

## PERBANDINGAN POTENSI TANAH EKSPANSIF BERDASARKAN HASIL PENGUJIAN 1-D *FREE SWELL* DAN CBR RENDAMAN LABORATORIUM

PETRUS KANISIUS TEGAR PRAMUDWITYA<sup>1</sup>, ELY MULYATI<sup>2</sup>, YOEL FEBRIAN SIMANGUNSONG<sup>3</sup>

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Bina Darma<sup>1,2,3</sup>

Email: petruskanisius02@gmail.com<sup>1</sup>, ely.mazpar@gmail.com<sup>2</sup>, yoelfs19@gmail.com<sup>3</sup>

**Abstract:** *Expansive soils have a significant potential for volume change due to variations in water content, making it necessary to identify their swelling characteristics. This study compares the swelling potential of expansive soils using the 1-D Free Swell Test (SNI 6424:2008) and the soaked CBR method (SNI 1744:2012). Soil samples were prepared with bentonite composition variations of 0%, 30%, 40%, 50%, 60%, and 100% of the dry soil weight. The 1-D Free Swell Test results showed swelling values ranging from 2.91% to 3.14%, which, based on Chen's (1988) classification, fall into the low to medium category. In the soaked CBR test, the expansion index values ranged from 2.34% to 3.04%, categorized as medium to high according to Look (2016). The comparison of results indicates differences in both values and classification of swelling potential. These findings highlight the importance of selecting an appropriate method depending on the evaluation objectives, whether to assess free vertical swelling or swelling under lateral loading conditions.*

**Keywords:** *Expansive soil, Bentonite, 1-D Free Swell Test, Soaked CBR, Swelling potential.*

**Abstrak:** Tanah ekspansif memiliki potensi perubahan volume yang signifikan akibat perubahan kadar air, sehingga memerlukan identifikasi karakteristik pengembangannya. Penelitian ini membandingkan potensi pengembangan tanah ekspansif menggunakan metode 1-D *Free Swell Test* (SNI 6424:2008) dan metode CBR rendaman (SNI 1744:2012). Sampel tanah dibuat dengan variasi komposisi bentonit sebesar 0%, 30%, 40%, 50%, 60%, dan 100% dari berat kering tanah. Hasil pengujian 1-D *Free Swell* menunjukkan nilai pengembangan berkisar antara 2,91% hingga 3,14%, yang berdasarkan klasifikasi Chen (1988) termasuk kategori rendah hingga sedang. Pada pengujian CBR rendaman, nilai indeks pengembangan berkisar 2,34% hingga 3,04%, dengan kategori sedang hingga tinggi menurut Look (2016). Perbandingan hasil menunjukkan adanya perbedaan pada nilai dan klasifikasi potensi pengembangan. Temuan ini menegaskan pentingnya pemilihan metode yang sesuai dengan tujuan evaluasi, baik untuk menilai pengembangan bebas secara vertikal maupun pengembangan dengan pembebanan lateral.

**Kata kunci:** Tanah ekspansif, Bentonit, 1-D Free Swell Test, CBR rendaman, Potensi pengembangan.

### A. Pendahuluan

Tanah ekspansif merupakan jenis tanah bermasalah yang tersebar di berbagai wilayah Indonesia, seperti Jawa, Sumatera, dan Papua, dengan sifat khas berupa mengembang saat basah dan menyusut ketika kering. Kondisi ini dapat menimbulkan kerusakan pada bangunan, pondasi, hingga jaringan utilitas bawah tanah (Arbianto, 2016). Identifikasi tanah ekspansif umumnya dilakukan melalui indeks plastisitas (IP) dan batas cair (LL). Berdasarkan SNI 03-6795-2002, tanah berpotensi ekspansif tinggi apabila  $IP > 35\%$  dan  $LL > 60\%$ .

