

## PENGARUH LIMBAH CANGKANG TELUR TERHADAP KEPADATAN DAN DAYA DUKUNG TANAH LEMPUNG TALANG SALI SELUMA

Suci Meilda Farastica<sup>1)</sup>, Elsa Rati Hariza<sup>2)</sup>, Sazuatmo<sup>3)</sup>  
Program Studi Teknik Sipil, Universitas Prof. Dr. Hazairin, S.H<sup>1),2),3)</sup>  
Email: farasticacantik@gmail.com<sup>1)</sup>, elsaratihariza@gmail.com<sup>2)</sup>, sazuatmo68@gmail.com<sup>3)</sup>

### Abstrak

Kajian ini dilaksanakan untuk mengidentifikasi pengaruh pemanfaatan residu cangkang telur terhadap nilai pemadatan serta kemampuan tanah lempung dalam menahan beban. Material tanah yang dipakai berasal dari daerah Talang Sali, Kecamatan Seluma Timur, Kabupaten Seluma, dengan kondisi tanah yang memiliki kadar kelengketan tinggi, kekuatan dukung yang lemah, serta karakteristik perubahan volume berupa pengembangan dan penyusutan yang cukup besar sehingga kurang sesuai dijadikan dasar konstruksi. Teknik penelitian yang digunakan berupa percobaan laboratorium melalui pemberian campuran tepung cangkang telur dengan komposisi 0%, 6%, 12%, dan 18% dari total massa tanah kering. Berdasarkan hasil pengujian, pemanfaatan tepung limbah kulit telur terbukti mampu mengubah karakteristik tanah lempung baik dari sisi sifat dasar maupun kekuatan tanahnya. Nilai berat isi kering tanah menunjukkan kecenderungan bertambah seiring meningkatnya kadar campuran sampai pada titik paling efektif, sedangkan tingkat kelenturan tanah mengalami penurunan. Selanjutnya, besaran CBR yang dijadikan acuan dalam menilai kemampuan tanah menerima tekanan memperlihatkan hasil lebih tinggi dibandingkan kondisi awal tanah tanpa perlakuan, sehingga menandakan terjadinya peningkatan mutu tanah dasar. Meskipun demikian, penggunaan campuran dalam jumlah terlalu besar justru dapat mengurangi keberhasilan proses perbaikan tanah.

**Kata Kunci:** Cangkang Telur, CBR, Kepadatan, Stabilitas Tanah, Tanah Lempung.

### Abstract

*This study was conducted to identify the effect of eggshell residue utilization on the compaction value and load-bearing capacity of clay soil. The soil material used came from the Talang Sali area, East Seluma District, Seluma Regency, where the soil has a high level of adhesiveness, weak bearing capacity, and characteristics of volume changes in the form of significant expansion and shrinkage, making it unsuitable as a construction base. The research technique used was a laboratory experiment by adding eggshell powder mixtures with compositions of 0%, 6%, 12%, and 18% of the total dry soil mass. Based on the test results, the use of eggshell powder waste was proven to be able to change the characteristics of clay soil both in terms of its basic properties and strength. The dry unit weight value of the soil showed a tendency to increase with increasing mixture content until it reached its most effective point, while the level of soil flexibility decreased. Furthermore, the CBR value used as a reference in assessing the soil's ability to withstand pressure showed higher results compared to the initial condition of the soil without treatment, thus indicating an improvement in the quality of the subgrade. However, using too much mixture can actually reduce the success of the soil improvement process.*

**Keywords:** Eggshell, CBR, Density, Soil Stabilization, Clay Soil.

### I. PENDAHULUAN

Tanah bertekstur lempung banyak ditemukan pada kawasan beriklim panas dan lembap seperti Indonesia. Jenis tanah ini umumnya mempunyai kondisi yang kurang mendukung untuk pelaksanaan pembangunan karena memiliki tingkat kelengketan tinggi, perubahan ukuran yang cukup besar akibat pengaruh air, serta kemampuan menopang beban dan ketahanan terhadap geseran yang rendah. Karakteristik tersebut menyebabkan tanah lempung tidak terlalu sesuai dimanfaatkan sebagai lapisan penyangga maupun dasar pondasi apabila masih dalam keadaan alami. Oleh sebab itu, diperlukan tindakan perbaikan atau pengolahan tanah untuk meningkatkan mutu fisik dan kekuatannya sehingga layak digunakan pada pekerjaan konstruksi (Das, 1995; Hardiyatmo, 2010).

Sampai sekarang, metode stabilisasi tanah lebih sering menggunakan campuran berbahan

kapur dan semen. Meskipun efektif, penggunaan material tersebut memerlukan biaya yang cukup besar dan dapat menimbulkan pengaruh negatif terhadap lingkungan. Oleh sebab itu, dibutuhkan bahan pengganti yang lebih terjangkau serta mendukung konsep berkelanjutan. Salah satu material yang memiliki peluang untuk dimanfaatkan yaitu limbah kulit telur yang telah melalui proses penghalusan hingga menjadi tepung halus.

Limbah kulit telur mempunyai kandungan terbesar berupa senyawa kalsium karbonat (calcium carbonate) yang cukup melimpah, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai zat pengikat untuk membantu pemererat hubungan antargradasi butiran tanah. Penggunaan tepung kulit telur pada tanah berjenis lempung diperkirakan mampu mengubah karakteristik dasar maupun kemampuan mekanis tanah, seperti memengaruhi nilai batas cair, batas lekat plastis, serta menurunkan tingkat keplastisan

tanah. Selain itu, unsur kalsium yang terkandung di dalamnya juga berpotensi menambah ketahanan tanah dalam menerima tekanan, yang ditunjukkan melalui peningkatan angka California Bearing Ratio (CBR) sebagai ukuran kapasitas dukung tanah.

