

PENGARUH PEMADATAN TERHADAP KARAKTERISTIK KUAT GESER TANAH LEMPUNG EKSPANSIF

YOEL FEBRIAN SIMANGUNSONG^{1*}, ELY MULYATI², PETRUS KANISIUS TEGAR PRAMUDWITYA³

Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Bina Darma^{1,2,3}

*Corresponding author: yoelfs19@gmail.com¹, ely.mazpark@gmail.com²,
petruskanisius02@gmail.com³

Abstract: Soil is one of the primary materials in construction, serving as the medium that supports the loads of buildings and other infrastructure. The stability of the structures built on it greatly depends on the physical and mechanical properties of the subgrade soil. However, not all soils possess characteristics that are ideal for construction. One type of soil that often poses technical problems is expansive clay. This soil is known for its tendency to swell when wet and shrink when dry due to its high content of active clay minerals. Not all soils are suitable for use in construction, as some subgrade types have issues related to both bearing capacity and settlement (Lestari & Lestari, 2014). Therefore, expansive clay requires special treatment before it can be used as a construction medium. One common technique for improving soil properties is compaction (Diana et al., 2022). Compaction is carried out to increase the dry unit weight of the soil, reduce porosity, improve bearing capacity, and minimize the potential for volume change due to variations in water content. In general, compaction alters several soil characteristics, such as dry density, void ratio, shear strength parameters, and soil volume (Lubis, 2007). Through compaction, it is expected that the soil will become more stable both structurally and mechanically. To determine the optimal compaction condition, a laboratory test known as the Standard Proctor Test is conducted. On the other hand, to assess the extent of improvement in the mechanical properties of soil after compaction, a shear strength test such as the Unconfined Compression Test (UCT) is used. UCT is a simple method for measuring the strength of cohesive soils without the application of confining pressure. Shear strength is the soil's ability to resist shear stress when subjected to loading (Agustina & Elfrida, 2019). Through this test, the value of Unconfined Compressive Strength (q_u) can be obtained, which can then be used to determine the undrained shear strength (s_u) of the soil. The combination of the Standard Proctor Test and the Unconfined Compression Test becomes essential in analyzing the relationship between compaction level and the shear strength characteristics of expansive clay. Water content during compaction plays an important role in determining the values of unconfined compressive strength and shear strength. Expansive clay samples compacted at optimum moisture content (OMC) using the Standard Proctor method yield the highest compressive and shear strength values (Yunus & Annisa, 2023).

Keywords: Compaction, Shear Strength, Expansive Clay Soil, Water Content

Abstrak: Tanah merupakan salah satu material utama dalam dunia konstruksi, berfungsi sebagai media pendukung beban bangunan dan infrastruktur lainnya. Stabilitas struktur yang dibangun sangat bergantung pada sifat fisik dan mekanik tanah dasar. Namun, tidak semua tanah memiliki karakteristik yang ideal untuk konstruksi. Salah satu jenis tanah yang kerap menimbulkan masalah teknis adalah tanah lempung ekspansif. Tanah ini dikenal karena sifatnya yang mudah mengembang ketika basah dan menyusut ketika kering, akibat tingginya kandungan mineral lempung aktif. Namun, tidak semua tanah baik digunakan untuk dibidang konstruksi, karena ada beberapa jenis tanah dasar yang bermasalah baik dari segi daya dukung tanahnya maupun dari segi penurunan tanahnya (Lestari and Lestari 2014). Oleh karena itu, tanah lempung ekspansif memerlukan perlakuan khusus sebelum digunakan sebagai media

konstruksi. Salah satu teknik yang biasa digunakan untuk memperbaiki sifat tanah adalah melalui proses pemadatan (Diana et al. 2022). Pemadatan tanah dilakukan untuk meningkatkan berat isi kering tanah, memperkecil porositas, memperbaiki daya dukung, serta mengurangi potensi perubahan volume akibat variasi kadar air. Secara umum pemadatan akan mengubah beberapa karakteristik tanah seperti berat isi, angka pori, nilai sudut geser dan volume tanah (Lubis 2007). Melalui proses pemadatan, diharapkan tanah menjadi lebih stabil secara struktural dan mekanis. Untuk menentukan kondisi pemadatan yang optimal, dilakukan pengujian laboratorium yang disebut *Standard Proctor Test*. Di sisi lain, untuk menilai sejauh mana perbaikan sifat mekanik tanah setelah pemadatan, digunakan pengujian kuat geser seperti *Unconfined Compression Test* (UCT). UCT merupakan metode sederhana untuk mengukur kekuatan tanah kohesif tanpa diberi tekanan samping. Kuat geser tanah yaitu kemampuan melawan tegangan geser saat tanah menerima beban (Agustina and Elfrida 2019). Melalui uji ini, nilai *Unconfined Compression Test* (q_u) dapat diperoleh yang kemudian dapat digunakan untuk menentukan kuat geser tak terdrainase (s_u) tanah tersebut. Penggabungan antara *Standard Proctor Test* dan *Unconfined Compression Test* menjadi penting dalam menganalisis hubungan antara tingkat pemadatan dengan karakteristik kuat geser tanah lempung ekspansif. Kadar air saat pemadatan berperan penting dalam menentukan nilai kuat tekan bebas dan kuat geser tanah. Sampel tanah lempung yang dipadatkan pada kadar air optimum dengan metode Standard Proctor menghasilkan nilai kuat tekan dan kuat geser tertinggi (Yunus and Annisa 2023).

