pengujian pengembangan tanah ekspansif tanpa perkuatan dan dengan perkuatan geosintetik.....	69
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		73
5.1	Kesimpulan.....	73
5.2	Saran.....	74
DAFTAR PUSTAKA.....		75
LAMPIRAN.....		78
Lampiran 1. Dokumentasi Pengujian.....		78
Lampiran 2. Data Hasil Pengujian.....		81

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Rentang Batas Cair dan Indeks Plastisitas berdasarkan Klasifikasi ASSHTO.	9
Gambar 2. Hubungan antara presentase lempung dan aktivitas (Seed dkk., 1962). .	16
Gambar 3. Klasifikasi Geosintetik.....	19
Gambar 4. Lokasi pengambilan sampel tanah.....	29
Gambar 5. Diagram alir tahapan pelaksanaan penelitian	31
Gambar 6. Tanah Lempung	32
Gambar 7. Bentonite.....	32
Gambar 8. Geomembran HDPE	33
Gambar 9. Geotekstil Non-Woven	33
Gambar 10. Geogrid biaxial	34
Gambar 11. Geotekstil woven - Mirafi H2Rx	34
Gambar 12. Tampak Atas Sampel Penelitian (cm).....	45
Gambar 13. Tampak Depan Sampel Penelitian (cm).....	46
Gambar 14. Tampak Samping Sampel Pengujian (cm).....	47
Gambar 15. Dokumentasi Sampel Pengujian.	48
Gambar 16. Kurva Gradasi Butiran Tanah 50% - Bentonite 50%.....	50
Gambar 17. Grafik Hasil Pengujian Batas Cair Tanah 50% - Bentonite 50%.....	51
Gambar 18. Grafik hasil pengujian pemadatan tanah.....	52
Gambar 19. Hasil Klasifikasi Berdasarkan USCS.....	53
Gambar 20. Hasil Pengujian Pengembangan Tanah Ekspansif Tanpa Perkuatan di titik A.....	57
Gambar 21. Hasil Pengujian Pengembangan Tanah Ekspansif Tanpa Perkuatan di titik B.....	57

Gambar 22. Hasil Pengujian Pengembangan Tanah Ekspansif Tanpa Perkuatan di titik C.....	58
Gambar 23. Hasil Pengujian Pengembangan Tanah Ekspansif Tanpa Perkuatan di titik D.	59
Gambar 24. Hasil Pengujian Pengembangan Tanah Ekspansif Tanpa Perkuatan.	59
Gambar 25. Hasil Pengujian Pengembangan Tanah Ekspansif Dengan Perkuatan Geogrid, Geotekstil, Geomembran di titik A.	61
Gambar 26. Hasil Pengujian Pengembangan Tanah Ekspansif Dengan Perkuatan Geogrid, Geotekstil, Geomembran di titik B.	62
Gambar 27. Hasil Pengujian Pengembangan Tanah Ekspansif Dengan Perkuatan Geogrid, Geotekstil, Geomembran di titik C.	63
Gambar 28. Hasil Pengujian Pengembangan Tanah Ekspansif Dengan Perkuatan Geogrid, Geotekstil, Geomembran di titik D.	63
Gambar 29. Hasil Pengujian Pengembangan Tanah Ekspansif dengan Perkuatan Geogrid, Geotekstil, Geomembran.	64
Gambar 30. Hasil Pengujian Pengembangan Tanah Ekspansif Dengan Perkuatan H2Rx di titik A.	66
Gambar 31. Hasil Pengujian Pengembangan Tanah Ekspansif Dengan Perkuatan H2Rx di titik B.	67
Gambar 32. Hasil Pengujian Pengembangan Tanah Ekspansif Dengan Perkuatan H2Rx di titik C.	67
Gambar 33. Hasil Pengujian Pengembangan Tanah Ekspansif Dengan Perkuatan H2Rx di titik D.	68
Gambar 34. Hasil Pengujian Pengembangan Tanah Ekspansif Dengan Perkuatan H2Rx.	68
Gambar 35. Rekapitulasi Pengembangan di titik A.	69
Gambar 36. Rekapitulasi Pengembangan di titik B.	70
Gambar 37. Rekapitulasi Pengembangan di titik C.	70
Gambar 38. Rekapitulasi Pengembangan di titik D.	71

Gambar 39. Rekapitulasi Rata-rata Pengembangan Tanah Ekspansif Dengan dan Tanpa Perkuatan.....	72
---	----

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Sistem Klasifikasi Tanah menurut AASTHO	8
Tabel 2. Sistem Klasifikasi tanah menurut USCS (Das, 1995)	11
Tabel 3. Korelasi nilai Indeks Plastisitas (PI) dengan tingkat pengembangan (Chen, 1988)	14
Tabel 4. Korelasi data lapangan dan laboratorium dengan tingkat pengembangan (Chen, 1988).....	15
Tabel 5. Korelasi nilai activity dengan potensi pengembangan (Skempton, 1953). ..	17
Tabel 6. Alat yang digunakan dalam pengujian sifat fisis	35
Tabel 7. Alat yang digunakan dalam pengujian sifat mekanis	36
Tabel 8. Alat Pengujian Pengembangan Tanah.....	36
Tabel 9. Standar Pengujian Sifat Fisis Tanah	37
Tabel 10. Standar Pengujian Mekanis Tanah.....	38
Tabel 11. Jumlah sampel pengujian sifat fisis dan mekanis.	38
Tabel 12. Hasil pemeriksaan sifat fisis tanah ekspansif.	49
Tabel 13. Hasil Pengujian kompaksi tanah ekspansif.....	52
Tabel 14. Hasil klasifikasi tanah ekspansif.....	54
Tabel 15. Hasil Pengujian Pengembangan Tanah Ekspansif Tanpa Perkuatan	55
Tabel 16. Hasil Pengujian Pengembangan Tanah Ekspansif yang diperkuat dengan Geogrid, Geotekstil, Geomembran.	60
Tabel 17. Hasil Pengujian Pengembangan Tanah Ekspansif yang diperkuat Geosintetik jenis H2Rx	65

DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
AASHTO	<i>American Association of State Highway and Transportation Officials.</i>
USCS	<i>Unified soil classification system.</i>
ASTM	<i>American Society for Testing and Materials.</i>
GCL	<i>Geosynthetic Clay Liner</i>
PVD	<i>Prefabricated Vertical Drain</i>
HDPE	<i>High-Density Polyethylene</i>
SPT	<i>Standard Penetration Test</i>
CH	<i>High Plasticity Clay</i>
OH	<i>Organic soil with high plasticity</i>
MH	<i>High Plasticity Silt</i>
OL	<i>Organic soil with low plasticity</i>
CL	<i>Low Plasticity Clay</i>
ML	<i>Low Plasticity Silt</i>
SC	<i>Clayey Sand</i>
SM	<i>Silty Sand</i>
SP	<i>Poorly-graded Sand</i>
SW	<i>Well-graded Sand</i>
GC	<i>Clayey Gravel</i>
GM	<i>Silty Gravel</i>
GP	<i>Poorly-graded Gravel</i>
GW	<i>Well-graded Gravel</i>
Pt	<i>Peat</i>
LL	<i>Liquid Limit</i>
PI	<i>Plasticity Index</i>

