

Perbaikan Tanah Lempung Ekspansif Menggunakan Soda Api (NaOH)

Bambang Pardoyo^{*}, Sri Prabandiyani Retno Wardani, Windu Partono

Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

Abstrak

Tinggi rendahnya tingkat kembang dan susut tanah lempung ekspansif ditentukan oleh kandungan montmorillonite yang sering menimbulkan masalah pada bangunan. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisa komposisi campuran soda api yang terbaik untuk memperbaiki sifat ekspansif tanah lempung. Penelitian ini menggunakan larutan soda api (NaOH) sebagai stabilisator dengan melalui proses pemadatan Modified Proctor. Hasil terbaik diperoleh pada 25 x tumbukan, nilai dari indeks properties menunjukkan peningkatan, Uji UCS menunjukkan penurunan, Uji CBR dengan perendaman 7 hari dengan campuran soda api 10% menunjukkan hasil yang terbaik, sedangkan nilai Tekanan Mengembang dan Potential Mengembang mengalami penurunan yang signifikan.

Kata kunci: Lempung Ekspansif; NaOH; Modified Proctor; Swelling Pressure; Swelling Potential; CBR

Abstract

[Title: Expansive clay enhancement using caustic soda (NaOH)] High and low levels of swelling and shrinkage expansive clay is determined by the content of montmorillonite on expansive clay granules which often cause problems in the building. The aim of this research is to analyze the best composition of caustic soda mix to lower the swelling pressure and potential capability of the expansive clay. This study uses a solution of Caustic Soda (NaOH) as a stabilizer through the compaction process Modified Proctor. The best result is obtained on the 25 x blow with the value of the properties index showed an increase, UCS test showed a decrease, Test CBR by soaking at the age of 7 days with a mixture of caustic soda 10% showed the best results, while the swelling pressure and swelling potential values are decreased significantly.

Keywords: expansive clay; NaOH; Modified Proctor; swelling pressure; swelling potential; CBR

1. Pendahuluan

Permasalahan tanah ekspansif merupakan kendala bagi bangunan konstruksi sipil, karena tanah ekspansif terpengaruh oleh kondisi kemarau dan penghujan terhadap air, mempunyai nilai kompresibilitas yang tinggi dan mempunyai daya dukung yang rendah. Tanah lempung ekspansif yang banyak mengandung mineral-mineral dengan potensi mengembang (*swelling potential*) tinggi disebut sebagai tanah lempung ekspansif (Hardiyatmo, 2006). Kerusakan - kerusakan ruas jalan di Pulau Jawa disebabkan oleh tanah lempung ekspansif (Mochtar, 2000).

Pada umumnya penelitian di Indonesia yang telah dilakukan dengan menggunakan bahan stabilisasi berbentuk padat, padahal didalam pelaksanaan di lapangan sulit dilakukan dengan keterbatasan alat di Indonesia. Sedangkan penelitian dengan menggunakan bahan stabilisasi bahan cair sebagai stabilisator belum banyak dilakukan di Indonesia.

Penggunaan stabilisator bahan cair telah dikaji oleh beberapa peneliti: Sarkar, Herbert dan Scharlin (1999) melakukan penelitian di Texas AS dengan menggunakan stabilisator injeksi ion hidrogen (HIEXC) dan hasilnya menunjukkan bahwa pemakaian / penggunaan stabilisator *injection ion hydrogen* dapat memperbaiki tanah yang mempunyai sifat kembang susut. Alan dkk. (2002) melakukan penelitian dengan bahan stabilisator berbentuk cair (ion, polimer dan enzim) pada 3 (tiga) tipe tanah

^{*)} Penulis Korespondensi.

E-mail: bambang_pardoyo@yahoo.com

lempung (*kaolinit, illite dan montmorillonite*) dengan hasil yang menunjukkan bahwa penggunaan stabilisator berbentuk cair lebih baik daripada dengan menggunakan unsur padat, dan dapat meningkatkan *properties* ketiga tipe tanah tersebut. Arabani *dkk.* (2012) melakukan penelitian dengan bahan stabilisator CBR Super 4, dimana hasilnya menunjukkan bahwa CBR Super 4 dapat meningkatkan *properties* tanah lempung tersebut. Sedangkan Wardani *dkk.* (2015) telah melakukan penelitian dengan bahan Stabilisator Larutan Asam Sulfat (H_2SO_4) dengan beberapa variasi penambahan jumlah air dan larutan asam sulfat pada kondisi kadar air OMC, dimana hasilnya menunjukkan bahwa terjadi peningkatan pada karakteristik fisik dan mekanik, tetapi pada tingkat *swelling pressure* dan *swelling potential* tidak terjadi perubahan. Untuk itu, perlu dilakukan penelitian dengan bahan stabilisator lain yaitu Soda Api (NaOH) pada tanah lempung ekspansif.

