

PERUBAHAN NILAI CBR PADA TANAH LEMPUNG AKIBAT PENAMBAHAN ZEOLITE, GARAM (NaCl), DAN KAPUR (CaO) *Change in CBR Value in Clay Due to Addition of Zeolite, Salt (NaCl), and Lime (CaO)*

Yandi Nur Huda*, Fatma Sarie*, Suradji Gandi*

*Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya,
Jl. Yos Sudarso Palangka Raya

Email : yandinh5@gmail.com, fatmasarie@jts.upr.ac.id, suradjigandi_ir@jts.upr.ac.id

Abstrak

Dalam berbagai pembangunan konstruksi ada beberapa kesulitan dapat ditemui, diantaranya kondisi tanah yang tidak mendukung untuk dijadikan sebagai dasar pekerjaan konstruksi. Tanah lempung umumnya memiliki nilai CBR yang rendah, sehingga bisa dikatakan tanah lempung memiliki sifat yang kurang baik untuk dijadikan sebagai tanah dasar. Survei yang telah dilakukan di Desa Tangkahen, Kabupaten Pulang Pisau, Provinsi Kalimantan Tengah. Di sekitar daerah tersebut didominasi tanah lempung dengan daya dukung yang rendah, dan mengakibatkan beberapa ruas jalan di atasnya retak, dan berlobang. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui sifat fisik dan mekanik tanah asli di Desa Tangkahen dan mengetahui perubahan nilai CBR setelah ditambah campuran Zeolite, garam (NaCl), dan Kapur (CaO). Pengolahan data dimulai pada bulan Mei 2021 di laboratorium Mekanika Tanah Jurusan/Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya, dengan melakukan pengujian sifat fisik tanah asli dan pengujian sifat mekanik tanah dengan pengujian CBR. Hasil pengujian sifat fisik tanah, klasifikasi AASHTO tanah tergolong kelompok A-7-6 (7), klasifikasi USCS tanah tergolong kelompok CL, yaitu tanah lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai sedang. Untuk pengujian CBR, persentase nilai CBR rencana sampel tanah asli didapat 2,80%. Tanah dengan campuran Zeolite, garam (NaCl), dan Kapur (CaO) variasi 2%, 6%, 8%, 10% dengan pemeraman 3 hari mengalami peningkatan nilai CBR rencana sebesar 4,60%, 5,90%, 6,70%.

Kata kunci : Tanah lempung, CBR, Zeolite, Garam, Kapur.

PENDAHULUAN

Dalam berbagai pembangunan konstruksi ada beberapa kesulitan dapat ditemui, diantaranya ialah kondisi tanah yang tidak mendukung untuk dijadikan sebagai dasar dari suatu pekerjaan konstruksi. Suatu konstruksi akan berdiri dengan tegak bila tanah dasar dibawahnya cukup kuat untuk mendukungnya. Oleh karena itu dibutuhkan tanah yang benar-benar stabil agar tanah tersebut mampu mendukung bangunan yang ada di atasnya.

Tanah lempung umumnya memiliki nilai CBR yang rendah, sehingga bisa dikatakan tanah lempung memiliki sifat yang kurang baik. Seperti pada Desa Tangkahen, Kabupaten Pulang Pisau, Provinsi Kalimantan Tengah. Daerah tersebut didominasi dengan tanah lempung yang memiliki daya dukung rendah dan mengakibatkan beberapa ruas jalan di daerah tersebut rusak. Stabilisasi tanah biasanya dipilih sebagai alternatif dalam perbaikan tanah. Pada umumnya dilakukan dengan mencampur tanah dengan jenis tanah lain sehingga gradasi yang diinginkan bisa didapatkan. Selain itu pencampuran tanah juga dapat dilakukan dengan menggunakan bahan-bahan buatan pabrik atau bahan kimia agar sifat-sifat teknis tanah bisa lebih baik.

Mahyuddin dan Willianto (2004) menyimpulkan bahwa penambahan garam pada campuran tanah lempung dan kapur dapat memperbaiki sifat fisik tanah dan meningkatkan nilai CBR, karena dapat meningkatkan kepadatan tanah. Sedangkan *zeolite* merupakan mineral industri multiguna, salah

satunya sebagai bahan campuran stabilitas jika di campur dengan tanah. *Zeolite* dapat memperbaiki sifat tanah dikarenakan *Zeolite* dapat mengikat partikel tanah dan bermanfaat sebagai usaha untuk mendapatkan massa tanah yang kokoh sehingga tanah memiliki daya dukung yang baik (Nurheni, 2017). Pada penelitian ini bahan yang digunakan untuk stabilisasi yaitu *zeolite*, garam (NaCl), dan kapur (CaO) sebagai campuran perbaikan tanah lempung.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis sifat fisik tanah lempung dan mengetahui pengaruh dari penambahan *zeolite*, garam (NaCl), dan kapur (CaO) pada tanah lempung dengan variasi persentase campuran *zeolite* dan kapur 6%, 8%, 10%, dan persentase garam masing-masing 2%, dengan waktu pemeraman 3 hari. Sehingga dapat mengetahui perubahan nilai CBR tanah lempung sebelum dan sesudah diberikan bahan tambah.

