

PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH *GYP SUM* TERHADAP NILAI CBR DAN NILAI *SWELLING* TANAH LEMPUNG

Tri Yani Rinawati¹, M. Rifqi Abdurrozak²

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Univeristas Islam Indonesia
Email: 16511248@students.uui.ac.id

² Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Univeristas Islam Indonesia
Email : rifqi_abdurrozak@uui.ac.id

ABSTRACT

Clay soil is a type of soil that is not suitable for use in construction work because it causes cracks or bumps on the road and lifts the foundation. This is because clay has a weak bearing capacity, is cohesive, has a high index of plasticity and shrinkage. The purpose of this study was to determine the effect of adding gypsum waste to the CBR value and the swelling value of the soil in Mulusan Village, Paliyan, Gunung Kidul. The research carried out is testing the physical properties of the soil, unsoaked CBR testing with 0, 3, and 7 days of ripening and soaked curing period of 7 days and 4 days of immersion with variations of gypsum waste 0%, 3%, 6% and 10% and Swelling Test. . The results showed that the soil included in the OH classification according to USCS, namely clay soil of medium to high plasticity, while according to AASHTO it was classified as A-7-5, namely medium to poor subgrade. Based on the original soil CBR test, the Unsoaked CBR value was 5.65% and the Soaked CBR was 1.02%. The highest increase in the Unsoaked CBR value occurred in the addition of 10% gypsum waste variation with a 3 day curing period of 44.8% and in soaked CBR the addition of 10% gypsum waste variation of 57.8%. The original soil swelling value was 5.23% and the smallest swelling value was 2.18% with the addition of 10% gypsum waste variation.

Keywords: Clay, Stabilization, Gypsum Waste, CBR, Swelling

PENDAHULUAN

Dalam bidang teknik sipil penggunaan tanah sangat penting untuk digunakan sebagai penunjang pembangunan infrastruktur yang digunakan sebagai pendukung pondasi bangunan di atasnya. Salah satu jenis tanah yang sering ditemui dalam pembangunan infrastruktur adalah tanah lempung. Hardiyatmo (2010) menyatakan tanah lempung merupakan tanah dengan butirannya berukuran halus, memiliki ukuran diameter kurang dari 0,002 mm dan memiliki permeabilitas yang rendah dengan kenaikan nilai kapiler yang tinggi serta memiliki sifat kohesif dengan kembang susut yang tinggi dan konsolidasi yang lambat. Renaningsih dan Agung (2012) menyatakan tanah lempung memiliki sifat kohesif, labil dan mudah dipengaruhi oleh air yang mengakibatkan nilai Indeks pastisitasnya

tinggi. Hal ini membuat tanah memiliki kecenderungan untuk menyerap air lebih besar dan mudah mengembang sehingga tanah memiliki sifat kembang-susutnya tinggi. Kembang susut tinggi berarti saat kering tanah akan cenderung keras dan saat basah tanah cenderung lunak hal ini karena tanah lempung memiliki kecenderungan untuk menyerap air lebih besar hal ini mengakibatkan tanah lempung lebih mudah untuk mengembang menurut Hardiyatmo (2010). Karena sifatnya itu pada pekerjaan konstruksi yang tanah dasarnya merupakan tanah lempung sering kali ditemui kerusakan seperti retak retak atau jalan yang menjadi bergelombang ataupun terangkatnya pindasi bangunan. Oleh karena itu, perlu dilakukan perbaikan tanah dengan melakukan stabilisasi tanah.

Stabilisasi tanah merupakan upaya yang dilakukan untuk memperbaiki sifat tanah yang kurang baik menjadi tanah yang baik sehingga menunjang struktur diatasnya dengan bahan tambah tertentu ataupun mengerjakan tanah dengan alat bantu tertentu. Ingles dan Metcalf (1992) menyatakan proses stabilisasi tanah dengan menggunakan metode seperti stabilisasi mekanis menggunakan peralatan mekanis untuk mendapatkan kepadatan maksimum, stabilisasi fisik dengan cara pemanasan, pendinginan atau menggunakan arus listrik bertujuan untuk mengubah sifat tanah dan stabilisasi kimiawi dengan menambah bahan kimia seperti semen, kapur aspal atau bahan tambah lainnya bertujuan untuk mengubah sifat – sifat tanah. Renaningsih dan Agung (2012) menyatakan bahwa stabilisasi tanah digunakan untuk memperkuat ikatan antar butir tanah, memperbaiki nilai indeks plastisitas, dan mendapatkan kapasitas dukung tanah yang baik. Nilai daya dukung tanah didapatkan dalam pengujian CBR yang dilakukan pengujian di Laboraturium.