PL	<i>Plastic Limit</i>
SL	<i>Shrinkage Limit</i>
Cu	<i>Coefficient of Uniformity</i>
Cc	<i>Coefficient of Curvature</i>
Ac	<i>Activity</i>
Cf	<i>Clay Fraction</i>
Gs	<i>Specific Gravity of Soil</i>
G	<i>Gravel</i>
S	<i>Sand</i>
M	<i>Silt</i>
C	<i>Clay</i>
O	<i>Organic</i>
W	<i>Well-graded</i>
P	<i>Poorly-graded</i>
L	<i>Low plasticity</i>
H	<i>High plasticity</i>
N	Jumlah pukulan/tumbukan
w	<i>Water content</i>
D	Diameter Partikel Tanah

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur kita panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus, atas berkat dan penyertaan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“STUDI PENGEMBANGAN TANAH EKSPANSIF DENGAN PERKUATAN GEOSINTETIK”** yang merupakan salah satu syarat yang diajukan untuk menyelesaikan studi pada Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa banyak kendala yang dihadapi dalam penyusunan tugasakhir ini, namun berkat bantuan dari berbagai pihak, maka tugas akhir ini dapat terselesaikan. Oleh karena itu, dengan rasa syukur dan segala ketulusan hati, penulis ingin menyampaikan terimakasih kepada ;

1. **Bapak Prof. Dr. Ir. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng.,** selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
2. **Bapak Prof. Dr. H. Muh. Wihardi Tjaronge, S.T., M.Eng., dan Bapak Dr. Eng. Ir. Bambang Bakri, S.T., M.T.,** selaku ketua dan sekretaris Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. **Bapak Prof. Ir. H. Achmad Bakri Muhiddin, M.Sc., Ph.D.** selaku dosen pembimbing, yang telah memberi bimbingan dan arahan serta waktu yang telah diluangkan mulai dari awal penelitian hingga terselesaikannya tugas akhir ini.
4. **Bapak Prof. Dr. Ir. Abdul Rahman Djamaluddin, M.T,** selaku kepala Laboratorium Mekanika Tanah Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah memberi izin atas segala fasilitas yang digunakan selama penelitian.
5. Seluruh dosen Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
6. Seluruh staf dan karyawan Departemen Teknik Sipil, staf dan karyawan Fakultas Teknik serta staf dan asisten laboratorium Mekanika Tanah Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Yang teristimewa penulis ucapkan kepada ;

1. Kedua Orangtua terhebat, yaitu cinta pertama penulis Ayahanda **Yusuf Sesa Lallo** dan pintu surga penulis Ibunda **Yuliana Persit Mapandin**. Terimakasih telah terus mendampingi anak bungsu perempuan kalian hingga mencapai titik ini. Terima kasih atas segala kasih sayang, cinta, pengorbanan, perhatian, semangat, dorongan, dan waktu hingga materi yang telah kalian berikan, khususnya dalam proses penyelesaian pendidikan penulis. Terima kasih juga telah selalu berusaha memberikan yang terbaik dalam kehidupan penulis.
2. Ketujuh saudara dan saudari saya, yaitu **Elni, Feny, Elvin, Elda, Erlin, Pristly,** dan **Gustav**. Terimakasih buat segala cinta, kasih, nasehat, dorongan, hingga pelajaran hidup yang telah diberikan kepada penulis sehingga bisa melewati suka dukanya kehidupan.
3. **Bapak Hairullah** selaku mahasiswa S3 yang telah membantu dalam penelitian di laboratorium dan membimbing dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. **Gamayo** dan **Kholis** selaku partner dalam penelitian tugas akhir ini, terima kasih karena selalu berjuang bersama menyelesaikan penelitian ini.
5. **Melda, Gloria** dan **Olivia** sebagai sahabat yang turut mewarnai masa perkuliahan penulis, selalu membantu dan memberikan dukungan agar penulis tetap semangat dan pantang menyerah dalam perkuliahan.
6. Anggota grup **NO TIME FOR LOVE** yaitu **Kelvin, Rivaldo, Klio,** dan **Bryand**. Terimakasih atas keceriaan dan hiburan selama menempuh perkuliahan dan menyusun tugas akhir ini.
7. **Edwina, Yunda, Nikita, Annisa,** dan **Elfira** selaku sahabat masa remaja penulis, terimakasih telah menemani dan memberi semangat juga dorongan dari jarak jauh kepada penulis ditengah-tengah rasa lelah akan menyusun tugas akhir ini.
8. **Teman-teman Genesis-Hecras dan PIONEERS,** terima kasih sudah menjadi rumah ternyaman untuk penulis selama menempuh perkuliahan, khususnya dalam membangun iman, kasih, dan pelayanan.

9. **Teman-teman seperjuangan KKD Geoteknik 2020 dan ENTITAS 2021**, yang selalu setia membantu dan menyemangati selama penelitian dilaboratorium.
10. Untuk jodohku yang belum bisa kutulis dengan jelas namanya disini, namun sudah tertulis jelas di buku takdirku. Terima kasih sudah menjadi salah satu sumber motivasi penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini sebagai salah satu bentuk penulis dalam memantaskan diri. Meskipun saat ini penulis belum mengetahui keberadaanmu dan entah menggenggam tangan siapa, tetapi penulis percaya dalam ayat Alkitab Pengkhotbah 3:11, “Ia membuat segala sesuatu indah pada waktunya, bahkan ia memberikan kekekalan dalam hati mereka.”
11. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu dengan semua bantuan dan dukungan yang telah diberikan hingga terselesainya penyusunan tugas akhir ini.
12. Terakhir, untuk diri saya sendiri. Elma Rura Lallo. Terima kasih sudah bertahan sejauh ini. Terima kasih tetap memilih berusaha dan merayakan dirimu sendiri sampai di titik ini, walau sering kali merasa putus asa atas apa yang diusahakan dan belum berhasil, namun terima kasih tetap menjadi manusia yang selalu mau berusaha dan tidak lelah mencoba. Terima kasih karena memutuskan tidak menyerah sesulit apapun prosesnya, ini merupakan pencapaian yang patut dirayakan untuk diri sendiri. Berbahagialah selalu. Apapun kurang dan lebihmu, mari terus merayakan diri sendiri.

Akhir kata, penulis menyadari setiap karya manusia tiada yang sempurna. Oleh karena itu, saran dan masukan yang membangun diharapkan penulis untuk pengembangan penelitian di masa mendatang. Semoga karya ini dapat bermanfaat.

Gowa, Agustus 2024

Penulis

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanah merupakan material dasar yang sangat penting dalam bidang konstruksi, sebab pada tanah inilah suatu konstruksi bertumpu. Namun, tidak semua tanah baik digunakan dalam bidang konstruksi, karena ada beberapa jenis tanah dasar yang bermasalah, baik dari segi daya dukung tanahnya maupun dari segi penurunan tanahnya. Oleh karena itu, dalam perencanaan suatu konstruksi harus dilakukan penyelidikan terhadap karakteristik dan kekuatan tanah, terutama sifat-sifat tanah yang mempengaruhi daya dukung tanah dalam menahan beban konstruksi yang ada di atasnya.

Salah satu jenis tanah yang bermasalah ialah tanah ekspansif. Tanah ekspansif adalah tanah yang memiliki sifat kembang-susut yang besar dan perilakunya sangat dipengaruhi oleh air; tanah yang memiliki fluktuasi kembang-susut tinggi disebut tanah ekspansif. Tanah ekspansif ini sering menimbulkan kerusakan pada bangunan, seperti retaknya dinding, terangkatnya pondasi, jalan bergelombang, dan sebagainya. Semua tanah lempung yang mengandung mineral ekspansif akan mempunyai sifat mengembang dan menyusut yang besar apabila terjadi penambahan atau pengurangan kadar airnya.

