

# PEMODELAN PENINGKATAN KADAR AIR AKIBAT INFILTRASI DITINJAU DARI PARAMETER KEKUATAN TANAH

Nor Puji Lestari <sup>1\*)</sup>, Anung Suwarno <sup>1)</sup>, Tedjo Mulyono <sup>1)</sup>, Sudarmono <sup>1)</sup>, Fikri Praharseno <sup>1)</sup>, Teguh Mulyo Wicaksono <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang  
Jln. Prof. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang, 50275

\*E-mail: [nor.puji@polines.ac.id](mailto:nor.puji@polines.ac.id)

## ABSTRAK

Tanah merupakan salah satu aspek penting dalam konstruksi yang memerlukan perhatian saat perencanaan yang berhubungan dengan daya dukung pondasi, stabilitas lereng, tekanan tanah lateral serta bangunan sipil lainnya. Sehingga banyak kejadian kegagalan struktur geoteknik terjadi saat kondisi tanah paling kritis. Oleh sebab itu, penelitian ini dirancang untuk mempelajari bagaimana pengaruh variasi kadar air terhadap kekuatan tanah pada kondisi normal dan jenuh sempurna. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimental di Laboratorium Mekanika Tanah Politeknik Negeri Semarang. Peningkatan variasi nilai infiltrasi dilakukan dengan cara merendam sampel tanah dalam cawan. Setelah dilakukan pemeraman, kemudian sampel tanah diuji triaksial UU. Penelitian menunjukkan bahwa pada awal penjenjutan penyerapan air maksimum akan tercapai (19,6%) dan akan berkurang sebanding dengan lama penjenjutan. Nilai kadar air bertambah mendekati nilai 100% saat penjenjutan berlangsung selama 10 hari. Parameter kuat geser tanah (kohesi) akibat penjenjutan sebesar 0,39 kg/cm<sup>2</sup>; 0,28 kg/cm<sup>2</sup> dan 0,35 kg/cm<sup>2</sup>. Sedangkan semakin jenuh tanah maka nilai sudut gesek dalam tanah juga menurun mendekati nilai nol, yaitu 11,80o; 12,17o dan 2,76o. Bertambahnya nilai kadar air pada tanah mengakibatkan menurunnya nilai kohesi dan sudut gesek dalam pada tanah. Semakin jenuh tanah (semakin lama penjenjutan) maka sudut gesek dalam tanah mendekati nol dan kohesi tanah lebih kecil dibanding kondisi tanah asli. Sehingga semakin jenuh tanah maka nilai daya dukung tanah tersebut semakin kecil.

**Kata kunci:** Derajat kejenuhan, tegangan geser, penjenjutan, triaksial.

## PENDAHULUAN

Tanah merupakan salah satu aspek penting dalam konstruksi yang memerlukan perhatian saat perencanaan. Tanah yang baik akan mendukung untuk menopang konstruksi di atasnya. Beberapa faktor yang menentukan daya dukung tanah antara lain pengaruh perubahan musim, kondisi tanah serta pengaruh beban. Pengaruh perubahan musim merupakan salah satu faktor yang berpengaruh pada tanah berbutir halus khususnya tanah lempung. Variasi kadar air dalam tanah terjadi secara terus menerus sepanjang tahun seiring dengan pergantian musim.

Sifat tanah berbutir halus sangat dipengaruhi oleh air di dalam tanah tersebut. Pada kadar air tertentu, tanah berbutir halus memiliki daya dukung rendah akibat adanya perubahan kadar air tanah, perubahan volume tanah dan perubahan tegangan geser tanah. Variasi kadar air dalam tanah terjadi secara terus menerus sepanjang tahun seiring dengan pergantian musim. Dalam perspektif mekanika tanah akibat adanya variasi kadar air mengakibatkan adanya perubahan parameter tanah serta perilaku tegangan dari tanah tersebut. Perubahan parameter dan tegangan tanah yang terjadi tentunya juga berdampak pada struktur bangunan yang berinteraksi langsung dengan tanah atau hal-hal

yang berkaitan dengan struktur geoteknik lainnya.

