

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pemeriksaan Sampel Tanah Asli

Pengujian sampel tanah asli di laboratorium didapatkan hasil :

1. Hasil Pengujian Kadar Air (ω)

Kadar air didefinisikan sebagai perbandingan antara berat air dan berat butiran padat dari volume tanah yang diselidiki. Hasil pengujian kadar air tanah asli sebesar 50,64% menunjukkan bahwa tanah tersebut memiliki kandungan air yang cukup banyak dan tanah dalam keadaan tergenang air. Biasanya tanah seperti ini mempunyai nilai indeks plastisitas tinggi dan kurang tahan terhadap perubahan cuaca dan air tanah (durabilitas), jadi tanah yang digunakan sebagai sampel pengujian sangat tidak stabil. Kegunaan hasil uji kadar air ini dapat diterapkan untuk menentukan konsistensi perilaku material dan sifatnya, pada tanah kohesif konsistensi tanah tergantung dari nilai kadar airnya.

2. Hasil Pengujian Berat Jenis (G_s)

Pengujian berat jenis diperoleh nilai berat jenis sebesar 2,546. Menurut Das (1995) pada **Tabel 6**, hasil yang didapat ini menjelaskan bahwa

mineral yang terkandung dalam tanah lempung yang memiliki berat jenis (Gs) antara 2,0 sampai 2,55 adalah mengandung mineral *Halloysite*.

Tabel 7. Berat Spesifik Mineral-Mineral Penting

Mineral	Berat Jenis (Gs)
Quartz (kwarsa)	2,65
Kaolinite	2,6
Illite	2,8
Montmorilonite	2,65-2,80
Halloysite	2,0-2,55
Potasium Feldspar	2,57
Sodium and Calcium Feldspar	2,62-2,76
Chlorite	2,6-2,9
Biotite	2,8-3,2
Muscovite	2,76-3,1
Hornblende	3,0-3,47
Limonite	3,6-4,0
Olivine	3,27-3,37

3. Hasil Pengujian Batas *Atterberg* :

- a. Nilai batas cair (LL) sebesar 61,26%

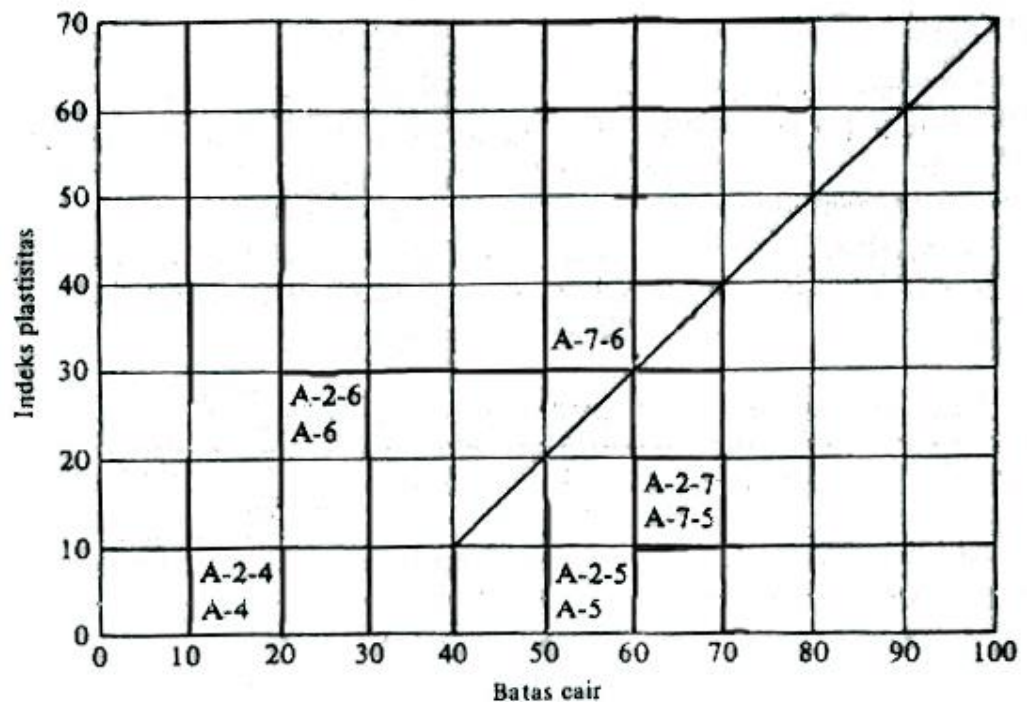
Nilai batas cair adalah besaran kadar air pada masa transisi tanah dalam keadaan padat ke keadaan cair, dalam persen yang ditentukan dari 25 pukulan pada pengujian batas cair.

- b. Nilai batas plastis (PL) sebesar 30,77%

Nilai batas plastis adalah batas terendah kondisi kadar air ketika tanah masih dalam kondisi plastis.

- c. Nilai indeks plastisitas (PI) sebesar 30,49%

Nilai indeks plastisitas adalah selisih antara batas cair tanah dan batas plastis tanah.



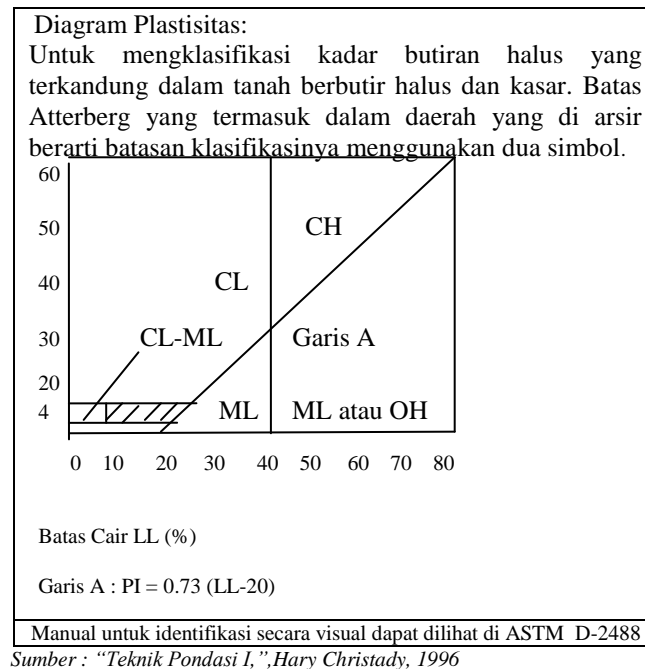
Gambar 8. Rentang (*Range*) dari Batas Cair (LL) dan Indeks Plastisitas (PI) Berdasarkan Sistem AASHTO

Berdasarkan hasil uji batas *Atterberg* di atas nilai $PI \leq LL - 30$ ($30,49\% \leq 31,26\%$), maka tanah tersebut berdasarkan sistem AASHTO diklasifikasikan ke dalam A-7-5 yaitu tanah berlempung dan sebagai bahan tanah dasar (*subgrade*) memiliki penilaian biasa sampai jelek.