Untuk meningkatkan daya dukung atau memperbaiki kekurangan dari tanah ekspansif, diperlukan strategi perbaikan tanah yang efektif seperti perkuatan dan pengendalian air. Sebelumnya, perlu dilakukan penyelidikan terhadap karakteristik dan sifat-sifat tanah ekspansif yang mempengaruhi daya dukungnya serta tingkat kepadatan dan kadar air untuk mengetahui seberapa besar pengaruhnya terhadap pengembangan tanah ekspansif.

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan daya dukung tanah ekspansif adalah dengan melakukan perkuatan menggunakan material sintetis yang kuat dan tahan terhadap korosi dalam tanah, seperti geosintetik. Beberapa jenis

geosintetik dirancang untuk meningkatkan drainase tanah, yang membantu mengurangi tekanan air dalam tanah ekspansif sehingga mengurangi risiko pembengkakan/penyusutan yang ekstrem.

Berdasarkan uraian yang telah dikemukakan di atas, penulis tertarik untuk melakukan sebuah penelitian dengan judul:

“STUDI PENGEMBANGAN TANAH EKSPANSIF DENGAN PERKUATAN GEOSINTETIK”

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan di atas, perumusan masalah dalam penelitian ini dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik tanah ekspansif yang digunakan dalam penelitian?
2. Seberapa besar potensi pengembangan tanah ekspansif?
3. Bagaimana pengaruh penggunaan geosintetik terhadap pengembangan tanah ekspansif dengan metode pengujian pengembangan tanah?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui karakteristik tanah ekspansif yang digunakan dalam penelitian.
2. Mengetahui potensi pengembangan tanah ekspansif.
3. Mengetahui pengaruh penggunaan geosintetik terhadap pengembangan tanah ekspansif dengan metode pengujian pengembangan tanah.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk memahami karakteristik tanah ekspansif serta menganalisis pengaruh perkuatan geosintetik terhadap perubahan dan stabilitas tanah ekspansif dengan metode pengujian pengembangan tanah.

1.5 Batasan Masalah

Agar penelitian ini dapat berjalan dengan lebih terarah dan fokus pada tujuan yang ingin dicapai, perlu ditetapkan ruang lingkup penelitian sebagai berikut:

- a. Penelitian ini merupakan penelitian skala laboratorium.
- b. Tanah yang digunakan adalah tanah asli dengan campuran bentonit.
- c. Pengujian dilakukan terhadap variasi jenis geosintetik.
- d. Penelitian ini berupa pengujian pengembangan tanah ekspansif.
- e. Sifat-sifat fisis dan mekanis tanah yang dianalisis adalah:
 - 1) Kadar air.
 - 2) Berat jenis.
 - 3) Analisis saringan.
 - 4) Hidrometer.
 - 5) Batas-batas Atterberg.
 - 6) Pemadatan (kompaksi).
- f. Persentase campuran tanah dengan bentonit adalah 50% bentonit dan 50% tanah asli.
- g. Variasi sampel penelitian adalah:
 - Tanpa perkuatan.
 - Perkuatan geosintetik jenis H2Rx.
 - Perkuatan geosintetik gabungan jenis geogrid, geotekstil, dan geomembran.

1.6 Sistematika Penulisan

Secara umum, tulisan ini terdiri dari lima bab, yaitu: Pendahuluan, Tinjauan Pustaka, Metodologi Penelitian, Hasil dan Pembahasan, serta Kesimpulan dan Saran.

Berikut adalah penjelasan singkat mengenai isi dari kelima bab tersebut:

BAB 1. PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan informasi menyeluruh mengenai penelitian ini, meliputi latar belakang, perumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, batasan masalah, serta sistematika penulisan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini memaparkan teori-teori dasar yang relevan dengan penelitian yang dilakukan.

BAB 3. PENELITIAN

Bab ini menjelaskan metode yang digunakan dalam penelitian, termasuk bahan, peralatan, serta langkah-langkah pelaksanaan penelitian.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

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

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menguraikan kesimpulan yang ditarik dari hasil analisis penelitian dan memberikan saran-saran berdasarkan temuan yang ada.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Tanah

Tanah adalah material alami yang terdiri dari agregat mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain, serta bahan organik yang telah melapuk. Tanah juga mengandung zat cair dan gas yang mengisi ruang kosong diantara butiran-butiran tersebut (Hardiyatmo, 2002).

Adapun tanah didefinisikan sebagai material alami yang terdiri dari mineral dan bahan organik yang terbentuk melalui pelapukan batuan dan dekomposisi bahan organik. Tanah terdiri dari tiga fase: padat, cair, dan gas, yang masing-masing berkontribusi terhadap sifat-sifat geoteknik tanah. Fase padat, cair, dan gas di dalam tanah memiliki pengaruh signifikan terhadap sifat-sifat fisik dan mekanik tanah seperti konsistensi, densitas, permeabilitas, dan kekuatan geser (Das, 2018).

Sedangkan pengertian tanah menurut (Bowles, 1984) , tanah adalah campuran partikel-partikel yang terdiri dari salah satu atau seluruh jenis berikut:

- a. Berangkal (*boulders*) adalah potongan batuan yang besar, biasanya lebih besar dari 250 sampai dengan 300 mm, sedangkan untuk ukuran 150 mm sampai 250 mm, disebut dengan kerakal (*cobbles/pebbles*).
- b. Kerikil (*gravel*) adalah partikel batuan yang berukuran 5 mm sampai dengan 150 mm.
- c. Pasir (*sand*) adalah partikel batuan yang berukuran 0,074 mm sampai dengan 5 mm.
- d. Lanau (*silt*) adalah partikel batuan yang berukuran dari 0,002 mm sampai dengan 0,0074 mm.
- e. Lempung (*clay*) adalah partikel mineral yang berukuran lebih kecil dari 0,002 mm. f. Koloid (*colloids*) adalah partikel mineral yang diam dan berukuran lebih kecil dari 0,001 mm.

2.2 Klasifikasi Tanah

Tujuan klasifikasi tanah adalah untuk menentukan kesesuaian terhadap pemakaian tertentu serta menginformasikan tentang keadaan tanah dari suatu daerah kepada daerah lainnya dalam bentuk data dasar, seperti karakteristik pemadatan, kekuatan tanah, berat isi, dan sebagainya (Bowles, 1989).

Pengelompokan jenis tanah berdasarkan campuran butir yaitu:

- Tanah berbutir kasar: pasir dan kerikil.
- Tanah berbutir halus: lempung dan lanau.
- Tanah organik: tanah dengan kandungan bahan-bahan organik.

Berdasarkan sifat lekatannya, tanah dibagi menjadi:

- Tanah kohesif: tanah yang memiliki sifat lekatan antar butiran (mengandung banyak lempung).
- Tanah nonkohesif: tanah yang tidak mempunyai atau hanya sedikit lekatan di antara butiran (hampir tidak memiliki lempung).

Untuk mendapatkan gambaran mengenai sifat dan perilaku tanah, diperlukan klasifikasi tanah. Klasifikasi tanah merupakan cara untuk menentukan atau mengelompokkan jenis tanah ke dalam suatu kelompok atau subkelompok yang sesuai dengan karakteristiknya. Klasifikasi tanah secara ringkas memberikan gambaran atau penjelasan singkat mengenai karakteristik suatu tanah. Namun, klasifikasi tanah tidak memberikan penjelasan yang detail dan tegas mengenai sifat-sifat tanah karena sifat-sifat tanah yang sangat bervariasi (Das, 2018). Terdapat dua sistem klasifikasi tanah yang umum digunakan untuk mengelompokkan tanah.

