

# Analisis CBR Tanah *Clayshale* Akibat Penambahan Semen

*CBR Analyzed of Cement Stabilized Clayshale*

**Gilang Permana Santoso, Edi Hartono**

*Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta*

**Abstrak.** Tanah *clayshale* merupakan salah satu tanah yang memiliki potensi masalah yaitu kekuatan dan durabilitas yang rendah bila tersingkap/terbuka sehingga diperlukan suatu perlakuan khusus untuk mengatasi masalah tersebut. Salah satu perlakuan khusus tersebut ialah stabilisasi dengan menggunakan bahan kimia yaitu semen. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan nilai CBR tanah *clayshale* sebelum dan sesudah penambahan semen. Penelitian ini menggunakan penambahan semen dengan kadar 10% dari berat total tanah kering dan tanpa penambahan semen, dicampur dengan 2 metode pencampuran yaitu *dry mix* dan *spray mix*. Pengujian CBR ini menggunakan 3 variasi usaha pemadatan yaitu 10, 25, 56 kali tumbukkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan bertambahnya energi pemadatan dan kadar semen maka nilai CBR akan mengalami peningkatan. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa nilai CBR dengan menggunakan metode *dry mix* memiliki nilai CBR yang lebih tinggi dibandingkan nilai CBR dengan menggunakan metode *spray mix*.

Kata kunci: CBR, *clayshale*, stabilisasi semen, *dry mix*, dan *spray mix*.

**Abstract.** Clayshale is one of the soil that has strength and durability problems when its exposed to a wetting-drying cycle. One of the special treatments is stabilization using chemicals material for exemple cement. This study aims to compare of CBR values of clayshale with and without cement stabilization This test were used 10% cement content and mixing with dry and spray method. The specimens compacted using 10, 25, 56 blows per layer. The result show that cement stabilized clayshale increased the CBR value significantly. The Value of CBR dry mixed method is higher than the spray mixed method.

Keywords : CBR, clayshale, cement stabilization, dry mix, and spray mix.

## 1. Pendahuluan

Dalam dunia konstruksi salah satu faktor yang diperhatikan sebelum dimulainya pekerjaan ialah kondisi tanah dasar sebagai tempat berdirinya konstruksi tersebut. Kondisi tanah sangat mempengaruhi stabilitas suatu konstruksi. Kondisi tanah dasar tidak selalu baik dan cocok untuk mendukung suatu konstruksi sehingga diperlukan metode perbaikan tanah (*soil improvement*). Metode perbaikan dengan stabilisasi umumnya digunakan untuk meningkatkan kuat dukung tanah. Proses stabilisasi dilakukan agar tanah dasar tersebut masih dapat digunakan sehingga tidak diperlukan penggantian tanah. Pada ruas jalan tol Semarang – Solo kurang lebih pada Seksi 2 (Ungaran – Bawen) sepanjang 11.3 km pada KM. 441 + 800 konstruksi pekerasan jalan

tol dibangun diatas tanah yang berjenis *clayshale*. Alhadar dkk. (2014) memaparkan tanah *clayshale* sangat rentan terhadap perubahan iklim dan cuaca. Hal ini mengakibatkan terjadinya retakan dan pelapukan tanah (*soil weathering*) pada daerah-daerah terekspos secara langsung dengan udara. Proses ini otomatis mengakibatkan turunnya kuat geser tanah.

Salah satu masalah pada pekerjaan konstruksi jalan adalah masalah tanah sebagai dasar konstruksi tersebut, khususnya pada tanah-tanah lunak (Alhadar dkk., 2014). Abdullah (2011) menyatakan bahwa tanah yang stabil adalah tanah yang mampu menerima beban secara terus – menerus dan tidak terjadi kerusakan/keruntuhan seperti pada tanah untuk

konstruksi jalan, landasan pacu, bendungan, dan bangunan lainnya. Indonesia merupakan salah satu negara dengan gunung api terbanyak akibatnya terbentuklah berbagai jenis tanah dari proses pengendapan dan pelapukan. Salah satu dari jenis tanah yang ada adalah *shale* (Agung dkk., 2015) *shale* berbentuk batuan sedimen berbutir halus yang terbentuk dari kelompok lempung akibat adanya tekanan. Agung dkk. (2015) juga menyebutkan bahwa *shale* sangat keras namun apabila sudah terbuka (*exposes*) terkena matahari, air, dan udara dalam jangka waktu yang tidak lama perilaku *shale* akan berubah menjadi *soft clay (mud)*.