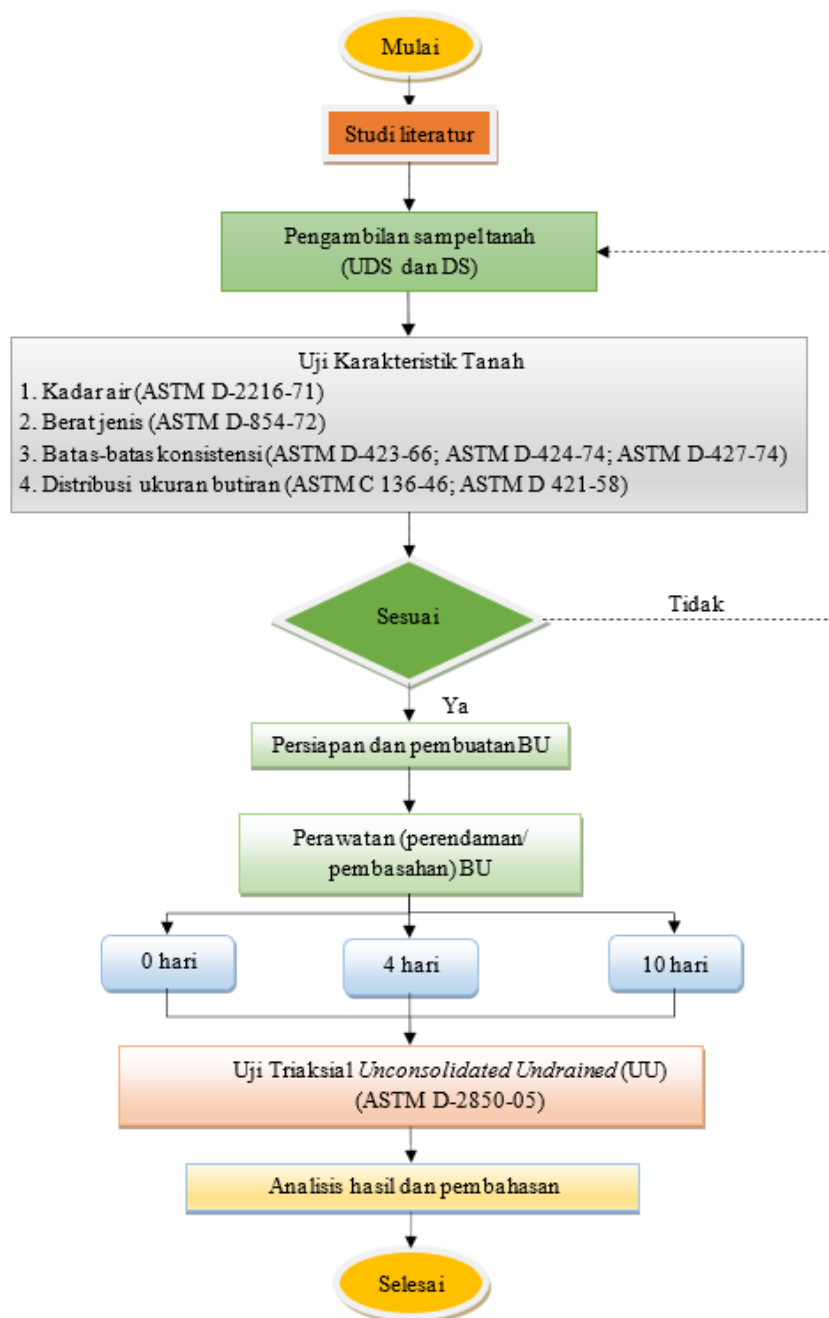
Parameter kekuatan geser tanah merupakan salah satu yang parameter penting untuk dipakai dalam berbagai perencanaan konstruksi yang berhubungan dengan daya dukung pondasi, stabilitas lereng, tekanan tanah lateral pada turap, dan tembok penahan tanah serta bangunan - bangunan sipil lainnya. Pengaruh perubahan kadar air terhadap parameter kuat geser tanah dilakukan oleh Utami dan Jenny (2018) dengan cara melakukan pengeringan sampel tanah asli dengan variasi pengeringan antara 1 jam hingga 4 jam, diperoleh bahwa semakin rendah kadar air maka tegangan geser tanah akan meningkat. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Hakim, dkk (2020) terhadap sampel tanah asli dengan variasi kadar air sesuai kondisi eksisting. Jika variasi kadar air dilakukan pada tanah lempung berdasarkan nilai optimum moisture content yang didapat dari uji *proctor*, menunjukkan bahwa kohesi maupun sudut gesek internal akan menurun jika kadar air kurang atau melebihi OMC (Agustina dan Elfrida, 2019). Metode penjuhan pada tanah pasir yang dilakukan oleh Harikumar, dkk , (2014) untuk memodelkan penjuhan secara lengkap dilakukan dengan cara merendam sampel tanah selama 24 jam, menunjukkan bahwa hasil yang diplotkan dari uji laboratorium terhadap nilai teoritis terletak pada titik yang berdekatan dengan garis 45°. Sehingga alternatif metode perendaman yang dilakukan layak untuk memodelkan

