

Pengaruh Campuran Kapur Terhadap Kepadatan Tanah Lempung Dengan Pengujian CBR

Muhammad Kholish Muwaffa,

Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Balikpapan
kholish2305@gmail.com

Info Artikel	Abstract
<p>Diajukan Diperbaiki Disetujui</p> <p>Keywords: soil bearing capacity, CBR, moisture content</p>	<p><i>It is necessary to conduct research to improve the physical and mechanical properties of clay by adding lime to the soil. This test was conducted to determine the effect of the optimum lime mixture on the cbr value. In this study, the percentage of lime content studied by the author was 5%, 10%, 15%, and 20%. After testing the original soil sample and the mixed soil sample, the cbr value in the original soil was 10.45% at the percentage of lime mixture 5%, 10%, 15% and 20%, the cbr values were 17.6%, 14, respectively. 3%, 14.4%, and 11.3%. This indicates that the large percentage of lime mixture does not guarantee a high cbr value. And the percentage of lime mixture of 5% produces a liquid limit value of 28.92% lower than the original soil of 31.71%. Lime is able to absorb the water content contained in clay soil, thereby increasing the carrying capacity of the soil.</i></p>

Kata kunci: daya dukung tanah, CBR,
Kadar Air.

Abstrak

Perlu dilakukan penelitian untuk memperbaiki sifat fisik dan mekanik tanah lempung dengan menambahkan kapur pada tanah. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh campuran kapur yang optimum terhadap nilai cbr. Pada penelitian ini persentase kadar kapur yang diteliti oleh penulis adalah 5%, 10%, 15%, dan 20%. Setelah dilakukan pengujian sampel tanah asli dan sampel tanah campuran, nilai cbr pada tanah asli adalah 10,45% pada persentase campuran kapur 5%, 10%, 15% dan 20%, nilai cbr masing-masing adalah 17,6%, 14 . 3%, 14,4%, dan 11,3%. Hal ini menunjukkan bahwa persentase campuran kapur yang besar tidak menjamin nilai cbr yang tinggi. Dan persentase campuran kapur 5% menghasilkan nilai batas cair 28,92% lebih rendah dari tanah asli sebesar 31,71%. Kapur mampu menyerap kandungan air yang terkandung dalam tanah liat, sehingga meningkatkan daya dukung tanah.

1. Pendahuluan

Dalam era pembangunan saat ini, infrastruktur jalan menjadi hal yang penting sebagai pembangunan sebuah daerah. Stabilitas dan kekuatan menjadi hal yang wajib diperhatikan dalam pembangunan jalan. Hal ini berkorelasi dengan daya dukung tanah dalam menahan beban di atasnya. Daya dukung tanah merupakan kemampuan tanah untuk memikul tekanan atau beban maksimum yang diizinkan untuk bekerja pada pondasi. Tanah lempung sendiri memiliki nilai daya dukung tanah yang rendah, yakni tingginya tingkat kadar air dan indeks plastisitas yang tinggi dalam tanah sehingga mengurangi nilai kekuatan tanah. Kapur memiliki sifat yang mampu untuk meningkatkan daya dukung tanah. Kemampuan kapur yang mampu menyerap air dapat memberi solusi dalam meningkatkan daya dukung tanah. Dalam penelitian kali ini penulis akan melakukan pengujian pengaruh kapur dalam proses pemadatan tanah dengan persentase tertentu. Diharapkan setelah dicampurkannya kapur sensitivitas tanah lempung terhadap air semakin rendah dan dapat digunakan sebagai penopang konstruksi jalan raya.

Berikut merupakan rumusan masalah yang dirumuskan penulis :

1. Bagaimana pengaruh campuran kapur terhadap pemadatan tanah lempung?
2. Berapa persentase campuran kapur yang paling optimal terhadap daya dukung tanah?
3. Berapa persentase campuran kapur yang optimum terhadap nilai CBR?

Adapun Tujuan Penelitian yang berusaha dijawab oleh penulis :

1. Mengetahui pengaruh campuran kapur terhadap pemadatan tanah lempung.
2. Mengetahui persentasi campuran kapur yang optimum terhadap pemadatan tanah lempung.

3. Mengetahui persentase campuran kapur optimum terhadap nilai CBR.

2. Studi pustaka

2.1. Tanah

Tanah dalam bidang teknik sipil memiliki peran yang sangat penting, keberadaan tanah dalam sebuah pekerjaan konstruksi memiliki peran yang signifikan. Dalam pengertian teknik secara umum, menurut Das (1995) tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong di antara partikel-partikel padat tersebut).