4. Hasil Pengujian Analisa Saringan

Prosentase tanah yang lolos saringan No. 200 adalah 90,42%. Teori klasifikasi tanah sistem *Unified* (USCS) pada **Gambar 6** menyatakan bahwa tanah yang butirannya lolos saringan No. 200 lebih dari 50% digolongkan sebagai tanah berbutir halus dan dapat digolongkan sebagai

tanah lempung anorganik (CH) yaitu tanah yang memiliki plastisitas sedang sampai tinggi.



Gambar 9. Diagram Plastisitas

5. Hasil Pengujian Pemadatan Tanah

Pengujian pemadatan tanah dengan metode *Modified Proctor* diperoleh hasil :

- Kadar air optimum tanah (ω) sebesar 28%.

Kadar air optimum adalah kadar air dimana harga berat volume kering maksimum tanah telah dicapai. Setelah mencapai kadar air tertentu, adanya penambahan kadar air justru cenderung akan menurunkan berat volume kering dari tanah. Hal ini disebabkan karena air tersebut menempati ruang-ruang pori dalam tanah yang sebenarnya dapat ditempati oleh partikel padat dari tanah (Das, 1989).

- b. Berat volume kering maksimum (γ_d) sebesar $1,44 \text{ gr/cm}^3$.

Berat volume adalah massa tanah per satuan volume dalam keadaan tanah masih mengandung air, dalam satuan gr/cm^3 . Sedangkan berat volume kering maksimum adalah berat volume kering tanah dalam keadaan yang paling padat. Menurut ASTM *Test Designation* D-2049, tanah yang memiliki berat volume kering maksimum sebesar $1,15$ - $1,45 \text{ gr/cm}^3$ tergolong tipe tanah lempung lunak (*soft clay*).

Kedua nilai di atas digunakan untuk mengukur kepadatan relatif dari hasil pemadatan di lapangan.

6. Hasil Pengujian CBR

Diperoleh nilai CBR sebesar 8,2% pada tanah tanpa rendaman dan 3,5% pada tanah terendam yang direndam selama 4 hari. Hasil CBR tanah tanpa rendaman lebih besar daripada dengan perendaman, hal ini disebabkan karena pada CBR rendaman mengandung air yang besar akibat perendaman (durabilitas), sehingga tanah mengalami kondisi jenuh air dimana ruang pori tanah terisi penuh oleh air yang mengakibatkan daya dukung tanah dalam menahan beban relatif kecil. Pada CBR tanpa rendaman, air yang terkandung dalam tanah kecil sehingga daya dukung tanah dalam menahan beban cukup besar.

Seluruh hasil yang telah didapatkan dari pengujian sampel tanah asli, disajikan dalam **Tabel 8**.

Tabel 8. Hasil Pengujian Sampel Tanah Asli

No	Pengujian	Hasil
1	Kadar Air (ω)	50,64 %
2	Berat Jenis (Gs)	2,546
3	Batas <i>Atterberg</i> :	
	a. Batas Cair (LL)	61,26 %
	b. Batas Plastis (PL)	30,77 %
	c. Indeks Plastisitas (PI)	30,49 %
4	Gradasi Lolos Saringan No. 200	90,42 %
5	Pemadatan :	
	a. Kadar Air Optimum	28 %
	b. Berat Isi Kering Maksimum	1,44 gr/cm ³
6	CBR Tanpa Rendaman CBR Rendaman	8,2 % 3,5 %

B. Pembahasan Klasifikasi Sampel Tanah AASHTO (*American Association Highway and Transportation Official*)

Berdasarkan hasil pengujian sampel tanah asli sebagai berikut :

- Batas Cair (LL) adalah 61,26% (> 41%)
- Batas Plastis (PL) adalah 30,77%
- Indeks Plastisitas (PI) adalah 30,49% (> 11%)
- Butiran lolos saringan no. 200 adalah 90,42%

Selanjutnya dengan menggunakan Tabel AASHTO, maka tanah ini digolongkan dalam klasifikasi A-7 pada kelompok tanah A-7-5 (tanah berlempung).

Karena $PI \leq LL-30$ ($30,49\% \leq 31,26\%$) yang merupakan tanah lempung dan jika digunakan sebagai tanah dasar merupakan bagian biasa sampai jelek (Das, 1995).

C. Perhitungan Kadar Efektif ISS 2500

Pengujian CBR tanah asli didapatkan nilai berat volume kering sebesar $1,44 \text{ gr/cm}^3$, dengan menggunakan rumus :

$$\frac{\text{MOD} \times \text{tebal lapisan tanah} \times \text{jumlah ISS} \times \text{berat sampel}}{100.000}$$

didapatkan kadar campuran ISS efektif untuk tanah lempung lunak yang akan dibuat benda uji.

Dengan data-data sebagai berikut :

- $\text{MOD} = 1,44 \text{ gr/cm}^3 = 1.440 \text{ kg/m}^3$
- Jumlah ISS untuk tanah lempung lunak = $0,04 \text{ L/m}^2$
- Berat tanah untuk laboratorium sampel = 5 kg
- Tebal lapisan tanah = $15 \text{ cm} = 0,15 \text{ m}$

Didapatkan kadar campuran ISS efektif sebesar $0,5 \text{ ml}$ untuk setiap sampel.