Sejumlah kajian terkini mengungkapkan bahwa pemanfaatan bubuk kulit telur dapat mengurangi tingkat keplastisan tanah sekaligus menaikkan nilai kerapatan serta kemampuan dukung pada tanah lempung. Namun demikian, capaian yang diperoleh sangat dipengaruhi oleh persentase campuran yang diterapkan. Apabila jumlahnya terlalu kecil, dampak yang dihasilkan cenderung belum terlihat jelas, sedangkan jika diberikan secara berlebihan justru dapat menurunkan performa tanah karena adanya perubahan susunan partikel penyusunnya.

Walaupun sejumlah penelitian mengenai penggunaan limbah kulit telur sebagai bahan perbaikan tanah sudah cukup luas dilakukan, pembahasan yang secara khusus menelaah pengaruhnya terhadap kerapatan serta kemampuan dukung tanah lempung secara lebih rinci dan terfokus masih tergolong terbatas. Padahal, pemahaman yang lebih mendalam terhadap aspek tersebut sangat dibutuhkan untuk menilai efektivitas material dalam meningkatkan kualitas tanah, sekaligus untuk menentukan proporsi campuran yang paling optimal.

Selain itu, pemanfaatan residu cangkang telur juga mendukung konsep pengelolaan limbah terpadu serta ekonomi sirkular, karena mampu mengurangi timbulan sampah organik dari kegiatan rumah tangga sekaligus mengubah bahan yang sebelumnya tidak bernilai menjadi lebih bermanfaat. Dengan demikian, penggunaan material tersebut tidak hanya memberi keuntungan dari sisi teknis dalam perbaikan tanah, tetapi juga memberikan dampak baik terhadap lingkungan.

Berdasarkan penjelasan tersebut, kajian ini dilaksanakan untuk menilai dampak penambahan sisa kulit telur terhadap kenaikan nilai kerapatan serta kemampuan. Melalui penelitian ini diharapkan dapat diketahui tingkat keefektifan bahan tersebut dalam meningkatkan karakteristik teknis tanah lempung.

## **II. LANDASAN TEORI**

Tanah lempung merupakan tanah berbutir halus yang memiliki plastisitas tinggi, daya dukung rendah, serta sifat kembang-susut yang besar sehingga sering menimbulkan permasalahan pada konstruksi jalan dan bangunan. Salah satu metode perbaikan yang dapat dilakukan adalah stabilisasi tanah menggunakan serbuk cangkang telur. Cangkang telur mengandung kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) yang tinggi sehingga mampu meningkatkan ikatan antarpartikel tanah, menurunkan plastisitas, serta meningkatkan kepadatan dan daya dukung tanah. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penambahan serbuk cangkang telur dapat meningkatkan nilai California Bearing Ratio (CBR) dan kekuatan tanah lempung secara signifikan.

Penelitian oleh Munirwan dkk. (2019) menunjukkan bahwa serbuk cangkang telur efektif memperbaiki sifat fisis dan pemadatan tanah lempung, sedangkan Soehardi dan Dinata (2022) menyimpulkan bahwa variasi penambahan serbuk cangkang telur mampu meningkatkan nilai CBR tanah lempung. Selain itu, Harahap dkk. (2023) melaporkan bahwa kombinasi serbuk cangkang telur dan abu tandan sawit dapat meningkatkan daya dukung tanah berdasarkan hasil pengujian CBR dan UCT.

Oleh karena itu, pemanfaatan limbah cangkang telur sebagai bahan stabilisasi tanah lempung dinilai ekonomis, ramah lingkungan, dan berpotensi meningkatkan kualitas tanah dasar pada konstruksi perkerasan jalan.

## **III. METODE PENELITIAN**

Riset yang dilakukan melalui eksperimental di laboratorium guna mengkaji pengaruh penggunaan serbuk cangkang telur sesuai dengan CBRR. Pelaksanaan penelitian bertempat di Laboratorium Mekanika Tanah UPTD Laboratorium DPUPR Provinsi Bengkulu, sedangkan pengambilan sampel tanah dilakukan di kawasan Talang Sali, Kabupaten Seluma. Bahan utama yang digunakan yaitu tanah lempung dan serbuk cangkang telur dengan persentase campuran sebesar 0%, 6%, 12%, dan 16% dari berat tanah kering. Adapun perlengkapan penelitian yang digunakan terdiri atas oven, ayakan (sieve), alat Dynamic Cone Penetrometer (DCP), perangkat uji CBR, neraca digital, serta alat uji batas Atterberg. Dalam penelitian ini, persentase campuran serbuk cangkang telur digunakan sebagai faktor perlakuan, sedangkan hasil yang diamati adalah besarnya nilai CBR pada kondisi terendam air dan tanpa perendaman. Kadar air awal tanah dipertahankan tetap agar tidak memengaruhi hasil pengujian. Pelaksanaan penelitian diawali dengan pengambilan sampel tanah dari lokasi yang telah ditentukan, kemudian sampel dikeringanginkan selama satu hari penuh untuk mengurangi kandungan air alami. Cangkang telur yang akan digunakan sebagai bahan campuran dibersihkan terlebih dahulu hingga bebas dari kotoran dan sisa membran, kemudian dikeringkan menggunakan sinar matahari atau oven bersuhu 100–120°C selama beberapa jam sampai benar-benar kering. Setelah proses pengeringan selesai, cangkang telur ditumbuk dan dihaluskan hingga berbentuk bubuk, lalu disaring menggunakan ayakan nomor 40 agar diperoleh ukuran partikel yang lebih homogen. Tahapan berikutnya meliputi pemeriksaan karakteristik tanah seperti gradasi butiran dan batas Atterberg. Selanjutnya dilakukan pengujian CBR pada sampel tanah campuran dalam kondisi soaked dan unsoaked untuk mengetahui perubahan kemampuan daya dukung tanah akibat penambahan serbuk cangkang telur.

