



## Perilaku Nilai Kuat Tekan Bebas pada Tanah Ekspansif Kabupaten Tangerang

Putera Agung Maha Agung<sup>1</sup>, Aida Nurfitri<sup>2</sup>, Aldo Wirastana Adinegara<sup>3</sup>, Zaindra Fakhri Salim<sup>4</sup>

<sup>1,3</sup>Program Studi Teknik Perancangan Jalan dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Jakarta, Kota Depok-16425, Provinsi Jawa Barat, Indonesia

<sup>2,4</sup>Program Studi Konstruksi Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Jakarta, Kota Depok-16425, Jawa Barat, Indonesia  
<sup>1</sup>putera.agungmagung@sipil.pnj.ac.id, <sup>2</sup>aida.nurfitri.ts21@mhs.w.pnj.ac.id, <sup>3</sup>aldowirastana@gmail.com,

<sup>4</sup>zaindra.fakhri.salim.ts21@mhs.w.pnj.ac.id

### Abstract

*Expansive soil is a type of soil that often causes problems in construction due to its ability to swell and shrink due to fluctuations in moisture content. This study evaluates the behavior of an expansive soil sample from Kranggan Road, Cisauk Subdistrict, Tangerang Regency, using the laboratory unconfined compressive strength (UCT), including its physical properties. The unconfined compressive strength testing is needed to determine ( $q_u$ ) values of expansive soils. Road damage due to the expansive soil would cause some cracks and/ or pavement surface damage in a short time. The research aims to find the deformation behavior based on the plasticity index (PI) and ( $q_u$ ) value using PLAXIS 2D. The results show that the expansive soil could be classified as montmorillonite inorganic clay with a high value of plasticity index (PI) of 35.30%. Unconfined compression value was 3.53 kg/cm<sup>2</sup> and 2.89 kg/cm<sup>2</sup> in compacted and remoulded conditions, respectively. Magnitude of deformation during the rainy season indicated that a heave deformation of 0.14 mm and the settlement reached 0.47 mm with an SF value of 1.10. The maximum of a heave deformation value was 0.14 mm and 0.30 mm for settlement with a safety factor (SF) value of 1.30 during the dry season.*

*Keywords: Unconfined Compression Test, Expansive Soil, Plasticity Index, Heave, Settlement.*

### Abstrak

Tanah ekspansif merupakan jenis tanah yang sering menyebabkan masalah dalam konstruksi karena kemampuannya dalam mengembang serta menyusut akibat fluktuasi perubahan kadar air. Studi ini mengevaluasi perilaku contoh tanah ekspansif yang berasal Jalan Kranggan, Kecamatan Cisauk, Kabupaten Tangerang dengan menggunakan pengujian kuat tekan bebas di laboratorium termasuk sifat-sifat fisiknya. Pengujian kuat tekan bebas dibutuhkan untuk menentukan nilai kuat tekan ( $q_u$ ) pada tanah ekspansif. Kerusakan jalan akibat tanah ekspansif menyebabkan retakan dan/ atau kerusakan permukaan perkerasan jalan dalam waktu singkat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perilaku deformasi berdasarkan nilai plastisitas indeks (PI) dan ( $q_u$ ) dengan menggunakan PLAXIS 2D. Hasil pengujian menunjukkan bahwa tanah ekspansif dapat diklasifikasikan sebagai dengan lempung montmorillonite anorganik dengan nilai tertinggi indeks plastisitas (PI) sebesar 35,30%. Uji kuat tekan bebas menghasilkan nilai kuat tekan bebas 3,53 kg/cm<sup>2</sup> dan 2,89 kg/cm<sup>2</sup> masing-masing pada kondisi dipadatkan (*compacted*) dan dibentuk kembali (*remoulded*). Besar deformasi saat musim hujan menunjukkan maksimum penonjolan ke atas (*heave*) 0,14 mm dan penurunan 0,47 mm dengan ( $FK$ ) = 1,10. Besar penonjolan ke atas sebesar 0,14 mm dan penurunan sebesar 0,30 mm dengan nilai faktor keamanan ( $FK$ ) = 1,30 selama musim kemarau.

Kata kunci: Uji Kuat Tekan Bebas, Tanah Ekspansif, Indeks Plastisitas, Heave, Settlement.

Diterima Redaksi : 2024-08-26 | Selesai Revisi : 2025-02-14 | Diterbitkan Online : 2025-08-04

### 1. Pendahuluan

Tanah merupakan komponen penting dalam suatu konstruksi yang menjadi dasar atau fondasi pada bangunan atau infrastruktur. Tanah memiliki karakteristik berbeda-beda tergantung pada lokasi geografis, topografi, iklim, organisme, waktu dan dapat

mempengaruhi kekuatan pada struktur yang dibangun di atasnya [1]. Salah satu permasalahan yang terjadi akibat dari karakteristik tanah yaitu pada Proyek perbaikan jalan Kranggan, Kecamatan Cisauk, Kabupaten Tangerang oleh Dinas Bina Marga dan Sumber Daya Air Kabupaten Tangerang. Kerusakan



jalan tersebut diakibatkan oleh permasalahan pada tanah yang diduga sebagai tanah ekspansif.

Tanah ekspansif merupakan tanah kembang-susut yang diakibatkan oleh fluktuasi perubahan kadar air, sehingga menyebabkan perubahan volume atau deformasi pada tanah [2]. Tanah ekspansif umumnya ditemukan pada wilayah beriklim tropis, yang mengalami perubahan cuaca yang mengakibatkan terjadinya perubahan kadar air tanah. Indonesia mempunyai dua musim, yaitu musim hujan dan kemarau, pada saat musim hujan tanah ekspansif akan menyerap air lebih banyak yang mengakibatkan tanah mengembang dan menjadi lunak, sebaliknya apabila musim kemarau tanah mengalami penguapan sehingga menyebabkan tanah menyusut dan keras [3]. Proses mengembang dan menyusut pada tanah lempung ekspansif dapat memicu retakan yang dapat merusak struktur di atasnya [4]. Kerusakan/retakan tersebut disebabkan oleh pergerakan pada tanah [5].