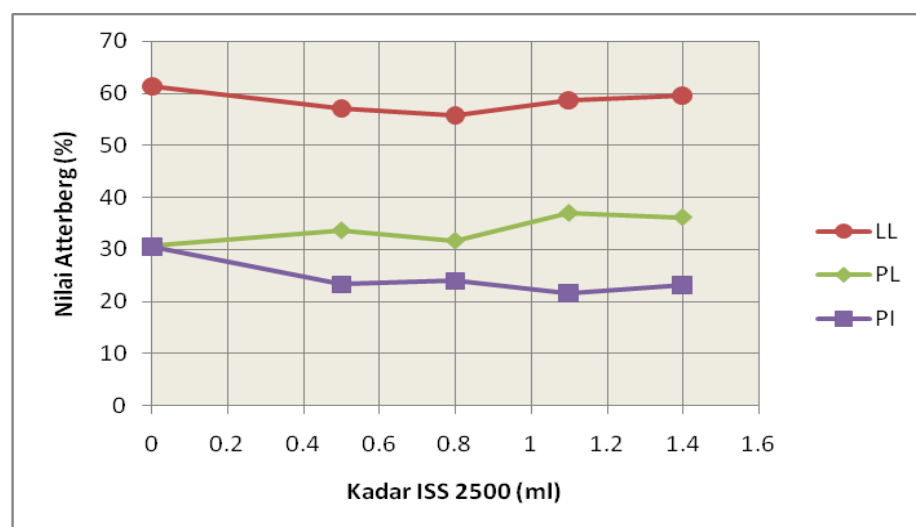
D. Hasil Pengujian Sampel Tanah dengan Penambahan ISS 2500

1. Pengujian Batas-Batas *Atterberg*

Pengujian batas-batas *Atterberg* terhadap tanah lempung lunak yang telah dicampur ISS 2500 dengan kadar penambahan campuran sebesar 0 ml ; $0,5 \text{ ml}$; $0,8 \text{ ml}$; $1,1 \text{ ml}$; $1,4 \text{ ml}$ didapatkan hasil yang disajikan dalam **Tabel 9** dan **Gambar 7**.

Tabel 9. Batas-Batas *Atterberg* Campuran Tanah dengan ISS 2500

Kadar ISS 2500 (ml)	Batas <i>Atterberg</i> (%)		
	LL	PL	PI
0	61,26	30,77	30,49
0,5	57,02	33,76	23,26
0,8	55,72	31,78	23,94
1,1	58,68	37,09	21,59
1,4	59,50	36,27	23,22

**Gambar 10.** Hubungan Antara Batas *Atterberg* dan Kadar Campuran ISS 2500

2. Hubungan Penambahan Kadar ISS 2500 dengan Batas Cair

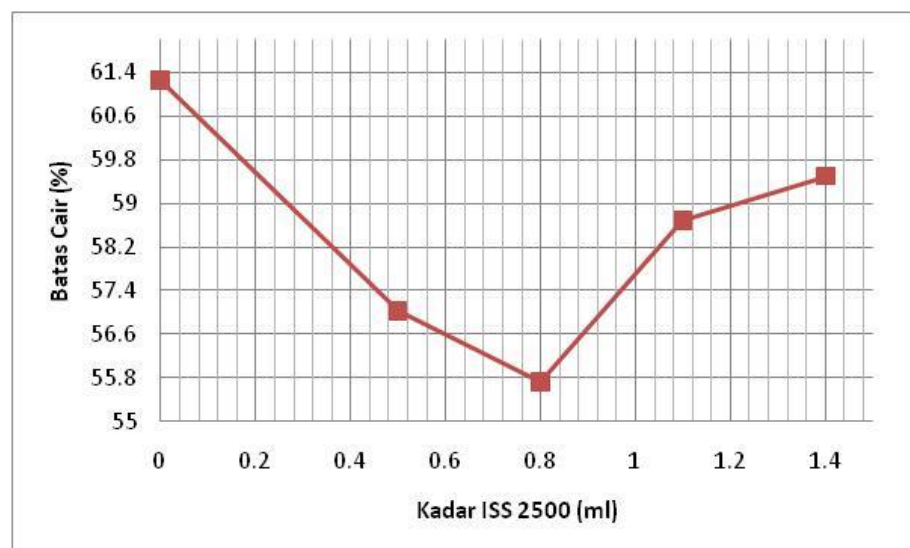
Pengujian di laboratorium menunjukkan batas cair tanah mengalami penurunan akibat penambahan ISS 2500. Penurunan nilai batas cair tersebut menunjukkan bahwa kadar air dalam tanah menjadi lebih berkurang akibat reaksi pelepasan air oleh campuran ISS 2500.

Menurut spesifikasi AASHTO, tanah dikatakan baik bila nilai batas cairnya lebih kecil dari 41%. Pada penelitian ini kondisi tersebut belum

tercapai. Nilai batas cair disajikan pada **Tabel 10**, sedangkan hubungan antara kadar campuran ISS 2500 dengan nilai batas cair disajikan pada **Gambar 11**.

Tabel 10. Hasil Pengujian Batas Cair dengan Kadar Campuran ISS 2500

Kadar ISS 2500 (ml)	Batas Cair % (LL)
0	61,26
0,5	57,02
0,8	55,72
1,1	58,68
1,4	59,50



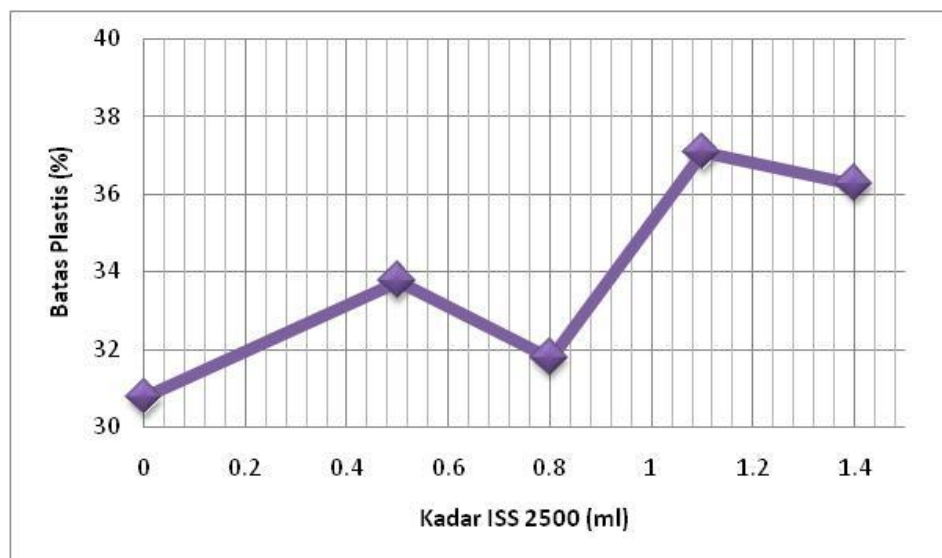
Gambar 11. Hubungan Antara Batas Cair dan Kadar ISS 2500

3. Hubungan Penambahan Kadar ISS 2500 dengan Batas Plastis

Pengujian laboratorium didapat nilai batas plastis untuk tiap-tiap campuran adalah :

Tabel 11. Hasil Pengujian Batas Plastis Tanah dengan Campuran ISS 2500

Kadar ISS 2500 (ml)	Batas Plastis % (PL)
0	30,77
0,5	33,76
0,8	31,78
1,1	37,09
1,4	36,27