2.2 Klasifikasi Tanah

Dalam ilmu mekanika tanah terdapat dua sistem klasifikasi yang umum dikelompokkan . kedua sistem tersebut memperhitungkan distribusi ukuran butiran dan batas-batas Atterberg, sistem-sistem tersebut adalah :

- a. Sistem Klasifikasi *American Association of State Highway and Transportation Official (AASHTO)* Sistem ini dikembangkan pada tahun 1929 sebagai *Public Road Administrasion Classification System*. Sistem ini telah mengalami beberapa perbaikan, yang berlaku saat ini adalah yang diajukan oleh *Commite on Classification of Material for Subgrade and Granular Type Road of the Highway Research Board* pada tahun 1945 *American Society for Testing and Materials (ASTM)* Standar No. D-3282, AASHTO model M105).

Tabel 2.1 Tabel Klasifikasi AASHTO

Klasifikasi Umum	Tanah berbutir (35 atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No. 200)						Tanah lian-lemung (lebih dari 35% dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No. 200)				
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7 A-7.1 * A-7.2 *
	A-1a	A-1b	A-2.4	A-2.5	A-2.6	A-2.7					
Ambilasi ayakan (% lolos)											
No. 10	≤ 50	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
No. 40	≤ 30	≤ 30	≤ 51	...	...	...	...	...	...	...	...
No. 200	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≥ 36	≥ 36	≥ 36	≥ 36
Sifat dalam yang lolos ayakan No. 40 batas cur (LL) Indeks elastisitas (PI)	...	...	NP	≤ 41 ≤ 10	≥ 41 ≤ 10	≤ 40 ≥ 11	≥ 40 ≥ 11	≤ 40 ≤ 10	≤ 41 ≤ 10	≤ 40 ≥ 11	≥ 41 ≥ 11
Tipe material yang paling dominan	Batu pecah, kerikil dan pasir		Pasir halus		Kerikil dan pasir yang berlanas atau berlemung				Tanah berlanas		Tanah berlemung
Perilaku sebagai bahan dasar tanah			Batu serpih smpai baik						sedang sampai jelek		

2.3 Tanah Lempung

Tanah lempung merupakan tanah yang memiliki kadar air yang tinggi, yang menyebabkan tanah lempung memiliki tingkat kepadatan dan daya dukung tanah yang rendah. Terzaghi (1987) mendefinisikan tanah lempung merupakan tanah dengan ukuran mikrokonis sampai dengan sub mikrokonis yang berasal dari pelapukan unsur-unsur kimiawi penyusun batuan. Tanah lempung memiliki kemampuan permeabilitas tanah yang rendah. Pada saat kondisi kering tanah lempung akan menjadi sangat keras namun dalam kondisi basah tanah lempung akan menjadi lengket dan sangat lunak.

2.4 Kapur

Kapur sebagai bahan pematatan guna stabilisasi tanah mulai sering digunakan. Kapur sendiri dinilai memiliki kemampuan dan reaksi yang baik terhadap tanah lempung. Menurut Suhardi dkk (2017), Kapur dihasilkan dari pembakaran Kalsium Karbonat (CaCO₃) atau batu kapur alam (natural limestone) dengan pemanasan 9800C karbondioksida dilepaskan sehingga tinggal kapurnya saja (CaO). Menurut M. Suherman (2002) reaksi kapur dengan tanah dinilai mampu menaikkan daya dukung tanah yakni :

- Absorpsi air, berakibat turunnya persentase kandungan air dalam tanah.
- Pertukaran ion, berakibat meningkatnya kekuatan konsistensi tanah.

- Reaksi pozzolan, menyebabkan tanah menjadi lebih keras.

2.5 Uji Analisa Ringan

Metode ini dimaksudkan sebagai pegangan dalam pemeriksaan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat halus dan agregat kasar dengan menggunakan saringan. Tujuan pengujian ini ialah untuk memperoleh distribusi besaran atau jumlah persentase butiran baik agregat halus maupun agregat kasar. Distribusi yang diperoleh dapat ditunjukkan dalam table atau grafik. Analisis saringan agregat ialah penentuan persentase berat butiran agregat yang lolos dari satu set saringan kemudian angka-angka persentase digambarkan pada grafik pembagian butir.

