



## Evaluasi Kuat Tekan Bebas dan Kuat Geser Tanah Lempung Ekspansif pada Kondisi Kadar Air Optimum

Susy Srihandayani<sup>1</sup>, Sony Adiya Putra<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi dan Bisnis Riau Pesisir

Jl. Utama Karya Bukit Batrem II, Dumai, Indonesia

Email: [doctorsoil@gmail.com](mailto:doctorsoil@gmail.com)

### ABSTRAK

*Tanah lempung ekspansif merupakan jenis tanah bermasalah dalam bidang geoteknik karena memiliki daya dukung rendah serta sangat sensitif terhadap perubahan kadar air. Variasi kadar air menyebabkan perubahan volume, kepadatan, dan kekuatan tanah yang dapat berdampak pada kestabilan konstruksi di atasnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh kondisi kadar air terhadap kuat tekan bebas dan kuat geser tanah lempung ekspansif pada kondisi kering optimum, basah optimum, dan kadar air optimum. Sampel tanah lempung ekspansif diambil dari Kelurahan Bukit Timah, Kota Dumai, dan diuji di laboratorium melalui pengujian sifat fisik, pemadatan standar, uji kuat tekan bebas (Unconfined Compression Test), serta uji kuat geser langsung (Direct Shear Test). Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kuat tekan bebas, kohesi, dan kuat geser maksimum tertinggi diperoleh pada kondisi kadar air optimum. Kondisi ini disebabkan oleh kepadatan tanah yang maksimum sehingga struktur tanah menjadi lebih stabil. Pada kondisi kering optimum, kepadatan tanah tidak stabil akibat kurangnya air yang berperan sebagai pengikat antar butiran, sedangkan pada kondisi basah optimum peningkatan tekanan air pori menyebabkan plastisitas tanah meningkat dan kekuatan geser menurun. Hasil penelitian ini menegaskan bahwa kondisi kadar air optimum merupakan kondisi paling kritis dan ideal dalam mendukung daya dukung tanah lempung ekspansif.*

**Kata kunci:** lempung ekspansif, kadar air optimum, kuat tekan bebas, kuat geser langsung.

### ABSTRACT

*Expansive clay soil is categorised as problematic soil in geotechnical engineering due to its low bearing capacity and high sensitivity to changes in moisture. Changes in water content significantly affect soil volume, density, and strength, which may compromise the stability of structures built on it. This study aims to evaluate the effect of moisture conditions on the unconfined compressive strength and shear strength of expansive clay soil under three different moisture content conditions: optimum dry, optimum wet, and optimum moisture content. Soil samples were collected from Bukit Timah Subdistrict, Dumai City, and tested in the laboratory through physical property tests, standard compaction, unconfined compression tests, and direct shear tests. The results indicate that the highest values of unconfined compressive strength, cohesion, and maximum shear strength were obtained at the optimum moisture content condition. This is attributed to the maximum soil density achieved, resulting in a more stable soil structure. Under optimum dry conditions, insufficient water leads to weak interparticle bonding, while under optimum wet conditions, increased pore water pressure enhances soil plasticity and reduces shear resistance. These findings confirm that the optimum moisture condition provides the most favourable bearing capacity for expansive clay soil.*



**Keywords:** *expansive clay soil, optimum moisture content, unconfined compressive strength, direct shear strength.*

## Pendahuluan

Tanah lempung ekspansif merupakan salah satu jenis tanah yang sering menimbulkan permasalahan pada pekerjaan konstruksi karena sifatnya yang mudah mengalami perubahan volume akibat variasi kadar air (Dharmawan et al., 2020). Tanah ini umumnya mengandung mineral lempung aktif yang memiliki kemampuan tinggi dalam menyerap air, sehingga mengalami pengembangan (*swelling*) saat basah dan penyusutan (*shrinkage*) saat kering. Perubahan volume tersebut dapat menyebabkan kerusakan pada struktur bangunan, seperti retak pada pondasi, penurunan diferensial, dan ketidakstabilan konstruksi (Bowles, 1989; Das, 1995).

