

STABILISASI TANAH LEMPUNG DESA NIUKBAUN MENGGUNAKAN CAMPURAN TANAH KAPUR DAN SEMEN

Tri M. W. Sir¹ (trimwsir@yahoo.com)

Raymond R. Lay² (raymondlay62@gmail.com)

Wilhelmus Bunganaen³ (wilembunganaen@yahoo.co.id)

ABSTRAK

Jenis tanah di Desa Niukbaun Kecamatan Amarasi Barat, Kabupaten Kupang yang diklasifikasi menurut USCS termasuk kelompok CH sedangkan berdasarkan AASTHO termasuk kelompok A-7-6 (11). Guna memperbaiki kekuatan tanah tersebut perlu dilakukan usaha stabilisasi tanah. Stabilisasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah stabilisasi kimiawi yaitu dengan menambah bahan tambah (aditif) berupa tanah kapur dengan persentase 10%, 20%, 30%, 40% dan 50% serta persentase semen 5% pada persentase tanah kapur 30%, 40% dan 50%. Metode penelitian yang dilakukan yaitu pengujian sifat fisik dan sifat mekanik tanah lempung. Hasil penelitian menunjukkan nilai indeks plastisitas tanah asli 27,54%, namun pada penambahan tanah kapur 50% nilai indeks plastisitas berkurang menjadi 14,58%, nilai CBR terendam meningkat menjadi 5,31% dari nilai tanah asli sebesar 0,38%, nilai pengembangan (*swelling*) berkurang menjadi 0,16% dari nilai tanah asli sebesar 2,45%, sedangkan nilai kuat tekan bebas meningkat menjadi 7,62 kg/cm² dari nilai tanah asli yaitu 1,07 kg/cm². Pada penambahan tanah kapur 50% dan semen 5% menghasilkan nilai indeks plastisitas berkurang menjadi 5,53%, nilai CBR terendam meningkat menjadi 7,37%, nilai pengembangan (*swelling*) berkurang menjadi 0,32% dan nilai kuat tekan bebas meningkat menjadi 16,54 kg/cm² dari nilai tanah asli.

Kata Kunci: Stabilisasi; Lempung; Kapur; Semen; Pengembangan

ABSTRACT

The type of soil in Niukbaun Village, Amarasi Barat sub-district, Kupang district, which was classified according to USCS included the CH group, while based on AASTHO included to groups A-7-6 (11). In order to improve the strength of the soil, a soil stabilization effort is needed. Stabilization used in this study is chemical stabilization by adding ingredients (additives) in the form of limestone soil with a percentage of 10%, 20%, 30%, 40% and 50% and the percentage of cement 5% in the percentage of lime soil 30%, 40% and 50%. The research method that is carried out is testing the physical properties and mechanical properties of clay. The result shows the original soil plasticity index value was 27,54%, but in the addition of 50% lime soil the plasticity index value was reduced to 14,58%, soaked CBR value increased to 5,31% from the original soil's plasticity index value of 0,38%, value swelling reduced to 0,16% from the original soil value of 2.45%, while the free compressive strength increased to 7,62 kg/cm² from the original soil value of 1.07 kg / cm². On the addition of 50% limestone soil and 5% cement, the plasticity index value was reduced to 5,53%, soaked CBR value increased to 7,37%, swelling value decreased to 0,32% and free compressive strength value increased to 16,54 kg/cm² of the original soil value.