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisa komposisi campuran soda api yang terbaik untuk menurunkan kemampuan *swelling pressure* dan *swelling potential* dari tanah lempung ekspansif.

2. Bahan dan Metode

Lokasi penelitian di Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Semarang. Adapun pengambilan sampel adalah 1 (satu) titik pada kedalaman 0,00 m – 0,50 m, tanah di wilayah Godong KM 50 Kabupaten Grobogan.

2.1. Bahan

2.1.1. Tanah Lempung Ekspansif

Penelitian dilaksanakan dengan menggunakan contoh tanah lempung ekspansif yang diambil di Daerah Godong KM – 50 Kabupaten Grobogan. Pengambilan sampel dilakukan dalam kondisi *undisturbed* dan *disturbed*. Sampel *undisturbed* diambil dengan menggunakan tabung sampel, untuk sampel *disturbed*, diambil dengan cangkul dan sekop dimasukkan ke dalam kantong yang sudah disiapkan. Sampel tanah diambil pada kedalaman 0,50 – 1,00 m dari permukaan tanah pada 1 (satu) lokasi.

2.1.2. Soda Api (NaOH)

Tanah lempung ekspansif di lapangan memiliki potensi mengembang (*swelling potential*) yang berbeda – beda. Parameter yang dapat digunakan untuk membedakan potensi kembang tanah ekspansif adalah sifat fisik dan batas konsistensi tanah. Penelitian ini menggunakan Larutan Soda Api (NaOH) sebagai stabilisator dengan melalui proses pemadatan *Modified Proctor* pada (OMC + 7,5%) *Proctor standard* dengan jumlah tumbukan masing - masing adalah 10x, 25x, dan 56x, dan pada jumlah penambahan air terhadap berat tanah kering, dengan variasi penambahan air sebesar 95 % : 5% NaOH, air sebesar 90% : 10% NaOH dan air sebesar 85% : 15 % NaOH.

2.1.3. Air

Air untuk uji pendahuluan digunakan air dari Laboratorium Mekanika Tanah Departemen Sipil Fakultas Teknik Undip Semarang, sedangkan untuk pembuatan sampel dan uji utama menggunakan *aquades*.

2.2 Pelaksanaan penelitian

2.2.1. Pengujian Tanah Asli

Pada pengujian tanah asli secara umum pelaksanaan dilakukan pada 0 hari dan pengujian di laboratorium meliputi: (1) tes mineralogi pada tanah asli dengan *X-Ray Diffraction Pattern Graphic*, (2) Uji *Index Properties*, (3) Uji *Proctor Standard* ASTM D 698-02 (*American Society for Testing Material, 1996*), (4) Uji *Modified Proctor* ASTM D 1557-02 (*American Society for Testing Material, 1996*), (5) Uji *swelling* dengan alat *Oedometer* dengan standard pengujian berdasarkan ASTM D 4546-96 (*American Society for Testing Material, 1996*), (6) Uji CBR Laboratorium dengan perendaman dan tanpa perendaman sesuai standard ASTM: D 1883-02 (*American Society for Testing Material, 1996*), (7) Uji Tekan Bebas (*Unconfined Compression Test*) sesuai standard ASTM D 2166-02 (*American Society for Testing Material, 1996*).

2.2.2. Tanah Stabilisasi

Pada pengujian tanah stabilisasi secara umum pelaksanaan dilakukan pada 0 hari dan 7 hari sedangkan pengujian dilakukan di laboratorium meliputi: (1) Tes mineralogi pada tanah asli dengan *X-Ray Diffraction Pattern Graphic*, (2) Uji *Index Properties*, (3) Uji *Modified Proctor* ASTM D 1557-02 (*American Society for Testing Material, 1996*), (4) Uji *swelling* dengan alat *Oedometer* dengan standard pengujian berdasarkan ASTM D 4546-96 (*American Society for Testing Material, 1996*), (6) Uji CBR Laboratorium dengan perendaman dan tanpa perendaman sesuai standard ASTM: D 1883-02 (*American Society for Testing Material, 1996*), (7) 6. Uji Tekan Bebas (*Unconfined Compression Test*) sesuai standard ASTM D 2166-02 (*American Society for Testing Material, 1996*).

3. Pembahasan

Rekapitulasi hasil sifat fisik dan sifat mekanik tanah lempung ekspansif.