Kusuma dkk. (2018) dalam penelitiannya “Stabilisasi Tanah Lempung Lunak Dengan Memanfaatkan Limbah *Gypsum* Dan Pengaruhnya Terhadap CBR” dengan bahan tanah limbah *gypsum* dengan kadar 0%, 3%, 6% dan 10% dengan waktu pemeraman 0, 3 dan 7 hari. Hasil pengujian CBR Laboraturium tanah asli 37,352% dengan nilai CBR tertinggi dengan penambahan limbah *gypsum* sebesar 10% dengan masa pemeraman selama 3 hari dengan nilai sebesar 57,876%. Landangkasiang dkk. (2020) juga melakukan stabilisasi dengan variasi limbah *gypsum* sebesar 5%, 10%, 15% dan 20%. Hasil pengujian menyatakan bahwa nilai CBR tanah asli sebesar 1,52% dan mengalami kenaikan dengan penambahan limbah *gypsum* sebesar 10% menjadi 3,05% lalu mengalami penurunan sebesar 2,38% dengan penambahan limbah *gypsum* sebesar 15%. Muslimin (2018) melakukan stabilisasi dengan menggunakan *gypsum* dan abu cangkang didapatkan nilai CBR *unsoaked* dan *soaked*

tertinggi sebesar 24,55% dan 18,83% dengan penambahan *gypsum* 5% dan abu cangkang sawit 9% dengan masa pemeraman CBR *Unsoaked* selama 7 hari.

Penelitian ini menggunakan limbah *gypsum* sebagai bahan stabilisasi. *Gypsum* adalah salah satu contoh mineral dengan kadar kalium yang mendominasi pada mineralnya yang mampu mengurangi retak pada tanah. Sutejo dkk. (2015) menyatakan manfaat penggunaan *gypsum* pada pekerjaan teknik sipil sebagai berikut.

1. Lempung yang dicampur dengan *gypsum* dapat mengurangi retak karena kalium pada *gypsum* dapat menggantikan sodium pada tanah sehingga perkembangannya lebih kecil.
2. *Gypsum* mampu meningkatkan stabilitas tanah karena kandungan kalsiumnya dapat mengikat tanah organik pada lempung sehingga memberikan stabilitas pada tanah.
3. *Gypsum* dapat menjadi bahan penambahan kekerasan pada bahan bangunan.
4. *Gypsum* merupakan salah satu bahan pembuatan *Portland Cement*.

Berdasarkan uraian latar belakang diatas maka tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui klasifikasi sampel tanah Desa Mulusan, Kecamatan Paliyan, Kabupaten Gunung Kidul, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta.
2. Mengetahui pengaruh penambahan limbah *gypsum* dengan variasi tertentu pada stabilisasi sampel tanah terhadap parameter nilai CBR tanah asli.
3. Mengetahui pengaruh limbah *gypsum* sebagai bahan stabilisasi tanah lempung terhadap nilai pengembangan (*swelling*) pada tanah asli.

METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental yaitu membuat suatu percobaan untuk mendapatkan data dari permasalahan dan menganalisis data tersebut

untuk diketahui hubungann sebab dan akibat dari variabel yang digunakan dan mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI). Adapun pengujian yang akan dilakukan yaitu.

Bahan

Benda uji yaitu tanah lempung asli dan limbah gypsum. Tanah lempung asli didapat di Desa Mulusan, Kecamatan Paliyan, Kabupaten Gunung Kidul dan limbah gypsum. Limbah gypsum didapatkan dari sisa gypsum yang ada di Toko Gypsum Srijaya Baru di Gentan, Sleman yang tidak digunakan kembali.

Sifat Fisik Tanah

Pengujian sifat fisik tanah yaitu pengujian kadar air (SNI 1965-2008), pengujian berat volume (SNI 03-3637-1994), pengujian berat jenis (SNI 1964-2008), pengujian analisis granuler yaitu pengujian analisis saringan (SNI 3423-2008) dan hidrometer (SNI 03-3423-1994). Kemudian melakukan pengujian batas – batas *atterberg* berupa pengujian batas cair (SNI 1967-2008), pengujian batas plastis (SNI 1966-2008), pengujian batas susut (SNI 3422-2008) serta indeks plastisitas (SNI 1966-2008).

Pemadatan Tanah

Pemadatan tanah atau proktor standart (SNI 1742-2008) adalah suatu proses yang dilakukan untuk merapatkan butiran tanah satu sama lain, sehingga partikel tanah menjadi lebih kecil. Pemadatan diperlukan apabila tanah dilapangan membutuhkan perbaikan untuk mendukung konstruksi diatasnya dikarenakan kurang baiknya tanah yang mana akan mengakibatkan kerusakan pada bangunan diatasnya, atau digunakan sebagai bahan timbunan dalam suatu proyek. Hardiyatmo (2010) menyatakan tujuan dilakukan pemadatan tanah sebagai berikut :

1. meningkatkan kuat geser tanah,
2. mengurangi sifat mudah mampat (kompresibilitas),
3. mengurangi permeabilitas,
4. mengurangi perubahan volume akibat perubahan kadar air, serta

5. kepadatan tanah ditentukan oleh berat volume tanah kering tanah yang sudah dipadatkan.

