

# Pengaruh Penambahan Bahan Stabilisasi Merk "X" Terhadap Nilai California Bearing Ratio (CBR)

**Mahesa Hidayat, Arief Rachmansyah, Yulvi Zaika**  
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya  
Jl. MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia  
E-mail: mahesahidayat@gmail.com

## ABSTRAK

Nilai CBR suatu bahan merupakan hal yang sangat diperhitungkan pada kontruksi baik jalan ataupun konstruksi lainnya. Penggunaan tanah yang distabilisasi untuk digunakan sebagai bahan konstruksi merupakan sebuah alternatif. Salah satu caranya berupa meningkatkan kerapatan tanah dengan cara pemadatan dan mencampur dengan bahan stabilisasi tambahan untuk meningkatkan sifat-sifat tanah. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah bahan stabilisasi merk "X" yang diproduksi Chemilink Technologies Group yang merupakan bahan polimer dalam bentuk serbuk. Bahan ini dapat merubah sifat fisis dan mekanis tanah seperti meningkatkan konsistensi tanah, meningkatkan kepadatan tanah, meningkatkan kekuatan tanah, dsb.

Tanah yang digunakan adalah tanah yang tidak dapat digunakan untuk timbunan jalan menurut spesifikasi umum PU yang berasal dari Jalan Raya Caruban – Ngawi, Desa Purworejo, Kecamatan Pilang Kenceng, Kabupaten Madiun. Setelah dicampurkan bahan stabilisasi dengan variasi kadar 2.50%, 3.00%, 3.25%, 3.50%, 4.00% dan 4.50% terjadi perubahan pada nilai batas atterberg yaitu penurunan PI seiring bertambahnya kadar bahan stabilisasi. Pada tanah asli PI sebesar 48,01% dan perubahan terbesar pada kadar 4.5% sebesar 29.86%. Lalu pada specific gravity juga terjadi peningkatan, dari Gs tanah asli sebesar 2.62 menjadi 2.701 pada kadar bahan stabilisasi 4.5%. Kemudian pada uji pemadatan tidak ada korelasi pasti pada nilai OMC namun terjadi peningkatan pada nilai berat isi kering maksimum akibat reaksi bahan stabilisasi yang memecahkan gumpalan-gumpalan lempung sehingga tercapai kepadatan yang lebih. Pada uji CBR terjadi peningkatan nilai CBR akibat penambahan bahan stabilisasi, peningkatan jumlah tumbukan, dan penambahan lama waktu curing. Didapatkan korelasi antara jumlah tumbukan peningkatan CBR bahwa peningkatan nilai CBR pada tumbukan 56 dan 65 lebih baik dibanding 10 dan 30 tumbukan. Kemudian pada tumbukan 56 dan 65 terlihat korelasi yang jelas akibat lama waktu curing yaitu semakin lama waktu curing maka CBR yang didapat lebih tinggi. Dan nilai CBR yang melebihi nilai CBR agregat A terjadi pada kadar bahan stabilisasi 4.0% dan 4.5% pada waktu curing 7 hari baik 56 maupun 65 tumbukan yaitu untuk 4.0% sebesar 98.659% dan 97.920% lalu 4.5% sebesar 100.924% dan 111.530%.

**Kata kunci:** Stabilisasi Tanah, Lempung Ekspansif, PI, Specific Gravity, CBR, Kepadatan, Curing

## Pendahuluan

Daya dukung pada tanah lempung merupakan hal yang sangat diperhitungkan dalam setiap kontruksi baik jalan, gedung, maupun konstruksi lainnya. Pemanfaatan tanah dengan cara mengoptimalkan kekuatannya merupakan salah satu solusi penggunaan tanah sebagai bahan konstruksi baik untuk konstruksi jalan raya, lapangan terbang, tanggul ataupun yang lainnya. Kekuatan tanah yang dimaksud adalah kemampuan tanah untuk menahan beban di atasnya. Pada jenis tanah tertentu, daya dukung yang dimilikinya tidak cukup tinggi sehingga tidak mampu menahan beban yang diterimanya. Upaya untuk mengatasi kondisi tanah tersebut yakni dengan cara stabilisasi tanah, yang berupa meningkatkan kerapatan

tanah dengan cara pemadatan dan mencampur dengan bahan stabilisasi tambahan untuk meningkatkan sifat-sifat tanah.

Adapun tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh penambahan bahan stabilisasi merk "X" pada nilai properties tanah (*specific gravity*, indeks plastisitas, OMC dan berat isi kering maksimum)
2. Untuk mengetahui besar perubahan nilai CBR *unsoaked* akibat pencampuran variasi kadar bahan stabilisasi merk "X".
3. Untuk mengetahui komposisi bahan stabilisasi merk "X" dan jumlah tumbukan yang digunakan untuk

mendapatkan nilai CBR yang dapat melebihi nilai CBR minimum agregat untuk lapis pondasi jalan.

### Tinjauan Pustaka

Segumpal tanah dapat terdiri dari dua atau tiga bagian. Pada kondisi kering, tanah hanya terdiri dari dua bagian saja yaitu butiran tanah dan pori-pori udara. Sedangkan pada kondisi jenuh tanah juga terdiri dari dua bagian yaitu butiran tanah dan air (Hardiyatmo, 2006).