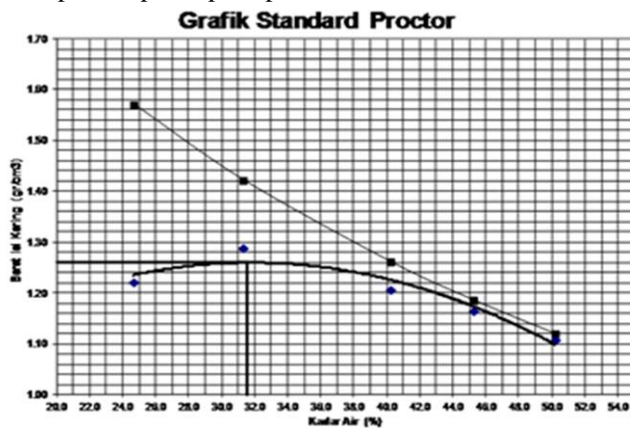
Berdasarkan hasil tes sifat fisis dan sifat mekanis tanah lempung, baik tanah asli dan tanah stabilisasi dengan beberapa variasi campuran soda api terhadap jumlah air, dengan perendaman dan tanpa perendaman pada umur 0 hari dan 7 hari, dengan hasil penelitian dapat dilihat pada Tabel 1.

3.1. Uji Mineralogi

Berdasarkan tes mineralogi untuk sampel tanah asli dihasilkan bahwa kandungan *montmorillonite* sebesar 43,8%, sedangkan hasil dari analisa perbaikan tanah dengan variasi larutan soda api (NaOH) 5%, 10%, dan 15% kandungan *montmorillonite* nya masing – masing sebesar 36,1%, 14,1% dan 22,2% pada pemeraman 7 hari. Dari hasil uji mineralogi menunjukkan bahwa dengan penambahan 10% NaOH, kandungan *montmorillonite* turun.

3.2. Penentuan Kadar Air Optimum (OMC)

Kadar air optimum dengan menggunakan metode *Proctor Standard*. sebesar 31,50% dan $\gamma_{dry} = 1,26 \text{ gr/cm}^3$ seperti dapat dilihat pada Gambar 1. OMC ini yang dipakai untuk pencampuran pada penelitian ini.



Gambar 1 Grafik standard proctor

3.3. Uji Activity

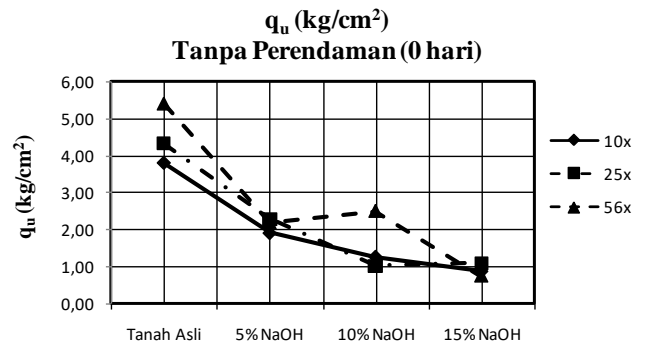
Activity tanah asli sebesar 0,68, menurut Skempton (1953) digolongkan tidak aktif < 0,75, sedangkan nilai *activity* menurut Seed, Woodward dan Lundberg (1962) sebesar 0,72 digolongkan dalam mineral *Illite*. *Activity* tanah campuran soda api 5%, 10%, 15% pada umur 0 hari dan 7 hari, jika ditinjau menurut Skempton (1953) , nilai *activity* pada rentang 0,41 - 0,54 < 0,75 (termasuk golongan tanah ekspansif yang tidak aktif). Sedangkan menurut Seed, Woodward dan Lundberg (1962), ditinjau dari unsur mineralnya, nilai *activity* pada rentang 0,47 – 0,61 adalah mempunyai unsur *Illite*. Dari hasil uji *Activity* pada tanah asli dan tanah stabilisasi dapat digolongkan tanah tidak aktif dan kandungan mineral nya adalah *Illite*..

3.4. Uji Tekan Bebas

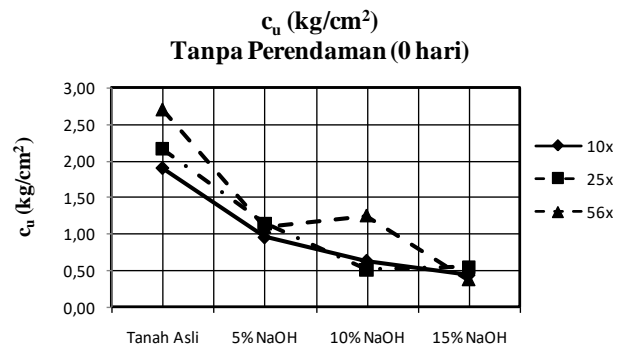
Dengan menggunakan kriteria yang dikembangkan oleh Das (1998) terhadap hasil pengujian tekan bebas dengan perendaman dan tanpa perendaman pada tanah asli, nilai q_u pada rentang 3,79 kg/cm² - 5,42 kg/cm² dan nilai c_u pada rentang 1,89 kg/cm² - 2,71 kg/cm², maka sampel tanah ini dapat digolongkan sebagai tanah lempung ekspansif dengan tingkat konsistensi termasuk

