

LAPORAN
PENELITIAN INTERNAL DOSEN
Progam Studi Teknik Sipil Fakultas Sains dan Teknik



KORELASI TANAH EKSPANSIF TERHADAP
NILAI SWELLING DAN TOTAL HEAVE

Tim Peneliti:

Mohammad Zainul Ikhwan, S.T., M.T
Toni Budi Santoso, S.T., M.T
M. Yudi Saputra
Dwi Novianti Putri Andini

Dibiayai oleh:

Universitas Bojonegoro

Periode 1 Tahun Anggaran 2025/2026

UNIVERSITAS BOJONEGORO

2026

HALAMAN PENGESAHAN

LAPORAN PENELITIAN PENDANAAN PERGURUAN TINGGI

1. Judul Penelitian : Korelasi Tanah Ekspansif Terhadap Nilai *Swelling* dan Total *Heave*
2. Ketua Peneliti
 - a. Nama Peneliti : Mohammad Zainul Ikhwan, S.T., M.T
 - b. NIDN : 07 290495 01
 - c. Program Studi : Teknik Sipil
 - d. E-mail : zaeny.ikhwan@gmail.com
 - e. Bidang Keilmuan : Geoteknik
3. Anggota Peneliti 1
 - a. Nama Peneliti : Toni Budi Santoso, S.T., M.T
 - b. NIDN : 07 270193 02
 - c. Program Studi : Teknik Sipil
 - d. E-mail : prawoto.poni@gmail.com
 - e. Bidang Keilmuan : Struktur dan Transportasi
4. Anggota Peneliti 2
 - a. Nama Mahasiswa : M. Yudi Saputra
 - b. NIM : 23222011159
 - c. Program Studi : Teknik Sipil
 - d. E-mail : yudi.saputra@gmail.com
 - e. Bidang Keilmuan : -
- Anggota Peneliti 3
 - a. Nama Mahasiswa : Dwi Novianti Putri Andini
 - b. NIM : 23222011068
 - c. Program Studi : Teknik Sipil
 - d. E-mail : noviantidwi@gmail.com
 - e. Bidang Keilmuan : -
5. Jangka Waktu Penelitian : 6 bulan
6. Lokasi Penelitian : Semenkidul - Sukosewu
7. Dana Diusulkan : Rp. 3.500.000,00

Bojonegoro, 25 Februari 2026

Mengetahui,
Ketua LPPM Universitas Bojonegoro

Pengusul,

Dr. Laily Agustina Rahmawati, S.Si., M.Sc.
NIDN 07 2108 8601

M. Zainul Ikhwan, S.T., M.T
NIDN 07 290495 01

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah dengan mengucapkan puji syukur kepada Allah SWT atas segala karunia, rahmat, dan ridho-Nya sehingga penulis dapat menyusun laporan penelitian yang berjudul “Korelasi Tanah Ekspansif Terhadap Nilai *Swelling* dan *Total Heave*”.

Dalam proses penyusunan laporan, penulis terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu. Untuk itu, dengan penuh rasa hormat penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya atas semua bantuan dan kerjasamanya yang telah diberikan baik secara langsung maupun tidak langsung selama penyusunan laporan ini. Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada yang terhormat:

1. Bapak Dr. Arief Januwarso S.sos, M.si Selaku Ketua Yayasan Universitas Bojonegoro.
2. Ibu Dr. Tri Astuti Handayani, SH., M.Hum Selaku Rektor Universitas Bojonegoro.
3. Ibu Dr. Laily Agustina Rahmawati, S.Si., M.Sc. Selaku Ketua LPPM Universitas Bojonegoro dan Seluruh Jajarannya
4. Ir. Zainuddin, M.T Selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknik.

Semoga Alloh SWT membalas semua kebaikan, dukungan, dan kesabaran yang telah diberikan. Selanjutnya penulis menyadari bahwa dalam penyusunan masih banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun demi sempurnanya penyusunan laporan penelitian ini. Semoga tulisan ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca dan semua pihak.

Bojonegoro,

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL.....	v
DAFTAR GAMBAR	vi
ABSTRAK	vii
BAB I.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
BAB II.....	4
2.1 Landasan Teori.....	4
2.2 Penelitian Terdahulu	10
BAB III	18
3.1 Jenis dan Pendekatan Penelitian.....	18
3.2 Lokasi Penelitian.....	18
3.3 Jenis Data dan Teknik Pengumpulan Data.....	18
3.4 Analisis Data	19
BAB IV	22
4.1 Pengujian Butiran atau Gradasi Tanah.....	22
4.2 Sifat Fisik Tanah	25
4.3 Klasifikasi Tanah	31
4.4 Sifat Mekanis Tanah	34
4.5 Pengembangan CBR	45

4.6 Pembahasan.....	46
BAB V.....	54
5.1 Kesimpulan	54
5.2 Saran.....	54
DAFTAR PUSTAKA	56

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu	10
Tabel 4.1 Analisa Saringan	22
Tabel 4.2 Uji hidrometer	23
Tabel 4.3 Tabel Analisa Saringan	24
Tabel 4.4 Uji kadar air tanah.....	25
Tabel 4. 5 Uji Berat Jenis Tanah.....	26
Tabel 4.6 Batas cair.....	27
Tabel 4.7 Batas plastis.....	28
Tabel 4.8 Indeks Plastisitas	29
Tabel 4.9 Shrinkage Limit (SL)	30
Tabel 4. 10 Klasifikasi USCS	31
Tabel 4. 11 Free Swelling	31
Tabel 4. 12 Nilai Activity.....	33
Tabel 4. 13 Pengujian Proctor Standar.....	35
Tabel 4. 14 CBR Unsoaked 10 Tumbukan	37
Tabel 4. 15 CBR Unsoaked 30 Tumbukan	38
Tabel 4. 16 CBR Unsoaked 65 Tumbukan	39
Tabel 4. 17 CBR Unsoaked 10 Tumbukan	40
Tabel 4. 18 CBR Unsoaked 30 Tumbukan	41
Tabel 4. 20 CBR Soaked 65 Tumbukan.....	42
Tabel 4. 21 koefisien konsolidasi dan Cc.....	43
Tabel 4. 22 Hasil Oedometer	44
Tabel 4. 22 Swelling CBR Soaked.....	49
Tabel 4. 24 Hubungan Nilai Penembangan.....	52

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Alat Pengujian Hidrometer Test.....	6
Gambar 2. 2 Cetakan Silinder dan Kepingan alas.....	7
Gambar 2. 3 Cetakan dan alat Uji CBR	8
Gambar 2. 4 Alat Uji Oedometer	9
Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian	18
Gambar 3. 2 Diagram alur penelitian.....	20
Gambar 4. 1 Grafik Analisis Ukuran Butir Tanah	24
Gambar 4.2 Grafik Batas Cair.....	28
Gambar 4. 3 Grafik Plasticity	29
Gambar 4. 4 Grafik Casagrande Plasticity	32
Gambar 4. 5 Grafik klasifikasi potensi pengembangan	33
Gambar 4. 6 Grafik Teori Van De Merwe	33
Gambar 4. 7 Grafik Teori Van De Merwe	34
Gambar 4. 8 Grafik Uji Kepadatan Ringan.....	35
Gambar 4. 9 Grafik Penurunan	45
Gambar 4. 10 Grafik Hubungan Pembebanan Dan Koefisien Konsolidasi.....	45
Gambar 4. 11 Grafik Swelling CBR Soaked	46
Gambar 4. 12 Grafik Pengembangan CBR Rendaman.....	50

ABSTRAK

Tanah ekspansif merupakan jenis tanah yang memiliki potensi perubahan volume tinggi akibat fluktuasi kadar air, yang dapat menyebabkan kerusakan serius pada struktur bangunan dan infrastruktur. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan antara nilai pengembangan (swelling) dan total heave pada tanah ekspansif, desa semenkidul kecamatan sukosewu. Metode yang digunakan meliputi pengambilan sampel tanah secara langsung dari lokasi penelitian, diikuti oleh serangkaian pengujian laboratorium yang mencakup sifat fisik dan mekanik tanah, seperti uji free swelling, kadar air, berat jenis, batas Atterberg, analisis saringan, hidrometer, uji proctor, CBR, dan oedometer. Hasil pengujian menunjukkan kadar air tanah sebesar 40.76%, berat jenis 2,40, batas cair 71,28%, batas plastis 23.14%, indeks plastisitas 48,14%. Nilai kepadatan maksimum uji Proctor tercatat 1,339 gr/cm³ dengan kadar air optimum 24% dan memiliki nilai keaktifan sebesar 2,04. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanah di lokasi penelitian memiliki klasifikasi contoh tanah dalam kategori lempung anorganik dengan plastisitas tinggi atau Lempung gemuk (*Flat Clay*) dan masuk dalam kategori CH (*Clay of High Plasticity*). Tanah ini termasuk ke dalam kategori sangat ekspansif (Potensi *heave* sangat tinggi) dan tidak stabil untuk digunakan sebagai lapisan dasar konstruksi tanpa perlakuan. Potensi pengembangan dan daya angkat yang tinggi, yang erat kaitannya dengan kadar air, plastisitas, dan kepadatan tanah. Hubungan antara nilai pengembangan dan heave teridentifikasi positif, di mana semakin besar nilai swelling, maka semakin tinggi total heave yang dihasilkan. Temuan ini penting untuk dijadikan dasar perencanaan dan mitigasi risiko konstruksi di daerah dengan tanah ekspansif.

Kata kunci : Tanah Ekspansif, Nilai *Swelling*, Total *Heave*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanah merupakan material dasar yang sangat penting dalam bidang konstruksi, karena seluruh beban struktur bangunan ditopang oleh tanah sebagai fondasi. Setiap jenis tanah memiliki karakteristik dan perilaku atau spesifikasi yang berbeda-beda, salah satunya ialah tanah ekspansif. Tanah ekspansif merupakan jenis tanah yang memiliki potensi perubahan volume yang signifikan akibat fluktuasi kadar air. Tanah ini dapat mengembang saat menyerap air dan menyusut ketika kehilangan kelembapan, yang dapat menyebabkan berbagai permasalahan geoteknik seperti retakan pada bangunan, jalan, kerusakan lantai bangunan dan penurunan kinerja struktur. Oleh karena itu, diperlukan penelitian mendalam mengenai sifat mekanis tanah ekspansif untuk mengantisipasi dan memitigasi dampak negatifnya terhadap infrastruktur.

Salah satu wilayah yang rawan mengalami permasalahan ini adalah Desa Semenkidul Kecamatan Sukosewu, Kabupaten Bojonegoro, Memiliki karakteristik tanah yang rawan bencana. Namun, dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi, sering dijumpai tantangan berupa tanah yang memiliki potensi ekspansif tinggi, yang menyebabkan permasalahan struktural pada bangunan, terutama pada bagian lantai.

Nilai pengembangan merupakan parameter yang digunakan untuk mengukur potensi ekspansi suatu tanah ketika terjadi penambahan kadar air. Parameter ini mencerminkan sejauh mana tanah dapat mengalami perubahan volume dan berfungsi sebagai indikator dalam menilai risiko kerusakan struktur yang berada di atasnya. Di sisi lain, daya angkat tanah ekspansif merujuk pada kemampuan tanah untuk menghasilkan gaya angkat akibat proses pengembangan tersebut. Gaya angkat yang dihasilkan tidak hanya mempengaruhi kestabilan fondasi, tetapi juga berperan penting dalam proses degradasi struktur bangunan secara keseluruhan. Daya angkat tanah adalah kemampuan tanah untuk menahan atau mengimbangi gaya angkat yang bekerja pada fondasi atau struktur, sehingga mencegah terjadinya fenomena uplift (pengangkatan) yang dapat mengancam kestabilan bangunan. Gaya angkat ini bisa muncul akibat beberapa kondisi seperti Tekanan air tanah yang tinggi, Kondisi jenuh

atau naiknya muka air tanah dapat menghasilkan tekanan hidrostatik yang berupaya mengangkat fondasi.

Dalam konteks rekayasa sipil, hubungan antara nilai pengembangan dan daya angkat tanah ekspansif menjadi fokus penelitian yang krusial. Keterkaitan antara kedua parameter ini memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai mekanisme kerja tanah ekspansif saat mengalami perubahan kelembaban, sehingga memungkinkan perancang untuk mengembangkan solusi teknik yang lebih efektif. Beberapa penelitian sebelumnya telah mengidentifikasi faktor-faktor seperti kadar air, jenis mineral, dan struktur butir sebagai elemen yang mempengaruhi kedua parameter tersebut. Namun, masih terdapat celah dalam pemahaman yang menyeluruh mengenai bagaimana nilai pengembangan secara kuantitatif berkontribusi terhadap daya angkat yang terjadi.

Secara keseluruhan, kajian mendalam pada Korelasi Tanah Ekspansif Terhadap Nilai *Swelling* dan Total *Heave* menjadi hal penting untuk menciptakan desain bangunan yang adaptif dan aman. Studi ini berpotensi membuka jalan bagi penerapan inovasi dalam teknik rekayasa geoteknik, sehingga memberikan solusi yang tepat guna dalam mengelola tantangan yang ditimbulkan oleh tanah ekspansif.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang penelitian, maka permasalahan yang dikaji mengarah pada beberapa permasalahan yang harus diselesaikan.

Adapun rumusan masalah tersebut adalah :

1. Bagaimana karakteristik tanah diuji sifat fisik dan mekanis tanah?
2. Bagaimana hasil uji pengembangan (*Swelling*) dan *heave* di oedometer?
3. Bagaimana karakteristik hubungan nilai pengembangan (*Swelling*) dan *heave*?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan, maka tujuan yang akan dicapai dalam mengerjakan penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui nilai karakteristik tanah diuji sifat fisik dan mekanis tanah
2. Untuk mengetahui hasil uji pengembangan (*Swelling*) dan *heave* di oedometer
3. Untuk mengetahui Bagaimana karakteristik hubungan nilai pengembangan (*Swelling*) dan *Heave*

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dalam penelitian ini adalah :

1. Manfaat untuk Bidang Teknik Sipil Penelitian yang dilakukan diharapkan dapat menambah literatur fakultas sains dan teknik khususnya program studi teknik sipil sebagai bahan referensi bagi mahasiswa teknik sipil kedepannya.
2. Manfaat Untuk Masyarakat Penelitian ini diharapkan dapat dijadikan acuan serta rekomendasi kepada masyarakat dan penyedia jasa konstruksi dalam pengelolaan dan penyediaan bahan material konstruksi.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

Karakteristik tanah ditentukan oleh komposisi padatan, air, dan udara yang menyusunnya, serta sifat kohesi antarbutiran. Tanah berkohesif, seperti lempung, memiliki partikel yang saling melekat kuat akibat siklus pembasahan dan pengeringan, sehingga memerlukan gaya tertentu untuk memisahkannya dalam kondisi kering. Sebaliknya, tanah tidak berkohesif, seperti pasir, memiliki butiran yang mudah terlepas saat kering dan hanya saling menempel ketika basah karena pengaruh gaya tarik permukaan air di antara butirannya. Tanah organik berwarna hitam merupakan komponen utama pembentuk lahan gambut yang pada akhirnya dapat berubah menjadi batu bara. Kandungan mineral pada tanah organik relatif rendah, dengan suplai mineral berasal dari aliran air atau hasil dekomposisi jaringan makhluk hidup. Warna tanah merupakan ciri utama yang paling mudah diingat orang ketika melihat tanah. Karena warna tanah sangat bervariasi, mulai dari hitam kelam, coklat, merah bata, jingga, kuning, hingga putih. Warna tanah terjadi akibat oleh pelapukan kimia dan biologi.

a. Pengujian Sifat Fisik Tanah

Uji sifat fisik tanah merupakan sifat yang berhubungan dengan elemen penyusunan masa tanah yang ada. dalam menentukan sifat fisik tanah terdapat beberapa pengujian yang harus di lakukan meliputi :

➤ Uji (*Free Swelling Test*)

Free Swelling adalah metode laboratorium yang digunakan untuk mengukur potensi pengembangan (Swelling) tanah ketika menyerap air. Pengujian ini sangat penting dalam geoteknik, terutama untuk perencanaan bangunan. Dengan mengetahui nilai Free Swelling, insinyur dapat mengantisipasi pergerakan tanah yang dapat merusak struktur atau memilih Teknik perbaikan tanah yang sesuai. Berikut rumus untuk menghitung indeks pengembangan bebas:

$$\frac{H_2 - H_1}{H_1} \times 100\%$$

Dengan

H1 = tinggi awal

H2 = total tinggi awal dan tinggi pengembangan

➤ **Analisis Saringan**

Analisa ukuran butiran adalah penentuan persentase berat butiran pada satu unit saringan, dengan ukuran diameter lubang tertentu (Hardiyatmo, 1992). Dalam analisis saringan, sejumlah saringan yang memiliki ukuran lubang berbeda-beda disusun dengan ukuran yang terbesar di atas yang kecil. Penyaringan merupakan metode yang biasanya secara langsung untuk menentukan ukuran partikel dengan didasarkan pada batas-batas bawah ukuran lubang saringan yang digunakan.