Proktor standar digunakan untuk menentukan hubungan kadar air dan kepadatan tanah. Proktor standar merupakan usaha memadatkan tanah yang dilakukan di laboratorium dengan alat uji proktor standar untuk mencari nilai kepadatan maksimum dan kadar air optimum dari suatu sampel tanah.

California Bearing Ratio

Pegujian CBR (SNI 03-1744-1989) ini untuk menentukan nilai CBR tanah ataumengetahui kekuatan tanah dengan campuran agregat yang dipadatkan dengan kadar air tertentu di laboratorium. CBR merupakan perbandingan antara beban penetrasi suatu bahan (dapat berupa tanah maupun material perkerasan jalan) terhadap bahan standar dengan kedalaman dan kecepatan penertarasi yang sama. Pengujian CBR biasanya dilakukan untuk menentukan kekuatan tanag yang akan digunakan sebagai lapisan dasar jalan. CBR biasanya diujikan di laboratorium mapun di lapangan.

CBR merupakan perbandingan antara beban percobaan dengan beban standar yang kemudian dinyatakan dalam presentase. Nilai CBR menyatakan kualitas daya dukung tanah dasar.

Analisis perhitungan unruk mendapatkan nilai CBR dalam pengujian CBR dapat dilihat pada Persamaan 1 dibawah ini.

1. Menghitung beban P dalam (lbs)

$$P = k \times dial \quad (1)$$
 dengan:
 k = angka kalibrasu (lbs)
 dial = pembacaan dial.

2. Menghitung nilai CBR

Perhitungan nilai CBR penetrasi 0,1 dan penetrasi 0,2 dapat dilihat pada Persamaan 2 dan Persamaan 3 berikut ini.

$$CBR_{0,1} = \frac{\text{beban } P \text{ terkoreksi}}{3 \times 1000} \times 100\% \quad (2)$$

$$CBR_{0,2} = \frac{\text{beban } P \text{ terkoreksi}}{3 \times 1500} \times 100\% \quad (3)$$

Swelling

Swelling atau pengembangan (ASTM D4546-1990) adalah nilai perbandingan antara perubahan tinggi benda uji semula terhadap tinggi benda uji selama perendaman yang dinyatakan dalam persen. Pengembangan sampel dapat dihitung dengan persamaan 4 sebagai berikut.

$$Sw = \frac{\Delta L}{Lo} \times 100\% \quad (4)$$

dengan keterangan:

Sw = Pengembangan (%),

ΔL = Perubahan tinggi dibaca dari dial (mm), dan

Lo = Tinggi sampel mula-mula (mm),

Bersarkan persen pengembangannya tingkat pengembangan dapat diklasifikasikan menjadi empat jenis. Klasifikasi pengembangan tana dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Klasifikasi Pengembangan

Swelling Potential (%)	Swelling Degree
0 to 1,5	Low
1,5 to 5	Medium
5 to 25	High
>25	Very High

(Sumber : Das, 1995)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat Fisik Tanah

Pengujian sifat fisik tanah pada setiap pengujian dilakukan dengan 2 sampel, yaitu 2 sampel pengujian kadar air, berat jenis, berat volume, analisis granuler dan batas-batas *Atterberg* (batas cair, batas plastis, batas

susut), dan pemadatan tanah untuk mendapatkan nilai kepadatan tanah maksimum (*Maximum Dry Density/MDD*) dan kadar air optimum (*Optimum Moisture Content/OMC*) yang kemudian digunakan untuk pengujian CBR.

Hasil rekapitulasi pengujian sifat fisik tanah asli didapatkan hasil seperti pada Tabel 2 .