Banyaknya air dalam segumpal tanah tadi dinyatakan sebagai kadar air ( $w$ ), yaitu perbandingan antara berat air ( $W_w$ ) dengan berat butiran padat ( $W_s$ ) dan dinyatakan dalam %.

$$w(\%) = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

*Specific gravity (Gs)*

*Specific gravity* adalah rasio antara berat tanah terhadap berat air dengan volume yang sama. Atau dapat dijelaskan dalam persamaan:

$$G_s = \frac{W_s}{V_s \gamma_w}$$

### Batas-Batas Atterberg

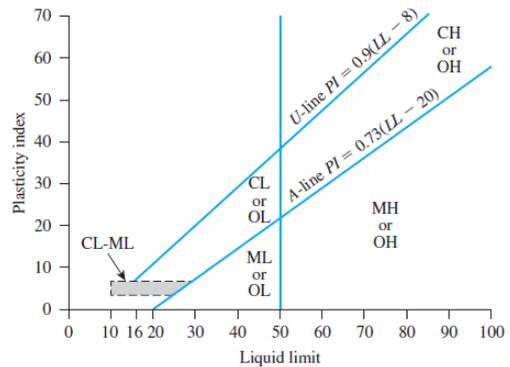
Atterberg (1911, dalam Das, 2010) memberikan sebuah cara untuk menentukan konsistensi dari tanah lunak, yaitu dengan melihat nilai kadar air dari tanah tersebut. Pada saat nilai kadar air sangat tinggi, tanah cenderung bertingkah seperti cairan. Sedangkan pada saat nilai kadar air rendah, tanah bersifat seperti padat. Batas antar fase-fase tanah tersebut dikenal sebagai batas-batas Atterberg.

- **Batas Cair (*Liquid Limit*)**  
Batas cair adalah besarnya kadar air pada batas keadaan cair ke keadaan plastis.
- **Batas Plastis (*Plastic Limit*)**  
Batas plastis adalah besarnya kadar air pada batas keadaan plastis ke semi padat.

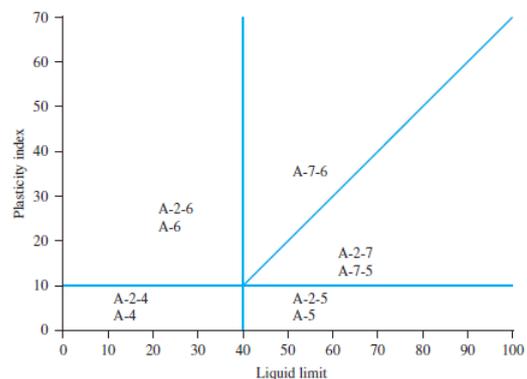
- **Batas Susut (*Shrinkage Limit*)**  
Batas susut adalah besarnya kadar air pada batas keadaan semi padat ke keadaan padat.
- **Indeks Plastisitas (*Plasticity Index*)**  
Indeks plastisitas adalah interval nilai kadar air saat tanah masih bersifat plastis, dinyatakan dengan pengurangan antara nilai batas cair dan batas plastis.

### Klasifikasi Tanah

Terdapat bermacam cara untuk mengklasifikasikan tanah, namun dibatasi hanya klasifikasi *Unified* dan AASHTO saja yang akan dibahas.



**Gambar 1** Grafik Klasifikasi tanah *Unified*.



**Gambar 2** Grafik Plastisitas Untuk Klasifikasi Tanah AASHTO

Nilai indeks plastisitas dan batas cair yang didapat dari uji batas Atterberg digunakan untuk menentukan klasifikasi tanah.

### Pemadatan Tanah

Pemadatan yaitu suatu proses mampatnya butiran tanah akibat keluarnya udara dari pori tanah. Parameter tingkat kepadatan suatu tanah adalah dengan melihat berat isi kering tanah tersebut. Pada proses ini penambahan air akan sangat mempengaruhi, dimana keberadaan air dalam tanah tersebut berfungsi sebagai pelumas. Ada pengaruh pasti akibat penambahan air pada tanah yang dipadatkan, yaitu ketika kadar air 0% maka berat isi kering maksimum sama dengan berat volume basah. Seiring bertambahnya kadar air, berat isi kering dari tanah yang dipadatkan akan meningkat hingga pada suatu titik besar kadar air yang ditambahkan akan mendapatkan penurunan besar berat isi kering. Titik dimana besarnya kadar air yang diberikan mendapatkan nilai berat isi kering yang maksimum dinamakan kadar air optimum (OMC). Hubungan antara berat volume kering ( $\gamma_d$ ) dengan berat volume basah ( $\gamma$ ) dan kadar air ( $w$ ), dapat dihitung sebagai berikut:

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1 + w}$$

Secara teoritis berat isi kering maksimum dapat mencapai kondisi tidak terdapat sedikitpun udara dalam pori tanah, kondisi ini disebut *zero air voids* yang dapat dihitung dengan:

$$\gamma_{zav} = \frac{G_s \gamma_w}{1 + e}$$

### California Bearing Ratio (CBR)

California bearing ratio adalah perbandingan antara beban test (*test load*) dengan beban standar (*standard load*) dan dinyatakan dalam persentase. Sehingga CBR dapat didapat dari persamaan:

$$CBR = \frac{P_t}{P_s} \times 100\%$$

dimana  $P_t$  adalah beban test dan  $P_s$  adalah beban standar. Berikut adalah beban standar yang digunakan;