sangat lunak, sedangkan untuk tanah stabilisasi dilakukan pengujian pada umur 0 hari dan 7 hari dengan tanpa perendaman dan dengan perendaman, kekuatan batas q_u antara = 0,11 kg/cm² - 2,64 kg/cm² dan nilai c_u sebesar antara 0,05 kg/cm² - 1,32 kg/cm². Maka sampel tanah ini dapat digolongkan sebagai tanah lempung ekspansif dengan tingkat konsistensi termasuk sangat lunak.

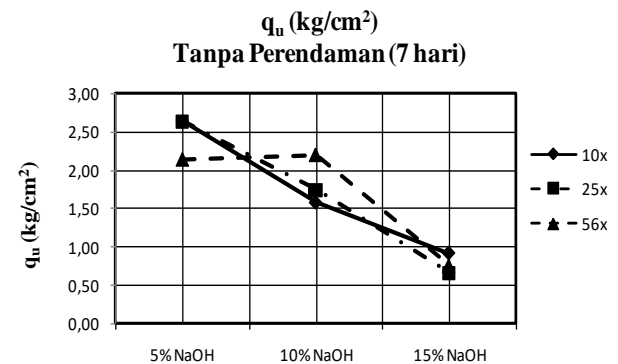
Hasil uji kuat tekan bebas dengan penambahan stabilisasi campuran soda api pada tanah ekspansif, justru mengalami penurunan pada kekuatan batasnya seperti dapat dilihat pada Gambar 2 sampai dengan Gambar 9.



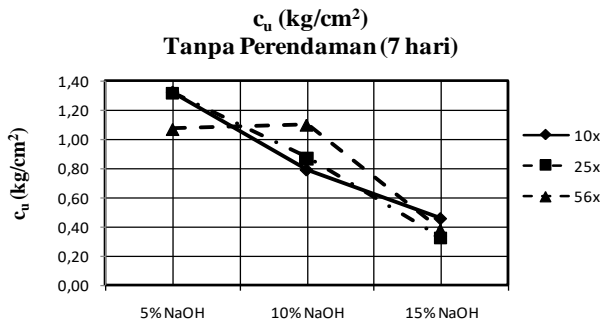
Gambar 2. Hubungan persentase campuran dengan nilai q_u (0 hari) tanpa perendaman



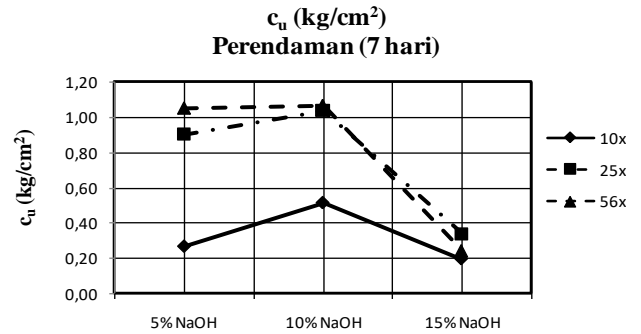
Gambar 3 Hubungan persentase campuran dengan nilai q_u (0 hari) tanpa perendaman



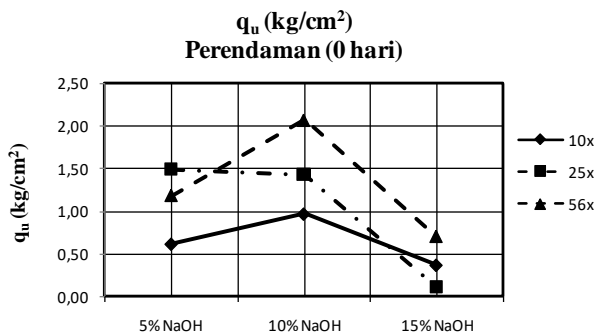
Gambar 4. Hubungan persentase campuran dengan nilai q_u (7 hari) tanpa perendaman



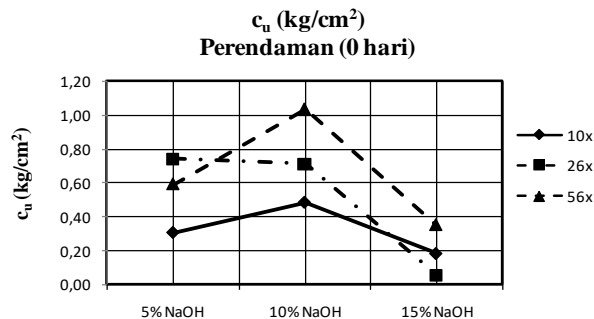
Gambar 5. Hubungan persentase campuran dengan nilai c_u (7 hari) tanpa perendaman