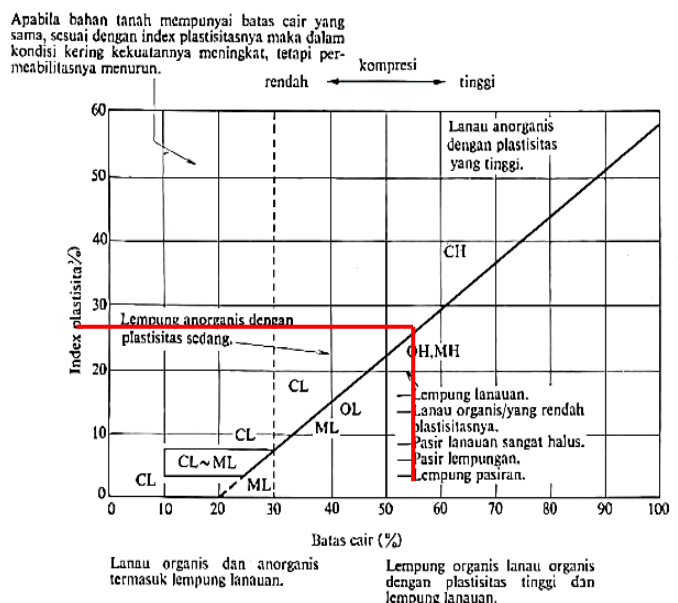
Tabel 2 Hasil Pengujian Tanah Asli

No	Jenis Pengujian	Satuan	Hasil
1	Properties Tanah		
	Kadar air	%	44,96
	Berat Volume	gr/cm ³	1,72
2	Berat Jenis		2,31
	Analisis Granuler		
	Lolos Saringan #200	%	95,23
	Kerikil	%	0
	Pasir	%	6
3	Lanau	%	37
	Lempung	%	57
	Batas Batas <i>Atterberg</i>		
	Batas Cair (<i>LL</i>)	%	62,5
	Batas Plastis (<i>PL</i>)	%	37,63
4	Batas Susut (<i>SL</i>)	%	14,49
	Indeks Plastisitas (<i>IP</i>)	%	24,86
	<i>Proctor Standart</i>		
	OMC	%	28,9
	MDD	gr/cm ³	1,74

Klasifikasi Tanah

Klasifikasi tanah menurut USCS (*Unified Soil Classification System*) didapatkan tanah yang lolos saringan No. 200 termasuk kedalam tanah berbutir halus. Kelompok tanah

didapatkan berdasarkan hasil batas cair dan indeks palstisitas yaitu sebesar 62,5% dan 24,869% yang diplotkan kedalam grafik karakteristik tanah asli metode USCS pada Gambar 1 dan dapat dilihat kelompok pada Tabel 3 berikut ini.



Gambar 1 Grafik Karakteristik Tanah Asli Metode USCS

(Sumber : Hardiyatmo,2010)

Tabel 3 Hasil Klasifikasi Tanah Asli Metode USCS

Jenis	Simbol	Nama Kelompok	Kriteria
Lanau dan Lempung baras Cair > 50%	MH	Lanau tak organik atau pasir halus diatome, lanau elastis	PI berada dibawah garis-A grafik Plastisitas (Gambar 1)
	CH	Lempung tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk <i>fat clays</i>	PI berada diatas garis-A Plastisitas (Gambar 1)
	OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi	Pi berada dalam daerah OL dalam Gambar 1 dan $\frac{LL (oven dried)}{LL (not dried)} < 0,75$

Pada penelitian ini, tanah desa Mulusan, Kecamatan Paliyan dapat diklasifikasikan kedalam kelompok tanah OH atau tanah

lempung organik plastisitas sedang sampai tinggi.

Berdasarkan AASTHO, tanah Desa Mulusan memiliki presentase lolos saringan No. 200

sebesar 95,22% > 35% maka tanah termasuk kedalam klasifikasi tanah lanau-lempung. Berdasarkan Tabel 2 nilai batas plastis 62,5%, Indeks plastisitas 24,869% maka tanah termasuk kedalam kelompok A-7 karena nilai batas cair lebih dari 41% dan indeks

plastisitas lebih besar dari 11%. Dan termasuk kelompok A-7-5 karena nilai batas plastis lebih dari 30% yaitu sebesar 37,631%. Hasil klasifikasi sampe tanah asli menurut metode *AASHTO* dapat dilihat pada Tabel 4. berikut ini.

Tabel 4. Klasifikasi menurut AASHTO

Klasifikasi Umum	Material granuler (<35% lolos saringan No.200)						Tanah-tanah lanau-lempung (>35% lolos saringan N0.200)				
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Klasifikasi Kelompok	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5/A-7-6
Analisis Saringan (%lolos)											
2,00 mm (no.10)	50 maks	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,425 mm (no.40)	30 maks	50 Maks	51 Min	-	-	-	-	-	-	-	-
0,075 mm (no. 200)	15 maks	25 maks	10 maks	35 maks	35 maks	35 maks	35 maks	36 min	36 min	36 min	36 min
Sifat Fraksi lolos Saringan no.40											
Batas Cair (LL)	-	-	-	40 maks	41 min	40 maks	41 min	40 maks	41 min	40 maks	41 min
Indeks Plastis (PI)	6 maks		Np	10 maks	10 maks	11 min	11 min	10 maks	10 maks	11 min	11 Min
Indeks Kelompok (G)	0	0	0	0	4 maks	4 maks	4 maks	8 maks	12 maks	16 maks	20 maks
Tipe material yang Pokok pada umumnya	Pecahan batu, kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerikil berlanau atau berlempung dan pasir				Tanah Berlanau		Tanah berlempung	
Penilaian umum Sebagai tanah dasar	Sangat baik sampai baik						Sedang sampai buruk				

Catatan

Kelompok A-7 dibagi atas A-7-5 dan A-7-6 bergantung pada batas plastisnya (PL)