Kata Kunci : Pemadatan, Kuat Geser, Tanah Lempung Ekspansif, Kadar Air.

A. Pendahuluan

Tanah merupakan salah satu material utama dalam dunia konstruksi yang berperan sebagai media pendukung beban bangunan dan infrastruktur. Stabilitas suatu struktur sangat dipengaruhi oleh sifat fisik dan mekanik tanah dasar. Namun, tidak semua jenis tanah memiliki karakteristik yang ideal untuk konstruksi. Salah satu jenis tanah yang sering menimbulkan permasalahan teknis adalah tanah lempung ekspansif. Tanah ini memiliki sifat khas, yaitu mudah mengembang ketika basah dan menyusut saat kering akibat tingginya kandungan mineral lempung aktif seperti montmorillonit. Perubahan volume yang signifikan ini dapat menyebabkan kerusakan serius pada struktur, seperti retakan pondasi, deformasi jalan, dan kerusakan saluran irigasi. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan upaya perbaikan sifat tanah sebelum digunakan sebagai media konstruksi. Salah satu metode perbaikan yang umum digunakan adalah pemadatan tanah. Pemadatan bertujuan meningkatkan berat isi kering, mengurangi porositas, memperbaiki daya dukung, serta meminimalkan potensi perubahan volume akibat fluktuasi kadar air. Proses pemadatan ini mempengaruhi parameter mekanik tanah, termasuk kuat geser, yang merupakan kemampuan tanah menahan tegangan geser saat menerima beban.

Salah satu jenis tanah yang kerap menimbulkan permasalahan teknis adalah tanah lempung ekspansif. Jenis tanah ini dikenal karena sifatnya yang mudah mengembang ketika kadar air meningkat dan menyusut saat kadar air berkurang. Sifat tersebut umumnya disebabkan oleh tingginya kandungan mineral lempung aktif seperti montmorillonit, yang memiliki kemampuan menyerap air dalam jumlah besar. Perubahan volume yang signifikan ini sering menimbulkan kerusakan serius pada struktur bangunan, seperti retakan pada pondasi, pengangkatan lantai, deformasi badan jalan, hingga kerusakan pada saluran irigasi. Dalam jangka panjang, kondisi ini tidak hanya mempengaruhi kekuatan dan stabilitas struktur, tetapi juga meningkatkan biaya pemeliharaan dan perbaikan. Proses ini tidak hanya berpengaruh terhadap sifat fisik tanah, tetapi juga secara signifikan mempengaruhi sifat mekanik, khususnya parameter kuat geser yang menunjukkan kemampuan tanah dalam menahan gaya geser sebelum mengalami keruntuhan. Campuran pasir dan lempung biasanya digunakan

dalam penelitian untuk mengetahui faktor faktor yang mempengaruhi kekuatan tanah yang dinya- takan sebagai kuat geser. Kuat geser tanah terdiri kohesi atau daya lekat antar butiran (cohesion) dan sudut geser dalam (internal friction angle) (Tarjudin and Gofar 2022).

Kombinasi penggunaan Standard Proctor Test dan UCT sangat penting dalam menganalisis hubungan antara tingkat pemadatan dengan kuat geser tanah lempung ekspansif. Menunjukkan bahwa kadar air saat pemadatan berperan penting dalam menentukan nilai kuat tekan bebas dan kuat geser tanah. Sampel tanah yang dipadatkan pada kadar air optimum menghasilkan nilai q_u dan s_u tertinggi. Se- baliknya, pemadatan pada kadar air di bawah atau di atas OMC menyebabkan penurunan kekuatan akibat distribusi air yang tidak ideal sehingga mengurangi kohesi antar partikel atau meningkatkan plastisitas tanah. Kekuatan geser dapat didefinisikan sebagai ketahanan terhadap tegangan geser dan kecenderungan deformasi geser yang diakibatkannya. Kekuatan geser tanah merupakan parameter penting untuk banyak permasalahan rekayasa pondasi, seperti daya dukung pondasi dangkal dan tiang pancang (Habibullah, Lee, and Wong 2022).

B. Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah CV. Geoteknik Pratama, Palembang, dengan sampel tanah diambil dari wilayah Kecamatan Alang-Alang Lebar, Kota Palembang, Su- matera Selatan. Lokasi tersebut dipilih karena memiliki karakteristik tanah lempung ekspansif yang sesuai dengan tujuan penelitian. Koordinat pengambilan sampel adalah $2^{\circ}56'39.219''S$ dan $104^{\circ}43'12.077''E$. Sampel tanah diambil pada kedalaman 30–60 cm untuk menghindari lapisan tanah permukaan yang telah mengalami perubahan sifat akibat aktivitas manusia dan kondisi cuaca. Varia- bel yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari variabel bebas berupa tingkat pemadatan tanah, yaitu 90%, 95%, dan 100% dari nilai Maximum Dry Density (MDD) yang diperoleh dari uji Proctor. Variabel terikatnya adalah kuat geser tanah yang dinyatakan dalam nilai kuat tekan bebas (q_u) dan kuat geser tak terdrainase (s_u), sedangkan variabel terkontrol meliputi jenis tanah yang digunakan, kadar air optimum, metode pengujian sesuai standar, dan jenis peralatan yang dipakai. Bahan utama dalam penelitian ini adalah tanah lempung ekspansif dari lokasi pengambilan sampel. Peralatan yang digunakan meliputi timbangan digital, oven pengering, seperangkat saringan tanah, cetakan dan palu pemadat untuk uji Proctor, serta mesin uji kuat tekan bebas (Unconfined Compression Test). Tahapan penelitian dimulai dengan pengambilan sampel tanah dari lapangan, kemudian dilakukan serangkaian pengujian sifat fisik tanah yang mencakup pengukuran kadar air alami, berat jenis partikel tanah, analisis distribusi ukuran butir, serta pengujian batas Atterberg untuk menentukan indeks plastisitas. Selanjutnya dilakukan uji pemadatan tanah menggunakan metode Standard Proctor Test sesuai SNI 1742:2008 atau ASTM D698, dengan tujuan mendapatkan nilai kadar air optimum (Optimum Moisture Content/OMC) dan berat isi kering maksimum (Maximum Dry Density/MDD). Sampel tanah yang telah dipadatkan pada berbagai tingkat MDD kemudian diuji kuat gesernya menggunakan metode Unconfined Compression Test (UCT) sesuai SNI 3423:2008 atau ASTM D2166. Dalam uji ini, sampel berbentuk silinder dibebani secara aksial hingga mengalami keruntuhan. Nilai q_u dihitung berdasarkan pembagian beban maksimum dengan luas penampang awal, sedangkan nilai s_u diperoleh dari setengah nilai q_u . Tahap terakhir adalah analisis data, di mana hasil pengujian MDD, OMC, q_u , dan s_u dianalisis untuk menentukan hubungan antara tingkat pemadatan dengan kuat geser tanah. Analisis dilakukan secara deskriptif dan dilengkapi dengan interpretasi hubungan fisik antara kadar air, tingkat kepadatan, dan kemampuan tanah dalam menahan tegangan geser.

C. Pembahasan dan Analisa

Pengujian propertis tanah merupakan tahap penting dalam studi geoteknik yang bertujuan untuk mengetahui karakteristik fisik dan mekanik tanah secara mendetail. Melalui pengujian ini, berbagai sifat tanah seperti kadar air, berat jenis, distribusi ukuran butiran, batas plastisitas, dan kepadatan dapat diukur dengan akurat. Data yang diperoleh sangat berguna untuk mengidentifikasi jenis tanah dan memahami perilaku tanah di lapangan.

Tabel 1. Hasil Pengujian Kadar Air Alami

No.	Keterangan		Sampel No.		Rata-rata
			G.7	G.6	
1	Berat Cawan + Tanah Basah (gram), W1	gr	64,44	64,28	
2	Berat Cawan + Tanah Kering (gram), W2	gr	56,97	55,39	
3	Berat Air (gram), W3 = (W1-W2)	gr	7,47	8,89	
4	Berat Cawan (gram), W4	gr	10,76	10,88	
5	Berat Tanah Kering (gram), W5 = (W2-W4)	gr	46,21	44,51	
6	Kadar Air, $\omega = [(W3/W5)*100]$	%	16,17	19,97	18,07

Dari dua sampel tersebut, diperoleh nilai rata-rata kadar air alami sebesar 18,07%. Nilai ini menunjukkan bahwa tanah berada dalam kondisi agak lembab saat diambil dari lapangan. Kadar air yang cukup tinggi seperti ini umum dijumpai pada jenis tanah lempung, yang memiliki kemampuan menyerap dan menahan air dalam jumlah cukup besar. *Specific gravity* (Gs) dari butiran tanah sangat berperan penting dalam bermacam-macam keperluan perhitungan mekanika tanah (Siska and Yakin 2016).

Tabel 2. Hasil Pengujian Berat Jenis Tanah

No.	Keterangan		Sampel No.		Rata-rata
			8	5	
1	Berat Piknometer (W ₁)	gr	31,81	40,12	
2	Berat Piknometer + Sampel (W ₂)	gr	50,56	58,19	
3	Koreksi Faktor Density Air 10°C	-	0,9988	0,9988	
4	Berat Piknometer +Sampel + Air (W ₄)	gr	92,84	98,23	
5	Berat Piknometer + Air (W ₅)	gr	81,52	87,34	
6	Berat Jenis = $[(W_2-W_1)/((W_2-W_1)-(W_4-W_5))]$		2,52	2,51	2,52

Dengan demikian, nilai rata-rata berat jenis tanah adalah sebesar 2,52. Nilai ini tergolong normal untuk tanah lempung, yang umumnya memiliki berat jenis antara 2,60 hingga 2,80. Meskipun sedikit lebih rendah dari kisaran tersebut, nilai ini masih dapat diterima dan menunjukkan bahwa partikel penyusun tanah memiliki kepadatan yang cukup tinggi, meskipun kemungkinan terdapat sedikit kandungan mineral ringan atau bahan organik

Tabel 3. Hasil Pengujian Analisa Saringan

Ukuran Saringan (mm)	Berat Saringan (gr)	Berat Sieve + Sample (gr)	Berat Tertahan (gr)	Kumulatif Tertahan (gr)	Kumulatif Tertahan (%)	Persentase Lolos (%)
75,0	522,1	522,10	0,00	0,00	0,00	100,00
50,4	476,35	476,35	0,00	0,00	0,00	100,00
37,5	484,95	484,95	0,00	0,00	0,00	100,00

25,2	434,16	434,16	0,00	0,00	0,00	100,00
19,0	397,36	397,36	0,00	0,00	0,00	100,00
9,5	373,2	373,20	0,00	0,00	0,00	100,00
4,75	375,03	375,03	0,00	0,00	0,00	100,00
2,00	359,02	578,08	219,06	219,06	19,68	80,32
0,85	346,12	750,79	404,67	623,73	56,03	43,97
0,425	323,16	523,69	200,53	824,26	74,05	25,95
0,25	323,16	434,80	111,64	935,90	84,08	15,92
0,15	323,16	369,48	46,32	982,22	88,24	11,76
0,075	323,16	415,98	92,82	1075,04	96,58	3,42
Pan			38,07	1113,11	100,00	