TINJAUAN PUSTAKA

Alfian, et al (2015), hasil dari penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa nilai CBR tanah asli rendaman didapat 0,87% dan penambahan zeolite dapat menaikkan nilai CBR tanah lempung. Untuk hasil nilai CBR terbaik didapat pada penambahan zeolite 14% yang menggunakan pemadatan modified dengan pemeraman 14 hari dan perendaman 4 hari yaitu sebesar 2,78%. Hal ini dikarenakan pengaruh zeolite yang dapat mengikat partikel tanah lempung. Jadi, semakin banyak campuran zeolit maka semakin naik pula daya dukung tanahnya. Akan tetapi, nilai CBR pada penelitian ini tidak dapat digunakan sebagai subgrade pada konstruksi jalan karena nilai CBRnya $\leq 6\%$.

Garam atau natrium klorida merupakan senyawa kimia dengan rumus molekul NaCl. Bowles (1986) menyatakan larutan garam merupakan suatu elektrolit yang mempunyai gerakan brown dipermukaan yang lebih besar dari gerakan brown pada air murni sehingga bisa menurunkan air, dan larutan ini bisa menambah kohesi antara larutan partikel kapur dengan larutan partikel tanah lempung ekspansif sehingga ikatan partikel menjadi lebih rapat. Penambahan garam yang optimum berkisar antara 1,50% sampai 2 %, lebih dari 2 % garam cenderung menurunkan daya dukung tanah liat (Osula, 1993).

Aryanto, et al (2021) menyimpulkan bahwa dengan penambahan kapur tohor atau (CaO) dapat menaikkan nilai CBR tanah lempung. Pada penelitian yg telah dilakukan menunjukkan nilai CBR terbesar terjadi pada variasi penambahan kapur tohor sebesar 8% dengan waktu pemeraman 24 hari dengan nilai CBR sebesar 27,95%. Hal ini disebabkan karena campuran tanah dengan kapur tersebut telah memadat, rongga antar partikel tanah juga padat, sehingga kekuatan tanah pun meningkat. Dapat dilihat bahwa penambahan kapur tohor pada tanah lempung dapat memberikan peningkatan pada nilai CBR.

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini menggunakan metode eksperimen untuk mengetahui sifat fisik tanah asli dan efektivitas penambahan *Zeolite*, Garam (NaCl), dan Kapur (CaO) sebagai bahan alternatif stabilisasi tanah lempung terhadap nilai kepadatan dan nilai CBR. Penelitian ini terdiri dari tahapan-tahapan sebagai berikut:

Pengambilan Sampel Tanah

Pengambilan sampel tanah dilakukan di Desa Tangkahan, Kabupaten Pulang Pisau, Provinsi Kalimantan Tengah, pada tanggal 22 Mei 2021. Sampel tanah yang diambil ada dua macam, yaitu tanah tidak terganggu (*undisturbed soil*) dan tanah terganggu (*disturbed soil*).

Pengujian Sifat Fisik Tanah

Pengujian sifat fisik tanah lempung bertujuan untuk mengetahui karakteristik fisik tertentu yang dasarnya digunakan untuk mengklasifikasi tanah. Untuk mendapatkan sifat fisik tanah, pengujian yang dilakukan mengacu pada standar ASTM, diantaranya adalah sebagai berikut:

Pemeriksaan Kadar Air

Kadar air suatu tanah adalah perbandingan antara berat air yang terkandung dalam tanah dengan berat kering tanah yang dinyatakan dalam persen (ASTM D 2216-71).

Dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Kadar air } W (\%) = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \% \quad \dots\dots\dots (1)$$

dimana: $W (\%)$ = Kadar air (%); W_w = Berat air (gr); W_s = Berat tanah kering (gr)

Pemeriksaan Berat isi

Tujuan dari pemeriksaan ini adalah untuk mengetahui berat isi, isi pori, serta derajat kejenuhan suatu sampel tanah (ASTM D 2216-98).

Berat isi tanah gambut dengan dihitung dengan persamaan:

$$\gamma = \frac{W}{V} \quad \dots\dots\dots (2)$$

dimana: γ = Berat isi (gr/cm³), W = Berat tanah (gr), V = Volume tanah (cm³)

Angka pori (e) dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$e = \frac{V_v}{V_s} \quad \dots\dots\dots (3)$$

dimana: e = Angka pori, V_v = Volume pori (cm³), V_s = Volume butiran padat (cm³)

Derajat kejenuhan (S_r) dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$S_r (\%) = \frac{w_6}{V_v} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (4)$$

dimana: S_r = Derajat kejenuhan (%), W_6 = Berat Air (gr), dan V_s = Volume pori (cm³)

Pengujian Berat Jenis

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan antara berat volume butiran padat dengan berat volume air pada temperatur 40C (ASTM D 854).