Untuk PL > 30, klasiifikasi A-7-5

Untuk PL < 30, klasiifikasi A-7-6

Np = Non plastis

Sumber : Hardiyatmo (2010)

Dapat disimpulkan klasifikasi tanah Desa Mulusan menurut *AASHTO* berdasaeakan hasil pengujian granuler yang telah dilakukan didapatkan nilai persen lolos saringan nomer 200 sebesar 95,25%, batas cair 62,5% dan indeks plastisitas sebesar 24,87% juga didapatkan nilai Group Indeks (GI) sebesar 30,75%. Dari hasil tersebut sampel tanah termasuk kedalam kelompok A-7 dan termasuk kedalam subkelompok A-7-5

dengan tipe material umum tanah lempung dengan peneliaian tanah dasar sedang sampai buruk.

Pengaruh Penambahan Limbah Gypsum Terhadap Nilai CBR Tidak Terendam (Unsoaked)

Hasil pengujian penambahan limbah gypsum terhadap nilai CBR *Unsoaked* dan *Soaked* dapat dilihat pada Tabel 5 dan Tabel 6 .

Tabel 5 Hasil Rekapitulasi Pengujian CBR Tanah Asli

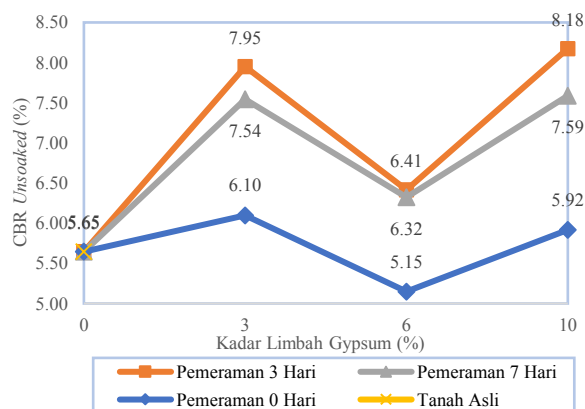
Sampel	CBR (%)
Tanah Asli Tanpa Rendaman	5,65
Tanah Asli Rendaman	1,02%

Tabel 6 Hasil Rekapitulasi Pengujian CBR Tanah + Limbah Gypsum

Sampel pengujian CBR	CBR Unsoaked						CBR Soaked			
	Pemeraman 0 Hari		Pemeraman 3 Hari		Pemeraman 7 Hari		Pemeraman 7 Hari			
	No Sampel	Nilai CBR	No Sampel	Nilai CBR	No Sampel	Nilai CBR	No Sampel	Nilai CBR		
Tanah Asli + 0% Limbah Gypsum	1	4.43	5.65	1	-	-	1	0.96	1.02	
	2	6.87		2	-		2	1.08		
Tanah Asli + 3% Limbah Gypsum	1	6.59	6.09	1	8.49	7.85	1	7.86	7.54	1.04
	2	5.60		2	7.41		2	7.23		
Tanah Asli + 6% Limbah Gypsum	1	5.06	5.15	1	6.69	6.41	1	6.14	6.32	1.27
	2	5.24		2	6.14		2	6.50		
Tanah Asli + 10% Limbah Gypsum	1	6.78	5.92	1	9.03	8.17	1	7.32	7.59	1.60
	2	5.06		2	7.32		2	7.86		

Berdasarkan Tabel 6 diatas dapat digambarkan grafik perbandingan perbandingan nilai CBR dengan variasi limbah gypsum tanpa rendaman pada Gambar 2 dan

grafrik perbandingan perbandingan nilai CBR dengan variasi limbah gypsum tanpa rendaman terhadap pemeraman pada gambar 3 berikut ini.

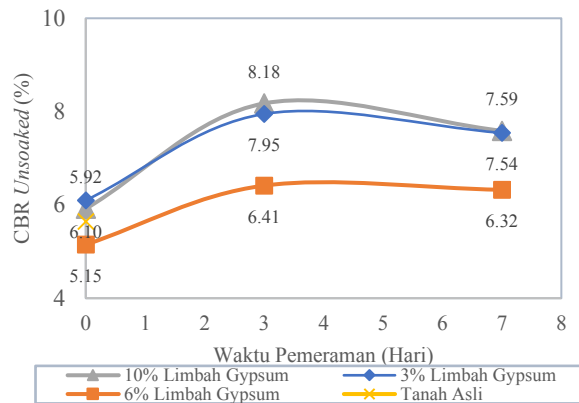


Gambar 2 Grafik Perbandingan Nilai CBR dengan Variasi Limbah Gypsum Tanpa Rendaman (Unsoaked)

Berdasarkan Gambar 2 diatas, menyatakan bahwa seiring penambahan kadar limbah gypsum memberikan pengaruh kepada peningkatan nilai CBR pada stabilisasi tanah

dengan variasi limbah gypsum terhadap nilai CBR Tanah asli. Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa dengan penambahan 3% limbah gypsum mengalami peningkatan nilai CBR