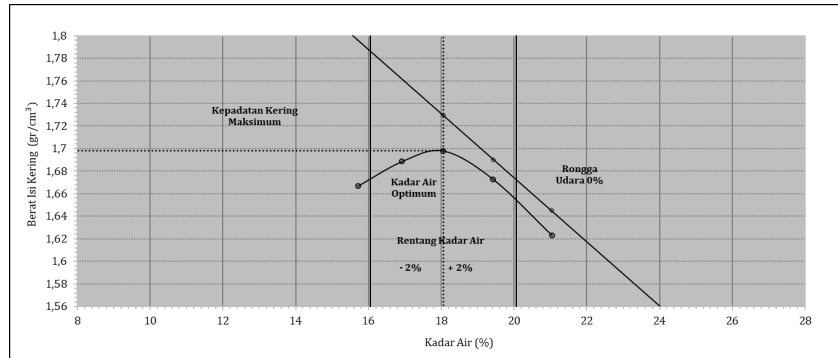
Berdasarkan hasil ini, karena hanya 3,42% tanah yang lolos saringan No. 200, maka tanah tergolong berbutir kasar. Tanah ini didominasi oleh fraksi pasir (khususnya pasir sedang dan halus), sehingga dapat diklasifikasikan secara umum sebagai pasir berlempung (*Silty Sand*)

Tabel 4. Hasil Pengujian Atterberg Limit

No. Tes	Batas Cair				Batas Plastis	
	1	2	3	4	5	6
Jumlah Pukulan	9	18	32	40	-	
No. Cawan	K.5	K.4	K.7	D.2	G.1	K.9
Berat Cawan + S. Basah	52,96	50,87	52,98	55,71	31,38	31,32
Berat Cawan + S. Kering	36,04	35,92	38,21	39,89	27,48	27,56
Berat Cawan	10,72	10,74	10,82	9,32	9,85	9,73
Berat Air	16,92	14,95	14,77	15,82	3,90	3,76
Berat Sampel Kering	25,32	25,18	27,39	30,57	17,63	17,83
Kadar Air	66,82	59,37	53,92	51,75	22,12	21,09
				Rata-rata, PL	21,60	

Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai Batas Cair (LL) sebesar 56,37%, sedangkan Batas Plastis (PL) sebesar 21,60%. Dari kedua nilai tersebut diperoleh Indeks Plastisitas (PI) sebesar 34,77%. Dengan demikian, tanah pada lokasi ini termasuk jenis lempung atau lanau dengan plastisitas tinggi, yang memiliki potensi pengembangan (*swelling*) besar serta perubahan volume signifikan terhadap perubahan kadar air. Kondisi ini perlu menjadi perhatian dalam perencanaan pondasi atau konstruksi di atas tanah tersebut, terutama dalam menanggulangi risiko kembang susut tanah yang tinggi.

Pengujian *Proctor* merupakan salah satu metode uji kepadatan tanah yang bertujuan untuk menen- tukan hubungan antara kadar air dan berat isi kering tanah. Melalui pengujian ini, dapat diperoleh nilai berat isi kering maksimum (γ_d max) dan kadar air optimum (Optimum Moisture Content/OMC), yaitu kadar air pada saat tanah mencapai tingkat kepadatan tertinggi

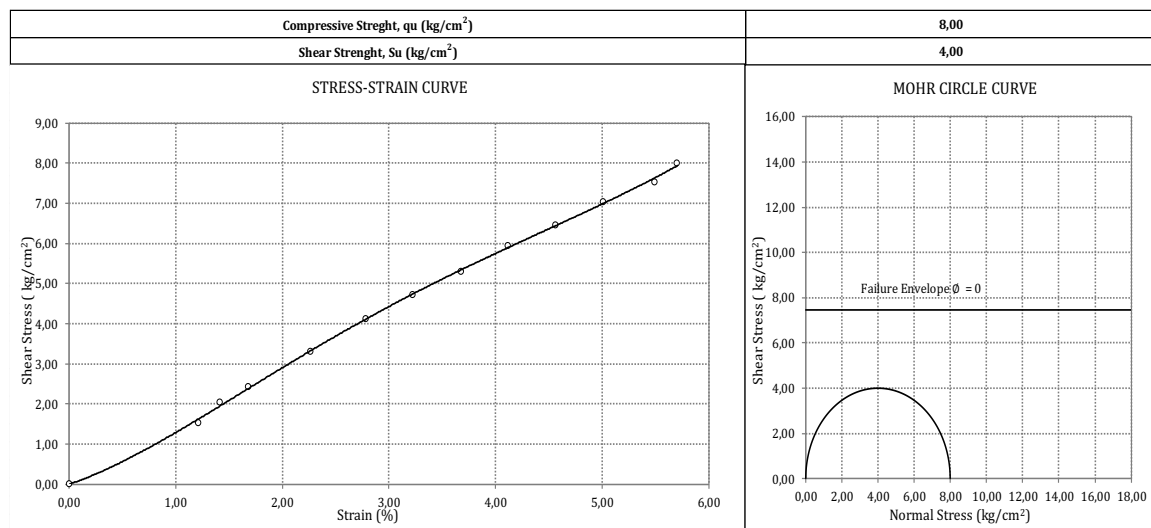


Gambar 1. Grafik Proctor

Nilai γ_d maks sebesar 1,70 gr/cm³ mengindikasikan bahwa tanah memiliki kemampuan pemadatan yang cukup baik untuk jenis tanah lempung ekspansif yang diuji. Kadar air optimum 18,06% berarti pada kondisi tersebut, jumlah air yang ada cukup untuk melumasi butiran tanah sehingga memudahkan partikel untuk tersusun rapat saat diberikan energi pemadatan.

