

STABILISASI TANAH LEMPUNG LUNAK DENGAN MEMANFAATKAN LIMBAH *GYP SUM* DAN PENGARUHNYA TERHADAP NILAI *CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)*

(Studi Kasus Jalan Simpang Kertajaya, Kec. Sumur, Kab. Pandeglang. Koordinat -6.672997, 105.595341)

Rama Indera K¹, Enden Mina², Naufal Fakhri³

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Jl. Jenderal Sudirman Km.3 Kota Cilegon – Banten Indonesia

rama@untirta.ac.id endenmina@yahoo.com nfakhri231@gmail.com

ABSTRAK

Tanah lempung lunak sering menjadi masalah bagi konstruksi yang dibangun di atasnya. Daya dukung tanah atau nilai CBR yang rendah merupakan salah satu faktor penyebabnya. Masalah ini terjadi di Jalan Simpang Kertajaya, Kecamatan Sumur, Pandeglang mengingat kondisi tanah di daerah tersebut sebagian besar tanah lempung lunak. Solusi dari permasalahan tersebut adalah dengan cara menstabilkan kondisi tanah menggunakan bahan kimiawi yang dapat bereaksi pada tanah.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai CBR setelah dicampurkan *gypsum* dan perubahan nilai indeks plastisitas tanah. Zat aditif yang digunakan pada penelitian ini adalah *gypsum*. Kandungan kimiawi berupa kalsium pada *gypsum* dapat bereaksi dengan mineral pada tanah lempung. Penelitian yang dilakukan berupa pengujian sifat fisik tanah dan pengujian CBR. Pengujian sifat fisik tanah diantaranya pengujian kadar air, analisa besar butir, batas cair, batas plastis, berat jenis dan pemadatan standar. Penelitian ini menggunakan 4 variasi campuran *gypsum*, yaitu 0%, 3%, 6% dan 10%.

Dari hasil penelitian diperoleh, tanah yang di stabilisasi dengan *gypsum* menunjukkan adanya peningkatan nilai CBR, kenaikan nilai batas plastis, kenaikan nilai berat jenis, penurunan nilai batas cair dan penurunan nilai IP. Nilai CBR tanah asli sebesar 37.352% terus meningkat, peningkatan tertinggi pada pencampuran *gypsum* 10% dengan pemeraman selama 3 hari sebesar 57.876%. Persentase kenaikan nilai CBR sebesar 35.46% dari tanah asli. Penurunan nilai PI terbesar pada variasi campuran *gypsum* 10% dengan nilai 10.10% membaik dibandingkan dengan tanah asli sebesar 27.95%. Lama pemeraman juga berpengaruh pada nilai CBR.

Kata kunci : CBR, Gypsum, Pemadatan, Sifat Fisik Tanah, Stabilisasi

ABSTRACT

Soft clay soil are often a problem for construction that was built upon it. Low bearing capacity of the soil or low CBR value is one of the causes. This problem was happen at Jalan Simpang Kertajaya, Kecamatan Sumur, Pandeglang considering the conditions of the land in the area was mostly soft clay soil. The solution of that problem is by stabilizing the soil condition, one of which stabilizes the soil with additive material substances that can be fixed on the soil.

This study aims to determine CBR value after mixing gypsum and changing plasticity index value. Additive substances that use in this study was gypsum. Chemical content of calcium in gypsum can react with minerals in clay soil. Research carried out in the form of soil physical properties testing and testing CBR. Soil physical properties was tasted such water content, particle size analysis, liquid limit, plastic limit, density and compaction standards. In this study using 4 variations of gypsum mixture, among others 0%, 3%, 6% and 10%.

The results of study show, that the stabilized soil using gypsum increased of CBR value, increased plastic limit value, increased specific gravity value, decreased of liquid limit value and decreased of IP value. The CBR value of eksisting soil was 37.352% continue to increase, The largest increasing CBR value was found in mixed soil with 10% gypsum content with 3 days curing is 57.876%. Percentage of increasing CBR value was 35.46% from eksisting soil. The largest reductions IP value was found in mixed soil with 10% gypsum is 10.10% better compared from eksisting soil was 27.95%. Curing time also affects to the increasing the CBR value.

Keywords: CBR, Gypsum, Compaction, Soil Physical Properties, Stabilization

1. PENDAHULUAN

Sebuah konstruksi yang baik tidak lepas dari kondisi dilapangan. Beberapa diantaranya mempunyai peran vital terhadap kelayakan suatu konstruksi tersebut dapat dibangun, dalam hal ini adalah tanah. Tanah memiliki karakteristik dan sifat-sifat yang bervariasi. Seringkali ditemukan kondisi tanah yang buruk. Perlu adanya penanganan bila lokasi tersebut akan dibangun sebuah konstruksi yaitu dengan cara stabilisasi tanah.

Tanah lempung lunak adalah lapisan tanah yang mendominasi di Kecamatan Sumur, Kabupaten Pandeglang. Kondisi jalan yang rusak mengakibatkan akses transportasi menjadi terganggu, sehingga menimbulkan beberapa kerugian bagi masyarakat sekitar. Mengingat mayoritas masyarakat sekitar yang bekerja sebagai petani, maka masalah yang sering dihadapi adalah sulitnya mendistribusikan hasil pertanian ke kota lain.