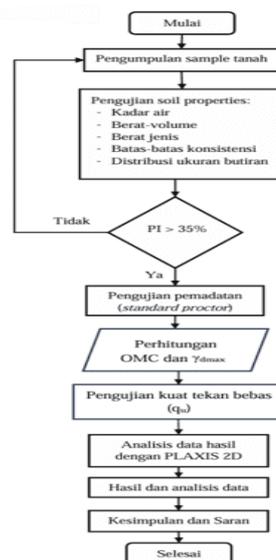
Permasalahan tersebut juga disebabkan oleh kandungan mineral *montmorillonite* dalam tanah, yang membuat tanah mudah menyerap dan melepaskan air dalam pori-porinya [6]. Selain itu, indeks plastisitas (PI) juga berperan dalam mempengaruhi sifat ekspansif tanah. Tanah dengan nilai indeks plastisitas (PI) lebih dari 35% dikategorikan sebagai tanah ekspansif [7]. Sifat ini dapat mempengaruhi beberapa parameter geoteknik, salah satunya adalah nilai kuat tekan bebas. Pengujian kuat tekan bebas dilakukan untuk mengukur seberapa kuat tanah dapat menahan beban vertikal hingga tanah mengalami deformasi atau keruntuhan. Penelitian ini berfokus pada karakterisasi sifat fisik tanah, pengukuran nilai kuat tekan bebas ( $q_u$ ) serta analisis deformasi yang terjadi ditinjau dari kedua musim yaitu musim hujan dan musim kemarau.

## 2. Metode Penelitian

### 2.1 Diagram Alir Penelitian

Pengujian awal dilakukan penelitian untuk mendapatkan karakteristik *index properties* tanah asli untuk memahami sifat-sifat fisik dan kandungan yang terdapat dalam sampel tanah dan dilakukan pengujian pemadatan dengan metode *standard proctor* untuk memperoleh kadar air optimum serta berat volume kering maksimum. Selanjutnya, dilakukan pengujian kuat tekan bebas dengan menggunakan sampel silindris yang diperoleh dari uji pemadatan dengan (*OMC*).

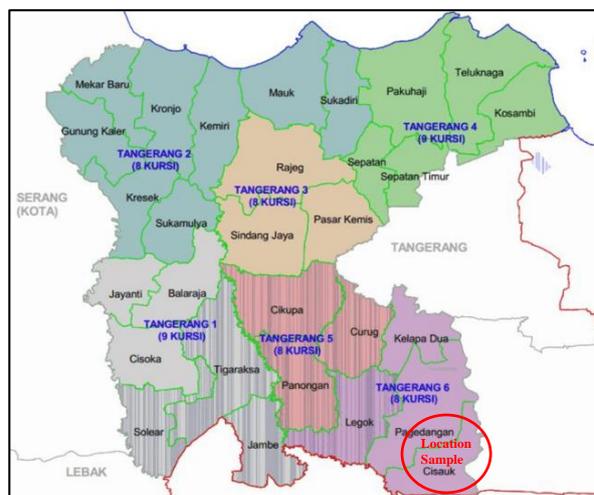
Dua jenis sampel diuji dalam pengujian ini, sampel pertama diambil dari hasil pemadatan (*compacted*) dan sampel kedua diambil dari sampel tanah cetak ulang (*remoulded*). Hasil dari pengujian ini adalah tegangan maksimum ( $q_u$ ) yang dicapai oleh masing-masing sampel. Setelah dilakukan pengujian, dilakukan analisis deformasi yang terjadi ditinjau dari dua musim yaitu musim hujan dan kemarau dengan *software* PLAXIS 2D untuk simulasi deformasi dan faktor keamanan (*FK*). Berikut adalah diagram alir pada penelitian ini (Gambar 1).



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

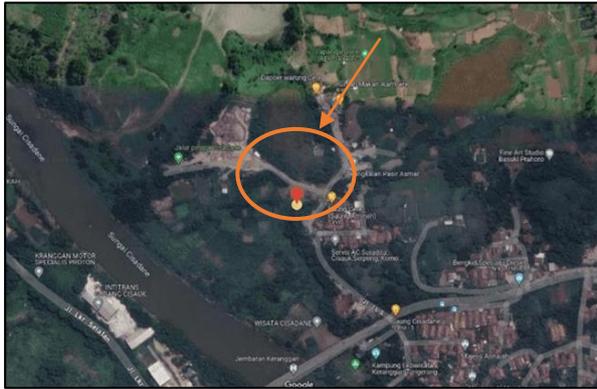
### 2.2 Lokasi Penelitian

Pada lokasi di Jalan Kranggan, Kecamatan Cisauk, Kabupaten Tangerang dilakukan pengambilan sample tanah untuk dilakukan pengujian di laboratorium untuk mengetahui sifat fisik serta sifat mekanik pada lokasi tersebut. Berikut merupakan lokasi pengambilan sampel pada Gambar 2 dan 3 [8].



Gambar 2. Peta Kabupaten Tangerang [8]

Kota Tangerang memiliki keadaan tanah yang relatif datar, namun di beberapa wilayah kecamatan terdapat kondisi keadaan tanah sengan lahan yang bergelombang yaitu pada beberapa wilayah di Kecamatan Ciputat Timur dan di perbatasan antara Kecamatan Pamulang dengan Kecamatan Setu. Sedangkan kondisi geologi di kota Tangerang Selatan pada umumnya merupakan batuan aluvium, yaitu terdiri dari batuan kerikil, kerakal, lanau, lempung, dan bongkah [9].



Gambar 3. Lokasi Studi Penelitian

### 2.3. Peralatan Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan pengambilan sampel lapangan yaitu tanah terganggu (*disturbed*). Alat pengambilan sampel menggunakan cangkul, sekop, serta alat lainnya.