Tabel 2. 1 Ukuran Saringan Menurut ASTM

<i>American Society for Testing and Materials, ASTM</i>		AASHTO	<i>British Standard</i>	
			BS 1377 : 1975	
Nomor Ayakan	Ukuran Lubang (mm)	Ukuran Lubang (mm)	Nomor Ayakan	Ukuran Lubang (mm)
No.4	4,76	4,75		
No.6	3,35			
No.8	2,36	2,36	No.8	2,075
No.10	2,00			
No.16	1,18	1,18	NO.16	1,003
No.20	0,841			
No.30	0,595	0,600	No.30	0,500
			No.36	0,422
No.40	0,425			
No.50	0,300	0,300	No.52	0,295
No.60	0,250		No..60	0,251
No.80	0,180		No.85	0,178
No.100	0,150	0,150	No.100	0,152
No.140	0,106			
No.170	0,088	0,090		
No.200	0,075	0,075	No.200	0,075

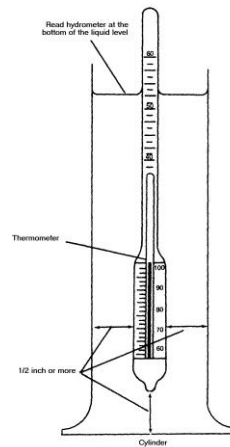
Sumber : Hardiyatmo, 2002

➤ **Uji Hidrometer Test**

Metode pengujian yang digunakan sebagai uji untuk menentukan hasil distribusi ukuran butir tanah berbutir halus, seperti lempung dan lanau, berdasarkan prinsip sedimentasi. Pengujian ini mengukur kecepatan partikel tanah mengendap dalam cairan (biasanya air) di bawah pengaruh gravitasi.

Distribusi ukuran butir pada tanah berbutir halus, maupun fraksi halus dari tanah berbutir kasar, dapat dianalisis melalui metode sedimentasi atau pengendapan. Ketika sampel tanah dicampur dengan air, partikel-partikelnya

akan mengendap dengan kecepatan berbeda-beda tergantung pada bentuk, ukuran, dan berat masing-masing. Metode ini didasarkan pada Hukum Stokes (Hardiyatmo, 2002).



Gambar 2. 1 Alat Pengujian Hidrometer Test

Sumber : SNI 3423 : 2008, (2008)

➤ Shrinkage Limit

Batas susut adalah kadar air pada kondisi kejenuhan 100%, di mana penurunan kadar air di bawah nilai ini tidak lagi menyebabkan perubahan volume tanah meskipun proses pengeringan dilanjutkan. Parameter ini penting, terutama di daerah kering dan pada jenis tanah tertentu yang mengalami perubahan volume signifikan akibat perubahan kadar air. Menurut SNI 3422:2008, batas susut menunjukkan kadar air atau kondisi saat tanah jenuh yang telah mengering tidak akan mengalami penyusutan tambahan meskipun dikeringkan lebih lanjut. Artinya, setelah melewati batas ini, kehilangan kadar air selanjutnya tidak memengaruhi volume tanah. Pengujian batas susut (*shrinkage limit*) bertujuan untuk mengetahui nilai batas penyusutan tanah, yang dinyatakan dalam bentuk persamaan.

$$SL = M - \left(\frac{(V - V_o)\gamma_w}{W_o} \right) \times 100\%.$$

Keterangan :

SL: Batas susut,

M : Kadar air (%),

V : Isi tanah basah (cm³),

V_o : Isi tanah kering (cm³)

W_o : Berat tanah kering (gram)

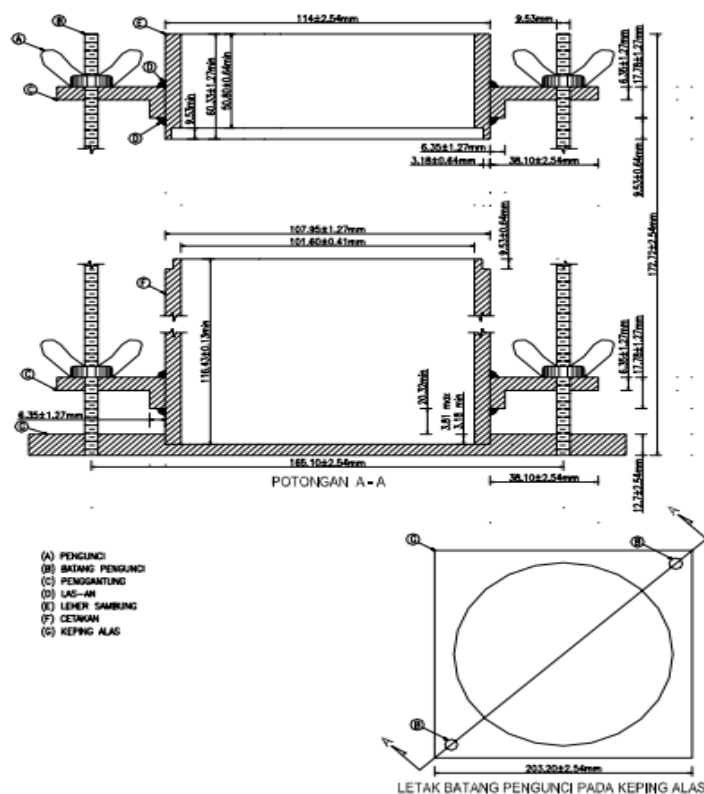
γ_w : Berat isi air (gram/cm³)

b. Uji Sifat Mekanis Tanah

Sifat mekanis tanah adalah perilaku massa tanah ketika menerima gaya atau tekanan, yang dijelaskan secara teknis melalui prinsip mekanika (Kusuma, 2016). Dalam penelitian, penentuan sifat mekanis tanah dilakukan melalui beberapa jenis pengujian, di antaranya:

➤ *Proctor Standart*

Dalam uji Proctor standar, tanah dipadatkan di dalam cetakan silinder berkapasitas 943,3 cm³ dengan diameter 4 inci (101,6 mm). Penumbuk yang digunakan memiliki berat 2,5 kg dengan tinggi jatuh 12 inci (304,88 mm). Selama pengujian di laboratorium, cetakan dipasang pada pelat dasar dan diberi perpanjangan berbentuk silinder di bagian atasnya. Tanah yang telah dicampur dengan air pada berbagai kadar kemudian dipadatkan menggunakan penumbuk khusus. Pemadatan dilakukan dalam tiga lapisan, diberi 25 tumbukan per lapisan (Das, 1988: 235)



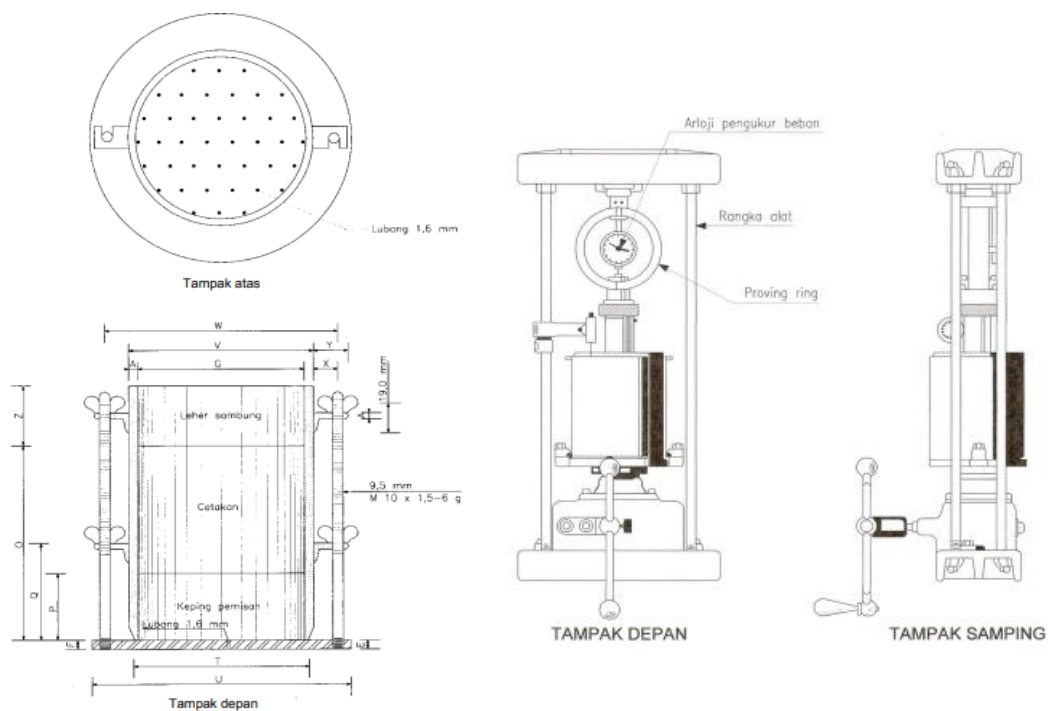
Gambar 2. 2 Cetakan Silinder dan Kepingan alas

Sumber: SNI Proctor Standar, 2008

➤ Uji CBR

California Bearing Ratio (CBR) merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui kekuatan tanah, yaitu dengan membandingkan gaya perlawanan penetrasi piston terhadap tanah. *California Bearing Ratio* (CBR) adalah sebuah indeks yang digunakan dalam rekayasa geoteknik untuk mengukur kemampuan tanah menahan beban, dan menjadi parameter penting dalam perencanaan perkerasan jalan maupun landasan bandara. Indeks ini menunjukkan sejauh mana tanah dapat mempertahankan kekuatan serta ketahanannya terhadap deformasi akibat pembebanan.

Pengukuran CBR dilakukan di laboratorium menggunakan alat uji CBR, di mana sampel tanah diberikan tekanan oleh kerucut baja (steel cone) berukuran standar. Hasil pengujian dinyatakan sebagai persentase daya tahan penetrasi tanah uji dibandingkan dengan tanah standar.

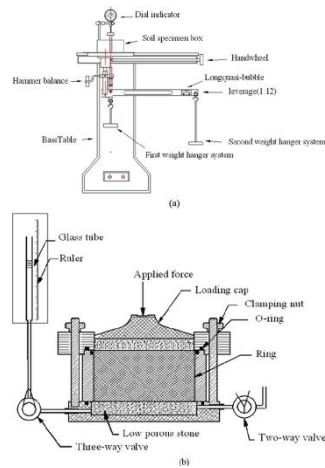


Gambar 2. 3 Cetakan dan alat Uji CBR

Sumber: SNI uji CBR laboratorium, 2012

➤ Uji Oedometer

Oedometer tes atau konsolidasi tes merupakan pengujian tanah yang digunakan untuk mengevaluasi sifat kompresibilitas dan konsolidasi tanah



Gambar 2. 4 Alat Uji Oedometer

Sumber : Ling-Ling Zeng et al. 2011

Uji ini sangat penting dalam bidang teknik geoteknik, terutama untuk perencanaan pondasi bangunan, jalan raya, dan struktur lainnya yang berdiri di atas tanah lunak. Dengan perhitungan : Tinggi sampel

$$(R) = T \times 10 - \left(\frac{\text{bacaan dial} - 100}{100} \right)$$

Dengan :

R = Tinggi sampel

T = Tinggi

c. Definisi Tanah Mengembang

Tanah mengembang adalah tanah yang mempunyai sifat kembang susut besar, sifat kembang susut ini dipengaruhi oleh kandungan air yang ada di dalam tanah tersebut. Jika kandungan air banyak maka tanah tersebut akan mengembang dan kekuatan daya dukungnya akan berkurang, demikian juga sebaliknya jika kadar air berkurang atau kering maka tanah tersebut akan menyusut dan mengakibatkan tanah pecah pecah dipermukaannya, sedangkan daya dukung tanahnya akan meningkat.

➤ Metode Pengujian Yang Dipakai

Pengujian laboratorium dilakukan untuk mengetahui sifat fisik dan teknis tanah yang diuji. Jenis pengujian tanah di laboratorium beserta metode pengukurannya dapat dibagi sebagai berikut:

1. Uji berat jenis tanah sesuai (SNI 1964:2008)

2. Uji batas-batas Atterberg, meliputi pengujian batas cair (SNI 03-1967), batas plastis (SNI 03-1966), dan batas susut (SNI 3422:2008), yang digunakan untuk menentukan indeks plastisitas.
3. Uji analisis ukuran butir menggunakan metode hidrometer (SNI 03-3423).
4. Uji pemadatan Proctor standar sesuai SNI 1742:2008.
5. Uji California Bearing Ratio (CBR) berdasarkan (SNI 1744:2012)
6. Uji konsolidasi oedometer.

➤ **Free Swelling**

Kembang susut tanah adalah peristiwa ketika tanah mengembang karena air masuk ke dalam pori-pori tanah, menggantikan udara yang ada, biasanya karena adanya beban tambahan. Untuk melakukan uji kembang bebas, tanah kering yang sudah lulus saringan No. 200 dimasukkan ke dalam gelas ukur 100 ml yang berisi air, lalu diukur berapa besar volume tanah mengembang setelah tanah turun sepenuhnya. Nilai kembang bebas dinyatakan dalam bentuk perbandingan antara perubahan volume dengan volume awal, dalam bentuk persen. Jika nilai kembang bebas tanah mencapai minimal 100%, maka tanah tersebut akan mengalami pengembangan yang signifikan di lapangan ketika dalam kondisi basah. Tanah dalam kondisi tersebut perlu dipertimbangkan dalam perancangan proyek.

$$FSI = \frac{V_f - V_i}{V_i}$$

Keterangan

FSI = Free Swelling Indeks

V_f = Volume akhir (setelah pengembangan)

V_i = Volume awal (sebelum pengembangan)

2.2 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian yang akan dilakukan ini adalah sebagai berikut:

Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu

1	Judul	Analisa Hubungan Kepadatan Dan Sweling Pada Tanah Lempung Ekspansif
	Penulis	Misdi (2024)

Abstract	<p>Permasalahan pada tanah lempung yang memiliki indeks plastisitas yang tinggi selain daya dukung yang rendah adalah masalah pengembangan (swelling) yang cukup besar yang sering menyebabkan kerusakan pada struktur bangunan seperti retaknya dinding, terangkatnya pondasi dan jalan bergelombang. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mencari besarnya pengembangan dari tanah lempung ekspansif pada tingkat pemadatan dan kadar air awal yang berbeda - beda. Untuk mengetahui besarnya tingkat pengembangan (ekspansivitas) tanah, perlu dilakukan penelitian di Laboratorium, seperti uji Indeks Propertis serta CBR dan swelling test . Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pengembangan tanah ekspansif sangat tergantung pada besarnya kadar air awal dari tanah tersebut. Selain itu tingkat pemadatan juga turut mempengaruhi pengembangan , dimana semakin tinggi tingkat kepadatan tanah semakin besar pula potensi pengembangan (swelling potential). Oleh karena itu pembangunan pada tanah ekspansif perlu didahului dengan perbaikan / stabilisasi tanah baik secara kimia maupun secara mekanik.</p>
Latar Belakang	<p>Tanah selalu mempunyai peranan yang penting pada suatu lokasi pekerjaan konstruksi. Tanah adalah pondasi pendukung suatu bangunan atau bahan konstruksi dari bangunan itu sendiri seperti tanggul atau bendungan, seperti tembok/dinding penahan tanah. Jadi tanah itu selalu berperan pada setiap pekerjaan teknik sipil. Sebagian besar tanah di Indonesia terdiri dari tanah lempung. Tanah jenis ini, pada umumnya mengandung mineral yang mempunyai potensi swelling (pengembangan) yang tinggi, dan dapat disebut tanah ekspansif. Selain itu tanah jenis ini memiliki sensitivitas</p>

		<p>yang sangat tinggi terhadap perubahan kadar air yang terjadi. Jadi kandungan air yang ada dalam tanah lempung sangat mempengaruhi sifat dan perilaku tanah tersebut, khususnya pada proses pengembangannya (swelling). Pada musim hujan, air permukaan dapat merembes masuk ke dalam tanah dan mengakibatkan kadar air meningkat. selanjutnya tekanan akibat pengembangan tanah lempung akan mendesak struktur bangunan di atasnya (gedung, perkerasan jalan raya, saluran air dan fasilitas lainnya) sampai menjadi cembung sehingga menimbulkan kerusakan pada struktur bangunan. Sebaliknya pada musim kemarau, apabila kadar air tanah turun sampai melampaui batas susutnya, maka akan menimbulkan penurunan yang tidak merata pada struktur bangunan dan juga akan terjadi retak-retak pada struktur bangunan.</p>
	<p>Kesimpulan</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tingkat pengembangan pada tanah ekspansif sangat dipengaruhi oleh besarnya kadar air awal (Natural Moisture Content). 2. Tingkat pengembangan yang besar akan terjadi pada saat kadar air optimumnya belum tercapai. Sedangkan pada saat kadar airnya telah melebihi nilai kadar air optimum (wet side of optimum), potensi pengembangannya akan mengecil. 3. Tingkat pengembangan pada tanah ekspansif juga dipengaruhi kepadatan tanah. Tanah yang memiliki kepadatan yang lebih besar akan memiliki potensi pengembangan yang lebih besar jika dibandingkan dengan tanah yang memiliki tingkat kepadatan yang relatif kecil pada kadar air awal yang sama. 4. Indeks Plastisitas dapat digunakan untuk memprediksi karakteristik swelling tanah ekspansif dimana tanah ekspansif yang mempunyai Indeks