2.6 Uji Kadar Air

Uji kadar air bertujuan dapat mengetahui sifat-sifat fisik, mekanik dan Kadar air tanah adalah konsentrasi air dalam tanah yang biasanya dinyatakan dengan berat kering. Kadar air pada kapasitas lapang adalah jumlah air yang ada dalam tanah sesudah kelebihan air gravitasi mengalir keluar dan dengan nyata, biasanya dinyatakan dengan persentase berat. Kadar air pada titik layu permanen adalah yang dinyatakan dengan persentase berat kering.

2.7 Uji Atterberg Limit

Konsistensi dan plastisitas tanah disebut juga sebagai batas – batas Atterberg (Atterberg Limit). Batas – batas Atterberg ini hanya berlaku untuk tanah – tanah kohesif misalnya jenis tanah lempung. Batas – batas konsistensi ada tiga macam yaitu : Batas cair (Liquid Limit), Batas Plastis (Plastic Limit), dan Batas Susut (Shrinkage Limit).

2.8 Uji Pemadatan Tanah

Untuk menentukan hubungan kadar air dan berat volume, dan untuk mengevaluasi tanah agar memenuhi persyaratan kepadatan, Maka umumnya dilakukan pengujian pemadatan. Proctor (1933) telah mengamati bahwa ada hubungan yang pasti antarakadar air dan berat volume kering tanah padat. Untuk berbagai jenis tanah. Hubungan berat volume kering (γ_d) dengan berat volume basah (γ_b) dan kadar air (w).

2.9 Uji CBR (*California Bearing Ratio*)

Pengujian CBR adalah perbandingan antara beban penetrasi suatu bahan terhadap bahan standar dengan kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama. Nilai CBR dihitung pada penetrasi sebesar 0.1 inci dan penetrasi sebesar 0.2 inci dan selanjutnya hasil kedua perhitungan tersebut dibandingkan sesuai dengan SNI 03-1744-1989 diambil hasil terbesar. Penentuan nilai CBR yang biasa digunakan untuk menghitung kekuatan pondasi jalan adalah penetrasi 0,1" dan penetrasi 0,2", yaitu dengan rumus sebagai berikut:

Nilai CBR pada penetsai 0,1" = $A/3000 \times 100\%$

Nilai CBR pada penetsai 0,2" = $B/4500 \times 100\%$

Dimana:

A = pembacaan dial pada saat penetrasi 0,1"

B = pembacaan dial pada saat penetrasi 0,2"

2. Metodologi Penelitian

3.1 Jenis Penelitian

Pada penelitian kali ini penulis mengangkat penelitian yang bersifat eksperimen. Eksperimen ini merupakan pengujian yang dilakukan dengan mencampurkan tanah

dengan kapur. Sampel tanah kemudian diuji dengan pengujian laboratorium yakni California Bearing Ratio untuk mengetahui efek dari campuran kapur terhadap benda uji.

3.2 Benda Uji

1. Tanah

Sampel tanah yang diuji pada pengujian kali ini merupakan tanah lempung dengan tingkat plastisitas tinggi yang berasal dari Jalan Mukmin Faisal, Sepinggian tembusan STT Migas Balikpapan sampel tanah sebelum diuji akan dijemur terlebih dahulu agar memudahkan saat melakukan proses penyaringan.

2. Kapur

Kapur yang digunakan pada penelitian kali ini merupakan kapur padam CaOH_2 . Kapur yang digunakan adalah kapur padam dengan merk Sinka.

3. Air

Air yang digunakan berasal dari Laboratorium Uji Tanah Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Balikpapan.