2.2.1 Sistem Klasifikasi AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*)

Sistem klasifikasi tanah AASHTO awalnya dikembangkan pada tahun 1929 dengan nama *Public Road Administration Classification System*. Sistem ini telah mengalami beberapa revisi, dan versi yang digunakan saat ini diusulkan oleh *Committee on Classification of Material for Subgrade and Granular Type Road of the Highway Research Board* pada tahun 1945. Sistem ini diatur oleh standar *American Society for Testing and Materials* (ASTM) No. D-3282, serta model AASHTO M105.

Sistem klasifikasi AASHTO dirancang untuk menentukan kualitas tanah dalam konteks pekerjaan jalan, khususnya untuk lapis dasar (*subbase*) dan tanah dasar (*subgrade*). Oleh karena itu, penerapan sistem ini dalam praktik harus mempertimbangkan tujuan awalnya, yaitu untuk pekerjaan jalan. Sistem ini membagi tanah menjadi tujuh kelompok utama, yaitu dari A-1 hingga A-7:

- **A-1, A-2, dan A-3:** Kelompok tanah berbutir di mana 35% atau kurang dari jumlah butiran tanah lolos ayakan No. 200.
- **A-4, A-5, A-6, dan A-7:** Kelompok tanah di mana lebih dari 35% butirannya lolos ayakan No. 200, yang sebagian besar terdiri dari lanau dan lempung.

Sistem klasifikasi tanah ini didasarkan pada dua kriteria utama:

1. Ukuran Butir:

- **Kerikil:** Partikel tanah yang lolos ayakan berdiameter 75 mm (3 in) dan tertahan pada ayakan No. 10 (2 mm).
- **Pasir:** Partikel tanah yang lolos ayakan No. 10 (2 mm) dan tertahan pada ayakan No. 200 (0,075 mm).
- **Lanau dan Lempung:** Partikel tanah yang lolos ayakan No. 200.

2. Plastisitas:

- Plastisitas adalah kemampuan tanah untuk mengalami deformasi tanpa retak atau hancur pada volume konstan. Berdasarkan kadar air, tanah dapat berada dalam keadaan cair, plastis, semi-padat, atau padat.
- Tingkat plastisitas tanah biasanya ditunjukkan oleh indeks plastisitas, yaitu selisih antara batas cair dan batas plastis suatu tanah. Tanah dengan indeks plastisitas sebesar 10 atau kurang disebut berlanau, sedangkan tanah dengan indeks plastisitas sebesar 11 atau lebih disebut berlempung.

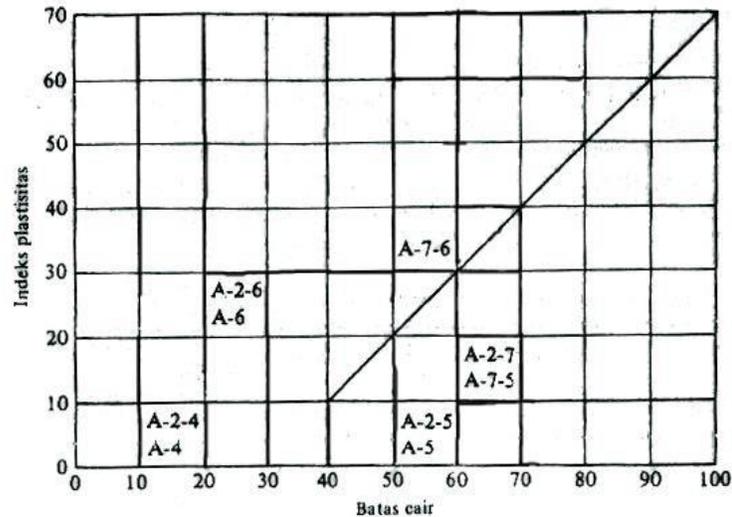
Dalam penerapan sistem klasifikasi AASHTO, data hasil uji tanah dicocokkan dengan angka-angka yang diberikan dalam tabel klasifikasi. Proses ini dilakukan dengan memeriksa data dari kolom sebelah kiri ke kolom sebelah kanan hingga ditemukan klasifikasi yang sesuai.

Tabel 1. Sistem Klasifikasi Tanah menurut AASTHO

General Classification	Granular Materials (35% or less passing the 0.075 mm sieve)							Silt-Clay Materials (>35% passing the 0.075 mm sieve)				
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
Group Classification	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
Sieve Analysis, % passing												
2.00 mm (No.10)	50 max	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
0.425 (No.40)	30 max	50 max	51 min	...	...	...	...	...	...	...	...	...
0.075 (No.200)	15 max	25 max	10 max	35 max	35 max	35 max	35 max	36 min	36min	36 min	36 min	
Characteristics of fraction passing 0.425 mm (No.10)												
Liquid Limit	...	...	40 max	41 min	40 max	41 min	40 max	41 min	40 max	41 min	41 min	41 min
Plasticity index	6 max	N.P.	10 max	10 max	11 min	11 min	10 max	10 max	11 min	11min	11min	11min
Usual types of significant constituent materials	stone fragments, gravel and sand	fine sand	silt or clay gravel and sand				silt soil		clay soil			
General rating as a subgrade	excellent to good							fair to poor				
Note :												
Plasticity Index Subgroup A-7-5 = atau kurang dari LL - 30												
Plasticity Index Subgroup aA-7-6 adalah > LL - 30												

Sumber : (Das, 2018).

Gambar 1 menunjukkan kisaran batas cair dan indeks plastisitas untuk kategori tanah kelompok A-2, A-4, A-5, A-6 dan A-7.



Gambar 1. Rentang Batas Cair dan Indeks Plastisitas berdasarkan Klasifikasi ASSHTO.

Sumber : (Das, 2018).

2.2.2 Sistem Klasifikasi USCS (*Unified Soil Classification System*)

Sistem klasifikasi tanah *Unified Soil Classification System* (USCS) awalnya diperkenalkan oleh Arthur Casagrande pada tahun 1942 untuk digunakan dalam proyek pembangunan lapangan terbang (Das, 1995). Sistem ini mengelompokkan tanah ke dalam tiga kategori utama:

1. **Tanah berbutir kasar** (kurang dari 50% partikel tanah lolos saringan No. 200):
 - **Kerikil (G)**: Partikel tanah yang lolos dari ayakan 75 mm (3 in) tetapi tertahan pada ayakan No. 10 (2 mm).
 - **Pasir (S)**: Partikel tanah yang lolos dari ayakan No. 10 (2 mm) tetapi tertahan pada ayakan No. 200 (0,075 mm).

2. **Tanah berbutir halus** (lebih dari 50% partikel tanah lolos dari ayakan No. 200):

- **Lanau Anorganik (M)**: Partikel tanah yang lolos dari ayakan No. 200 dan memiliki sifat non-plastis atau plastisitas rendah.
- **Lempung Anorganik (C)**: Partikel tanah yang lolos dari ayakan No. 200 dengan plastisitas tinggi.
- **Lanau dan Lempung Organik (O)**: Partikel tanah yang mengandung bahan organik dengan plastisitas rendah hingga tinggi.
- **Gambut (Pt)**: Tanah dengan kandungan organik sangat tinggi.