Pada alat pengujian laboratorium telah memenuhi standar yang ditetapkan ASTM (*American Society for Testing Materials*) yang terdiri dari:

- Kadar air (ASTM D 2216-19) [10]
- Berat jenis (ASTM D 854-14) [11]
- Berat-volume (ASTM D 2937) [12]
- Batas konsistensi (ASTM D 423 & D 424) [13]
- Analisa ukuran butir (ASTM D 422) [14]
- Pemadatan (ASTM D 698-07) [15]
- Kuat tekan bebas (ASTM D 2166-06) [16]

### 2.4 Kuat Tekan Bebas

Kuat tekan bebas adalah parameter mekanik yang digunakan untuk menentukan kekuatan tanah dalam menahan beban hingga mencapai titik keruntuhan. Pengujian ini termasuk dalam kategori pengujian triaksial tidak/belum terkonsolidasi dan tidak terdrainase (*unconsolidated undrained* atau UU) [17]. Kuat tekan bebas diukur sebagai beban aksial (pergerakan vertikal) per satuan luas hingga mencapai keruntuhan atau regangan 20% [18]. Dalam pengujian kuat tekan bebas, tanah ditekan secara aksial tanpa diterapkan tegangan sel ( $\sigma_3$ ), sehingga pengujian ini hanya melibatkan beban aksial yang diberikan secara bertahap hingga tanah mengalami keruntuhan seperti tampak pada Gambar 4. Dengan tegangan sel nol, keruntuhan tanah terjadi, maka:

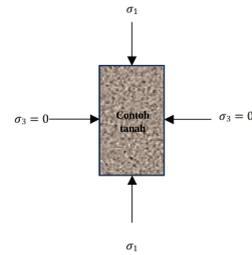
$$\sigma_1 = \sigma_3 + \Delta\sigma_f = \Delta\sigma_f = q_u \quad (1)$$

Terdapat perumusan nilai kuat tekan bebas ( $q_u$ ):

$$q_u = \frac{p}{A} = \frac{k \cdot N}{A} \quad (2)$$

Dengan ( $q_u$ ) adalah kuat tekan bebas [ $kg/cm^2$ ], ( $P$ ) adalah beban aksial maksimum [ $kg$ ], ( $A$ ) adalah luas

penampang maksimum [ $cm^2$ ], ( $k$ ) dan ( $N$ ) adalah faktor kalibrasi dan hasil pembacaan (*div*) proving ring.



Gambar 4. Pengujian Kuat Tekan Bebas

### 2.5 Aktivitas (Activity atau A)

Dalam menilai potensi ekspansifitas tanah, ada dua metode utama yang dapat digunakan yaitu berdasarkan Plastisitas indeks (*PI*) atau dengan nilai aktivitas tanah (*activity*) [6]. Plastisitas indeks (*PI*) dapat memberikan gambaran mengenai sejauh mana tanah akan mengembang dan menyusut akibat perubahan air, sementara nilai aktivitas tanah berkaitan dengan jumlah mineral lempung yang ada dalam sampel tanah. Aktivitas (*A*) merupakan parameter antara batas-batas Atterberg dan kandungan lempung [6]. Menurut Seed et al [19], dengan merujuk pada Skempton [20] dengan melakukan perbandingan antara nilai indeks plastisitas dengan persen fraksi lempung lolos saringan < 0,002 mm pada pengujian hidrometer dikurangi dengan faktor reduksi = 10 dapat menentukan nilai aktivitas pada tanah lempung ekspansif.

$$A = \frac{PI}{C-10} \quad (3)$$

### 2.6 Sifat Fisik Tanah Ekspansif

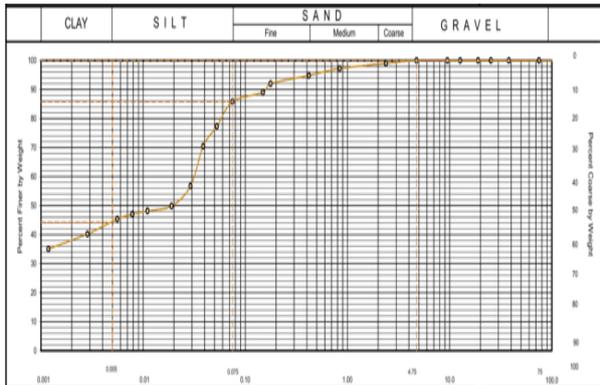
Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan pada Laboratorium Mekanika Tanah didapat hasil pengujian sifat fisik. Berikut merupakan hasil rekapitulasi pada hasil pengujian sifat fisik tanah.

Tabel 1. Rekapitulasi Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah

Sifat fisik	Satuan	Nilai
<b>Kadar Air (<math>w_c</math>)</b>	%	40,436
<b>Berat-volume</b>		
Berat tanah kering ( $\gamma_d$ )	gr/cm <sup>3</sup>	1,224
Berat tanah basah ( $\gamma_t$ )	gr/cm <sup>3</sup>	1,719
<b>Berat jenis butir (<math>G_s</math>)</b>		2,648
<b>Batas-batas konsistensi</b>		
Batas cair, LL	%	67,850
Batas plastis, PL	%	32,550
<b>Distribusi ukuran butir</b>		
Pasir, S	%	14,200
Lanau, M	%	41,560
Lempung, C	%	44,240
<b>Klasifikasi berdasarkan AASHTO</b>		<b>A-7-5</b>
<b>Klasifikasi berdasarkan USCS</b>		<b>CH</b>

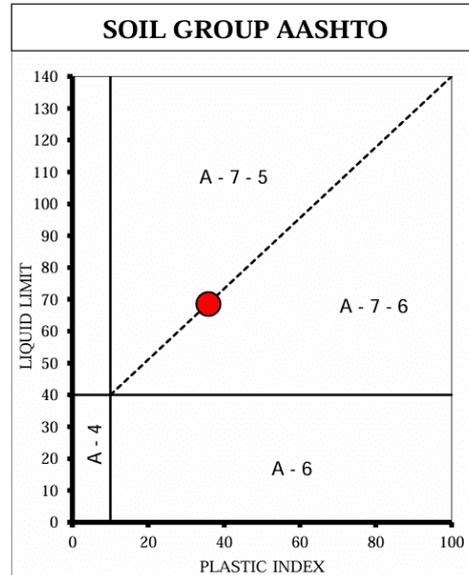
Hasil penelitian sifat fisik (Tabel 1) menunjukkan kadar air rata-rata ( $w_c$ ) = 40,44%, dengan nilai batas cair (LL) = 67,85 % dan nilai batas plastis (PL) = 32,55%.