Salah satu pengujian yang bisa menentukan kekuatan suatu tanah khususnya tanah dasar konstruksi jalan adalah pengujian CBR (*California Bearing Ratio*) dan pengujian sifat indek tanah. Norhadi dkk. (2017) menyebutkan harga CBR adalah nilai yang menyatakan kualitas tanah dibandingkan bahan standar yang nilai CBR 100%. Patel dan Desai (2010) menyatakan CBR merupakan salah satu metode yang umum digunakan untuk menilai modulus kekakuan dan kekuatan geser dari tanah dasar dalam desain perkerasan jalan.

Penelitian ini membandingkan nilai CBR tanah *clayshale* tanpa penambahan semen dan dengan penambahan semen 10% dari berat kering tanah total. Penelitian ini juga membandingkan nilai CBR dengan 2 metode pencampuran yaitu campuran kering (*dry mix*) dan campuran basah (*spray mix*). Penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran perbandingan nilai CBR tanah *clayshale* yang sudah distabilisasi sehingga dapat ditentukan kekuatan tanah dan tebal lapis perkerasan. Penelitian ini menggunakan 3 variasi energy pemadatan 10, 25, dan 56 kali tumbukkan.

## 2. Metode Penelitian

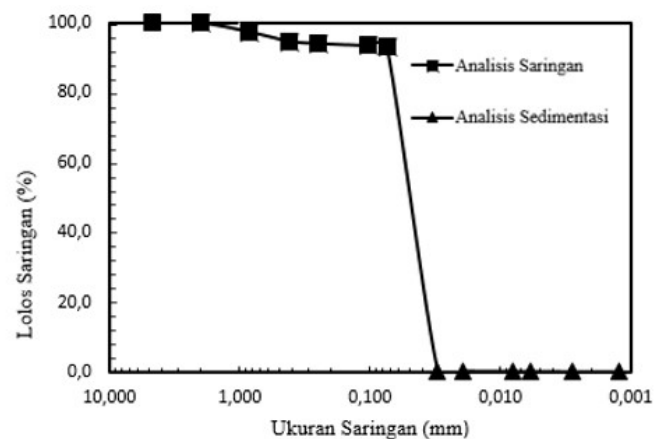
### Tanah

Penelitian ini menggunakan bahan utama berupa tanah berjenis *clayshale*. Tanah tersebut diambil dari lokasi longsor yang terletak di ruas jalan tol Semarang – Solo kurang lebih pada Seksi 2 (Ungaran – Bawen) sepanjang 11.3 km pada KM. 441 + 800, Kabupaten Semarang, Provinsi Jawa Tengah. Sifat-sifat indek tanah *clayshale* disajikan pada Tabel 1 sedangkan distribusi ukuran butiran tanah disajikan pada Gambar 1. Pengujian sifat-sifat

indek tanah umumnya menggunakan metode Casagrade (Muntohar, 2014a)

Tabel 1 Hasil pengujian sifat indek tanah *clayshale*

Variabel Penelitian	Hasil Penelitian
Berat Jenis (Gs)	2,65
<i>Atterberg Limit</i>	
Batas Cair (LL)	57,87%
Batas Plastis (PL)	28,40%
Batas Susut (SL)	10,55%
Indeks Plastisitas (PI)	29,50%
<i>Pemadatan Proctor Standard</i>	
MDD	16,33 kN/m <sup>3</sup>
OMC	19%



Gambar 1 Distribusi ukuran butir tanah *clayshale*

### Semen

Penelitian ini menggunakan bahan tambah berupa semen *Portland* merk Holcim yang telah sesuai dengan SNI 15-2049-2004. Menurut BSN (2004) dalam standar 15-2049 semen *Portland* adalah semen hidrolis yang didapatkan melalui proses menggiling terak semen *Portland* yang terdiri atas kalsium silikat digiling bersama bahan tambahan berupa satu atau lebih kalsium sulfat dan bisa ditambah bahan lain. ASTM (2011) C125 dalam Muntohar (2014b) menyebutkan semen *Portland* adalah suatu semen hidraulik dengan bahan penyusun utamanya adalah kalsium silikat hidrat (*hydraulic calcium silicate*).