Selain itu, beberapa simbol tambahan digunakan dalam sistem klasifikasi ini:

- **W**: Untuk gradasi baik (*well-graded*).
- **P**: Untuk gradasi buruk (*poorly graded*).
- **L**: Untuk plastisitas rendah (*low plasticity*).
- **H**: Untuk plastisitas tinggi (*high plasticity*).

Beberapa faktor penting yang perlu diperhatikan dalam klasifikasi USCS meliputi:

- Persentase partikel yang lolos dari ayakan No. 200 dan ayakan No. 4.
- Koefisien keseragaman (Cu) dan koefisien gradasi (Cc).
- Batas cair (LL) dan indeks plastisitas (PI).

Tabel 2. Sistem Klasifikasi tanah menurut USCS (Das, 1995).

Divisi Utama		Simbol	Nama Umum		Kriteria Klasifikasi			
Tanah berbutir kasar $\geq 50\%$ butiran tertahan saringan No. 200	Kerikil $50\% \geq$ fraksi kasar tertahan saringan No.4	GW	Kerikil bergradasi-baik dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	Klasifikasi berdasarkan presentase butiran halus ; Kurang dari 5% lolos saringan no. 200: GM, GP, SW, SP. Lebih dari 12% lolos saringan no.200 : GM, GC, SM, SC. 5%-12% lolos saringan no.200 : Batasan klasifikasi yang mempunyai simbol doble.	$Cu = (D_{60}/D_{10}) > 4$ $Cc = (D_{30}^2 / (D_{10} \times D_{60})) = \text{antara 1 dan 3}$			
		GP	Kerikil bergradasi-buruk dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus		Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW			
		GM	Kerikil dengan butiran halus		GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir lanau	Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$	Bila batas Atterberg berada didaerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai doble simbol
					GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung	Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI > 7$	
		SW	Pasir bersih (hanya pasir)		SW	Pasir bergradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	$Cu = (D_{60}/D_{10}) > 6$ $Cc = (D_{30}^2 / (D_{10} \times D_{60})) = \text{antara 1 dan 3}$	
					SP	Pasir bergradasi-buruk, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW	
	SM	Pasir dengan butiran halus	SM		Pasir berlanau, campuran pasir-lanau	Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$	Bila batas Atterberg berada didaerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai doble simbol	
			SC		Pasir berlempung, campuran pasir-lempung	Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI > 7$		
	Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos ayakan No. 200	Lanau dan lempung batas cair $\leq 50\%$	ML		Lanau anorganik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung			
			CL		Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung "kurus" (<i>lean clays</i>)			
			OL		Lanau-organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah			
		Lanau dan lempung batas cair $\geq 50\%$	MH		Lanau anorganik atau pasir halus diatomae, atau lanau diatomae, lanau yang elastis			
CH			Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung "gemuk" (<i>fat clays</i>)					
OH			Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi					
Tanah-tanah dengan kandungan organik sangat tinggi	PT	<i>Peat</i> (gambut), <i>muck</i> , dan tanah tanah lain dengan kandungan organik tinggi	Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488					

2.3 Tanah Ekspansif

Tanah ekspansif adalah jenis tanah yang memiliki potensi tinggi untuk mengembang dan menyusut akibat perubahan kadar air. Ketika kadar air menurun, tanah ini akan menyusut, sedangkan jika kadar air meningkat, tanah akan mengembang. Secara umum, tanah yang memiliki potensi pengembangan juga memiliki potensi penyusutan akibat perubahan kadar air.

Istilah "tanah ekspansif" dan "potensi pengembangan" digunakan untuk menggambarkan tanah yang mudah mengalami perubahan volume. Tanah jenis ini biasanya mengandung banyak lempung, terutama yang kaya akan mineral *montmorillonite* (Hardiyatmo, 2017).

Menurut (Snethen dkk., 1975), mineral lempung terbentuk dari pelapukan atau perubahan diagenetik mineral-mineral sebelumnya. Mineral ini memiliki ukuran butiran yang sangat kecil, tetapi luas permukaan yang besar. Pemanasan fisik dalam waktu lama dan perubahan kimiawi akibat perubahan tekanan overburden atau kondisi air tanah disebut sebagai faktor diagenetik. Faktor-faktor ini sering dijelaskan melalui fenomena ikatan antarpartikel yang terjadi karena rekristalisasi kontak antara mineral lempung di bawah tekanan overburden yang tinggi atau melalui sementasi partikel akibat pengendapan bahan dari air tanah.

Menurut (Chen, 1975), partikel lempung berbentuk lembaran-lembaran dengan permukaan tertentu. Mineral lempung terbentuk melalui proses kompleks dari berbagai material atau batuan induknya, seperti feldspar, mika, dan batu gamping (*limestone*). Pembentukan mineral tersebut dipengaruhi oleh batuan induk, topografi, iklim, vegetasi di sekitarnya, durasi pelapukan, dan faktor lainnya. Proses perubahan yang terjadi disebut pelapukan jika terjadi di permukaan tanah dan halmyrolysis jika terjadi di dasar laut. Proses ini meliputi disintegrasi, oksidasi, hidrasi, dan pelarutan.

Sifat paling penting dari tanah berbutir halus adalah komposisi mineralnya. Tiga kelompok mineral lempung yang penting adalah (Nelson & Miller, 1992):

1. Kelompok Mineral Lempung Tidak Ekspansif: Mineral ini tidak bersifat ekspansif karena adanya ikatan hidrogen yang kuat yang menjaga partikel-partikel lempung tetap bersama. Contoh dari kelompok ini adalah *kaolinit*.
2. Kelompok 'Seperti Mika' (*Mica-like*): Contohnya *illite* dan *vermikulit*, yang bisa ekspansif tetapi umumnya tidak menyebabkan banyak masalah. **Illite** memiliki ikatan kalium yang lemah, memungkinkan sedikit pengembangan.
3. Kelompok *Smectite*: Termasuk *montmorillonite*, yang sangat mudah mengembang atau bersifat ekspansif. Mineral lempung ini sering menimbulkan masalah karena partikel-partikelnya hanya terikat secara lemah.

2.4 Identifikasi Tanah Ekspansif

Penelitian tanah di laboratorium berguna untuk menentukan sifat fisik tanah dan sensitivitasnya terhadap perubahan volume saat kadar air berubah. Tujuan identifikasi dan pengujian tanah ekspansif adalah untuk menggambarkan sifat perubahan volume tanah baik secara kualitatif maupun kuantitatif. Identifikasi kualitatif diperlukan untuk memahami perilaku tanah ekspansif yang berkaitan dengan potensi perubahan volume yang dapat merusak bangunan, sementara sifat kuantitatif diperlukan untuk mengetahui seberapa besar perubahan volume yang akan terjadi. Dari hasil tersebut, dapat dipertimbangkan alternatif penanganannya (Hardiyatmo, 2017).

Beberapa metode yang biasanya digunakan untuk mengidentifikasi tanah lempung ekspansif antara lain adalah sebagai berikut:

1. Cara (Chen, 1988).

Chen menjelaskan dua metode untuk mengidentifikasi tanah ekspansif. Metode pertama menggunakan satu indeks tunggal, yaitu Indeks Plastisitas (PI). Metode kedua menggunakan korelasi antara fraksi lempung yang lolos saringan nomor 200, batas cair (LL), dan nilai N dari uji Standar Penetrasi (SPT). Sebuah tabel menunjukkan hubungan antara nilai PI dan potensi pengembangan yang dibagi menjadi empat kategori: rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi. Tanah diklasifikasikan sebagai ekspansif dengan tingkat pengembangan tinggi hingga sangat tinggi jika nilai Indeks Plastisitasnya melebihi 35%.