Distribusi ukuran butir menunjukkan bahwa tanah tersebut didominasi oleh lempung, dengan persentase lempung sebesar 44,24%, lanau sebesar 41,56%, dan pasir sebesar 14,20%. Dengan persentase total butiran halus sebesar 85,80% tanah ini diklasifikasikan sebagai tanah berjenis *clayey silty sandy*.



Gambar 1. Grafik analisis ukuran butiran

struktur badan jalan menjadi rusak dan sulit untuk dilintasi oleh kendaraan. Dengan demikian, lapisan tanah lempung ekspansif telah banyak menelan biaya konstruksi perbaikan yang sangat besar.



Gambar 2. Klasifikasi tanah berdasarkan AASHTO

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Karakteristik Sifat Fisik Tanah

Berdasarkan hasil pengujian sifat fisik yang dilakukan di laboratorium telah dilaksanakan sesuai dengan standar ASTM, menggunakan klasifikasi tanah AASHTO serta USCS. Dari hasil karakteristik sifat fisik, di peroleh nilai plastisitas indeks ( $PI$ ) dan tingkat aktivitas tanah (*activity*) untuk memberikan gambaran mengenai potensi ekspansifitas tanah tersebut.

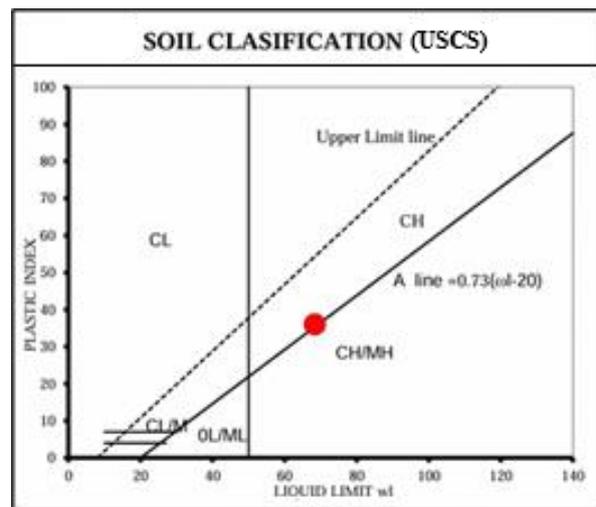
Tabel 2. Hasil plastisitas indeks ( $PI$ ) dan aktivitas tanah ( $A$ )

Plastisitas Indeks ( $PI$ ) (%)	Aktivitas ( $A$ )
35,30	1,31

Berdasarkan Tabel 2, nilai plastisitas indeks ( $PI$ ) diperoleh dari pengujian batas konsistensi (*Atterberg limits*) dengan menghitung selisih antara nilai batas cair ( $LL$ ) dan batas plastis ( $PL$ ), hasil ( $PI$ ) didapat sebesar 35,30%. Menagacu pada grafik klasifikasi AASHTO yang ditunjukkan pada Gambar 6 dengan mengkorelasikan nilai batas cair ( $LL$ ) dan plastisitas indeks ( $PI$ ), tanah dikategorikan sebagai ( $A-7-5$ ) yang menunjukkan bahwa sampel tersebut merupakan tanah berlempung. Menurut klasifikasi USCS pada Gambar 7 tanah ini berada di atas garis  $A$  ( $A$ -Line) dengan nilai ( $LL$ ) > 50% dan dengan ( $PI$ ) > 35%, sehingga tanah tersebut diklasifikasikan sebagai ( $CH$ ), yang berarti lapisan lempung anorganik dengan plastisitas tinggi.

Dari kedua klasifikasi tersebut dapat diketahui bahwa lapisan tanah di daerah studi dikelompokkan dalam lempung ekspansif yang sangat sensitif. Dalam beberapa tahun terakhir, lapisan tanah lempung ini telah membuat

DOI : <https://doi.org/10.52158/jaceit.v7i1.961>



Gambar 3 Klasifikasi tanah berdasarkan USCS

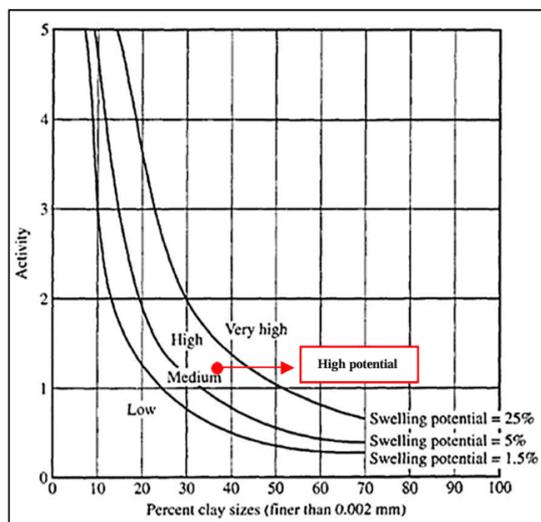
Identifikasi tanah ekspansif dapat dilihat juga dari nilai aktivitas (*activity*). Berdasarkan Persamaan (3) hasil nilai aktivitas ( $A$ ) di dapat 1,307 menunjukkan nilai aktivitas tersebut, tanah dinyatakan reaktif terhadap perubahan kadar air dan diidentifikasi mengandung mineral *montmorillonite* yang memiliki nilai aktivitas berkisar antara 1-7 [20].