Pengaruh kadar air terhadap perilaku fisis dan mekanis tanah lempung telah banyak dibahas dalam kajian mekanika tanah. Peningkatan kadar air dapat menurunkan kekuatan geser tanah akibat meningkatnya tekanan air pori dan berkurangnya gaya ikat antar butiran tanah, sedangkan pada kondisi kadar air rendah tanah cenderung menjadi kaku dan tidak stabil (Hardiyatmo, 1995; Wesley, 1997). Oleh karena itu, variasi kadar air merupakan faktor dominan yang harus diperhitungkan dalam evaluasi daya dukung tanah lempung ekspansif (Akbar, 2016).

Kota Dumai memiliki beberapa lokasi sumber tanah timbun yang tergolong tanah lempung ekspansif, salah satunya berada di Kelurahan Bukit Timah. Tanah dari wilayah ini banyak dimanfaatkan sebagai material timbunan untuk pekerjaan konstruksi, namun karakteristik mekanisnya sering kali belum dianalisis secara mendalam, khususnya terkait perubahan kadar air. Padahal, pemanfaatan tanah lempung ekspansif tanpa mempertimbangkan kondisi kadar air dapat meningkatkan risiko kegagalan konstruksi akibat penurunan kekuatan tanah (Das, 1995).

Pada kondisi kering optimum, tanah lempung ekspansif relatif kekurangan air sehingga memiliki kemampuan yang lebih besar untuk menyerap air dari lingkungan sekitarnya. Sebaliknya, pada kondisi basah optimum, tanah mengalami peningkatan plastisitas akibat tekanan air pori yang tinggi sehingga menyebabkan penurunan kuat geser tanah (Bowles, 1989). Kondisi kadar air optimum merupakan kondisi paling stabil karena kepadatan tanah mencapai nilai maksimum, sehingga struktur tanah menjadi lebih rapat dan memiliki daya dukung yang lebih baik (Hardiyatmo, 1995).

Berdasarkan kondisi tersebut, pengujian kuat tekan bebas dan kuat geser langsung pada tanah lempung ekspansif dengan variasi kadar air menjadi penting untuk memahami perilaku mekanis tanah secara komprehensif. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh kondisi kering optimum, basah optimum, dan kadar air optimum terhadap nilai kuat tekan bebas dan kuat geser tanah lempung ekspansif. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi referensi dalam perencanaan geoteknik serta pemanfaatan tanah timbun pada wilayah dengan karakteristik tanah lempung ekspansif.



## Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental yang dilakukan melalui pengujian laboratorium untuk mengevaluasi pengaruh variasi kadar air terhadap kuat tekan bebas dan kuat geser tanah lempung ekspansif. Metode penelitian disusun secara sistematis mulai dari pengambilan sampel tanah, pengujian sifat fisik dan mekanik tanah, hingga analisis data hasil pengujian.

### Lokasi dan Sampel Penelitian

Sampel tanah yang digunakan dalam penelitian ini merupakan tanah lempung ekspansif yang diambil dari Kelurahan Bukit Timah, Kota Dumai. Sampel tanah diambil dalam kondisi terganggu dan digunakan sebagai material uji di laboratorium. Tanah yang telah diambil selanjutnya dikeringkan udara, dihancurkan secara manual, dan disaring untuk persiapan pengujian laboratorium.

### Pengujian Sifat Fisik Tanah

Pengujian sifat fisik tanah bertujuan untuk mengidentifikasi karakteristik dasar tanah sebagai parameter awal analisis. Pengujian yang dilakukan meliputi kadar air tanah, berat jenis butiran tanah, batas Atterberg, dan analisis gradasi butiran. Pengujian kadar air dilakukan untuk mengetahui kondisi awal kadar air tanah, sedangkan berat jenis digunakan sebagai parameter pendukung dalam analisis pemadatan. Pengujian batas Atterberg meliputi batas cair dan batas plastis untuk menentukan indeks plastisitas tanah, sementara analisis gradasi dilakukan untuk mengetahui distribusi ukuran butiran tanah.

### Pengujian Pemadatan Tanah

Pengujian pemadatan dilakukan menggunakan metode pemadatan standar untuk memperoleh nilai kadar air optimum dan berat volume kering maksimum. Hasil pengujian pemadatan ini digunakan sebagai dasar dalam penentuan kondisi sampel tanah pada kadar air optimum. Selanjutnya, variasi kadar air ditentukan untuk kondisi kering optimum dan basah optimum dengan cara mengurangi dan menambah kadar air optimum sebesar persentase tertentu sesuai dengan rencana penelitian.