### Pembuatan Benda Uji

Penelitian ini menggunakan benda uji dengan kadar semen dan jumlah energi pemadatan masing-masing 0%, 10% dan 10 kali, 25 kali, 56 kali. Benda uji dibuat dari tanah yang lolos saringan No. 4 dalam kondisi kering oven. Benda uji tanpa penambahan semen kemudian dicampurkan dengan air sebanyak 19% dari berat total tanah kering secara merata menggunakan alat pencampur otomatis. Tanah dan air yang telah tercampur dengan merata kemudian dipadatkan kedalam silinder CBR secara bertahap sebanyak 3 lapisan. Benda uji dengan penambahan semen 10% dibuat dengan 2 metode pencampuran yaitu kering (*dry mix*) dan basah (*spray mix*). Tanah kemudian dicampur dengan semen dengan berat 10% dari berat total tanah kering dan 19% air dari berat total tanah kering, yang membedakan antara *dry mix* dan *spray mix* ialah jika *dry mix* mencampurkan semua bahan tersebut dalam 1 waktu dialat pencampur otomatis sedangkan *spray mix* tanah dan air dicampurkan terlebih dahulu kemudian ditambahkan semen dengan cara disemprotkan dengan FAS 0,7. Benda uji yang telah tercetak kemudian diperam selama 7 hari dengan ditutup plastic. Benda uji 0% dan 10% dengan energi pemadatan 56 kali disajikan pada Gambar 2.

### Pengujian CBR Laboratorium

Menurut Andriyani dkk. (2012) definisi CBR (*California Bearing Ratio*) adalah suatu perbandingan antara beban percobaan (*test load*) dengan beban standar (*standar load*) dan dinyatakan dalam persen. Penelitian ini menggunakan prosedur pengujian yang mengacu pada ASTM (1999) dalam standar D-1883 dalam keadaan terendam. Benda uji yang telah diperam selama 7 hari kemudian direndam selama 4 hari guna mengukur pengembangan tanah. Jafri dkk. (2014) menyebutkan bahwa hubungan antara potensi pengembangan (*swelling*) berbanding lurus dengan indeks plastisitas (PI), sehingga jika nilai indeks plastisitas (PI) tanah tinggi maka potensi pengembangan (*swelling*) tanah juga akan semakin tinggi pula begitu pun sebaliknya. Iqbal dkk. (2014) menerangkan bahwa CBR dengan rendaman (*soaked*) bertujuan untuk mendapatkan nilai CBR dalam keadaan jenuh air dan tanah mengalami pengembangan (*swelling*) yang maksimum sedangkan CBR

tanpa rendaman (*unsoaked*) digunakan bertujuan untuk mendapatkan nilai CBR pada keadaan kepadatan maksimum dengan kadarair yang telah ditentukan. Benda uji yang telah direndam kemudian dilakukan pengujian penetrasi CBR dan koreksi sesuai dengan Gambar 3. Nilai CBR didapatkan pada tekanan penetrasi 0,1" dan 0,2" terhadap tekanan penetrasi standar ditunjukkan pada persamaan 1 dan 2.



Gambar 2 Benda Uji yang telah dicetak (a) kadar semen 0%, (b) kadar semen 10% dry mix, (c) kadar semen 10% spray mix

$$CBR_{0,1''} = \left( \frac{P_{0,1''}}{1000} \right) \times 100 \quad (1)$$

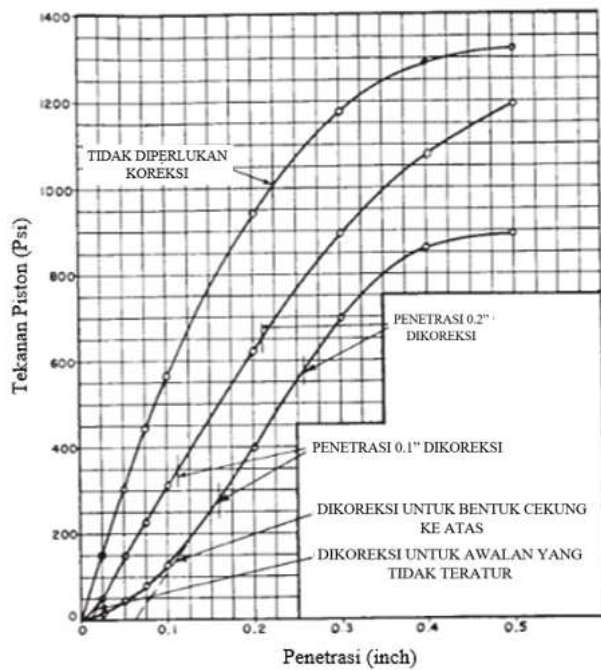
$$CBR_{0,2''} = \left( \frac{P_{0,2''}}{1500} \right) \times 100 \quad (2)$$

