

## Pengaruh Penambahan Cangkang Telur Terhadap Daya Dukung Tanah Lempung di Dusun Ahuru, Kota Ambon

Florence Haumahu, Sjafrudin Latar, Nexsien R. Maitimu

Program Studi Teknik Sipil, Politeknik Negeri Ambon

E-mail: florencehaumahu5@gmail.com

### ABSTRACT

This study aims to determine the effect of adding eggshell powder on the bearing capacity of clay soil in Dusun Ahuru, Ambon. Clay soil is known for high plasticity and low bearing capacity. Stabilization was carried out with variations of eggshell powder 5%, 10% and 15% with varying incubation periods of 0, 7, and 14 days. Laboratory test included physical properties and California Bearing Ratio (CBR). Results showed that the addition of 15% eggshell powder with a curing 14 days significantly increased the CBR value from 2,15% (original soil) to 10,42%. The calcium carbonate in eggshell powder reacted with clay soil, thereby improving the mechanical properties.

**Keywords:** Clay Soil, Eggshell Powder, Stabilization

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan serbuk cangkang telur (SCT) terhadap daya dukung tanah lempung di Dusun Ahuru, Kota Ambon. Tanah lempung memiliki kendala berupa plastisitas tinggi daya dukung rendah. Stabilisasi dilakukan dengan variasi SCT 5%, 10% dan 15% dengan lama pemeraman 0, 7 dan 14 hari. Pengujian laboratorium meliputi sifat fisik dan California Bearing Ratio (CBR). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan SCT 15% dengan pemeraman 14 hari meningkatkan nilai CBR secara signifikan dari 2,15% (tanah asli) menjadi 10,42%. Kandungan kalsium karbonat pada SCT bereaksi dengan tanah lempung sehingga memperbaiki sifat mekanisnya.

**Kata Kunci :** Tanah lempung, Serbuk Cangkang Telur, Stabilisasi

### PENDAHULUAN

Jalan merupakan prasarana transportasi darat yang memegang peran vital dalam mendukung pertumbuhan ekonomi dan aksesibilitas sosial di suatu daerah. Keandalan suatu jalan sangat bergantung pada kekuatan lapisan tanah dasarnya (*subgrade*). Di Kota Ambon, khususnya di Dusun Ahuru, sering ditemukan jenis tanah lempung yang memiliki karakteristik teknis yang kurang menguntungkan bagi konstruksi jalan.

Tanah lempung secara umum memiliki sifat plastisitas yang tinggi, daya dukung rendah,

dang sifat kembang susut yang besar jika terjadi perubahan kadar air. Pada umumnya hujan, tanah ini cenderung lunak dan mengembang, sedangkan pada musim panas akan menyusut dan retak. Kondisi ini seringkali menyebabkan kerusakan pada perkerasan aspal di atasnya. Oleh karena itu, diperlukan upaya stabilisasi tanah untuk memperbaiki sifat fisik dan mekanis agar memenuhi standar konstruksi jalan.

Stabilisasi tanah dapat dilakukan secara mekanis maupun kimiawi dengan menambahkan bahan additive, salah satu limbah organik yang berpotensi digunakan

adalah cangkang telur. Cangkang telur mengandung kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) sekitar 94% yang secara kimiawi mirip dengan kapur ( $\text{CaO}$ ). Penggunaan serbuk cangkang telur (SCT) diharapkan dapat menjadi solusi ramah lingkungan sekaligus meningkatkan nilai *California Bearing Ratio* (CBR) tanah dasar di Dusun Ahuru. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh presentase penambahan SCT dan lama pemeraman terhadap nilai CBR tanah lempung tersebut.

Manfaat dari penelitian mencakup aspek teknis dalam penyediaan alternatif bahan stabilisasi tanah yang murah dan tersedia melimpah, serta aspek lingkungan melalui pemanfaatan limbah rumah tangga. Dengan meningkatkan daya dukung tanah, biaya pemeliharaan jalan di daerah tersebut dapat dikurangi di masa mendatang.

### **Tanah Lempung**

Tanah lempung terdiri dari partikel mikroskopis dan sub-mikroskopis yang berasal dari pelapukan kimiawi batuan. Mineral lempung seperti kaolinite, dan montmorillonite sangat mempengaruhi perilaku tanah. Tanah lempung di Dusun Ahuru dikategorikan memiliki indeks plastisitas tinggi yang memerlukan penanganan khusus sebelum digunakan sebagai *subgrade* jalan [1].