### Pengujian Kuat Tekan Bebas

Pengujian kuat tekan bebas dilakukan untuk mengetahui kemampuan tanah dalam menahan beban tekan tanpa adanya tekanan samping. Pengujian ini dilakukan pada sampel tanah dengan tiga kondisi kadar air, yaitu kering optimum, kadar air optimum, dan basah optimum. Nilai kuat tekan bebas ( $q_u$ ) diperoleh dari hasil pembebanan maksimum yang diterima sampel hingga mengalami keruntuhan.

### Pengujian Kuat Geser Langsung

Pengujian kuat geser langsung dilakukan untuk menentukan parameter kuat geser tanah, yaitu kohesi dan sudut geser dalam, pada kondisi kadar air yang sama dengan pengujian kuat tekan bebas. Sampel tanah diuji dengan beberapa variasi beban normal untuk memperoleh hubungan antara tegangan normal dan tegangan geser. Dari hasil pengujian ini diperoleh nilai kohesi dan kuat geser maksimum tanah.



### Analisis Data

Data hasil pengujian laboratorium dianalisis secara deskriptif dan komparatif untuk membandingkan nilai kuat tekan bebas, kohesi, dan kuat geser tanah pada kondisi kering optimum, kadar air optimum, dan basah optimum. Analisis dilakukan dengan mengkaji hubungan antara kadar air dan parameter kuat tanah guna memperoleh kondisi kadar air yang memberikan daya dukung tanah terbaik.

## Hasil dan Pembahasan

### Sifat Fisik Tanah

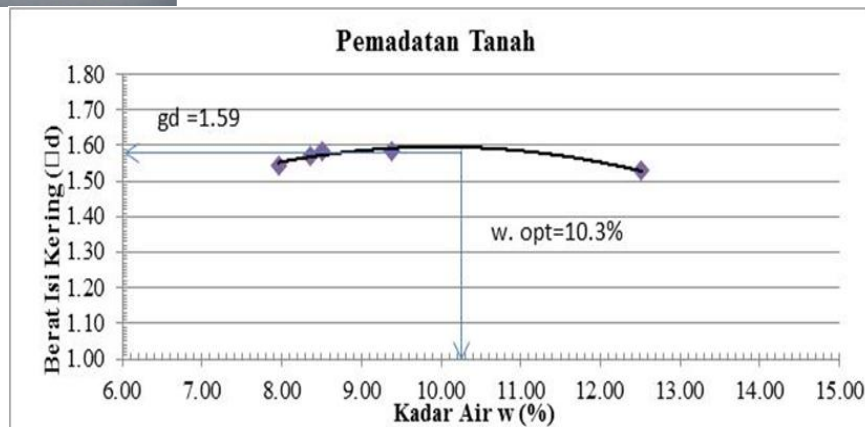
Hasil pengujian menunjukkan tanah memiliki berat jenis 2,67 dengan indeks plastisitas rendah hingga sedang. Berdasarkan sistem klasifikasi AASHTO, tanah tergolong kelompok A-2 yang menunjukkan dominasi pasir berlanau atau berlempung.

**Tabel 1.** Hasil pengujian sifat fisik tanah lempung ekspansif

No	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian Tanah Asli	
<b>Sampel tanah tidak terganggu</b>			
1	Kadar Air	27.46	%
<b>Sampel tanah terganggu</b>			
2	Kadar Air	25.47	%
3	Analisa Saringan		
	a. Lolos Saringan No.10	22.76	%
	b. Lolos Saringan No.40	14.61	%
	c. Lolos Saringan No.200	2.9	%
4	Berat Jenis ( GS )	2.67	
5	Hidrometer		
	a Lempung ( Clay )	3	%
	b Lanau ( Silt )	15	%
	c Pasir ( Sand )	82	%
	d Kerikil ( Gravel)	0	%
	e Cu	11.85	
	f Cc	6.12	
6	Batas Cair(LL)	40.5	
7	Plastis Limit (PL)	35.76	
8	Indeks Plastisitas (PI)	4.74	%
9	Yd max	1.59	gr/cm <sup>3</sup>
10	W. Optimum	10.3	%

### Hasil Pengujian Pemadatan

Hubungan antara kadar air dan berat volume kering tanah lempung ekspansif ditunjukkan pada Gambar 1. Kurva pemadatan ini digunakan untuk menentukan nilai kadar air optimum yang menghasilkan kepadatan maksimum tanah.