## **IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **A. Hasil**

Hasil Uji Kadar Air. Uji dilaksanakan memahami besarnya kandungan air dalam sampel tanah. Hasil pengujian pada tanah asli diperoleh melalui tiga kali percobaan dengan membandingkan kondisi tanah utuh (*undisturbed*) dan tanah terganggu.



Gambar 1. Uji Kadar Air Tanah

Tabel 1. Tanah Undisturb Titik satu

No	Nomor wadah		I	II
1	Bobot wadah yang berukuran kecil	$W_1$	8,50	8,50
2	Bobot wadah dan tanah berair	$W_2$ g	47,50	49,00
3	Bobot wadah tanah	$W_3$ gram	38,50	39,00
4	Bobot airnya	$(W_2 - W_3)$	9,00	10,00
5	Bobot tanah tidak berair	$(W_3 - W_1)$	30,00	30,50
6	Kualitas air		0,30	0,33
7	Kualitas keseluruhan (%)		0,314	

Tabel 2. Tanah Disturb Titik satu

No	Nomor wadah		I	II
1	Bobot wadah yang berukuran kecil	$W_1$	8,50	8,50
2	Bobot wadah dan tanah berair	$W_2$	47,50	49,00
3	Bobot wadah tanah	$W_3$	38,50	39,00
4	Bobot airnya	$(W_2 - W_3)$	9,00	10,00
5	Bobot tanah tidak berair	$(W_3 - W_1)$	30,00	30,50
6	Kualitas air		0,30	0,33
7	Kualitas keseluruhan (%)		0,314	

Sesuai dengan uji yang dilakukan memberikan hasil Tingkat kekadarannya sebesar 0,314 % Undisturb dan 0,423 % Disturb.

Hasil Pengujian Kadar Air. Proses ini dilaksanakan untuk melihat kandungan air dalam tanah.

Tabel 3. Tanah Undisturb Titik Dua

No	Nomor wadah		I	II
1	Bobot wadah yang berukuran kecil	$W_1$	0,50	1,50
2	Bobot wadah dan tanah berair	$W_2$	32,50	34,50
3	Bobot wadah tanah	$W_3$	24,00	25,50
4	Bobot airnya	$(W_2 - W_3)$	8,50	9,00
5	Bobot tanah tidak berair	$(W_3 - W_1)$	23,50	24,00
6	Kualitas air		0,36	0,38
7	Kualitas keseluruhan (%)		0,368	

Tabel 4. Tanah Distrb Titik Dua

No	Nomor wadah		I	II
1	Bobot wadah yang berukuran kecil	$W_1$	0,50	1,50
2	Bobot wadah dan tanah berair	$W_2$ g	32,50	34,50
3	Bobot wadah tanah	$W_3$ gram	24,00	25,50
4	Bobot airnya	$(W_2 - W_3)$	8,50	9,00
5	Bobot tanah tidak berair	$(W_3 - W_1)$	23,50	24,00
6	Kualitas air		0,36	0,38
7	Kualitas keseluruhan (%)		0,368	

Sesuai dengan uji yang dilakukan memberikan hasil tingkat kekadarannya sebesar 0,368% Undisturb dan 0,438% Disturb.



Gambar 2. Uji Berat Jenis Tanah



Gambar 3. Analisis Saringan

Sesuai uji yang dilakukan penyaringan diperoleh nilai D10: 0,095% D30: 0,0% dan D60: 0,0%.

Hasil uji batas atterberg. Batas cair (LL). Pengujian cairan bertujuan untuk menentukan kondisi aiarny kondisi batas cair dengan metode Casagrande, yang digunakan dalam identifikasi sifat dan pengelompokan tanah. Keterbatasan yaitu kandungan minimum saat tanah berada pada perubahan dari kondisi cair ke plastis. Hasil uji batas cair ditampilkan pada bagian berikutnya:



Gambar 4. Uji Batas Cair Tanah

Hasil uji batas atterberg. Batas plastis (PL). Batas plastis adalah kondisi peralihan antara keadaan plastis dan semi plastis, di mana tanah mulai mengalami retakan saat digulung menyerupai batang kecil berdiameter ±3 mm. Hasil uji batas plastis pada tanah asli titik 1 tanpa penambahan cangkang telur (0%).