Perhitungan berat jenis sebagai berikut:

$$G_s = \frac{W_2 - W_1}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)} \quad \dots\dots\dots (5)$$

dimana: $W1$ = Berat piknometer (gr), $W2$ = Berat piknomter dengan bahan kering (gr), $W3$ = Berat piknometer, bahan dan air (gr), $W4$ = Berat piknometer dan air (gr).

Pemeriksaan Analisa Saringan (*Seave Analysis*)

Tujuan pemeriksaan adalah untuk mengetahui ukuran butir dan susunan butir (gradasi) tanah, menggunakan satu set saringan, setelah itu material organik dibersihkan dari sampel tanah, kemudian berat sampel tanah yang tertahan di setiap saringan dicatat sehingga dapat ditentukan klasifikasi terhadap suatu jenis tanah, dan digambarkan dengan grafik pembagian butir (ASTM D 422-63).

Pengujian Batas Konsistensi (*Atterberg Limits*)

Batas Atterberg adalah batas konsistensi dimana keadaan tanah melewati keadaan lainnya dan terdiri atas batas cair, batas plastis, batas susut dan indek plastisitas. Pelaksanaan pemeriksaan sesuai dengan prosedur (ASTM D 4318).

a. Batas Cair (*Liquid Limit*)

Tujuan pemeriksaan ini adalah untuk menentukan batas cair tanah. Batas cair suatu tanah adalah kadar air tanah tersebut pada keadaan batas peralihan antara cair dan keadaan plastis.

Prosedur Perhitungan:

Sesudah 25 pukulan didefinisikan sebagai batas cair.

$$W_c = \frac{(W_2 - W_3)}{(W_3 - W_1)} \times 100 \% \dots\dots\dots (6)$$

dimana: $W_2 - W_3$ = Berat air (gr), $W_3 - W_1$ = Berat tanah kering (gr)

b. Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Tujuan pemeriksaan ini adalah untuk menentukan kadar air pada suatu keadaan plastis. Batas plastis (*Plastic Limits*) adalah nilai kadar air terendah dari suatu tanah dimana tanah tersebut masih dalam keadaan plastis.

Prosedur Perhitungan:

$$PL = W_c (\%) = \frac{(W_2 - W_3)}{(W_3 - W_1)} \times 100 \% \dots\dots\dots (7)$$

dimana: PL = Plastis limit (%), W_1 = Berat cawan (gr), W_2 = Berat cawan + Tanah basah (gr), W_3 = Berat cawan + Tanah kering (gr)

Rumus untuk mendapatkan indeks plastis:

$$IP = LL - PL \dots\dots\dots (8)$$

dimana: IP = Indeks plastis, LL = Batas cair, PL = Batas plastis

c. Batas Susut (*Srinkage Limit*)

Tujuan dari pemeriksaan ini adalah untuk menentukan kadar air sampel tanah pada batas keadaan semi padat dan keadaan padat.

Prosedur Perhitungan:

$$SL = W - \frac{(V - V_o)}{W_o} \times 100 \% \dots\dots\dots (9)$$

dimana: SL = Batas susut, W = Kadar air (%), V = Berat tanah basah (gr), V_o = Berat tanah kering

Pengujian Sifat Mekanik Tanah

Pengujian sifat mekanik tanah meliputi uji pemadatan dan uji CBR, dengan bahan tambah yang digunakan untuk stabilisasi yaitu Zeolite, Garam (NaCl), dan Kapur (CaO) dan masa pemeraman 3 hari dengan persentase campuran sebagai berikut:

Tabel 1. Uraian Persentase Campuran Zeolite, Garam, dan Kapur

Sampel	Zeolite (%)	Garam (NaCl) (%)	Kapur (CaO) (%)	Tanah Asli (%)
I	Sampel Tanah Asli (Pemeraman 0 Hari)			
	0	0	0	100
II	Sampel Campuran Zeolite, Garam, dan Kapur (pemeraman 3 Hari)			
	6	2	6	100
	8	2	8	100
	10	2	10	100

Pengujian Pemadatan

Tujuan dari pemeriksaan ini untuk mengetahui hubungan antara kadar air optimum dan nilai kepadatan tanah. Pada penelitian ini digunakan metode uji pemadatan Proctor Standard, masa pemeraman sampel 3 hari, dengan pelaksanaan pemeriksaan sesuai prosedur ASTM D-1557.