dengan,

$CBR_{0,1''}$  = Nilai CBR pada penetrasi 0,1 inch

$CBR_{0,2''}$  = Nilai CBR pada penetrasi 0,2 inch

Kurva CBR yang dikoreksi apabila kurva berbentuk cekung keatas dan memiliki awalan tidak teratur. Nilai CBR yang digunakan adalah nilai CBR yang telah dikoreksi



Gambar 3 Kurva dan Koreksi CBR (ASTM, 1999)

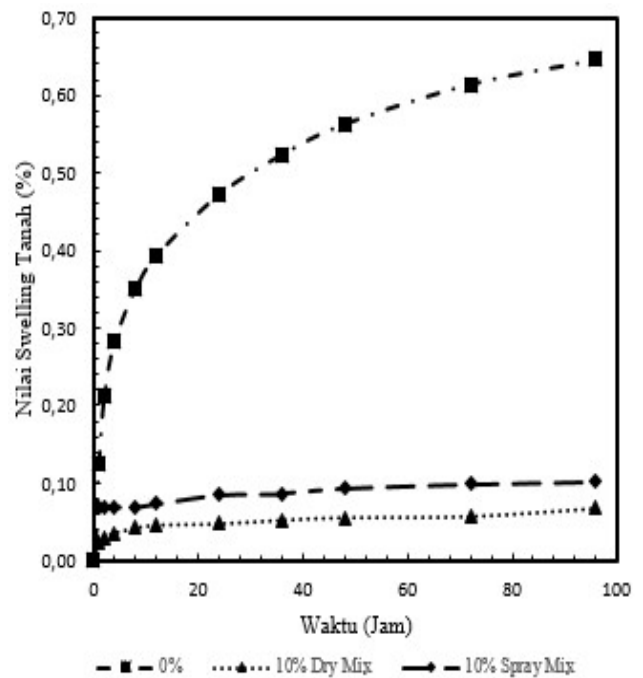
Nilai CBR yang umum digunakan adalah nilai  $CBR_{0,1"}$ . Nilai  $CBR_{0,2"}$  sering kali lebih besar dari nilai  $CBR_{0,1"}$  maka pengujian perlu dilakukan ulang, namun apabila nilai  $CBR_{0,2"}$  tetap lebih besar maka nilai  $CBR_{0,2"}$  dapat dipergunakan sebagai nilai CBR tanah.