Tabel 5. Batas Plastis Tanak Titik Satu 0%

No	Nomor wadah		1
1	Massa wadah yang sudah kosong	$W_1$	7,50
2	Massa wadah dan tanah lembab	$W_2$	22,50
3	Massa wadah dan tanah yang kering	$W_3$	17,50
4	Massa air	$A = W_2 - W_3$	5,00
5	Massa tanahnya	$B = W_3 - W_{r1}$	10,00
6	Kualitas air	$w = (A/B)*100\%$	0,500
7	Batas Plastis : 25%		
<b>Ikhtisar :</b>			
Batasan cairan : LL =			81,00%
Batasasan BP =			25,00%
Nilai : IP =			56,00%

Dari uji tanah melalui bagian satu +0% penambahan Cangkang Telur, dihasilkan batas plastis sebesar 25%. Hasil dari pengujian batas plastis tanah asli titik satu +6% penambahan Cangkang Telur tabel 7.

Tabel 6. Batas Plastis Tanah Titik Satu 6%

No	Nomor wadah		1
1	Massa wadah yang sudah kosong	$W_1$	1,50

2	Massa wadah dan tanah lembab	$W_2$	22,00
3	Massa wadah dan tanah yang kering	$W_3$	15,00
4	Massa air	$A = W_2 - W_3$	7,00
5	Massa tanahnya	$B = W_3 - W_{r1}$	13,50
6	Kualitas air	$w = (A/B)*100\%$	0,519
7	Batas Plastis : 25%		
<b>Ikhtisar :</b>			
Batasan air : LL =			70,00%
Batasan plastisnnya : BP =			25,93%
Penilaiannya : IP =			44,07%

Setelah melakukan uji menghasilkan batasan plastis yaitu 25,93%. Hasil dari pengujian batas plastis tanah asli titik satu +12% penambahan Cangkang Telur.

Tabel 7. Batas Plastis Tanah Titik Satu 12%

No	Nomor wadah		1
1	Massa wadah yang sudah kosong	$W_1$	1,50
2	Massa wadah dan tanah lembab	$W_2$	21,50
3	Massa wadah dan tanah yang kering	$W_3$	13,50
4	Massa air	$A = W_2 - W_3$	8,00
5	Massa tanahnya	$B = W_3 - W_{r1}$	12,00
6	Kualitas air	$w = (A/B)*100\%$	0,667
7	Batas Plastis : 25%		
<b>Ikhtisar :</b>			
LL =			67,50%
BP =			33,33%
IP =			34,17%

Uji tanah dilakukan dengan mmeberikan hasil 33,33%. Hasil dari pengujian batas plastis tanah asli titik satu +0% penambahan Cangkang Telur.

Tabel 8. Batas Plastis Tanah Titik Satu 18%

No	Nomor wadah		1
1	Massa wadah yang sudah kosong	$W_1$	1,50
2	Massa wadah dan tanah lembab	$W_2$	21,00
3	Massa wadah dan tanah yang kering	$W_3$	13,00
4	Massa air	$A = W_2 - W_3$	8,00
5	Massa tanahnya	$B = W_3 - W_{r1}$	11,50
6	Kualitas air	$w = (A/B)*100\%$	0,696
7	Batas Plastis : 25%		
<b>Ikhtisar :</b>			
LL =			67,50%
BP =			33,33%

IP =	34,17%
------	--------

Uji memberikan hasil +18% ditambahkannya Cangkang Telur, menghasilkan 34,78%. Hasil dari pengujian batas plastis tabel 10.

**Tabel 9.** Batas Plastis Tanah Titik Dua 0%

No	Nomor wadah		1
1	Massa wadah yang sudah kosong	$W_1$	7,50
2	Massa wadah dan tanah lembab	$W_2$	23,50
3	Massa wadah dan tanah yang kering	$W_3$	16,00
4	Massa air	$A = W_2 - W_3$	7,50
5	Massa tanahnya	$B = W_3 - W_{1,1}$	16,00
6	Kualitas air	$w = (A/B)*100\%$	0,469
7	Batas Plastis : 25%		
Ikhtisar :			
LL =	65,00%		
BP =	23,44%		
IP =	41,56%		

Dari pengujian tanah asli titik dua +0% penambahan Cangkang Telur, didapatkan nilai batas plastis sebesar 23,44%. Hasil dari pengujian batas plastis tanah asli titik dua +6% penambahan Cangkang Telur.

**Tabel 10.** Batas Plastis Tanah Titik Dua 6%

No	Nomor wadah		1
1	Massa wadah yang sudah kosong	$W_1$	1,50
2	Massa wadah dan tanah lembab	$W_2$	24,00
3	Massa wadah dan tanah yang kering	$W_3$	15,50
4	Massa air	$A = W_2 - W_3$	8,50
5	Massa tanahnya	$B = W_3 - W_{1,1}$	15,50
6	Kualitas air	$w = (A/B)*100\%$	0,548
7	Batas Plastis : 25%		
Ikhtisar :			
LL =	64,00%		
BP =	27,42%		
IP =	36,58%		

Setelah ditambahkannya Cangkang Telur, memberikan hasil yaitu 27,42%. Hasil dari pengujian batas plastis tanah asli titik dua +12% penambahan Cangkang Telur.

**Tabel 11.** Batas Plastis Tanah Titik Dua 12%

No	Nomor wadah		1
1	Massa wadah yang sudah kosong	$W_1$	1,50
2	Massa wadah dan tanah lembab	$W_2$	23,50

3	Massa wadah dan tanah yang kering	$W_3$	15,00
4	Massa air	$A = W_2 - W_3$	8,50
5	Massa tanahnya	$B = W_3 - W_{1,1}$	15,00
6	Kualitas air	$w = (A/B)*100\%$	0,567
7	Batas Plastis : 25%		
Ikhtisar :			
LL =	62,00%		
BP =	28,33%		
IP =	33,67%		

Setelah melakukan uji +12% ditambahkannya Cangkang Telur, hasilnya 28,33%. Hasil dari pengujian batas plastis tanah asli titik dua +18% penambahan Cangkang Telur.