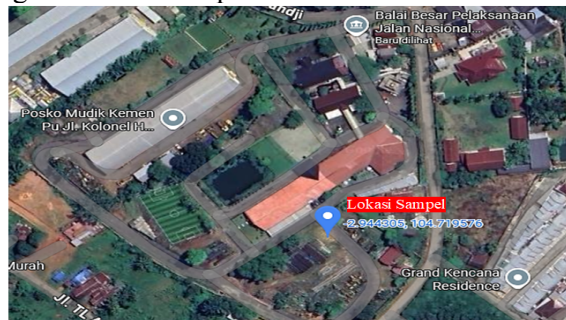
Selain parameter indeks, pengujian yang sering digunakan adalah *1-D Free Swell Test* dan CBR rendaman. Metode *1-D Free Swell* dengan alat oedometer mampu menilai sifat ekspansif secara rinci, termasuk tekanan dan perubahan volume akibat penyerapan air (Chen, 1988). Penelitian Maricar (2016) menemukan nilai IP tinggi pada tanah Jakarta yang berkorelasi dengan kandungan montmorillonit, sedangkan Evelyn dan Makarim (2018)

menegaskan bahwa tanah dengan IP tinggi tetap menunjukkan ekspansi meski tanpa montmorillonit dominan. Frikandy et al. (2024) juga menekankan pentingnya pemahaman karakteristik tanah ekspansif karena nilai IP dan LL yang tinggi berhubungan langsung dengan potensi pengembangannya. Di sisi lain, pengujian CBR rendaman meskipun umum dipakai untuk menilai daya dukung tanah, juga memberikan indikasi potensi pengembangan. Nilai CBR yang menurun setelah perendaman menunjukkan kecenderungan ekspansif (Look, 2016).

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penambahan bentonit, yang kaya montmorillonit, memengaruhi sifat mengembang dan daya mampat tanah (Muntohar, 2004). Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan variasi substitusi bentonit untuk menganalisis pengaruhnya terhadap hasil *1-D Free Swell Test* dan CBR rendaman. Namun, studi yang secara langsung membandingkan kedua metode pada tanah ekspansif masih jarang dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan hasil pengujian metode CBR rendaman dan *1-D Free Swell Test* pada tanah ekspansif dengan variasi substitusi bentonit, serta memberikan rekomendasi metode pengujian yang relevan untuk kondisi konstruksi di Indonesia.

## B. Metodologi Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental laboratorium dengan pendekatan kuantitatif. Tujuan utamanya adalah untuk mengetahui serta membandingkan potensi pengembangan tanah ekspansif melalui dua metode pengujian, yaitu *1-D Free Swell Test* dan *California Bearing Ratio (CBR)* dalam kondisi rendaman (*soaked*). Penelitian dilaksanakan di laboratorium setelah pengambilan sampel tanah dari area Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional (BBPJN) Sumatera Selatan, berlokasi di Jl. Kol. H. M. Noerdin Pandji, Kel. Karya Baru, Kec. AlangAlang Lebar, Kota Palembang pada bulan Juni 2025. Sampel diambil pada kondisi cuaca cerah dengan suhu  $\pm 27^{\circ}\text{C}$  pada kedalaman  $\pm 60$  cm.



Gambar 1. Lokasi Pengambilan Sampel Tanah

Bahan tambahan yang digunakan adalah variasi substitusi bentonit sebesar 0%, 30%, 40%, 50%, 60%, dan 100%. Pemilihan variasi tersebut mengacu pada penelitian terdahulu oleh Muntohar (2004), yang menunjukkan bahwa penambahan bentonite berpengaruh signifikan terhadap sifat *swelling* dan *compressibility* tanah. Dalam penelitian ini, variasi substitusi tersebut tidak dimaksudkan untuk menentukan kadar optimum, melainkan digunakan sebagai dasar pembandingan antara dua metode pengujian.

Pengujian sifat fisik dilakukan untuk menentukan parameter klasifikasi tanah, meliputi uji kadar air alami (SNI 1965:2008), berat jenis tanah (SNI 1964:2008), batas atterberg – batas cair, batas plastis, indeks plastisitas (SNI 1967:2008), analisis saringan (SNI 1968:2008), pemadatan standar proctor (SNI 1742:2008). Untuk klasifikasi dilakukan menggunakan dua sistem, klasifikasi *Unified Soil Classification System (USCS)*, dan klasifikasi *American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)*.

Pengujian *1-D free swell* dilakukan untuk menentukan potensi pengembangan vertikal tanah ekspansif dalam kondisi jenuh air. Semua pelaksanaan uji mengacu pada prosedur SNI

6424:2008 (metode uji potensi pengembangan tanah menggunakan oedometer) dengan penyesuaian prosedural untuk kebutuhan analisis pembebanan bertahap.



