

Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif Menggunakan Campuran Renolith dan Kapur

GIBRAL MAULANA, INDRA NOER HAMDHAN

Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional, Bandung
e-mail: gibrals.maulana@gmail.com

ABSTRAK

Tanah lempung ekspansif merupakan tanah yang memiliki kemampuan kembang susut yang tinggi akibat adanya perubahan kadar air. Perubahan kadar air ini dipengaruhi oleh perubahan musim, dimana hal tersebut dapat menyebabkan tanah menjadi tidak stabil. Tanah yang digunakan dalam penelitian ini memiliki engineering properties yang tergolong buruk dengan nilai CBR rendamannya sebesar 2,88%. Untuk mengatasi kondisi tersebut diperlukan upaya perbaikan tanah. Salah satu cara yang efektif untuk mengatasi kemampuan kembang susut tanah ekspansif adalah dengan cara dicampur dengan bahan kimia. Bahan kimia yang digunakan dalam penelitian ini yaitu campuran dari renolith dan kapur. Hasil penelitian menunjukkan penggunaan campuran renolith dan kapur dapat meningkatkan nilai CBR rendaman menjadi 11,13% dan menurunkan nilai potensial pengembangan dari 29,54% menjadi 0,96%. Kesimpulan dari penelitian ini adalah penggunaan campuran renolith dan kapur dapat meningkatkan CBR rendaman hingga 286,45% dan menurunkan potensi pengembangan hingga 96,75%.

Kata kunci: tanah ekspansif, renolith, kapur, CBR.

ABSTRACT

An expansive clay soil that has high shrinkage capability development due to change in moisture content. Changes in water content are affected by the change of seasons, it caused the soil become unstable. The soil that used in this study had a relatively poor engineering properties which CBR soaked value of 2.88%. To overcome these condition the soil improvement is necessary to increase the soil stability. The one of the effective ways to overcome shrinkage and development capability of expansive soil are mixed with chemicals. The chemicals are used in this study is a mixture of renolith and lime. The result from using a mixture of renolith and lime showed that increase the value of soaked CBR into 11.13% and decrease the value of swelling potential from 29.54% to 0.96%. Summary of using this material can increase the value of soaked CBR up to 286.45% and decrease the swelling potential until 96.75%.

Keywords: expansive soil, renolith, lime, CBR.

1. PENDAHULUAN

Tanah merupakan material yang memiliki fungsi untuk menyokong/mendukung suatu struktur yang berada di atasnya seperti struktur gedung, jalan, maupun jembatan. Hanya tanah yang memiliki karakteristik teknis (*engineering properties*) yang bermutu baik yang bisa digunakan sebagai material konstruksi (mempunyai karakteristik teknis yang baik).

Penelitian tugas akhir ini mencoba untuk mengganti penggunaan semen menjadi kapur yang nantinya dicampur dengan renolith dalam rangka untuk meningkatkan daya dukung tanah ekspansif.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh dari campuran renolith dan kapur sebagai bahan stabilisasi terhadap usaha perbaikan tanah lempung ekspansif dengan studi kasus tanah di daerah jalan Raya Rancacili, Ciwastra, Bandung.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Tanah

Tanah adalah lapisan permukaan bumi yang berasal dari material induk yang telah mengalami proses lanjut, karena perubahan alami dibawah pengaruh air, udara, dan macam-macam organisme baik yang masih hidup maupun yang telah mati. Tingkat perubahan terlihat pada komposisi, struktur dan warna hasil pelapukan (Dokuchaev 1870).

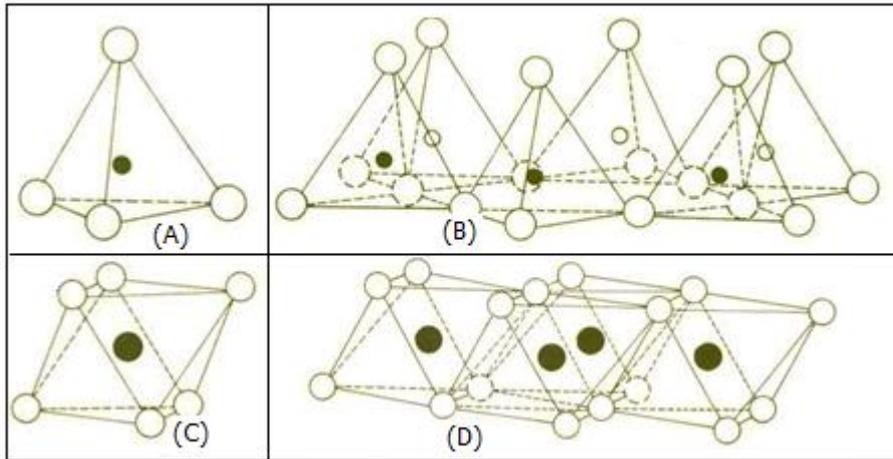
Istilah tanah dalam bidang mekanika tanah dapat digunakan mencakup semua bahan seperti lempung, pasir, kerikil dan batu-batu besar. Metode yang dipakai dalam teknik sipil untuk membedakan dan menyatakan berbagai tanah, sebenarnya sangat berbeda dibandingkan dengan metode yang dipakai dalam bidang geologi atau ilmu tanah. Sistem klasifikasi yang digunakan dalam mekanika tanah dimaksudkan untuk memberi keterangan mengenai sifat-sifat teknis dari bahan itu dengan cara yang sama, seperti halnya pernyataan-pernyataan secara geologis yang dimaksudkan untuk memberi keterangan mengenai asal geologis dari tanah.