Perbandingan antara γ_d hasil pengujian dan Zero Air Void (ZAV) menunjukkan bahwa nilai γ_d mendekati ZAV, dengan derajat kejenuhan (S) mencapai 94,32%. Hal ini menunjukkan bahwa pada ω opt, sebagian besar rongga pori tanah terisi oleh air dan sangat sedikit udara yang terjebak di dalamnya. Angka pori (e) sebesar 0,48 dan porositas 32,51% menunjukkan kepadatan struktur tanah yang cukup baik, di mana sepertiga volume total tanah masih berupa ruang pori. Nilai ini masih wajar untuk tanah lempung yang telah mengalami pemadatan standar.

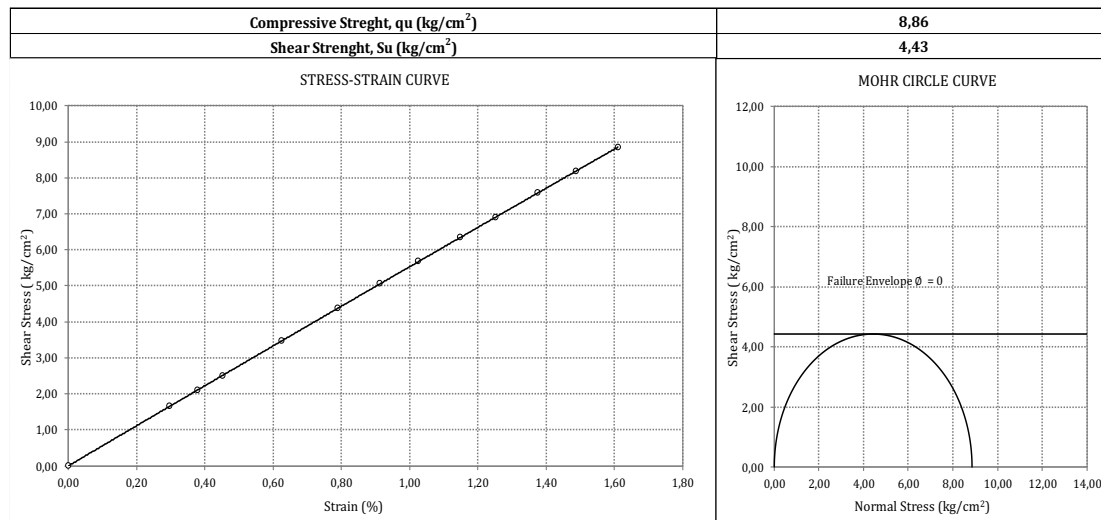
UCT (*Unconfined Compression Test*) dilakukan untuk mengetahui kuat tekan bebas (*unconfined compressive strength*) dari sampel tanah lempung ekspansif yang telah dipadatkan sesuai variasi kadar air dan kepadatan tertentu. Pengujian ini menggunakan alat Unconfined Compression Machine, di mana sampel tanah silinder tanpa pengekanan lateral diberi beban aksial sampai mengalami keruntuhan



Gambar 2. Hasil Pengujian UCT Sampel 1

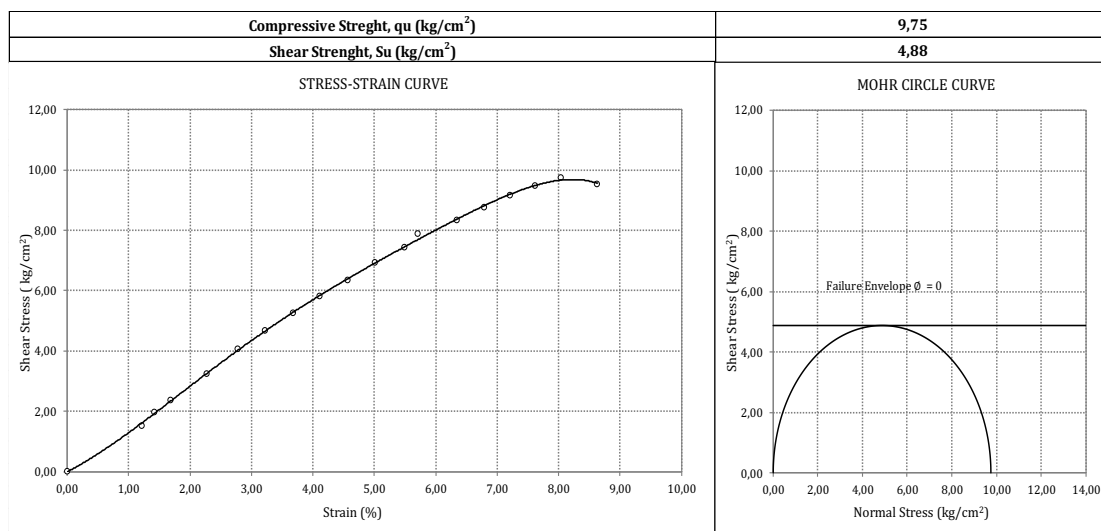
Nilai q_u sebesar 8,00 kg/cm² menunjukkan daya dukung maksimum tanah terhadap beban tekan tanpa pengekanan lateral. Nilai q_u di atas 4 kg/cm² termasuk kategori tanah lempung sangat keras (*very stiff clay*). Hal ini mengindikasikan bahwa tanah memiliki

kepadatan dan kekuatan internal yang tinggi, yang kemungkinan dipengaruhi oleh rendahnya kadar air (14,64%) serta pemadatan awal yang baik.