penjuhan sampel tanah pada pengujian kuat geser tanah.

Dari beberapa penelitian serupa yang telah dilakukan, menunjukkan bahwa banyak pemodelan telah dilakukan untuk mengetahui pengaruh kadar air terhadap kuat geser tanah. Namun simulasi masih terbatas pada kadar air maksimal pada kondisi eksisting yang digunakan dan penjuhan secara sempurna, sedangkan peningkatan kadar air pada tanah asli (di lapangan) akibat adanya genangan atau infiltrasi belum disimulasikan. Oleh sebab itu pada penelitian ini dilakukan pemodelan peningkatan kadar air dari kondisi eksisting akibat infiltrasi air hingga kondisi jenuh, sehingga dapat diketahui seberapa besar tingkat penyerapan air oleh tanah dan bagaimana pengaruh perubahan peningkatan kadar air tersebut pada parameter kuat gesernya.

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental di Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang. Alur penelitian dapat direkap pada Gambar 1. Contoh tanah yang digunakan diambil  $\pm$  1,00 m dari permukaan tanah. Tanah yang diambil merupakan tanah tidak terganggu (*undisturbed sample*, UDS) dan contoh tanah terganggu (*disturbed sample*, DS) untuk pengujian karakteristik tanah asli. Pengujian karakteristik tanah asli dilakukan sesuai dengan standar pengujian yang tercantum dalam ASTM.



**Gambar 1.** Bagan alir penelitian

Perendaman dilakukan selama 4 hari dan 10 hari. Pemilihan lamanya waktu perendaman berdasarkan pada aturan penjenuhan sampel tanah berbutir halus pada uji CBR *soaked* yang menyebutkan bahwa lama perendaman tanah lempung antara 4 – 10 hari. Pada skala antar waktu yang telah ditentukan tersebut banyaknya air yang terserap ke dalam sampel tanah dicatat untuk

memperoleh besarnya perubahan kadar air.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

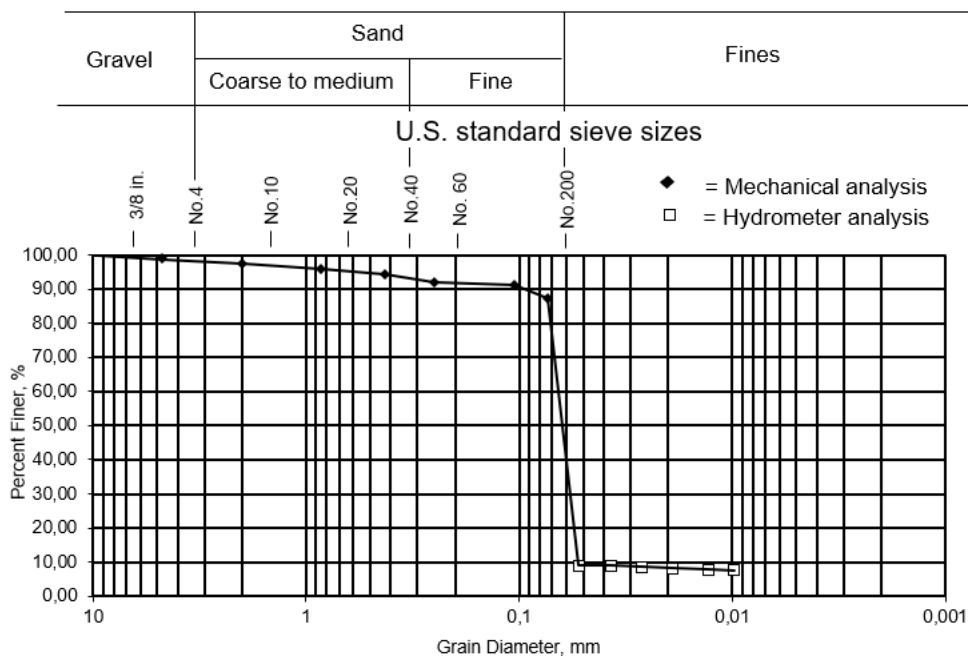
Pengujian awal propertis tanah asli yang telah diuji di Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.**  
Hasil Pengujian Karakteristik Tanah