2.2 Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah membagi tanah ke dalam kelompok dan sub-kelompok yang didasarkan pada karakteristik teknik (*engineering properties*) seperti distribusi ukuran butiran, batas cair, dan batas plastis. Kedua sistem klasifikasi utama yang biasa digunakan adalah *American Association of State Highway and Transportation Official (AASHTO)* dan *The Unified Soil Classification System (USCS)*. Sistem AASHTO utamanya digunakan untuk klasifikasi dari tanah dasar untuk jalan raya.

2.3 Struktur Mineral Penyusun Lempung

Menurut Holtz and Kovacs (1981) dalam Das, B. M. (2001) satuan struktur dasar dari mineral lempung terdiri dari *silica tetrahedron* dan *alumina octahedron*. Jenis-jenis mineral lempung tergantung dari kombinasi susunan satuan struktur dasar atau tumpukan lembaran serta macam ikatan antara masing-masing lembaran. Satuan-satuan dasar tersebut bersatu membentuk struktur lembaran seperti yang digambarkan pada **Gambar 1(a)** untuk *single silica tetrahedral*, **Gambar 1(b)** untuk *isometric silica sheet*, **Gambar 1(c)** untuk *single aluminium octahedron* dan **Gambar 1(d)** untuk *isometric octahedral sheet*.



Gambar 1. Struktur mineral lempung (Sumber: Grim, 1959 dalam Chen, FU, 1975)

2.4 Identifikasi Tanah Lempung Ekspansif

Menurut Chen (1975), beberapa cara yang biasa digunakan untuk mengidentifikasi tanah ekspansif dapat dilakukan dengan tiga cara, yaitu:

1. Identifikasi Mineralogi;
2. Cara tidak langsung (*single index method*);
- Cara langsung.

2.5 Activity Method

Parameter menurut Skempton 1953 yang disebut aktivitas dalam **Rumus 1** sebagai berikut:

$$Activity (S) = \frac{PI}{C - 10} \quad \dots (1)$$

Dimana :

PI = Indeks plastisitas

C = Persentase lempung lolos saringan 0,002 mm

Berdasarkan rumus kategori tersebut tanah digolongkan menjadi tiga golongan, yaitu:

- $A < 0,75$ (tidak aktif)
- $0,75 < A < 1,25$ (normal)
- $A > 1,25$ (aktif)

Besaran aktifitas menurut Seed (1962) berdasarkan jenis mineral, seperti yang ditunjukkan **Tabel 1**.

Tabel 1. Hubungan Aktifitas dengan Mineral

Mineral	Aktifitas
<i>Kaolinite</i>	0,33 – 0,46
<i>Illite</i>	0,99
<i>Montmorillonite</i> (Ca)	1,5
<i>Montmorillonite</i> (Na)	7,2

(Sumber : Seed, 1962)

2.6 Stabilisasi Tanah

Proses stabilisasi tanah meliputi pencampuran tanah dengan tanah lain untuk memperoleh gradasi yang diinginkan, atau pencampuran tanah dengan bahan tambahan buatan pabrik, sehingga sifat-sifat teknis tanah menjadi lebih baik. Guna mengubah sifat-sifat teknis dari tanah, seperti: daya dukung, kompresibilitas, permeabilitas, *workability*, potensi pengembangan dan sensitifitas terhadap perubahan kadar air, maka dapat dilakukan dengan cara penanganan dari yang paling mudah, seperti pemadatan sampai teknik yang lebih mahal, seperti: mencampur tanah dengan renolith, semen, kapur, abu terbang (*fly ash*), injeksi semen (*grouting*) dan lain-lain.

2.7 CBR

CBR hingga saat ini digunakan secara luas sebagai evaluasi daya dukung *subgrade* atau tanah dasar, serta sebagai standar dalam perencanaan perkerasan fleksibel. Secara definisi CBR adalah suatu perbandingan antara beban percobaan dengan beban standar dan dinyatakan dalam presentase. Perhitungan daya dukung tanah ditunjukkan dalam **Rumus 2**.

$$CBR = \frac{P_T}{P_S} \times 100\% \quad \dots (2)$$

dimana:

P_T = beban percobaan (*test load*),
 P_S = beban standar (*standard load*).