**Tabel 1** Beban Standar Uji CBR.

Penetrasi (inch)	Standard Unit Load (psi)
0.1	1000
0.2	1500
0.3	1900
0.4	2300
0.5	2600

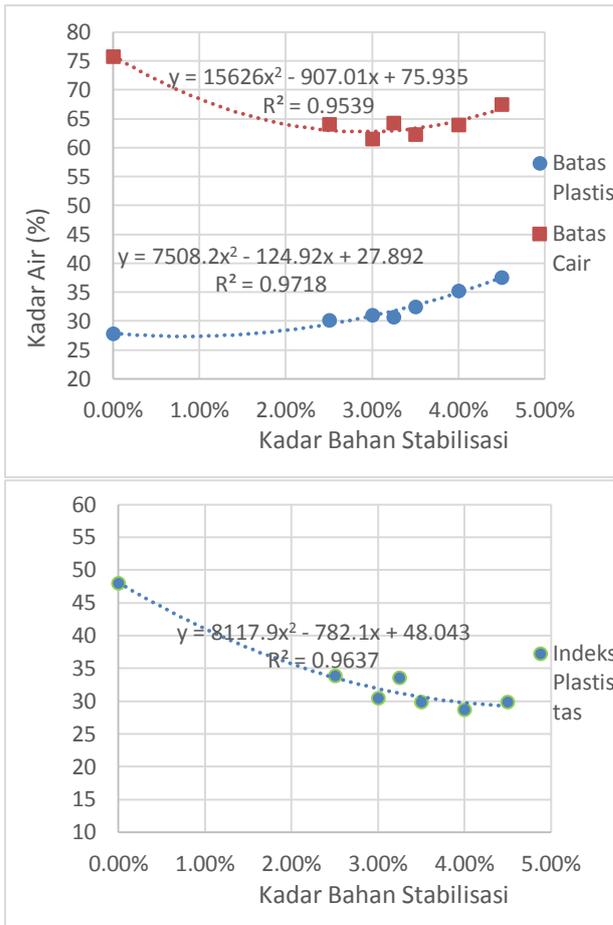
### Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan mengikuti SNI. Adapun SNI yang menjadi pedoman pada setiap pengujian dicantumkan dibawah ini:

- Pemeriksaan kadar air mengikuti SNI 1965:2008
- Pemeriksaan specific gravity mengikuti SNI 1964:2008
- Pemeriksaan batas plastis (PL) mengikuti SNI 1966:2008
- Pemeriksaan batas cair (LL) mengikuti SNI 1967:2008
- Uji pemadatan modified mengikuti SNI 1743:2008
- Uji CBR mengikuti SNI 1744:2012

### Hasil dan Pembahasan

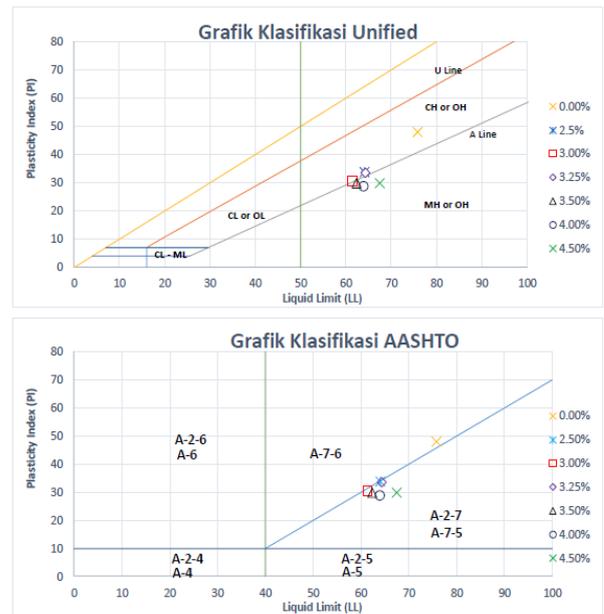
#### Hasil Uji Batas Atterberg



**Gambar 3** Grafik Hasil Uji Batas Atterberg.

Terjadi penurunan nilai batas cair pada awalnya, namun terjadi peningkatan setelah ditambah kadar stabilisasi merk “X” sebesar 4.00% dan 4.50%. Lalu pada nilai batas plastis terjadi peningkatan seiring bertambahnya kadar bahan stabilisasi. Akibat menurunnya nilai batas cair dan meningkatnya batas plastis sehingga indeks plastisitas tanah akan menurun seiring bertambahnya kadar stabilisasi. Hal ini diakibatkan terjadinya reaksi antara bahan stabilisasi dan tanah yang mengubah sifat tanah menjadi lebih konsisten.