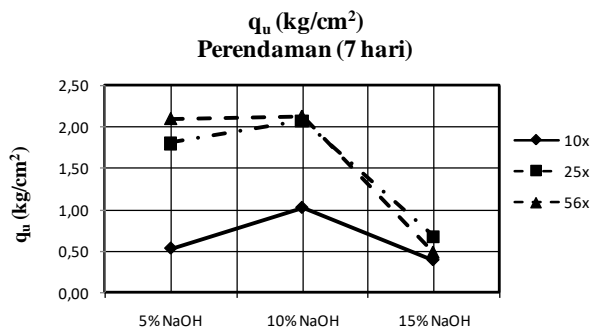
Gambar 9. Hubungan persentase campuran dengan nilai c_u (7 hari) dengan perendaman



Gambar 6. Hubungan persentase campuran dengan nilai q_u (0 hari) dengan perendaman,



Gambar 7. Hubungan persentase campuran dengan nilai c_u (0 hari) dengan perendaman,



Gambar 8. Hubungan persentase campuran dengan nilai q_u (7 hari) dengan perendaman

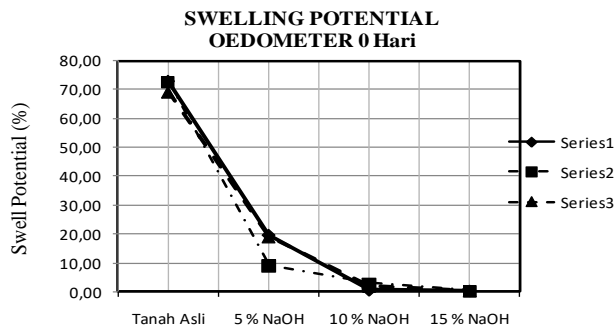
3.5. Pengujian Swelling Test

3.5.1. Pengujian menggunakan alat Oedometer

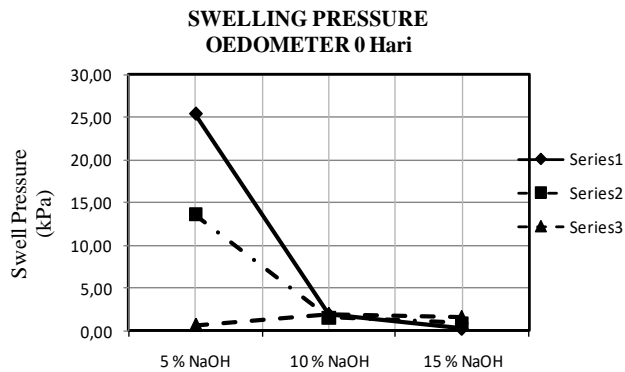
Hasil pengujian menggunakan oedometer menunjukkan:

- Nilai *swelling potensial* pada tanah asli pada rentang 69,18% - 73,01%, sedangkan nilai *swelling pressure* pada rentang 200 kPa - 350 kPa.
- Nilai *swelling potensial* pada tanah stabilisasi 5% campuran soda api untuk 0 hari nilainya pada rentang 9,10% - 19,77%, untuk campuran 10% nilainya pada rentang 0,67% - 1,98%, dan untuk campuran 15% soda api nilainya pada rentang 0,38% - 0,44%.
- Nilai *swelling pressure* pada campuran 5 % soda api untuk 0 hari nilainya pada rentang 125 kPa - 130 kPa, untuk campuran 10 % nilainya pada rentang 29 kPa - 32 kPa dan untuk campuran 15 % soda api nilainya pada rentang 22 kPa - 51 kPa.
- Nilai *swelling potensial* pada tanah stabilisasi 5% campuran soda api untuk 7 hari nilainya pada rentang 13,59% - 25,43%, untuk campuran 10% nilainya pada rentang 1,60% - 1,94%, dan untuk campuran 15 % soda api nilainya pada rentang 0,22% - 1,56%.
- Nilai *swelling pressure* pada campuran 5 % soda api untuk 7 hari nilainya pada rentang 130 kPa - 260 kPa, untuk campuran 10% nilainya pada rentang 21 kPa - 32 kPa, dan untuk campuran 15 % soda api nilainya pada rentang 30 kPa.