		Plastisitas yang tinggi akan mempunyai kecenderungan mengembang yang besar.
2	judul	Prediksi Total Heave Tanah Ekspansif Kawasan Jalan Tanjung Api-Api
	Penulis	Indra Chusaini San (2010)
	Abstract	<p>Tanah ekspansif merupakan salah satu jenis tanah bermasalah, sangat peka terhadap perubahan kadar air. Tanah ini mempunyai ciri-ciri kembang susut yang besar akibat dari perubahan volume pori yang dapat menimbulkan gaya angkat terhadap konstruksi yang ada sehingga dapat menimbulkan kerusakan pada konstruksi tersebut. Kondisi tanah yang terdapat di kawasan Tanjung Api-Api adalah tanah lempung lunak dan sangat dipengaruhi oleh pasang surut air laut sehingga perubahan kadar air yang selalu terjadi akan mengakibatkan terjadinya perubahan volume pada lapisan tanah lempung, Untuk itu maka perlu diketahui perilaku tanah ekspansif yang terdapat di kawasan ini, terutama memprediksi besarnya daya angkat yang ditimbulkan oleh tanah ekspansif tersebut. Penelitian ini berusaha mengetahui perilaku tanah ekspansif terutama besarnya daya angkat tanah yang terdapat di kawasan Tanjung Api-Api. Pembahasan kajian ini meliputi pengujian indeks properties tanah, identifikasi tanah lempung ekspansif, penentuan kadar air optimum, pengukuran tekanan mengembang, persentase pengembangan dan hubungannya dengan kadar air, serta mencari besarnya total heave tanah. Pengujian dilakukan terhadap tiga kondisi kadar air tanah yang berbeda. Pengambilan sample dilakukan sebanyak tiga kali pada bulan April, Juni dan September. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa pada kondisi kadar air rendah (bulan April) tanah di kawasan Tanjung Api-Api</p>

		mempunyai pesentase pengembangan yang sangat tinggi (>13 %), sementara tinggi daya angkat tanah mencapai 0,09 m, besarnya persentase pengembangan ini menurun seiring bertambahnya kadar air tanah. Dari analisis ini diketahui bahwa tanah di kawasan Tanjung Api-api mempunyai potensi pengembangan dan daya angkat yang sangat tinggi.
	Latar Belakang	Tanah ekspansif umumnya adalah tanah yang mengandung mineral lempung, yang dapat menyebabkan terjadinya perubahan volume yang sangat besar akibat pengaruh perubahan kadar air. Perubahan yang sangat besar ini dapat menyebabkan kerusakan yang serius pada konstruksi, khususnya pada konstruksi ringan dan pavement. Kawasan. Tanjung Api-api merupakan prioritas utama bagi Pemerintahan Propinsi Sumatera Selatan untuk dikembangkan menjadi kawasan pelabuhan yang terdiri dari pelabuhan samudera, pelabuhan barang curah dan pelabuhan penyeberangan. Dengan semakin berkembang-nya kawasan Tanjung Api-api tentu memerlukan infrastuktur sebagai penunjang segala kegiatan di wilayah tersebut. Jenis tanah pada daerah ini umumnya terdiri dari tanah gambut dan lapisan lempung sangat lunak sampai dengan agak kenyal dan sangat dipengaruhi oleh pasang surut sehingga perubahan kadar air yang selalu terjadi akan mengakibatkan terjadinya perubahan volume pada lapisan tanah lempung, untuk itu perlu diketahui perilaku tanah ekspansif yang terdapat di kawasan ini, terutama memprediksi besarnya daya angkat yang ditimbulkan oleh tanah ekspansip tersebut.
	Kesimpulan	1. Dari hasil Identifikasi tanah dengan metode Indeks tunggal dan metode klasifikasi, tanah di kawasan

		<p>Tanjung Api-api merupakan tanah lempung ekspansif dengan potensi pengembangan (swelling potential) sangat tinggi.</p> <p>2. Untuk kondisi tanah asli tanpa pemadatan, semakin rendah pengembangan kadar semakin air tinggi, persentase besarnya persentase pengembangan untuk tanah asli mencapai nilai 13 %, tetapi persentase pengembangan tertinggi terjadi pada tanah dalam kondisi kepadatan maksimum dan kadar optimum, hal ini menunjukkan bahwa besarnya persentase pengembangan selain ditentukan oleh kadar air juga ditentukan oleh kepadatan tanah.</p> <p>3. Hasil pengujian double oedometer menunjukkan tanah lempung ekspansif di kawasan jalan Tanjung Api-api mempunyai daya angkat yang tinggi karena mempunyai nilai tekanan pengembangan (Ps) yang sangat besar mencapai 90 Kpa = 9,1775 ton/m² pada kondisi kadar air rendah (bulan April). Untuk kondisi kepadatan maksimum dan kadar air optimum tekanan pengembangan mencapai nilai 200 kpa</p> <p>4. Tinggi angkatan (total heave) untuk kondisi tanah asli dari keempat lokasi mencapai nilai yang relatif besar yaitu lebih dari 0,09 m.</p>
3	Judul	Potensi Mengembang Tanah Lempung Di Wilayah Kampung Cigintung, Desa Cimuncang, Kecamatan Malausma, Kabupaten Majalengka, Provinsi Jawa Barat
	Penulis	Widya Ika Retnoningtyas, Zufialdi Zakaria, Emi Sukiyah (2017)
	Abstract	Daerah penelitian di wilayah Majalengka, Provinsi Jawa Barat tersusun oleh batuan hasil endapan gunungapi tua (Qtvs), dan Formasi Kaliwangu (Tpkw).

		<p>Hasil pelapukan batuan tersebut berupa tanah lempung dengan potensi mengembang. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat mengembang, dan bahaya yang ditimbulkan dari tanah lempung yang ada di wilayah penelitian berkaitan dengan gerakan tanah yang sering terjadi di wilayah ini. Tingkat potensi mengembang tanah lempung ini dapat dianalisis menggunakan data mekanika tanah, yaitu indeks plastisitas dan persen lempung. Data mekanika tanah tersebut digunakan untuk menghitung nilai aktifitas dari lempung. Berdasarkan klasifikasi skempton nilai aktifitas lempung yang didapat adalah 0,62 sampai 1,35. Jenis mineral lempung Illite dan Monmorilonite (Ca), dan tingkat potensi mengembang tinggi sampai sangat tinggi. Sedangkan berdasarkan klasifikasi Bowles dan Seed menunjukkan nilai aktifitas sebesar 0,79 sampai 1,80, dengan jenis mineral lempung Illite dan Monmorilonite, dan potensi mengembang tanah lempung ini adalah tinggi sampai sangat tinggi.</p>
	<p>Latar Belakang</p>	<p>Tanah adalah material yang selalu berhubungan dengan keteknikan, karena itu tanah sangat perbengaruh terhadap perencanaan wilayah, dan perencanaan konstruksi. Dari berbagai jenis tanah, tanah lempung adalah tanah yang banyak ditemukan dalam masalah keteknikan, karena tanah lempung merupakan tanah yang kohesif. Tanah kohesif adalah kumpulan partikel mineral yang mempunyai indeks plastisitas sesuai dengan batas-batas atterberg, yang pada saat mengering akan membentuk suatu massa tanah yang bersatu sedemikian rupa sehingga dibutuhkan suatu gaya untuk memisahkan setiap butiran miroskopisnya. Tanah pelapukan batulempung mempunyai sifat dan karakteristik yang khas sesuai dengan komposisi</p>

		<p>mineral penyusunnya. Sifat yang dimiliki oleh lempung adalah sifat mengembang (swelling), terutama apabila terdapat air dan mudah hancur apabila terkena udara atau terlapukkan secara fisik berupa lempung yang remuk, pecah berkeping-keping ataupun terutai. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan dan mengetahui potensi mengembang pada tanah lempung dan bahaya yang akan ditimbulkan dari tanah lempung mengembang ini, sedangkan manfaat agar dapat mengetahui sifat kembang (swelling) dari lempung, dan memperkecil bahaya yang akan terjadi dengan adanya tanah lempung ini.</p>
	<p>kesimpulan</p>	<p>Analisis mengenai potensi mengembang tanah lempung di wilayah Kampung Cigintung, Desa Cimuncang, Kecamatan Malausma, Kabupaten Majalengka, Provinsi Jawa Barat ini menggunakan metode klasifikasi Seed, William dan Skempton. Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa tanah lempung yang ada di wilayah ini adalah tanah lempung yang mempunyai potensi mengembang tinggi sampai sangat tinggi. Tanah lempung jenis ini sangat berbahaya jika berada didaerah yang rentan terhadap gerakan tanah. Karena tanah lempung yang berada pada lapisan bagian bawah batuan vulkanik akan menjadi bidang gelincir dan menyebabkan tanah yang ada dibagian atasnya bergerak, pada saat kondisi air banyak atau musim penghujan. Berdasarkan hasil analisis nilai aktifitas yang didapatkan di daerah penelitian ini dengan menggunakan klasifikasi skempton adalah 0,62 sampai 1,35, dengan jenis mineral lempung Illite dan Monmorilonite (Ca), sedangkan berdasarkan klasifikasi Bowles nilai aktifitas sebesar 0,79 sampai 1,80, dengan jenis mineral lempung Illite dan Monmorilonite.</p>

Sumber: Hasil penelitian sebelumnya diolah (2025)

BAB III

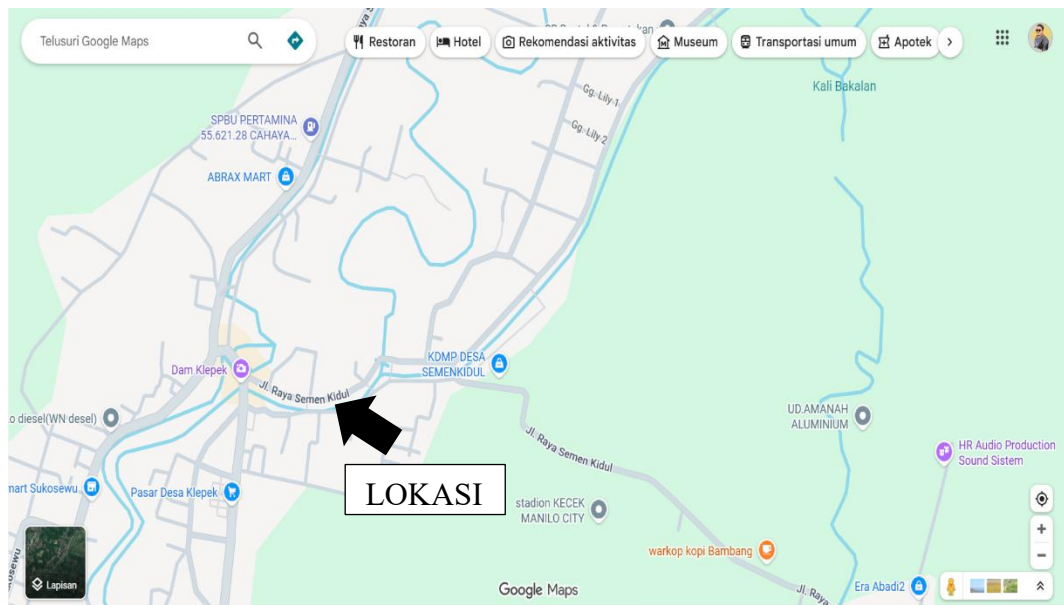
METODE PENELITIAN

3.1 Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan analisis kuantitatif. Proses penelitian diawali dengan pengambilan sampel di lapangan menggunakan bor tangan. Selanjutnya, sampel tersebut diuji di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bojonegoro untuk mengetahui sifat fisik, sifat mekanis, serta karakteristik lainnya sesuai fokus penelitian penulis.

3.2 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di Desa Semenkidul Kecamatan Sukosewu Kabupaten Bojonegoro



Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian

Sumber: Google Earth

3.3 Jenis Data dan Teknik Pengumpulan Data

Penelitian ini dilakukan melalui 2 (dua) tahap yakni tahap pertama yang dimulai dari pengambilan sampel tanah, tahap yang kedua pengujian sampel tanah. Semua tahapan selama pengujian tersebut dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bojonegoro. Berikut ini langkah-langkah penelitiannya.

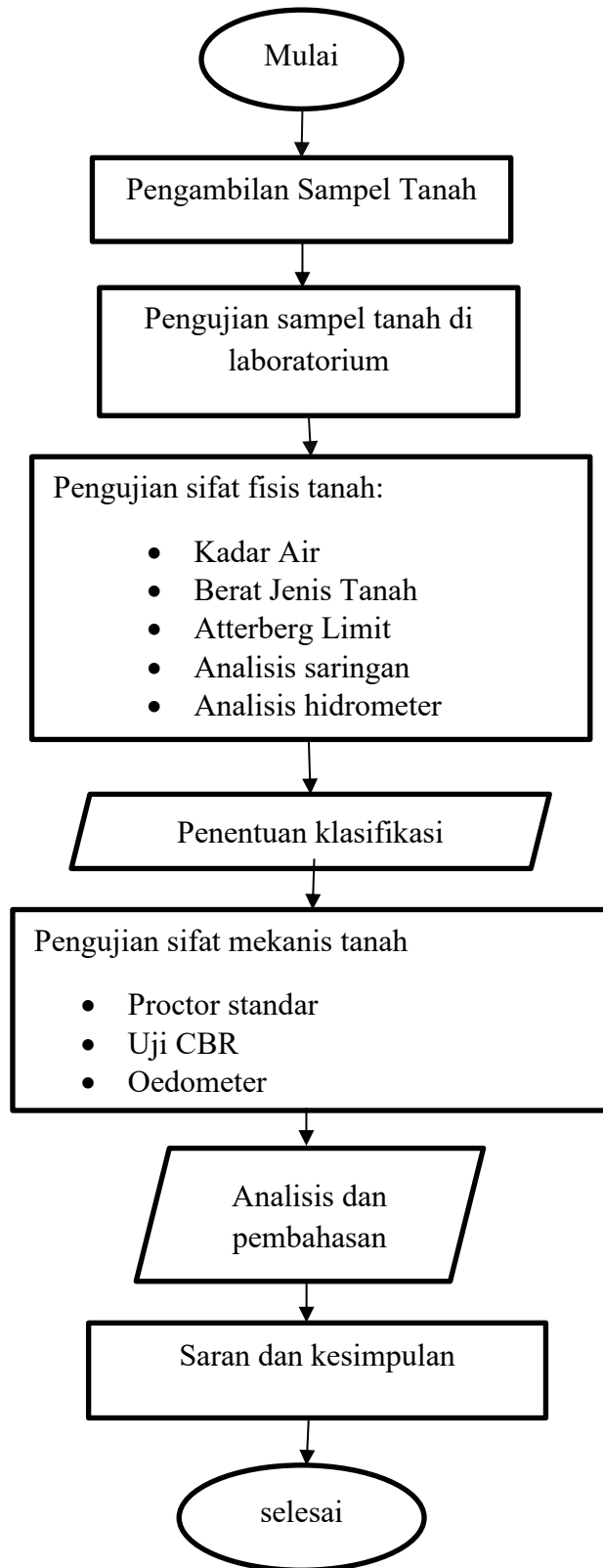
3.4 Analisis Data

Dalam tahap ini, dilakukan proses analisis data untuk menjawab rumusan masalah dalam penelitian. Analisis yang dilakukan untuk menjawab rumusan masalah yaitu:

1. Menentukan karakteristik tanah diuji sifat fisik dan mekanis tanah ?
2. Analisis hasil uji pengembangan (*Swelling*) dan *heave* di oedometer ?
3. Karakteristik hubungan nilai pengembangan (*Swelling*) dan *heave* ?

Sesuai penelitian metode analisis data dilakukan dengan mengetahui sifat fisik dan mekanis tanah lalu dianalisis hubungan antara nilai *swelling* dan total *heave* pada tanah ekspansif tersebut.

Untuk memudahkan tahapan pelaksanaan penelitian, maka dibuat alur tahapan sebagai berikut :



Gambar 3. 2 Diagram alur penelitian

3.5 Pengambilan Sampel Tanah

Sampel tanah yang diambil dari lokasi menggunakan alat Bor Tangan (*Hand Bor*). Bor tangan dilaksanakan dengan menggunakan berbagai macam bor (*Auger*) pada ujung bagian bawah dari serangkaian stang Bor. Bagian atasnya terdiri dari stang berbentuk T untuk memutar stang Bor.

Berikut langkah-langkah pengeboran yang dilaksanakan dan perlu diketahui sebagai berikut:

1. Persiapkan alat pengeboran tanah (*Hand Bor*) di lokasi
2. Kemudian mata bor dimasukan ke tanah agar membuat lubang, dengan memutar stang Bor sesuai dengan yang diinginkan. Peneliti mengambil sampel tanah pada kedalaman 0.5-1 m kebawah.
3. Tarik stang bor keatas
4. Ulangi pekerjaan pada poin b dan c secara berulang sampai mencapai kedalaman 1m.
5. Kemudian tabung bor dimasukkan kedalam lubang tanah da ditekan perlahan-lahan sampai mencapai kedalaman yang diinginkan (40 cm).
6. Langkah selanjutnya yakni pelepasan sampel tanah menggunakan alat pengeluaran benda uji (*extruder*) yang berada di laboratorium.

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Butiran atau Gradasi Tanah

Pengujian butiran atau gradasi tanah adalah pengujian untuk mendapatkan distribusi ukuran partikel tanah. Analisa dilakukan melalui dua teknik. Analisa ukurna butir saringan yang mampu menentukan ukuran partikel mulai dari 0,075mm hingga 100 mm. Setiap kategorisasi butiran yang lebih besar dari 100 mm akan dilakukan secara visual, sedangkan partikel yang lebih kecil dari 0,075 mm dapat di distribusikan menggunakan metode *hydrometer*.

1. Analisa Saringan

Dalam sitem Analisa ini tanah diklasifikasikan menurut ukuran butirannya. Untuk tanak berbutir kasar pembagian ukuran butirannya dapat di lakukan dengan Sieve Analisis/ pengayakan, sedangkan untuk tanah berbutir halus pembagian butirannya dapat dilakukan dengan metode kecepatan penurunan atau pengendapan di dalam air, atau disebut dengan metode mekanis. Dari hasil pengujian Analisis saringan dapat di lihat di bawah ini.