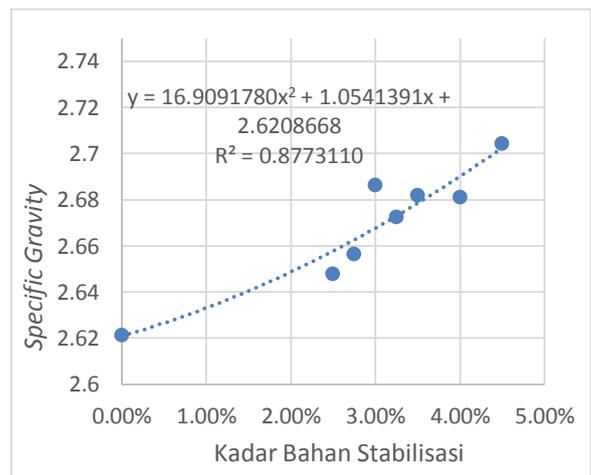
Perubahan nilai batas cair dan batas plastis akibat penambahan bahan stabilisasi akan merubah klasifikasi tanah tersebut. Dapat dilihat pada gambar 4 bahwa terjadi pergeseran pada diagram klasifikasi baik klasifikasi *unified* maupun AASHTO.



**Gambar 4** Grafik Klasifikasi *Unified* dan AASHTO

*Hasil Uji Specific Gravity*

Setelah tanah asli dicampur bahan stabilisasi dengan masing-masing kadar 2.50%, 3.00%, 3.25%, 3.50%, 4.00% dan 4.50%, maka diperkirakan akan terjadi perubahan pada nilai specific gravity. Hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 5.



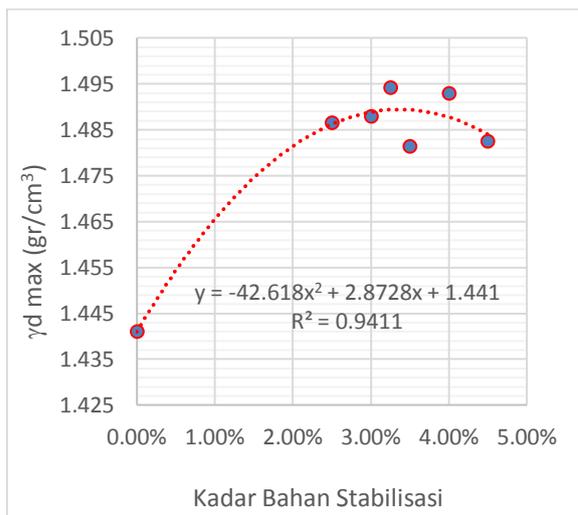
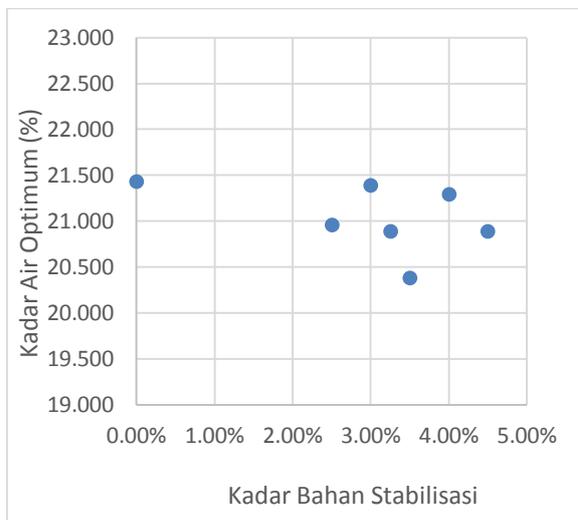
**Gambar 5** Hasil Uji *Specific Gravity*.

Terlihat cenderung terjadi peningkatan pada nilai specific gravity seiring bertambahnya kadar bahan stabilisasi merk “X” pada tanah. Hal ini dapat diakibatkan bahan stabilisasi

memiliki *specific gravity* yang besar dan terjadi perubahan pada susunan tanah akibat reaksi bahan stabilisasi.

### Hasil Uji Pemadatan

Setelah dilakukan uji pemadatan pada masing-masing benda uji, didapat nilai kadar air optimum dan berat isi kering maksimum dan berat isi kering maksimumnya. Besarnya nilai kadar air optimum dan berat isi kering maksimum dari masing-masing benda uji dapat dilihat pada gambar 6.



**Gambar 6** Hasil Uji Pemadatan

Terlihat pada gambar 6 bahwa tidak ada korelasi pasti antara penambahan kadar bahan stabilisasi dengan nilai kadar air optimum. Namun pada nilai berat isi kering maksimum terlihat adanya peningkatan, tetapi pada kurva regresi terbentuk puncak. Sehingga membentuk angka maksimum. Namun bisa saja hal ini terjadi akibat kesalahan pada proses pelaksanaannya. Karena bahan stabilisasi ini sangat reaktif terhadap air, maka nilai kadar air optimum yang fluktuatif bisa saja terjadi. Lalu sifat bahan ini yang dapat memecah gumpalan-gumpalan lempung dapat membuat terjadinya berat isi kering maksimum yang lebih tinggi seiring bertambahnya kadar bahan stabilisasi.