Gambar 2. Pengujian 1-D *Free Swell*

Pengujian indeks pengembangan tanah melalui metode CBR rendaman (*soaked*) bertujuan untuk mengetahui seberapa besar potensi pengembangan. sampel yang direndam akan menunjukkan kenaikan tinggi tanah tersebut menunjukkan nilai pengembangan vertikal (*swelling*). Nilai ini dihitung sebagai persentase terhadap tinggi awal sampel sebelum direndam, dan digunakan sebagai indikator utama potensi pengembangan tanah. Pengujian dilaksanakan di laboratorium dengan mengacu pada prosedur SNI 1744:2012.



Gambar 3. Pengujian CBR Rendaman

Analisis data dilakukan dengan membandingkan hasil kedua metode untuk mengetahui perbedaan nilai pengembangan, tren hubungan antara kadar bentonit dan potensi pengembangan, serta menilai pengaruh perbedaan metode terhadap hasil yang diperoleh. Analisis ini dimaksudkan untuk menentukan metode yang lebih representatif dalam menilai potensi pengembangan tanah sesuai dengan kondisi lapangan.

### C.Hasil Dan Pembahasan

Data dianalisis berdasarkan hasil pengujian laboratorium untuk mengetahui sifat fisik tanah, klasifikasi, serta potensi pengembangannya. Analisis dilakukan secara bertahap, dimulai dari pengolahan data sifat fisik dan indeks plastisitas, kemudian dilanjutkan dengan interpretasi klasifikasi tanah menggunakan sistem *Unified Soil Classification System* (USCS) dan *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO). Selanjutnya, hasil pengujian 1-D *Free Swell Test* dan CBR rendaman pada variasi substitusi bentonit dibandingkan untuk melihat pengaruh kandungan bentonit terhadap perilaku ekspansif tanah. Perbandingan ini juga dianalisis untuk menilai konsistensi kedua metode dalam menggambarkan potensi pengembangan tanah.

### Hasil Pengujian Propertis dan Klasifikasi Tanah

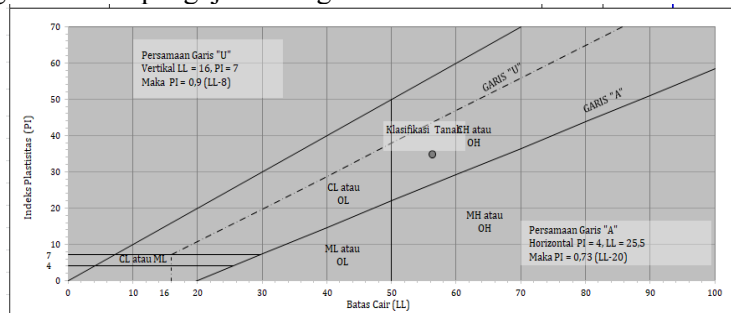
Pengujian sifat fisik tanah meliputi kadar air alami, berat jenis, batas Atterberg, analisis saringan, dan uji pemadatan standar Proctor. Hasil pengujian menunjukkan kadar air alami 18,07% dan hasil uji berat jenis didapat 2,52 untuk tanah dan 1,99 untuk bentonit. Untuk pengujian batas atterberg menunjukkan tren peningkatan plastisitas seiring penambahan bentonit. Berikut hasil nilai pengujian batas atterberg sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Pengujian Batas Atterberg

Sampel	Kadar Bentonit (%)	LL (%)	PL (%)	PI (%)
1	0%	56,37	21,60	34,77
2	30%	72,29	40,94	31,34
3	40%	79,49	43,54	35,95
4	50%	89,54	43,74	45,79
5	60%	87,51	44,80	42,72
6	100%	114,33	21,60	92,72

(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium Tahun 2025)