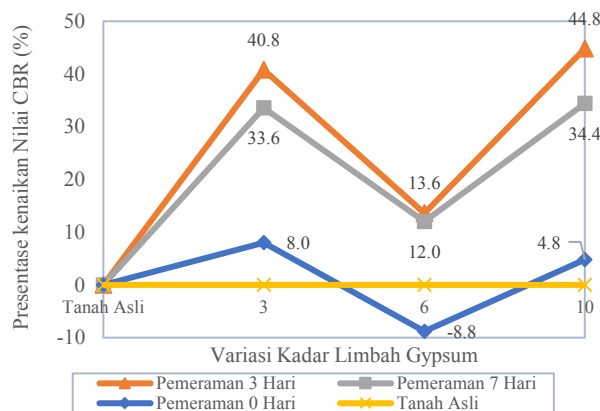
terhadap nilai CBR tanah asli. Nilai CBR yang tertinggi pada penelitian ini terjadi pada penambahan limbah *gypsum* sebesar 10%.



Gambar 3 Grafik Perbandingan Nilai CBR dengan Variasi Limbah *Gypsum* Tanpa Rendaman (*Unsoaked*) Terhadap Pemeraman

Berdasarkan Gambar 3 diatas, menyatakan bahwa pada pemeraman 3 hari nilai CBR mengalami kenaikan nilai CBR pada semua variasi penambahan limbah *gypsum* terhadap nilai CBR dengan pemeraman 0 Hari. Namun pada pemeraman 7 hari nilai CBR mengalami

penurunan nilai CBR. Pada pengujian ini nilai CBR tertinggi terjadi pada pemeraman 3 hari. Nilai CBR tertinggi pada pemermana ini sebesar 8,18% yaitu pada pemeraman 3 hari dengan penamabaham limbah *gypsum* sebesar 10%.



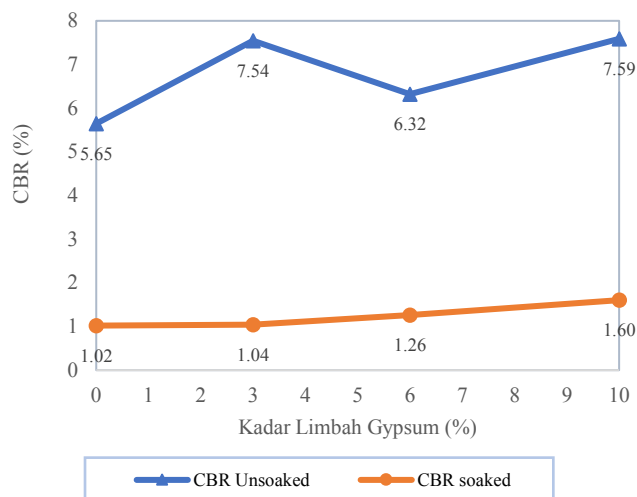
Gambar 4 Grafik Presentase Kenaikan Nilai CBR *Unsoaked*

Berdasarkan pada Gambar 4 diatas, menyatakan bahwa kenaikan nilai CBR tertinggi terjadi pada penambahan kadar limbah *gypsum* 10% dengan masa pemeraman 3 hari. Pada pemeraman 0 hari nilai tertinggi pada penambahan limbah *gypsum* 3% dan pada pemeraman 7 hari nilai tertinggi terjadi pada penambahan limbah *gypsum* sebesar 10%. Kusuma dkk (2018), menyatakan nilai

CBR tertinggi pada penambahan limbah *gypsum* sebesar 10% dengan pemeraman 3 hari. Penelitian yang dilakukan Landakasiang dkk (2020) didapatkan nilai CBR tertinggi pada penambahan limbah *gypsum* 10% dan nilai CBR turun saat penambahan limbah *gypsum* 15%.

Pengaruh Penambahan Limbah Gypsum Terhadap Nilai CBR Terendam (Soaked) dan Selisihnya dengan CBR Unsoaked

Pengaruh penambahan limbah gypsum terhadap nilai CBR soaked dan unsoaked dapat dilihat pada Gambar 5 berikut



Gambar 5 Grafik Perbandingan Nilai CBR Saokedi dan Unsoaked dengan Pengaruh Varasi Limbah Gypsum