Prosedur Perhitungan:

Berat volume Tanah Basah dihitung dengan rumus:

$$\gamma = \frac{W_3}{V} \dots\dots\dots (10)$$

dimana: γ = Kepadatan tanah (g/cc), W_3 = Berat tanah basah (gr), V = Volume ring (cc)

Berat volume Tanah Kering dihitung dengan rumus:

$$Y_d = \frac{\gamma}{1+W} \dots\dots\dots (11)$$

dimana: Y_d = Kepadatan Tanah Kering (gr/cc), γ = Kepadatan Tanah (gr/cc), W = Kadar Air (%)

Zero Air Voids Curve dihitung dengan rumus:

$$\gamma_{zav} = \frac{G_s \cdot \gamma_w}{1+W \cdot G_s} \dots\dots\dots (12)$$

dimana: γ_{zav} = Berat volume tanah kering saat menjadi jenuh air (g/cc), γ_w = Berat isi air (gr/cc), W = Kadar Air (%), G_s = Berat Jenis Tanah (gr/cc)

Pengujian CBR

Pengujian dimaksudkan untuk menentukan nilai CBR tanah asli dan mengetahui pengaruh campuran tanah dengan zeolite, garam, dan kapur terhadap penetrasi kadar air optimum (ASTM D-1883-73).

Nilai CBR dinyatakan dalam persen, dengan rumus sebagai berikut:

$$CBR_{0,1} = \frac{(P_1)}{3 \times 1000} \times 100\% \dots\dots\dots (13)$$

$$CBR_{0,2} = \frac{(P_2)}{3 \times 1500} \times 100\% \dots\dots\dots (14)$$

dimana: P_1 = pembacaan dial pada penetrasi 0,1", P_2 = pembacaan dial pada penetrasi 0,2"

Nilai CBR yang digunakan merupakan nilai yang terbesar diantara hasil perhitungan kedua nilai CBR.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah

Adapun hasil pengujian sifat fisik tanah lempung dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah Asli

No.	Jenis Pemeriksaan	Hasil Pengujian Rata - rata
1.	Kadar Air (<i>Water Content</i>) %	25,97
2.	Berat Isi (<i>Denisty Test</i>)	-
	a. Berat V. Tanah Basah (γ) g/cc	2,00
	b. Berat V. Tanah Kering (γ_d) g/cc	1,58
3.	Berat Jenis (<i>Specific Gravity</i>)	2,71
4.	Batas-Batas <i>Atterberg</i> %	-
	a. Batas Cair (<i>Liquid Limit</i>)	41,30
	b. Batas Plastis (<i>Plastic Limit</i>)	24,86
	c. Indeks Plastisitas (<i>Plasticity Index</i>)	16,44
	d. Batas Susut (<i>Shrinkage Limit</i>)	19,63
5.	Analisis Saringan	-
	a. Persentase Berat Tertahan %	44,22
	b. Persentase Lolos No. 200 %	55,78
6.	Analisis <i>Hydrometer</i> %	7,71
7.	Angka Pori (e)	0,71
8.	Derajat Kejenenuhan (S_r) %	99,59
9.	Porositas (n)	0,42

Dari hasil penelitian tanah lempung di Desa Tangkahan, Kabupaten Pulang Pisau, Provinsi Kalimantan Tengah memiliki kadar air (*water content*) berkisar kadar air (w) = 25,97%; berat isi (γ) = 1,58 g/cm³; berat jenis (G_s) = 2,71; batas – batas *Atterberg* yaitu Batas Cair (LL) = 41,30%; Batas Plastis (PL) = 24,86%; Indeks Plastisitas (PI) = 16,44%; Batas Susut (SL) = 19,63%; Analisis saringan persentase lolos saringan No.200 = 55,78%. Menurut sistem klasifikasi USCS tanah tersebut termasuk sebagai tanah CL (*Clay-low plasticity*) yaitu tanah berlempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai sedang. Berdasarkan klasifikasi AASHTO (*American Association of state highway Transportation Official*) tanah diklasifikasikan sebagai tanah berlempung dalam kelompok A-7-6 (7).