Sempel *gypsum* berasal dari PT. Griya Bintaro Gypsum, Tangerang. Ketersediaan limbah *gypsum* yang melimpah dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan. Maka dari itu penulis memanfaatkan limbah *gypsum* sebagai bahan tambah pengujian CBR untuk mengurangi dampak pencemaran lingkungan bagi lingkungan sekitar. *Gypsum* merupakan suatu bahan campuran yang memiliki karakteristik seperti semen juga dapat digunakan sebagai bahan untuk stabilisasi tanah ekspansif. *Gypsum* yang dicampur lempung dapat mengurangi retak karena pada tanah sehingga pengembangannya lebih kecil

2. TINJAUAN PUSTAKA

A. Studi Terdahulu

Studi terdahulu yang berkaitan dengan penelitian stabilisasi tanah dengan campuran aditif, yaitu sebagai berikut:

1. Pengaruh Penambahan Serbuk Gypsum dengan Lamanya Waktu Pemeraman (*Curing*) Terhadap Karakteristik Tanah Lempung Ekspansif Di Bojonegoro oleh Vemmy Kurniawan (2014). Hasil penelitian yang dilakukan adalah CBR tak terendam tanpa *curing* dan dengan *curing* 7 serta 14 hari pada kondisi OMC tiap-tiap variasi campuran diperoleh hasil tertinggi pada CBR *curing* 14 hari dengan penambahan 6% serbuk *gypsum* yaitu 20,159%. Peningkatan terbesar nilai CBR

unsoaked tanah asli terhadap tanah campuran serbuk *gypsum* terjadi pada penambahan 6% serbuk *gypsum* pada *curing* 0 hari yaitu 11,852%. Sedangkan peningkatan terbesar tanah campuran penambahan 6% serbuk *gypsum* terhadap lamanya waktu *curing* terjadi pada *curing* 14 hari yaitu 180,336%.

2. Pengaruh Penambahan Abu Tandan Sawit dan *Gypsum* Terhadap Tanah Lempung Lunak Berdasarkan Pengujian CBR oleh Ratna Dewi (2015). Hasilnya adalah Peningkatan yang paling besar terjadi pada campuran abu tandan sawit 7,5% dan gipsum 10% sebesar 115,63% dengan nilai CBR 3,45%, dan pada masa perawatan ini terdapat penurunan nilai CBR yaitu pada campuran abu tandan sawit 5% gipsum 5% dan pada campuran abu tandan sawit 5% gipsum 10%. Penurunan paling rendah terjadi pada campuran abu tandan sawit 5% gipsum 10% sebesar 8,13% dengan nilai CBR 1,47%..
3. Stabilisasi Tanah Lempung dengan Menggunakan Pasir Laut dan Pengaruhnya Terhadap Nilai CBR (*California Bearing Ratio*) oleh Rama Indera Kusuma (2017). Hasilnya adalah campuran 30% pasir laut meningkatkan nilai CBR dari 10,84% menjadi 49,462%.
4. Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan *Fly Ash* Terhadap Nilai CBR oleh Rama Indera Kusuma (2013). Didapat dari hasil penelitian bahwa campuran *fly ash* 30% menghasilkan nilai CBR 36,35%, dengan waktu pemeraman 28 Hari.

B. Tanah Lempung

Tanah dari pandangan ilmu teknik sipil merupakan himpunan mineral, bahan organik dan endapan-endapan yang relatif lepas (*loose*) yang terletak diatas batu dasar (*bedrock*) (Hardiyatmo, 1992). Tanah didefinisikan secara umum adalah kumpulan dari bagian-bagian yang padat dan tidak terkait antara satu dengan yang lain (diantaranya mungkin material organik) rongga-rongga diantara material tersebut berisi udara dan air (Verhoef, 1994).

Lempung (*clay*) adalah bagian dari tanah yang sebagian besar terdiri dari partikel mikroskopis dan submikroskopis (tidak dapat dilihat dengan jelas bila hanya dengan mikroskopis biasa) yang berbentuk

lempengan-lempengan pipih dan merupakan partikel-partikel dari mika, mineral-mineral lempung (*clay minerals*), dan mineral-mineral yang sangat halus lain (Braja M. Das, 1985). Sifat-sifat tanah lempung pada umumnya terdiri dari (Hardiyatmo, 1999):

1. Ukuran butir halus (kurang dari 0,002 mm)
2. Permeabilitas rendah
3. Kenaikan air kapiler tinggi
4. Sangat kohesif
5. Kadar kembang susut yang tinggi
6. Proses konsolidasi lambat

Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap sifat-sifat tanah lempung ekspansif secara umum dibedakan menjadi dua yaitu: faktor komposisi tanah dan faktor pengaruh lingkungan. Faktor yang pertama dapat diketahui dengan mengadakan percobaan di laboratorium pada contoh tanah terusik. Hal-hal yang perlu didalam percobaan antara lain: tipe dan jumlah mineral, tipe kation didalam tanah, luas permukaan, distribusi ukuran partikel, dan air pori. Faktor pengaruh lingkungan dapat diketahui melalui pengujian laboratorium pada contoh tanah asli. (Suhardjito, 1989).

C. Stabilitas Tanah

Stabilisasi tanah adalah alternatif yang dapat diambil untuk memperbaiki sifat-sifat tanah yang ada. Pada prinsipnya stabilisasi tanah merupakan suatu penyusunan kembali butir-butir tanah agar lebih rapat dan saling mengunci. Tanah dibuat stabil agar jika ada beban yang terjadi, tidak terjadi penurunan (*settlement*). Tanah dasar minimal harus bisa dilewati kendaraan proyek. Stabilitas tanah adalah usaha untuk meningkatkan stabilitas dan daya dukung tanah. Menurut Bowles (1984) apabila tanah yang terdapat di lapangan bersifat lepas atau sangat mudah tertekan, atau apabila mempunyai indeks konsistensi yang tidak sesuai, permeabilitas terlalu tinggi, atau sifat lain yang tidak diinginkan sehingga tidak sesuai untuk suatu proyek pembangunan, maka harus dilakukan stabilisasi tanah.