#### Hasil Uji California Bearing Ratio (CBR)

Nilai kadar air optimum yang didapat dari uji pemadatan digunakan untuk pembuatan sampel uji CBR. Pada penelitian ini ingin diketahui kondisi kepadatan yang optimum bagi bahan stabilisasi ini untuk bekerja, sehingga didapatkan nilai CBR yang dapat melebihi nilai CBR agregat A untuk lapis pondasi jalan. Selain jumlah tumbukan, lama waktu curing juga dijadikan variabel dalam penelitian ini. Jumlah tumbukan yang digunakan yaitu 10, 30 dan 65 per lapis sesuai SNI 1744:2012 dan ditambah jumlah tumbukan 56 per lapis untuk mendapatkan variasi tumbukan yang mendekati 100% kepadatan maksimum. Kemudian waktu curing untuk masing-masing variasi kadar bahan stabilisasi adalah 1 hari, 3 hari dan 7 hari. Berikut adalah hasil pengujian CBR,

**Tabel 2** Hasil Uji CBR 10 Tumbukan.

Kadar	CBR (%)		
	1 Hari	3 Hari	7 Hari
0.00%	5.131	5.131	5.131
2.50%	17.477	17.447	21.638
3.00%	15.488	20.661	15.307
3.25%	13.980	15.013	16.646
3.50%	15.477	24.211	23.233

4.00%	23.201	28.403	22.743
4.50%	14.182	25.975	21.229

**Tabel 3** Hasil Uji CBR 30 Tumbukan.

Kadar	CBR (%)		
	1 Hari	3 Hari	7 Hari
0.00%	9.397	9.397	9.397
2.50%	48.277	38.786	50.590
3.00%	28.488	41.597	52.055
3.25%	37.420	46.928	32.999
3.50%	39.734	60.895	52.706
4.00%	50.509	62.484	63.341
4.50%	64.597	55.562	67.774

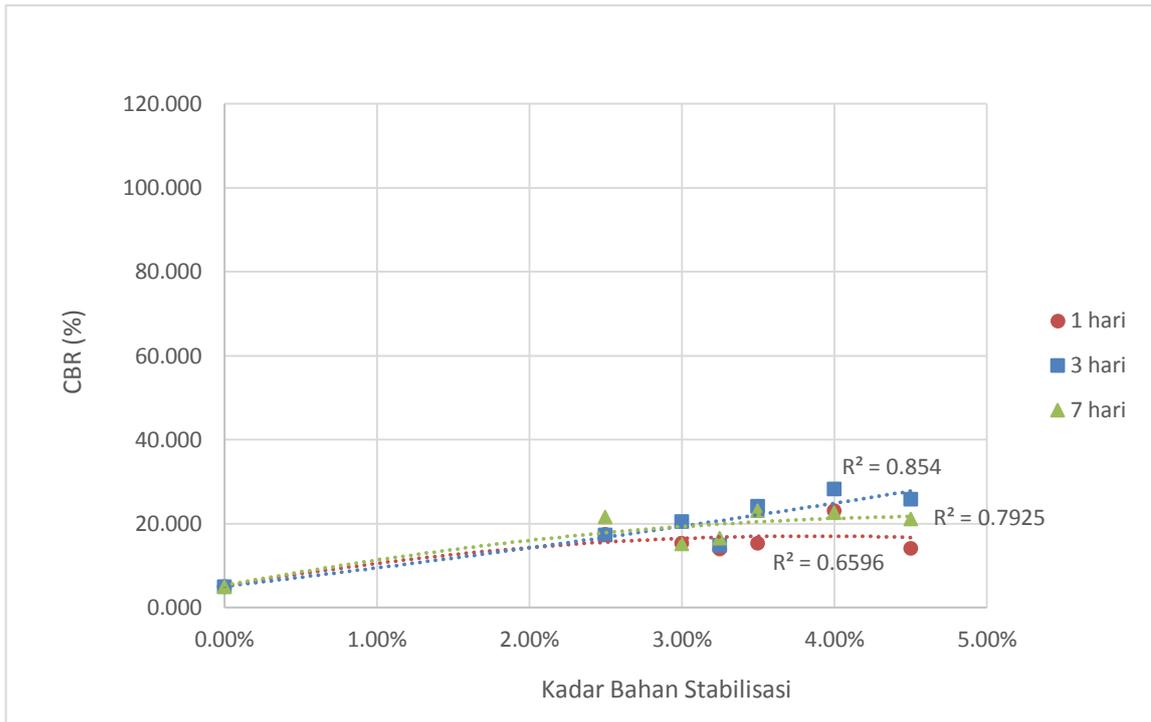
**Tabel 4** Hasil Uji CBR 56 Tumbukan.

Kadar	CBR (%)		
	1 Hari	3 Hari	7 Hari
0.00%	11.824	11.824	11.824
2.50%	60.858	63.522	68.487
3.00%	57.587	59.440	63.121
3.25%	73.171	74.858	77.641
3.50%	62.229	69.518	85.851
4.00%	82.827	75.645	98.659
4.50%	79.893	88.692	97.920

**Tabel 4** Hasil Uji CBR 65 Tumbukan.

Kadar	CBR (%)		
	1 Hari	3 Hari	7 Hari
0.00%	12.705	12.705	12.705
2.50%	63.052	67.557	70.997
3.00%	67.974	69.604	75.808
3.25%	77.754	77.905	82.552
3.50%	69.563	84.722	87.541
4.00%	87.918	95.667	100.924
4.50%	86.133	98.549	111.530