Tabel 3. Hubungan aktivitas dengan kandungan mineral [20]

Mineral	Aktivitas ( $A$ )
<i>Kaolinite</i>	0,4 – 0,5
<i>Illite</i>	0,5 – 1,0
<i>Montmorillonite</i>	1,0 – 7,0

**Keterangan:**

Angka pada mineral Montmorillonite ditandai untuk menunjukkan bahwa nilai aktivitas hasil perhitungan (1,307) berada dalam rentang ini, yang mengindikasikan keberadaan mineral montmorillonite dalam sampel tanah yang diuji.



Gambar 4. Grafik potensi pengembangan [21]

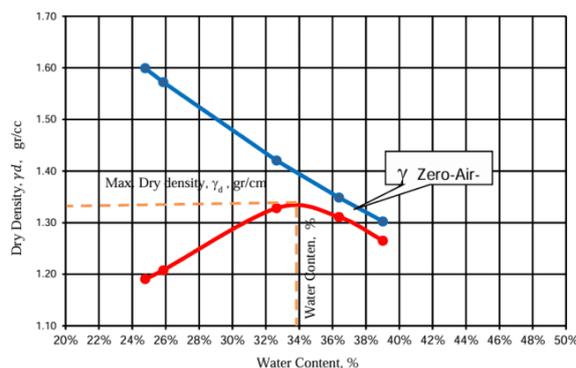
Korelasi untuk menentukan tingkat potensi pengembangan pada tanah dengan mengkorelasikan nilai aktivitas dengan persen lolos fraksi butiran lempung < 0,002 mm [7]. Hasil analisis pada Gambar 8 menyatakan bahwa pada sampel tersebut memiliki potensi pengembangan yang tinggi [22]. Berdasarkan hasil pada penentuan sifat fisik pada tanah lempung, dapat diidentifikasi bahwa sampel tanah merupakan tanah ekspansif lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, memiliki nilai plastisitas indeks ( $PI$ ) > 35%, batas cair ( $LL$ ) > 50%, serta nilai aktivitas > 1,25 dengan tingkat pengembangan tinggi.

**3.2. Persiapan Sampel Kuat Tekan Bebas**

Penelitian ini menggunakan sampel tanah terganggu (*disturbed*) yang diambil dari kedalaman 1,5 m. Sampel untuk pengujian kuat tekan bebas (*unconfined compression test*) diperoleh dari pengujian pemadatan menggunakan metode *standar proctor* pada kadar air optimum ( $OMC$ ). Untuk mendapatkan  $OMC$ , pengujian pemadatan dilakukan dengan variasi kadar air, yaitu 14%, 18%, 22%, 26%, dan 30%. Hasil pengujian pemadatan ditunjukkan pada Gambar 9, menunjukkan bahwa  $OMC$  sebesar 33,95%, dengan berat volume kering maksimum ( $\gamma_{dmax}$ ) sebesar = 1,35 gr/cm<sup>3</sup>.

Sampel kuat tekan bebas dilakukan menggunakan sampel dengan diameter 3,8 cm dan tinggi 7,6 cm atau dua kali diameter sampel. Pengukuran dilakukan tiga kali untuk mendapatkan rata-rata diameter dan tinggi sampel yang akurat. Pada penelitian ini, digunakan dua jenis sampel yaitu sampel yang dipadatkan (*compacted*) dan sampel cetak ulang (*remoulded*) yang keduanya diambil pada kadar air optimum dari hasil pengujian pemadatan. Sampel pemadatan (*compacted*) dicetak

sesuai ukuran silinder dengan penekanan pada sampel pemadatan, sementara sampel cetak ulang (*remoulded*) diambil dari sampel pemadatan namun dicetak ulang dan tidak langsung diambil dari hasil pemadatan awal. Setelah proses pencetakan, permukaan atas dan bawah benda uji dilapisi dengan kertas sesuai dengan diameter benda uji untuk memastikan distribusi beban merata. Selanjutnya, pengukuran tinggi dan diameter dilakukan sebanyak tiga kali untuk mendapatkan rata-rata pengukuran. Berat benda uji ditimbang untuk mengetahui massa benda uji sebelum pengujian.



Gambar 5. Kurva pengujian pemadatan (*standard proctor*)

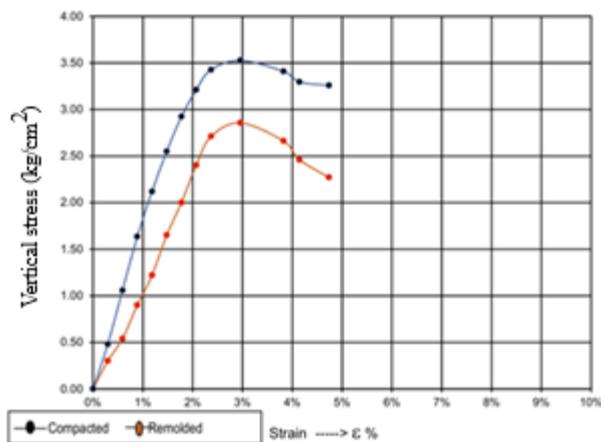
Benda uji kemudian diletakkan pada alat kuat tekan bebas (*unconfined compression test*), dimana beban aksial (vertikal) diterapkan dengan laju regangan 0,900 mm permenit. Selama pengujian, perubahan volume benda uji dicatat melalui pembacaan pada proving ring sesuai dengan interval waktu yang ditentukan. Pengujian dilanjutkan hingga terjadi keruntuhan pada sampel, yang ditandai dengan penurunan nilai proving ring sebanyak tiga kali berturut-turut atau hingga regangan mencapai 20%. Data yang diperoleh kemudian digunakan untuk menghitung perubahan tinggi, persen regangan, dan area terkoreksi, yang akhirnya menghasilkan nilai kuat tekan bebas ( $q_u$ ) dari sampel.