### **Stabilisasi Tanah**

Stabilisasi bertujuan untuk meningkatkan kekuatan geser dan daya dukung tanah serta mengurangi sensitivitas terhadap air. Stabilisasi kimiawi melibatkan reaksi antara mineral lempung dengan bahan tambah. Reaksi pozzolanik yang terjadi dapat menghasikan ikatan sementasi yang memperkuat struktur tanah [2].

### **Serbuk Cangkang Telur**

Limbah cangkang telur merupakan material kalsium yang kaya. Dalam penelitian terdahulu, kalsium karbonat dalam SCT dapat bereaksi dengan silika dan alumina dalam tanah lempung, membentuk kalsium silikat hidrat (CSH) yang berfungsi sebagai bahan pengikat. Hal ini serupa dengan mekanisme kerja semen atau kapur dalam menstabilisasi tanah dasar [3].

### **California Bearing Ratio**

CBR adalah perbandingan antara beban penetrasi satu bahan terhadap bahan standar dengan kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama. Nilai CBR digunakan sebagai parameter utama dalam menentukan ketebalan lapisan perkerasan jalan. Nilai CBR tanah dasar yang rendah (di bawah 6%) umumnya memerlukan stabilisasi atau penggantian tanah.

### **Penelitian Terdahulu**

Beberapa peneliti terdahulu menunjukkan

bahwa penambahan serbuk cangkang telur dalam dosis tertentu efektif meningkatkan CBR laboratorium. Namun efektifitasnya sangat bergantung pada jenis mineral tanah dan lama pemeraman. Pemeraman memungkinkan reaksi kimia terjadi jadi lebih sempurna, sehingga menghasilkan peningkatan kekuatan yang lebih signifikan seiring berjalannya waktu [4].

**Metode Penelitian**

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen laboratorium. Tahapan penelitian dimulai dengan pengambilan sampel tanah terganggu (*disturbed sampel*) salah satu ruas jalan di Dusun Ahuru, Kota Ambon. Sampel tanah kemudian dikeringkan dan dipersiapkan untuk serangkaian pengujian fisik dan mekanik.

Langkah-langkah pengujian meliputi:

1. Pengujian sifat fisik tanah asli: mencakup uji kadar air (SNI 1965:2008), berat jenis (SNI 1964:2008), analisa saringan (SNI ASTM C 136:2012), dan batas batas atterberg (SNI 1966:2008 & SNI 1967:2008)
2. Persiapan bahan tambah: cangkang telur dibersihkan, dikeringkan, lalu ditumbuk dan disaring hingga menjadi serbuk halus.
3. Pencampuran sampel: tanah dicampur

dengan SCT pada variasi prosentase 0%, 5%, 10% dan 15% dari berat kering tanah.

4. Pemadatan: menggunakan uji pemadatan standar untuk mendapatkan kadar air optimum (OMC) dan berat isi kering maksimum (MDD).
5. Pemeraman: sampel yang telah dipadatkan diperam selama 0 hari, 7 hari, 14 hari sebelum dilalukukan pengujian CBR.
6. Uji CBR Laboratorium: pengujian dilakukan sesuai SNI 1744:2012 untuk mendapatkan nilai CBR *unsoaked* (tanpa rendaman).

Data yang diperoleh kemudian dianalisis secara deskriptif dan ditampilkan dalam bentuk grafik serta tabel untuk melihat tren peningkatan daya dukung tanah berdasarkan variasi campuran dan waktu pemeraman.

**Karakteristik Tanah Asli**

Hasil pengujian tanah asli ditampilkan pada Tabel 1.