Gambar 12. Hubungan Antara Batas Plastis dan Kadar ISS 2500

Gambar 12 menunjukkan bahwa nilai batas plastis untuk setiap kenaikan kadar ISS 2500 juga ikut meningkat. Hal ini dikarenakan kadar air yang terkandung di dalam tanah stabilisasi ISS 2500 mengalami penurunan akibat dari sifat ISS 2500 yang melepaskan air yang terkandung dalam

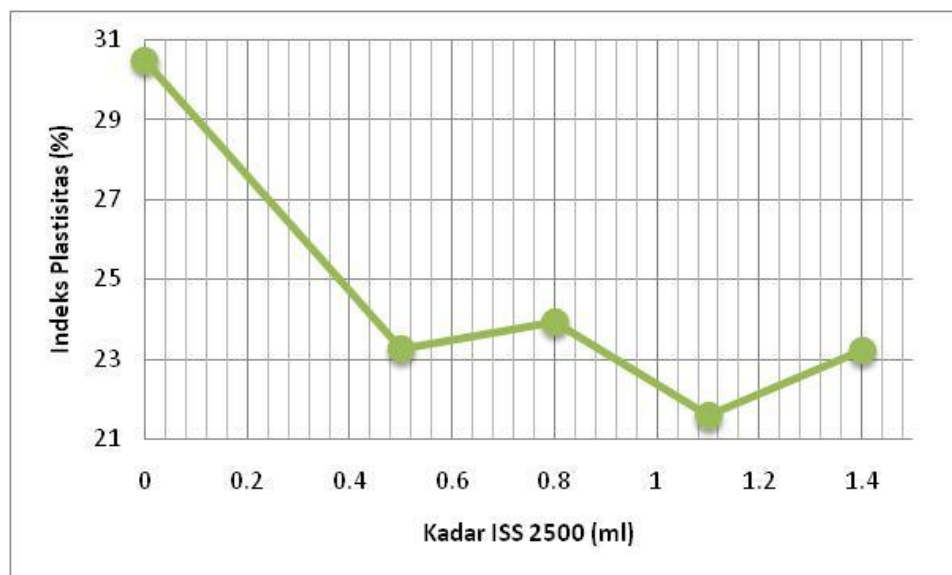
pori-pori tanah (evaporasi) sehingga tanah mengalami kondisi plastis yang cenderung akan meningkat untuk tiap penambahan kadar ISS 2500.

4. Hubungan Penambahan Kadar ISS 2500 dengan Indeks Plastisitas

Hasil pengujian indeks plastisitas masing-masing campuran adalah :

Tabel 12. Hasil Pengujian Indeks Plastisitas Tiap Campuran ISS 2500

Kadar ISS 2500 (ml)	Indeks Plastisitas (IP)
0	30,49
0,5	23,26
0,8	23,94
1,1	21,59
1,4	23,22



Gambar 13. Hubungan Antara Indeks Plastisitas dan Kadar ISS 2500

Menurut spesifikasi *AASHTO*, tanah dikatakan sebagai tanah baik bila nilai $IP < 10\%$ (Bowles, 1989). Pada penelitian ini tidak ada nilai yang memenuhi syarat tersebut dengan nilai indeks plastisitas disajikan dalam

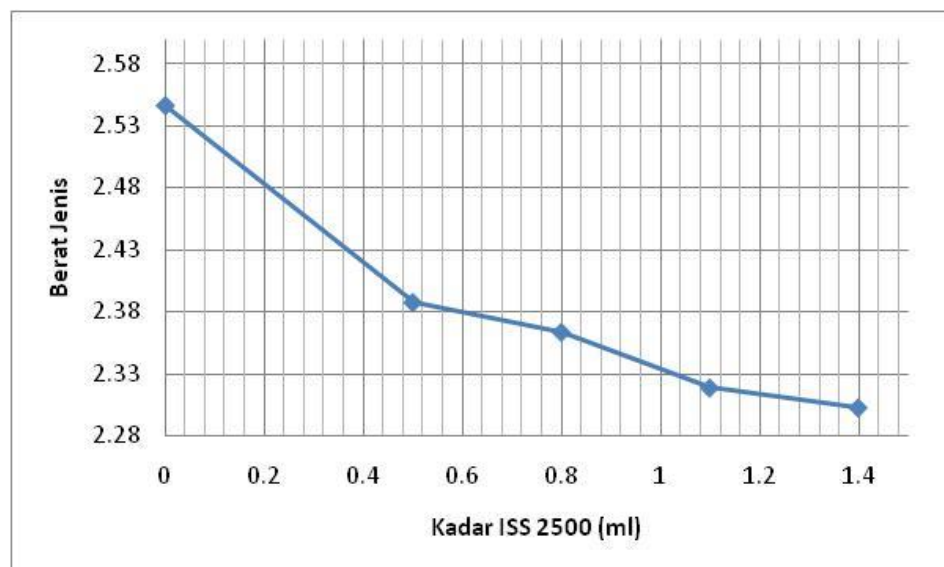
Tabel 12, dan hubungan kadar penambahan ISS 2500 dengan nilai indeks plastisitas disajikan pada **Gambar 13**.

5. Pengujian Berat Jenis Tanah

Data hasil pengujian berat jenis tanah dengan pertambahan kadar ISS 2500 disajikan dalam **Tabel 13**, dan hubungan antara kadar campuran ISS 2500 dengan berat jenis disajikan pada **Gambar 14**.

Tabel 13. Nilai Berat Jenis Tanah dengan Campuran ISS 2500

Kadar ISS 2500 (ml)	Berat Jenis
0	2,546
0,5	2,387
0,8	2,363
1,1	2,318
1,4	2,302



Gambar 14. Hubungan Antara Berat Jenis dan Kadar ISS 2500

Pada **Tabel 13** dan **Gambar 14**, terlihat bahwa nilai berat jenis tanah setelah ditambah dengan bahan pencampur berupa ISS 2500 mengalami penurunan. Penurunan berat jenis tanah terjadi karena proses ionisasi pada tanah oleh ISS 2500 menyebabkan terjadinya penggumpalan yang merekatkan antar partikel, sehingga rongga-rongga pori yang telah ada sebagian akan dikelilingi bahan kimiawi yang terkandung dalam ISS 2500 yang membuat lebih keras dan lebih sulit ditembus air. Rongga pori yang terisolasi oleh lapisan kimiawi ISS 2500 yang kedap air akan terukur sebagai volume butiran, sehingga memperbesar volume butiran yang akhirnya akan menurunkan nilai berat jenis campuran tanah.