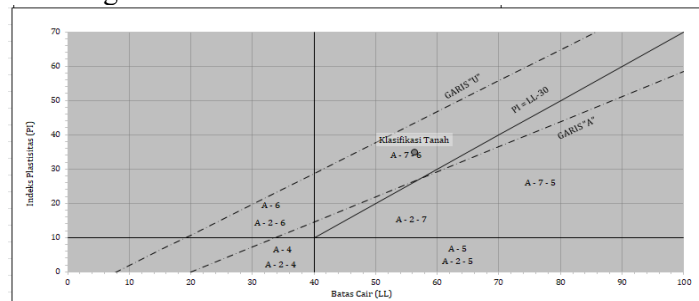
Berdasarkan hasil uji analisis saringan, untuk klasifikasi USCS dengan seluruh sampel memiliki persentase lolos saringan No. 200 kurang dari 50%, sehingga masuk kelompok tanah pasir berbutir halus. Berdasarkan nilai hasil LL = 56,37% dan PI = 34,77%, maka plot grafik plastisitas casagrande hasil pengujian sebagai berikut:



Gambar 4. Grafik Plastisitas Casagrande USCS

Berdasarkan grafik hubungan antara Batas Cair (LL) sebesar 56,37% dan Indeks Plastisitas (PI) sebesar 34,77%, titik plot hasil pengujian berada di atas Garis “A” dan di bawah Garis “U”. Posisi ini menunjukkan bahwa tanah diklasifikasikan sebagai tanah pasir lempungan dengan plastisitas tinggi (CH) menurut sistem klasifikasi USCS.

Untuk klasifikasi menurut AASHTO, membagi tanah menjadi delapan kelas utama (A-1 sampai A-8) serta beberapa subkelas, dengan penentuan yang mengacu pada hasil analisis saringan dan pengujian batas Atterberg. Nilai – nilai kemudian diplot kedalam diagram plastisitas AASHTO sebagai berikut:



Gambar 5. Grafik Plastisitas Casagrande AAHSTO

Berdasarkan parameter plastisitas, tanah ini berada pada zona A-7-6 yang umumnya merepresentasikan lempung dengan plastisitas tinggi. Akan tetapi, dari analisis saringan diketahui bahwa persentase butiran halus yang lolos saringan No. 200 hanya sebesar 3,42%, jauh lebih rendah dari ambang batas 35%. Dengan demikian, menurut ketentuan klasifikasi AASHTO, tanah tersebut tidak dikategorikan sebagai A-7-6, melainkan masuk dalam kelompok A-2-6, yaitu material granular berupa kerikil atau pasir yang memiliki sebagian fraksi halus berplastisitas tinggi.

### Hasil Uji Pemadatan

Pengujian pemadatan tanah dilakukan untuk menentukan hubungan antara kadar air dan kepadatan kering tanah, sehingga dapat diketahui kadar air optimum (OMC) dan berat volume kering maksimum (MMC) untuk masing-masing variasi substitusi tanah dan bentonit. Pengujian ini dilakukan dengan metode Standard Proctor Test, sesuai dengan standar SNI (1742:2008). Pemadatan tanah bertujuan untuk meningkatkan daya dukung dan mengurangi perubahan volume akibat perubahan kadar air. Dalam penelitian ini, dilakukan pengujian terhadap enam variasi bentonit, yaitu 0%, 30%, 40%, 50%, 60%, dan 100% dari berat tanah. Hasil seluruh pengujian dapat dilihat pada tabel 2 berikut:

Tabel 2. Hasil Pengujian Pemadatan

Sampel	Kadar Bentonit (%)	Kadar Air Optimum (%)	Berat Volume Kering Maksimum (gr/cm <sup>3</sup> )
1	0%	18,06	1,70
2	30%	24,72	1,48
3	40%	25,75	1,42
4	50%	28,38	1,35
5	60%	31,50	1,29
6	100%	53,79	1,02

(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium Tahun 2025)