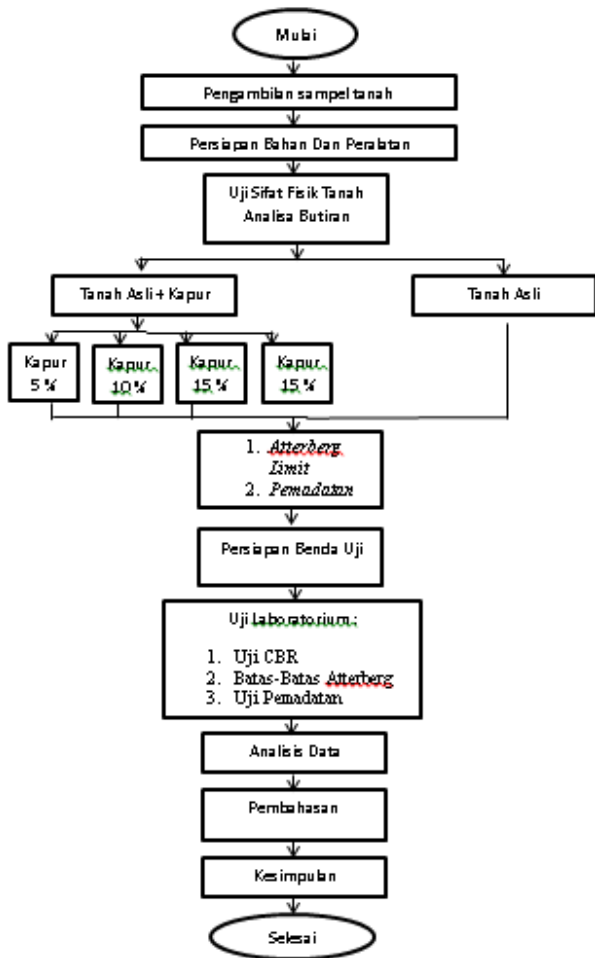
3.3 Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian kali ini merupakan alat-alat dari Uji Analisis Saringan, Uji Kadar Air, Uji Batas-Batas Atterberg, Uji Pemadatan Tanah, dan Uji CBR. Peralatan pengujian merupakan fasilitas yang terdapat di Laboratorium Uji Tanah Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Balikpapan.

3.4 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Balikpapan Jl. Soekarno Hatta

3.5 Alur Penelitian



Gambar 3.1 Alur Penelitian

4. Hasil dan Pembahasan

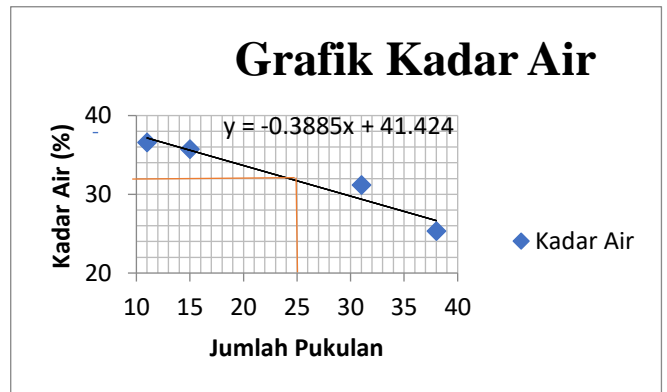
4.1 Uji Kadar Air Tanah Asli

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan maka didapatkan nilai rata-rata kadar air pada nilai 24,22% dari berat tanah yang diuji.

No. Container	Satuan	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Sampel 4
Cawan (W1)	gr	12.78	13.16	12.9	12.84
Cawan + Tanah Basah (W2)	gr	22.21	29.94	27.29	29.78
Cawan + Tanah Kering (W3) grm	gr	20.37	26.87	24.39	26.39
Berat Tanah Basah, (Wtb) = W2-W1	gr	9.43	16.78	14.39	16.94
Berat Tanah Kering (Ws) = W3-W1	gr	7.59	13.71	11.49	13.55
Berat Air (Ww) = Wtb-Ws	gr	1.84	3.07	2.9	3.39
Perhitungan Kadar Air = (Ww/Ws) x 100%	%	24.24	22.39	25.24	25.02
Rata-rata kadar air (%)	%	24.22			

Tabel 4.1 Tabel Uji Kadar Air Tanah Asli

4.2 Uji Atterberg Limit Tanah Asli



Gambar 4.1 Grafik Kadar Air

Berdasarkan pengujian Atterberg Limit yang dilakukan pada sampel tanah asli. Pada pengujian Batas Cair (LL) dilakukan pengujian sebanyak 4 sampel didapatkan nilai LL sebesar = 31,71 %. Lalu pada pengujian Batas Plastis (PL) didapatkan nilai PL sebesar 25,15 %. Yang menghasilkan nilai PI = 6,56 %

4.3 Uji Analisa Saringan

Berdasarkan hasil yang didapatkan pada tabel tersebut, persentase tanah yang lolos saringan No. 200 sebesar 35,66 % .