Gambar 3. Hasil Pengujian UCT Sampel 2

Hasil pengujian menunjukkan hubungan antara regangan (*strain*) dan tegangan (*stress*) yang awalnya meningkat seiring penambahan beban aksial. Tegangan maksimum diperoleh pada regangan sekitar 3,06%, dengan nilai *Compressive Strength* (q_u) sebesar 10,56 kg/cm². Setelah titik ini, nilai tegangan mulai menurun, yang menunjukkan terjadinya keruntuhan (*failure*) pada sampel tanah.

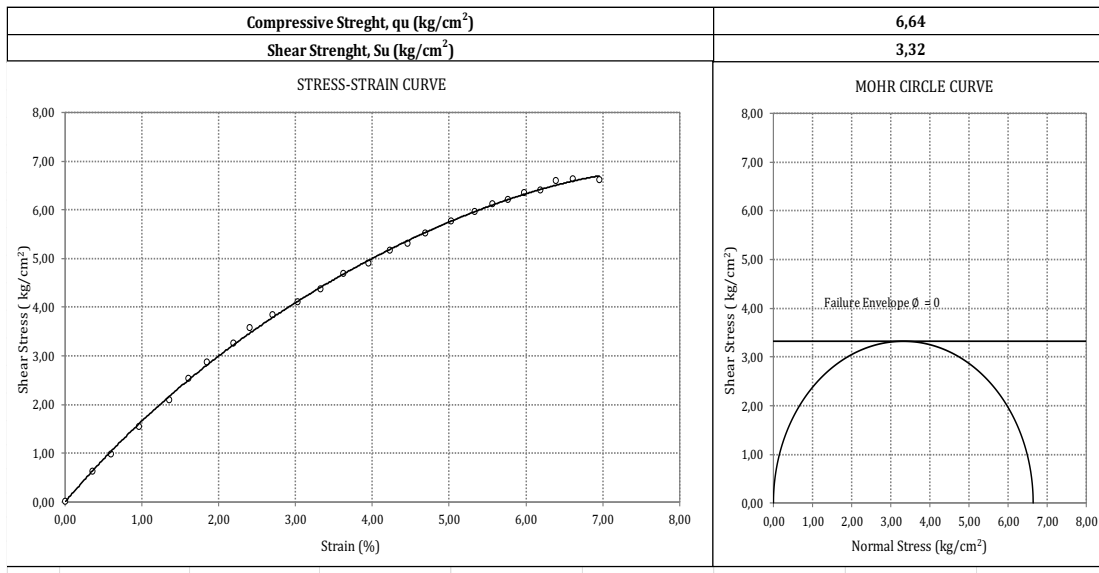


Gambar 4. Hasil Pengujian UCT Sampel 3

Berdasarkan hasil pengujian, nilai *stress* meningkat seiring dengan bertambahnya *strain* sejak awal pembebanan. Peningkatan ini menunjukkan bahwa tanah masih berada pada fase elastis-plastis awal, dimana struktur butiran tanah saling menopang dan menahan beban secara optimal. Nilai te- gangan terus meningkat hingga mencapai 9,75 kg/cm² pada *strain* sekitar

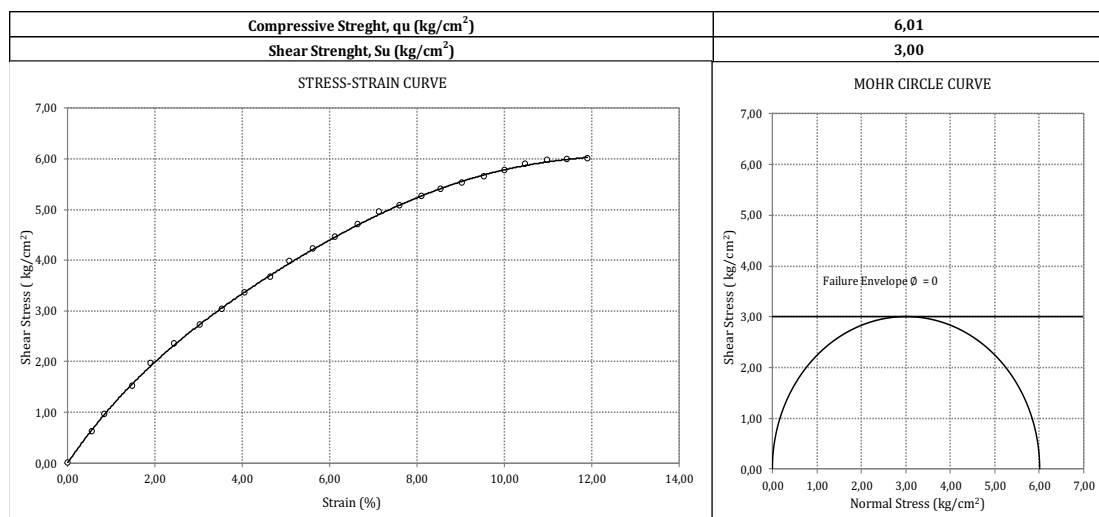
8,04%, yang merupakan titik kuat tekan bebas maksimum (*Unconfined Compressive Strength, qu*).