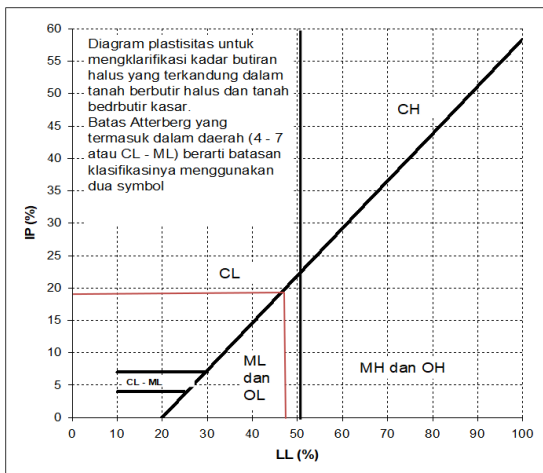
*Tabel 1 Hasil Rekapitulasi Pengujian Tanah Asli*

No	Pengujian	hasil	satuan
1	Kadar Air	31,57	%
2	Bobot Isi	$\gamma_b : 2,08$ $\gamma_d : 0,071$	
3	Berat Jenis	2,60	-
4	Atterberg Limit	LL: 48,59 PL: 30,50 IP: 18,08	%
5	Analisa Saringan	Cu: 0,2941 Cc: 1,17	-

No	Pengujian	hasil	satuan
6	Pemadatan	$\Omega_{opt}$ : 25,36	%

Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa nilai indeks plastisitas (IP) tanah asli sebesar 18,08%, berdasarkan tabel nilai indeks plastisitas dan jenis tanah termasuk katagori tanah lempung berplastisitas rendah dan kohesif karena memiliki nilai  $IP > 17\%$ , sehingga tanah pada Dusun Ahuru memiliki potensi perubahan volume yang tinggi.

Menurut sistem Klasifikasi tanah USCS, tanah pada lokasi penelitian termasuk kategori CL yaitu tanah lempung inorganik dengan plastisitas rendah atau sedang.



Gambar 1 Grafik Klasifikasi Tanah Sistem USCS

### Hasil Uji Pemadatan

Penambahan SCT mengubah karakteristik pemadatan tanah. Terjadi kecenderungan penurunan kadar air optimum (OMC) dan sedikit perubahan pada berat isi kering maksimum (MDD). Hal ini dikarenakan SCT memiliki berat jenis yang berbeda dengan tanah asli dan bersifat mengisi

rongga di antara butiran lempung.

### Analisis Nilai CBR

Hasil Uji CBR menunjukkan peningkatan yang konsisten pada semua variasi campuran SCT dibandingkan dengan tanah asli.

Perhitungan dilakukan dengan parameter waktu (menit), penurunan (mm), penurunan (inchi), pembacaan arloji, beban (lb), serta nilai kalibrasi alat uji CBR (alat yang digunakan memiliki angka kalibrasi sebesar 33,5417).

$$CBR = \frac{PT}{PS} \times 100 \dots\dots\dots (1)$$

Dimana,

CBR : California Bearing Ratio (%)

PT : Beban Percobaan

PS : Beban Standar (untuk penurunan 0,1' adalah 3 x 1000, dan untuk penurunan sebesar 0,2' adalah 3 x 1500)

#### 1. Tanah Asli

Hasil pengujian CBR *unsoaked* pada kondisi tanah asli adalah sebagaimana ditampilkan pada Tabel 2.

Nilai CBR diambil dengan persamaan (1), maka didapatkan:

- Untuk lama pemeraman 0 Hari
- CBR 0,1' = 1.787450667 %
- CBR 0,2' = 1.906614044 %
- Rerata = 1.847032356 %

- Untuk lama pemeraman 7 Hari
  - CBR 0,1' = 3.865362067 %
  - CBR 0,2' = 3.813228089 %
  - Rerata = 3.839295078 %
- Untuk lama pemeraman 14 Hari
  - CBR 0,1' = 7.797753533 %
  - CBR 0,2' = 7.112564111 %
  - Rerata = 7.455158822 %

Tabel 2 Hasil Pengujian CBR Unsoaked Pada Tanah Asli dengan Waktu Pemeraman 0, 7, dan 14 Hari

Waktu (Menit)	Penurunan (mm) (inch)		Pemeraman 0 Hari		Pemeraman 7 Hari		Pemeraman 14 Hari	
			Bacaan Arloji	Beban (lb)	Bacaan Arloji	Beban (lb)	Bacaan Arloji	Beban (lb)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.25	0.32	0.01	0.25	8.38	0.78	26.14	2.13	71.39
0.50	0.64	0.03	0.57	19.10	1.42	47.59	3.26	109.26
1.00	1.27	0.05	0.95	31.84	2.16	72.39	4.47	149.81
1.50	1.91	0.08	1.26	42.23	2.97	99.54	5.9	197.74
2.00	2.54	0.10	1.60	53.62	3.46	115.96	6.98	233.93
3.00	3.81	0.15	2.15	72.06	4.26	142.77	8.26	276.83
4.00	5.08	0.20	2.56	85.80	5.12	171.60	9.55	320.07
5.00	7.62	0.30	3.65	122.33	6.28	210.47	11.55	387.09
8.00	10.16	0.40	5.12	171.60	8.12	272.14	13.38	448.43
10.00	12.70	0.50	7.25	242.98	9.97	334.14	15.58	522.16