3. METODE PENELITIAN

Studi penelitian ini merupakan metode penelitian yang dilakukan dalam skala laboratorium. Penelitian ini menggunakan jenis material tanah ekspansif yang berasal dari daerah Gede Bage Bandung. Tanah ini akan dicampur dengan renolith dan kapur untuk kemudian dilakukan pengujian CBR untuk mengetahui karakteristik daya dukungnya. Pengujian CBR akan dilakukan di Laboratorium Geoteknik Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional. Penambahan kapur pada tanah ekspansif ini berturut-turut 5%, 6%, 7%, dan 8%, sedangkan untuk penambahan renolith konsisten 5% dari berat masing-masing presentase penambahan kapur dimana persentase tersebut didasarkan berdasarkan Perencanaan Stabilisasi Tanah dengan Bahan Serbuk Pengikat untuk Konstruksi Jalan, Departemen Pekerjaan Umum.

Tahapan dari penelitian ini dimulai dari persiapan tanah, pengujian indeks properti untuk mengetahui apakah tanah termasuk ke dalam tanah ekspansif atau tanah lempung biasa, kemudian pemadatan tanah, dan pengujian CBR. Tanah ini diambil di lokasi proyek pembangunan Gedung Dinas Sosial Kota Bandung di daerah Gede Bage, untuk kapur bubuk dibeli di toko bahan kimia, dan renolith berasal dari Puslitbang Jalan dan Jembatan. Tanah ekspansif ini disiapkan agar tercapai kondisi kering udara agar dapat dilakukan penyaringan serta pengaturan kadar air untuk selanjutnya dilakukan pemadatan dengan metode *standard proctor* dan kemudian dilakukan pengujian CBR. Sedangkan untuk sampel tanah yang dicampur dengan kapur dan renolith dilakukan dengan kondisi tanah kering udara dimana pencampuran menggunakan kadar air optimum yang didapat dari hasil pengujian pemadatan tanah asli, hal mana agar kapur dan renolith tercampur dengan merata atau *homogen*.

4. ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian Tanah Asli

Sampel tanah yang digunakan sebagai material dalam penelitian ini merupakan sampel yang terindikasi merupakan sampel tanah ekspansif yang diambil di lokasi Proyek Pembangunan Puskesmas Jl. Rancacili, Ciwastra, Bandung. Tanah tersebut diambil pada hari Sabtu, 12 Desember 2015. Adapun beberapa pengujian tanah asli yang telah dilakukan seperti pengujian *X-Ray Diffraction*, kadar air, pengujian berat jenis, *Atterberg limit* (*Liquid limit*, *Plastic limit* dan *Shrinkage limit*), *Grain size analysis* (*Sieve Analysis* dan Hidrometer), pengujian kompaksi, pengujian CBR (*Soaked* dan *Unsoaked*).

4.1.1. Pengujian Mineral

Dari hasil pengujian mineral maka tanah yang digunakan dalam penelitian ini memiliki 4 komponen mineral yaitu halloysite, paragonite, rectorite dan cristobalite. Mineral halloysite dan rectorite merupakan dua mineral dominan yang terkandung dari tanah sampel penelitian ini.

Mineral halloysite relatif sama dengan mineral kaolinite, tetapi secara kesatuan berurutan ikatannya lebih acak dan dapat dipisahkan oleh air sehingga mineral halloysite sangat rentan terhadap perubahan kadar air dimana apabila mineral ini dipanasi maka struktur penyusunnya akan berubah secara drastis dan dapat menghilangkan lapisan tunggal molekul air. Hasil pengujian mineral ditunjukkan pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Hasil Pengujian Mineral (*X-ray Diffraction*)

Contoh Tanah	Komposisi Mineral	Kadar (%)
Lempung (<i>Clay</i>)	Halloysite	43,1
	Paragonite	12,6
	Rectorite	32,8
	Cristobalite	11,5

4.1.2. Kadar Air

Tanah yang digunakan untuk pengujian kadar air merupakan tanah dengan kondisi terganggu (*disturb*) dan hasil pengujian kadar air untuk tanah penelitian ini adalah 44,55%. Hasil pengujian kadar air tersebut menunjukkan bahwa bahwa kondisi tanah ini memiliki kadar air yang cukup tinggi dimana hampir setengahnya dari volume total diisi oleh air.

4.1.3. Pengujian Berat Jenis

Pengujian berat jenis menggunakan contoh tanah lolos saringan nomor 40 ASTM dengan kondisi kering oven sebanyak 2 sampel pengujian dengan total sampel tanah yang dibutuhkan adalah 60 gr. Dari hasil pengujian berat jenis sebanyak 2 benda pengujian didapat nilai berat jenis sebesar 2,342.