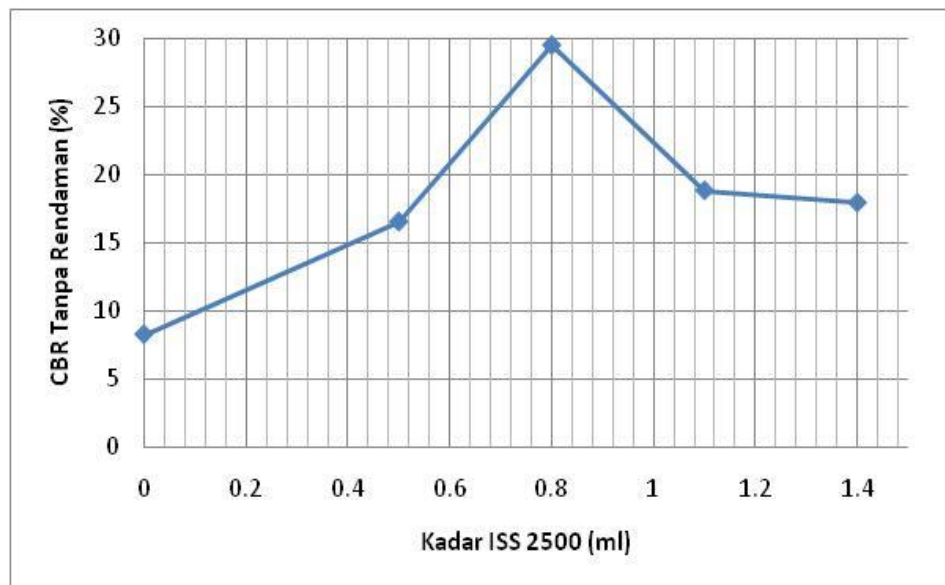
6. Hasil Pengujian CBR Tanpa Rendaman

Pengujian CBR tanah tanpa rendaman dengan metode ASTM D-2434-94 di laboratorium terhadap campuran tanah dengan kadar ISS 2500 yang berbeda-beda diperoleh hasil yang disajikan pada **Tabel 14**.

Tabel 14. Hasil Pengujian CBR Tanah Campuran ISS 2500 Tanpa Rendaman

Kadar ISS 2500 (ml)	Nilai CBR Tanpa Rendaman (%)
0	8,2
0,5	16,5
0,8	29,5
1,1	18,8
1,4	17,9

Hubungan antara nilai CBR tanpa perendaman dengan penambahan kadar ISS 2500 disajikan pada **Gambar 15**.



Gambar 15. Hasil Pengujian Nilai CBR Tanah Campuran ISS 2500 Tanpa Rendaman

Dari **Tabel 14**, dan **Gambar 15**, terlihat bahwa nilai CBR tanpa rendaman mengalami kenaikan sesuai dengan kenaikan kadar ISS 2500 yang dipergunakan. Hal ini disebabkan akibat penambahan kadar larutan ISS 2500 menyebabkan terjadinya pelepasan air yang terkandung dalam pori-pori tanah yang akan meningkatkan daya ikat antar butiran dan akhirnya akan meningkatkan kemampuan saling mengunci (*interlocking*) antar butiran tanah. Peningkatan CBR terjadi pada kadar 0,5 ml dan 0,8 ml, akan tetapi pada saat kadar 1,1 ml dan 1,4 ml terjadi penurunan nilai CBR dari kadar sebelumnya. Penurunan grafik CBR pada kadar 1,1 ml dan 1,4 ml bukan mengindikasikan bahwa semakin banyak pemakaian kadar ISS maka akan terjadi penurunan tingkat kekerasan dari sampel tanah, akan tetapi penurunan tersebut lebih disebabkan tingkat kepadatan yang semakin tinggi diiringi dengan semakin keringnya sampel tanah yang menyebabkan sampel tanah tersebut menjadi lebih getas, sehingga pada

saat melakukan penetrasi CBR permukaan sampel tanah yang akan di uji mengalami retakan-retakan yang mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk berupa dislokasi (*displacement*). Perubahan bentuk ini mengakibatkan alat *penetration dial gauge* lebih cepat berputar dan hasil dari pembacaan nilai *proving ring* menjadi menurun atau dengan kata lain ketahanan tanah terhadap penetrasi semakin kecil, dan tanah ini justru berperilaku seperti tanah lunak.

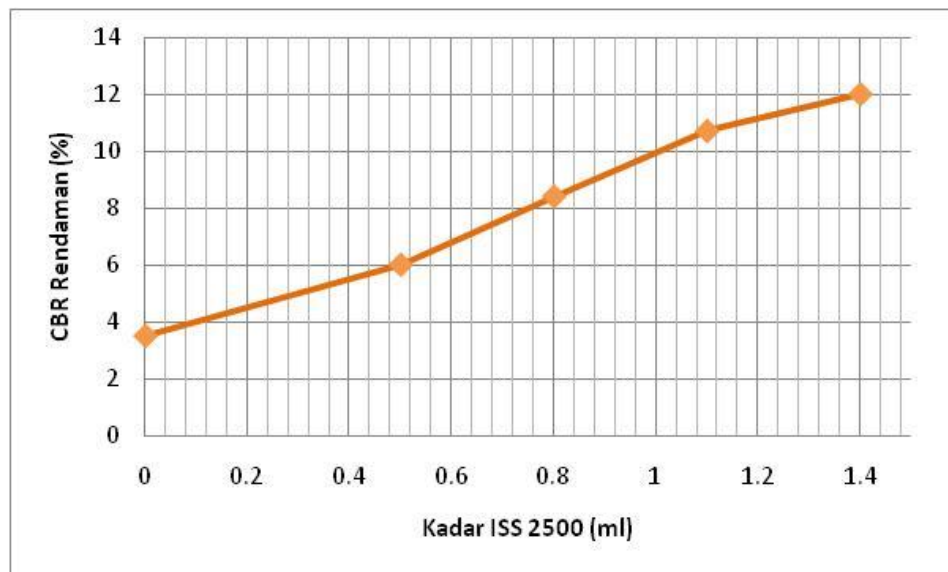
7. Hasil Pengujian CBR Rendaman

Hasil pengujian CBR tanah dengan rendaman dengan metode ASTM D-2434-94 di laboratorium terhadap campuran tanah dengan kadar ISS 2500 yang berbeda-beda diperoleh hasil seperti disajikan pada **Tabel 15**.