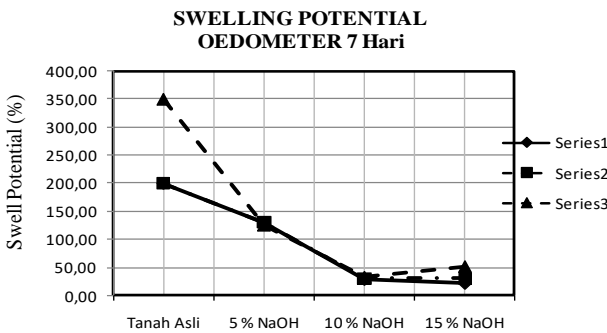
Bahan stabilisasi dengan soda api berpengaruh terhadap nilai *swelling pressure* dan *swelling potential*. Makin tinggi kadar soda api akan menyebabkan penurunan nilai kedua parameter tersebut, baik untuk pengujian pada campuran 10% dan 15% soda api untuk 0 hari maupun 7 hari nilainya kecil seperti dapat dilihat pada Gambar 10 hingga Gambar 13.



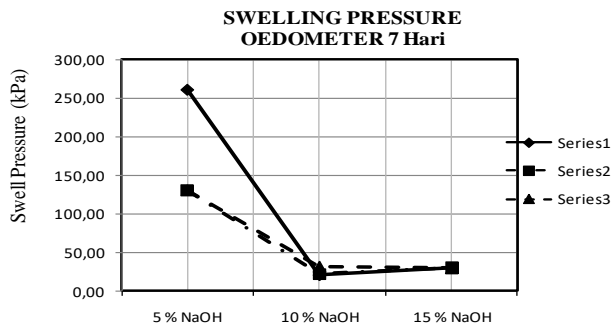
Gambar 10. Hubungan persentase campuran dengan nilai *swelling potential* (0 hari)



Gambar 11. Hubungan persentase campuran dengan nilai *swelling pressure* (0 hari)



Gambar 12 Hubungan persentase campuran dengan nilai *swelling potential* (7 hari)



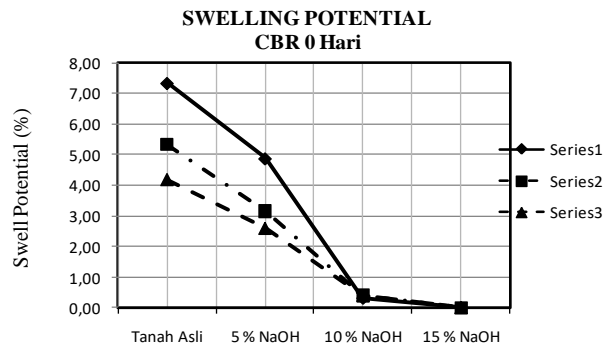
Gambar 13 Hubungan persentase campuran dengan nilai *swelling pressure* (7 hari)

3.5.2. Pengujian menggunakan alat CBR

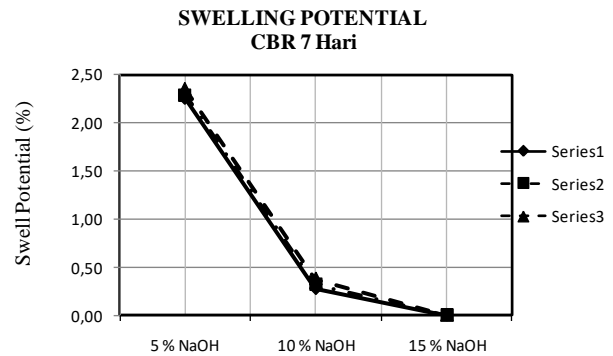
Hasil uji potensial mengembang dengan menggunakan CBR adalah:

- Pada 0 hari, untuk nilai *swelling potential* pada tanah asli nilainya pada rentang 4,20% - 7,34%.
- Nilai *swelling potential* pada tanah stabilisasi dengan 5% campuran soda api untuk 0 hari nilainya pada rentang 3,15% - 4,87%, untuk campuran 10% soda api nilainya pada rentang 0,31% - 0,40% dan untuk campuran 15% soda api nilainya pada rentang 0,00%.
- Nilai *swelling potential* pada tanah stabilisasi dengan 5% campuran soda api untuk 7 hari nilainya pada rentang 2,26% - 2,35%, untuk campuran 10% nilainya pada rentang 0,28% - 0,38% dan untuk campuran 15% soda api nilainya pada rentang 0,00%.

Bahan stabilisasi dengan soda api berpengaruh terhadap nilai *swelling pressure* dan *swelling potential*. Makin tinggi kadar soda api akan menyebabkan penurunan nilai kedua parameter tersebut, baik untuk pengujian pada campuran 10% dan 15% soda api untuk 0 hari maupun 7 hari yang nilai nya sangat kecil seperti dapat dilihat pada Gambar 14 dan Gambar 15.