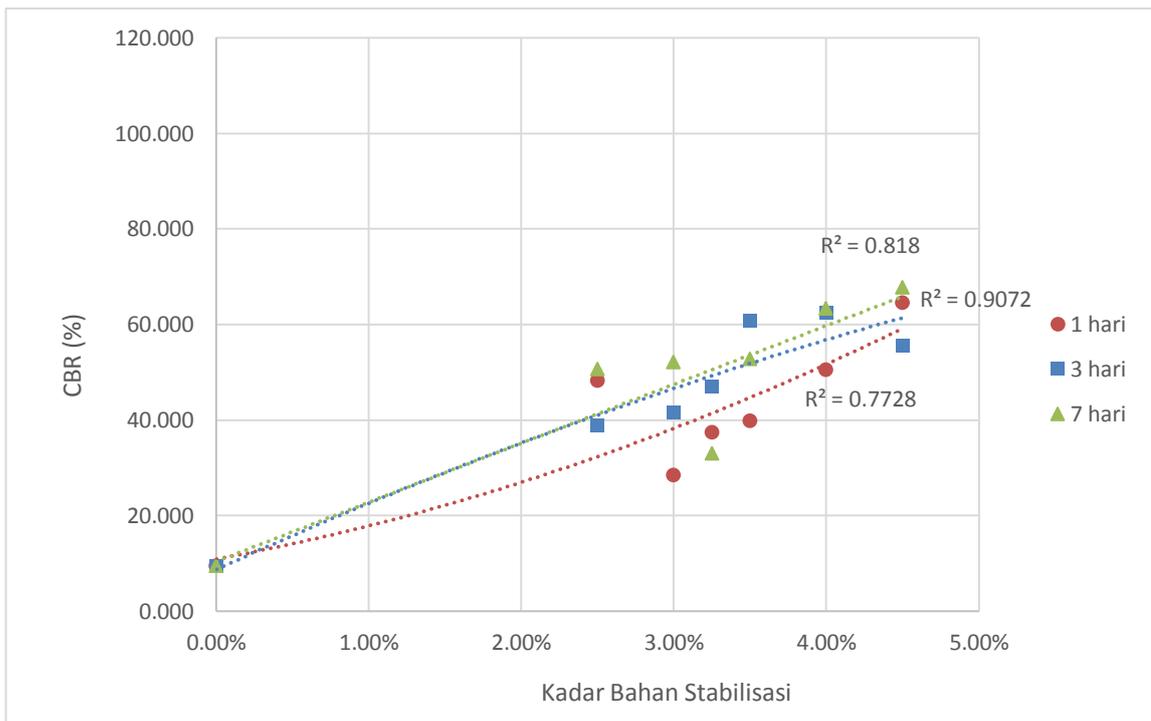
Dari tabel 2 hingga 4 dimasukkan ke dalam grafik agar diketahui pengaruh penambahan bahan stabilisasi dengan jumlah tumbukan tiap lapis serta waktu curing tertentu. Grafik ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



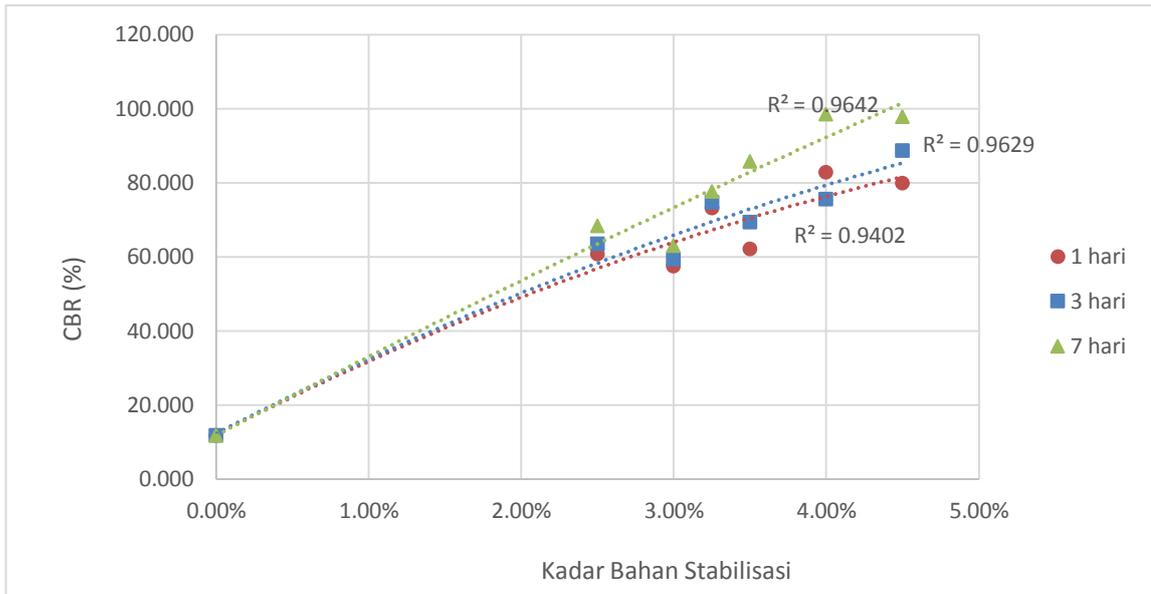
**Gambar 7** Nilai CBR Terhadap Variasi Kadar dan Waktu Curing pada 10 Tumbukan.