Tabel 3. Korelasi nilai Indeks Plastisitas (PI) dengan tingkat pengembangan (Chen, 1988).

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

Pada Tabel 3 terlihat hubungan antara tingkat ekspansi dengan persentase lolos saringan nomor 200, batas cair, hasil pengujian SPT, dan potensi ekspansi. Tanah yang mengalami ekspansi tinggi hingga sangat tinggi memiliki batas cair lebih dari 40% dan lebih dari 60% lolos saringan nomor 200.

Tabel 4. Korelasi data lapangan dan laboratorium dengan tingkat pengembangan (Chen, 1988).

Data lapangan dan laboratorium			Kemungkinan	Tingkat
Presentase lolos saringan no.200	LL (%)	N (pukulan / ft)	Pengembangan (% perubahan volume)	Pengembang an
> 95	> 60	> 30	> 10	Sangat tinggi
60 – 95	40 - 60	20 – 30	3 – 10	Tinggi
30 – 60	30 – 40	10 – 20	1 – 5	Sedang
< 30	< 30	< 10	< 5	Rendah

2. Cara (Seed dkk., 1962)

Cara ini mempergunakan activity Skempton yang dimodifikasi, yaitu dengan persamaan (2.1) berikut ini :

$$Ac = PI / (CF-10) \quad (2. 1)$$

Dimana,

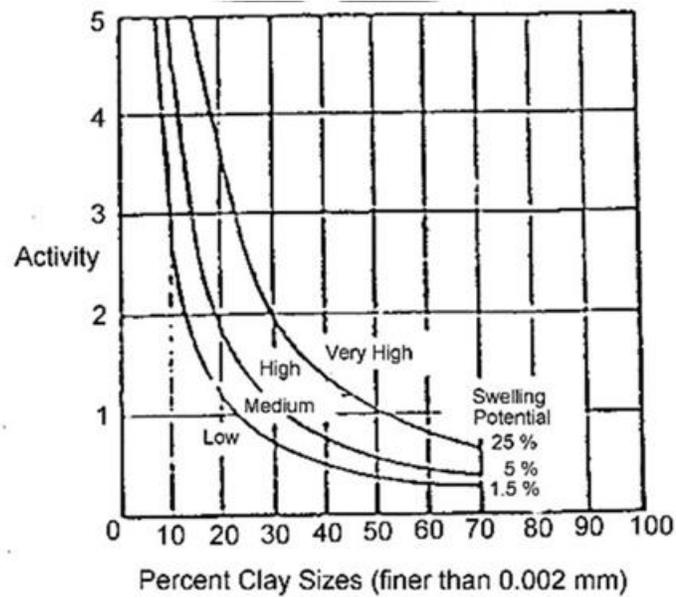
Ac : Activity

PI : Plasticity Index (%)

CF : Presentase lolos saringan no.200 (%)

Angka 10 adalah faktor reduksi

Grafik pada gambar 2 menjelaskan hubungan antara persentase lempung yang lolos saringan nomor 200 dengan aktivitas dan potensi pengembangan tanah. Tanah dengan ekspansivitas tinggi memiliki aktivitas lebih dari 1,25% dan persentase lempung yang lolos saringan nomor 200 yang tinggi.



Gambar 2. Hubungan antara presentase lempung dan aktivitas (Seed dkk., 1962).

3. Cara (Skempton, 1953).

Lempung yang memiliki sifat ekspansif sering diidentifikasi melalui pengamatan aktivitasnya. (Skempton, 1953) menggambarkan aktivitas (A) sebagai nilai yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi jenis lempung.

$$Ac = PI / CF \quad (2.2)$$

Dimana,

Ac : Activity

PI : Plasticity Index (%)

CF : Presentase lolos saringan no.200

Tabel 5 menunjukkan korelasi antara potensi pengembangan dengan nilai activity. Tanah ekspansif bila nilai activity (AC) > 1.25 %.

Tabel 5. Korelasi nilai activity dengan potensi pengembangan (Skempton, 1953).

Nilai Activity	Tingkat Keaktifan	Potensi Pengembangan
< 0.75	Tidak aktif	Rendah
$0.75 < A_c < 1.25$	Normal	Sedang
> 1.25	Aktiv	Tinggi

2.5 Bentonite

Bentonit adalah koloid alami dari silikat aluminium terhidrasi yang memiliki kemampuan untuk mengembang, sifat penukar ion, luas permukaan yang besar, serta kemampuan menyerap air dengan baik. Keasaman permukaan bentonit, yang terkait dengan asam Brønsted dan asam Lewis, memungkinkan penggunaannya sebagai katalis. Bentonit merupakan salah satu jenis mineral yang memiliki banyak manfaat dalam kehidupan sehari-hari. Bentonit dapat digunakan sebagai bahan pengikat dalam pasir cetak untuk pengecoran, bahan baku pembuatan semen, keramik, kosmetik, krayon, serta sebagai absorben di bidang farmasi, dan lain-lain (Murray, 2007).

Mineral yang terdapat pada tanah ekspansif meliputi kaolinit, ilit, dan montmorilonit. Ketiga mineral ini adalah bentuk kristal dari hidroaluminium silikat, namun masing-masing memiliki sifat dan struktur yang berbeda. Perbedaan sifat dan struktur kristal ini menyebabkan kecenderungan untuk mengalami pengembangan. Pengembangan pada lempung terjadi ketika air masuk di antara partikel-partikel lempung, menyebabkan partikel-partikel tersebut terpisah (Gunarso dkk., 2017).

Menurut (Sirait, 2018), bentonit dapat diidentifikasi berdasarkan sifat pengembangannya saat direndam dalam air. Penggunaannya sangat bergantung pada ketersediaan alami dan terdiri atas dua jenis: natrium bentonit dan kalsium bentonit.

1. Natrium Bentonit

Dapat mengembang hingga delapan kali lipat ketika dicelupkan ke dalam air dan membentuk suspensi kental dengan pH 8,5-9,8. Fungsinya meliputi sebagai pengisi dalam lumpur pemboran, bahan pencampur dalam pembuatan cat, dan bahan baku farmasi.

2. Kalsium Bentonit

Memiliki daya mengembang yang rendah saat dicelupkan ke dalam air, dengan suspensi yang memiliki pH 3-7. Bahan ini digunakan sebagai pemucat warna dalam industri minyak sawit, sebagai zat pemisah dalam pengolahan minyak bumi, dan dalam industri pembuatan bir.