Gambar 14. Hubungan persentase campuran dengan nilai *swelling potential* (0 hari)



Gambar 15. Hubungan persentase campuran dengan nilai *swelling potential* (7 hari)

Hasil analisa untuk nilai uji CBR adalah :

a. Pada umur 0 hari

1. Tanpa perendaman

- a. Nilai CBR pada tanah asli pada rentang 8,57 % - 10,67 %.
- b. Nilai CBR pada tanah stabilisasi dengan variasi campuran 5 %, 10 % dan 15 % soda api nilainya pada rentang 1,67 % - 7.13 %.

2. Dengan perendaman

- a. Nilai CBR pada tanah asli sebesar antara 1.38 % - 7,42 %.
- b. Nilai CBR pada tanah stabilisasi dengan variasi campuran 5 % , 10 % dan 15 % soda api nilainya pada rentang 1,00 % - 5.05 %.

b. Pada umur 7 hari

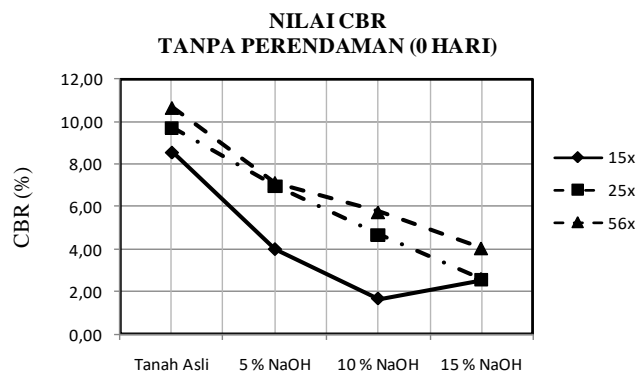
1. Tanpa perendaman

- a. Nilai CBR pada tanah asli tidak dilakukan.
- b. Nilai CBR pada tanah stabilisasi dengan variasi campuran 5 % , 10 % dan 15 % soda api nilainya pada rentang 1,27 % - 9. 87 %.

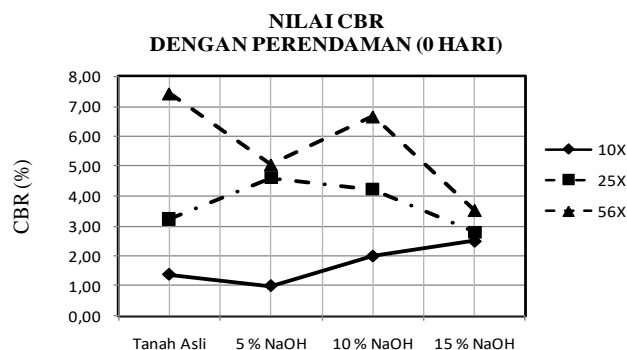
2. Dengan perendaman

- a. Nilai CBR pada tanah asli tidak dilakukan.
- b. Nilai CBR pada tanah stabilisasi dengan variasi campuran 5 % , 10 % dan 15 % soda api nilainya pada rentang 1,82 % - 7.00 %.

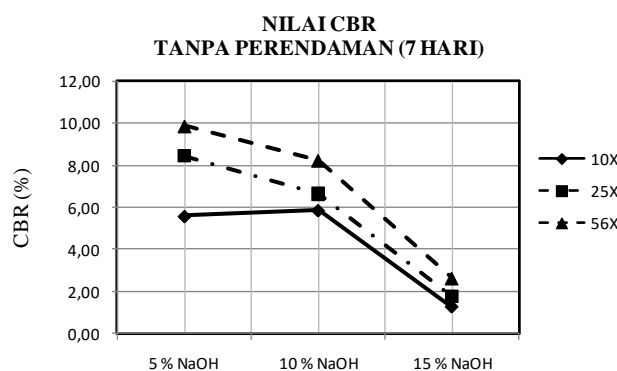
Nilai CBR pada 25x tumbukan dengan 10% soda api untuk umur 7 hari dan dengan perendaman mempunyai nilai CBR yang terbaik seperti dapat dilihat pada Gambar 16 hingga Gambar 19. Sedangkan pada penelitian sebelumnya, dengan menggunakan campuran H₂SO₄ (10%, 20%,30%) untuk 0 hari dengan perendaman, nilai CBR pada rentang 5,23 % - 7,38%. Dan tingkat *swelling* tidak mengalami perubahan, sedangkan untuk penelitian dengan campuran NaOH, nilai tingkat *swelling* nya sangat kecil.