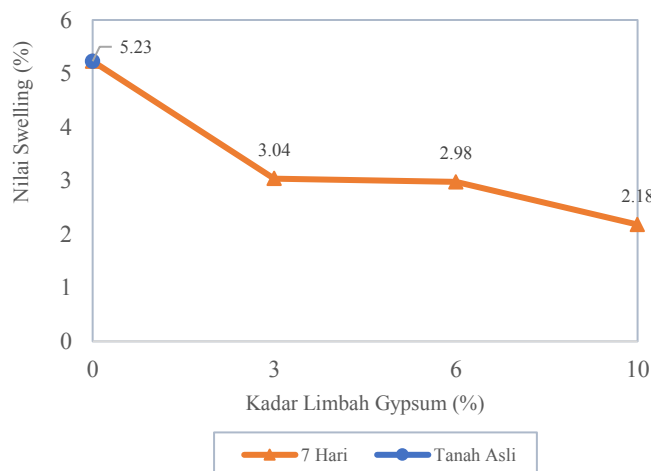
Berdasarkan Gambar 7, terlihat bahwa nilai CBR Soaked dengan berbagai variasi limbah gypsum 3%, 6% dan 10% lebih rendah dari nilai CBR tanah asli atau CBR + 0% limbah gypsum. Nilai CBR Soaked tertinggi terjadi pada penambahan 10% limbah gypsum sebesar 1,603%. Peningkatan nilai CBR soaked ke CBR unsoaked pada penambahan limbah gypsum 10% sebesar 373,38%.

Pengaruh Penambahan Limbah Gypsum Terhadap Nilai Pengembangan Tanah (Swelling)

Hasil pengujian penambahan limbah gypsum terhadap nilai swelling dapat di lihat pada Tabel 7 berikut ini. Berdasarkan Tabel 7 dapat digambarkan grafik perbandingan nilai swelling dengan variasi limbah gypsum pada gambar 6 berikut ini.

Tabel 7 Hasil Rekapitulasi Pengujian Swelling

Sampel	Nilai Swelling (%)	Spesifikasi
Tanah Asli + 0% Limbah Gypsum	5,23	High Swelling
Tanah Asli + 3% Limbah Gypsum	3,04	Medium Swelling
Tanah Asli + 6% Limbah Gypsum	2,98	Medium Swelling
Tanah Asli + 10% Limbah Gypsum	2,18	Medium Swelling



Gambar 6 Grafik Perbandingan Nilai Swelling dengan Variasi Limbah Gypsum

Berdasarkan Gambar 6, penambahan limbah *gypsum* mampu menurunkan nilai pengembangan tanah. Nilai Swelling pada tanah mengalami penurunan seiring bertambahnya variasi kadar limbah *gypsum*. Nilai swelling pada tanah asli sebesar 5,23%. Nilai pengembangan paling rendah didapatkan nilai sebesar 2,18% dengan penambahan limbah *gypsum* sebesar 10% yang sebelumnya dilakukan pemeraman selama 7 dan perendaman selama 4 hari. Berdasarkan gambar diatas penambahan limbah *gypsum* dapat menurunkan nilai *swelling* atau nilai pengembangan tanah yang mulanya pengembangan tinggi (*high swelling*) menjadi pengembangan sedang (*medium swelling*).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan uraian diatas, pencampuran tanah lempung dengan limbah *gypsum* dengan variasi 0%, 3%, 6% dan 10% dengan tanah asli Desa Mulusan, Kecamatan Paliyan, Gunung Kidul, Daerah Istimewa Yogyakarta dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Tanah di daerah Desa Mulusan, Kecamatan Paliyan, Kabupaten Gunung Kidul termasuk kedalam kelompok OH menurut Sistem USCS yaitu tanah

lempung organic dengan plastisitas sedang sampai tinggi, dimana lempung lunak di nilai dengan nilai indek plastisitas (PI) sebesar 24,869% dapat dikategorikan sebagai plastisitas tinggi

2. Berdasarkan Metode AASTHO tanah Desa Mulusan, Kecamatan Paliyan, Kabupaten Gunung Kidul termasuk dalam klasifikasi tanah-tanah lanau-lempung dengan presentase tanah lolos saringan no.200 yang lebih besar dari 35% yaitu sebesar 95,228%. Tanah di Desa Mulusan termasuk dalam tipe material pokok yang sedang sampai buruk sebagai tanah dasar karena nilai batas plastisya 37,631% yang termasuk dalam kelompok A-7-5.
3. Dari hasil penelitian, nilai daya dukung tanag atau nilai *CBR* Laboraturium pada tanah asli dengan pemeraman 0 Hari didapatkan nilai sebesar 5,65% dan dengan masa pemeraman 3 hari dan 7 hari didapatkan nilai sebesar 6,50% dan 6,78%. Nilai *CBR* optimum yang didapatkan pada pengujian tersebut didapatkan pada tanah asli yang di tambah limbah *gypsum* dengan kadar 10% dengan masa pemeraman selama 3 Hari sebesar 8,18%.
4. Dalam pegujian tersebut lamanya pemeraman dapat mempengaruhi nilai *CBR*. Untuk daerah Desa Mulusan, Kecamatan Paliyan, Kabupaten Gunung

Kidul presentase penambahan limbah *Gypsum* yang efektif sebesar 10%.