Gambar 1. Kurva pemadatan tanah lempung ekspansif

### Analisis Kuat Tekan Bebas

Hasil pengujian kuat tekan bebas menunjukkan bahwa nilai kuat tekan bebas tanah lempung ekspansif sangat dipengaruhi oleh kondisi kadar air. Nilai kuat tekan bebas tertinggi diperoleh pada kondisi kadar air optimum, yaitu sebesar 0,3686 kg/cm<sup>2</sup>. Pada kondisi kering optimum, nilai kuat tekan bebas sebesar 0,3682 kg/cm<sup>2</sup>, sedangkan pada kondisi basah optimum nilai kuat tekan bebas menurun menjadi 0,3675 kg/cm<sup>2</sup>.

Kenaikan nilai kuat tekan bebas dari kondisi kering optimum menuju kondisi optimum menunjukkan bahwa penambahan air hingga kadar optimum berperan sebagai media pengikat antar butiran tanah sehingga meningkatkan kekuatan tanah. Sebaliknya, pada kondisi basah optimum, kelebihan air menyebabkan peningkatan tekanan air pori yang mengurangi kontak efektif antar butiran, sehingga kekuatan tekan tanah mengalami penurunan. Hasil ini menunjukkan bahwa kondisi kadar air optimum merupakan kondisi paling stabil bagi tanah lempung ekspansif dalam menahan beban tekan. Nilai kuat tekan bebas tanah lempung ekspansif pada kondisi kering optimum, kadar air optimum, dan basah optimum ditunjukkan pada Tabel 2. Tabel ini digunakan sebagai dasar analisis pengaruh kadar air terhadap kemampuan tanah dalam menahan beban tekan tanpa tekanan samping.

Tabel 2. Nilai kuat tekan bebas (qu) pada berbagai kondisi kadar air

Sampel	Qu (kg/cm <sup>2</sup> )	Kadar air w (5)
Basah Optimum	0,3675	16,29
Kering Optimum	0,3682	4,47
Optimum	0,3686	10,30

Nilai kuat tekan bebas tertinggi diperoleh pada kondisi kadar air optimum. Pada kondisi kering optimum dan basah optimum, nilai qu lebih rendah akibat ketidakstabilan kepadatan dan meningkatnya tekanan air pori.

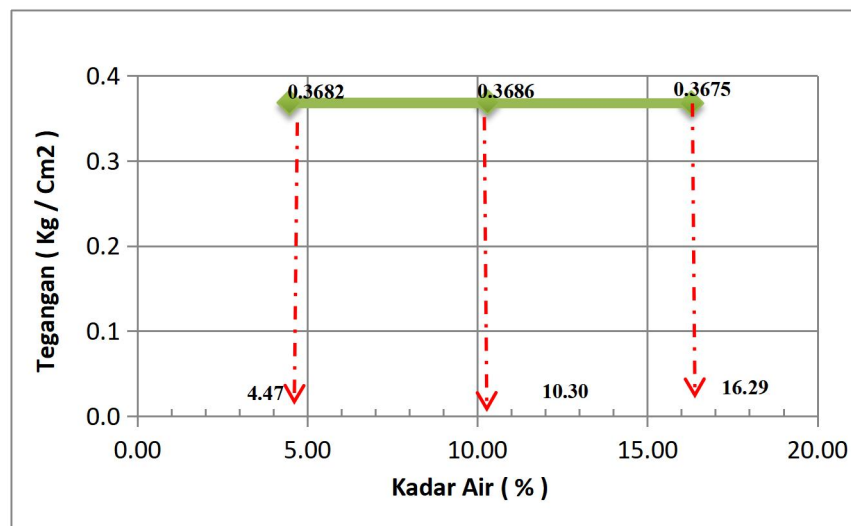
### Analisis Kuat Geser Langsung

Pengujian kuat geser langsung dilakukan untuk memperoleh nilai kohesi dan kuat geser maksimum tanah pada berbagai kondisi kadar air. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai kohesi tertinggi diperoleh pada kondisi kadar air optimum sebesar 0,18 kg/cm<sup>2</sup>.