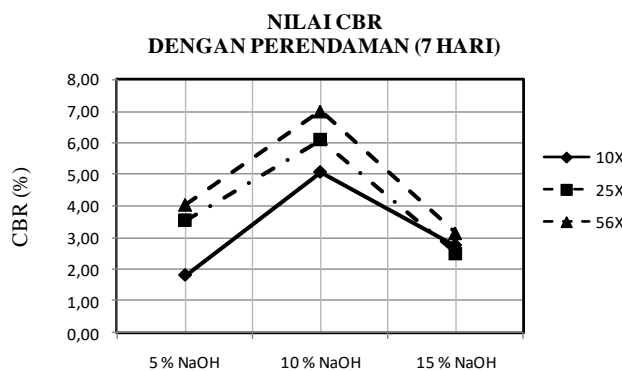
Gambar 16. Hubungan persentase campuran dengan nilai CBR (0 hari) tanpa perendaman



Gambar 17. Hubungan persentase campuran dengan nilai CBR (0 hari) dengan perendaman



Gambar 18. Hubungan persentase campuran dengan nilai CBR (7 hari) tanpa perendaman



Gambar 19. Hubungan persentase campuran dengan nilai CBR (7 hari) dengan perendaman

4. Kesimpulan

Campuran NaOH sebanyak 10% pada tanah stabilisasi dengan perendaman atau tanpa perendaman mampu memperbaiki nilai sifat fisik yang meliputi uji *soil test*, batas konsistensi, analisa butiran, dan *activity*. Uji UCS menunjukkan penurunan sedangkan uji CBR pada umur 7 hari dengan perendaman menunjukkan nilai terbaik. Dengan 25x tumbukan diperoleh nilai potensi mengembang (*swelling potential*) dan tekanan mengembang (*swelling pressure*) turun dengan signifikan. Bahan *additive* soda api (NaOH) dapat menjadi salah satu

alternatif pertimbangan perbaikan pada tanah lempung ekspansif, tetapi perlu penelitian lanjutan untuk meningkatkan nilai *Unconfined Compression Test* nya. Penambahan bahan asam sulfat dapat memperbaiki sifat fisik dan sifat mekanis, namun *swell pressure* dan *swell potential* mengalami peningkatan, maka diperlukan penelitian lanjutan terhadap larutan garam. Pada perbaikan tanah *subgrade*, setelah dilakukan stabilisasi diperlukan suatu bahan pelapis yang kedap air untuk mempertahankan adanya perubahan akibat adanya air. Diperlukan penelitian lanjutan dengan campuran H_2SO_4 dan NaOH dan pengujian hasil penelitian di lapangan.

Daftar Pustaka

- Alan, F. R., Jacqueline S. H., Lynn E. K., & Howard M. L., (2002). Measured Effects of Liquid Soil Stabilizers on Engineering Properties of Clay. *Journal of the Transportation Research Board*. 1787(1), 33-41. DOI:10.3141/1787-04-0.44
- American Society for Testing Material (1996). *Standard Test Method for One - Dimension Swell or Settlement Potential of Soil*, Annual Book of ASTM Standard, D 4546- 96, Vol 04,08, Philadelphia, 672 - 678
- Arabani, M., Haghi, A. K., Hashemi, S. A., Karami, M., Nikookar, M., & Bahari, M., (2012), *Properties of Clayey Soils Stabilized by Liquid Ionic Stabilizer*. 3rd International Conference on New Developments in Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, 28-30 June 2012, North Cyprus: Near East University
- Das, B. M. (1998). *Mekanika Tanah I: prinsip-prinsip rekayasa geoteknis*. Jakarta: Erlangga
- Hardiyatmo, H.C., (2006). *Mekanika Tanah I*, edisi IV, Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Mochtar, I. B. (2000). *Teknologi Perbaikan Tanah dan Alternatif Perencanaan pada tanah Bermasalah*. Surabaya: Jurusan Teknik Sipil ITS
- Sarkar, S.L., Herbert, E.B., & Scharlin, R.J. (1999). *Injection Stabilization of Expansive Clay using Hydrogen Ion Exchange Chemical*. Diakses dari <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/40510%28287%2933> tanggal 13 Januari 2014
- Seed, H.B., Woodward R.J., & Lundberg, R. (1962). Prediction of Swelling Potential for Compacted Clays. *Journal of the Soil Mechanics and Foundation*, 88(3), 53-88
- Skempton, A. W. (1953) *The Colloidal Activity of Clay*. Diakses dari https://www.issmge.org/uploads/publications/1/42/1953_01_0014.pdf tanggal 13 Januari 2014
- Wardani, S.P.R., Hardiyati, S., Muhrozi, & Pramudono, B. (2015). *Stabilisasi Tanah dengan menggunakan Larutan Asam Sulfat (H_2SO_4) untuk Tanah Dasar di Daerah Godong - Purwodadi Kabupaten Grobogan*. Laporan Akhir Penelitian. Fakultas Teknik Universitas Diponegoro