Tabel 4.1 Analisa Saringan

Nomor Saringan	Diameter Lubang Saringan	Berat Tanah Tertahan Saringan	Berat Tanah Tertahan Saringan (%)	Kumulatif Dari Tanah Tertahan (%)	Tanah Yang Lolos Saringan (%)
1	2	3	4	5	6
			$[(3)W] \times 100$		$100 - 5$
4	4,75	0	0.00	0.00	100.00
10	2,00	0.65	3.71	3.71	96.29
20	0,85	1.38	7.87	11.57	88.43
40	0,43	1.99	11.35	22.92	77.08
60	0,3	1.52	8.67	31.58	68.42
140	0,150	7.27	41.45	73.03	26.97
200	0,075	4.48	25.54	98.57	1.43
Pan		0.2	1.14		
Berat Awal = 17.54					
Berat Total $w_1 = 17.49$					

$$\text{Kehilangan selama pengujian} = \frac{w-w_1}{w} \times 100\% = \frac{17.54}{17.49} 100\% \\ = 0.29 < 2\% \text{ (memenuhi syarat)}$$

Sumber : Hasil Pengujian 2025

Berdasarkan data, tanah yang tertahan paling banyak berada pada saringan No. 140 (0,150 mm) dengan 41,45% berat tanah tertahan. Ini menunjukkan bahwa sebagian besar partikel tanah berukuran kecil dan termasuk dalam kategori lanau atau pasir halus. Sementara itu, tidak ada tanah yang tertahan pada saringan No. 4 (4,75 mm),

2. Hidrometer Test

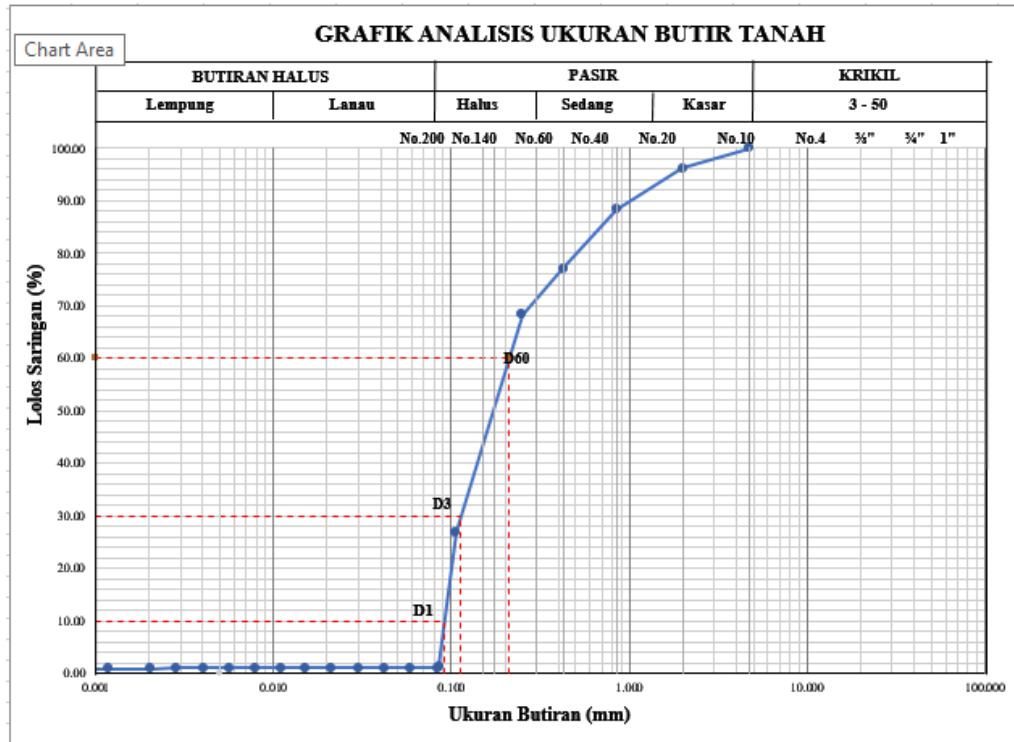
Pada analisis klasifikasi butiran tanah dilakukan dengan cara metode *Hydrometer*, karena tanah ini berukuran relative kecil yaitu lolos *mesh* 200. Metode *Hydrometer* ini sendiri merupakan metode Analisa sedimentasi dimana pembacaan percobaan didapat dari hubungan antar konsentrasi butir sempel yang dapat dibaca pada Menara Hidrometer. Pengujian hidrometer digunakan untuk menentukan distribusi ukuran partikel tanah berbutir halus, seperti lanau dan lempung. Pengujian ini sangat penting dalam klasifikasi tanah karena membantu dalam memahami karakteristik tanah berdasarkan ukuran butirannya, terutama untuk tanah dengan butiran yang lebih kecil dari 0,075 mm

Tabel 4.2 Uji hidrometer

Waktu (Menit) T	Pembacaan Hidrometer R	Koreksi pembacaan rcp	(%) butiran halus	Pembacaan hidrometer aktual rc l	L(mm)	K	D
0,25	48	55	117.38	49	8.3	0.01456	0.0839
0,5	48	55	117.38	49	8.3		0.0593
1	48	55	117.38	49	8.3		0.0419
2	47	54	115.25	48	8.4		0.0298
4	47	54	115.25	48	8.4		0.0211
8	46	53	113.12	47	8.6		0.0151
15	45	52	110.98	46	8.8		0.0112
30	44	51	108.85	45	8.9		0.0079
60	43	50	106.71	44	9.1		0.0057
120	43	50	106.71	44	9.1		0.0040
240	42	49	104.58	43	9.2		0.0029
480	41	48	102.44	42	9.4		0.0020
1440	40	47	100.31	41	9.6		0.0012
2880	40	47	100.31	41	9.6		0.0008

Sumber : Hasil Pengujian 2025

Pada awal pengujian (0.25 menit) sebanyak 117.38% yang masih terapung. Namun seiring waktu, nilai ini terus menurun, hal ini mengindikasikan bahwa partikel mulai mengendap sesuai dengan ukurannya.



Gambar 4. 1 Grafik Analisis Ukuran Butir Tanah

Sumber : Hasil Pengujian 2025

Berdasarkan grafik, tanah ini terdiri dari beberapa fraksi ukuran partikel, yaitu, Gravel (kerikil) sebanyak 0,00%, Sand (pasir) sebanyak dan 98,57% Fines (lanau dan lempung) 15,37% (terdiri dari 10,23% lempung dan 5,14% lanau).

Tabel 4.3 Tabel Analisa Saringan

NO	Hasil Sieve Analysis	Jumlah Butiran
1	Krikil	0.00
2	Pasir	98.57
3	Butiran Halus (Lempung-Lanau)	15.37
4	D60	0.21
5	D30	0.113
6	D10	0.091
7	Coeff. Uniformity (Cu)	0.43
8	Coeff. Gradation(Cc)	5.53

Parameter pasir bergradasi buruk : - $C_u > 6$
 - C_c tidak berada di rentang 1 sampai 3

Sumber : Hasil Pengujian 2025

Grafik analisis ukuran butiran menunjukkan distribusi ukuran partikel dalam suatu sampel, yang biasanya digunakan untuk memahami karakteristik fisik tanah. Grafik ini dapat menampilkan hubungan antara persentase kumulatif massa yang lolos melalui saringan tertentu terhadap ukuran butiran, sehingga memudahkan dalam menentukan parameter. Dari hasil pengujian diketahui nilai pasir sebesar 98.57%, diameter efektif D_{60} sebesar 0.21 %, D_{30} sebesar 0.113 %, D_{10} sebesar 0,091 %, Koefisien keseragaman (C_u) sebesar 0,43 %, dan Koefisien gradasi (C_c) sebesar 5.53 %.

Karena $C_u < 6$ dan C_c tidak berada dalam rentang 1-3, tanah ini tergolong pasir bergradasi buruk (SP). Artinya, distribusi ukuran butiran tidak merata, yang dapat menyebabkan tanah memiliki daya dukung yang rendah dan kurang stabil dalam kondisi tertentu.

4.2 Sifat Fisik Tanah

Sifat fisik tanah merupakan karakteristik utama yang memengaruhi respons tanah terhadap beban dan perubahan lingkungan. Sifat ini mencakup tekstur, kepadatan, kadar air, berat jenis, dan batas Atterberg yang mencerminkan perilaku tanah dalam berbagai kondisi. Tanah ekspansif, yang menjadi fokus dalam penelitian ini, memiliki kemampuan mengembang dan menyusut yang signifikan akibat perubahan kadar air.

1. Uji Kadar Air

Pengujian kadar air tanah asli dilakukan untuk menentukan jumlah air yang terkandung dalam tanah secara alami tanpa mengalami gangguan atau perubahan.

Tabel 4.4 Uji kadar air tanah

<i>Nomor Contoh Kedalaman : 50-1 cm, Satuan : gram (g)</i>			
Nomor Container	1	2	3
1). Berat Container + Tanah Basah (w_1)	62.00	66.62	67.05
2). Berat Container + Tanah Kering (w_2)	50.92	54.74	54.44
3). Berat Air = ($w_1 - w_2$)	11.08	11.88	12.62

4). Berat Container (w_3)	24.52	23.71	24.44
5). Berat Tanah Kering = ($w_3 + w_4$)	26.40	31.03	30.00
6). Kadar Air (w)= $(w_1w_2:w_2 - w_3) \times 100\%$	41.97	38.29	42.03
7). Kadar Air Rata – rata $(w) = (a + b): 2$	40.76		

Sumber : Hasil Pengujian 2025

Kadar air dihitung dengan membandingkan berat air yang menguap selama proses pengeringan dengan berat tanah kering. Dari hasil pengujian, kadar air dari tiga sampel berbeda adalah 41.97%, 38.29%, dan 42.03%, dengan rata-rata kadar air sebesar 40.76%.

2. Berat Jenis

Berat Jenis merupakan perbandingan berat isi tanah dengan berat isi air pada suhu yang tetap. Keberadaan pengujian ini menjadi penting karena besarnya digunakan setiap perhitungan yang berkaitan dengan udara dan air/pori serta butir padat tanah. Untuk mengetahui perbandingan antara berat partikel tanah dengan volume partikel tanah yang bersangkutan. Berat jenis tanah biasanya dilambangkan dengan G_s . Berdasarkan pengujian Berat Jenis yang distandarkan oleh SNI 1964:2008, di dapatkan bahwa tanah ekspansif tersebut memiliki nilai sebesar 2,40.

Tabel 4. 5 Uji Berat Jenis Tanah

Uji Berat Jenis Tanah SNI 1964 : 2008			
Nomor Piknometer	Satuan	41	233
Berat piknometer (W1)	gram	50.3	52.22
Berat Piknometer + air (W2)	gram	149.96	151.68
Berat Piknometer + air + tanah (W3)	gram	164.58	166.31
Berat tanah kering (Ws)	gram	25	25
Temperatur °C	°C	27.9	27.9
Faktor koreksi ($a = gr/g20$)		0.99633	
Berat jenis spesifik (G_s)	gram/cm ³	2.40	2.40
Berat jenis rata rata (G_s)	gram/cm ³	2.40	

Sumber : Hasil Pengujian 2025

Berdasarkan hasil akhir berat jenis tanah sebesar 2,40 untuk kedua sampel. Nilai ini menunjukkan bahwa tanah yang diuji memiliki karakteristik material yang umum ditemukan pada jenis tanah lempung atau lanau dengan kandungan mineral yang cukup tinggi. Faktor koreksi suhu juga diperhitungkan dengan nilai 0,99633, yang menunjukkan bahwa hasil yang diperoleh sudah dikoreksi terhadap standar suhu referensi untuk meningkatkan akurasi pengujian. Rata-rata berat jenis tanah dari kedua sampel tersebut adalah 2.40

3. Atterberg Limit

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui sifat konsistensi tanah berbutir halus pada kadar air yang bervariasi. Pengujian ini di gunakan untuk menentukan batas – batas konsistensi tanah, terutama untuk tanah berbutir halus seperti lempung. batas konsistensi yang dilakukan meliputi : Pengujian batas cair, batas plastis dan batas susut.

a. Batas cair (*Liquid Limit*)

Batas Cair tanah adalah kadar air minimum di mana sifat suatu tanah berubah dari keadaan cair menjadi plastis. Besaran batas cair digunakan untuk menentukan sifat dan klasifikasi tanah.

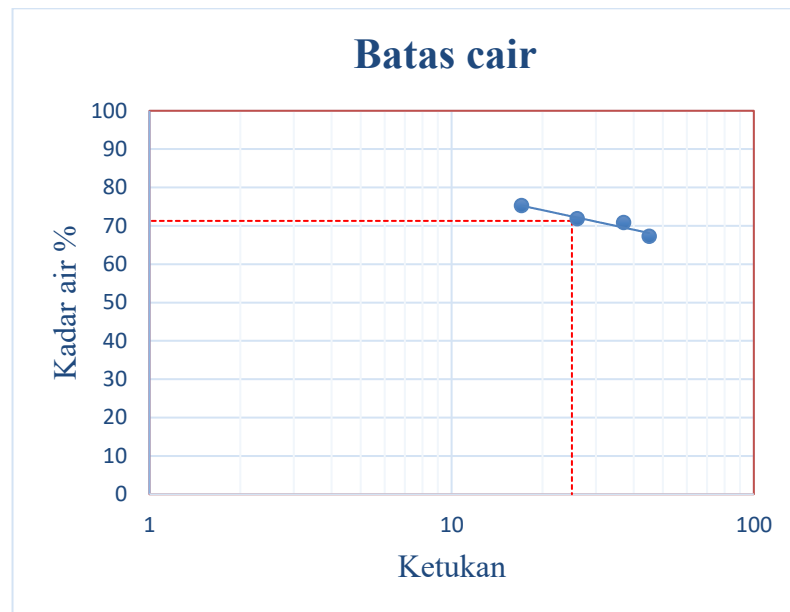
Tabel 4.6 Batas cair

Liquid Limit (LL)					
SNI 1976 : 2008					
No. cawan		1	2	3	4
Banyak ketukan		17	26	37	45
Berat cawan	gram	14.16	14.98	14.15	14.42
Berat cawan + contoh basah (A)	gram	37.78	36.97	35.3	34.19
Berat cawan + contoh kering (B)	gram	27.64	27.78	26.53	26.24
Berat air	gram	10.14	9.19	8.77	7.95
Berat contoh kering	gram	13.48	12.8	12.38	11.82
Kadar air	%	75.22	71.80	70.84	67.26

Sumber : Hasil Pengujian 2025

Sesuai dengan perhitungan pada tabel diatas pukulan ke 17 mendapatkan nilai kadar air 75,22 %, Pukulan ke 26 mendapatkan 71,80%, pukulan ke 37 mendapatkan nilai 70,84% dan pukulan ke 45 mendapatkan nilai 67,26%

Pola yang ditampilkan dalam grafik ini membantu dalam menganalisis distribusi kelembaban tanah dan menentukan karakteristik hidrogeologinya. Grafik dibawah menunjukkan nilai kadar air yang sesuai dengan 25 pukulan. Dari grafik, dapat diinterpretasikan bahwa kadar air pada batas cair tanah ini berkisar di sekitar 71.28%. Nilai ini menunjukkan bahwa tanah memiliki karakteristik plastisitas yang tinggi, yang umumnya ditemukan pada tanah lempung atau tanah dengan kandungan mineral lempung yang signifikan.



Gambar 4.2 Grafik Batas Cair

Sumber : Hasil Pengujian 2025

b. Batas Plastis

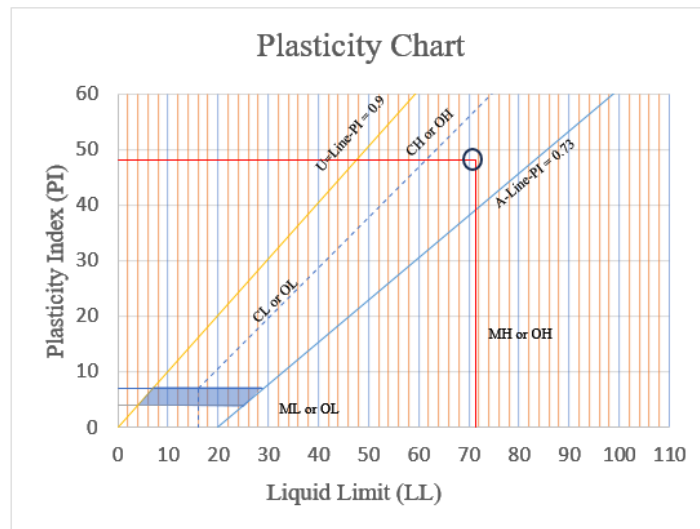
Maksud dari pengujian ini adalah untuk menentukan kadar air pada kondisi batas plastis. Pengujian ini dilakukan untuk menentukan Kadar air di mana tanah mulai berubah dari kondisi semi-plastis menjadi rapuh. Batas plastis adalah kadar air minimum suatu sampel tanah dalam keadaan plastis. Batas Plastis dihitung berdasarkan persentasi berat air terhadap berat tanah kering pada benda uji. Dari hasil pengujian daidapatkan nilai sebesar 23.14 %. Dengan didapatnya nilai batas cair dan batas plastis maka akan didapatkan nilai indeks plastisitas tanah dengan persamaan berikut:

Tabel 4.7 Batas plastis

Plastic Limit (PL)
SNI 1966 : 2008

No. cawan		1	2
Berat cawan	gram	23.64	23.67
Berat cawan + contoh basah (A)	gram	53.64	54.61
Berat cawan + contoh kering (B)	gram	47.47	49.37
Berat air	gram	6.17	5.24
Berat contoh kering	gram	23.83	25.7
Kadar air	%	25.89	20.39
Rata-Rata	%	23.14	

Sumber : Hasil Pengujian 2025



Gambar 4. 3 Grafik Plasticity

Sumber : Hasil Pengujian 2025

c. IP (Indeks Plastis)

Pengujian ini dilakukan untuk Menunjukkan rentang kadar air di mana tanah berada dalam keadaan plastis dengan mengacu pada SNI 6371 Tahun 2015 dengan perhitungan sebagai berikut :

$$PI = LL - PL = 48.14 \%$$

Tabel 4.8 Indeks Plastisitas

LL	PL	PI
71.28	23.14	48.14

Sumber : Hasil Pengujian 2025

Dari hasil pengujian nilai PI sebesar 48,14 %, yaitu memiliki nilai yang tinggi dan dapat disimpulkan bahwa tanah tersebut mengandung lempung yang tinggi/ tanah ekspansif.

d. Batas Susut (*Shrinkage Limit*)

Batas susut digunakan untuk mengukur kadar air pada titik dimana tanah beralih dari kondisi semi padat menjadi padat. Hasil pengujian menunjukkan shrinkage limit tanah sebesar 25,90 %, menandakan bahwa tanah tersebut memiliki potensi penyusutan yang cukup tinggi saat kehilangan kadar air.