**Tabel 12.** Batas Plastis Tanah Titik Dua 18%

No	Nomor wadah		1
1	Massa wadah yang sudah kosong	$W_1$	1,50
2	Massa wadah dan tanah lembab	$W_2$	23,00
3	Massa wadah dan tanah yang kering	$W_3$	14,50
4	Massa air	$A = W_2 - W_3$	8,50
5	Massa tanahnya	$B = W_3 - W_{1,1}$	14,50
6	Kualitas air	$w = (A/B)*100\%$	0,586
7	Batas Plastis : 25%		
Ikhtisar :			
LL =	60,00%		
BP =	29,31%		
IP =	30,69%		

Setelah melakukan uji +0% penambahan Cangkang Telur, menghasilkan nilai batas plastis sebesar 29,31%. Hasil dari pengujian batas plastis tanah asli titik tiga +0% penambahan Cangkang Telur.

**Tabel 13.** Batas Plastis Tanah Titik Tiga 0%

No	Nomor wadah		1
1	Massa wadah yang sudah kosong	$W_1$	1,50
2	Massa wadah dan tanah lembab	$W_2$	24,50
3	Massa wadah dan tanah yang kering	$W_3$	17,00
4	Massa air	$A = W_2 - W_3$	7,50
5	Massa tanahnya	$B = W_3 - W_{1,1}$	17,00
6	Kualitas air	$w = (A/B)*100\%$	0,441
7	Batas Plastis : 25%		
Ikhtisar :			
LL =	70,50%		
BP =	22,06%		

IP =	48,44%
------	--------

Melakukan uji asli titik tiga+0% penambahan Cangkang Telur, yang dihasilkan sebesar 22,06%. Hasil dari pengujian batas plastis tanah asli titik tiga +6% ditambahkannya Cangkang Telur.

**Tabel 14.** Batas Plastis Tanah Titik Tiga 6%

No	Nomor wadah		1
1	Massa wadah yang sudah kosong	$W_1$	8,50
2	Massa wadah dan tanah lembab	$W_2$	25,00
3	Massa wadah dan tanah yang kering	$W_3$	16,00
4	Massa air	$A = W_2 - W_3$	9,00
5	Massa tanahnya	$B = W_3 - W_{1,1}$	16,00
6	Kualitas air	$w = (A/B)*100\%$	0,563
7	Batas Plastis	: 25%	
<b>Ikhtisar :</b>			
LL =			68,00%
BP =			28,13%
IP =			39,88%

Dari pengujian tanah asli titik tiga +6% penambahan Cangkang Telur, didapatkan nilai batas plastis sebesar 28,13%. Hasil dari pengujian batas plastis tanah asli titik tiga +12% penambahan Cangkang Telur.



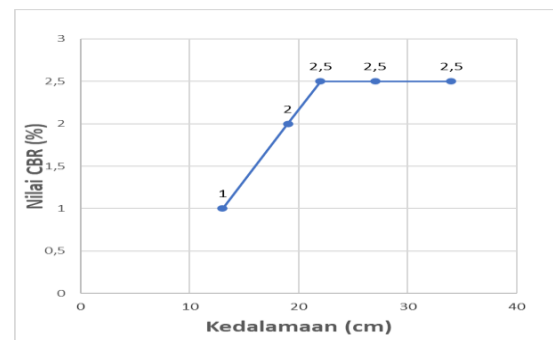
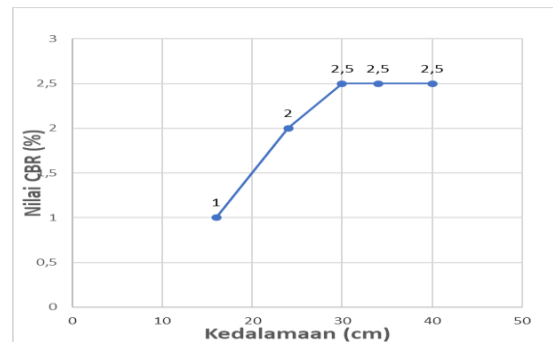
**Gambar 5.** Uji Plastisitas Tanah

Indeks Plastisitas (IP) adalah nilai yang menunjukkan selisih rentang kadar air saat tanah berada pada keadaan plastis. Semakin tinggi nilai IP, maka tingkat keplastisan tanah juga semakin besar, yang biasanya menandakan kandungan lempung yang lebih banyak. Hasil uji tanah bagian titik dengan mencampurkan Cangkang Telur berdasarkan tabel 15 sebagai berikut.

**Tabel 15.** Pengujian DCP TITIK 1

No.	Banyak	Penetrasi		DCP (mm/ tumbukan)	CBR (%)
	Tumbukan	cm	mm		
1	0	0	0	0	0
2	1		110	110	1
3	1	23	120	120	2
4	1	30	70	70	2,5
5	1	35	50	50	2,5
6	1	45	100	100	2,5

7	1	49		40	2,5
8	1	54	50	50	2
9	1	59	50	50	2,5
10	1	63	40	40	2
11	1	68	50	50	2
				CBR Rata-rata	2,0



Hasil pengujian menunjukkan nilai <5%, sehingga dapat disimpulkan bahwa tanah tersebut termasuk tanah lempung dengan karakteristik daya dukung rendah serta cenderung basah dan lunak.