No Saringan	Diameter (mm)	Lolos (gr)	Lolos (%)	Tertahan (gr)	Tertahan (%)
4	4,750	358.9	71.78	141.1	28.22
10	2,000	241.3	48.26	117.6	23.52
20	0,850	215.2	43.04	26.1	5.22
40	0,425	197.6	39.52	17.6	3.52
80	0,180	196.8	39.36	0.8	0.16
120	0,125	188.6	37.72	8.2	1.64
200	0,075	178.3	35.66	10.3	2.06
pan	0	2.9	0.58	175.4	35.08
Terbuang		0		2.9	0.58
Total		1579.6		500	100

Tabel 4.2 Uji Analisa Saringan

4.4 Klasifikasi Tanah

Metode klasifikasi AASHTO merupakan metode klasifikasi yang membutuhkan data dari pengujian Atterberg Limit dan Uji Analisa Saringan. Berdasarkan data yang didapatkan dari dua pengujian tersebut yakni nilai nilai :

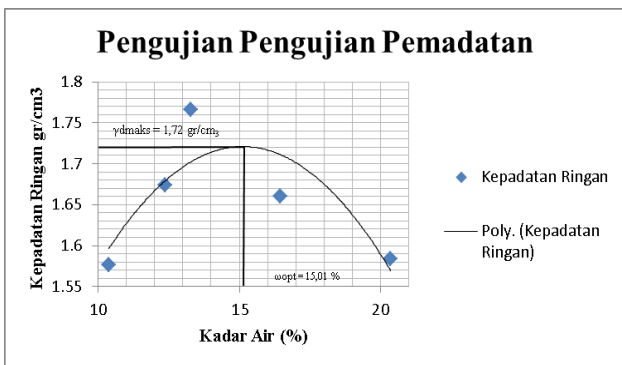
- Plasticity Index = 6,56
- Liquid Limit = 31,71

- Lolos Saringan No. 200 = 35,66 %

Metode klasifikasi tanah yang diterapkan pada klasifikasi tanah adalah metode AASHTO yang memerlukan data dari pengujian analisa saringan dan atterberg limit. Berdasarkan data pada tabel tersebut maka tanah yang diuji masuk dalam jenis A-5 atau tanah lanau yang memiliki penilaian sedang sampai jelek.

4.5 Uji Pemadatan Tanah Asli

Uji pemadatan tanah asli merupakan pengujian untuk mengetahui nilai kepadatan ringan maksimum. Dapat dilihat pada grafik dibawah ini.

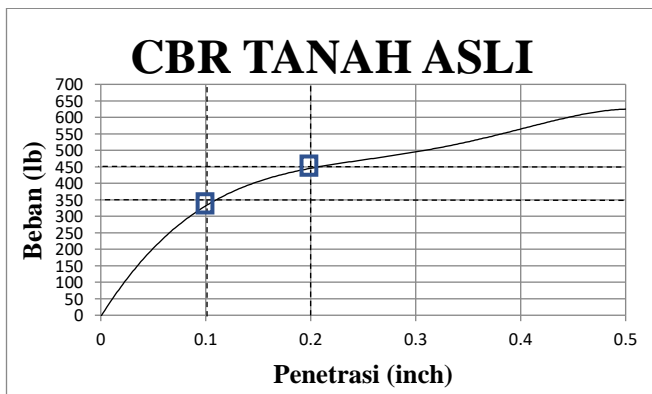


Gambar 4.2 Grafik Nilai Kepadatan Ringan

Berdasarkan grafik diatas didapatkan nilai kepadatan ringan sebesar 1,72 gr/cm³ dan ωopt 15,01 %.

4.6 Uji CBR Tanah Asli

Berikut merupakan data hasil pengujian CBR tanah asli:



Gambar 4.3 Grafik Nilai CBR Tanah Asli

Berdasarkan tabel dan grafik di atas maka nilai cbr yang didapatkan pada penetrasi 0,1 dan 0,2 inch :

$$336,067/3000 \times 100 = 11,202 \%$$

$$437,668/4500 \times 100 = 9,725 \%$$

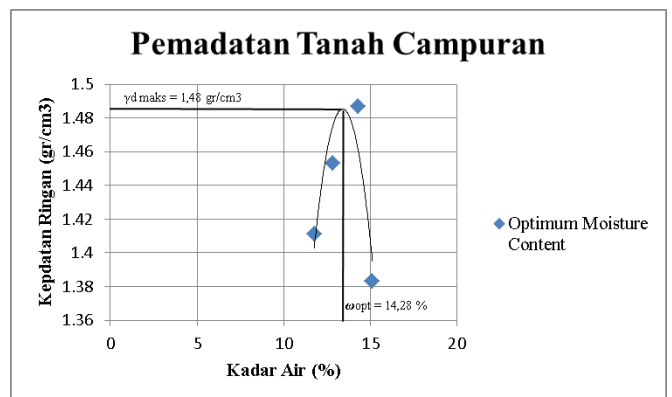
Dari dua nilai pada perhitungan di atas maka didapatkan nilai CBR sebesar = 10,46 %