Tabel 4.9 Shrinkage Limit (SL)

<i>Shrinkage Limit (SL)</i>				
SNI 3422 : 2008				
Nomor percobaan		1	2	3
Berat cawan	gram	69.16	50.94	56.71
Berat cawan + contoh tanah basah	gram	93.47	80.45	82.84
Berat cawan + contoh tanah kering	gram	82.67	67.78	73.8
Berat air	gram	10.8	12.67	9.04
Berat contoh tanah basah (Ww)	gram	24.31	29.51	26.13
Berat contoh tanah kering (Wo)	gram	13.51	16.84	17.09
Volume contoh tanah basah (V)	cm ³	15.75	19.2	15.53
Volume contoh tanah kering (Vo)	cm ³	5.92	7.90	6.76
Kadar air awal atau semula (w)	%	79.94	75.24	52.90
Berat jenis	-	0.09	0.08	0.15
Rasio susut (R)	%	2.28	2.13	2.53
Batas susut (S)	%	7	8	2
Perubahan volume (VC)	%	166	144	130
Susut linier (LS)	%	27.83	25.68	24.21
Rata - rata	%	25.90		

Sumber : Hasil Pengujian 2025

Hasil uji batas susut pada tiga sampel tanah dalam tabel di atas, diperoleh nilai susut linier (LS) masing-masing sebesar 27,83% (sampel 1), 25,68% (sampel 2), dan 24,21% (sampel 3), dengan nilai rata-rata 25.90%. Nilai susut linier ini menunjukkan sejauh mana perubahan volume tanah akibat pengeringan dan hilangnya kadar air. Semakin tinggi nilai susut linier, semakin besar perubahan dimensi tanah saat mengalami penyusutan, yang dapat berdampak pada stabilitas tanah dalam konstruksi. Dengan nilai rata-rata 25.90%, tanah dalam uji ini termasuk dalam kategori tanah dengan potensi susut yang tinggi, yang berisiko mengalami retak atau perubahan volume yang signifikan saat kadar airnya berkurang.

Tabel 4. 10 Klasifikasi USCS

LL	PL	PI	SL
71.28	23.14	48.14	25.90

Sumber : Hasil Pengujian 2025

e. Free Swelling

Free Swelling adalah metode laboratorium yang digunakan untuk mengukur potensi pengembangan tanah ketika menyerap air. Berikut adalah tabel hasil pengujian *free swelling*, yang mencantumkan nilai pengembangan tanah dalam persen berdasarkan pengujian laboratorium.

Tabel 4. 11 Free Swelling

Free Swelling	
Volume Awal	20
Volume Akhir	40
Free Swelling Indeks $FSI = \frac{(v_d - v_k)}{v_k} \times 100$	100

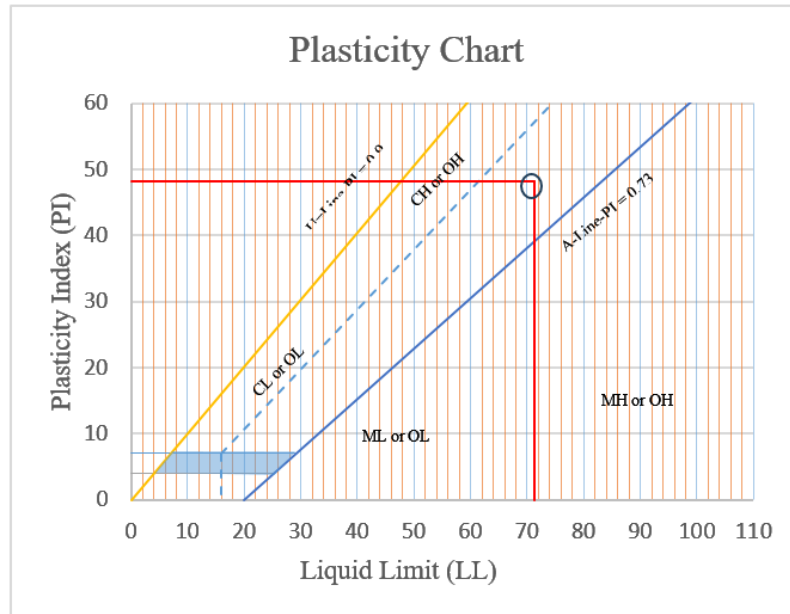
Sumber : Hasil Pengujian 2025

4.3 Klasifikasi Tanah

Klasifikasi tanah adalah pengelompokan berbagai jenis tanah ke dalam kelompok yang sesuai dengan karakteristiknya. Sistem klasifikasi ini menjelaskan secara singkat sifat-sifat umum tanah yang sangat bervariasi namun tidak ada yang benar-benar memberikan penjelasan yang tegas mengenai kemungkinan pemakainya (Das, 1995).

1. Klasifikasi USCS

Klasifikasi tanah merupakan proses pengelompokan berbagai jenis tanah berdasarkan karakteristiknya. Sistem klasifikasi USCS (Unified Soil Classification System) digunakan untuk mengategorikan tanah berdasarkan ukuran butiran serta sifat plastisitasnya. Sifat plastisitas tanah dapat ditentukan melalui pengujian Atterberg limit, di mana hasil pengujian menunjukkan bahwa tanah memiliki Liquid Limit (LL) sebesar 71,28% dan Plasticity Index (PI) sebesar 48.14%.



Gambar 4. 4 Grafik Casagrande Plasticity

Sumber : Hasil Perhitungan 2025

Tanah tersebut termasuk dalam kategori lempung anorganik dengan plastisitas tinggi atau Lempung gemuk (*Flat Clay*) dan masuk dalam kategori CH (*Clay of High Plasticity*).

2. Teori Seed At al

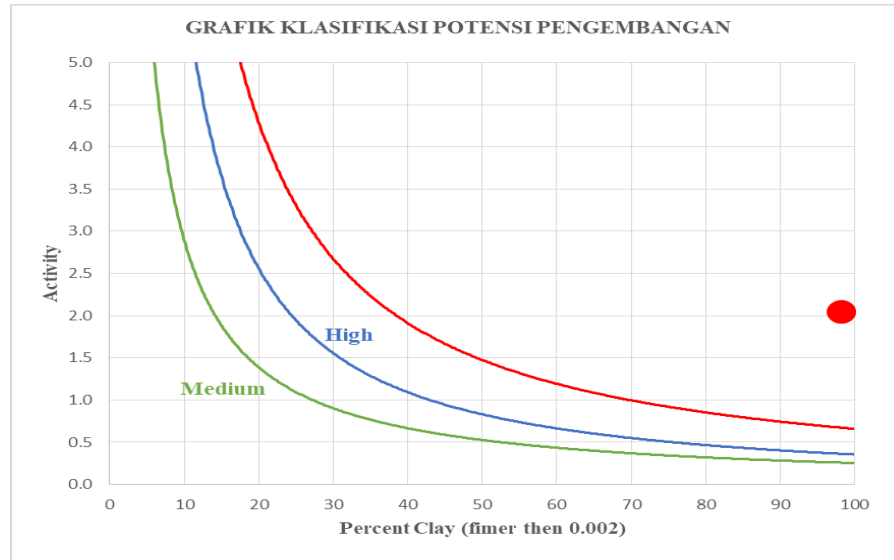
Teori Seed et al berkaitan dengan perilaku tanah ekspansif, khususnya dalam konteks konsolidasi dan pemadatan tanah lempung. Berdasarkan teori ini, tanah ekspansif memiliki kecenderungan untuk mengalami perubahan volume yang signifikan akibat fluktuasi kadar air, yang berpotensi menimbulkan kerusakan struktural pada bangunan di atasnya. Menurut Seed et al., tanah ekspansif memiliki potensi mengembang dan menyusut yang signifikan akibat perubahan kadar air, yang dapat menyebabkan kerusakan struktural pada bangunan di atasnya. Teori ini menekankan pentingnya memahami sifat mekanis tanah, seperti tekanan pengembangan dan perubahan volume akibat siklus basah-kering, untuk merancang solusi perbaikan tanah yang efektif.

Oleh karena itu, pemahaman terhadap sifat mekanis tanah, seperti tekanan pengembangan serta perubahan volume akibat siklus basah-kering, menjadi faktor krusial dalam perancangan metode perbaikan tanah yang tepat guna.

Tabel 4. 12 Nilai Activity

PI	Fraksi Lempung	Nilai Tingkat Keaktifan	Potensi Pengembangan
48.14	98.27	2.04	sangat tinggi

Sumber : Hasil Perhitungan 2025



Gambar 4. 5 Grafik klasifikasi potensi pengembangan

Sumber : Hasil Perhitungan 2025

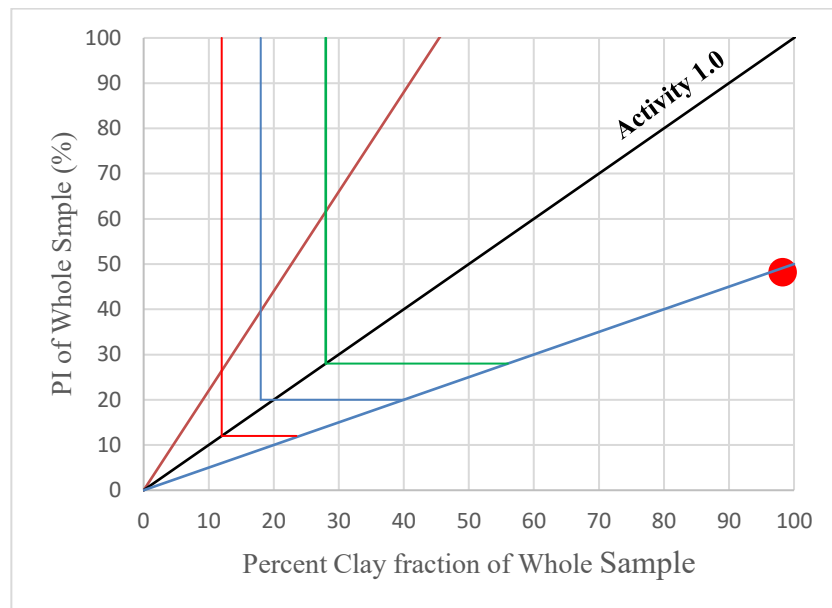
Nilai indeks plastisitas tanah sebesar 48,14% mengindikasikan bahwa tanah memiliki tingkat plastisitas yang sangat tinggi. Selain itu, fraksi lempung yang mencapai 98,27% menunjukkan dominasi partikel lempung dalam komposisi tanah, yang memiliki kemampuan tinggi dalam menyerap air. Tingkat keaktifan tanah sebesar 2,04. Yang termasuk dalam kategori sangat tinggi.

3. Teori Van de Merwe

Teori Van Der Merwe merupakan pendekatan yang digunakan untuk memperkirakan potensi pengembangan tanah ekspansif berdasarkan kandungan mineral lempung, kadar air, dan indeks plastisitas tanah. Van Der Merwe mengembangkan diagram empiris yang dapat digunakan untuk mengklasifikasikan tanah ekspansif berdasarkan indeks aktivitasnya, sehingga membantu dalam perencanaan serta mitigasi risiko terhadap bangunan dan infrastruktur yang didirikan di atas tanah tersebut. Dalam hal ini, tanah memiliki fraksi lempung

Gambar 4. 6 Grafik Teori Van De Merwe

sebesar 98,27% serta indeks plastisitas (PI) sebesar 48,14%, sehingga menunjukkan bahwa potensi pengembangannya tergolong sangat tinggi



Gambar 4. 7 Grafik Teori Van De Merwe

Sumber : Hasil Perhitungan 2025

4.4 Sifat Mekanis Tanah

Pengujian sifat mekanis tanah bertujuan untuk mengetahui bagaimana tanah bereaksi terhadap beban dan tekanan. Sifat mekanis tanah ekspansif mencakup berbagai parameter yang menentukan respons tanah terhadap beban dan perubahan lingkungan. Salah satu sifat mekanis utama adalah daya dukung tanah, yang menunjukkan kemampuan tanah dalam menahan beban tanpa mengalami deformasi berlebihan. Tanah ekspansif cenderung memiliki daya dukung yang rendah akibat perubahan volume yang signifikan ketika mengalami siklus basah dan kering.

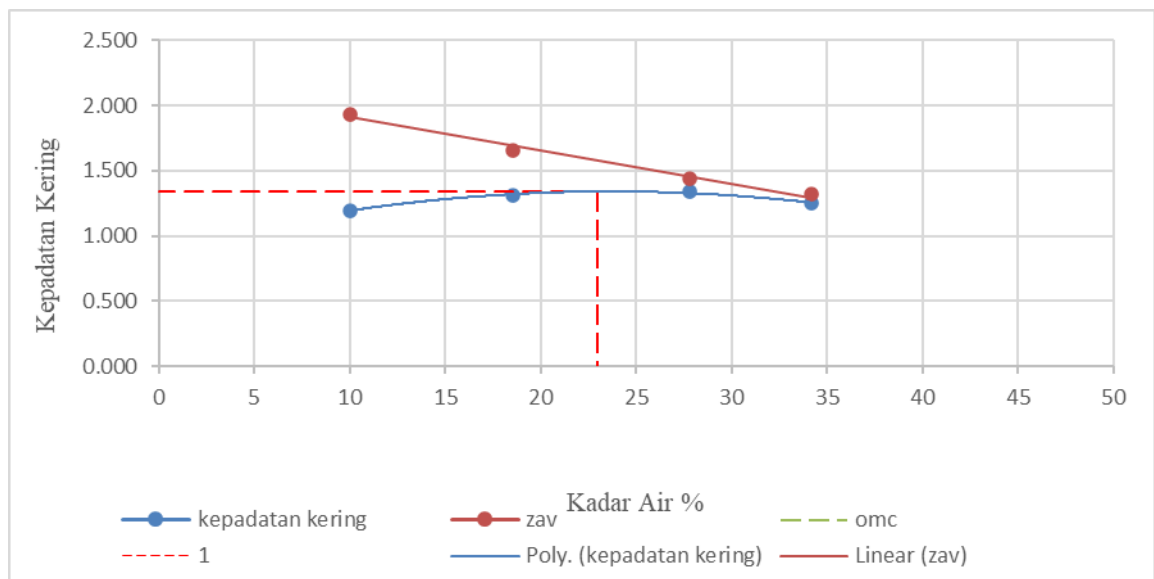
1. Pengujian Proctor Standar

Pemadatan (Compaction) adalah proses naiknya kerapatan tanah dengan memperkecil jarak antar partikel sehingga terjadi reduksi volume udara, tidak terjadi perubahan volume air yang cukup berarti pada tanah ini.

Tabel 4. 13 Pengujian Proctor Standar

UJI KEPADATAN RINGAN (PROCTOR STANDART)													
SNI 1742 : 2008													
Proctor Test													
No Mould	-	1			2			3			4		
Massa Mould	gram	3535			3535			3535			3535		
Massa Tanah Basah + Mould	gram	4772			4994			5143			5110		
Massa Tanah Basah, Wwet	gram	1237			1459			1608			1575		
Volume Mould	cm ³	939.493			939.493			939.493			939.493		
Kepadatan Basah	gr/cm ³	1.317			1.553			1.712			1.676		
Kadar Air													
No. Container	-	88	M.60	N.57	B.28	M.1	N.18	N.53	N.04	26	N.10	N.13	1
Massa tanah Basah + Container	gram	56.65	57.26	60.89	42.84	43.65	42.6	45.9	46.73	54.24	45.62	46.22	48.06
Massa Tanah Kering + Container	gram	52.92	53.44	56.56	38.65	39.16	37.95	39.38	39.92	45.01	37.72	38.11	39.51
Massa Air	gram	3.73	3.82	4.33	4.19	4.49	4.65	6.52	6.81	9.23	7.9	8.11	8.55
Massa Container	gram	15.17	14.97	14.11	14.99	14.58	14.39	15.03	14.54	14.1	14.33	14.74	14.42
Massa Tanah Kering	gram	37.75	38.47	42.45	23.66	24.58	23.56	24.35	25.38	30.91	23.39	23.37	25.09
Kadar Air	%	9.88	9.93	10.20	17.71	18.27	19.74	26.78	26.83	29.86	33.78	34.70	34.08
Kadar Air Rata - Rata	%	10.00			18.57			27.82			34.19		
Penentuan Kepadatan													
Massa tanah basah, Wwet	gram	1237			1459			1608			1575		
Kadar air rata - rata	%	10.00			18.57			27.82			34.19		
Massa tanah kering	gram	1124.508			1230.487			1257.989			1173.753		
Volume mould	cm ³	939.493			939.493			939.493			939.493		
Kepadatan kering	gram/cm ³	1.197			1.310			1.339			1.249		
$\gamma_w = G_s / (1 + (w/100)) \cdot G_s$	gram/cm ³	1.936			1.660			1.439			1.319		

Sumber : Hasil Perhitungan 2025



Gambar 4. 8 Grafik Uji Kepadatan Ringan

Sumber : Hasil Perhitungan 2025

Dari Hasil pengujian dapat dilihat Kepadatan kering Meningkat Lalu Menurun Terlihat bahwa kepadatan basah meningkat seiring dengan penambahan air hingga di penambahan air sebanyak 800ml (32% dari berat tanah)., Kepadatan Kering Maksimum: Dari data, kepadatan kering tertinggi adalah 1,339 gr/cm³ pada

kadar air 600 ml (24% dari berat tanah). Ini adalah γ_d max. Kadar air optimum adalah 24%, di mana kepadatan kering maksimum tercapai.