Stabilisasi tanah dapat terdiri dari salah satu kombinasi dari pekerjaan berikut (*Ingel dan Metcalf, 1977*):

1. Stabilisasi Mekanik
2. Stabilisasi Fisik
3. Stabilisasi Kimiawi

Pada penelitian ini, usaha stabilisasi tanah yang digunakan adalah stabilisasi kimia dengan penambahan zat aditif. Zat aditif yang digunakan yaitu serbuk *gypsum*. Zat aditif tersebut diharapkan akan mampu memperbaiki karakteristik tanah lempung ekspansif di daerah Jalan Simpang Kertajaya, Kecamatan Sumur, Kabupaten Pandeglang.

D. Gypsum

Gypsum sangat cocok digunakan untuk stabilisasi tanah lempung. Karena kadar mineral yang sangat tinggi pada *gypsum* dapat menurangi retak pada tanah tergantikan oleh kalsium sehingga pengembangannya sedikit.

Limbah *gypsum* didapat dari PT. Griya Bintaro Gypsum terdapat di Tangerang. Limbah *gypsum* merupakan sisa hasil dari industri pembuatan profil *gypsum* yang digunakan sebagai hiasan bangunan. *Gypsum* adalah salah satu contoh mineral dengan kadar kalsium yang mendominasi pada mineralnya.

Dalam pekerjaan teknik sipil, manfaat penggunaan *gypsum* antara lain seperti berikut ini (Dalam Yulindasari Sutejo dkk, 2015).

1. *Gypsum* yang dicampur lempung dapat mengurangi retak karena sodium pada tanah tergantikan oleh kalsium pada *gypsum* sehingga pengembangannya lebih kecil.
2. *Gypsum* dapat meningkatkan stabilitas tanah organik karena mengandung kalsium yang mengikat tanah bermateri organik terhadap lempung yang memberikan stabilitas terhadap agregat tanah.
3. *Gypsum* meningkatkan kecepatan rembesan air, dikarenakan *gypsum* lebih menyerap banyak air.
4. *Gypsum* sebagai penambahan kekerasan untuk bahan bangunan.
5. *Gypsum* sebagai salah satu bahan pembuat *Portland Cement*.

Jenis *gypsum* yang sering digunakan adalah jenis *gypsum* Aplus. *Gypsum* ini dapat digunakan untuk plamir, bermanfaat untuk memperbaiki permukaan tembok yang retak, kurang rata, kasar dan berlubang kecil. Ada beberapa jenis *gypsum* yang bisa digunakan sebagai bahan tambah untuk stabilisasi namun

gypsum Aplus ini cocok digunakan sebagai bahan stabilisasi tanah mengingat kandungan kalsium yang tinggi pada *gypsum* ini mampu bereaksi secara maksimal dengan kandungan mineral dalam tanah.

Tabel 1. Komposisi Kimia *Gypsum*

Komposisi Kimia <i>Gypsum</i>	Jumlah (%)
Kalsium Oksida (Cao)	32.57
Kalsium (Ca)	23.28
Air (H ₂ O)	20.93
Hidrogen (H)	2.34
Sulfur (S)	18..62

Sumber : PT. Griya Bintaro *Gypsum*, Tangerang. 2017

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan beberapa tahap, pertama pengujian sifat fisik tanah dan analisa besar butir untuk mengetahui jenis tanah. Selanjutnya melakukan uji pemadatan untuk mengetahui kadar air optimum dan berat isi kering maksimm tanah. Setelah itu melakukan pembuatan benda uji dengan kadar *gypsum* yang ditentukan yaitu 0%, 3%, 6% dan 10%. Setelah pemeraman selesai maka lakukan uji *Californina Bearing Ratio* (CBR), untuk mendapatkan nilai CBR tanah tersebut. Selain uji CBR lakukan juga uji sifat fisik tanah untuk mengetahui pengaruh *gypsum* terhadap sifat fisik tanah.

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. Sifat Fisik Tanah

Berikut adalah hasil pengujian analisa besar butir, Batas Plastis, Batas Cair, Kadar Air, serta Berat Jenis tanah tanpa campuran *gypsum* untuk mengetahui jenis tanah yang diuji:

Tabel 2. Karakteristik Tanah

No	Karakteristik	Nilai
1	Kadar Air	19%
2	Analisa Besar Butir	57 %
3	Berat Jenis	2,692 %
4	Batas Cair	57,82 %
5	Batas Plastis	29,87%
6	Indeks Plastisitas	27,95%

Sumber : Analisis Penulis

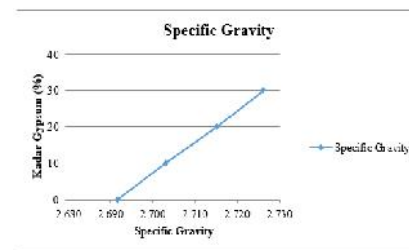
2. Berat Jenis

Berat jenis adalah nilai perbandingan antara berat butir tanah dan berat air dengan volume yang sama pada suhu tertentu. Harga-harga berat jenis tanah berpengaruh terhadap kekuatan tanah, berat sendiri tanah, dan penentu laju sedimentasi, pergerakan partikel air oleh angin.

Tabel 3. Variasi *Gypsum* terhadap Berat Jenis

<i>Gypsum</i> (%)	Gs
0%	2,692
3%	2.703
6%	2.715
10%	2.726

Sumber : Analisis Penulis 2017



Gambar 1. Grafik Hubungan Berat Jenis dan *Gypsum*

Berdasarkan **Gambar 2** grafik diatas merupakan hasil pengujian nilai Berat Jenis berdasarkan persentase *Gypsum* 0%, 3%, 6%, dan 10%. Dari grafik diatas dapat dilihat penambahan *gypsum* menaikkan nilai berat jenis. Dengan variasi 0% di peroleh nilai Gs 2.692, 3% di peroleh nilai Gs 2.703, 6% di peroleh nilai Gs 2.715, dan 10% di peroleh nilai Gs sebesar 2.726.