Tabel 15. Hasil Pengujian CBR Tanah Campuran ISS 2500 dengan Rendaman

Kadar ISS 2500 (ml)	Nilai CBR dengan Rendaman (%)
0	3,5
0,5	6,0
0,8	8,4
1,1	10,7
1,4	12,0

Hubungan antara nilai CBR rendaman dan kadar ISS 2500, disajikan dalam **Gambar 16**.



Gambar 16. Hasil Pengujian Nilai CBR Tanah Campuran ISS 2500 dengan Rendaman

Pada **Gambar 16** di atas menunjukkan terjadinya peningkatan nilai CBR setelah dilakukan waktu perendaman selama 4 hari. Secara umum, nilai CBR rendaman mengalami peningkatan karena distribusi ISS 2500 yang lebih merata akibat proses pemeraman sebelum direndam. ISS 2500 dengan komposisi kimianya memiliki kemampuan yang sangat besar untuk melakukan ionisasi pertukaran antara ion ISS 2500 dengan ion partikel tanah pada saat pemeraman, sehingga pada saat perendaman partikel air memiliki potensi yang kecil untuk menyatu dengan partikel tanah lagi dan ikatan antar partikel tanah menjadi lebih kuat serta lebih kedap air. Proses ini menghasilkan campuran yang lebih tahan terhadap perubahan bentuk akibat pengaruh air pada perendaman dalam waktu normal yang disarankan yaitu 4 hari. Hal ini menunjukkan bahwa banyaknya kadar ISS 2500 akan sangat berpengaruh terhadap peningkatan

nilai CBR dari tanah yang telah terstabilisasi khususnya untuk perlakuan perendaman pada waktu normal yang disarankan.

E. Hasil Pengujian Tanah Stabilisasi ISS 2500 dengan Perlakuan Perendaman

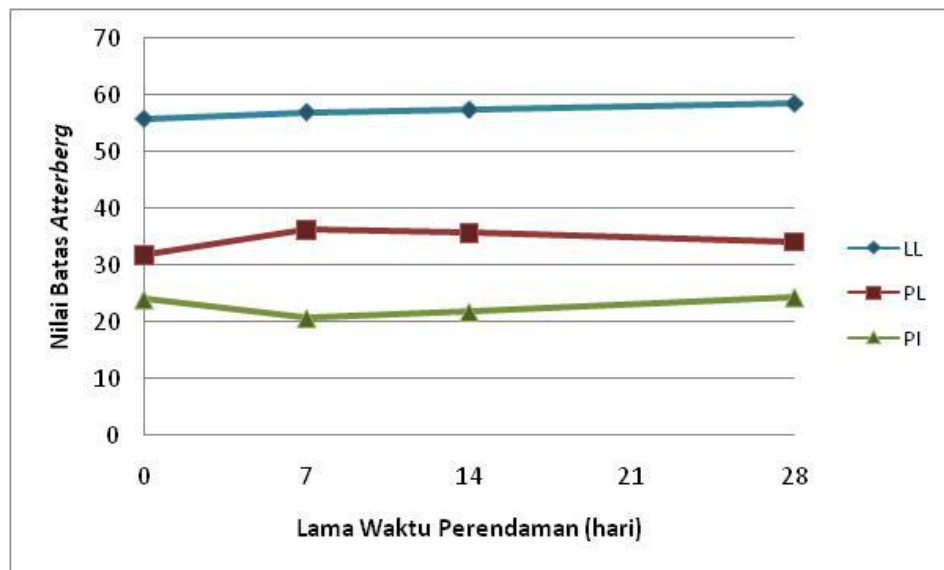
1. Hasil Pengujian Batas-Batas *Atterberg*

Pengujian batas-batas *Atterberg* untuk setiap variasi lama waktu perendaman didapatkan hasil yang disajikan dalam **Tabel 16**.

Tabel 16. Hasil Pengujian Batas-Batas *Atterberg* untuk Lama Waktu Perendaman 0 Hari, 7 Hari, 14 Hari, dan 28 Hari

Waktu Perendaman	Batas Cair % (LL)	Batas Plastis % (PL)	Indeks Plastisitas % (PI)
0 hari	55,72	31,78	23,94
7 hari	56,93	36,27	20,66
14 hari	57,38	35,60	21,78
28 hari	58,49	34,15	24,34

Hubungan antara nilai batas-batas *Atterberg* dan variasi lama waktu perendaman, dapat dilihat pada **Gambar 17**.



Gambar 17. Hubungan Antara Nilai Batas-Batas *Atterberg* dengan Lama Waktu Perendaman

Batas cair merupakan keadaan dimana kadar air berada pada keadaan plastis ke keadaan cair. Nilai batas cair (LL) yang didapatkan untuk tanah stabilisasi ISS 2500 yang dilakukan perendaman akan cenderung naik seiring dengan semakin lamanya waktu perendaman. Hal ini disebabkan semakin lama tanah direndam, maka air yang terserap dan tertahan pada pori-pori tanah akan semakin banyak dan mempengaruhi nilai kadar airnya. Untuk tanah dengan kadar air yang semakin tinggi akibat pengaruh resapan air dari perlakuan perendaman, akan menaikkan nilai batas cairnya pula.

Batas plastis merupakan batas terendah kadar air dari tingkat keplastisan suatu tanah ketika tanah masih dalam keadaan plastis. Nilai batas plastis (PL) untuk setiap variasi lama waktu perendaman akan cenderung menurun. Hal ini juga disebabkan karena kadar airnya yang semakin

bertambah seiring dengan semakin lamanya waktu perendaman, sehingga membuat tanah kurang bersifat plastis lagi.

Indeks plastisitas (PI) merupakan suatu kondisi pada saat tanah berada pada kisaran batas cair dan batas plastis. Hasil pengujian yang didapat menunjukkan bahwa nilai indeks plastisitas akan cenderung meningkat seiring dengan semakin lamanya waktu perendaman. Nilai batas cair yang cenderung meningkat dan nilai batas plastis yang menurun mengakibatkan nilai indeks plastisitas akan meningkat pula, karena indeks plastisitas didapat dari selisih nilai antara batas cair dan batas plastis. Secara empiris, nilai Indeks Plastisitas dapat digunakan untuk memprediksi nilai potensi pengembangan tanah (S) dengan rumus :

$$S = 2,16 \times 10^{-3} \times (PI)^{2,44}$$

untuk nilai PI sebesar 20,66 didapat nilai S sebesar 3,49, untuk nilai PI 21,78 didapat nilai S sebesar 3,97 dan untuk nilai PI sebesar 24,34 didapat nilai S sebesar 5,21. Ketiga nilai ini merupakan nilai empiris yang dapat digunakan untuk memprediksi nilai potensi pengembangan tanah (*Swelling Potential*).