4.1.4. Atterberg Limit

Dari hasil pengujian Atterberg Limit didapatkan beberapa nilai seperti $LL = 87,57\%$, $PL = 40,93\%$, $SL = 11,66\%$ dan $PI = 46,64\%$. Hasil pengujian ini disajikan pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Hasil Pengujian Atterberg Limit

LL (%)	PL (%)	PI (%)	SL (%)
87,57	40,93	46,64	11,66

Keterangan: LL: *Liquid Limit*, PL: *Plastic Limit*, PI: *Plasticity Index*, SL: *Shrinkage Limit*

4.1.5. Grain Size Analysis

Hasil pengujian *grain size analysis* menunjukkan tanah yang digunakan sebagai material penelitian merupakan tanah berbutir halus dimana persentase lolos saringan No. 200 sebanyak 99,22% dan didominasi oleh fraksi lempung 21,83% serta fraksi lanau 30,78%.

4.1.6. Klasifikasi Tanah

Klasifikasi tanah yang digunakan sebagai bahan penelitian ini termasuk kedalam kelompok A-7-5 berdasarkan AASHTO, hal ini didasarkan pada persentase lolos saringan No. 200 sebesar 99,22% yang lebih besar dari nilai minimum 36%, nilai LL sebesar 87,57% lebih besar dari nilai minimum LL pada kelompok ini yang bernilai 41%, nilai PI sebesar 46,64% yang lebih besar dari nilai minimum yaitu 11% serta nilai $PI \leq LL - 30$ ($46,64 \leq 87,57 - 30$ atau $46,64\% \leq 57,57\%$).

Sistem klasifikasi tanah ini didasarkan pada nilai batas cair (*liquid limit*) dan nilai indeks plastisitas (*plasticity index*). Untuk mendapatkan klasifikasi tanah berdasarkan USCS dibutuhkan grafik hubungan indeks plastisitas (*index plasticity*) dengan batas cair (*liquid limit*). Nilai batas cair tanah asli adalah 87,57% dan nilai indeks plastisitasnya adalah 46,64%. Dari hasil klasifikasi tanah berdasarkan USCS diketahui bahwa tanah asli tergolong kedalam MH atau artinya tanah tersebut merupakan tanah lanau dengan plastisitas tinggi. Sistem klasifikasi tanah USCS ditunjukkan pada **Gambar 3**.

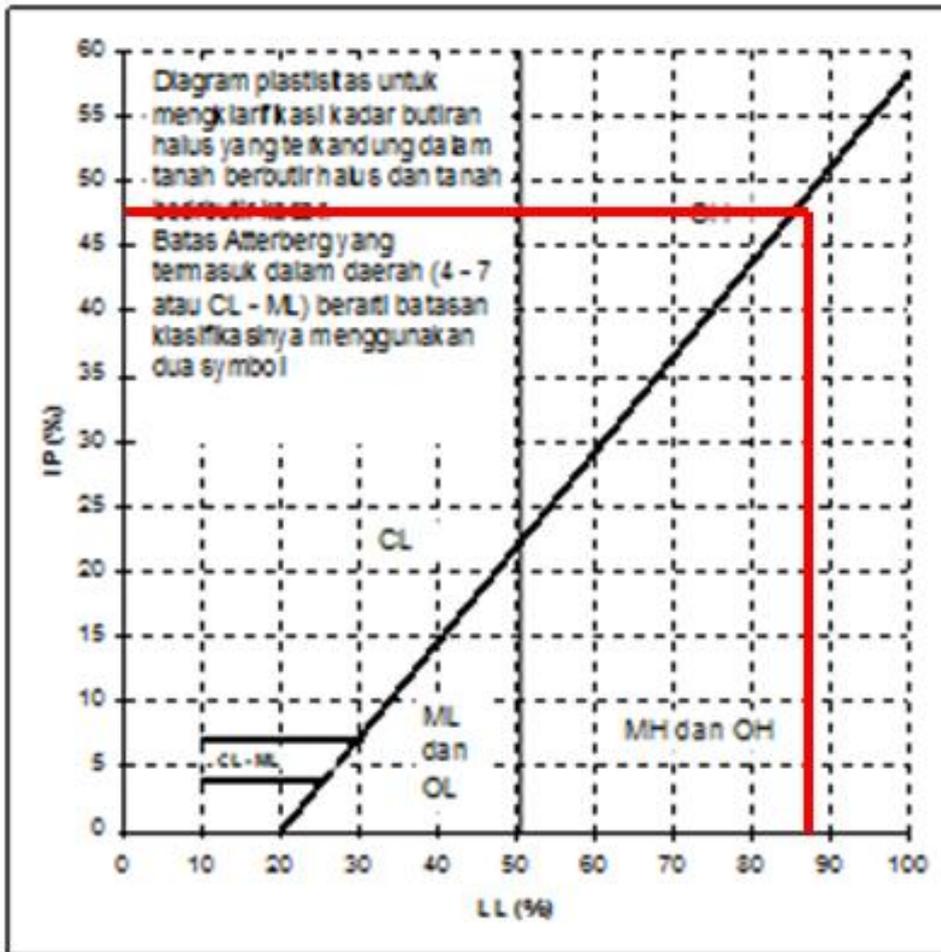
Tanah yang digunakan dalam penelitian ini diklasifikasikan ke dalam kelompok A-7-5 berdasarkan AASHTO atau bisa dikatakan bahwa tanah ini merupakan agregat berbutir halus/lempung yang termasuk ke dalam kriteria yang buruk apabila digunakan sebagai material tanah dasar. Sedangkan berdasarkan USCS tanah yang digunakan sebagai material dalam penelitian ini merupakan kelompok MH (*Mud High Plasticity*) artinya tanah ini merupakan tanah berbutir halus/lanau dengan tingkat plastisitas yang tinggi. Tanah dengan klasifikasi seperti A-7-5 dan MH merupakan tanah yang perlu diperbaiki dahulu sifat fisik dan mekanisnya agar layak digunakan sebagai material *subgrade* baik untuk bangunan gedung maupun untuk keperluan pondasi perkerasan jalan.