Setelah melewati titik puncak, beban aksial yang mampu ditahan oleh sampel mulai menurun, terlihat dari penurunan nilai *stress* pada *strain* 8,63% menjadi 9,53 kg/cm². Penurunan ini menandakan terjadinya keruntuhan (*failure*) pada struktur tanah akibat ikatan antar butir yang melemah, sehingga kemampuan tanah untuk menahan beban semakin berkurang meskipun regangan terus bertambah.



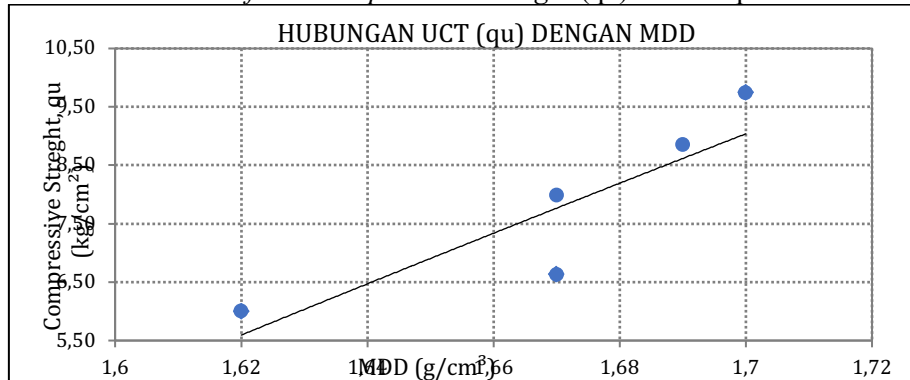
Gambar 4. Hasil Pengujian UCT Sempel 4

Seiring dengan bertambahnya regangan, tegangan terus meningkat hingga mencapai nilai maksimum atau kuat tekan bebas (*Unconfined Compressive Strength, qu*) sebesar 6,64 kg/cm² pada regangan sekitar 6,61%. Setelah titik ini, tegangan cenderung menurun atau stabil, yang menandakan mulai terjadinya keruntuhan pada struktur tanah akibat pelepasan ikatan antar partikel.



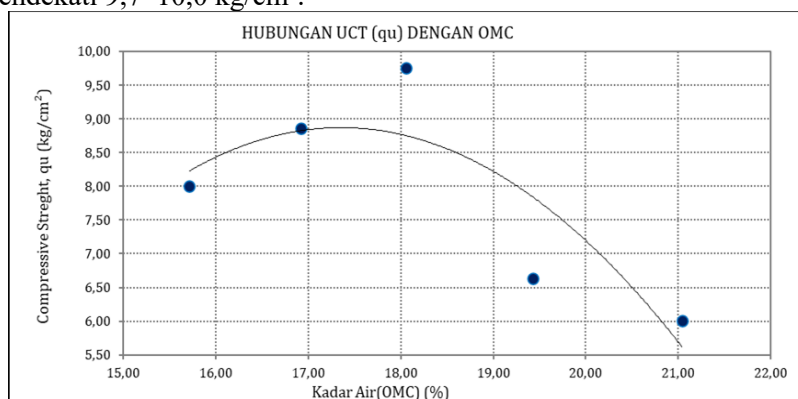
Gambar 5. Hasil Pengujian Sampel 5

Pada fase awal pengujian, tegangan meningkat secara proporsional dengan regangan kecil, menunjukkan kondisi elastis di mana butiran tanah masih saling mengunci dan dapat menahan beban dengan baik. Contohnya, pada regangan 0,55% tegangan tercatat 0,63 kg/cm² dan meningkat terus hingga regangan 4,65% dengan tegangan 3,66 kg/cm². Seiring bertambahnya regangan, tegangan terus naik secara bertahap hingga mencapai nilai maksimum pada regangan sekitar 11,91%, dengan tegangan sebesar 6,01 kg/cm². Titik ini menggambarkan nilai *Unconfined Compressive Strength* (q_u) dari sampel.



Gambar 6. Grafik Hubungan q_u dengan UCT

Berdasarkan Gambar di atas, dapat dilihat bahwa nilai *Compressive Strength* (q_u) hasil uji *Unconfined Compression Test* (UCT) memiliki hubungan yang searah dengan nilai *Maximum Dry Density* (MDD) dari hasil uji pemadatan Proctor. Hal ini ditunjukkan oleh adanya tren peningkatan q_u seiring dengan bertambahnya MDD. Pada saat MDD masih relatif rendah, yaitu sekitar 1,62 g/cm³, nilai q_u yang diperoleh hanya sekitar 6,0 kg/cm². Namun, ketika MDD meningkat hingga mencapai 1,70 g/cm³, nilai q_u juga meningkat secara signifikan mendekati 9,7–10,0 kg/cm².



Gambar 7. Grafik Hubungan q_u dengan OMC

Berdasarkan hasil pengujian *Unconfined Compressive Strength* (UCT) pada variasi kadar air, diperoleh bahwa nilai q_u tertinggi sebesar 14,91 kg/cm² dicapai pada kadar air 15,71%, yang berada di bawah *Optimum Moisture Content* (OMC) hasil uji pemadatan Proctor. Pada OMC sebesar 18,06%, nilai q_u menurun menjadi 9,75 kg/cm², dan terus mengalami penurunan hingga mencapai 6,01 kg/cm² pada kadar air 21,04%. Dengan demikian, hasil pengujian menunjukkan bahwa pemadatan pada kadar air mendekati OMC menghasilkan kekuatan tanah tertinggi. Sebaliknya, kelembaban yang terlalu rendah atau terlalu tinggi akan menurunkan kuat geser tanah. Temuan ini menegaskan pentingnya pengendalian kadar air dalam proses pemadatan untuk memperoleh kondisi tanah yang stabil dan memiliki daya dukung maksimal.