3. Batas-Batas Atterberg

Pengujian batas atterberg meliputi pengujian batas susut (*shrinkage limit*), batas plastis (*plastic limit*) dan batas cair (*liquid limit*). Di dalam penelitian ini, pengujian batas *atterberg* dilakukan pada tanah asli dan juga pada tanah asli yang telah diberi bahan campuran untuk stabilisasi berupa serbuk *gypsum* sesuai dengan komposisi yang ditentukan. Berikut ini hasil dari pengujian batas *atterberg*:

a. Nilai Batas Cair

Standar pada percobaan untuk batas cair adalah SNI-1967-1990. Kegunaan hasil uji batas cair ini dapat diterapkan untuk menentukan konsistensi perilaku

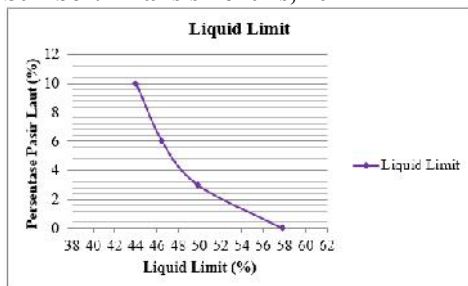
material dan sifatnya pada tanah kohesif, konsistensi tanah tergantung dari nilai batas cairnya. Nilai batas cair dapat digunakan untuk menentukan nilai indeks plastisitas tanah yaitu nilai batas cair dikurangi dengan nilai batas plastis.

Untuk nilai Batas Plastis terhadap persentase *gypsum* dapat dilihat dari Tabel di bawah ini:

Tabel 4. Nilai Batas Cair Terhadap Persentase Gypsum

Liquid Limit	Persentase Kadar Gypsum
57.82%	0%
49.82%	3%
46.47%	6%
44%	10%

Sumber: Analisis Penulis, 2017



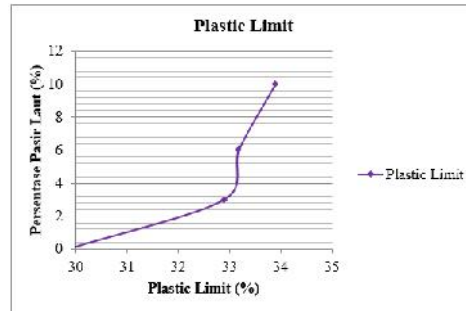
Gambar 2. Grafik hubungan Batas Cair dengan Presentase Gypsum

Pada Gambar dapat disimpulkan bahwa sering dengan semakin banyaknya penambahan *gypsum*, nilai batas plastis tanah mengalami penurunan. Penurunan terjadi karena tanah mengalami sementasi sehingga butiran tanah menjadi lebih besar yang mengakibatkan gaya tarik menarik antar partikel semakin menurun. Penurunan ini menyebabkan partikel tanah mudah lepas dari ikatannya sehingga nilai kohesinya menurun. Penurunan nilai batas cair terbesar pada persentase campuran *gypsum* 10% yaitu 44.

b. Nilai Batas Plastis

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan kadar air suatu tanah pada keadaan batas plastis. Batas Plastis (PL) adalah kadar air dimana suatu tanah berubah dari keadaan plastis ke keadaan semi solid.

Untuk nilai Batas Cair terhadap persentase *Gypsum* pada gambar di bawah ini:



Gambar 3. Grafik Hubungan Nilai Batas Plastis dengan Presentase Gypsum

Pada Gambar 31 grafik diatas merupakan hasil pengujian nilai Batas Plastis berdasarkan persentase *gypsum*. Pada presentase 0%, 3%, 6% dan 10% nilai batas plastis meningkat sebesar 29.87%, 32.90%, 33.18%, 33.90% secara berurutan. nilai *Plastic Limit* (PL) akan meningkat karena penurunan nilai kohesi tanah yang menyebabkan ikatan antar tanah semakin tidak melekat. Sehingga membutuhkan penambahan air untuk setiap penambahan campuran *gypsum* untuk menjadi plastis. Nilai batas plastis terbesar ada pada campuran 10% *gypsum* sebesar 33.10%.

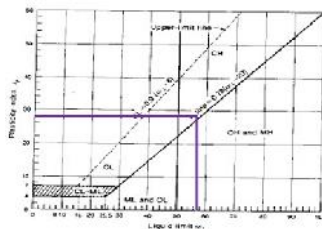
c. Klasifikasi Tanah

Klasifikasi Tanah menurut USCS (*Unified Soil Classification System*) berdasarkan analisis saringan didapatkan tanah lolos saringan No. 200 lebih dari 50% sehingga masuk ke dalam klasifikasi tanah berbutir halus. Simbol dari kelompok ini dimulai dengan huruf awal M untuk lanau (*silt*) anorganik, C untuk lempung (*clay*) anorganik dan O untuk lanau-organik dan lempung-organik. Simbol PT digunakan untuk tanah gambut (*peat*), muck dan tanah-tanah lain dengan kadar organik tinggi. Nilai batas cair (LL) = 57.82% maka $LL > 50\%$, tanah diklasifikasikan sebagai H (plastisitas tinggi) dan Indeks Plastisitas (PI) = 27.95%, tanah tergolong dalam klasifikasi OH (Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi) atau MH (Lanau tak organik, atau pasir halus diatomae atau lanau elastis).