4.1.7. Aktivitas Tanah

Tingkat keaktifan tanah diukur dari persentase lolos saringan No. 200 dan besaran PI. Berdasarkan Rumus 2 didapatkan nilai aktifitas tanah asli sebesar 0,91. Besaran nilai aktifitas tanah tersebut digolongkan kedalam tingkat keaktifan yang sedang.

4.1.8. Kompaksi

Pengujian kompaksi yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan metode *Modified Proctor* dengan mold yang digunakan berdiameter besar yaitu berdiameter 6 inci atau 15,24 cm dengan tinggi 18 cm. Dari hasil pengujian kompaksi, didapat nilai kepadatan kering maksimum (MDD) sebesar 1,227 gr/cm³ dan kadar air optimum (OMC) sebesar 37,16%. Hasil pengujian pemadatan ditunjukkan pada **Tabel 4**.



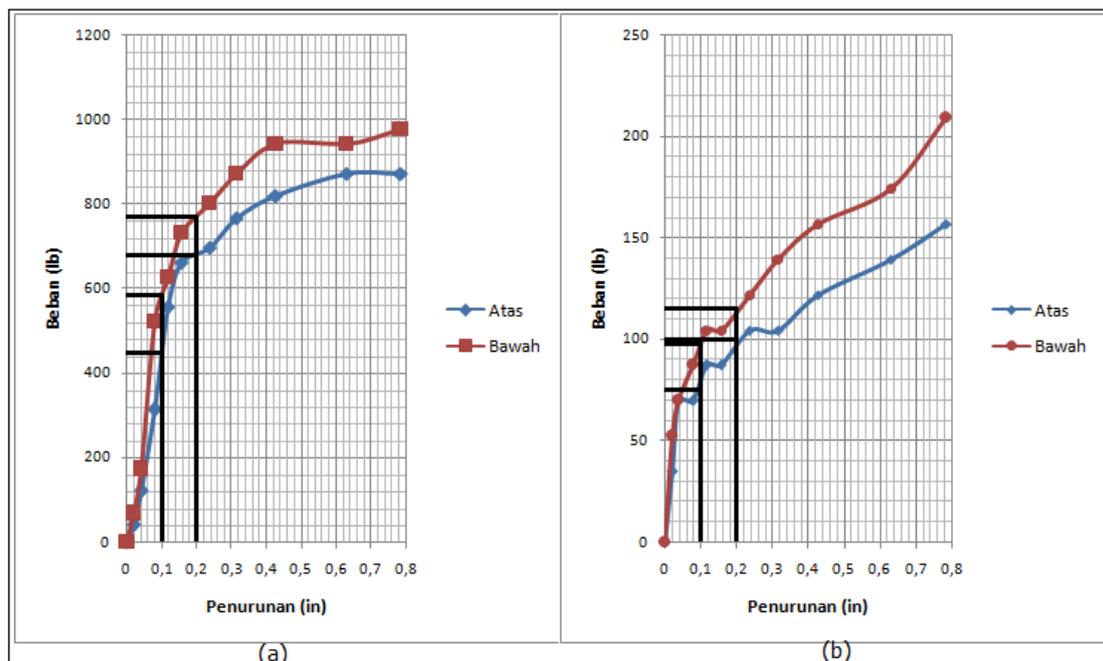
Gambar 3. Klasifikasi tanah berdasarkan USCS

Tabel 4. Hasil Pengujian Kompaksi Untuk Nomor Sempel Tertentu

Parameter	Satuan	Sempel Uji 1	Sempel Uji 2	Sempel Uji 3	Sempel Uji 4	Sempel Uji 5
Kadar Air	(%)	26,87	34,30	37,16	44,47	48,89
Berat Isi Kering	gr/cm ³	1,07	1,22	1,24	1,09	1,02
ZAV	gr/cm ³	1,44	1,30	1,25	1,15	1,09

4.1.9. CBR Tanah Asli

Kadar air optimum dari hasil pengujian kompaksi digunakan sebagai campuran pada tanah yang akan dilakukan pengujian CBR baik pada kondisi kering maupun kondisi terendam. Pada kondisi kering tanah memiliki nilai CBR sebesar 17,31% sedangkan untuk CBR pada kondisi terendam nilainya sebesar 2,88% dan nilai potensi pengembangannya sebesar 29,54%. Pada kondisi terendam, tanah asli memiliki nilai CBR yang rendah dan memiliki kecenderungan tidak stabil karena diakibatkan oleh pengembangannya yang tinggi. Hasil pengujian CBR tanah asli ditunjukkan pada **Gambar 4(a)** untuk kondisi kering dan **Gambar 4(b)** untuk kondisi terendam sedangkan besaran pengembangannya ditunjukkan pada **Tabel 5**.