4.7 Uji Atterberg Limit Tanah Campuran

Pengujian yang dilakukan untuk mengetahui apakah tanah tersebut plastis atau tidak adalah pengujian batas-batas Atterberg yang akan menghasilkan nilai indeks Plastisitas. Setelah dilakukan pengujian dengan tanah tersubstitusi maka didapatkan nilai PI dari masing masing persentase campuran kapur yakni.

- 5% = 8,75
- 10% = 4,44
- 15% = 5,41
- 20% = 13,86

4.8 Uji Pemadatan



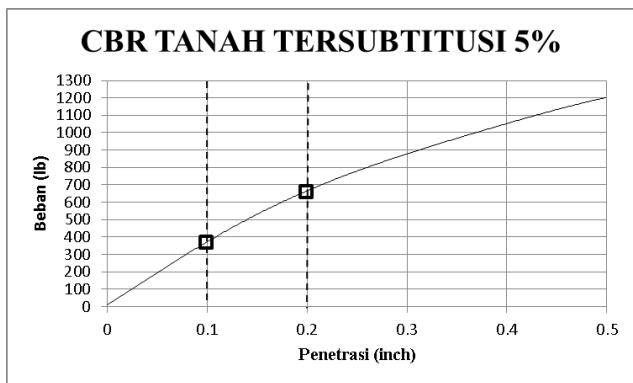
Gambar 4.4 Grafik Pemadatan Campuran

Berdasarkan grafik diatas dengan persentase air 14% dan campuran kapur sebesar 5%, 10%, 15% dan 20%. Berdasarkan bacaan grafik tersebut didapatkan nilai ωopt sebesar 14,2% dan nilai γdry sebesar 1,48 gr/cm³.

4.9 Uji CBR Tanah Campuran

Berikut merupakan hasil pengujian CBR tanah tersubstitusi kapur yang dilakukan pada empat persentase campuran kapur sebesar 5 %, 10 %, 15 %, dan 20 %.

4.9.1 CBR Tersubstitusi 5%



Gambar 4.5 Grafik Tanah Tersubstitusi Kpur 5%

Kapur 5%

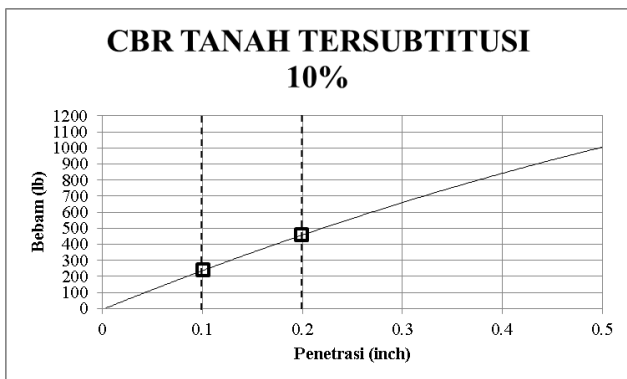
$$\frac{\text{pembacaan arloji} \times \text{kalibrasi}}{3000} \times 100\% = \frac{366,9}{3000} \times 100\% = 12,23\%$$

$$\frac{\text{pembacaan arloji} \times \text{kalibrasi}}{4500} \times 100\% = \frac{671,3}{4500} \times 100\% = 14,91\%$$

Nilai CBR = 13,57%

Pada campuran kapur sebesar 5 % didapatkan nilai CBR sebesar 13,57 %.