**3.3. Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas**

Dalam penelitian ini, pengujian kuat tekan bebas (*unconfined compression test*) dilakukan pada dua sampel tanah yang sebelumnya telah melalui pengujian pemadatan menggunakan metode pemadatan standar (*standard proctor*) untuk menentukan kepadatan kering maksimum ( $\gamma_{dmax}$ ) dan kadar air optimum ( $OMC$ ). Setelah proses pemadatan, kedua sampel tersebut dicetak menggunakan cetakan silinder khusus yang sesuai dengan standar pengujian kuat tekan bebas dilaksanakan untuk mengevaluasi karakteristik kekuatan dan deformasi tanah pada kondisi tanpa penahan lateral, sehingga diperoleh data yang dapat digunakan untuk menganalisis stabilitas dan perilaku mekanik tanah lempung ekspansif yang sangat sensitif.

Uji kekuatan bebas (*unconfined compression test*) adalah salah satu pengujian mekanik yang sederhana. Pengujian kuat tekan bebas ini, hampir mirip dengan

pengujian triaksial, namun tegangan deviator ( $\sigma_h$ ) dianggap sama dengan nol. Dalam penelitian, kuat tekan bebas sangat bermanfaat untuk menilai kemampuan kekuatan geser di dalam menerima kondisi basah atau kering (*wet-dry condition*) pada saat musim hujan dan musim kemarau. Reduksi dari kekuatan geser ini harus terukur sebagai acuan stabilisasi nantinya.



Gambar 6. Kurva pengujian kuat tekan bebas

Berdasarkan hasil grafik pengujian kuat tekan bebas (*unconfined compression test*) (Gambar 10), terlihat perbedaan respons antara sampel 1 tanah yang dipadatkan (*compacted*) dan sampel 2 yang dicetak ulang (*remoulded*). Secara umum, pola tegangan-regangan untuk kedua jenis sampel menunjukkan peningkatan tegangan seiring dengan peningkatan regangan hingga mencapai nilai maksimum, kemudian menurun seiring dengan bertambahnya regangan. Dari grafik tersebut, dapat dilihat bahwa nilai tegangan deviator maksimum ( $q_u$ ) untuk sampel 1 (*compacted*) lebih tinggi dibandingkan dengan sampel 2 (*remoulded*). Sesuai dengan Persamaan (2) pada sampel ini tegangan maksimum yang dicapai oleh sampel 1 (*compacted*) adalah 3,53 kg/cm<sup>2</sup> pada regangan sekitar 2,96%. Sementara itu, tegangan maksimum untuk sampel 2 (*remoulded*) sebesar 2,75 kg/cm<sup>2</sup> pada persentase strain yang sama. Hal ini menunjukkan bahwa proses pemadatan memberikan kontribusi yang signifikan terhadap peningkatan kekuatan tanah, dengan tanah yang dipadatkan mampu menahan tegangan yang lebih besar sebelum mengalami keruntuhan dibandingkan dengan tanah yang hanya dicetak ulang tanpa pemadatan. Perlu diperhatikan perubahan sifat mekanik dari kondisi asli setelah pemadatan dengan kondisi sebelum pemadatan.

Tabel 4. Hasil tegangan maksimum ( $q_u$ ) pada uji kuat tekan bebas

Regangan (strain) %	Sampel 1 kg/cm <sup>2</sup>	Sampel 2 kg/cm <sup>2</sup>
2,96	3,53	2,89

Penurunan tegangan setelah mencapai puncaknya juga berbeda antara kedua jenis sampel. Sampel 1 (*compacted*) menunjukkan penurunan tegangan yang lebih lambat, sementara sampel 2 (*remoulded*) mengalami penurunan yang lebih cepat, yang menunjukkan bahwa sampel *remoulded* lebih cepat mengalami keruntuhan. Hal ini mengindikasikan bahwa kepadatan dan kondisi awal sampel mempengaruhi perilaku mekanik tanah ekspansif.

Tanah yang dipadatkan dengan benar akan memiliki kapasitas menahan beban lebih baik dan risiko keruntuhan yang lebih rendah. Selain itu, pengendalian kadar air selama proses pemadatan untuk mencapai kadar air optimum (*OMC*) berpengaruh dalam meningkatkan kuat tekan bebas tanah.

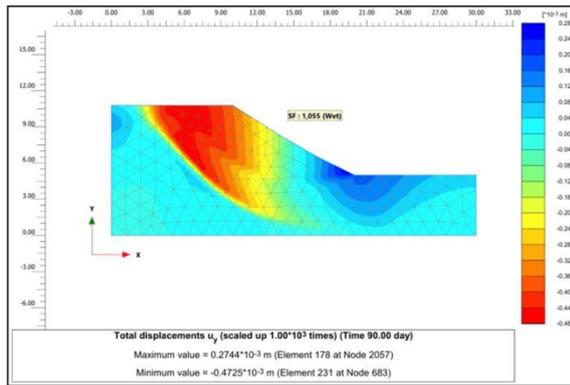
### 3.4 Analisis Deformasi Menggunakan Plaxis 2D

Pada analisis ini dilakukan pemodelan deformasi yang terjadi pada lereng berdasarkan hasil pengujian sifat fisik dan sifat mekanik pada tanah lempung ekspansif, dengan menggunakan metode elemen hingga. Analisis deformasi ditinjau dari 2 musim yaitu pada musim penghujan (*wet*) dan musim kemarau (*dry*). Berikut parameter-parameter yang digunakan dalam analisis deformasi dengan *software* PLAXIS 2D.