### Hasil Uji 1-D Free Swell

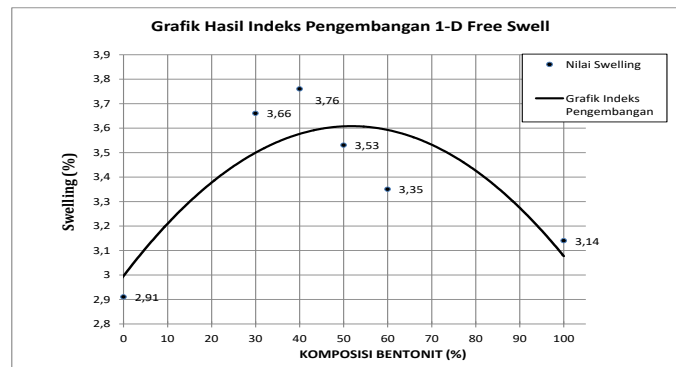
Pengujian dilakukan pada enam variasi sampel (0%, 30%, 40%, 50%, 60%, dan 100% bentonit) yang ditambahkan untuk memperluas data pembandingan antarmetode. Perubahan tinggi diukur hingga stabil, dan data digunakan untuk menghitung persentase swelling sebagai indikator potensi pengembangan tanah. Berikut adalah hasil pengujian nilai pengembangan dari keenam variasi sampel tanah.

Tabel 3. Hasil Pengujian 1-D Free Swell

Sampel	Kadar Bentonit (%)	Swelling (%)
1	0%	2,91
2	30%	3,66
3	40%	3,76
4	50%	3,53
5	60%	3,35
6	100%	3,14

(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium Tahun 2025)

Berdasarkan hasil pengujian yang ditunjukkan pada Tabel 3 terlihat bahwa nilai pengembangan tertinggi diperoleh pada sampel 3 dengan nilai 3,76% yang mengandung 40% bentonit. Sementara nilai pengembangan terendah terjadi pada Sampel 1 dengan nilai 2,91% yang merupakan tanah tanpa substitusi bentonit. Penambahan bentonit hingga 40% menyebabkan peningkatan nilai pengembangan. Berdasarkan nilai yang didapat, grafik dapat diplot sebagai berikut:



Gambar 6. Grafik Nilai Swelling 1-D Free Swell Test

Secara umum, penambahan bentonit hingga kisaran 40% mampu meningkatkan potensi pengembangan tanah secara signifikan. Namun, setelah melewati titik optimum tersebut, nilai swelling cenderung menurun. Penurunan ini dapat disebabkan oleh semakin dominannya partikel bentonit yang mengarah pada orientasi partikel yang lebih rapat, sehingga mengurangi ruang pori yang tersedia untuk ekspansi. Berikut adalah hasil pengujian nilai pengembangan dari keenam variasi sampel tanah.

### Hasil Uji CBR Rendaman

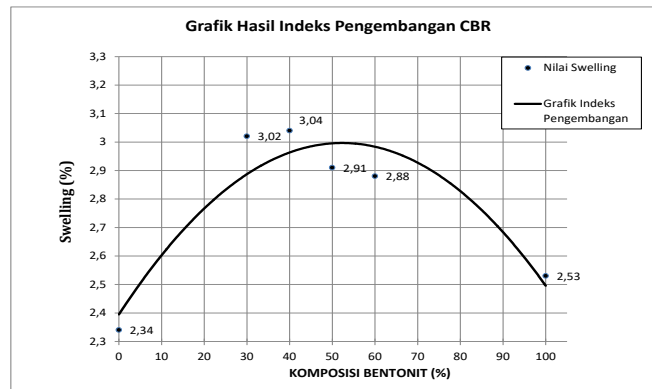
Pengujian dilakukan pada enam variasi sampel (0%, 30%, 40%, 50%, 60%, dan 100% bentonit) yang ditambahkan untuk memperluas data pembandingan antarmetode. Setelah masa perendaman, dilakukan pengukuran perubahan tinggi spesimen menggunakan dial gauge untuk menghitung persentase pengembangan tanah.

Tabel 4. Hasil Pengujian CBR Rendaman

Sampel	Kadar Bentonit (%)	Swelling (%)
1	0%	2,34
2	30%	3,02
3	40%	3,04
4	50%	2,91
5	60%	2,88
6	100%	2,53

(Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium Tahun 2025)

Berdasarkan hasil pengujian yang ditunjukkan pada Tabel 4 terlihat bahwa nilai pengembangan tertinggi diperoleh pada sampel 3 dengan nilai 3,04% yang mengandung 40% bentonit. Sementara nilai pengembangan terendah terjadi pada Sampel 1 dengan nilai 2,34% yang merupakan tanah tanpa substitusi bentonit. Penambahan bentonit hingga 40% menyebabkan peningkatan nilai pengembangan. Berdasarkan nilai yang didapat, grafik dapat diplot sebagai berikut:

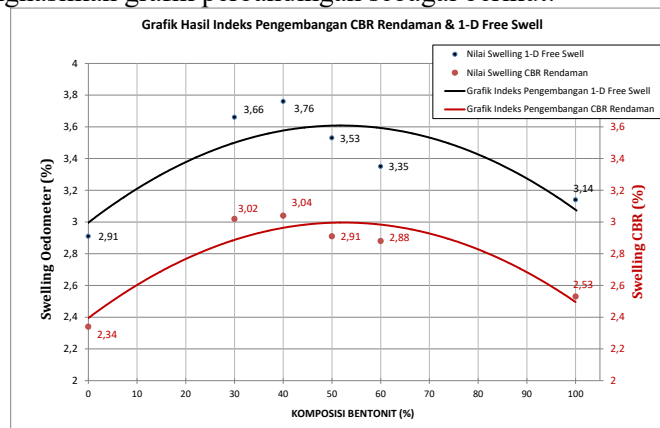


Gambar 7. Grafik Nilai *Swelling* CBR Rendaman

Pada Gambar 7 menunjukkan hubungan antara komposisi bentonit terhadap nilai *swelling* atau pengembangan tanah berdasarkan pengujian CBR rendaman. Terlihat bahwa nilai *swelling* cenderung meningkat dari sampel 1 hingga sampel 3, yaitu pada substitusi bentonit sebesar 0% hingga 40%. Puncak nilai pengembangan terjadi pada komposisi 40% bentonit dengan nilai *swelling* sebesar 3,04%. Setelah mencapai titik maksimum tersebut, terjadi penurunan nilai *swelling* pada sampel berikutnya, yaitu pada komposisi bentonit 50%, 60%, hingga 100%. Penurunan ini mengindikasikan bahwa penambahan bentonit secara berlebih tidak selalu meningkatkan potensi pengembangan tanah, bahkan dapat menurunkannya.

### Perbandingan Nilai *Swelling* 1-D *Free Swell* dan CBR Rendaman

Pengujian 1-D *Free Swell* dan CBR rendaman menunjukkan hasil nilai pengembangan yang berbeda untuk setiap variasi komposisi bentonit. Berdasarkan klasifikasi Chen (1988), nilai pengembangan dari uji 1-D *Free Swell* berada pada kisaran 2,91%–3,76%, yang tergolong dalam kategori rendah hingga sedang. Sebaliknya, hasil pengujian CBR rendaman dengan acuan klasifikasi Look (2016) memberikan nilai pengembangan yang relatif lebih rendah, yaitu 2,34%–3,04%, dengan klasifikasi sedang hingga tinggi. Nilai pengembangan dari kedua metode menghasilkan grafik perbandingan sebagai berikut:



Gambar 8. Grafik Hasil *Swelling* CBR Rendaman & 1-D *Free Swell*

Meskipun terdapat perbedaan besaran nilai, tren kedua metode menunjukkan kecenderungan yang konsisten, yaitu peningkatan nilai pengembangan pada komposisi bentonit 30–40% yang kemudian menurun kembali pada kadar bentonit di atas 40%. Hal ini memperlihatkan bahwa penambahan bentonit tidak selalu meningkatkan potensi pengembangan secara linear, melainkan dipengaruhi oleh interaksi mineral lempung dalam substitusi tanah serta kondisi pemadatan sampel. Dengan demikian, terdapat batas optimum

penambahan bentonit terhadap tanah yang mampu memaksimalkan potensi pengembangan sebelum nilai tersebut kembali menurun pada kadar bentonit yang lebih tinggi.

#### **D. Penutup**

##### **Simpulan**

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan yang telah diuraikan, temuan-temuan yang diperoleh memberikan gambaran mengenai karakteristik dan perilaku sampel yang diteliti, untuk itu beberapa kesimpulan yang dapat ditarik sebagai berikut.