4.9.2 CBR Tersubstitusi 10%



Gambar 4.6 Grafik Tanah Terssubtitui Kapur 10%

Kapur 10%

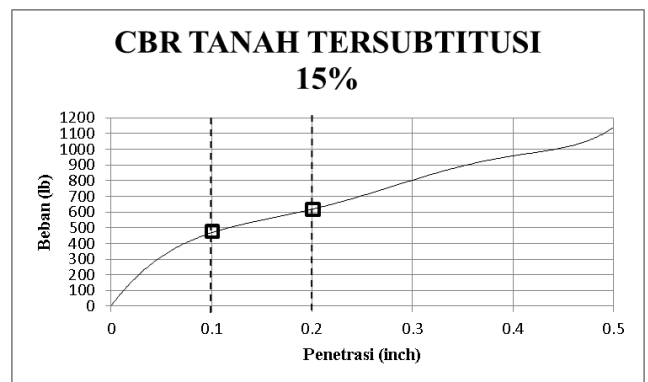
$$\frac{\text{pembacaan arloji} \times \text{kalibrasi}}{3000} \times 100\% = \frac{226,3}{3000} \times 100\% = 7,54\%$$

$$\frac{\text{pembacaan arloji} \times \text{kalibrasi}}{4500} \times 100\% = \frac{468,3}{4500} \times 100\% = 10,4\%$$

Nilai CBR = 8,97 %

Pada campuran kapur sebesar 10 % didapatkan nilai CBR sebesar 8,97 %.

4.9.3 CBR Tersubstitusi 15%



Gambar 4.7 Grafik Tanah Tersubstitusi Kapur 15%

Kapur 15%

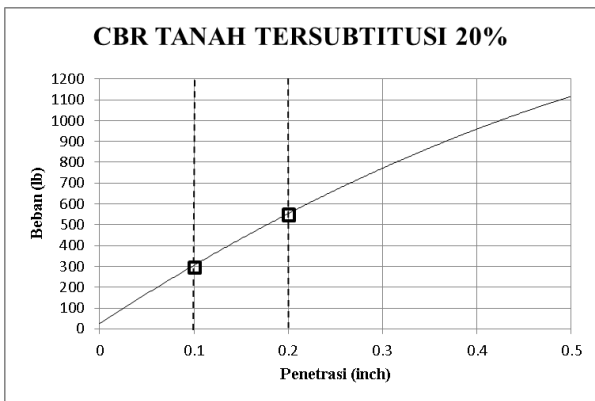
$$\frac{\text{pembacaan arloji} \times \text{kalibrasi}}{3000} \times 100\% = \frac{465,6}{3000} \times 100\% = 15,5\%$$

$$\frac{\text{pembacaan arloji} \times \text{kalibrasi}}{4500} \times 100\% = \frac{620,8}{4500} \times 100\% = 13,79\%$$

Nilai CBR = 14,65 %

Pada campuran kapur sebesar 15 % didapatkan nilai CBR sebesar 14,65 %.

4.9.4 CBR Tersubstitusi 20%



Gambar 4.8 Grafik Tanah Tersubstitusi Kapur 20%

Kapur 20%

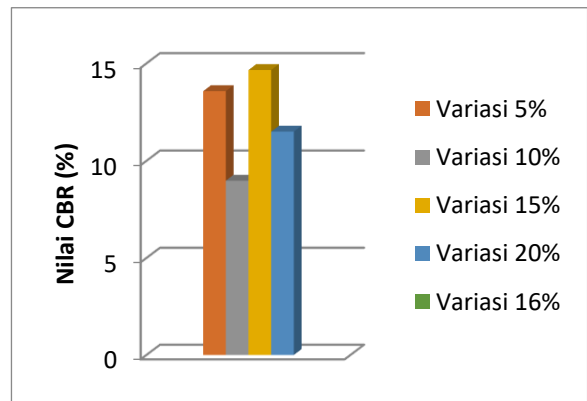
$$\frac{\text{pembacaan arloji} \times \text{kalibrasi}}{3000} \times 100\% = \frac{310,4}{3000} \times 100\% = 10,2\%$$

$$\frac{\text{pembacaan arloji} \times \text{kalibrasi}}{4500} \times 100\% = \frac{569,1}{4500} \times 100\% = 12,5\%$$

Nilai CBR = 11,49%

Pada campuran kapur sebesar 20 % didapatkan nilai CBR sebesar 11,49 %. Berdasarkan empat data persentase diatas didapatkan nilai CBR tertinggi sebesar 14,65 % pada persentase campuran kapur sebesar 15%. Dapat dilihat terdapat perbedaan bentuk grafik nilai maksimum γ_{dry} dan nilai CBR yang tidak berkorelasi. Menurut Annisa (2016) hal ini dapat disebabkan oleh pencampuran benda uji yang tidak merata. Selain itu pengaruh waktu pengujian benda uji juga dapat mempengaruhi hasil pengujian.