Tabel 5. Klasifikasi tanah butiran halus menurut USCS

Prosedur Klasifikasi	Symbol	Name Jenis
Tanah Butiran Halus (lebih dari 50% lolos pada ayakan No. 200 (0.075 mm))	ML	Lanau tak organik dengan sedikit pasir halus, bubuk-batu, atau pasir halus berlempung dengan sedikit plastis
	CL	Lanau berlempung tak organik dengan plastisitas rendah sampai sedang, lanau berlempung lempung, pasir halus
	OL	Lanau organik atau lanau berlempung organik dengan plastisitas rendah-sedang
	MH	Lempung tak organik, lempung berlempung lanau, pasir halus
	CH	Lempung tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk
	OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang hingga tinggi
	PT	Humus dan tanah dengan kadar organik tinggi

Sumber : Hardiyatmo,1992



Gambar 4. Grafik Hubungan Liquid Limit dan Plasticity Index

Pada penelitian ini, tanah Jalan Simpang Kertajaya, Kecamatan Sumur diklasifikasikan sebagai tanah CH yaitu tanah lempung tak organik dengan plastisitas tinggi.

4. Pemadatan

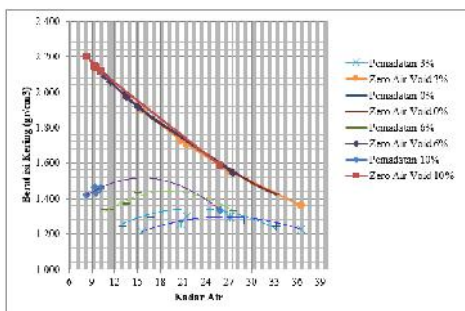
Uji pemadatan bertujuan untuk mengetahui nilai kadar air optimum dan berat isi kering maksimum tanah, berikut adalah hasil uji pemadatan:

Tabel 6. Hasil Pengujian Pemadatan Tiap Variasi

	Gypsum			
	0	3	6	10
γ_{dmax} (gr/cm ³)	1.311	1.341	1.442	1.511
$W_{optimum}$	26.00%	23.10%	20.10%	18.00%

Sumber : Analisis Penulis, 2017

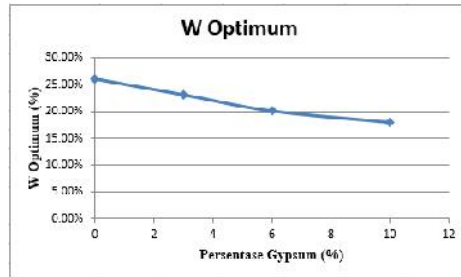
Dari hasil diatas maka dapat dibuat grafik dibawah ini :



Gambar 5. Kurva Hasil Pemadatan Setiap Variasi Gypsum



Gambar 6. Kurva Hasil Berat Volume Kering Setiap Variasi Gypsum



Gambar 7. Kurva Hasil W Optimum Setiap Variasi Gypsum

Berat isi kering optimum semakin meningkat seiring dengan penambahan variasi gypsum karena banyaknya campuran gypsum akan mengakibatkan rongga pada tanah terisi oleh gypsum dan menyebabkan tanah padat sehingga berat isi kering optimum meningkat.

Kadar air optimum menurun karena makin banyak campuran gypsum akan mengakibatkan rongga pada tanah terisi oleh gypsum sedangkan air tidak berpengaruh pada gypsum. Jadi kebutuhan air pada tanah untuk mencapai kemampuan tergantikan oleh campuran gypsum sehingga menimbulkan penurunan kadar air.

5. Dynamic Cone Penetrometer (DCP)

Alat ini digunakan untuk menentukan nilai CBR sub grade, sub base atau base course suatu sistem secara cepat dan praktis. Biasa dilakukan sebagai pekerjaan quality control pekerjaan pembuatan jalan. Alat terdiri dari Konus Baja yang diperkeras, D 20 mm, sudut kemiringan 60°, Palu penumbuk: Berat 8 kg, tinggi jatuh 575 mm, Mistar 100 cm, batang penetrase diameter 16 mm. Alat ini di desain khusus agar mudah di bawa kemanapun juga. Rangkaian alat ini dapat dibongkar pasang dengan mudah dan cepat.

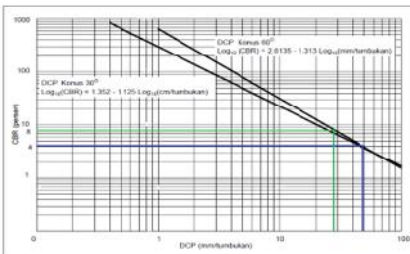
Tabel 7. Data Pengujian DCP

Nomor Pukulan	Nomor DCP			Kumulatif Penetrasi (mm)	DCP (mm/kolokian)	CBR (%)	CBR Ratio-rata (%)
	N0 (mm)	N1 (mm)	Setelah Penetrasi (mm)				
1	0	3.3	3.3	3.3	29.33	6.5	
2	3.3	6.2	2.4	6.2			
3	6.2	8.8	2.6	8.8			
4	8.8	8.9	0.1	8.9	36.20	4.5	
5	8.9	11.8	2.9	11.8			
6	11.8	15	3.2	15			
7	15	18.8	3.8	18.8			
8	18.8	22.5	3.7	22.5			
9	22.5	26.5	4	26.5			
10	26.5	30.1	3.6	30.1	47.42	4.3	2.1
11	30.1	33.9	3.8	33.9			
12	33.9	38.1	4.2	38.1			
13	38.1	44.8	6.7	44.8			
14	44.8	47.9	3.1	47.9			
15	47.9	47.9	0	47.9			
16	47.9	51.1	3.2	51.1			
17	51.1	54.4	3.3	54.4			
18	54.4	58.9	4.5	58.9	47.42	4.3	2.1
19	58.9	63	4.1	63			
20	63	67.4	4.4	67.4			
21	67.4	72.3	4.9	72.3			
22	72.3	78.2	5.9	78.2			
23	78.2	84.3	6.1	84.3			
24	84.3	87	2.7	87			