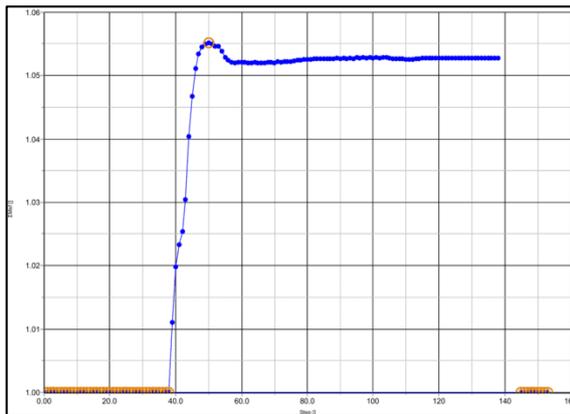
Tabel 5. Parameter input *software* PLAXIS 2D

Analisis Parameter	Musim hujan	Musim kemarau
Berat-volume kering, $\gamma_{dry}$ (kN/m <sup>3</sup> )	17,20	12,24
Berat-volume basah, $\gamma_{wet}$ (kN/m <sup>3</sup> )	19,62	17,19
Kohesi (c) (kN/m <sup>2</sup> )	8,34	8,78
Sudut geser dalam, $\phi$ (°)	17,98	18,30
Tegangan, $\sigma$ (kN/m <sup>2</sup> )	101,33	101,33
Tegangan geser, $S_u$ (kN/m <sup>2</sup> )	41,22	42,30
Modulus elastisitas, $E_s$ (kN/m <sup>2</sup> )	20607,81	21147,62
Koef. gesek antar tanah, $\mu_s$ (kN/m <sup>2</sup> )	0,40	0,30
Fraksi lempung lolos < 0,002 mm (%)	37,58	37,58
Fraksi lempung 0,002 - 0,050 mm (%)	75,97	75,97

Analisis yang dilakukan dalam pemodelan ini yaitu dengan analisis konsolidasi serta deformasi yang terjadi menggunakan *software* PLAXIS 2D dengan metode elemen hingga. Analisis dilakukan dengan mengetahui deformasi konsolidasi pada sumbu y saja atau vertikal, sesuai dengan pengujian kuat tekan bebas. Analisis ditinjau bagaimana perubahan atau deformasi yang terjadi selama 90 hari. Berdasarkan hasil Gambar 11 dan 12, pada kondisi konsolidasi arah sumbu y pada musim penghujan, deformasi maksimum (pengangkatan tanah) sebesar 0,274 mm dan deformasi minimum (penurunan tanah) sebesar -0,473 mm, dengan nilai faktor keamanan kritis pada musim penghujan sebesar 1,055.

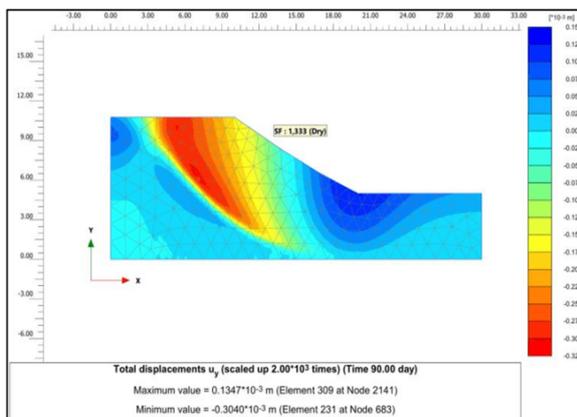


Gambar 7. Pemodelan deformasi konsolidasi musim hujan

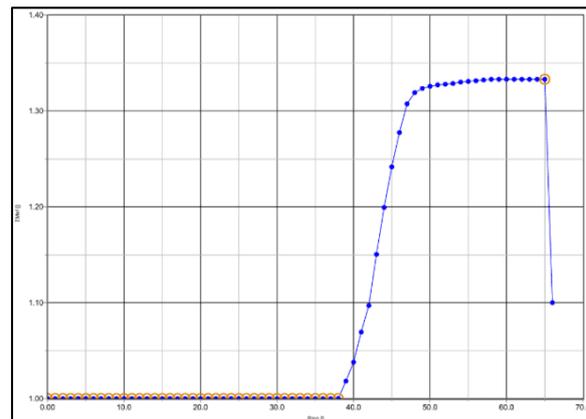


Gambar 8. Kurva faktor keamanan pada musim hujan

Berdasarkan hasil analisis deformasi konsolidasi pada musim kemarau arah y (vertikal) pada Gambar 13 dan 14, terjadi pengangkatan tanah atau deformasi maksimum sebesar 0,135 mm dan penurunan tanah atau deformasi minimum sebesar -0,304 mm dengan nilai faktor keamanan kritis sebesar 1,333. Dari hasil simulasi dapat dilihat bahwa faktor keamanan (*FK*) menurun secara drastis dalam musim hujan, dampak yang ditimbulkan adalah kerusakan infrastruktur yang berada di atasnya dan perbedaan ini menjadi dasar proses stabilisasi.



Gambar 9. Pemodelan deformasi konsolidasi musim kemarau



Gambar 10. Kurva faktor keamanan pada musim kemarau

Tabel 6. Rekapitulasi deformasi konsolidasi & Faktor keamanan (*FK*)

Musim	Deformasi		FK
	Maksimum mm	Minimum mm	
Hujan	0,274	-0,473	1,055
Kemarau	0,135	-0,304	1,333