Pengujian Pematatan

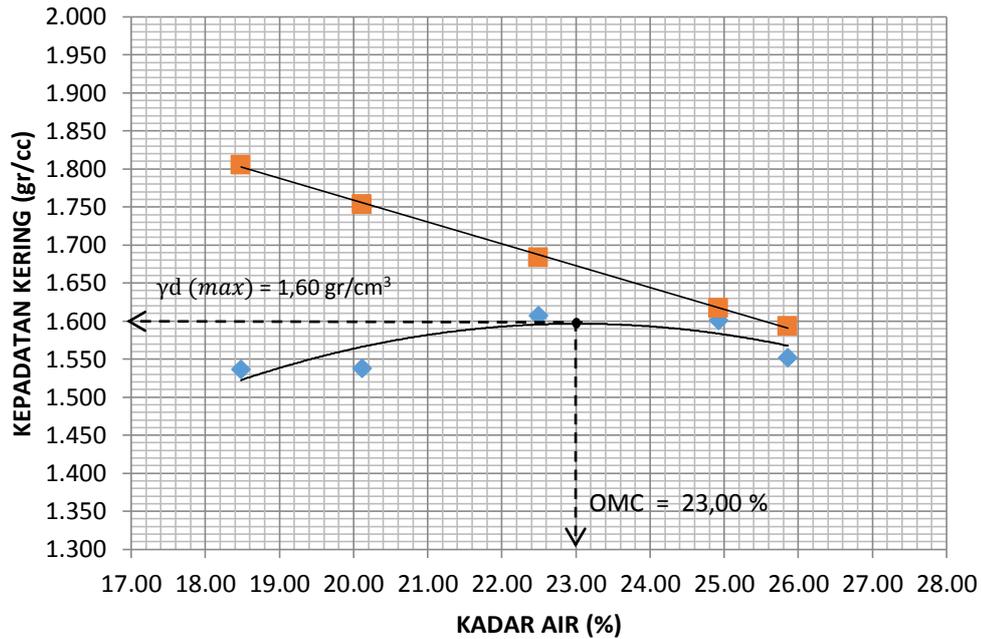
Berdasarkan hasil uji pematatan tanah asli didapatkan hasil pada tabel 3 dan 4.

Tabel 3. Data Kepadatan Kering Tanah Asli

Air yang diberikan (cc)	200	300	400	500	600
Berat cetakan + Tanah Basah (gr)	3428	3453	3565	3594	3551
Berat cetakan (gr)	1743	1743	1743	1743	1743
Berat tanah basah (gr)	1685,00	1710,00	1822,00	1851,00	1808,00
Isi cetakan (cc)	925,51	925,51	925,51	925,51	925,51
Kepadatan (gr/cc)	1,82	1,85	1,97	2,00	1,95
Kepadatan kering (gr/cc)	1,54	1,54	1,61	1,60	1,55

Tabel 4. Kadar Air Pematatan Tanah Asli

Air yang diberikan	200		300		400		500		600	
Berat cawan (gr)	10,30	10,60	9,70	10,90	13,80	11,40	14,40	14,40	10,00	9,70
Tanah basah + cawan (gr)	35,70	35,20	39,20	37,50	33,80	36,80	35,50	35,40	35,30	35,50
Tanah kering + cawan (gr)	31,70	31,40	34,20	33,10	30,00	32,30	31,20	31,30	30,20	30,10
Berat air (gr)	4,00	3,80	5,00	4,40	3,80	4,50	4,30	4,10	5,10	5,40
Berat tanah kering (gr)	21,40	20,80	24,50	22,20	16,20	20,90	16,80	16,90	20,20	20,40
Kadar air (%)	18,69	18,27	20,41	19,82	23,46	21,53	25,60	24,26	25,25	26,47
Rata-rata kadar air (%)	18,48		20,11		22,49		24,93		25,86	

**Gambar 1.** Kurva Kepadatan Kering Tanah Asli

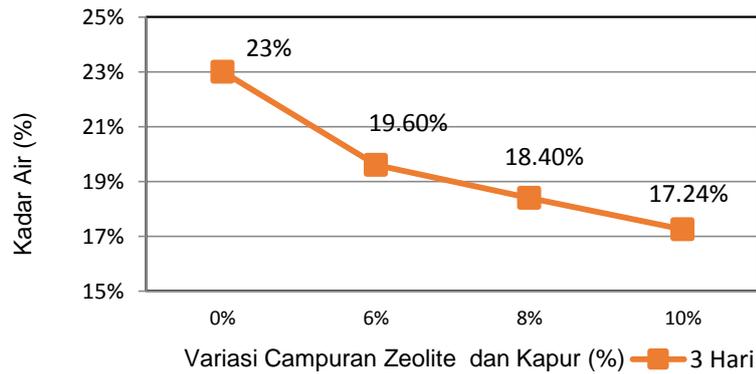
Berdasarkan hasil Uji pematatan tanah asli didapat:

- Kepadatan kering maksimum (γ_{dmax}) = 1,60 gr/cc
- Kadar air optimum (OMC) = 23,00%

Dengan menggunakan cara yang sama dengan penambahan Zeolite, Garam, dan Kapur didapatkan berat isi kering terbesar sebesar 1,78 gr/cc dengan kadar variasi campuran tertinggi sebesar 10% dengan waktu pemeraman 3 hari.