### 3. Hasil Penelitian dan Pembahasan

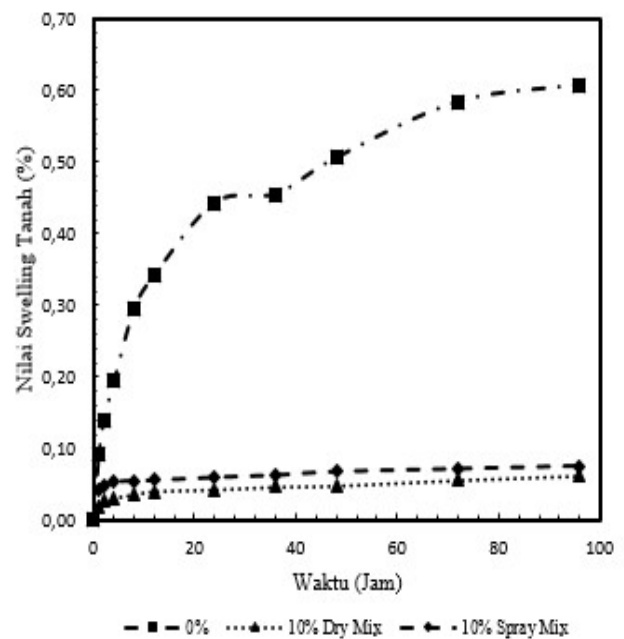
#### *Pengembangan Tanah (Swelling)*

Pengujian pengembangan tanah dilakukan dalam durasi 96 jam dengan waktu pembacaan yang telah ditentukan. Pada pukulan 10 kali (Gambar 4a), untuk kadar semen 0% didapat nilai *swelling* tertinggi sebesar 0,65%, untuk kadar semen 10% *dry mix* didapat nilai *swelling* tertinggi sebesar 0,07%, dan untuk kadar semen 10% *spray mix* didapatkan nilai *swelling* tertinggi sebesar 0,10%. Pada pukulan 25 kali (Gambar 4b), untuk kadar semen 0% didapat nilai *swelling* tertinggi sebesar 0,61%, untuk kadar semen 10% *dry mix* didapatkan nilai *swelling* tertinggi sebesar 0,06%, dan untuk kadar semen 10% *spray mix* didapatkan nilai *swelling* tertinggi sebesar 0,08%. Pada pukulan 56 kali (Gambar 4c), untuk kadar semen 0% didapat nilai *swelling* tertinggi sebesar 0,61%, untuk kadar semen 10% *dry mix* didapatkan nilai *swelling* tertinggi sebesar 0,05%, dan untuk kadar semen 10% *spray mix* didapatkan nilai *swelling* tertinggi sebesar 0,06%. Hasil pengujian

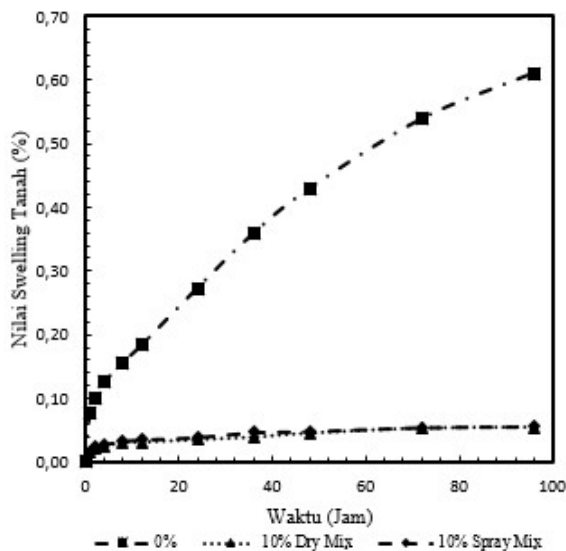
pengembangan tanah, dapat dilihat pengaruh penambahan semen dapat mengurangi potensi pengembangan tanah. Menurut Widianti (2009) reaksi pozzolanik antara tanah dengan bahan tambah yang mengandung bahan pozzolan dapat menurunkan potensi pengembangan (*swelling*) tanah. Kurva pengembangan tanah ditunjukkan oleh Gambar 4.



(a)



(b)



(c)

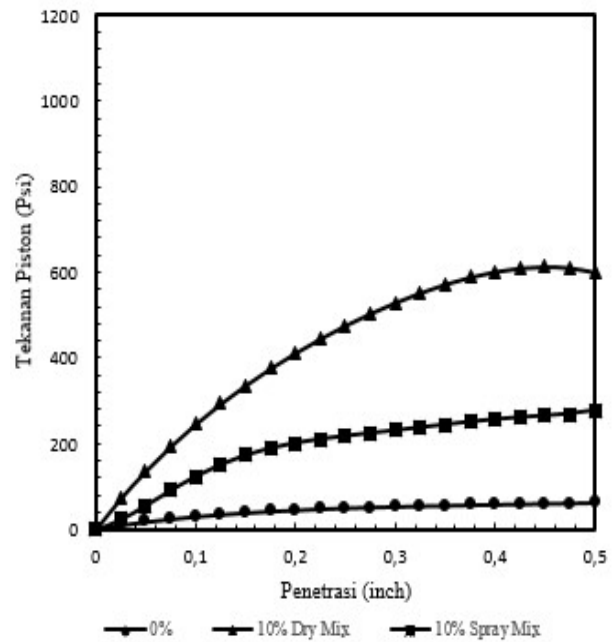
Gambar 4 Kurva Hubungan Nilai Pengembangan Tanah, (a) 10x Pukulan, (b) 25x Pukulan, (c) 56x Pukulan

Hasil pengujian pengembangan tanah sangat dipengaruhi banyak faktor misal jenis tanah, metode pemadatan, metode pencampuran, variasi energi tumbukan, dan lain sebagainya. Pengujian pengembangan tanah ini memiliki kecenderungan semakin banyak energi pemadatan dan penambahan semen maka nilai *swelling* tanah akan berkurang. Hal tersebut disebabkan karena rongga tanah akan memampat seiring dengan jumlah pukulan yang diberikan, sehingga tidak ada lagi pori-pori udara dan air yang menyelimuti tanah. Penambahan kadar semen dalam campuran tanah juga sangat mempengaruhi nilai pengembangan tanah. Hal itu disebabkan karena semen merupakan bahan pozzolan yang memiliki sifat mengeras bila diberi air (hidrasi) dan terjadi pertukaran ion-ion antara tanah dengan semen (aglomerasi) sehingga saat pencampuran dengan tanah, tanah ikut mengeras bersama dengan semen. Reaksi tersebut dinamakan reaksi pozzolanik.