Gambar 4. Hasil pengujian CBR

Tabel 5. Potensi Pengembangan Tanah Asli

Tanggal	Jam	Pembacaan	Swelling (%)
27/06/16	14:00	11	0,85
28/06/16	14:00	225	17,31
29/06/16	14:00	297	22,85
30/06/16	14:00	384	29,54

4.2. Nilai CBR Tanah yang Dicampur Renolith dan Kapur

Campuran dari renolith dan kapur pada penelitian ini menunjukkan bahwa terjadi perubahan yang signifikan terhadap perubahan nilai CBR apabila dibandingkan dengan nilai CBR tanah asli. Hal ini dipengaruhi oleh reaksi kimia yang terjadi antara tanah asli dengan campuran renolith dan kapur. Jenis kapur yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis *quick lime* dimana, jenis kapur menyebabkan reaksi kimia yang dapat menyebabkan penyerapan air berlebih pada tanah, terjadi pertukaran ion sehingga meningkatkan adhesi dan kohesi tanah serta dapat menimbulkan reaksi pozzolan yang membuat tanah lebih keras, padat, lebih stabil. Sedangkan cairan renolith dapat membuat tanah menjadi lebih *impermeable*, meningkatkan *tensile strength* dan *compression*.

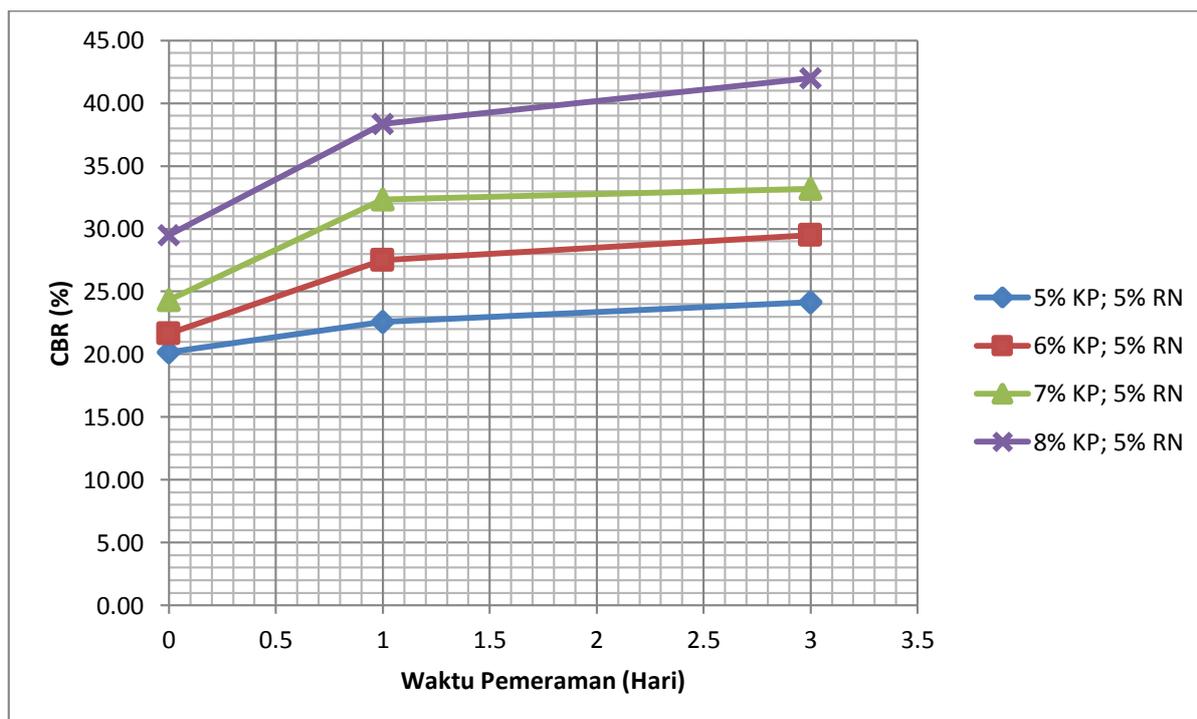
Persentase campuran dan waktu pemeraman menunjukkan pengaruh yang besar terhadap nilai daya dukung tanah. Semakin tinggi persentase campuran kapur dan renolith dan semakin lama waktu pemeraman maka dapat meningkatkan daya dukung tanah yang cukup signifikan apabila dibandingkan dengan tanah asli. Hasil pengujian CBR campuran ditunjukkan pada Tabel 6 dan disajikan dalam bentuk grafik pada **Gambar 5** untuk CBR kondisi kering dan **Gambar 6** untuk kondisi terendam.