Berdasarkan hasil pengujian deformasi konsolidasi (Tabel 6), terlihat bahwa pada musim hujan terjadi deformasi yang lebih besar dibandingkan dengan musim kemarau. Kondisi ini mengakibatkan penurunan nilai safety factor, yang menunjukkan bahwa tanah menjadi tidak stabil pada musim hujan. Sebaliknya, pada musim kemarau, deformasi yang lebih kecil mengindikasikan bahwa tanah berada dalam kondisi lebih stabil dengan nilai faktor keamanan (*FK*) yang lebih tinggi.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, tanah di lokasi Jl. Kranggan, Kecamatan Cisauk, Kabupaten Tangerang, dikategorikan sebagai tanah lempung ekspansif yang memiliki kandungan mineral *montmorillonite*. Hal ini ditunjukkan oleh nilai plastisitas indeks (*IP*) yang melebihi 35% dan nilai aktivitas (*activity*) lebih dari 1,25. Selain itu, kondisi ini juga didukung oleh dominasi butiran halus yang lolos saringan No. 200 dengan persentase lebih dari 50%, sehingga tanah ini diklasifikasi sebagai tanah lempung anorganik dengan tingkat plastisitas dan potensi pengembangan tinggi. Nilai kuat tekan bebas ( $q_u$ ) yang diperoleh dari sampel yang dipadatkan (*compacted*) mencapai 3,53 kg/cm<sup>2</sup>, sedangkan sampel cetak ulang (*remoulded*) menunjukkan nilai kuat tekan sebesar 2,89 kg/cm<sup>2</sup>. Dengan (*FK*) sebesar 2,96%, hasil ini menunjukkan bahwa tanah yang dipadatkan memiliki kemampuan menahan keruntuhan yang lebih baik dibandingkan dengan tanah yang tidak dipadatkan. Analisis deformasi menunjukkan bahwa pada musim hujan, deformasi maksimum sebesar 0,274 mm dan deformasi minimum -0,473 mm, yang lebih besar dibandingkan dengan musim kemarau dimana deformasi maksimum adalah 0,135 mm dan deformasi minimum

sebesar -0,304 mm. Kondisi ini menyebabkan nilai (*FK*) pada musim hujan hanya sebesar 1,055 yang menunjukkan kondisi tanah yang tidak stabil. Sebaliknya, pada musim kemarau, nilai (*FK*) meningkat menjadi 1,333, menandakan bahwa tanah lebih stabil pada kondisi tersebut.

### Daftar Rujukan

- [1] Environment and History, "The Origins of the Russian Chernozem Soil (Black Earth): Franz Joseph Ruprecht's 'Geobotanical Researches into the Chernozem' of 1866," *Environ. Hist. Environ. Hist. This J. doesn't have a profile Res. yet. Interest. this journal? Get Notif. when it Act. its profile, start Get. Updat. I'm Interest.*, vol. 16, no. 13, pp. 271–293, 2010.
- [2] A. Tugan Sudjianto, K. Basah Suryolelono, A. Rifa'i, and I. B. Mochtar, "The Effect of Water Content Change and Suction in Behaviour Volumetric Swelling of Expansive Soil," *Din. Tek. SIPIL*, vol. 11, pp. 188–193, 2011.
- [3] L. D. Jones and I. Jefferson, "Expansive soils," *ICE Man. Geotech. Eng. Second Ed.*, vol. 1, pp. 447–477, 2012.
- [4] H. G. Poulos and E. H. Davis, *Pile Foundation Analysis and Design*, Geotechnic., vol. 36, no. 3. 1980.
- [5] R. W. Day, *Foundation Engineering Handbook*. 2006.
- [6] J. D. Nelson, K. C. Chao, D. D. Overton, and E. J. Nelson, *FOUNDATION ENGINEERING FOR EXPANSIVE SOILS*, 1 st. Canada: John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2015.
- [7] F. H. Chen, *FOUNDATIONS ON EXPANSIVE SOILS*, no. 0. Amsterdam ; New York : Elsevier Scientific Pub. Co., 1975.
- [8] Komisi pemilihan umum pemilu, "Peta Wilayah Kabupaten Tangerang," 2014. .
- [9] Sucipta, "PEMETAAN GEOLOGI LINGKUNGAN KAWASAN PUSPIPTEK SERPONG DAN SEKITARNYA SEBAGAI PENYANGGA TAPAK DISPOSAL DEMO," *J. Waste Manag. Technol.*, vol. 17, no. 2, pp. 31–42, 2014.
- [10] ASTM, *Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass*. U.S, 2019.
- [11] ASTM D854-14, *Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer*. 2014.
- [12] ASTM D 2937 - 04, *Standard Test Method for Density of Soil in Place by the Drive-Cylinder Method (ASTM D 2937 - 04)*. 2004, pp. 1–5.
- [13] ASTM D424, *Standard Test Method for Plastic Limits and Plasticity Index of Soils*. .
- [14] ASTM D422-63, "Standard Test Method for Particle Size Analysis of Soils," *Astm*, vol. D422-63, no. Reapproved, pp. 1–8, 2007.
- [15] ASTM D 698-07, *Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort (12 400 ft-lb/ft<sup>3</sup> (600 kN-m/m<sup>3</sup> ) ) 1*, vol. 3. 2007, pp. 1–13.
- [16] ASTM D2166-06, *Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soil*, vol. i. 2006, pp. 6–8.
- [17] H. C. Hardiyatmo, *Mekanika Tanah I*. 2002.
- [18] F. Hidayat, S. Agus Nugroho, and F. Fatnanta, "Karakteristik Nilai Kuat Tekan Bebas Tanah Lempung Terhadap Perubahan Kadar Air dan Tebal Lapisan Pematatan," *Fteknik*, vol. 5, pp. 1–9, 2018.
- [19] H. B. Seed, R. J. Woodward, and R. Jr. and Laundgren, "Prediction of swelling potential for compacted clays," *J. ASCE, Soil Mech. Found. Div.*, vol. 88, pp. 53–87, 1962.
- [20] A. W. Skempton, "The Colloidal 'Activity' of Clays," *Sel. Pap. Soil Mech.*, vol. 1, pp. 57–61, 1953.
- [21] H. B. Seed, R. J. Woodward, and R. Lundgren, "Prediction of Swelling Potential and Pressure in Compacted Clay," *J. Soil Mech. Found. Div.*, vol. 88, pp. 107–131, 1962.
- [22] F. H. Chen, *Foundations on Expansive Soils.*, 1st ed. Elsevier Science Ltd, 1975.