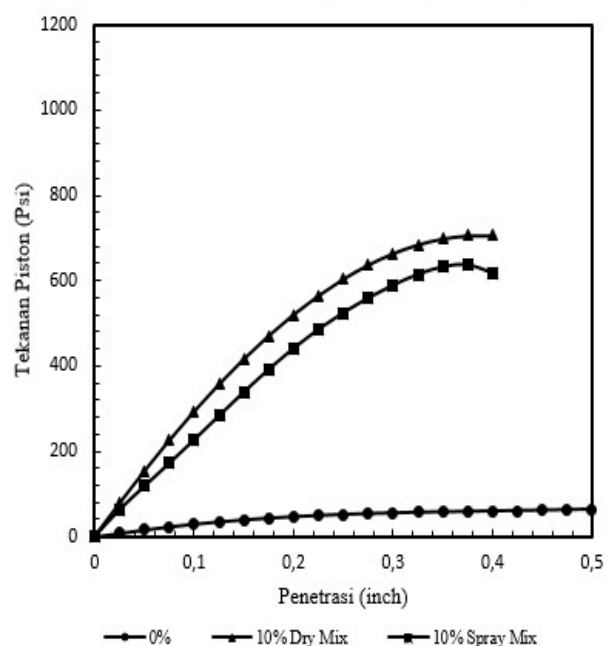
### CBR (California Bearing Ratio)

Pengujian CBR dilakukan dalam keadaan terendam (*soaked*), sebelumnya benda uji diperam selama 7 hari dan kemudian direndam selama 4 hari. Benda uji dibuat menjadi 3 buah benda uji perkadar semen yaitu 0% dan 10% masing-masing memiliki variasi penumbukkan 10, 25, dan 56 tumbukkan. Nilai CBR tanah asli atau kadar semen 0% adalah

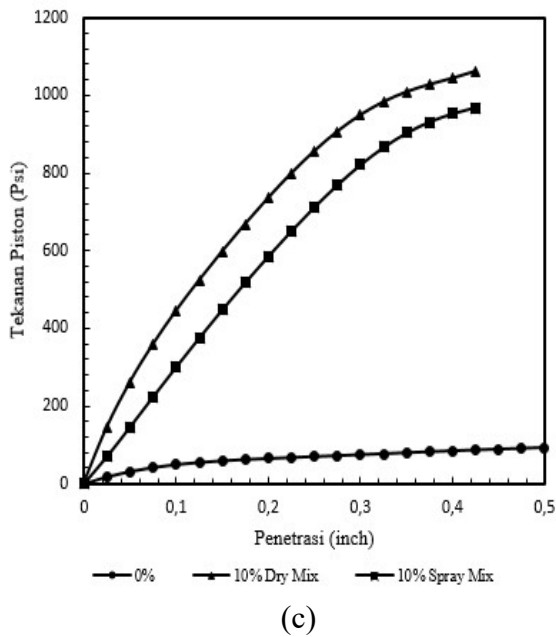
sebesar 2,84% untuk 10 pukulan, 3,15% untuk 25 pukulan, dan 5,67% untuk 56 pukulan. Nilai CBR tanah dengan penambahan kadar semen 10% *dry mix* adalah sebesar 24,18% untuk 10 pukulan, 26,25% untuk 25 pukulan, dan 39,27% untuk 56 pukulan. Nilai CBR tanah dengan penambahan kadar semen 10% *spray mix* adalah sebesar 11,86% untuk 10 pukulan, 25,40% untuk 25 pukulan, dan 36,01% untuk 56 pukulan. Hasil penetrasi CBR ditunjukkan oleh Gambar 5.