2. Hasil Pengujian Berat Jenis

Hasil pengujian berat jenis tanah stabilisasi ISS 2500 dengan kadar 0,8 ml untuk berbagai variasi waktu perendaman yaitu selama 7 hari, 14 hari, dan 28 hari disajikan dalam **Tabel 17**.

Tabel 17. Hasil Pengujian Berat Jenis Tanah untuk Lama Waktu Perendaman 0 Hari, 7 Hari, 14 Hari, dan 28 Hari

Lama Waktu Perendaman	Nilai Berat Jenis
0 hari	2,363
7 hari	2,400
14 hari	2,408
28 hari	2,410

Sedangkan hubungan antara nilai berat jenis dengan lama waktu perendaman disajikan dalam bentuk grafik pada **Gambar 18**.



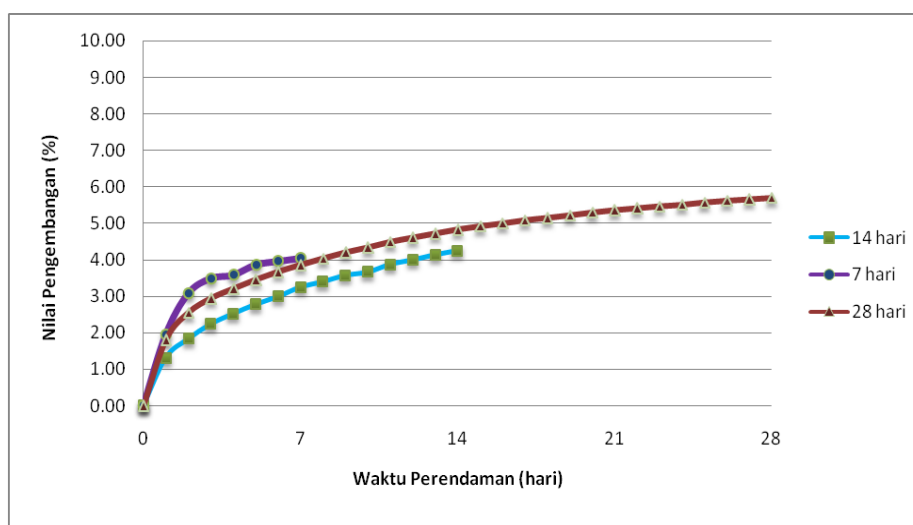
Gambar 18. Hubungan Antara Nilai Berat Jenis dengan Variasi Waktu Perendaman

Berat jenis didefinisikan sebagai rasio antara berat unit zat padat partikel dengan berat unit air. Hasil pengujian berat jenis yang tampak dari **Tabel 17** dan **Gambar 18**, dapat dilihat bahwa nilai berat jenis tanah akan cenderung meningkat seiring dengan lamanya variasi waktu perendaman. Hal ini dikarenakan semakin lama direndam, maka semakin banyak pula air yang terserap oleh tanah. Air yang terserap dalam pori-pori tanah dapat menambah berat partikel tanah sehingga berat jenisnya akan naik. Proses ionisasi oleh ISS 2500 tidak merubah mineralogi tanah sehingga dengan nilai berat jenis yang didapat berkisar antara 2,0-2,55 tanah masih

mengandung mineral *Halloysite*, akan tetapi dengan nilai yang lebih rendah dibanding tanah asli karena ISS 2500 melepaskan sebagian air yang terserap dalam tanah asli menyebabkan partikel tanah semakin terikat meskipun masih ada air yang terserap. Pada pengujian ini kenaikan nilai berat jenis pada tanah stabilisasi ISS 2500 tidak terlalu signifikan, karena kadar ISS 2500 yang digunakan adalah sama yaitu 0,8 ml. Dapat ditarik kesimpulan bahwa variasi waktu perendaman tidak terlalu berpengaruh pada nilai berat jenis tanah stabilisasi ISS 2500 dengan kadar yang konstan.

3. Hasil Pengujian Pengembangan Tanah (*Swelling*)

Hasil uji pengembangan tanah yang telah dilakukan, didapatkan nilai pengembangan tanah (*swelling*) untuk tanah stabilisasi ISS 2500 dengan masa perendaman 7 hari, 14 hari, dan 28 hari yang hubungannya disajikan dalam grafik pada **Gambar 19**.



Gambar 19. Hubungan Antara Nilai Pengembangan Tanah dengan Variasi Lama Waktu Perendaman

Swelling atau pengembangan tanah adalah bertambahnya elevasi atau pembesaran ke semua arah dari suatu kolom tanah akibat penyerapan air. Dari pengamatan hasil uji pengembangan tanah (*swelling*) didapatkan nilai pengembangan tanah yang paling tinggi, yaitu pada umur perendaman 28 hari sebesar 5,69%. Nilai ini menunjukkan bahwa tanah yang telah distabilisasi dengan menggunakan ISS 2500 mempunyai klasifikasi tingkat aktivitas pengembangan yang termasuk tinggi yaitu $> 5\%$ sampai $\leq 25\%$. Berdasarkan perhitungan empiris yang menggunakan nilai PI didapatkan nilai untuk memprediksi nilai potensi pengembangan tanah yaitu sebesar 3,49 ; 3,97 ; 5,21 untuk masing-masing nilai PI pada setiap kenaikan lama waktu perendaman. Nilai ini sesuai dengan nilai potensi pengembangan tanah dari hasil uji laboratorium karena masih berada dalam rentang nilai pembacaan *dial*. Semakin lama waktu perendaman, maka nilai pengembangan tanah akan semakin besar dan grafiknya akan semakin meningkat. Hal ini disebabkan oleh sifat asli tanah lempung lunak yang masih bekerja, yaitu dapat menyerap banyak air meskipun telah distabilisasi. Pada **Gambar 19** dapat dilihat grafik untuk lama perendaman 7 hari lebih menanjak daripada variasi waktu yang lain, sedangkan grafik untuk lama waktu perendaman 14 hari dan 28 hari terlihat lebih landai dan cenderung stabil kenaikannya. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain faktor kepadatan yang berbeda-beda pada saat pemadatan, faktor pencampuran ISS 2500 dan tanah yang kurang merata, dan faktor ketelitian pembacaan *dial*.

4. Hasil Pengujian CBR Rendaman

Dari hasil pengujian CBR rendaman, didapatkan nilai CBR rendaman untuk masing-masing lama waktu perendaman yang disajikan dalam **Tabel 18**.