2.6 Geosintetik

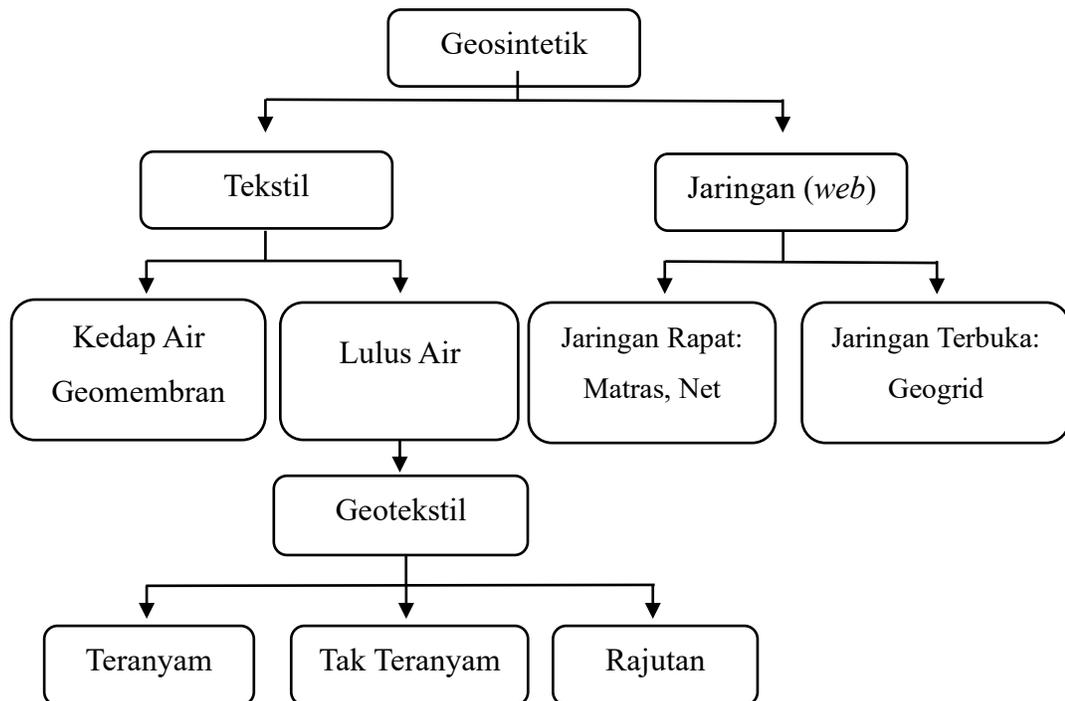
Geosintetik berasal dari kata 'geo' yang berarti tanah dan 'sintetik' yang berarti tiruan. Jadi, geosintetik mengacu pada bahan buatan (sintetik) atau bahan yang bukan alami, yang penggunaannya terkait dengan tanah atau batuan (Suryolelono, 2000). Bahan sintetik ini dapat terdiri dari polimer hasil industri minyak bumi, serat sintetik, kain, baja, dan lain-lain. Seiring perkembangannya, geosintetik adalah bahan sintetik berupa serat-serat yang dianyam, tidak dianyam, atau dalam bentuk lain yang digunakan dalam pekerjaan tanah.

Geosintetik umumnya diklasifikasikan berdasarkan sifat permeabilitasnya: bahan yang dapat ditembus air (*permeabel*) disebut geotekstil, sementara bahan yang tidak dapat ditembus air (*impermeabel*) disebut geomembran. Geotekstil biasanya berbentuk lembaran yang bisa berupa anyaman atau non-anyaman dari benang-benang sintesis. Sesuai dengan kebutuhan di lapangan, bentuk geosintetik kini semakin beragam, seperti berbentuk grid dan komposit (Koerner, 2005).

Geosintetik banyak digunakan dalam bidang teknik sipil, geoteknik, lingkungan, dan pertanian, sehingga bentuk dan jenis geosintetik berkembang sesuai dengan kebutuhan. Secara umum, geosintetik digunakan untuk mengatasi masalah erosi, sebagai pemisah antara dua material dengan gradasi berbeda, sebagai bahan

filter, untuk memperkuat tanah dasar fondasi pada pekerjaan timbunan, memperkuat dinding penahan tanah, dan sebagai bahan kedap air (geomembran). Dalam perkembangannya, geosintetik juga digunakan untuk memperkuat lapisan perkerasan aspal, terutama untuk mencegah perambatan retak pada pekerjaan *overlay*.

Secara umum, peran geosintetik dalam konstruksi sipil dapat dibagi menjadi dua, yaitu peran mekanik dan peran hidrolis. Peran mekanik biasanya terkait dengan pekerjaan struktural, seperti kekuatan tanah, distribusi beban, dan pemisahan dua material dengan gradasi berbeda untuk mencegah kontaminasi. Di sisi lain, peran hidrolis melibatkan fungsi geosintetik sebagai bahan drainase dalam pekerjaan drainase dan sebagai filter dalam pekerjaan filtrasi.



Gambar 3. Klasifikasi Geosintetik

Sumber : (Koerner, 2005)

Berdasarkan bentuk fisik, geosintetik terbagi menjadi dua jenis yaitu tekstil dan jaring (web):

1. Tekstil

- Berdasarkan permeabilitas air, geosintetik berbentuk tekstil dapat diklasifikasikan menjadi yang kedap air dan yang lolos air. Geotekstil adalah jenis geosintetik lolos air yang terbuat dari bahan tekstil. Sementara itu, geomembran dan *Geosynthetic Clay Liner* (GCL) adalah jenis geosintetik kedap air yang sering digunakan sebagai penghalang cairan.
- Geotekstil yang lolos air dikelompokkan berdasarkan proses pembuatannya menjadi tiga jenis utama: teranyam (woven), tak-teranyam (non-woven), dan rajutan (knitted). Proses pembuatan geotekstil teranyam mirip dengan produksi tekstil biasa. Geotekstil tak-teranyam dibuat dengan teknologi canggih, di mana serat polimer atau filamen didorong keluar, dipuntir secara kontinu, kemudian ditiup atau ditempatkan di atas sabuk berjalan. Selanjutnya, massa filamen atau serat tersebut disatukan melalui proses mekanis menggunakan jarum-jarum kecil atau dengan panas, di mana serat tersebut "dilas" dengan panas dan/atau tekanan pada titik kontak serat untuk membentuk massa tekstil tak-teranyam.

2. Jaringan (web)

- Net dan matras adalah jenis geosintetik yang memiliki bentuk berupa jaringan rapat.
- Geogrid adalah salah satu jenis geosintetik berbentuk jaring terbuka. Fungsi utamanya adalah untuk perkuatan. Geogrid dibentuk dari jaring teratur dengan elemen-elemen tarik dan memiliki bukaan berukuran tertentu sehingga bisa saling mengunci (interlock) dengan bahan pengisi di sekitarnya.

Saat ini, terdapat berbagai material yang menggabungkan geotekstil dengan geomembran atau bahan sintetik lainnya untuk memaksimalkan karakteristik masing-masing bahan. Produk ini dikenal sebagai geokomposit, yang dapat terdiri dari kombinasi geotekstil-geonet, geotekstil-geogrid, geotekstil-geomembran, geomembran-geonet, dan bahkan struktur sel polimer tiga dimensi. Variasi kombinasi bahan dalam geokomposit sangat beragam dan hampir tak terbatas. Selain itu, terdapat juga jenis-jenis geosintetik lainnya seperti geosynthetic clay liner, geopipa, dan geofoam (Holtz dkk., 1998).

2.7 Jenis-jenis Geosintetik

Menurut (Koerner, 2005), geosintetik di bagi menjadi beberapa jenis dengan fungsi-fungsi sebagai berikut :

1. Geotextile

Geotekstil adalah lembaran kontinu yang terdiri dari serat atau benang yang ditenun, tidak ditenun, dirajut, atau dijahit. Lembaran ini bersifat fleksibel dan permeabel serta umumnya memiliki penampilan seperti kain. Geotekstil digunakan untuk aplikasi pemisahan, filtrasi, drainase, perkuatan, dan pengendalian erosi.

2. Geogrid

Geogrid adalah material geosintetik yang memiliki tampilan seperti jaring terbuka. Aplikasi utama geogrid adalah untuk perkuatan tanah.

3. Geonet

Geonet adalah material berbentuk kisi terbuka yang dibentuk oleh dua set untaian polimer kasar yang sejajar dan diekstrusi, saling berpotongan pada sudut akut yang konstan. Jaringan ini membentuk lembaran dengan porositas dalam bidang yang digunakan untuk mengalirkan cairan atau gas dalam jumlah relatif besar.