(a)



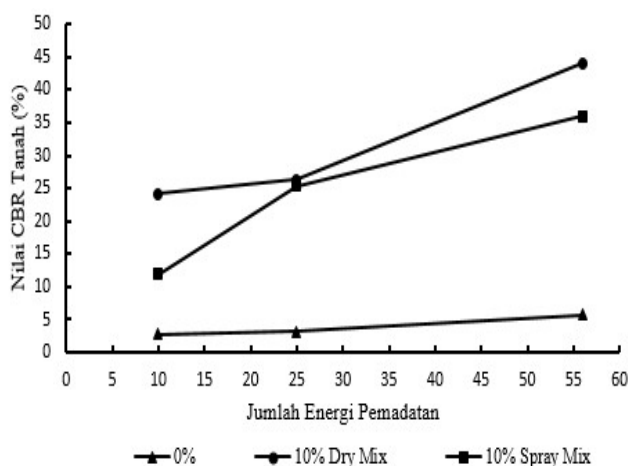
(b)



Gambar 5 Kurva Hubungan Tekanan Piston dan Penetrasi (a) Jumlah Pukulan 10x (b) Jumlah Pukulan 25x, (c) Jumlah Pukulan 56x

Tabel 1 Nilai CBR Kadar Semen 0% dan 10%

Kadar Semen	Pukulan	CBR Rata-Rata (%)	% Peningkatan
0%	10	2,84	-
	25	3,15	-
	56	5,67	-
10% Dry Mix	10	24,18	21,34
	25	26,25	23,10
	56	44,07	38,40
10% Spray Mix	10	11,86	9,04
	25	25,43	22,28
	56	36,01	30,34



Gambar 6 Grafik Hubungan Nilai CBR Tanah dengan Jumlah Energi Pematatan

Gambar 4 menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah pukulan maka potensi *swelling* akan menjadi rendah dengan begitu kepadatan tanah akan semakin tinggi sehingga berat volume tanah kering ( $\gamma_d$ ) akan semakin meningkat. Kepadatan tanah yang tinggi mengurangi kadar air dikarenakan tidak banyak tersedia pori untuk dimasuki oleh air dan seiring penambaham kadar semen maka kadar air pun berkurang dikarenakan semen mengisi pori-pori pada tanah dan terjadi proses sementasi/pozzolanik sehingga air sukar masuk kedalam tanah. Menurut Widianti (2009) reaksi pozzolanik antara tanah dengan bahan tambah yang mengandung bahan pozzolan dapat menurunkan potensi pengembangan (*swelling*) tanah. Potensi *swelling* tanah menurun maka kadar air juga akan menurun. Gambar 5 menunjukkan kurva CBR semakin meningkat seiring dengan penambahan jumlah semen dan energi pematatannya. Nilai CBR kadar semen 0% lebih rendah dari pada kadar semen 10%. Hal tersebut dipengaruhi oleh reaksi pozzolanik pada tanah dikarenakan penambahan semen. Penambahan kadar semen pada tanah akan memperkuat daya rekat antar partikel tanah sehingga air tidak mudah untuk masuk kedalam tanah. Hal ini sejalan dengan penelitian Pandiangan dkk. (2016) menyebutkan peningkatan nilai CBR diakibatkan penambahan semen yang mengurai air disekitar tanah dikarenakan terjadi *absorsi* air dan pertukaran ion oleh semen menjadi lebih efektif dan cepat sehingga meningkatkan kohesi antar butiran tanah. Tabel 1 dan Gambar 6 menunjukkan bahwa nilai CBR dengan menggunakan metode *dry mix* lebih tinggi dibandingkan dengan menggunakan metode *spray mix*. Hal ini dikarenakan tanah dan semen tercampur secara merata terlebih dahulu sebelum diberi air sehingga begitu terkena air, campuran tanah dan semen langsung bereaksi. Hasil ini sejalan dengan penelitian Pakbaz dan Farzi (2014) metode pencampuran kering (*dry*) memiliki modulus elastisitas yang cenderung lebih tinggi dari pada metode pencampuran basah (*wet*). Penelitian Dixon dkk. (2013) juga menyatakan bahwa stabilisasi semen dengan metode *slurry mix* menghasilkan nilai kuat tekan yang lebih rendah dibandingkan dengan metode *dry mix*. Hasil CBR dengan metode *dry mix* cenderung memiliki kekakuan yang lebih

tinggi dibandingkan dengan hasil CBR dengan metode *spray mix*.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa :

- a. Penambahan semen pada campuran tanah akan meningkatkan nilai CBR (*California Bearing Ratio*) tanah. Nilai CBR mengalami peningkatan rata-rata 27,60% dibandingkan dengan nilai CBR dengan kadar semen 0%.
- b. Perbedaan metode pencampuran tanah dengan semen dapat mempengaruhi hasil pengujian CBR (*California Bearing Ratio*). Hasil pengujian CBR dengan menggunakan metode *dry mix* menghasilkan nilai CBR lebih tinggi dibandingkan dengan menggunakan metode *spray mix* dengan rata-rata peningkatan 5,5%.