D. Penutup

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemadatan tanah lempung ekspansif memberikan pengaruh yang signifikan terhadap nilai kuat tekan bebas (*Unconfined Compressive Strength/qu*). Hal ini dapat dilihat dari hubungan *qu* dengan *Optimum Moisture Content* (OMC) serta hubungan *qu* dengan *Maximum Dry Density* (MDD) yang ditunjukkan melalui grafik hasil pengujian.

Hubungan antara *qu* dengan OMC membentuk pola parabola, di mana nilai *qu* meningkat seiring bertambahnya kadar air hingga mencapai titik optimum, kemudian menurun ketika kadar air melebihi nilai optimum. Pada kadar air rendah (sekitar 15,8–16%), nilai *qu* relatif kecil yaitu sekitar 8,0 kg/cm² karena air belum cukup membantu proses pemadatan. Ketika kadar air mendekati OMC (sekitar 17–18%), nilai *qu* mencapai maksimum mendekati 9,7–9,8 kg/cm². Kondisi ini menunjukkan bahwa pada kadar air optimum, distribusi butiran tanah menjadi lebih rapat, rongga pori berkurang, dan kohesi semu akibat tegangan kapiler meningkat, sehingga menghasilkan kekuatan geser tertinggi. Namun, ketika kadar air berlebih (sekitar 19–21%), nilai *qu* menurun hingga sekitar 6,0 kg/cm² karena air mengisi pori-pori tanah, menurunkan tegangan efektif, dan melemahkan ikatan antarpartikel.

Sementara itu, hubungan antara *qu* dengan MDD menunjukkan pola linier positif. Nilai *qu* meningkat seiring bertambahnya MDD, yang berarti semakin tinggi tingkat kepadatan tanah, semakin besar pula kekuatan geser yang dihasilkan. Peningkatan MDD berbanding lurus dengan berkurangnya porositas tanah, sehingga kontak antarpartikel semakin rapat dan daya dukung tanah meningkat. Hal ini sejalan dengan teori pemadatan tanah yang menyatakan bahwa peningkatan kepadatan kering akan memperbaiki sifat mekanik tanah, termasuk kekuatan gesernya.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa pemadatan tanah lempung ekspansif pada kadar air mendekati OMC akan menghasilkan kepadatan maksimum dan nilai *qu* tertinggi. Kondisi ini penting untuk dipahami dalam pekerjaan lapangan, seperti pada timbunan jalan, subgrade, dan pondasi dangkal, di mana kestabilan tanah dasar sangat ditentukan oleh kekuatan gesernya. Pemadatan di bawah atau di atas kadar air optimum terbukti menurunkan kekuatan tanah, sehingga perlu dilakukan pengendalian kadar air yang tepat agar diperoleh kondisi pemadatan terbaik.

Dengan demikian, penelitian ini menegaskan bahwa pemadatan merupakan metode yang efektif dalam meningkatkan karakteristik kuat geser tanah lempung ekspansif. Hasil ini juga selaras dengan penelitian terdahulu yang menunjukkan bahwa MDD berbanding lurus dengan *qu*, dan bahwa terdapat kadar air optimum yang menghasilkan nilai *qu* maksimum.

Daftar Pustaka

- Agustina, D. H., & Elfrida, M. (2019). Pengaruh perubahan kadar air terhadap kekuatan geser tanah lempung. *SIGMA TEKNIKA*, 2(1), 115–122.
- Agustina, D. H., & Yatul, Y. (2019). Pengaruh Energi Pemadatan Terhadap Nilai Kepadatan Tanah. *Sigma Teknika*, 2(2), 202–206.
- Alifuddin, A. (2023). Karakteristik kekuatan geser tanah terhadap perubahan nilai kepadatan tanah. *Jurnal Flyover*, 3(2), 69–76.
- Diana, W., Hartono, E., Muntohar, A. S., & Wulandary, K. (2022). Evaluasi Pemadatan Tanah pada Proyek Pembangunan Gedung. *MEDIA KOMUNIKASI TEKNIK SIPIL*, 28(1), 1–8.
- Hussain, S. (2017). Effect of compaction energy on engineering properties of expansive soil. *Civil Engineering Journal*, 3(8), 610–616.
- Kormu, S., Sorsa, A., & Amena, S. (2022). Correlation of unconfined compressive strength (UCS) with compaction characteristics of soils in Burayu Town. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2022(1), 1548272.

- Lestari, I., & Lestari, G. A. A. (2014). Karakteristik Tanah Lempung Ekspansif. *GaneÇ Swara*, 8(2), 4.
- Lubis, K. (2007). *Pengaruh Pemadatan Tanah Terhadap karakteristik Tanah*.
- Nurmaidah, N., & Suranto, S. (2022). Uji Pemadatan Standar Dan Uji Pemadatan Modified. *Journal Of Civil Engineering Building And Transportation*, 6(1), 50–60.
- Yunus, I., & Annisa, H. (2023). Analisis Pengaruh Kuat Tekan dan Kuat Geser Sampel Kering Optimum Dan Basah Optimum Pada Tanah Lempung. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Lamappapoleonro*, 1(2), 49–57.