Sumber : Hasil Analisis, 2017



Gambar 8. Grafik Hubungan Antara Kumulatif Penetrasi dan Jumlah Pukulan



Gambar 9. Grafik Hubungan Antara Nilai CBR dan Nilai DCP

Dari hasil pengujian *Dynamic Cone Penetrometer* pada Jln. Simpang Kertajaya, Kec. Sumur memiliki CBR rata – rata 4%. Berdasarkan **Tabel 8** nilai CBR Jln. Simpang Kertajaya, Kec. Sumur dikategorikan buruk sampai sedang dan dapat digunakan sebagai *subgrade* atau tanah dasar.

Tabel 8. Klasifikasi Tanah Berdasarkan Nilai CBR

CBR	General Rating	Uses	Classification System	
			Unified	AASHTO
0 - 3	Very poor	Subgrade	OH, CH, MH, OL	A5, A6, A7
3 - 7	Poor to fair	Subgrade	OH, CH, MH, OL	A4, A5, A6, A7
7 - 20	Fair	Subbase	OL, CL, ML, SC, SM, SP	A2, A4, A6, A7
20 - 50	Good	Base, sub base	GM, GC, SW, SM, SP, GI	A1b, A2-5, A3, A2-6
>50	Excellent	Base, sub base	GW, GM	A1a, A2-4, A3

Sumber: Braja M. Das, 1995

6. Hasil Pengujian CBR Laboratorium

Uji *Compaction* dengan metode *Standar Proctor*, didapatkan kadar air optimum sampel uji tanah setiap variasi. Nilai kadar air optimum tanah berdasarkan uji *Compaction* ini digunakan untuk pengujian selanjutnya yaitu uji *California Bearing Ratio* dengan metode *Standar Proctor* berdasarkan SNI-1744-2012.

California Bearing Ratio (CBR) adalah beban pada material standar berupa batu pecah di California pada penetrasi yang sama. Percobaan ini dilakukan untuk menilai kekuatan tanah dasar atau bahan lain yang hendak dipakai untuk pembuatan perkerasan. Nilai CBR yang diperoleh kemudian dipakai untuk pembuatan tebal lapisan permukaan yang diperlukan diatas lapisan CBR ditentukan, artinya tebal perkerasan dapat dihitung apabila daya dukung tanah diketahui (nilai CBR tanah dapat diketahui). Berikut hasil nilai CBR Laboratorium:

Tabel 9. Hasil Pengujian CBR (0 Hari)

Komposisi Bahan	Nilai CBR (%)
Tanah Asli	37.352 %
Tanah Asli + Gypsum 3%	38.789 %
Tanah Asli + Gypsum 6%	36.737 %
Tanah Asli + Gypsum 10%	28.938 %

Sumber : Hasil Analisis, 2017

Tabel 10. Hasil Pengujian CBR (3 Hari)

Komposisi Bahan	Nilai CBR (%)
Tanah Asli	45.562 %
Tanah Asli + Gypsum 3%	50.898 %
Tanah Asli + Gypsum 6%	44.741 %
Tanah Asli + Gypsum 10%	57.876 %

Sumber : Hasil Analisis, 2017

Tabel 11. Hasil Pengujian CBR (0 Hari)

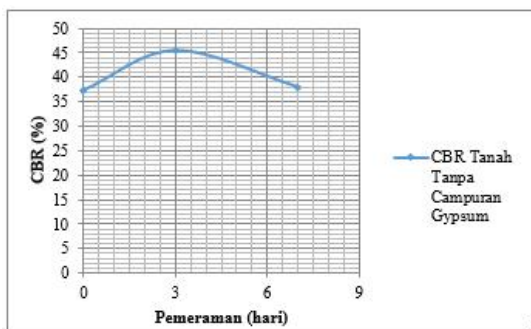
Komposisi Bahan	Nilai CBR (%)
Tanah Asli	37.968 %
Tanah Asli + Gypsum 3%	41.662 %
Tanah Asli + Gypsum 6%	36.942 %
Tanah Asli + Gypsum 10%	41.047 %

Sumber : Hasil Analisis, 2017

Dari tabel diatas hasil pengujian menunjukan bahwa banyaknya penambahan *gypsum* memberikan pengaruh pada peningkatan nilai CBR. Pada persentase *gypsum* 0% dengan lama pemeraman 0 hari didapat nilai CBR 37.352%. Nilai CBR pada persentase 3% dengan lama pemeraman 0 hari merupakan nilai CBR optimum yaitu 38.789%. Nilai CBR mengalami penurunan pada persentase 6% dengan lama pemeraman 0 hari yaitu 36.737%. Nilai CBR pada persentase 10% dengan lama pemeraman 0 hari yaitu 28.938%, semakin banyak kandungan campuran *gypsum* membutuhkan waktu agar dapat bereaksi dengan tanah.

Persentase *gypsum* 0% dengan lama pemeraman 3 hari nilai CBR yaitu 45.562%, nilai CBR terus meningkat pada persentase *gypsum* 3%, dan terjadi penurunan pada persentase *gypsum* 6%, namun pada persentase *gypsum* 10% terjadi peningkatan nilai CBR yang signifikan yaitu sebesar 57.876% disebabkan karena dalam waktu 3 hari campuran *gypsum* pada tanah telah bereaksi.