#### 5. Daftar Pustaka

- Abdullah, F. 2011. Stabilisasi Tanah Tambak dengan Variasi Campuran Semen Andalas sebagai Lapisan Subgrade. *Jurnal Portal*, 3(1), 1–8.
- Agung, P. M.A., Darmianto, B., Yuwono., dan Istiatun. 2015. A Critical State Approach To Stability Of Clay Shale For Design Structures Of The Sentul Hill , West Java, Indonesia. *The International 4<sup>th</sup> Conference of EACEF (European Asian Civil Engineering Forum) National University of Singapore*, Singapore, 26-28 Juni 2013, 0–7.
- Alhadar, S., Asrida, L., Prabandiyani, S., dan Hardiyati, S. 2014. Analisis Stabilitas Lereng Pada Tanah Clay Shale Proyek Jalan Tol Semarang-Solo Paket VI STA 22+700 Sampai STA 22+775. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 3(2), 336–344.
- Andriyani, Yuliet, R., dan Fernandez, F. L. 2012. Pengaruh Penggunaan Semen sebagai Bahan Stabilisasi pada Tanah Lempung Daerah Lambung Bukit terhadap Nilai CBR Tanah. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 8(1), 29–44.
- ASTM, 1999, D1883-99: *Standard Test Method for CBR (California Bearing Ratio) of Laboratory-Compacted Soils*, ASTM International, West Conshohocken.
- BSN, 2004, SNI-15-2049-2004: *Semen Portland*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Dixon, P. A., Guthrie, W. S., dan Eggett, D. L. 2013. Factors Affecting Strength of Road Base Stabilized with Cement Slurry or Dry Cement in Conjunction with Full-Depth Reclamation. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2310(1), 113-120.
- Iqbal, M., Nugroho, S. A., dan Fatnanta, F. 2014. Pengaruh Kadar Lempung dan Kadar Air Pada Sisi Basah Terhadap Nilai CBR Pada Tanah Lempung Kepasiran (Sandy Clay). *Jurnal Online Mahasiswa*, 1(2), 1-12.
- Jafri, M., Setyanto., dan Aprinal, A. Ricky. 2014. Pengaruh Waktu Pemeraman terhadap Daya Dukung Stabilisasi Tanah Lempung Lunak menggunakan TX-300. *Jurnal Rekayasa*, 18(3), 177-188.
- Muntohar, A. S., 2014a. *Mekanika Tanah*. Edisi ke-3. Yogyakarta : LP3M UMY.
- Muntohar, A. S., 2014b. *Prinsip-Prinsip Perbaikan Tanah*. Yogyakarta : LP3M UMY.
- Norhadi, A., Fauzi, M., dan Rukmana, M. Y. I. 2017. Penentuan Nilai CBR dan Nilai Penyusutan Tanah Timbunan (Shrinkage Limit) Daerah Barito Kuala. *Jurnal Poros Teknik*, 9(1), 1-41.
- Pakbaz, M. S., dan Farzi, M. 2014. Comparison of The Effect of Mixing Methods ( Dry Vs Wet ) On Mechanical And Hydraulic Properties Of Treated Soil With Cement or Lime. *Applied Clay Science*, 105-106, 1-14.
- Pandiangan, B., Iswan., dan Jafri, M. 2016. Pengaruh Variasi Waktu Pemeraman Terhadap Daya Dukung Tanah Lempung dan Lanau yang Distabilisasi Menggunakan Semen pada Kondisi Tanpa Rendaman ( Unsoaked ). *JRSDD*, 4(2), 256–275.
- Patel, R. S. dan Desai, M. D. 2010. CBR Predicted by Index Properties for Alluvial Soils of South Gujarat. *Indian Geotechnical Conference*, Mumbai, 16-18 Desember, 79–82.
- Widianti, A. 2009. Peningkatan Nilai CBR Laboratorium Rendaman Tanah dengan Campuran Kapur, Abu Sekam Padi dan Serat Karung Plastik, *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, 12(1), 21–27.