Berikut merupakan gambar grafik perbandingan CBR tanah campuran :



Gambar 4.9 Grafik Barchart nilai CBR

5. Penutup

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan pada tanah asli dan tanah tersubstitusi dengan kapur gamping, maka diperoleh beberapa kesimpulan :

1. Berdasarkan klasifikasi tanah dengan menggunakan metode AASHTO maka tanah yang diuji masuk ke tanah lempung.
2. Nilai γ_{dry} maksimum yang digunakan untuk pemadatan ialah sebesar 1,48 gr/cm³ pada persentase campuran kadar air sebesar 14% (350ml) dan campuran kapur sebesar 10% (250 gr).
3. Berdasarkan pengujian CBR dengan tanah asli didapatkan nilai CBR tanah asli sebesar 10,45 %.
4. Berdasarkan pengujian CBR dengan tanah tersubstitusi kapur dengan presentase 5% didapatkan nilai CBR sebesar 13,5 %.
5. Berdasarkan pengujian CBR dengan tanah tersubstitusi kapur dengan presentase 10% didapatkan nilai CBR sebesar 8,97 %.
6. Berdasarkan pengujian CBR dengan tanah tersubstitusi kapur dengan presentase 15% didapatkan nilai CBR sebesar 14,65 %.
7. Berdasarkan pengujian CBR dengan tanah tersubstitusi kapur dengan presentase 20%

didapatkan nilai CBR sebesar 11,49 %.

8. Jika dianalisa dari keempat presentase campuran kapur diatas mengindikasikan bahwa semakin besar presentase pertambahan kapur tidak menjamin nilai CBR yang tinggi.

5.2 Saran

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan pada tanah lempung tersubstitusi kapur , untuk penelitian selanjutnya mengenai campuran kapur terhadap tanah lempung disarankan beberapa hal untung dipertimbangkan yakni :

1.Untuk mengetahui tingkat efektifitas dari campuran kapur gamping terhadap tanah lempung perlu diteliti lebih lanjut untuk tanah di daerah lain dengan menggunakan campuran yang sama, sehingga akan diketahui nilai perbandingan terhadap pengaruh campuran kapur gamping.

2.Untuk presentase campuran kapur pada pengujian CBR pada penelitian berikutnya dapat dilakukan dengan memperkecil lingkup variasi presentase campuran kapur mulai dari 5-10% saja, hal ini dilakukan untuk mengetahui kadar kapur yang optimum untuk menghasilkan nilai CBR yang baik.

Daftar Pustaka

- [1] Anonim (1990), SNI 03-1965-1990 Tentang *Uji Kadar Air*, Jakarta: Dinas Pekerjaan Umum.
- [2] Anonim (1990), SNI 03-1968-1990 Tentang *Uji Analisis Saringan*, Jakarta: Dinas Pekerjaan Umum.
- [3] Anonim (2008), SNI 1742:2008 Tentan *Uji Pemadatan Tanah*, Jakarta: Dinas Pekerjaan Umum.

[4] Anonim (2012), SNI 1744:2012 Tentang *Uji CBR (California Bearing Ratio)*, Dinas Pekerjaan Umum, Nasional.

[5] Anonim (2008), SNI 1966:2008 *Uji Batas-Batas Atterberg*, Jakarta: Dinas Pekerjaan Umum.

[6] Das, B. M. (1995). *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Erlangga, Jakarta.

[7] Hardiyatno, H. C. (1992). *Mekanika Tanah 1*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.

[8] Hardiyatno, H. C. (1992). *Mekanika Tanah 2*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.

[9] Ranggaesa, M.K., Zaika, Y, dan Suroso., (2017). *Pengaruh Penambahan Kapur Terhadap Kekuatan dan Pengembangan (Swelin) Pada Tanah Lempung Ekspansif Bojonegoro*. Jurnal Mahasiswa Fakultas Teknik Sipil Universitas Brawijaya.

[10] Soehardi, Fitridawati., Lubis, Fadrizal., Putri, Lusi, D., (2017). *Stabilisasi Tanah Dengan Variasi Penambahan Kapur dan Waktu Pemeraman*.

[11] Suherman, M. (2002). *Pengaruh Kapur Terhadap Sifat Tanah Lempung Pada Stabilisasi*. Jakarta: Dinas Pekerjaan Umum.