Hasil uji california bearing ratio (CBR). Merupakan nilai perbandingan antara tekanan penetrasi tanah dengan tekanan standar menggunakan piston berpenampang 3 inci<sup>2</sup> pada kecepatan 0,05 inci/menit. Nilai CBR ditentukan dari hasil penetrasi 0,1 dan 0,2 inci, kemudian dipilih nilai yang paling besar sebagai nilai akhir CBR tanah.



**Gambar 6.** Uji CBR

Nilai CBR tanah asli. Pengujian CBR dilakukan untuk mengetahui kemampuan tanah asli dalam

menahan beban penetrasi tanpa campuran. Nilai CBR dihitung dari hasil penetrasi pada kedalaman 0,1 inci dan 0,2 inci dengan pengulangan sebanyak tiga kali agar data lebih akurat. Hasil pengujian menampilkan nilai CBR pada penetrasi 0,1" dan 0,2".

**Tabel 16.** Dihasilkan periksa CBR untuk campuran 0%

No	Penetrasi	Nilai C BR (%)		
		Uji ke-1	Uji ke-2	Uji ke-3
1	0,1	15,47	25,23	29,30
2	0,2	18,13	32,35	46,49

Nilai CBR yang dipakai adalah nilai tertinggi antara penetrasi 0,1" dan 0,2". Dari hasil uji, penetrasi 0,2" lebih besar sehingga digunakan sebagai acuan. Hasil menunjukkan nilai pada titik 1 sebesar 18 13%, titik 2 sebesar 32,35%, dan titik 3 sebesar 46,49%. Dari ketiga titik tersebut, nilai terbesar terdapat pada titik 3.

Nilai CBR tanah + cangkang telur. Analisis peningkatan CBR akibat variasi campuran cangkang telur.

**Tabel 17.** Hasil Pemeriksaan CBR untuk Campuran 6%

No	Penetrasi	Nilai CBR (%)		
		Uji ke-1	Uji ke-2	Uji ke-3
1	0,1	18,62	27,98	37,04
2	0,2	26,68	36,79	48,13

Nilai yang dipakai tertinggi antar a hasil penetrasi 0,1" dan 0,2". Dari pengujian yang dilakukan, nilai penetrasi 0,2" lebih besar dibandingkan 0,1", sehingga yang dijadikan acuan adalah penetrasi 0,2". Hasil menunjukkan nilai pada titik 1 sebesar 26,68%, titik 2 sebesar 36,79%, dan titik 3 sebesar 48,13%. Dari ketiga titik tersebut, nilai tertinggi terdapat pada titik 3.

**Tabel 18.** Hasil Pemeriksaan CBR untuk Campuran 12%

No	Penetrasi	Nilai CBR (%)		
		Uji ke-1	Uji ke-2	Uji ke-3
1	0,1	22,09	22,09	44,00
2	0,2	33,90	37,86	51,68

Nilainya dipakai dari hasil penetrasi 0,1" dan 0,2". Hasil uji menunjukkan penetrasi 0,2" lebih besar dibanding 0,1", sehingga nilai yang digunakan adalah penetrasi 0,2". Data pengujian pada titik 1 sebesar 33,90%, titik 2 sebesar 37,86%, dan titik 3 sebesar 51,68%. Dari ketiga titik tersebut, nilai tertinggi terdapat pada titik 3.

**Tabel 19.** Hasil Pemeriksaan CBR untuk Campuran 18%

No	Penetrasi	Nilai C BR (%)		
		Uji ke-1	Uji ke-2	Uji ke-3
1	0,1	9,77	17,12	25,89

2	0,2	22,28	24,67	36,10
---	-----	-------	-------	-------

Memberikan hasil niali paling tinggi 0,1" dan 0,2". Dari pengujian, penetrasi 0,2" lebih besar sehingga dijadikan acuan. Hasil menunjukkan titik 1 sebesar 22,28%, titik 2 sebesar 24,67%, dan titik 3 sebesar 36,10%. Nilai terbesar terdapat pada titik 3.

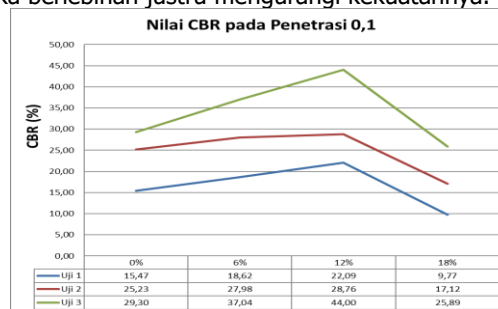
**B. Pembahasan**

Analisis Pengaruh Penambahan Bahan Stabilisasi. Pengaruh Terhadap Kepadatan Tanah. Penambahan cangkang telur pada tanah lempung memengaruhi sifat fisik tanah, terutama terkait tingkat kepadatan. Walaupun uji pemadatan (Proctor) tidak dilakukan, perubahan kepadatan dapat dilihat dari hasil pengujian. Penurunan ini menandakan berkurangnya sifat kohesif dan keplastisan tanah lempung. Akibatnya, tanah menjadi lebih mudah dikerjakan dan dipadatkan karena ikatan antar partikel melemah dibanding kondisi awal.