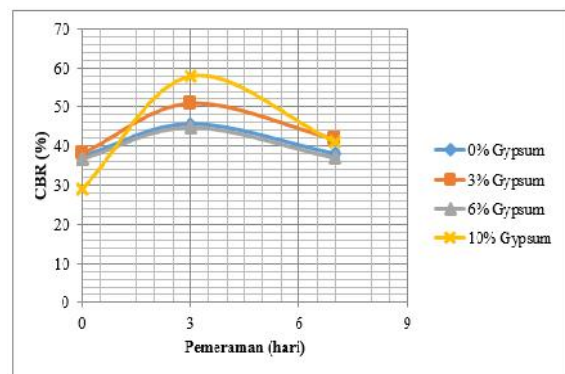
Pada pemeraman 7 hari terjadi penurunan nilai CBR pada semua persentase mulai dari 0%, 3%, 6% dan 10%. Hal ini disebabkan karena semakin lama waktu pemeraman kandungan air akan menguap sehingga menyebabkan tanah menjadi sedikit rapuh. Maka dari itu nilai CBR menurun seiring lama waktu pemeraman.



Gambar 10. Grafik nilai CBR dengan Lama Waktu Pemeraman

CBR yang dipilih pada penetrasi 2,54 mm (0,10 inchi). Jika CBR tanah penetrasi 5,08 (0,20 inchi) lebih besar dari CBR penetrasi 2,54 mm (0,10 inchi), maka pengujian CBR harus diulang sesuai SNI-1744-2012. Setelah diulang, nilai CBR tetap memberikan hasil serupa, CBR pada penetrasi 5,08 mm (0,20 inchi) digunakan. Setelah

pengujian ketiga sampel CBR penetrasi 0,1 inchi lebih besar dari penetrasi 0,2 maka pengujian tidak perlu diulang. Rata-rata nilai CBR untuk sampel ke-1 adalah 37.352%, sampel sebesar ke-2 45.452% dan sampel ke-3 sebesar 37,968%. Djadmiko menjelaskan nilai CBR tanah dasar untuk lapisan perkerasan jalan lentur adalah 9%. Semakin tinggi nilai CBR tanah maka lapisan perkerasan diatasnya akan semakin tipis dan semakin kecil nilai CBR tanah, maka akan semakin tebal lapisan perkerasan diatasnya sesuai beban yang dipikulnya.



Gambar 11. Grafik nilai CBR Semua Variasi Campuran dengan Lama Waktu Pemeraman

Gambar 11 menunjukkan pengaruh lamanya pemeraman terhadap nilai CBR. Pada grafik tersebut terdapat 4 buah kurva, yaitu kurva benda uji 0% *gypsum*, 3% *gypsum*, 6% *gypsum* dan 10% *gypsum*.

Nilai CBR tanah meningkat dengan penambahan campuran *gypsum*. Kenaikan nilai CBR yang lebih besar tiap campuran ini disebabkan tingkat pemadatan yang lebih kuat pada saat pencampuran, namun semua persentase ada pada batas optimumnya dan besaran nilai CBR tiap variasi campuran berbeda. Hal ini disebabkan karena ω optimum yang digunakan adalah ω optimum variasi disetiap campuran. Maka akibatnya nilai optimum CBR bisa terjadi pada tiap variasi campuran. Variasi campuran juga dapat membuat kemampuan antara tanah dan *gypsum* lebih kuat hingga membuat rongga tanah semakin kecil.

Dari grafik diatas juga menunjukan penurunan nilai CBR pada pemeraman selama 7 hari. Penurunan terjadi karena lama pemeraman yang tidak ideal. Hal ini disebabkan pada plastik yang membungkus mold terdapat titik-titik air yang menguap.

Semakin banyak air yang menghilang maka ikatan antar partikelnya semakin melemah, secara visual permukaan tanah pada mold terlihat sedikit lebih rapuh. Hal ini yang mengakibatkan nilai CBR pada pemeraman selama 7 hari menjadi menurun.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian tanah sebelum dan setelah distabilisasi *gypsum* dengan presentase 0%, 3%, 6%, dan 10% dengan pemeraman selama 0 hari, 3 hari dan 7 hari, dapat di simpulkan sebagai berikut:

1. Berdasarkan Sistem USCS jenis tanah pada Jalan Simpang Kertajaya, Kecamatan Sumur, Kabupaten Pandeglang termasuk kedalam kelompok CH yaitu lempung tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung lunak dengan nilai indeks plastisitas (PI) 27.95% dapat dikategorikan sebagai plastisitas tinggi. Tanah kondisi lapangan Jalan Simpang Kertajaya termasuk *poor to fair* dan konsistensi tanahnya adalah *medium*.
2. Dari hasil penelitian, nilai daya dukung CBR laboratorium tanah asli setelah dipadatkan dengan pemeraman 0 hari adalah 37.352% dan dengan lama pemeraman 3 hari adalah 45.562% selanjutnya dengan lama pemeraman 7 hari adalah 37.968%. Sedangkan nilai daya dukung CBR paling optimum terdapat pada persentase *gypsum* 10% dengan pemeraman 3 hari dengan nilai daya dukung CBR sebesar 57.876%.
3. Penambahan *gypsum* pada tanah terhadap sifat fisis tanah menunjukkan adanya peningkatan berat jenis (Gs) sebesar 2,726 untuk persentase *gypsum* 10% dari tanah asli sebesar 2,692. Penurunan juga terjadi pada Indeks Platisitas (PI) seiring bertambahnya persentase *gypsum*, dengan indeks plastisitas pada campuran 10% *gypsum* dengan nilai indeks plastisitas sebesar 10.10% lebih kecil dari nilai indeks plastisitas tanah asli sebesar 27.95%.
4. Lamanya pemeraman dapat mempengaruhi nilai CBR. Persentase yang efektif untuk stabilisasi tanah lempung Jalan Simpang Kertajaya, Kecamatan Sumur, Kabupaten Pandeglang adalah dengan penambahan *gypsum* sebesar 10% dengan pengembangan rendah $IP < 12$.