Pada kondisi kering optimum nilai kohesi sebesar  $0,16 \text{ kg/cm}^2$ , sedangkan pada kondisi basah optimum nilai kohesi menurun menjadi  $0,10 \text{ kg/cm}^2$ .

Nilai kuat geser maksimum pada beban normal tertinggi juga menunjukkan pola yang serupa. Pada kondisi kadar air optimum diperoleh nilai kuat geser sebesar  $0,3570 \text{ kg/cm}^2$ , sedangkan pada kondisi kering optimum dan basah optimum masing-masing sebesar  $0,2454 \text{ kg/cm}^2$  dan  $0,2677 \text{ kg/cm}^2$ . Peningkatan nilai kuat geser dari kondisi kering optimum menuju kondisi optimum menunjukkan bahwa kepadatan tanah yang maksimum berperan penting dalam meningkatkan daya tahan tanah terhadap gaya geser. Sebaliknya, penurunan nilai kuat geser pada kondisi basah optimum disebabkan oleh meningkatnya plastisitas tanah dan tekanan air pori yang melemahkan gaya gesek antar butiran tanah.



**Gambar 2.** Hubungan kadar air dengan kuat tekan bebas

### **Korelasi antara Kuat Tekan Bebas dan Kuat Geser**

Hasil pengujian menunjukkan adanya hubungan yang searah antara nilai kuat tekan bebas dan kuat geser tanah lempung ekspansif. Pada kondisi kadar air optimum, kedua parameter tersebut menunjukkan nilai tertinggi, yang menandakan bahwa kondisi ini merupakan kondisi paling ideal dalam mendukung daya dukung tanah. Pada kondisi kering optimum, kepadatan tanah yang belum stabil menyebabkan pori-pori tanah lebih terbuka sehingga tanah mudah mengembang ketika menyerap air. Sebaliknya, pada kondisi basah optimum, tekanan air pori yang tinggi menyebabkan tanah berada pada kondisi plastis sehingga kekuatan tanah menurun.

Hubungan ini menunjukkan bahwa perubahan kadar air tidak hanya mempengaruhi satu parameter mekanis, tetapi secara simultan mempengaruhi kuat tekan dan kuat geser tanah. Oleh karena itu, penentuan kadar air optimum menjadi faktor kunci dalam perencanaan dan pelaksanaan pekerjaan konstruksi pada tanah lempung ekspansif.



### Simpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar air sangat mempengaruhi perilaku mekanis tanah lempung ekspansif. Nilai kuat tekan bebas, kohesi, dan kuat geser maksimum tertinggi diperoleh pada kondisi kadar air optimum karena kepadatan tanah mencapai kondisi paling stabil. Pada kondisi kering optimum dan basah optimum, daya dukung tanah menurun akibat ketidakstabilan struktur tanah dan peningkatan tekanan air pori. Oleh karena itu, pengendalian kadar air tanah menjadi faktor penting dalam perencanaan dan pelaksanaan konstruksi pada tanah lempung ekspansif.

### Daftar Pustaka

- Bowles, J. E. (1989). Sifat-sifat fisis dan geoteknis tanah. Jakarta: Erlangga.
- Das, B. M. (1995). Mekanika tanah: Prinsip-prinsip rekayasa geoteknis. Jakarta: Erlangga.
- Hardiyatmo, H. C. (1995). Mekanika tanah II. Jakarta: Erlangga.
- Wesley, L. D. (1997). Mekanika tanah. Jakarta: Badan Penerbit Pekerjaan Umum.
- Akbar, S. J. (2016). Pengaruh Penggunaan Semen Sebagai Bahan Stabilisasi Padatanah Lunak Desa Matang Panyang Terhadap Kuat Geser. *Teras Jurnal*. <https://doi.org/10.29103/tj.v6i1.86>
- Dharmawan, A. L., Rachmansyah, A., & Zaika, Y. (2020). *Perubahan Perilaku Tanah Ekspansif Akibat Stabilisasi dengan DSM Berpola Triangular Menggunakan Kapur Kadar 8%*.