2. Variasi 5% SCT

Hasil pengujian CBR *unsoaked* pada kondisi tanah dengan campuran serbuk

cangkang telur sebesar 5% adalah sebagaimana ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil Pengujian CBR Unsoaked Pada Tanah dengan Campuran 5% Serbuk Cangkang Telur dengan Waktu Pemeraman, 0, 7, dan 14 Hari

Waktu (Menit)	Penurunan (mm) (inch)		Pemeraman 0 Hari		Pemeraman 7 Hari		Pemeraman 14 Hari	
			Bacaan Arloji	Beban (lb)	Bacaan Arloji	Beban (lb)	Bacaan Arloji	Beban (lb)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.25	0.32	0.01	0.58	19.44	1.23	41.22	2.98	99.87
0.50	0.64	0.03	0.88	29.49	2.03	68.03	4.03	135.06
1.00	1.27	0.05	1.44	48.26	2.85	95.52	5.53	185.34
1.50	1.91	0.08	1.76	58.99	3.76	126.02	6.82	228.57
2.00	2.54	0.10	2.05	68.71	4.34	145.45	7.95	266.44
3.00	3.81	0.15	2.59	86.80	5.23	175.28	9.34	313.03
4.00	5.08	0.20	3.16	105.91	6.36	213.15	11.04	370.00
5.00	7.62	0.30	4.56	152.83	7.67	257.06	13.26	444.40
8.00	10.16	0.40	5.89	197.40	9.36	313.53	15.76	528.19

Waktu	Penurunan		Pemeraman 0 Hari		Pemeraman 7 Hari		Pemeraman 14 Hari	
			Bacaan Arloji	Beban	Bacaan Arloji	Beban	Bacaan Arloji	Beban
(Menit)	(mm)	(inch)		(lb)		(lb)		(lb)
10.00	12.70	0.50	7.98	267.45	11.54	386.76	17.43	584.16

Pada variasi campuran SCT 5%, didapatkan nilai CBR sebagai berikut:

- Untuk lama pemeraman 0 Hari
  - CBR 0,1' = 2.290171167 %
  - CBR 0,2' = 2.353476711 %
  - Rerata = 2.321823939 %
- Untuk lama pemeraman 7 Hari
  - CBR 0,1' = 4.848459933 %
  - CBR 0,2' = 4.736744267 %
  - Rerata = 4.7926021 %
- Untuk lama pemeraman 14 Hari
  - CBR 0,1' = 8.8813955 %
  - CBR 0,2' = 8.222273067 %
  - Rerata = 8.551834283 %

3. Variasi 10% SCT

Hasil pengujian CBR *unsoaked* pada kondisi tanah dengan campuran serbuk

cangkang telur sebesar 10% adalah sebagaimana ditampilkan pada Tabel 4.

Pada variasi campuran SCT 10%, didapatkan nilai CBR sebagai berikut:

- Untuk lama pemeraman 0 Hari
  - CBR 0,1' = 2.993979867 %
  - CBR 0,2' = 3.075904689 %
  - Rerata = 3.034942278 %
- Untuk lama pemeraman 7 Hari
  - CBR 0,1' = 5.641641167 %
  - CBR 0,2' = 5.533649356 %
  - Rerata = 5.587645261 %
- Untuk lama pemeraman 14 Hari
  - CBR 0,1' = 9.931522767 %
  - CBR 0,2' = 9.376668289 %
  - Rerata = 9.654095528 %

Tabel 4 Hasil Pengujian CBR Unsoaked Pada Tanah dengan Campuran 10% Serbuk Cangkang Telur dengan Waktu Pemeraman, 0, 7, dan 14 Hari