No.	Pemeriksaan	Satuan	Nilai
1.	Kadar air ( $w$ )	%	62.08
2.	Berat jenis tanah ( $G_s$ )	gr/cm <sup>3</sup>	2.58
3.	Batas cair ( $LL$ )	%	42.5
4.	Batas plastis ( $PL$ )	%	19.71
5.	Indeks plastisitas ( $IP$ )	%	22.79
6.	Berat isi tanah kering ( $\gamma_d$ )	gr/cm <sup>3</sup>	1.256
7.	Porositas ( $n$ )	%	0.629
8.	Angka pori ( $e$ )	-	1.625

Setelah diperoleh karakteristik tanah asli, selanjutnya sampel tanah dilakukan pengujian terhadap analisa saringan untuk mengetahui klasifikasi

tanah tersebut. Hasil pengujian analisa saringan dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



**Gambar 2.** Hasil pengujian analisis saringan

Hasil pengujian analisa butiran menunjukkan bahwa jenis tanah yang digunakan dalam penelitian ini memiliki diameter butiran lebih kecil dari 0,075 mm, dan persentase tanah lolos saringan No. 200 sebesar 87,51%. Jika dilihat dari persentase lolos saringan lebih dari 50% maka tanah tersebut termasuk tanah berbutir halus. Berdasarkan klasifikasi USCS, dengan nilai batas cair, indeks plastisitas dan persen lolos saringan No.

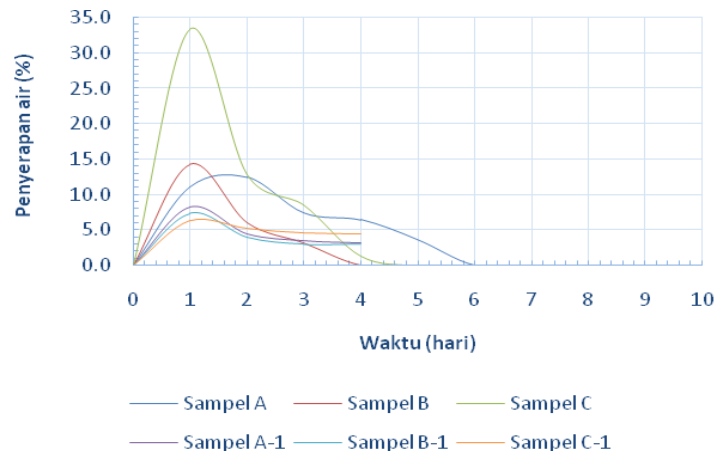
200, maka jenis tanah tersebut termasuk lempung atau lanau dengan plastisitas tinggi (MH atau OH).

Nilai indeks plastisitas yang diperoleh pada tanah asli menunjukkan nilai 37,7%. Secara teoritis semakin tinggi nilai plastisitas indeks, maka semakin tinggi pula kandungan butiran lempung pada tanah. Kondisi ini sesuai dengan hasil pengujian analisa saringan yang didapatkan dengan kandungan

lempung 87,51%. Pada tanah asli nilai indeks plastisitas menunjukkan angka > 17% maka berdasarkan batasan mengenai indeks plastisitas tanah menurut Atterberg (dalam Hardiyatmo, 2002), tanah tersebut mempunyai sifat plastisitas tinggi.