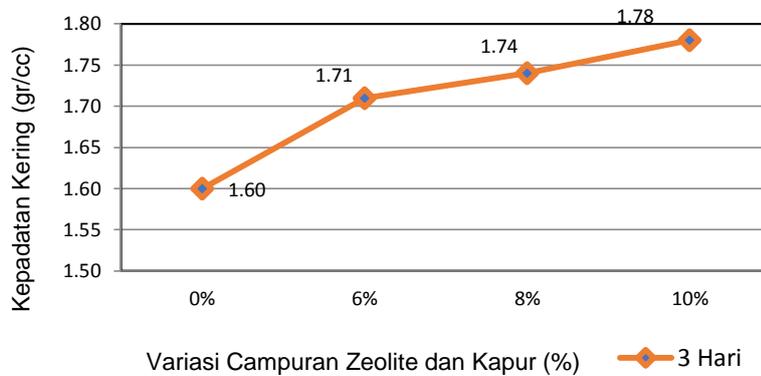
Tabel 5. Rekapitulasi hasil pengujian pematatan dengan campuran zeolite, garam, dan kapur

Variasi Campuran	Waktu pemeraman (Hari)	Kadar Air Optimum (OMC) (%)	Kepadatan Kering Maksimum (γ_{dMax}) (gr/cc)
Tanah Asli 100%	0 Hari	23,00	1,60
Tanah Asli 100% + Zeolit 6% + Garam 2% + Kapur 6%	3 Hari	19,60	1,71
Tanah Asli 100% + Zeolit 8% + Garam 2% + Kapur 8%	3 Hari	18,40	1,74
Tanah Asli 100% + Zeolit 10% + Garam 2% + Kapur 10%	3 Hari	17,24	1,78



Gambar 2. Grafik Kadar Air Optimum Uji Pematatan Tanah

Dari Gambar 2, dapat dilihat bahwa nilai kadar air optimum mengalami penurunan pada setiap penambahan campuran zeolite, dan kapur dengan masa pemeraman 3 hari.



Gambar 3. Grafik Kepadatan Kering Maksimum Uji Pematatan Tanah

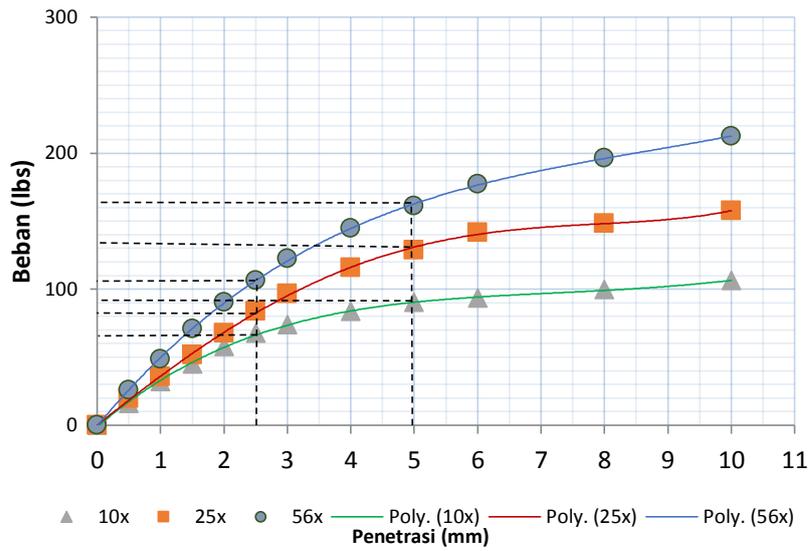
Hasil grafik pada Gambar 3, nilai kepadatan kering maksimum terbesar diperoleh pada variasi campuran zeolite 10%, garam 2%, dan kapur 10% dengan waktu pemeraman 3 hari.

Pengujian CBR

Berdasarkan hasil uji CBR tanah asli didapatkan hasil sebagaimana disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Data Pembacaan VDR CBR Tanah Asli

Dial Reading (mm)	Pembacaan (div)			Beban (lbs)		
	10x	25x	56x	10x	25x	56x
0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,5	0,50	0,60	0,80	16,09	19,31	25,75
1,0	1,00	1,10	1,50	32,19	35,40	48,28
1,5	1,40	1,60	2,20	45,06	51,50	70,81
2,0	1,80	2,10	2,80	57,93	67,59	90,12
2,5	2,10	2,60	3,30	67,59	83,68	106,21
3,0	2,30	3,00	3,80	74,03	96,56	122,30
4,0	2,60	3,60	4,50	83,68	115,87	144,83
5,0	2,80	4,00	5,00	90,12	128,74	160,93
6,0	2,90	4,40	5,50	93,34	141,62	177,02
8,0	3,10	4,60	6,10	99,78	148,05	196,33
10,0	3,30	4,90	6,60	106,21	157,71	212,42