Terlihat terjadi peningkatan nilai CBR pada 10 tumbukan per lapis jika dibandingkan dengan tanah asli. Namun tidak dapat ditarik kesimpulan dari grafik di atas karena kurva regresi memiliki  $R^2$  yang tidak mendekati 1,0 baik pada waktu curing 1 hari, 3 hari maupun 7 hari.

Kemudian pada jumlah tumbukan 30 peningkatan nilai CBR terjadi lebih besar dibandingkan 10 tumbukan, dan terlihat adanya pengaruh lama waktu *curing* pada nilai CBR. Namun terlihat dari besar  $R^2$  yang masih belum dapat merepresentasikan data, tetapi sedikit lebih baik dibandingkan jumlah



**Gambar 8** Nilai CBR Terhadap Variasi Kadar dan Waktu Curing pada 30 Tumbukan.



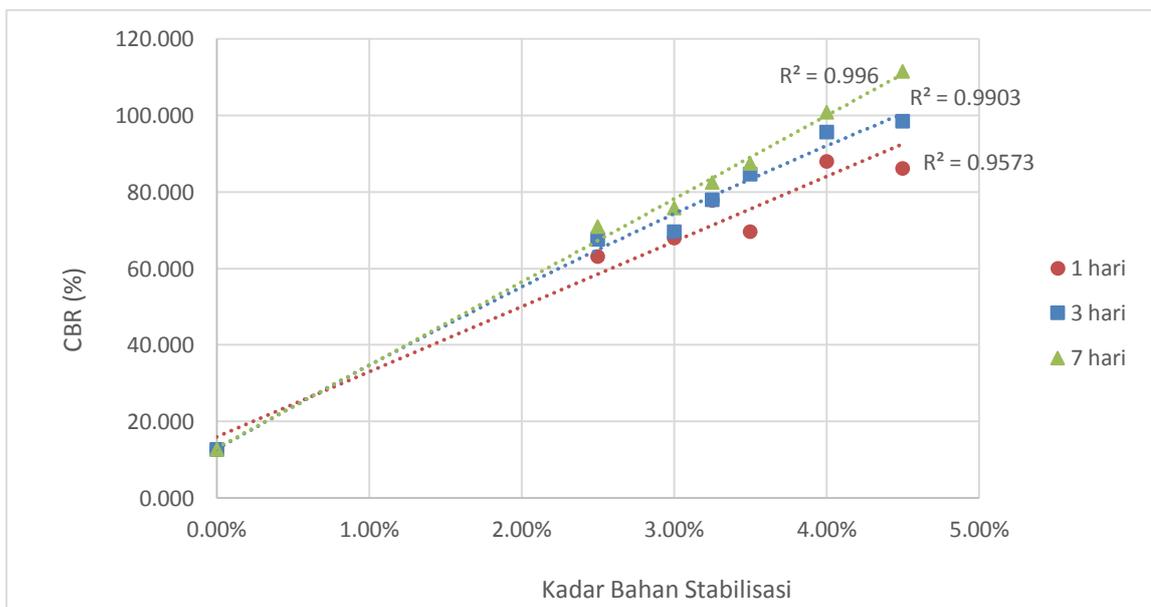
**Gambar 9** Nilai CBR Terhadap Variasi Kadar dan Waktu Curing pada 56 Tumbukan.

tumbukan 10. Kemudian pada jumlah tumbukan 56 pada gambar 9 terlihat peningkatan nilai CBR yang tinggi dan peningkatan nilai CBR yang lebih stabil ditandai dengan  $R^2$  kurva yang mendekati 1,0. Namun  $R^2$  terkecil berada pada waktu curing 1 hari. Hal ini menunjukkan pada waktu 1 hari peningkatan nilai CBR tidak begitu stabil akibat belum sempurnanya proses reaksi kimia antara bahan stabilisasi merk "X" dan tanah.

Kemudian tumbukan 65 pada gambar 10 terlihat peningkatan nilai CBR yang sangat

tinggi dan nilai  $R^2$  yang lebih mendekati 1,0 dibandingkan jumlah tumbukan-tumbukan sebelumnya. Hal ini menunjukkan peningkatan nilai CBR berlangsung seiring bertambahnya kadar bahan stabilisasi dan bertambahnya waktu *curing*. Semua ini diakibatkan semakin padat suatu tanah, maka reaksi kimia bahan stabilisasi akan lebih baik sehingga akan didapat nilai CBR yang lebih tinggi.

Sedangkan pengaruh lama waktu curing terhadap nilai CBR akibat reaksi pozzolanic dan terhidrasinya tanah akibat salah satu



**Gambar 10** Nilai CBR Terhadap Variasi Kadar dan Waktu Curing pada 65 Tumbukan.

penyusun bahan stabilisasi merk “X” ini adalah semen. Maka sedikit terjawab lama waktu curing mempengaruhi peningkatan nilai CBR, namun sangat terlihat pada jumlah tumbukan tinggi.