Distribusi derajat kejenuhan air dalam tanah selama terjadinya hujan sangat dipengaruhi oleh infiltrasi. Infiltrasi air dari permukaan tanah berlangsung secara menerus di dalam tanah. Besarnya laju infiltrasi menurut Triatmodjo (2008) dipengaruhi oleh banyak faktor, yaitu: (1) kedalaman genangan dan tebal tipis lapis jenuh, (2)

kelembaban tanah, (3) pemampatan oleh hujan, (4) penyumbatan oleh butir halus, (5) tanaman penutup, (6) topografi, dan (7) intensitas hujan. Untuk mendapatkan nilai perubahan kadar air pada contoh tanah, maka variabel yang digunakan adalah kelembapan tanah sebesar 62,08% yang diperoleh dari kadar air asli tanah dan intensitas hujan dimodelkan sebagai lamanya waktu penjenhuan selama 4 hari dan 10 hari. Besarnya penyerapan air yang terjadi dalam contoh tanah yang direndam selama 4 hari dan 10 hari dapat dilihat pada Gambar 3 berikut.



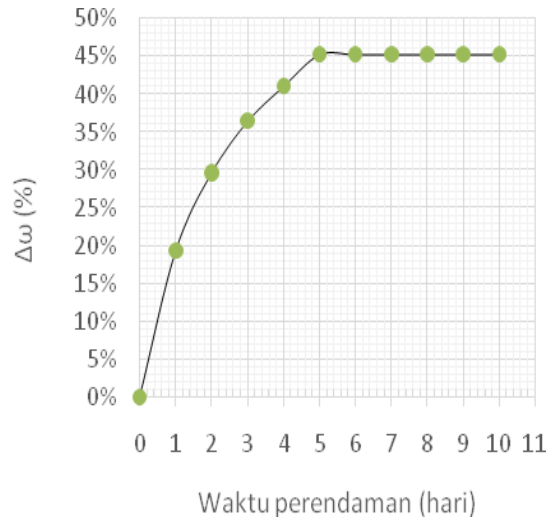
**Gambar 3.** Hubungan Penyerapan air dan lama penjenhuan

Gambar 3. menunjukkan bahwa penyerapan air pada tanah paling tinggi adalah ketika awal proses penjenhuan. Kondisi ini terjadi akibat terisinya rongga pori tanah oleh air. Jika kondisi tanah dibiarkan terendam maka proses penyerapan air akan selesai atau sama dengan nol. Setelah rongga pori seluruhnya terisi oleh air maka proses infiltrasi pada tanah terjadi.

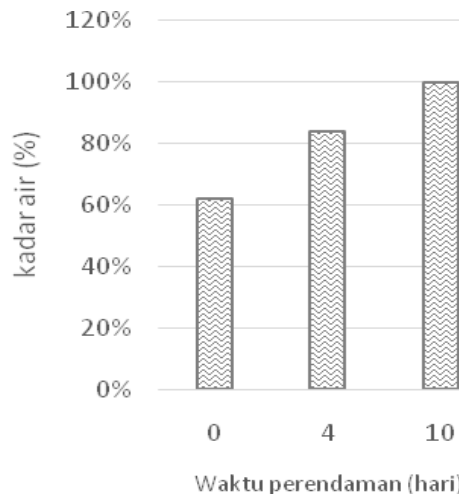
Dengan adanya proses penyerapan air dan infiltrasi dalam tanah, maka kelembapan tanah asli akan berubah. Akibat adanya tambahan volume air yang mengisi rongga pori dalam tanah, maka akan berpengaruh terhadap nilai

kadar air tanah. Semakin banyak air yang terserap dalam tanah maka kadar air semakin meningkat. Jika semua rongga pori tanah sudah terisi oleh air maka tanah menjadi jenuh dan perubahan kadar air menjadi konstan (Gambar 4).

Hasil pengujian sampel tanah di laboratorium menunjukkan bahwa kondisi tanah asli dilapangan pada kondisi jenuh dengan rongga pori yang cukup besar. Dengan penjenhuan contoh tanah selama 10 hari menyebabkan tanah menjadi jenuh sempurna, kondisi ini dapat dilihat dari nilai kadar air yang mendekati 100% (Gambar 5).