2. CBR (*California Bearing Ratio*)

Pengujian CBR dimaksudkan untuk menentukan kekuatan tanah atau campuran agregat yang dipadatkan pada kadar air tertentu. Uji ini dikembangkan oleh California State Highway Departement, Amerika Serikat, 1930. CBR (*California Bearing Ratio*) adalah pengujian untuk menentukan daya dukung tanah, suatu perbandingan antara beban percobaan (*test load*) dengan beban standar (*standard load*) dan dinyatakan dalam persentase. Dalam Pengujian CBR laboratorium ada 2 cara yaitu tanpa rendaman (*Unsoaked*) dan rendaman (*Soaked*).

Berikut merupakan data yang didapat peneliti

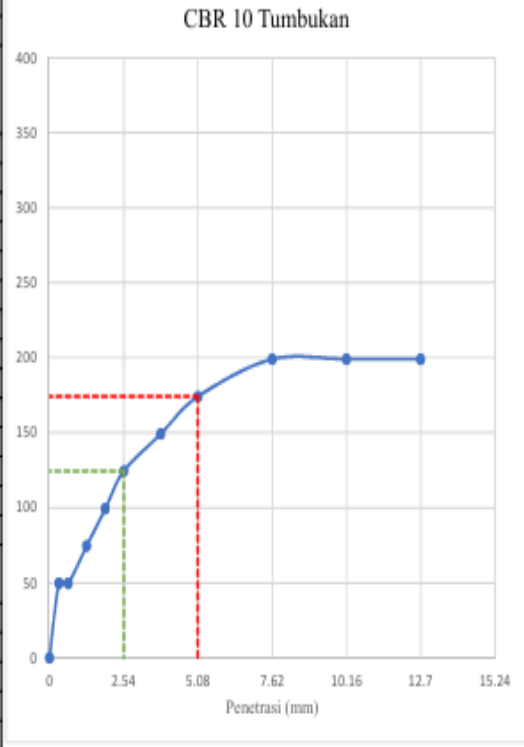
1. Cbr Unsoaked

CBR tanpa rendaman (*unsoaked*) adalah metode pengujian kekuatan tanah dengan cara membandingkan penetrasi piston pada tanah yang dipadatkan dengan alat pengujian CBR tanpa merendam sampel tanah dalam air terlebih dahulu. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui daya dukung tanah dalam kondisi kering atau belum terpengaruh oleh kondisi jenuh air.

a. Pengujian CBR Tanpa Rendaman 10 Tumbukan

Tabel 4. 14 CBR Unsoaked 10 Tumbukan

CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)					
SNI 1774 : 2012					
Kadar air			Densitas, No Cetakan		
Massa Tanah Basah + Cawan, g	39.21		Massa Benda Uji + Cetakan, g	11294	
Massa Tanah Kering + Cawan, g	33.03		Massa Cetakan, g	7546	
Massa air, g	6.18		Massa Benda Uji Basah, g	3748	
Massa cawan, g	14.57		Isi Cetakan, cm ³	2122	
Massa Tanah Kering, g	18.46		Densitas Basah (p), g/cm ³	1.77	
Kadar air (w), %	33.48		Densitas Kering (pd), g/cm ³	1.32	
Kalibrasi Poving Ring, K = 0,20082			49.77 (lb)		
Waktu (menit)	Penetrasi		Pembacaan Arloji Ukur Beban	Bahan Penetrasi = Pembacaan Arloji ukur beban x k	
	mm	in		Devisi	Kn
0	0	0	0	0	0
1/4	0.32	0.013	1	0.20082	49.8
1/2	0.64	0.025	1	0.20082	49.8
1	1.27	0.05	1.5	0.30123	74.7
1 1/2	1.91	0.075	2	0.40164	99.5
2	2.54	0.1	2.5	0.50205	124.4
3	3.81	0.15	3	0.60246	149.3
4	5.08	0.2	3.5	0.70287	174.2
6	7.62	0.3	4	0.80328	199.1
8	10.16	0.4	4	0.80328	199.1
10	12.7	0.5	4	0.80328	199.1
Nilai CBR, %					
2,54 mm			0,10 in		
$\frac{0.50205}{13} \times 100$			$\frac{124.4}{3000} \times 100$		
= 3.86 mm			= 4.15 %		
5,08 mm			0,20 in		
$\frac{0.70287}{20.02} \times 100$			$\frac{174.2}{4500} \times 100$		
= 3.51 mm			= 3.87 %		



Tumbukan 10

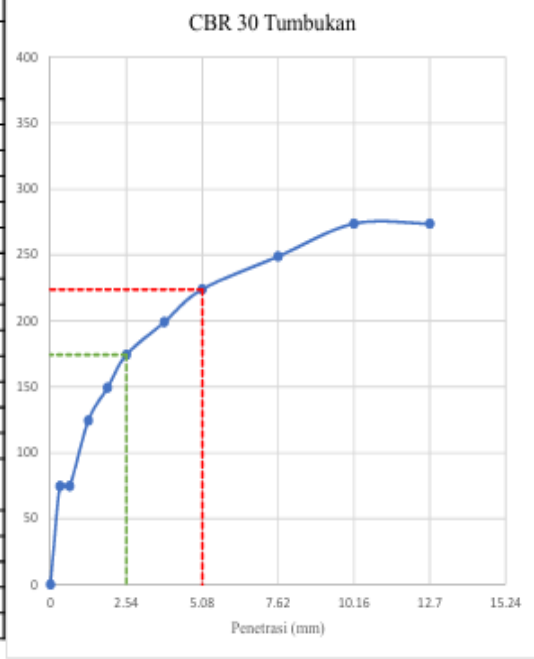
Sumber : Hasil Penelitian, 2025

Hasil dari pengujian California Bearing Ratio (CBR) Unsoaked dengan 10 tumbukan per lapis, pada penetrasi 2,54 mm mendapatkan nilai 4,15 % dan pada penetrasi 5,08 mendapatkan nilai 3.87 %.

b. Pengujian CBR Tanpa Rendaman 30 Tumbukan

Tabel 4. 15 CBR Unsoaked 30 Tumbukan

CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)					
SNI 1774 : 2012					
Kadar air			Densitas, No Cetakan		
Massa Tanah Basah + Cawan, g			37.04	Massa Benda Uji + Cetakan, g	11233
Massa Tanah Kering + Cawan, g			31.75	Massa Cetakan, g	7363
Massa air, g			5.29	Massa Benda Uji Basah, g	3870
Massa cawan, g			14.52	Isi Cetakan, cm ³	2122
Massa Tanah Kering, g			17.23	Densitas Basah (p), g/cm ³	1.82
Kadar air (w), %			30.70	Densitas Kering (pd), g/cm ³	1.40
Kalibrasi Poving Ring, K = 0,20082			49.77 lb		
Waktu (menit)	Penetrasi		Pembacaan Arloji Ukur Beban	Bahan Penetrasi = Pembacaan Arloji ukur beban x k	
	mm	in		Kn	lb
0	0	0	0	0	0
1/4	0.32	0.013	1.5	0.30123	74.7
1/2	0.64	0.025	1.5	0.30123	74.7
1	1.27	0.05	2.5	0.50205	124.4
1 1/2	1.91	0.075	3	0.60246	149.3
2	2.54	0.1	3.5	0.70287	174.2
3	3.81	0.15	4	0.80328	199.1
4	5.08	0.2	4.5	0.90369	224.0
6	7.62	0.3	5	1.0041	248.9
8	10.16	0.4	5.5	1.10451	273.7
	12.7	0.5	5.5	1.10451	273.7
Nilai CBR, %					
2,54 mm			0,10 in		
	0.7	x 100		174.2	x 100
	13			3000	
=	5.41	mm	=	5.81	%
5,08 mm			0,20 in		
	0.9	x 100		224.0	x 100
	20.02			4500	
=	4.51	mm	=	4.98	%



Sumber : Hasil Penelitian, 2025

Hasil dari pengujian California Bearing Ratio (CBR) Unsoaked dengan 30 tumbukan per lapis, pada penetrasi 2,54 mm mendapatkan nilai 5,81 % dan pada penetrasi 5,08 mm mendapatkan nilai 4,98 %.

c. Pengujian CBR Tanpa Rendaman 65 Tumbukan

Tabel 4. 16 CBR Unsoaked 65 Tumbukan

CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)					
SNI 1774 : 2012					
Kadar air			Densitas, No Cetakan		
Massa Tanah Basah + Cawan, g			Massa Benda Uji + Cetakan, g		
37.42			11448		
Massa Tanah Kering + Cawan, g			Massa Cetakan, g		
31.44			7863		
Massa air, g			Massa Benda Uji Basah, g		
5.98			3585		
Massa cawan, g			Isi Cetakan, cm ³		
15.01			2122		
Massa Tanah Kering, g			Densitas Basah (p), g/cm ³		
16.43			1.69		
Kadar air (w), %			Densitas Kering (pd), g/cm ³		
36.40			1.24		
Kalibrasi Poving Ring, K = 0,20082			49.77 lb		
Waktu (menit)	Penetrasi		Pembacaan Arloji Ukur Beban	Bahan Penetrasi = Pembacaan Arloji ukur beban x k	
	mm	in		Kn	lb
0	0	0	0	0	0
1/4	0.32	0.013	1	0.20082	49.8
1/2	0.64	0.025	2	0.40164	99.5
1	1.27	0.05	3	0.60246	149.3
1 1/2	1.91	0.075	4	0.80328	199.1
2	2.54	0.1	5	1.0041	248.9
3	3.81	0.15	5.5	1.10451	273.7
4	5.08	0.2	6	1.20492	298.6
6	7.62	0.3	7	1.40574	348.4
8	10.16	0.4	7	1.40574	348.4
10	12.7	0.5	7.5	1.50615	373.3
Nilai CBR, %					
2,54 mm			0,10 in		
$\frac{1.0041}{13} \times 100$			$\frac{248.9}{3000} \times 100$		
= 7.72 mm			= 8.30 %		
5,08 mm			0,20 in		
$\frac{1.20492}{20.02} \times 100$			$\frac{298.6}{4500} \times 100$		
= 6.02 mm			= 6.64 %		

Penetrasi (mm)	CBR (%)
0	0
0.32	49.8
0.64	99.5
1.27	149.3
1.91	199.1
2.54	248.9
3.81	273.7
5.08	298.6
7.62	348.4
10.16	348.4
12.7	373.3

Tumbukan 65

Sumber : Hasil Penelitian, 2025

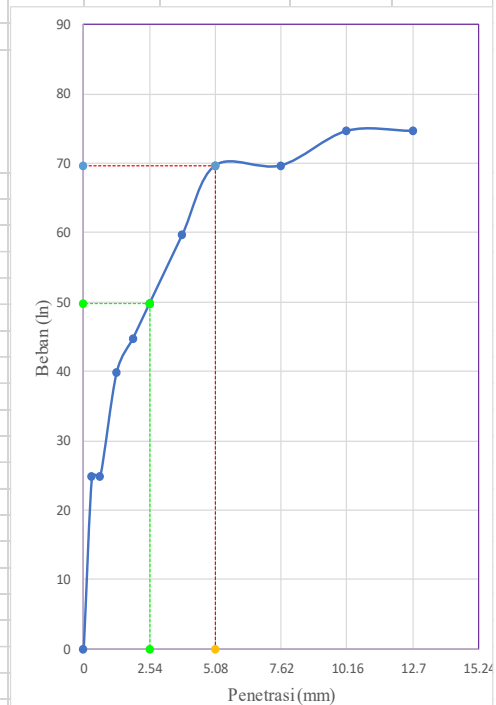
Hasil dari pengujian California Bearing Ratio (CBR) Unsoaked dengan 65 tumbukan per lapis, pada penetrasi 2,54 mm mendapatkan nilai 8,30 % dan pada penetrasi 5,08 mendapatkan nilai 6,64 %.

2. CBR Soaked

a. Pengujian CBR Rendaman 10 Tumbukan

Tabel 4. 17 CBR Unsoaked 10 Tumbukan

CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)						
SNI 1774 : 2012						
			Sebelum direndam	Setelah direndam		
Kadar air					Sebelum direndam	Setelah direndam
Massa Tanah Basah + Cawan, g			38.09	38.26	Massa Benda Uji + Cetakan, g	
Massa Tanah Kering + Cawan, g			32.97	32.05	Massa Cetakan, g	
Massa air, g			5.12	6.21	Massa Benda Uji Basah, g	
Massa cawan, g			14.07	12.41	Isi Cetakan, cm ³	
Massa Tanah Kering, g			18.90	19.64	Densitas Basah (p), g/cm ³	
Kadar air (w), %			27.09	31.62	Densitas Kering (pd), g/cm ³	
Kalibrasi Poving Ring, K = 0,20082			49.77	lb		
Waktu (menit)	Penetrasi		Pembacaan Arloji Ukur Beban	Bahan Penetrasi = Pembacaan Arloji ukur beban x k		
	mm	in		Devisi	Kn	lb
0	0	0	0	0	0	
1/4	0.32	0.013	0.5	0.1004	24.885	
1/2	0.64	0.025	0.5	0.1004	24.885	
1	1.27	0.05	0.8	0.1607	39.816	
1 1/2	1.91	0.075	0.9	0.1807	44.793	
2	2.54	0.1	1	0.2008	49.770	
3	3.81	0.15	1.2	0.2410	59.724	
4	5.08	0.2	1.4	0.2811	69.678	
6	7.62	0.3	1.4	0.2811	69.678	
8	10.16	0.4	1.5	0.3012	74.655	
10	12.7	0.5	1.5	0.3012	74.655	
Nilai CBR, %						
2,54 mm			0,10 in			
	0.2008	x 100		49.770	x 100	
	13			3000		
	=	1.54%		=	1.66%	
5,08 mm			0,20 in			
	0.2811	x 100		69.678	x 100	
	20.02			4500		
	=	1.40%		=	1.55%	



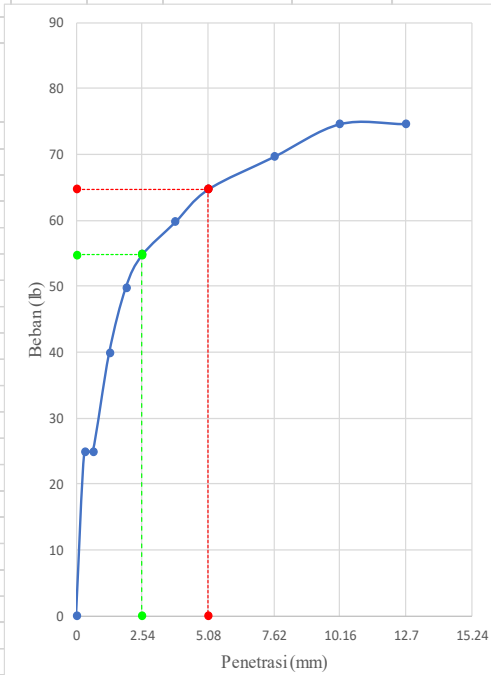
Sumber : Hasil Penelitian, 2025

Hasil dari pengujian California Bearing Ratio (CBR) Soaked dengan 10 tumbukan per lapis, pada penetrasi 2,54 mm mendapatkan nilai 1,66 % dan pada penetrasi 5,08 mendapatkan nilai 1,55 %.

b. Pengujian CBR Rendaman 30 Tumbukan

Tabel 4. 18 CBR Unsoaked 30 Tumbukan

CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)						
SNI 1774 : 2012						
Kadar air			Sebelum direndam	Setelah direndam	Densitas, No Cetakan	
			Sebelum direndam	Setelah direndam	Sebelum direndam	Setelah direndam
Massa Tanah Basah + Cawan, g			39.42	37.88	Massa Benda Uji + Cetakan, g	
Massa Tanah Kering + Cawan, g			33.60	32.40	Massa Cetakan, g	
Massa air, g			5.82	5.48	Massa Benda Uji Basah, g	
Massa cawan, g			14.48	14.59	Isi Cetakan, cm ³	
Massa Tanah Kering, g			19.12	17.81	Densitas Basah (p), g/cm ³	
Kadar air (w), %			30.44	30.77	Densitas Kering (pd), g/cm ³	
Kalibrasi Poving Ring, K = 0,20082			49.77 lb			
Waktu (menit)	Penetrasi		Pembacaan Arloji Ukur Beban	Bahan Penetrasi = Pembacaan Arloji ukur beban x k		
	mm	in		Kn	lb	
0	0	0	0	0	0	
1/4	0.32	0.013	0.5	0.1004	24.885	
1/2	0.64	0.025	0.5	0.1004	24.885	
1	1.27	0.05	0.8	0.1607	39.816	
1 1/2	1.91	0.075	1	0.2008	49.770	
2	2.54	0.1	1.1	0.2209	54.747	
3	3.81	0.15	1.2	0.2410	59.724	
4	5.08	0.2	1.3	0.2611	64.701	
6	7.62	0.3	1.4	0.2811	69.678	
8	10.16	0.4	1.5	0.3012	74.655	
10	12.7	0.5	1.5	0.3012	74.655	
Nilai CBR, %						
2,54 mm			0,10 in			
	0.2209	x 100		54.747	x 100	
	13			3000		
	=	1.70%	=	1.82%		
5,08 mm			0,20 in			
	0.2611	x 100		64.701	x 100	
	20.02			4500		
	=	1.30%	=	1.44%		