Waktu	Penurunan		Pemeraman 0 Hari		Pemeraman 7 Hari		Pemeraman 14 Hari	
			Bacaan Arloji	Beban	Bacaan Arloji	Beban	Bacaan Arloji	Beban
(Menit)	(mm)	(inch)		(lb)		(lb)		(lb)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.25	0.32	0.01	0.87	29.16	1.36	45.58	3.76	126.02
0.50	0.64	0.03	1.32	44.24	2.23	74.74	5.02	168.24
1.00	1.27	0.05	1.89	63.34	3.45	115.63	6.28	210.47
1.50	1.91	0.08	2.34	78.42	4.21	141.10	7.59	254.38
2.00	2.54	0.10	2.68	89.82	5.05	169.25	8.89	297.95
3.00	3.81	0.15	3.32	111.27	6.32	211.81	10.9	365.31
4.00	5.08	0.20	4.13	138.42	7.43	249.01	12.59	421.95

Waktu (Menit)	Penurunan (mm) (inch)		Pemeraman 0 Hari		Pemeraman 7 Hari		Pemeraman 14 Hari	
			Bacaan Arloji	Beban (lb)	Bacaan Arloji	Beban (lb)	Bacaan Arloji	Beban (lb)
5.00	7.62	0.30	5.23	175.28	9.47	317.38	15.45	517.80
8.00	10.16	0.40	6.86	229.91	11.29	378.38	17.57	588.85
10.00	12.70	0.50	8.90	298.28	13.31	446.08	19.65	658.56

4. Variasi 15% SCT

Hasil pengujian CBR *unsoaked* pada kondisi tanah dengan campuran serbuk cangkang telur sebesar 15% adalah sebagaimana ditampilkan pada Tabel 5.

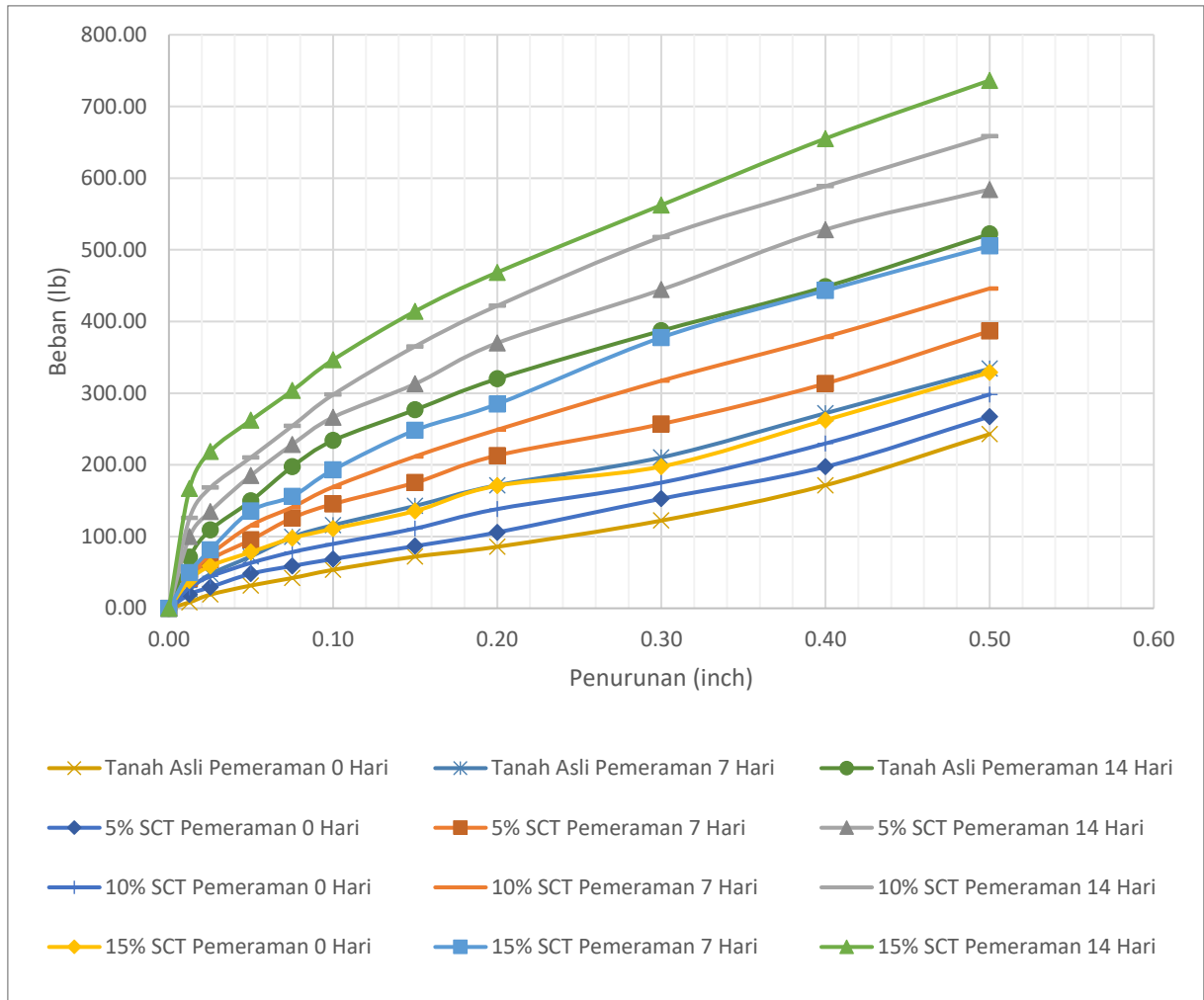
Pada variasi campuran SCT 15%, didapatkan nilai CBR sebagai berikut:

- Untuk lama pemeraman 0 Hari  
CBR 0,1' = 3.697788567 %

- CBR 0,2' = 3.798332667 %  
Rerata = 3.748060617 %
- Untuk lama pemeraman 7 Hari  
CBR 0,1' = 6.4348224 %  
CBR 0,2' = 6.330554444 %  
Rerata = 6.382688422 %
- Untuk lama pemeraman 14 Hari  
CBR 0,1' = 11.55139993 %  
CBR 0,2' = 10.41190013 %  
Rerata = 10.98165003 %

Tabel 5 Hasil Pengujian CBR Unsoaked Pada Tanah dengan Campuran 15% Serbuk Cangkang Telur dengan Waktu Pemeraman, 0, 7, dan 14 Hari

Waktu (Menit)	Penurunan (mm) (inch)		Pemeraman 0 Hari		Pemeraman 7 Hari		Pemeraman 14 Hari	
			Bacaan Arloji	Beban (lb)	Bacaan Arloji	Beban (lb)	Bacaan Arloji	Beban (lb)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.25	0.32	0.01	1.16	38.88	1.49	49.94	4.99	167.24
0.50	0.64	0.03	1.76	58.99	2.43	81.44	6.53	218.85
1.00	1.27	0.05	2.34	78.42	4.05	135.73	7.83	262.42
1.50	1.91	0.08	2.92	97.86	4.66	156.18	9.06	303.64
2.00	2.54	0.10	3.31	110.93	5.76	193.04	10.34	346.54
3.00	3.81	0.15	4.05	135.73	7.41	248.34	12.36	414.24
4.00	5.08	0.20	5.10	170.92	8.50	284.87	13.98	468.54
5.00	7.62	0.30	5.90	197.74	11.27	377.71	16.78	562.38
8.00	10.16	0.40	7.83	262.42	13.23	443.23	19.55	655.21
10.00	12.70	0.50	9.82	329.11	15.08	505.40	21.97	736.32



Gambar 2 Grafik Penurunan - Pembebanan Pada Tanah Asli, 5% SCT, 10% SCT, dan 15% SCT Pada Waktu Pemeraman 0, 7, dan 14 Hari

## KESIMPULAN

Tanah dasar di Dusun Ahuru, Ambon tergolong jenis tanah lempung dengan daya dukung yang sangat lemah (CBR 1,78%). Penambahan SCT secara signifikan menaikkan daya dukung tanah di Lokasi penelitian. Nilai tertinggi CBR diperoleh pada campuran 15% dengan lama pemeraman 14 hari, yakni sebesar 10,98%.

## Daftar Pustaka

[1]. Hardiyatmo, H. C., 2019, Edisi ke 7 ekanika Tanah I, Gamapress,

Yogyakarta

- [2] Das, B. M., 2009, Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis, Stamford, USA
- [3] Hardiyatmo, H. C., 2022, Stabilisasi Tanah Untuk Perkerasan Jalan, Gadjadara University Press, Yogyakarta
- [4] SNI 1744:2012, Metode Uji CBR Laboratorium