Dari hasil pengujian CBR pada kondisi kering terlihat waktu pemeraman 3 hari dan dimana campuran 8% kapur dan 5% renolith menunjukkan kenaikan nilai CBR paling tinggi. Meskipun pada kondisi tanah asli nilai CBR sudah cukup besar yaitu 17,31% namun demikian ketika

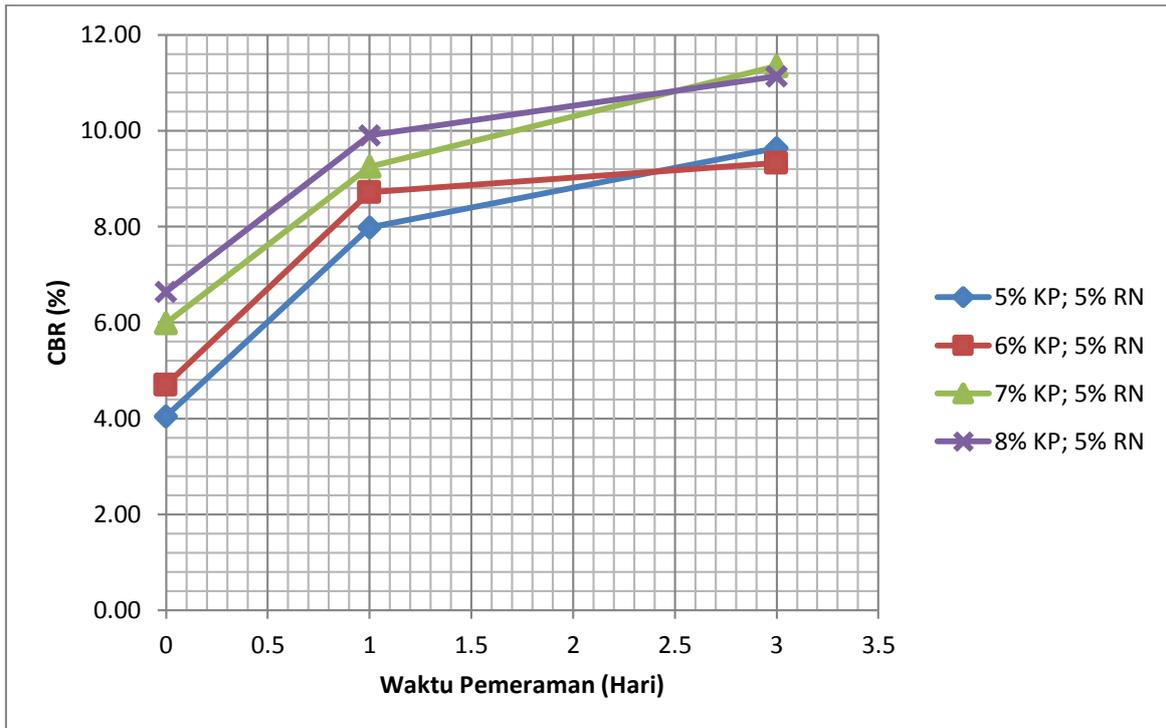
tanah dicampur dengan menggunakan kapur dan renolith masih menunjukkan tanah masih dapat meningkat nilai daya dukungnya. Hal ini terjadi akibat reaksi kimia yang disebabkan oleh kapur dan renolith. Persentase kenaikan CBR kering pada campuran 8% kapur dan 5% renolith serta waktu pemeraman selama 3 hari dapat meningkatkan CBR hingga 142,70%.

Tabel 5 Hasil Pengujian CBR Campuran Renolith dan Kapur

Benda Uji	Waktu Pemeraman (Hari)	CBR <i>UNSOAKED</i> (%)	CBR <i>SOAKED</i> (%)
Tanah Asli	-	17,31	2,88
Campuran 5% KP , 5% RN	0	20,17	4,05
Campuran 5% KP , 5% RN	1	22,58	7,98
Campuran 5% KP , 5% RN	3	24,17	9,64
Campuran 6% KP , 5% RN	0	21,67	4,70
Campuran 6% KP , 5% RN	1	27,50	8,72
Campuran 6% KP , 5% RN	3	29,50	9,33
Campuran 7% KP , 5% RN	0	24,33	5,99
Campuran 7% KP , 5% RN	1	32,33	9,25
Campuran 7% KP , 5% RN	3	33,17	11,35
Campuran 8% KP , 5% RN	0	29,50	6,64
Campuran 8% KP , 5% RN	1	38,33	9,90
Campuran 8% KP , 5% RN	3	42,00	11,13