2. Saran

Setelah melakukan penelitian dan mendapatkan kesimpulan, Penulis menyarankan beberapa hal untuk penelitian selanjutnya. Untuk Pengujian selanjutnya, sebaiknya menambahkan CBR rendaman untuk mengetahui titik jenuh maksimum tanahnya sehingga dapat mengantisipasi apabila tanah di area rawan banjir. Kajian ini dapat dilanjutkan dengan menambahkan campuran material lain selain *gypsum*, berupa bahan campuran lainnya seperti garam, semen, pasir laut dan lain-lain. Kemudian melakukan pengujian CBR dengan penambahan lama pemeraman untuk hasil lebih akurat. Hasil penelitian ini bisa dipakai sebagai acuan apabila ingin melanjutkan dan mengembang-kan penelitian ini

6. DAFTAR PUSTAKA

- Aridyanti, Tika. (2014). Pengaruh Penambahan Limbah Baja (Slag) Pad Tanah Lempung di Daerah Babat Lamongan Terhadap Nilai California Bearing Ratio (CBR) Test
- Berry, Peter L. 1987 An Introduction to Soil Mechanics. England: Mc Graw- Hill Book Company
- Bonar, Rudy (2015). Stabilisasi Tanah Lempung dengan Menggunakan Abu Sawit Terhadap Nilai Kuat Tekan Bebas (Studi Kasus Jalan Desa Cibeulah, Pandeglang)
- Dewi, Ratna (2015) Pengaruh Penambahan Abu Tandan Sawit dan *Gypsum* Terhadap Tanah Lempung Lunak Berdasarkan Pengujian CBR
- Enden Mina¹⁾, Rama Indera Kusuma²⁾, Inten Setyowati Lestari Subowo³⁾ Pengaruh *Fly Ash* Terhadap CBR dan Sifat-Sifat Propertis Tanah. Jurnal Fondasi, Vol 5 No.2 , Oktober 2016
- Hardiyatmo, Hary C. (1992). Mekanika Tanah 1, Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Hardiyatmo, Hary C. (1994). Mekanika Tanah 2, Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Hardiyatmo, Hary C. (2010). Stabilisasi Tanah Untuk Perkerasan Jalan, Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.

- Kurniawan, Vemmy (2014). Pengaruh Penambahan Serbuk *Gypsum* dengan Lamanya Waktu Pemeraman (*Curing*) Terhadap Karakteristik Tanah Lempung Ekspansif Di Bojonegoro.
- Monica Malhotra¹⁾, Sanjeev Naval²⁾, Stabilization of Expansive Soils Using Low Cost Materials
- Rahmadya (2014) Pengaruh Penambahan Bahan Campuran (Dengan *Slag* Baja Dan *Fly Ash*) Pada Tanah Lempung Ekspansif Terhadap Nilai CBR Dan *Swelling*.
- Rama Indera K¹⁾, Enden Mina²⁾, Pasadena Rosa H³⁾. Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Pasir Laut dan Pengaruhnya Terhadap Nilai CBR (*California Bearing Ratio*). Jurnal Fondasi Vol.6, No.2 . Oktober 2017.
- Rama Indera K¹⁾, Enden Mina²⁾, Taufik Rahman³⁾. Stabilisasi dengan Menggunakan *Fly Ash* dan Pengaruhnya Terhadap Nilai Kuat Tekan Bebas. Jurnal Fondasi , Vol.4, No.2, Oktober 2015.
- Rama Indera K¹⁾, Enden Mina²⁾, Achmad Fauzi I³⁾. Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan *Fly Ash* Terhadap Nilai CBR. Jurnal Fondasi Vol.2, No.2 . Oktober 2013.
- Smith, M. J. (1984) Mekanika Tanah. Terjemahan Ir. Elly Madyayanti. Jakarta : Erlangga
- Soedarmo, Djatmiko. (1993). Mekanika Tanah 1, Malang : Kanisius.
- Terzaghi, Karl. (1967). Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa. Terjemahan Ir. Bagus Witjaksono dkk. Jakarta : Erlangga
- Wesley, L.D. (1988). Mekanika Tanah, Jakarta Selatan : Pekerjaan Umum.
- SNI 03-1742-1989, Metode pengujian tentang kepadatan ringan untuk tanah.
- SNI 03-1964-1990, Metode Pengujian tentang berat jenis tanah.
- SNI 03-1965-1990, Metode pengujian tentang kadar air tanah.
- SNI 03-1966-1990, Metode pengujian tentang batas plastis tanah.
- SNI 03-1967-1990, Metode pengujian tentang batas cair tanah.
- SNI 03-1968-1990, Metode pengujian tentang analisis saringan
- <http://www.pu.go.id/satminkal/itjen/peraturan/sni/SNI%2003-1742-1989.pdf>
- <http://www.pu.go.id/satminkal/itjen/peraturan/sni/SNI%2003-1744-1989.pdf>
- <http://www.pu.go.id/satminkal/itjen/peraturan/sni/SNI%2003-1967-1990.pdf>
- <http://www.pu.go.id/satminkal/itjen/peraturan/sni/SNI%2003-1968-1990.pdf>
- <http://www.pu.go.id/satminkal/itjen/peraturan/sni/SNI%2003-3423-1994.pdf>