4. Geomembran

Geomembran adalah lembaran fleksibel kontinu yang dibuat dari satu atau lebih bahan sintetis. Lembaran ini relatif tidak tembus air dan digunakan sebagai pelapis untuk penampungan cairan atau gas serta sebagai penghalang uap.

5. Geokomposit

Geokomposit adalah geosintetik yang terbuat dari kombinasi dua atau lebih jenis geosintetik. Contohnya meliputi: geotekstil-geonet; geotekstil-geogrid; geonet-geomembran; atau lapisan tanah liat geosintetik (GCL). Saluran geokomposit prefabrikasi atau saluran vertikal prefabrikasi (PVD) terbentuk dari inti drainase plastik yang dikelilingi oleh filter geotekstil.

6. Geopipe

Geopipe adalah pipa polimerik berperforasi atau berdinding padat yang digunakan untuk drainase cairan atau gas (termasuk pengumpulan lindi atau gas dalam aplikasi tempat pembuangan akhir). Dalam beberapa kasus, pipa berperforasi ini dilapisi dengan filter geotekstil.

7. Geosel

Geosel adalah jaringan tiga dimensi yang relatif tebal dan terbuat dari potongan lembaran polimer. Potongan-potongan ini disatukan untuk membentuk sel-sel yang saling terhubung dan diisi dengan tanah, dan kadang-kadang beton. Dalam beberapa kasus, potongan geogrid poliolefin selebar 0,5 meter hingga 1 meter dihubungkan dengan batang polimer vertikal untuk membentuk lapisan geosel yang dalam, yang disebut geomatrass.

8. Geofom

Blok atau lempengan geofom dibuat melalui ekspansi busa polistirena untuk membentuk jaringan sel tertutup yang berisi gas dengan kepadatan rendah.

Geofoam digunakan untuk isolasi termal, sebagai pengisi ringan, atau sebagai lapisan vertikal yang dapat dikompresi untuk mengurangi tekanan tanah terhadap dinding kaku.

2.8 Penelitian Terdahulu

Penulis	Judul	Abstrak	Sumber
Zhang dkk., 2024	Kinerja lapangan pada lereng tanah ekspansif yang diperkuat geogrid: studi kasus.	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk lebih memahami stabilitas jangka panjang dan mekanisme perkuatan lereng potongan tanah ekspansif yang diperbaiki dengan perkuatan geogrid. Kemiringan tanah luas yang diperbaiki dengan geogrid dipantau selama dua tahun tanpa gangguan. Hasil yang dipantau menunjukkan bahwa kandungan air pada lereng tanah ekspansif yang diperkuat secara bertahap stabil dalam dua tahun setelah pengolahan. Tren variasi regangan geogrid konsisten dengan tren tekanan tanah lateral pada lereng. Regangan geogrid berkurang seiring dengan penurunan tekanan bumi. Ketika tekanan bumi stabil, regangan geogrid	<i>Bulletin of Engineering Geology and the Environment.</i>

Penulis	Judul	Abstrak	Sumber
		mendekati nilai awal. Perkuatan geogrid mampu menghambat perkembangan retakan, membatasi deformasi tanah dan melepaskan tekanan tanah yang membengkak, sehingga menjaga stabilitas lereng tanah ekspansif dalam jangka panjang.	
Sarker dkk., 2019	Pengembangan Metode Beban Virtual dengan Penerapan Teori Invers untuk Analisis Perkerasan Bertulang Geosintetik pada Tanah Ekspansif	makalahnya menyajikan metodologi untuk menghitung momen lentur dan gaya geser, dll., pada perkerasan yang diperkuat geosintetik pada tanah ekspansif. Perkerasan yang diperkuat geosintetik, yang mengalami perpindahan vertikal yang disebabkan oleh naik turunnya/penyusutan yang disebabkan oleh perubahan volume tanah dasar yang ekspansif, diformulasikan dengan mengikuti teori balok Timoshenko. Metode beban virtual (VLM) dikembangkan dengan menerapkan beban virtual pada perkerasan untuk	<i>Geotechnical Special Publication.</i>

Penulis	Judul	Abstrak	Sumber
		<p>membuat defleksi balok setara dengan perpindahan vertikal akibat hentakan/penyusutan. Beban virtual yang tidak diketahui dinyatakan sebagai deret Fourier, dan konstanta Fourier ditentukan dengan menggunakan teori invers untuk identifikasi parameter material. Sebagai studi kasus, metode beban virtual diterapkan untuk menyelidiki pengaruh geosintetik pada jalan penelitian FM-2 di Texas, AS. Geosintetik pada perkerasan jalan berfungsi sebagai perkuatan untuk mengurangi kerusakan perkerasan akibat pembengkakan dan penyusutan musiman pada tanah dasar ekspansif.</p>	
Ding J. dkk., 2010	<p>Penelitian hukum deformasi batuan ekspansif yang</p>	<p>Penguatan geogrid dapat meningkatkan kekuatan dan membatasi deformasi lateral tanah. Dalam makalah ini, pengujian model fisik</p>	<p><i>9th International Conference on Geosynthetics - Geosynthetics: Advanced</i></p>

Penulis	Judul	Abstrak	Sumber
	diperkuat geogrid akibat penyerapan air	<p>dilakukan untuk mempelajari karakteristik deformasi tanah bertulang pada kondisi interaksi berbagai geogrid dengan batuan ekspansif. Penelitian menunjukkan bahwa deformasi muai yang nyata terjadi pada batuan ekspansif dalam kondisi penyerapan air, yang menyebabkan rusaknya massa tanah akibat retak tarik. Geogrid yang tertanam memungkinkan pengurangan deformasi lateral batuan ekspansif secara nyata, namun hanya sedikit mempengaruhi penurunan vertikal tanah. Pada saat yang sama, geogrid dapat secara efektif menahan terjadinya dan berkembangnya retakan, serta mengubah hukum perkembangan deformasi muai pada batuan ekspansif. Yang lebih penting lagi, geogrid memberikan dampak signifikan pada proses pengangkutan kadar air</p>	<i>Solutions for a Challenging World.</i>

Penulis	Judul	Abstrak	Sumber
Aji, 2012	Uji Tekanan Pengembangan Tanah Espansif Ditinjau dari Besarnya Kadar Air	Hasil analisis menunjukkan bahwa semakin besar indeks plastisitas tanah maka semakin besar pula tekanan pengembangannya dan semakin rendah kadar air awal pada suatu tanah lempung maka tekanan pengembangannya semakin tinggi. Besar persentase pengembangan suatu tanah sebanding dengan tekanan pengembangannya.	Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.
Wahyu dkk., 2013	Analisa Deformasi Tanah Lempung Bentonite	Hasil yang didapat yaitu tanah lempung bentonite yang diamati merupakan tanah dengan kadar plastisitas tinggi. Nilai maksimum dari indeks plastisitas lempung sebesar 26,499 %. Mineral lempung yang terkandung pada tanah tersebut yaitu jenis montmorillonite dengan tingkat pengembangan yang tinggi. Pengukuran besarnya swelling dengan cara CBR rendam diperoleh swelling	Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura.

Penulis	Judul	Abstrak	Sumber
		sebesar 8,532 %, serta pengukuran swelling pressure dengan menggunakan alat geonor swelling test diperoleh nilai sebesar 4,438 kg/cm ² .	