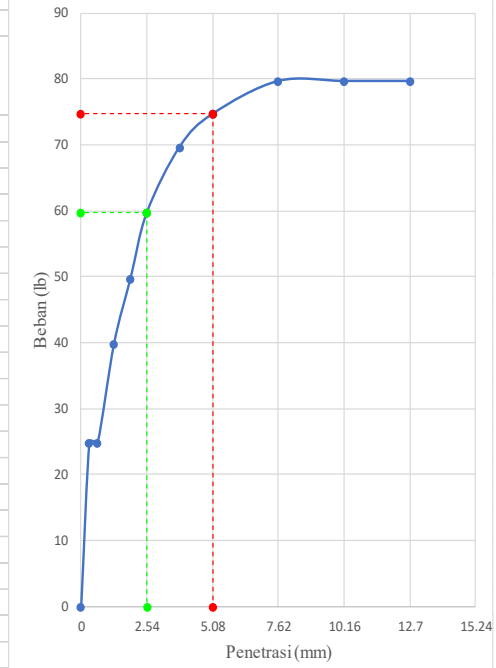
Sumber : Hasil Penelitian, 2025

Hasil dari pengujian California Bearing Ratio (CBR) Soaked dengan 30 tumbukan per lapis, pada penetrasi 2,54 mm mendapatkan nilai 1,82 % dan pada penetrasi 5,08 mendapatkan nilai 1,44 %.

c. Pengujian CBR Rendaman 65 Tumbukan

Tabel 4. 19 CBR Soaked 65 Tumbukan

CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)						
SNI 1774 : 2012						
Kadar air			Sebelum direndam	Setelah direndam	Densitas, No Cetakan	
			Sebelum direndam	Setelah direndam	Sebelum direndam	Setelah direndam
Massa Tanah Basah + Cawan, g			39.84	39.92	Massa Benda Uji + Cetakan, g	
Massa Tanah Kering + Cawan, g			34.08	33.95	Massa Cetakan, g	
Massa air, g			5.76	5.97	Massa Benda Uji Basah, g	
Massa cawan, g			14.26	15.08	Isi Cetakan, cm ³	
Massa Tanah Kering, g			19.82	18.87	Densitas Basah (p), g/cm ³	
Kadar air (w), %			29.06	31.64	Densitas Kering (pd), g/cm ³	
Kalibrasi Poving Ring, K = 0,20082			49.77 lb			
Waktu (menit)	Penetrasi		Pembacaan Arloji Ukur Beban	Bahan Penetrasi = Pembacaan Arloji ukur beban x k		
	mm	in		Kn	lb	
0	0	0	0	0	0	
1/4	0.32	0.013	0.5	0.10041	24.885	
1/2	0.64	0.025	0.5	0.10041	24.885	
1	1.27	0.05	0.8	0.160656	39.816	
1 1/2	1.91	0.075	1	0.20082	49.770	
2	2.54	0.1	1.2	0.240984	59.724	
3	3.81	0.15	1.4	0.281148	69.678	
4	5.08	0.2	1.5	0.30123	74.655	
6	7.62	0.3	1.6	0.321312	79.632	
8	10.16	0.4	1.6	0.321312	79.632	
10	12.7	0.5	1.6	0.321312	79.632	
Nilai CBR, %						
2,54 mm			0,10 in			
0.240984 x 100			59.724 x 100			
13			3000			
1.85 %			1.99			
5,08 mm			0,20 in			
0.30123 x 100			74.655 x 100			
20.02			4500			
1.50 %			1.66			



Catatan, Jumlah tumbukan per lapis = 65

Sumber : Hasil Penelitian, 2025

Hasil dari pengujian California Bearing Ratio (CBR) Soaked dengan 65 tumbukan per lapis, pada penetrasi 2,54 mm mendapatkan nilai 1,99 % dan pada penetrasi 5,08 mendapatkan nilai 1,66 %.

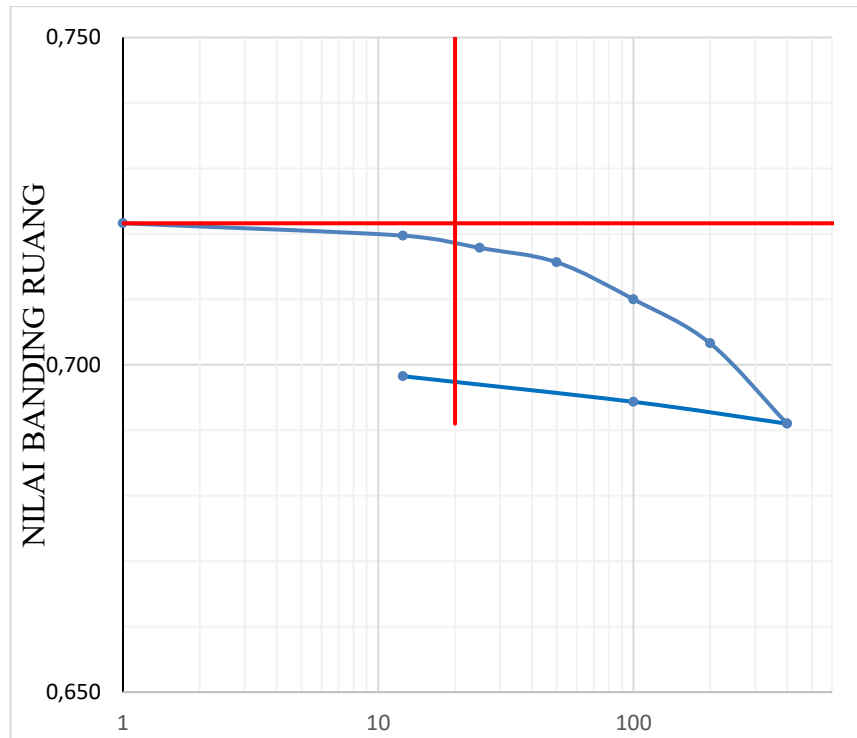
3. Oedometer Test

Uji konsolidasi dilakukan di laboratorium dengan alat oedometer atau konsolidometer. Beban diterapkan di atas benda uji. dan penurunan diukur dengan arloji pembacaan {dial gauge). Beban diterapkan dalam periode 24 jam. Selama proses ini, air pori dalam tanah mengalir keluar, menyebabkan penurunan atau pemampatan tanah yang dikenal sebagai settlement. Data yang diperoleh dari pengujian ini mencakup hubungan antara tegangan dan regangan tanah, yang berguna untuk menentukan parameter konsolidasi seperti koefisien kompresi (Cc), koefisien konsolidasi (Cv).

Tabel 4. 20 koefisien konsolidasi dan Cc

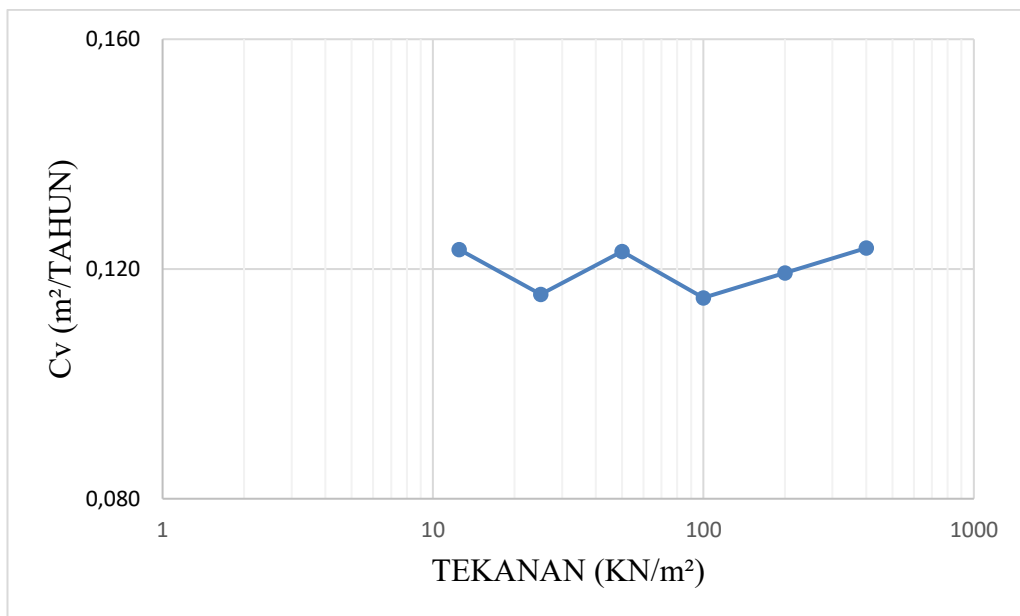
Cv	Cc
0.1234	0.006
0.1156	
0.1231	
0.1150	
0.1193	
0.1236	

Sumber : Hasil Penelitian, 2025



Gambar 4. 9 Grafik Penurunan

Sumber : Hasil Penelitianan,2025



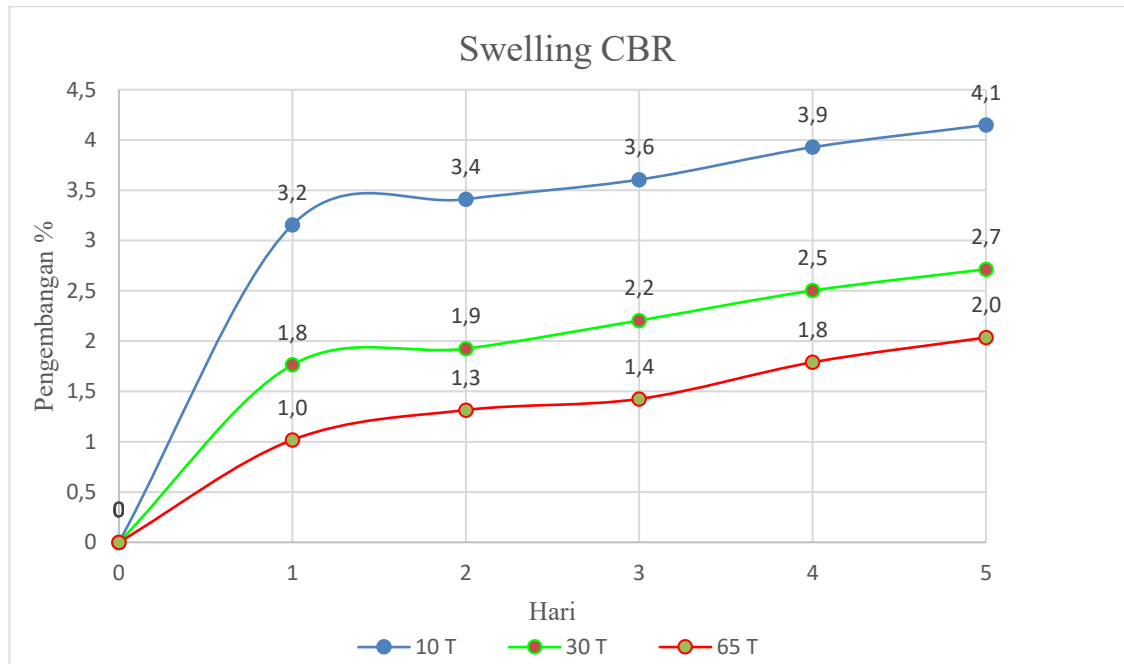
Gambar 4. 10 Grafik Hubungan Pembebanan Dan Koefisien Konsolidasi

Sumber : Hasil Penelitianan,2025

4.5 Pengembangan CBR

Grafik berikut menunjukkan hubungan antara waktu perendaman dan persentase pengembangan (*swelling*) dalam uji *California Bearing Ratio (CBR)*.

Dari grafik, terlihat bahwa tingkat pengembangan tanah meningkat seiring waktu perendaman yaitu 5 hari.



Gambar 4. 11 Grafik Swelling CBR Soaked

Sumber : Hasil Penelitian, 2025

4.6 Pembahasan

1. Nilai Karakteristik Tanah

Nilai karakteristik tanah merupakan parameter penting yang diperoleh dari hasil pengujian sifat fisik dan mekanis tanah, dan digunakan untuk memahami perilaku tanah terhadap beban serta stabilitas suatu struktur yang didirikan di atasnya.

Dari Hasil uji hidrometer menunjukkan bahwa setelah waktu 2880 menit (selama 2 hari), hanya 107.14% tanah yang masih terapung, menandakan bahwa sebagian besar partikel halus telah mengendap. Hal ini menunjukkan bahwa tanah memiliki fraksi lempung yang signifikan, yang berkontribusi terhadap sifat kohesif dan potensi pengembangan (*swelling*) akibat perubahan kadar air. Tanah dengan kandungan partikel halus tinggi cenderung mengalami penurunan daya dukung, perubahan volume, serta potensi retak atau penurunan.

berdasarkan hasil analisis saringan menunjukkan bahwa sebagian besar partikel tertahan pada saringan No. 140 (0,150 mm) sebesar 41,45%, yang mengindikasikan dominasi fraksi lanau atau pasir halus, sementara kandungan kerikil tidak ada sama sekali yang tertahan pada saringan No. 4 (4,75 mm). Selain itu,

mayoritas sampel tanah memiliki ukuran partikel lebih kecil dari 0,075 mm, yang menunjukkan bahwa tanah ini lebih condong ke kategori lanau atau lempung. Karakteristik ini berpengaruh besar terhadap kestabilan bangunan yang ada di atasnya.

Persentase air dalam tanah dibandingkan dengan berat kering tanah. Penting untuk mengetahui konsistensi dan kekuatan tanah. Dari hasil pengujian kadar air ini menunjukkan bahwa kadar air rata-rata tanah sebesar 40,76% dengan variasi dari tiga sampel yaitu 41,97%, 38,29%, dan 42,03%, serta berat jenis tanah sebesar 2,40. Kadar air yang tinggi ini menunjukkan bahwa tanah memiliki daya serap air yang besar, yang berpotensi meningkatkan sifat ekspansif yang mengandung banyak fraksi lempung atau lanau.

Atterberg Limit adalah parameter penting untuk menentukan batas-batas konsistensi tanah halus. Berikut adalah hasil pengujian kadar air pada batas cair tanah ini berkisar di sekitar 71,28%. Nilai ini menunjukkan bahwa tanah memiliki karakteristik plastisitas yang tinggi, yang umumnya ditemukan pada tanah lempung atau tanah dengan kandungan mineral lempung yang signifikan. Dari hasil pengujian batas plastis juga didapatkan nilai sebesar 23,14 %. Dari hasil pengujian didapatkan nilai PI sebesar 48,14 % dan memiliki nilai keaktifan sebesar 2,04. Tanah memiliki nilai yang tinggi dan dapat disimpulkan bahwa tanah tersebut mengandung lempung yang tinggi/ tanah ekspansif.

Berdasarkan nilai hasil analisa saringan dan hydrometer contoh tanah asli didapat kandungan lempung sebesar 15,37 %, serta kandungan lempung 5,14% dan lanau sebesar 10,23%. Dan untuk nilai batas konsistensi didapatkan nilai batas cair (LL) sebesar 71,28% dan nilai batas plastis (PL) sebesar 23,14% sehingga didapat nilai indeks plastisitas (IP) sebesar 48,14%. Berdasarkan hasil dari pengujian analisis saringan, Hydrometer test dan batas konsistensi contoh tanah asli, kemudian dilakukan klasifikasi tanah menggunakan sistem USCS (*Unified Soil Classification System*), sehingga didapat hasil klasifikasi contoh tanah asli adalah kategori lempung anorganik dengan plastisitas tinggi atau Lempung gemuk (*Flat Clay*) dan masuk dalam kategori CH (*Clay of High Plasticity*).

2. Analisis Pengujian Proctor Standart

Hasil uji kepadatan maksimum (*Proctor*) menunjukkan bahwa tanah memiliki kadar air optimum sebesar 22% dengan kepadatan kering maksimum sebesar 1,339g/cm³. Nilai ini mengindikasikan bahwa tanah memiliki daya dukung yang bergantung pada kadar air yang dikandungnya. Jika kadar air melebihi batas optimum, tanah akan kehilangan kekuatannya dan menjadi lunak, sehingga dapat menyebabkan penurunan dan ketidakstabilan bangunan akibat penurunan daya dukung. Sebaliknya, jika tanah terlalu kering, partikel-partikel tanah tidak akan saling mengikat dengan baik, yang juga dapat mengurangi kekuatan tanah.

3. Analisis Pengujian CBR Unsoked

Hasil dari pengujian California Bearing Ratio (CBR) Unsoaked dengan 10 tumbukan per lapis, pada penetrasi 2,54 mm mendapatkan nilai 4,15 % dan pada penetrasi 5,08 mm mendapatkan nilai 3,87 %. Hasil dari pengujian California Bearing Ratio (CBR) Unsoaked dengan 30 tumbukan per lapis, pada penetrasi 2,54 mm mendapatkan nilai 5,81 % dan pada penetrasi 5,08 mm mendapatkan nilai 4,98 %. Hasil dari pengujian California Bearing Ratio (CBR) Unsoaked dengan 65 tumbukan per lapis, pada penetrasi 2,54 mm mendapatkan nilai 8,30 % dan pada penetrasi 5,08 mm mendapatkan nilai 6,64 %.