Partikel halus dari limbah cangkang telur berfungsi sebagai bahan pengisi yang masuk ke sela-sela butiran tanah. Hal ini membuat struktur tanah menjadi lebih rapat dan ruang pori berkurang, sehingga kepadatan tanah meningkat.

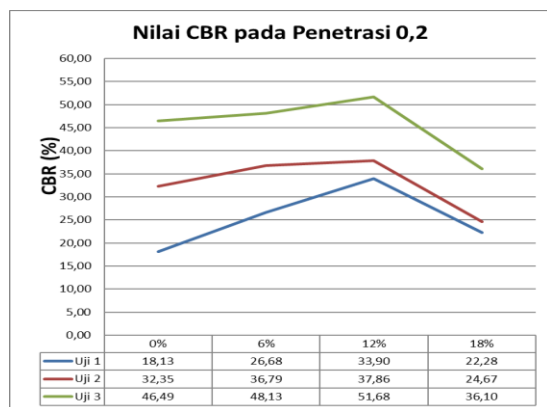
Peningkatan ini juga terlihat dari nilai CBR yang naik seiring bertambahnya kadar cangkang telur. CBR yang lebih tinggi menunjukkan tanah lebih padat dan mampu menahan beban lebih besar, sehingga dapat menjadi indikator meningkatnya kepadatan. Kesimpulannya, penambahan cangkang telur dapat memperbaiki kepadatan tanah lempung karena menurunkan plastisitas dan memperbaiki susunan butiran tanah menjadi lebih stabil.

Pengaruh Terhadap Daya Dukung Tanah. Hasil pengujian CBR memperlihatkan bahwa penambahan cangkang telur dapat meningkatkan kemampuan dukung tanah lempung. Peningkatan terjadi pada kadar 6% dan 12%, sedangkan pada 18% nilainya kembali menurun. Hal ini menunjukkan bahwa campuran optimal dapat memperkuat tanah, namun jika berlebihan justru mengurangi kekuatannya.



**Gambar 7.** Nilai CBR pada penetrasi 0,1

Pada penetrasi 0,1 inci, nilai CBR paling tinggi diperoleh pada campuran 12%. Uji 1 meningkat dari 15,47% menjadi 22,09%, Uji 2 dari 25,23% menjadi 28,76%, dan Uji 3 dari 29,30% menjadi 44,00% dibanding tanah asli. Sementara itu, pada campuran 18% nilai CBR justru menurun pada semua pengujian.



Gambar 8. Nilai CBR pada penetrasi 0,2

Pada uji penetrasi 0,2 inci, nilai CBR tertinggi juga terjadi pada campuran 12%, yaitu 33,90% (Uji 1), 37,86% (Uji 2), dan 51,68% (Uji 3). Namun ketika kadar ditambah menjadi 18%, seluruh nilai CBR kembali menurun. Kenaikan pada campuran 6% dan 12% menunjukkan bahwa cangkang telur dapat memperkuat daya dukung tanah lempung. Kandungan  $\text{CaCO}_3$  membantu mempererat ikatan antar butiran tanah sehingga struktur menjadi lebih padat dan kuat. Sebaliknya, pada kadar 18% campuran menjadi kurang seragam sehingga ikatan tanah melemah dan daya dukung turun. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa kadar terbaik penambahan cangkang telur pada tanah lempung terdapat pada variasi 12%, karena pada komposisi tersebut diperoleh nilai CBR paling tinggi dibandingkan campuran lainnya.

Perbandingan Dengan Penelitian Terdahulu. Secara keseluruhan, penambahan cangkang telur terbukti dapat meningkatkan kepadatan kenaikan nilai CBR pada kadar tertentu. Temuan ini sejalan dengan Putrilan et al. (2023) menjelaskan campuran cangkang telur 12% mampu meningkatkan CBR dari 3,94% menjadi 7,83%. Hal tersebut menunjukkan adanya perbaikan struktur tanah akibat proses pengikatan partikel.

Hasil kajian G. Utomo et al. (2023) juga mendukung temuan ini, yaitu penggunaan serbuk kulit telur dapat memperbaiki kepadatan tanah serta menurunkan kadar air. Kondisi berdasarkan pada peningkatan kerapatan akibat masuknya partikel halus ke dalam rongga tanah.

Selain itu, penelitian Ilham Maulana (2021) menyatakan bahwa peningkatan nilai CBR menjadi lebih tinggi ketika cangkang telur dikombinasikan dengan bahan stabilisasi lain seperti semen. Hal ini mengindikasikan bahwa penggunaan campuran bahan tambahan dapat memberikan hasil yang lebih maksimal dibandingkan pemakaian cangkang telur secara sendi.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Campuran cangkang telur dapat meningkatkan kemampuan dukung tanah berdasarkan uji CBR. Peningkatan terjadi pada kadar 6% dan 12% untuk

penetrasi 0,1" dan 0,2", dengan hasil terbaik pada 12%. Nilai tertinggi mencapai 44,00% (0,1") dan 51,68% (0,2"). Pada kadar 18%, nilai CBR menurun akibat campuran tidak homogen sehingga kekuatan tanah berkurang. Secara keseluruhan, cangkang telur dapat meningkatkan daya dukung tanah lempung, dengan kadar paling efektif pada 12% karena menghasilkan CBR tertinggi.