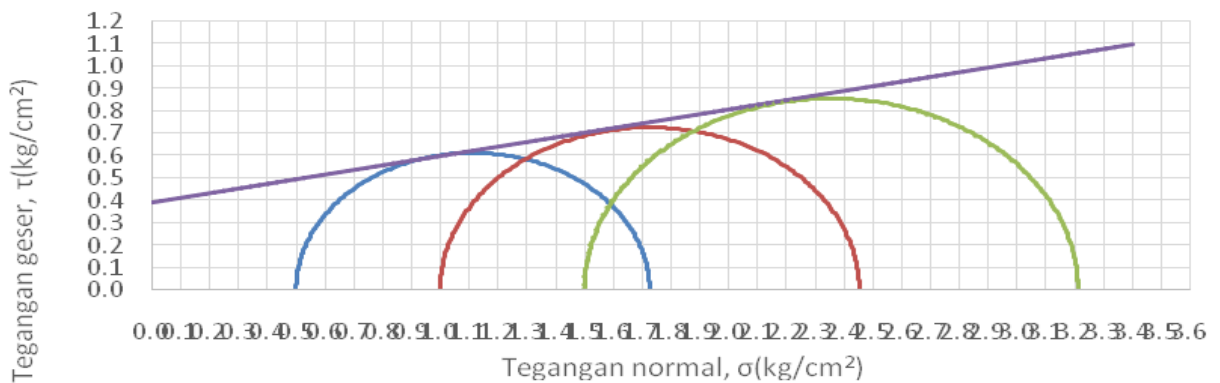
**Gambar 4.** Perubahan kadar air terhadap lama pemeraman



**Gambar 5.** Hubungan peningkatan kadar air dan lama penjemuran

Contoh tanah yang telah diuji indeks propertisnya, kemudian dilakukan pengujian Triaksial UU untuk memperoleh parameter kekuatan tanahnya. Untuk mendapatkan parameter tanah, selanjutnya hasil pengujian dibuat

grafik Lingkaran Mohr untuk mendapatkan nilai kekuatan tanah berupa kohesi ( $c$ ) dan sudut geser internal ( $\phi$ ) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.