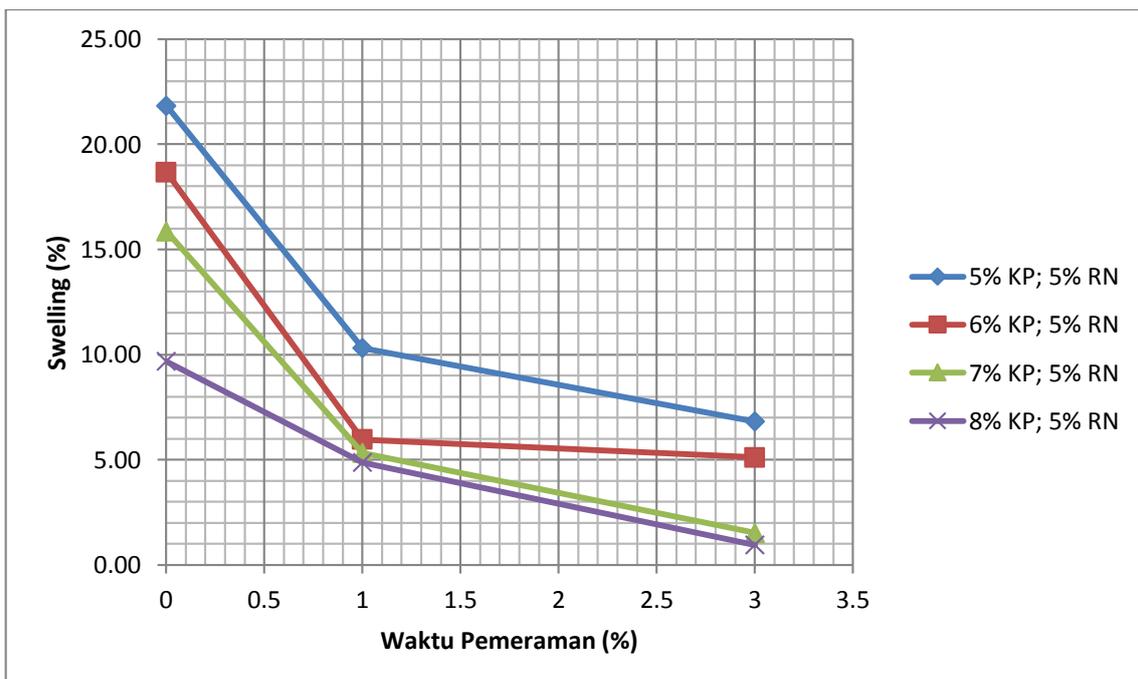


Gambar 5. Hasil pengujian CBR kondisi kering (*unsoaked*)



Gambar 6. Hasil pengujian CBR kondisi terendam (*soaked*)

Tanah pada kondisi kering memiliki nilai CBR yang jauh lebih tinggi dari tanah pada kondisi terendam. Campuran 7% kapur dan 5% renolith serta waktu pemeraman selama 3 hari menunjukkan kenaikan nilai daya dukung terbesar menjadi 11,35%. Persentase kenaikan nilai CBR pada campuran 7% kapur dan 5% renolith serta diperam hingga 3 hari menunjukkan kenaikan 293,64%.



Gambar 7. Potensi pengembangan tanah campuran Renolith dan Kapur

5. KESIMPULAN

Tanah asli memiliki tingkat keaktifan yang tergolong sedang karena, berdasarkan hasil perhitungan tingkat keaktifan (A) didapatkan nilai 0,91. Tingkat keaktifan tanah dipengaruhi oleh nilai PI dan persentase lolos saringan No.200. Tanah yang menunjukkan tingkat keaktifan yang tinggi biasanya terindikasi dengan nilai PI yang besar.

Hasil pengujian CBR dimana tanah terlebih dahulu dicampurkan dengan renolith dan kapur menunjukkan peningkatan yang signifikan terhadap daya dukung tanah. Kemampuan kapur dan renolith terbukti dapat meningkatkan *tensile strength*, *compression* dan dapat membuat tanah menjadi *impermeable*. Hal ini ditunjukkan pada campuran kapur sebanyak 8% dan renolith sebanyak 5% pada waktu pemeraman 3 hari dapat meningkatkan CBR *unsoaked* hingga 142,63% sedangkan untuk CBR *soaked* persentase kenaikannya sebesar 286,46% serta menurunkan potensi pengembangannya hingga 96,75%.

Semakin lama waktu pemeraman dan semakin banyak persentase penambahan kapur yang dicampur dengan renolith maka akan meningkatkan nilai daya dukung tanah dan menurunkan potensial pengembangannya.

DAFTAR RUJUKAN

- Chen, FU. (1975). Foundation On Expansive Soil, 5th Edition. Denver, Colorado: Elseviere Scientific Publishing Company
- Das, B. M. (2010). Principles of Geotechnical Engineering, 7th Edition. Stamford: Cengage Learning