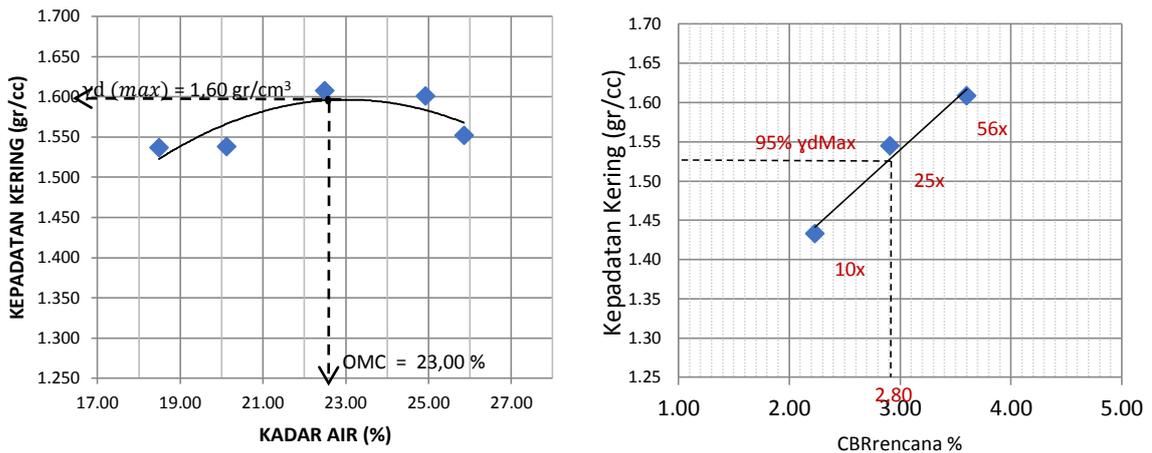
Gambar 4. Grafik Vertikal Dial Dengan Beban CBR Tanah Asli

Dari grafik diatas, didapatkan nilai CBR pada masing-masing penetrasi 0,1” dan 0,2” tanah asli yakni sebagai berikut :

Tabel 7. Nilai penetrasi CBR tanah asli

Penetrasi	Pukulan		
	10x	25x	56x
P1 = 0,1” (2,54 mm)	2,23	2,73	3,57
P2 = 0,2” (5,04 mm)	2,02	2,91	3,60

Berdasarkan hasil pengujian CBR tanah asli, maka didapatkan nilai CBR rencana, berikut adalah grafik CBR rencana tanah asli :

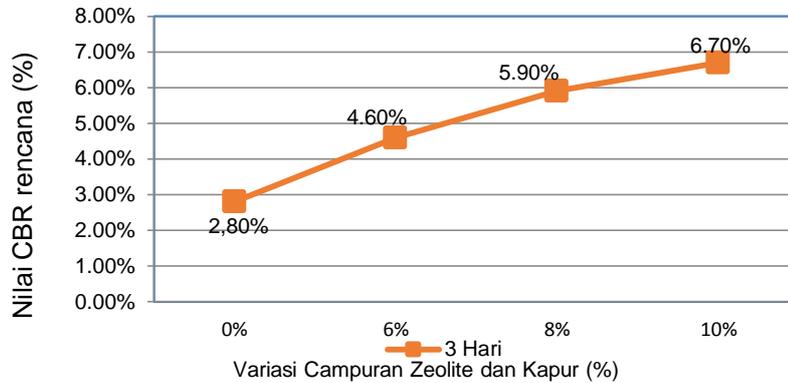


Gambar 5. Grafik Hasil Pengujian CBR rencana Tanah Asli

Berdasarkan grafik diatas didapatkan nilai CBR rencana tanah asli sebesar 2,80%. Hasil pengujian CBR tanah yang telah dicampur dengan bahan tambahan berupa zeolite, garam, dan kapur dengan pemeraman 3 hari ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Rekapitulasi hasil nilai CBR laboratorium

Variasi Campuran	Waktu Pemeraman (Hari)	Nilai CBR rencana (%)
Tanah Asli 100%	0 Hari	2,80
Tanah Asli 100 % + Zeolite 6 % + Garam 2 % + Kapur 6%	3 Hari	4,60
Tanah Asli 100 % + Zeolite 8 % + Garam 2 % + Kapur 8%	3 Hari	5,90
Tanah Asli 100 % + Zeolite 10 % + Garam 2 % + Kapur 10%	3 Hari	6,70

**Gambar 6.** Grafik Hasil Pengujian CBR Laboratorium

Berdasarkan hasil pengujian CBR Laboratorium dapat disimpulkan bahwa nilai CBR tanah asli cukup rendah yaitu 2,80%. Sedangkan penambahan Zeolite, Garam, dan Kapur dengan variasi campuran *zeolite* dan kapur 6%, 8%, 10%, dan persentase garam masing-masing 2%, dengan waktu pemeraman 3 hari dapat meningkatkan nilai CBR disetiap penambahan campurannya. Pada campuran pertama CBR naik sebesar 4,60% meningkat sebesar 64,29% dari tanah asli pada campuran kedua nilai CBR naik sebesar 5,90% meningkat sebesar 110,71% dari tanah asli dan campuran ketiga nilai CBR naik sebesar 6,70% meningkat sebesar 139,29% dari tanah asli.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