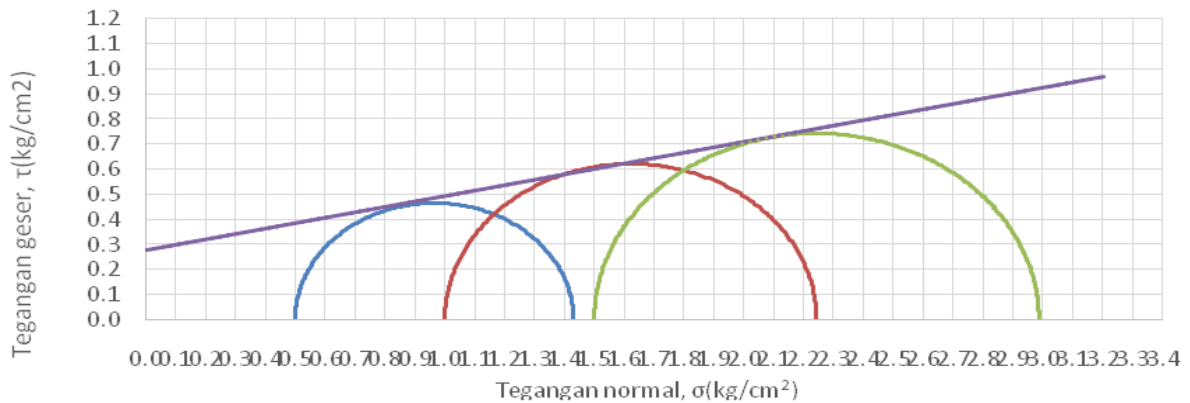


**Gambar 6.** Hubungan Tegangan Normal ( $\sigma$ ) dan Tegangan geser ( $\tau$ ) kondisi eksisting

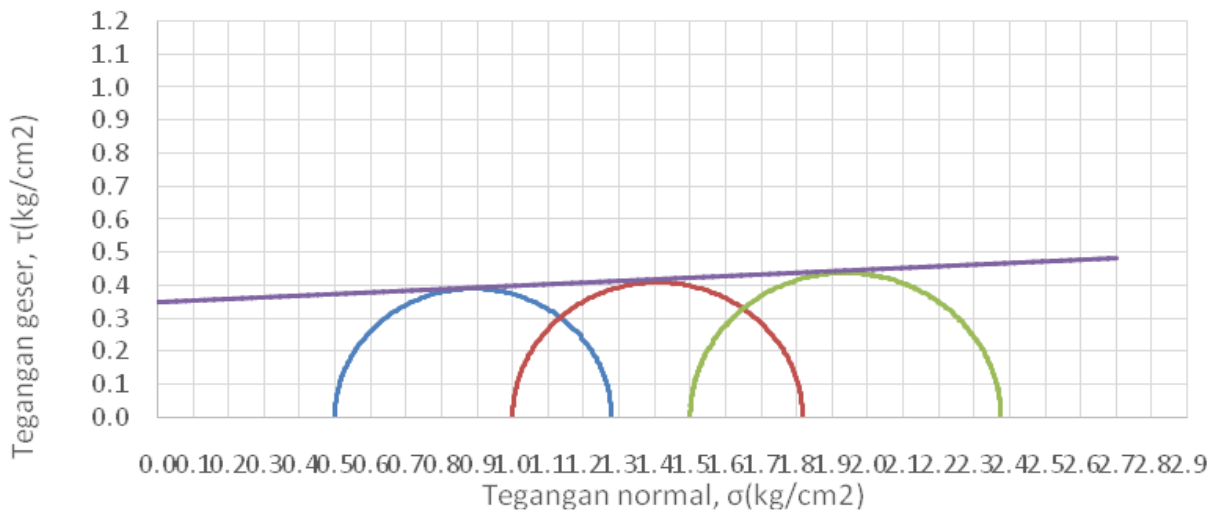
Nilai parameter kuat geser tanah untuk masing - masing kondisi (penjenuhan 4 hari dan 10 hari) dapat diperoleh dari Lingkaran Mohr pada Gambar 7 dan Gambar 8. Pada pengujian kuat geser tanah apabila terdapat air di dalam tanah akan sangat berpengaruh terhadap nilai kohesi dan sudut gesek dalamnya.

Dari hasil pengujian diperoleh bahwa pada kondisi tanah jenuh air

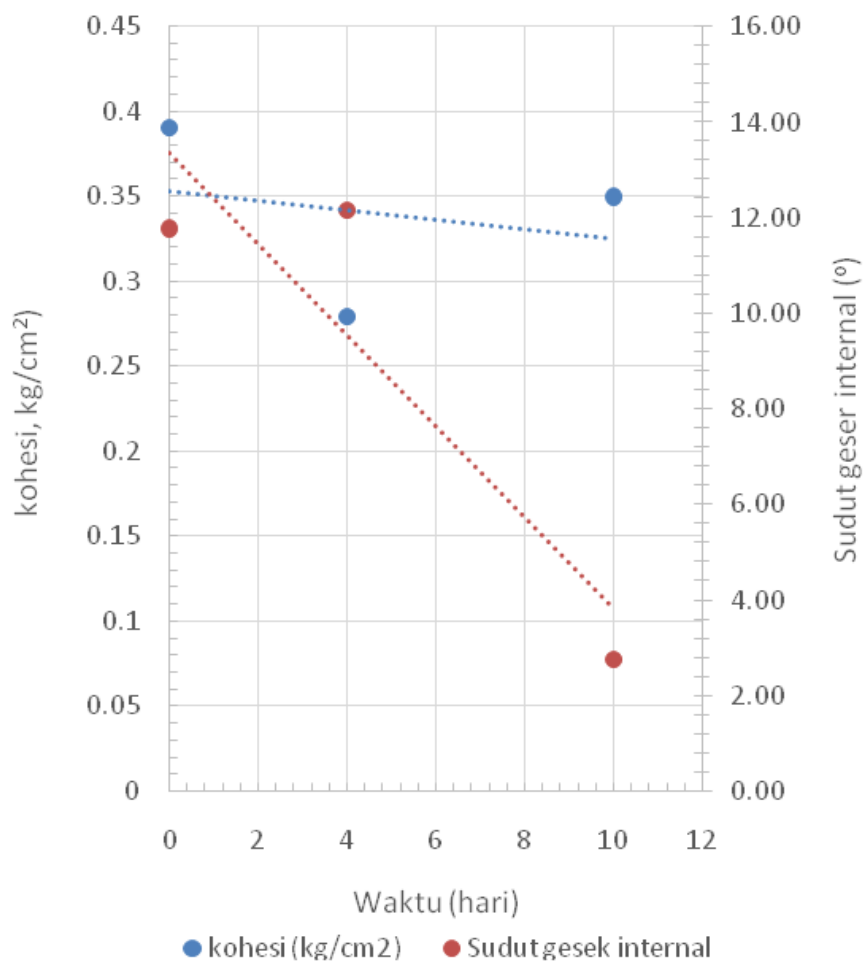
(penjenuhan 10 hari) menghasilkan nilai kohesi dan sudut gesek dalam yang lebih rendah dibanding dengan parameter tanah pada kondisi asli. Hal ini sesuai dengan teori yang dituliskan oleh Hardiyatmo (2002) bahwa nilai kuat geser yang rendah akan terjadi pada pengujian Triaksial UU. Pada tanah lempung yang jenuh air, sudut gesek dalam dapat mencapai nol.