4. Analisis Pengujian CBR Soked

Hasil Pengujian CBR (*California Bearing Ratio*) Hasil pengujian *California Bearing Ratio* (CBR) rendaman menunjukkan bahwa nilai CBR meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah tumbukan, pada 10 tumbukan didapat nilai sebesar 1,66% dan 1,55%, pada 30 tumbukan didapat nilai sebesar 1,82% dan 1,44%, serta pada 65 tumbukan didapat nilai sebesar 1,99% dan 1,66%. Nilai CBR yang rendah ini menunjukkan bahwa tanah memiliki daya dukung yang lemah dan kurang mampu menahan beban tanpa mengalami deformasi yang signifikan.

5. Analisis Pengujian Oedometer

Pengujian konsolidasi dilakukan terhadap contoh tanah asli untuk menentukan tinggi efektif angka pori (e). mendapatkan indek kompresi (C_c), koefisien konsolidasi (C_v) dan waktu yang diperlukan suatu lapisan tanah hingga penurunan selesai. Pada pengujian konsolidasi, penerapan beban yang diberikan kepada benda uji adalah 0,25 kg, 0,5 kg, 1 kg, 2 kg, 4 kg, 8 kg. Yang diamati masing masing

selama 24 jam kemudian dilakukan pengurangan beban yang berurutan. Pengujian konsolidasi pada penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan hasil nilai angka pori, koefisien pemampatan, dan nilai indeks mengembang pada contoh tanah asli

6. Hasil Uji Pengembangan Dan Heave Di Oedometer

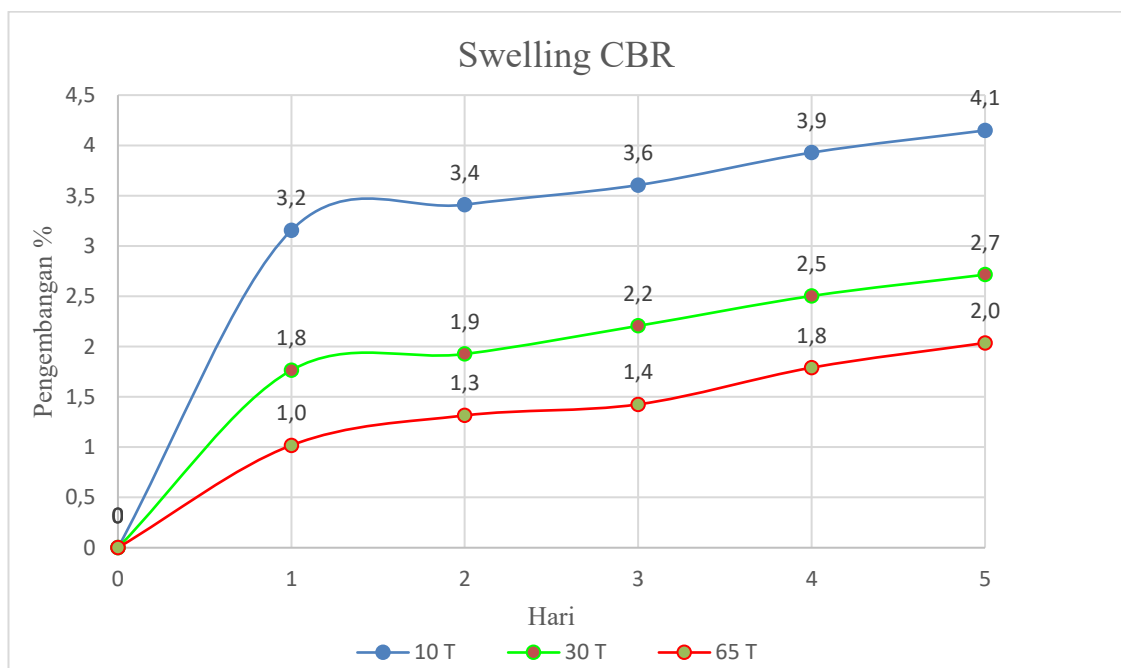
Analisis hasil uji tekanan pengembangan pada pengujian CBR rendaman Tekanan pengembangan merupakan salah satu karakteristik utama tanah ekspansif yang terjadi akibat perubahan kadar air dalam tanah. Tanah ekspansif memiliki mineral lempung seperti montmorillonit yang menyebabkan perubahan volume signifikan saat mengalami pembasahan dan pengeringan. Ketika tanah menyerap air, partikel lempung mengalami peningkatan gaya elektrostatis, sehingga menimbulkan gaya dorong yang menghasilkan tekanan pengembangan. Berikut adalah hasil pengujian CBR rendaman

Tabel 4. 22 Swelling CBR Soaked

SWELLING CBR (SOAKED)							
10 Tumbukan							
Hari	0	1	2	3	4	5	6
Tanggal	6/12/20 25	6/13/20 25	6/14/20 25	6/15/20 25	6/16/20 25	6/17/20 25	6/18/20 25
Jam	13:30	13:30	13:30	13:30	13:30	13:30	13:30
Tinggi awal, mm	11786. 4	11786. 4	11786. 4	11786. 4	11786. 4	11786. 4	11786. 4
Pembacaan Dev	0	372	402	425	463	489	
Perubahan Dev	0	372	30	23	38	26	
Pengembangan, %	0	3.2	3.4	3.6	3.9	4.1	0.0
30 Tumbukan							
Hari	0	1	2	3	4	5	6
Tanggal	6/12/20 25	6/13/20 25	6/14/20 25	6/15/20 25	6/16/20 25	6/17/20 25	6/18/20 25
Jam	13:30	13:30	13:30	13:30	13:30	13:30	13:30
Tinggi awal, mm	11786. 4	11786. 4	11786. 4	11786. 4	11786. 4	11786. 4	11786. 4
Pembacaan Dev	0.00	208	227	260	295	320	
Perubahan Dev	0	208	19	33	35	25	

Pengembangan, %	0	1.8	1.9	2.2	2.5	2.7	0
65 Tumbukan							
Hari	0	1	2	3	4	5	6
Tanggal	6/12/20 25	6/13/20 25	6/14/20 25	6/15/20 25	6/16/20 25	6/17/20 25	6/18/20 25
Jam	13:30	13:30	13:30	13:30	13:30	13:30	13:30
Tinggi awal, mm	11786. 4	11786. 4	11786. 4	11786. 4	11786. 4	11786. 4	11786. 4
Pembacaan Dev	0	120	155	168	211	240	
Perubahan Dev		120	35	13	43	29	
Pengembangan, %	0	1.0	1.3	1.4	1.8	2.0	0.0

Sumber : Hasil Penelitian, 2025



Gambar 4. 12 Grafik Pengembangan CBR Rendaman

Sumber : Hasil Penelitian, 2025

Grafik diatas menggambarkan hubungan antara waktu (hari ke-0 sampai hari ke-5) dengan nilai pengembangan tanah (swelling %) pada tiga variasi perlakuan tanah yaitu 10 tumbukan, 30 tumbukan, 65 tumbukan.

Hasil pada tanah 10 tumbukan menunjukkan laju pengembangan tertinggi dengan lonjakan yang signifikan pada hari pertama dari 0% menjadi 3,2%, kemudian bertambah secara bertahap hingga mencapai 4,1% pada hari ke-5. Hal ini menunjukkan bahwa tanah ini memiliki nilai potensi ekspansif yang sangat tinggi

Hasil pengujian di 30 tumbukan menunjukkan tingkat pengembangan sedang, naik dari 0% ke 1,8% di hari pertama dan mencapai 2,7% pada hari ke-5. Pola kenaikannya lebih stabil dibandingkan dengan tanah 10 tumbukan yang relatif cepat.

Hasil pengujian tanah di 65 tumbukan mengalami pengembangan paling rendah, hanya mencapai 2,0% pada hari ke-5. Kenaikan terjadi secara bertahap, menunjukkan bahwa karakter tanah ini lebih stabil terhadap pengaruh air.

Berdasarkan data tersebut, dapat disimpulkan bahwa terdapat hubungan berbanding terbalik antara nilai T dengan tingkat pengembangan tanah. Semakin kecil nilai T, semakin besar nilai pengembangan tanah, yang mengindikasikan kandungan mineral lempung aktif (seperti montmorillonit) yang lebih tinggi, serta kemampuan menyerap air yang lebih besar. Kondisi ini penting untuk diperhatikan dalam perencanaan pondasi, terutama pada struktur bangunan ringan atau jalan, karena tanah yang ekspansif dapat menyebabkan daya angkat (heave) yang signifikan, berpotensi menimbulkan retak atau deformasi struktural.

Semakin kecil angka T (misalnya 10 T), semakin besar potensi pengembangan tanah. Hal ini menunjukkan bahwa jenis atau perlakuan tanah dengan nilai T rendah lebih sensitif terhadap air, kemungkinan disebabkan oleh kandungan lempung aktif yang tinggi atau tingkat kepadatan yang rendah.

7. Hubungan Nilai Pengembangan Dan Heave

Hasil uji swelling CBR menunjukkan bahwa nilai pengembangan tanah berbeda-beda tergantung perlakuan (10 T, 30 T, dan 65 T). Nilai pengembangan yang ditunjukkan pada grafik berkisar dari 2,0% hingga 4,1%, yang menandakan bahwa seluruh sampel tanah termasuk dalam kategori tanah ekspansif dengan potensi pengangkatan (heave) yang bervariasi.

Hubungan antara nilai pengembangan dan heave bersifat langsung dan proporsional. Semakin besar nilai pengembangan tanah, maka semakin besar pula gaya angkat vertikal (heave) yang ditimbulkan. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya volume tanah akibat penyerapan air, yang menyebabkan ekspansi struktur lempung. Pada tanah dengan perlakuan 10 T, nilai pengembangan mencapai 4,1%, yang tergolong tinggi. Tanah ini memiliki potensi heave yang

sangat besar, yang dapat menyebabkan gangguan serius pada struktur bangunan, seperti retak pada pondasi, pelat lantai terangkat, dan deformasi jalan. Tanah jenis ini memerlukan perlakuan khusus sebelum digunakan sebagai material dasar konstruksi.

Sementara itu, tanah perlakuan 30 T mengalami pengembangan maksimum sebesar 2,7%, dan 65 T sebesar 2,0%. Kedua jenis tanah ini menunjukkan karakteristik heave yang lebih rendah. Walaupun demikian, nilai di atas 2% tetap menunjukkan bahwa tanah tersebut memiliki daya ekspansif sedang dan tetap perlu diwaspadai terutama untuk bangunan yang sensitif terhadap pergerakan tanah.

Berdasarkan hasil tersebut, hubungan antara nilai pengembangan dan heave dapat dikelompokkan menjadi tiga kategori:

Tabel 4. 23 Hubungan Nilai Pengembangan

Pengembangan	Potensi heave	catatan
> 4% (10 T)	sangat tinggi	Tidak direkomendasikan tanpa stabilisasi.
2–3% (30 T):	sedang	Perlu perlakuan teknis ringan hingga sedang
≤ 2% (65 T):	rendah	Dapat digunakan dengan perlakuan minimum

Sumber : Hasil Penelitian, 2025

1. 10 T: Memiliki nilai pengembangan tertinggi yang menunjukkan kecenderungan heave paling besar. Karakteristik ini sangat umum pada tanah dengan kadar mineral lempung aktif tinggi. Potensi risiko kerusakan struktural sangat tinggi jika tidak ada perkuatan.
2. 30 T: Memiliki tingkat pengembangan sedang, menunjukkan bahwa heave masih mungkin terjadi, namun dalam intensitas yang lebih rendah. Kategori ini tergolong masih perlu perhatian dalam desain konstruksi.
3. 65 T: Menunjukkan nilai pengembangan rendah, sehingga potensi heave kecil. Tanah ini cenderung stabil, aman digunakan untuk subgrade dengan perlakuan minimum.

Secara teknis, pengembangan tanah terjadi karena adanya air yang masuk ke dalam pori tanah dan menyebabkan adsorpsi air oleh mineral lempung, terutama jenis montmorillonit yang sangat aktif. Kegiatan ini menyebabkan volume tanah bertambah, dan bila tanah tersebut berada di bawah struktur, maka akan menimbulkan gaya angkat ke atas atau heave.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian dan hasil analisis data, dapat disimpulkan bahwa:

1. Nilai karakteristik tanah seperti yang teridentifikasi dalam analisis tanah yang dilakukan. Berdasarkan hasil dari pengujian analisis saringan, Hydrometer test dan batas konsistensi contoh tanah asli, kemudian dilakukan klasifikasi tanah menggunakan sistem USCS (*Unified Soil Classification System*), sehingga didapat hasil klasifikasi contoh tanah asli adalah kategori lempung anorganik dengan plastisitas tinggi atau Lempung gemuk (*Flat Clay*) dan masuk dalam kategori CH (*Clay of High Plasticity*). seperti yang teridentifikasi dalam analisis tanah yang dilakukan. Tanah yang diklasifikasikan sebagai CH (*Clay of High Plasticity*) dengan indeks plastisitas 48,14% dan nilai aktivitas 2,04%.
2. Hasil Nilai pengembangan tanah meningkat seiring bertambahnya waktu, dengan laju peningkatan paling besar terjadi pada 1–2 hari pertama masa perendaman. Tanah dengan perlakuan 10 T memiliki nilai pengembangan tertinggi sebesar 4,1%, yang menandakan potensi heave sangat tinggi. Tanah ini termasuk ke dalam kategori sangat ekspansif dan tidak stabil untuk digunakan sebagai lapisan dasar konstruksi tanpa perlakuan. Tanah perlakuan 30 T dan 65 T menunjukkan nilai pengembangan masing-masing 2,7% dan 2,0%, yang berarti potensi heave berada pada tingkat sedang dan rendah.
3. Terdapat hubungan linier antara nilai pengembangan dan heave, di mana peningkatan nilai pengembangan mengakibatkan peningkatan langsung pada potensi pengangkatan tanah. Hubungan ini penting dalam memprediksi risiko terhadap stabilitas bangunan.

5.2 Saran

Dalam penelitian ini peneliti memberi saran sebagai berikut

1. Dalam melakukan penelitian tanah perlu diperhatikan dan perlu teliti dalam melakukan setiap pengujian sampel tanah.

2. Perlu dilakukan identifikasi dini terhadap sifat ekspansif tanah sebelum digunakan sebagai material konstruksi, khususnya untuk subgrade jalan dan fondasi bangunan ringan.
3. Pada lokasi dengan tanah yang memiliki nilai pengembangan di atas 3%, seperti tanah perlakuan 10 T, disarankan dilakukan: Stabilisasi kimia, seperti penambahan kapur atau semen

DAFTAR PUSTAKA

- Agung, I. G., & Istri, A. Y. U. (2014). (*Studi Kasus di Desa Tanah Awu , Lombok Tengah*) *Fakultas Teknik Universitas Islam Al-Azhar Mataram*. 8(2), 15–19.
- Das, B. M. (1988). *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rkayasa Geoteknik)*. 1–8.
- Departemen Pekerjaan Umum (Public Works Department). (2005). *DPU Pd T-10-2005-B Pedoman penanganan tanah ekspansif untuk konstruksi jalan (Handling of Expansive Soil for Road Construction)*, 8 p, 9p. 61. <https://binamarga.pu.go.id/uploads/files/730/pedoman-penanganan-tanah-ekspansif-untuk-konstruksi-jalan.pdf>
- Misdi. (2024). *Analisa Hubungan Kepadatan dan Swelling pada Tanah Lempung Ekspansif*. 12(2), 53–60.
- Pratiwi, A. A., Irvan, R., Zakaria, Z., & Khoirullah, N. (2019). Swelling Potential Menggunakan Metode Free Swell Index Test Di Daerah Cilengkrang, Kabupaten Bandung Jawa Barat. *Geoscience Journal*, 3(4), 238–242.
- Retnoningtyas, w. i, Zakaria, Z., & Sukiyah, E. (2017). *Potensi mengembang tanah lempung di wilayah kampung cigitung, desa cimuncang, kecamatan malausma, kabupaten majalengka, provinsi jawa barat*. 15, 123–128.
- San, I. C. (2010). *Prediksi Total Heave Tanah Ekspansif Kawasan Jalan Tanjung Api-Api*. 19(1), 7–14.
- SNI 1744. (2012). Metode uji CBR laboratorium Badan Standardisasi Nasional. *Badan Standardisasi Nasional*, 1–28. www.bsn.go.id
- SNI 1964:2008. (2008). *Standar Nasional Indonesia, Metode Pengujian Berat Jenis Tanah*.
- (Pratiwi et al., 2019)(Departemen Pekerjaan Umum (Public Works Department), 2005)(SNI 1964:2008, 2008)(SNI 1744, 2012)(Agung & Istri, 2014)(Pratiwi et al., 2019)(Retnoningtyas et al., 2017)(San, 2010)(Misdi, 2024)(San, 2010)(Das, 1988)

Dokumentasi Publikasi : <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/mkts/author/index>

Web Sinta : <https://sinta.kemdiktisaintek.go.id/journals/profile/102>

The screenshot displays the 'Active Submissions' page of the 'MEDIA KOMUNIKASI TEKNIK SIPIL' journal. The page header includes the journal's logo (BMPTSSI) and title. The main content area features a table of active submissions. The table has columns for ID, DD-MM-YYYY, Sec, Authors, Title, and Status. One submission is listed with ID 82773, dated 27-02-2026, by author 'ikhwan', titled 'Korelasi Tanah Ekspansif Terhadap Nilai Swelling Dan...', and a status of 'Submitted'. The page also includes a sidebar with 'Policies' and 'ISSN' information, and a search bar at the top.

ID	DD-MM-YYYY	Sec	Authors	Title	Status
82773	27-02-2026	ART	ikhwan	Korelasi Tanah Ekspansif Terhadap Nilai Swelling Dan...	Submitted