### B. Saran

Untuk menggunakan campuran cangkang telur dengan kadar optimum sebesar 12% sebagai bahan stabilisasi tanah lempung, karena terbukti memberikan peningkatan daya dukung (CBR) tertinggi yang sangat signifikan hingga mencapai 44,00% pada penetrasi 0,1" dan 51,68% pada penetrasi 0,2". Selain itu, dalam aplikasi praktis di lapangan, proses pengadukan dan pencampuran material harus dilakukan secara sangat teliti dan dipastikan benar-benar merata, mengingat penambahan kadar yang berlebihan hingga 18% justru menurunkan kekuatan tanah akibat campuran yang tidak homogen.

## DAFTAR PUSTAKA

- A., Raza, H., & Alam, D. S. (2024). *Stabilization of Soil Using Eggshell Powder as a Partial Replacement for Lime: A Sustainable Approach*. 4(2), 47–60.
- Endaryanta, D. E. wibowo. (2008). *Upaya Meningkatkan Kuat Geser Tanah Lempung Dengan Memanfaatkan Limbah Plastik*. 1–12.
- Fathonah, W., Mina, E., Kusuma, R. I., & Salim, N. (2021). *Pemanfaatan Serbuk Cangkang Telur Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Pengaruhnya Terhadap Nilai California Bearing Ratio (CBR)*. 10(2).
- Fitriani, A., & Bei, D. (2005). *Perilaku Sifat Fisik-Mekanik dan Mikrostruktur Tanah Lempung Ekspansif yang Distabilisasi Menggunakan Kapur*. 1960, 16–17.
- G. Utomo, Indriani, A. M., Hidayat, N., Rahman, M. T., Ikhsan, M., K. Fitri, A. S., I. S., F., J. C., Akmal, M. A., Langda, M. R., A. Kunaivi, & Ivani, C. H. (2023). *Stabilisasi Tanah Raham Lingkungan Menggunakan Egg Shell Powder*. 24–26.
- Hawanto, A., Amran, Y., & Sriharyani, L. (2021). *Analisis Sifat Fisik Dan Mekanis Tanah Lempung Menggunakan Bahan Additive Difa Soil Stabilizer Dan Semen Asep*. 2(2).
- Ir. Darwis Panguriseng, Ms. (2001). *Stabilisasi Tanah*.
- Khan, M. S., & Amin, S. (2022). *Recent Progress in Materials Effects of Chemical Stabilisation of Eggshells-Lime and Fly-Ash-Cement on the Structural Strength of Subgrade Soil in Rural Roads*. <https://doi.org/10.21926/rpm.220301>
- Maulana, I. (2021). *Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Campuran Cangkang Telur Terhadap Nilai CBR*.
- Muhammad Naufal Siddiq, A. B. L. (n.d.). *Pengaruh Penambahan Serbuk Cangkang Telur Pada Nilai Kuat Geser Tanah Lempung*. 1–13.
- Nurfatihah [1]\*, S. W. [1]. (2023). *Pengaruh Penambahan Serbuk Karet dan Serbuk*

- Cangkang Telur Terhadap Parameter Tanah Lempung pada Pengujian Konsolidasi dan Kuat Geser Langsung ABSTRACT . Effect of Addition of Rubber Powder and Eggshell Powder on Clay Soil.* 19(April), 146–157. <https://doi.org/10.28932/jts.v19i1.5931>
- Putrilan, M., Harahap, S., Nasution, D. W., Hastuty, I. P., & Nuraliman, A. (2023). *Pengaruh Penambahan Abu Tandan Sawit dan 12 % Serbuk Cangkang Telur Terhadap Stabilisasi Tanah Lempung Ditinjau Dari Nilai CBR dan UCT.*
- Sakr, M. A., Nazir, A. K., Azzam, W. R., & Ali, N. O. (2023). Soft clay improvement using eggshell powder as a sustainable material. *International Journal of Geotechnical Engineering*, 00(00), 1–15. <https://doi.org/10.1080/19386362.2023.2295684>
- Subarkah, H., Adi, P., & Lestarini, W. (2024). *Pengaruh penambahan campuran limbah cangkang telur dan abu batok kelapa terhadap nilai cbr tanah lempung.* 2(1), 6–12.
- Sudjiyanto, A. T., Suraji, A., & Susilo, S. H. (2021). *Analysis Of Soil Characteristics On Expansive Clay Stabilization.* 6, 58–64. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.245533>
- Samuthiram, M. (2016). *Stabilization Of Expansive Soil with Egg Shell Powder And Quarry Dust.* 12 (December), 5512–5517.
- Setiana Wulandari, E. T. dan S. M. (n.d.). *Peningkatan Hasil Belajar Siswa Smk Menggunakan Lembar Kerja Kumon Pada Materi Hukum II Newton Setiana.* 1–11.
- Sipil, J., & Terapan, S. (2023). *Jurnal sipil sains terapan.* September.
- Sitorus, Y. (2024). *Tugas akhir. stabilisasi Limbah Gypsum Pada Tanah Lempung Dengan Terhadap Nilai California Bearing Ratio (CBR).*
- Zada, U., Haleem, K., Saqlain, M., Abbas, A., & Khan, A. U. (2022). Reutilization of Eggshell Powder for Improvement of Expansive Clayey Soil Reutilization of Eggshell Powder for Improvement of Expansive Clayey Soil. *Iranian Journal of Science and Technology, of Civil Engineering*, August. <https://doi.org/10.1007/s40996-022-00938-2>