Tabel 18. Hasil Pengujian CBR Rendaman untuk Lama Waktu Perendaman 0 Hari, 7 Hari, 14 Hari, dan 28 Hari

Lama Waktu Perendaman	Nilai CBR (%)
0 hari	29,5
7 hari	6,9
14 hari	4,8
28 hari	3,6

Hubungan antara nilai CBR rendaman dengan lama waktu perendaman, disajikan dalam grafik pada **Gambar 20**.



Gambar 20. Hubungan Antara Nilai CBR dengan Variasi Waktu Perendaman

Hasil pengujian CBR yang disajikan dalam **Tabel 18** dan **Gambar 20** menunjukkan bahwa nilai CBR untuk tiap masa perendaman cenderung

menurun seiring dengan semakin lamanya waktu perendaman. Hal ini disebabkan semakin lamanya waktu perendaman, air yang terserap oleh tanah juga semakin banyak. Walaupun stabilisasi dengan menggunakan ISS 2500 dapat melepaskan air yang terserap di dalam pori-pori tanah, tetapi sifat asli tanah lempung yang menyerap air tetap ada. Dengan demikian asupan air yang terlalu banyak pada saat perendaman menyebabkan nilai CBR tanah juga menurun, karena air dapat menurunkan daya dukung tanah.

Secara visualisasi akibat perendaman, air akan masuk melalui permukaan atas dan bawah dari sampel tanah, sehingga bagian permukaan atas dan bawah tanah akan semakin lunak karena penyerapan air, sedangkan bagian tengahnya tetap padat karena air tidak dapat masuk sampai ke tengah sampel akibat stabilisasi dengan ISS 2500. Untuk uji CBR rendaman, penetrasi beban dilakukan pada permukaan sampel sehingga untuk tiap lama waktu perendaman, pembacaan nilai penetrasi yang didapat akan semakin kecil pula karena tanahnya semakin lunak.

Untuk tanah asli dengan kadar yang meningkat kemudian direndam dengan waktu perendaman yang normal selama 4 hari akan mengalami kenaikan nilai CBR rendamannya. Hal ini disebabkan sebelum direndam, tanah diperam terlebih dahulu. Akibat dari proses pemeraman ini, ISS 2500 melepaskan air yang terserap sehingga bila direndam dengan waktu yang relatif pendek yaitu 4 hari, tanah tidak terlalu banyak mengalami perubahan bentuk terlebih kadar ISS 2500 yang digunakan juga semakin meningkat.

Untuk perlakuan dengan variasi waktu perendaman, kadar ISS 2500 yang digunakan adalah konstan dan waktu yang diperlukan untuk perendaman lebih bervariasi dan lebih lama. Meskipun dalam prosedur pengujian tanah juga diperam terlebih dahulu, tetapi dengan waktu perendaman yang lebih lama mengakibatkan air tetap terserap oleh tanah dan semakin banyak seiring dengan semakin lamanya waktu perendaman.

Perbandingan lain adalah dengan tanah lempung yang distabilisasi dengan bahan stabilisator yang berbeda yaitu semen dan kapur dengan perendaman berdasarkan waktu siklus. Penelitian ini dilakukan oleh Sumsago (2009) untuk tanah lempung dengan semen dan Mariea (2009) untuk tanah lempung dengan kapur.

Hasil penelitian untuk stabilisasi dengan menggunakan semen disajikan pada **Tabel 19**, sedangkan untuk stabilisasi dengan menggunakan kapur disajikan dalam **Tabel 20**.

Tabel 19. Hasil Pengujian CBR Campuran *Soil Cement* untuk Tiap Siklus

Siklus Resapan	CBR	Selisih Nilai CBR (%)
4 Siklus	118 %	8 %
8 Siklus	110 %	
12 Siklus	102 %	8 %

Tabel 20. Hasil Pengujian CBR Campuran *Soil Lime* untuk Tiap Siklus

Siklus Resapan	CBR	Selisih Nilai CBR (%)
2 Siklus	105,44%	4,56%
4 Siklus	100,84%	
6 Siklus	88,12%	13,47%

Stabilisasi dengan menggunakan semen dan kapur menaikkan kekuatan, kekakuan, dan daya tahan dari tanah-tanah berbutir halus dan kadang digunakan untuk menaikkan sifat-sifat fraksi halus dari tanah-tanah granular. Kekuatan tanah lempung dapat dinaikkan apabila ditambahkan semen dan kapur dengan jumlah yang tepat diakibatkan sebagian oleh penurunan sifat-sifat plastis dari lempung dan sebagian oleh reaksi *pozzolanis* dari semen dan kapur dengan tanah yang menghasilkan bahan tersemen yang kenaikannya dipengaruhi waktu. Umumnya tanah menjadi mempunyai kekuatan yang lebih besar dan modulus elastisitas lebih tinggi.

Hasil penelitian yang telah dilakukan dapat dilihat bahwa nilai CBR untuk masing-masing bahan stabilisator cenderung menurun seiring dengan semakin lamanya waktu siklus. Hal ini dikarenakan semakin lama waktu siklus perendaman, maka air yang terserap akan semakin banyak pula. Air yang terserap menurunkan nilai CBR tanah campuran dan berdampak negatif terhadap daya ikat partikel tanah campuran semen dan kapur.

Penurunan nilai CBR yang terlihat tidak terlalu signifikan, sehingga dapat disimpulkan lama waktu siklus perendaman tidak terlalu berpengaruh terhadap nilai CBR tanah stabilisasi semen dan kapur.

Pembekuan dan pencairan berulang-ulang terhadap tanah campuran menyebabkan tanah stabilisasi semen dan kapur mengalami kehilangan kekuatan, tetapi pada kenyataannya dapat pulih sendiri yang akan mengurangi keadaan ini sehingga tidak kehilangan kekuatan yang seluruhnya. Hal ini dapat dilihat pada nilai CBR yang cenderung masih cukup besar untuk sebuah konstruksi bangunan dan jalan.

Hasil berbeda dengan stabilisasi tanah menggunakan ISS 2500 yang beraksi dengan melepaskan air yang terserap oleh tanah pada saat perendaman. Kadar ISS 2500 yang digunakan dalam penelitian ini sangat kecil dan tidak terlalu banyak berpengaruh dengan semakin lamanya waktu perendaman sehingga nilai CBR akan semakin mengecil seiring dengan semakin lamanya waktu perendaman. Jumlah air yang banyak terserap akan cenderung melemahkan daya ikat antar partikel tanah.