5. Dari hasil pengujian pengembangan atau *swelling* didapatkan hasil dengan semakin bertambahnya limbah *gypsum* dengan variasi 3%, 6% dan 10% maka terjadi penurunan akan potensi pengembangan pada tanah berturut turut sebesar 41,87%, 43,02% dan 58,32% dengan nilai *swelling* tanah asli sebesar 5,23% menjadi 2,18%. Pengembangan yang semula *high swelling* menjadi *medium swelling*.

Saran

Adapun saran yang dapat dikemukakan untuk penyempurnaan penelitian selanjutnya sebagai berikut.

1. Penelitian selanjutnya dapat mencoba meneliti dengan jenis tanah yang sama yang berbeda dengan presentase limbah *gypsum* yang berbeda missal dengan penambahan limbah *gypsum* sebesar 8%, 12% dan 15% agar terlihat pola dalam 10%.
2. Penelitian selanjutnya dapat mengembangkan penelitian ini dengan menambahkan bahan stabilisasi tanah lainnya seperti abu sekam, semen ataupun yang lainnya untuk meningkatkan nilai *CBR*.
3. Penelitian selanjutnya dapat menjadikan limbah *gypsum* sebagai variabel bebas dan bahan tambah lainnya sebagai variabel tetap.
4. Penelitian selanjutnya dapat mencoba melakukan penelitian dengan jenis tanah yang sama dengan variasi presentase yang sama namun dengan bahan stabilisasi tanah yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Das, B.M. 1995. *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Terjemahan oleh Noor Endah dan Indrasurya B. Mochtar. 1988. Erlangga. Jakarta.
- Hardiyatmo, H.C, 2010, *Mekanika Tanah 1*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Ingles, O.G. dan J.B. Metcalf, 1992, *Soil Stabilization Principles and Practice*. Butterworths Pty. Limited. Melbourne, 1-2.
- Kusuma, R.I. Mina, E. dan Fakhri, N, 2018, Stabilisasi Tanah Lempung Lunak Dengan Memanfaatkan Limbah *Gypsum* Dan Pengaruhnya Terhadap Nilai *California Bearing Ratio* (*CBR*). *Jurnal Fondasi* Vol.7 No.1 2018, 28-30.
- Ladangkasiang, F.N. Sompie, O.B.A. dan Sumampouw, J.E.R, 2020, Analisis Geoteknik Tanah Lempung Terhadap Penambahan Limbah *Gypsum*, *Jurnal Sipil Statik* Vol.8 No.2 Februari 2020 (197-204) ISSN: 2337-6732. Universitas Sam Ratulangi, Manado, 201.
- Muslimin, H.M, 2018, Pengaruh Penambahan *Gypsum* Dan Abu Cangkang Kelapa Sawit Terhadap Nilai *CBR* (*California Bearing Ratio*) Dan *Swelling Factor* Pada Tanah Lempung, *Tugas Akhir*, (Tidak Diterbitkan), Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Renaningsih dan Agung, T, 2012, Pengaruh Tanah Gadong Terhadap Nilai Konsolidasi dan Kuat Dukung Tanah Lempung Tanon yang Distabilisasi dengan Semen, *Simposium Nasional RAPI XI FT UMS* ISSN: 1412-9612, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta, TS-11.
- Standar Nasional Indonesia. 1989. *Metode Pengujian CBR Laboraturium*. SNI 03-1744.
- Standar Nasional Indonesia. 1994. *Metode Pengujian Analisis Ukuran Butir Tanah Dengan Alat Hidrometer*. SNI 03-3423.
- Standar Nasional Indonesia. 1994. *Metode Pengujian Berat Isi Tanah Berbutir Halus Dengan Cetakan Benda Uji*. SNI 03-3637.

- Standar Nasional Indonesia. 2008. *Cara Uji Analisis Ukuran Butir Tanah*. SNI 3423.
- Standar Nasional Indonesia. 2008. *Cara Uji Berat Jenis Tanah*. SNI 1964.
- Standar Nasional Indonesia. 2008. *Cara Uji Kepadatan Ringan Untuk Tanah*. SNI 1742.
- Standar Nasional Indonesia. 2008. *Cara Uji Penentuan Kadar Air Untuk Tanah Dan Batuan Di Laboratorium*. SNI 1965.
- Standar Nasional Indonesia. 2008. *Cara Uji Penentuan Batas Susut Tanah*. SNI 3422.
- Standar Nasional Indonesia. 2008. *Cara Uji Penentuan Batas Plastis Dan Indeks Plastisitas Tanah*. SNI 1966.
- Standar Nasional Indonesia. 2008. *Cara Uji Penentuan Batas Cair Tanah*. SNI 1967.
- Sutejo, Y. Dewi, R. dan Yudistira, H. 2015, Pengaruh Penambahan Abu Cangkang Sawit dan *Gypsum* Terhadap Tanah Lempung Lunak Berdasarkan Pengujian *CBR*, *The 18th FSTPT International Symposium, Unila*, Bandar Lampung, 3-4.