- a. Pengujian CBR rendaman sesuai SNI 1744:2012 menunjukkan bahwa penambahan bentonit berpengaruh signifikan terhadap potensi pengembangan tanah. Nilai swelling tertinggi terjadi pada substitusi 40% bentonit dengan nilai 3,04% yang menurut klasifikasi Look (2016) masuk kategori tinggi. Penambahan bentonit di atas 40% menurunkan nilai swelling akibat peningkatan kerapatan partikel. Metode ini efektif untuk mengidentifikasi karakteristik tanah ekspansif pada kondisi pembebanan.
- b. Pengujian 1-D Free Swell Test sesuai SNI 6424:2008 memperlihatkan nilai swelling tertinggi pada substitusi 40% bentonit sebesar 3,76%, yang menurut klasifikasi Chen (1988) termasuk kategori sedang. Penurunan nilai swelling pada substitusi bentonit di atas 40% menunjukkan adanya batas efektivitas penambahan bentonit, di mana struktur tanah menjadi lebih rapat sehingga ruang untuk ekspansi berkurang.
- c. Perbandingan kedua metode menunjukkan perbedaan nilai dan klasifikasi akibat mekanisme uji yang berbeda. Swelling 1-D Free Swell berada pada kisaran 2,91%–3,76% (rendah–sedang), sedangkan swelling CBR rendaman pada kisaran 2,34%–3,04% (sedang–tinggi). Meskipun demikian, keduanya menunjukkan tren serupa, yaitu peningkatan pada 30–40% bentonit dan penurunan setelahnya, sehingga saling melengkapi dalam menggambarkan potensi pengembangan tanah ekspansif.

##### **Saran**

Berikut ini saran yang dapat disimpulkan untuk menyempurnakan hasil penelitian potensi pengembangan tanah dengan metode CBR rendaman dan metode 1-D *Free Swell*, dimana penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan pengujian indeks pengembangan dengan memperluas variasi komposisi bentonit, misalnya dengan interval penambahan yang lebih kecil (5%–10%). Hal ini bertujuan untuk memperoleh data yang lebih detail dan perubahan tren pada grafik hubungan tersebut lebih terlihat.

##### **Daftar Pustaka**

- Arbianto, R. (2016). Studi Korelasi Indeks Plastisitas Dan Batas Susut Terhadap Perilaku Mengembang Tanah. *Jurnal Hasil Riset (JHS)*.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008). Metode pengujian 1-D free swell (SNI 6424:2008). Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2012). Metode pengujian nilai CBR dengan alat laboratorium (SNI 1744:2012). Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008). Metode pengujian pemadatan tanah di laboratorium (SNI 1742:2008). Badan Standardisasi Nasional.
- Evelyn, & Makarim. (2018). Potensi Ekspansif Pada Tanah Residual Dengan Atterberg Limit Dan X-Ray Diffraction Test Untuk Wilayah Jakarta Dan Sekitarnya. *Jurnal Kajian Teknik Sipil (JKTS)*.
- Chen, F. H. (1988). *Foundations on expansive soils*. Amsterdam: Elsevier.
- Das, B. M. (2010). *Principles of Geotechnical Engineering (7th ed.)*. Stamford, CT: Cengage Learning.
- Fardiansah, Y., & Gofar, N. (2020). Pengaruh Penambahan Pasir Terhadap Daya Dukung Subgrade Jalan. *Jurnal Penelitian dan Kajian Bidang Teknik Sipil*, 9(2).

- Frikandy, M., Julian, J., Liu, K., Khadafi, M., Shiddiqi, M. A. A., & Surjandari, N. S. (2024). Karakteristik Tanah Ekspansif di Beberapa Daerah di Jawa Tengah.
- Look, B. G. (2016). The weighted plasticity index in road design and construction. *Australian Geomechanics*, 51(3), 21–36.
- Maricar, M. H. (2016). Kajian Eksperimental Kesesuaian Antara Sifat Indeks Dan Hasil X-Ray Diffraction Tanah Ekspansif. *Jurnal Kajian Teknik Sipil (JKTS)*.
- Muntohar, A. S. (2003). Swelling and compressibility characteristics of soil – bentonite mixtures. *Civil Engineering Dimension*, 5(2), 93–98.
- Sapta, W., Harianto, Y., & Gofar, N. (2023). CBR Correlation with Index and Compaction Propertis of Soil. *Indonesian Geotechnical Journal*, 2(3).