**Gambar 7.** Hasil Uji Triaksial UU pada tanah direndam 4 hari



**Gambar 8.** Hasil Uji Triaksial UU pada tanah direndam 10 hari



**Gambar 9.** Hubungan parameter kuat geser tanah dengan lama penjumlahan

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan pada penelitian pemodelan peningkatan kadar air akibat infiltrasi ditinjau dari parameter kekuatan tanah, maka dapat disimpulkan bahwa jenis tanah lempung yang digunakan termasuk dalam kategori lempung dengan plastisitas tinggi (CH) sesuai dengan klasifikasi tanah menurut USCS. Besarnya penyerapan air akibat proses penjumlahan paling tinggi terjadi saat awal perendaman, yaitu sebesar 19,6%. Semakin lama waktu penjumlahan maka penyerapan air yang terjadi semakin kecil dan mendekati nol. Bertambahnya nilai kadar air pada tanah mengakibatkan menurunnya nilai kohesi dan sudut gesek dalam pada tanah.

Semakin jenuh tanah (semakin lama penjumlahan) maka sudut gesek dalam tanah mendekati nol dan kohesi tanah lebih kecil dibanding kondisi tanah asli. Sehingga semakin jenuh tanah maka nilai daya dukung tanah tersebut semakin kecil.

### DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, D.H., & Elfrida. 2019. *Pengaruh Perubahan Kadar Air Terhadap Kekuatan Geser Tanah Lempung*. Sigma Teknika, Vol. 2, No.1, 115-122.
- Bowles, J.E., 1991. *Sifat - Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*. 2<sup>nd</sup> ed. Translated by J.K. Hainim. Jakarta: Erlangga



- Hakim, R. N., Santoso, E., & Prihatino, G. J. 2020. *Studi Pengaruh Kadar Air Terhadap Kuat Geser Tanah Pada Area Bekas Tambang Di Kota Banjarbaru*. Jurnal GEOSAPTA. Vol. 6 No.1, 19-21.
- Hardiyatmo, H.C., 2002. *Mekanika Tanah I. 3<sup>rd</sup> ed.* Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Harikumar, M., Sankar, N., & Chandrakaran, S. 2014. *An Alternate Method of Saturating Sand*. International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), Vol. 3 Issue 9, 760-763.
- Terzaghi, Karl & Ralph B. Peck. 1987. *Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa Jilid I*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Triatmodjo, B. 2015. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Utami, G. S., & Caroline, J. 2018. *Analisis Pengaruh Perubahan Kadar Air Terhadap Parameter Kuat Geser Tanah*. Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan VI (pp.289-296). Surabaya: Institut Teknologi Adhi Tama.