### Kesimpulan dan Saran

Dari hasil uji terhadap pencampuran bahan stabilisasi merk “X” dapat disimpulkan sebagai berikut

1. Pada hasil uji *specific gravity* terhadap penambahan bahan stabilisasi merk “X” dengan kadar yang bervariasi (2,50%, 3,00%, 3,25%, 3,50%, 4,00% dan 4,50%) terhadap tanah asli dapat meningkatkan nilai *specific gravity*. Lalu pada hasil uji batas atterberg, penambahan bahan stabilisasi merk “X” dapat menurunkan indeks plastisitas (PI) dari tanah tersebut. Sedangkan pada uji kompaksi penambahan bahan stabilisasi merk “X” pada tanah asli dapat menurunkan kadar air optimum dan meningkatkan berat isi kering maksimum.
2. Hasil uji CBR menunjukkan bahwa penambahan bahan stabilisasi merk “X” dapat meningkatkan nilai CBR tanah asli pada seluruh variasi penambahan kadar stabilisasi. Peningkatan tertinggi pada jumlah tumbukan 56 dan 65 nilai CBR yang semula 11,824% dan 12,705% dapat meningkat menjadi 97,920% dan 111,530% pada kadar bahan stabilisasi 4,50%
3. Penggunaan tanah campuran bahan stabilisasi merk “X” apabila akan digunakan sebagai pengganti bahan agregat pada konstruksi lapis pondasi jalan dapat mengacu pada besarnya kadar bahan stabilisasi serta jumlah tumbukan ekuivalen. Pada waktu *curing* 7 hari, kadar 4,00% dan 4,50% baik tumbukan 56 atau 65 memiliki nilai CBR yang setara dengan agregat kelas A yaitu di atas 90%. Digunakan tumbukan 56

dan 65 ini dikarenakan kondisi peningkatan nilai CBR yang lebih stabil dibandingkan 10 dan 30, hal ini akibat tanah yang kepadatannya kurang menghambat bahan stabilisasi untuk bereaksi dengan optimal.

Dari pelaksanaan pengujian laboratorium yang penulis lakukan, disarankan sebagai berikut :

- a. Proses pencampuran bahan stabilisasi haruslah dilakukan sedemikian rupa sehingga bahan stabilisasi dapat tercampur dengan merata, sehingga kekuatan tanah hasil pencampuran menjadi merata.
- b. Penyimpanan bahan stabilisasi harus dilakukan sedemikian rupa, sehingga bahan tersebut tidak terjadi reaksi kimia baik dengan udara maupun dengan bahan lain, sebelum bahan stabilisasi ini dimanfaatkan. Hal ini bertujuan agar bahan stabilisasi ini dapat bereaksi secara maksimal dalam proses peningkatan kekuatan tanah.
- c. Jarak waktu antara proses pencampuran dengan proses pemadatan haruslah dilakukan dengan secepat mungkin. Hal ini disebabkan apabila bahan stabilisasi yang sudah dicampur dengan tanah tetapi tidak segera dipadatkan, akan dapat mengurangi tingkat hasil kepadatan.
- d. Terhadap hasil pemadatan, sebaiknya sebelum dilakukan *open traffic* ataupun konstruksi dimanfaatkan, sebaiknya hasil pemadatan dilakukan penutupan menggunakan terpal, sehingga pada proses reaksi kimia yang menyebabkan terjadinya pengerasan hasil pemadatan tidak menjadi terganggu.

### Daftar Pustaka

Anonim (2008), SNI 1743:2008 *tentang Cara Uji Kepadatan Berat Untuk Tanah*.

- Anonim (2008), SNI 1964:2008 *tentang Cara Uji Berat Jenis Tanah.*
- Anonim (2008), SNI 1965:2008 *tentang Cara Uji Penentuan Kadar Air untuk Tanah dan Batuan di Laboratorium.*
- Anonim (2008), SNI 1966:2008 *tentang Cara Uji Penentuan Batas Plastis Dan Indeks Plastisitas Tanah.*
- Anonim (2008), SNI 1967:2008 *tentang Cara Uji Penentuan Batas Cair Tanah.*
- Anonim (2012), SNI 1744:2012 *tentang Metode Penelitian CBR Laboratorium.*
- Bowles, Joseph E. 1991. *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah).* Terjemahan Johan K. Hainim. Jakarta: Penerbit Erlangga
- Das, B. M. 2010. *Principles of Geotechnical Engineering, 7<sup>th</sup> Edition.* Stamford: Cengage Learning
- Craig, R. F. 1994. *Mekanika Tanah, Edisi Keempat.* Terjemahan Budi Susilo S. Jakarta: Penerbit Erlangga
- Hardiyatmo, H. C. 2010. *Mekanika Tanah 1, Edisi kelima.* Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Ingles, O. G., J. B. Metcalf. 1972. *Soil Stabilization, Principles and Practice.* Melbourne: Butterworths
- Kementrian Pekerjaan Umum. 2010. *Spesifikasi Umum 2010 Divisi 3 Pekerjaan Tanah.* Jakarta. Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Kementrian Pekerjaan Umum. 2010. *Spesifikasi Umum 2010 Divisi 5 Perkerasan Berbutir dan Perkerasan Beton Semen.* Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Kezdi, A. 1979. *Stabilized Earth Road.* New York: Elsevier Scientific Publishing Company
- Sherwood, P. 1993. *Soil Stabilization with Cement and Lime. State of Art Review.* London: Transport Research Laboratory, HMSO
- Wesley, Laurence D. 2012. *Mekanika Tanah untuk endapan & residu.* Yogyakarta: Penerbit Andi