1. Hasil pengujian sifat-sifat fisik tanah asli didapat nilai, kadar air (w) = 25,97%; berat isi (γ) = 1,58 g/cm³; berat jenis (G_s) = 2,71; batas – batas Atterberg yaitu Batas Cair (LL) = 41,30%; Batas Plastis (PL) = 24,86%; Indeks Plastisitas (PI) = 16,44%; Batas Susut (SL) = 19,63%; Analisis saringan persentase lolos saringan No.200 = 55,78%. Menurut sistem klasifikasi USCS tanah tersebut termasuk sebagai tanah CL (*Clay-low plasticity*) yaitu tanah berlempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai sedang. Berdasarkan klasifikasi AASHTO (*American Association of state highway Transportation Official*) tanah diklasifikasikan sebagai tanah berlempung dalam kelompok A-7-6 (7).
2. Sifat mekanik tanah didapat nilai pemadatan laboratorium untuk sampel tanah asli, OMC = 23,00%, dan γ_{dmax} = 1,60 (g/cc) dan untuk nilai CBR rencana tanah asli adalah 2,80%.
3. Setelah dilakukan stabilisasi tanah dengan Zeolite, Garam, dan Kapur dengan kadar campuran 2%, 6%, 8%, 10% waktu pemeraman 3 hari, menyebabkan meningkatnya nilai CBR rencana dari nilai CBR rencana tanah aslinya 2,80% meningkat menjadi 4,60%, 5,90%, 6,70% di pemeraman 3 hari.

Nilai maksimum dari masing-masing variasi campuran adalah penambahan Zeolite 10%, Garam 2 %, dan kapur 10% didapat CBR rencana = 6,70% meningkat sebesar 139,29% dari CBR rencana tanah asli. Sehingga campuran tanah asli, Zeolite, Garam, dan Kapur mempunyai pengaruh dalam stabilisasi tanah.

Saran

1. Pada penelitian selanjutnya dapat menambah variasi persentase zeolite dan kapur yang lebih besar agar diperoleh nilai campuran yang lebih optimum.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menambah waktu pemeraman sehingga dapat dilakukan perbandingan nilai CBR rencana terhadap waktu pemeraman dengan bahan campuran yang sama.
3. Mencoba pengujian yang berbeda untuk menentukan sifat mekanik tanah, seperti pengujian kuat tekan bebas dan pengujian kuat geser tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfian, R., Afriani, L., Iswan. (2015). *Studi Analisis Daya Dukung Tanah Lempung Berplastisitas Tinggi Yang DiCampur Zeolit*. JRSDD, 3(2), 221-236.
- Aryanto, M. Suhendra. dan Amalia, K. R. (2021). *Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif Menggunakan Kapur Tohor*. Jurnal Talenta Sipil. 4(1), 38-43.
- ASTM International. (2002). *Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils (ASTM D 422 – 63)*. United State: ASTM International.
- ASTM Internasional. (2002). *Standard test methods for specific gravity of soil solids by water pycnometer (ASTM D854-58)*. Annual Books of ASTM Standards, USA.
- ASTM International. (2005). *Standard Test Method for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass (ASTM D 2216-71)*. United State: ASTM International.
- ASTM International. (2005). *Standard Test Method for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index Soils (ASTM D 4318)*. United State: ASTM International.
- ASTM interational. (2002). *Standard Test Method for CBR (California Bearing Ratio) of Laboratory-Compacted Soils. (ASTM D 1883-73)*. United State: ASTM International.
- ASTM International. (2006). *Standard Test Method for Amount of Material in Soils Finer than No. 200 (75- μ m) Sieve (ASTM D 1140)*. United State: ASTM International.
- Bowles, J. E. (1986). *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah) Edisi Kedua*. Erlangga. Jakarta.
- Cahyadi, H. dan Puspasari, N. (2017). *Pemanfaatan Garam Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Lempung Di Kalimantan Tengah*. Media Ilmiah Teknik Sipil. 6(1), 41-49.
- Mahyuddin, H., Willianto, M. (2004). *Pengaruh Garam Terhadap Karakteristik Tanah Lempung Yang Distabilisasi Dengan Kapur*. Tugas Akhir. Fakultas Teknik Universitas Islam Indonesia: Jogjakarta.
- Nurheni. (2017). *Stabilisasi Tanah Lempung Lunak Menggunakan Zeolite Di Kampung Satu Kota Tarakan*. Skripsi. Fakultas Teknik Universitas Borneo Tarakan.
- Osula, D.O.A. (1993). *Laboratory Trial of Soil–Sodium Chloride–Cement Stabilization for Problem Laterite*. *Journal of Transportation Engineering*, 119(1).