Key Words: Stabilization; Clay; Lime; Cement; Swelling

¹ Program Studi Teknik Sipil, FST Undana;

² Program Studi Teknik Sipil, FST Undana;

³ Program Studi Teknik Sipil, FST Undana.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Tanah lempung merupakan tanah dengan ukuran mikroskopis sampai dengan sub mikroskopis yang berasal dari pelapukan unsur-unsur kimiawi penyusun batuan. Tanah lempung sangat keras dalam keadaan kering, dan bersifat plastis pada kadar air sedang, sedangkan pada kadar air yang lebih tinggi tanah lempung akan bersifat lengket (kohesif) dan sangat lunak (Ningsih D, 2016). Sifat-sifat yang dimiliki tanah lempung yaitu antara lain ukuran butiran halus lebih kecil dari 0,002 mm, permeabilitas rendah, kenaikan air kapiler tinggi, bersifat sangat kohesif, kadar kembang susut yang tinggi dan proses konsolidasi lambat (Hardiyatmo, 2006). Tanah yang akan dipergunakan dalam pekerjaan Teknik Sipil memiliki beberapa kriteria, di antaranya haruslah mempunyai indeks plastisitas <17% (Hardiyatmo, 1992), karena tanah yang mempunyai indeks plastisitas >17% dapat mempengaruhi masalah teknis, sifat tanah ini mudah menyerap air dan menyebabkan kembang susut yang besar. Tanah dengan indeks plastis >17% dikategorikan sebagai tanah lempung (Hardiyatmo, 2006). Selain indeks plastisitas, harga CBR juga sangat berpengaruh terhadap daya dukung tanah sebagai lapisan tanah dasar/*subgrade*. Makin besar harga CBR tanah maka makin besar kemampuan tanah untuk mendukung beban kendaraan tanpa mengalami deformasi berarti. Departemen Pekerjaan Umum telah memberi batasan nilai kekuatan CBR untuk tanah dasar subgrade minimal 3% untuk CBR terendam dan 6% untuk CBR tak terendam (Wesley, 2010). Jenis tanah di Desa Niukbaun Kecamatan Amarasi Barat, Kabupaten Kupang yang diklasifikasi menurut USCS termasuk kelompok CH yang merupakan tanah lempung tak organik dengan plastisitas tinggi, sedangkan berdasarkan AASTHO jenis tanah termasuk kelompok A-7-6 yang merupakan tanah berlempung (Ningsih D, 2016). Kondisi perkerasan jalan di lokasi pengambilan sampel banyak mengalami kerusakan yang ditandai dengan badan jalan menjadi retak-retak, bergelombang dan rusak berat. Pada beberapa bagian jalan, bahu jalan sudah tidak ada yang diakibatkan oleh longsor yang terjadi. Kondisi tanah yang kurang baik sebagai tanah dasar perkerasan jalan seperti tanah lempung, perlu diadakan perbaikan tanah. Guna memperbaiki atau meningkatkan kekuatan tanah tersebut perlu dilakukan usaha stabilisasi tanah sehingga sesuai dengan peruntukan tanah sebagai material jalan raya. Penelitian mengenai stabilisasi tanah lempung di Desa Niukbaun Kecamatan Amarasi Barat, Kabupaten Kupang sudah dilakukan sebelumnya, yaitu penelitian (Ningsih D, 2016) dengan penambahan kapur sebesar 5% sampai 20%, dan semen sebesar 5% pada setiap variasi persentase kapur yang ditentukan. Hasil penelitian ini menunjukkan adanya perubahan sifat fisik dan mekanis yang semakin meningkat seiring penambahan variasi persentase kadar tanah kapur. Penelitian ini merupakan lanjutan dari penelitian sebelumnya (Ningsih, 2016), dengan memberikan penambahan kadar tanah kapur 10% sampai 50% dan semen 5% pada persentase kadar tanah kapur 30% sampai 50% mampu memperbaiki sifat-sifat fisik dan mekanik tanah serta meningkatkan daya dukung tanah lempung.

Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian yang menjawab rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Mengetahui pengaruh penambahan variasi tanah kapur terhadap sifat fisik dan mekanik tanah lempung.
2. Mengetahui pengaruh penambahan variasi tanah kapur dan semen terhadap sifat fisik dan mekanik tanah lempung.

TINJAUAN PUSTAKA

Stabilisasi Tanah

Stabilisasi tanah adalah pencampuran tanah dengan bahan tertentu, guna memperbaiki sifat-sifat teknis agar memenuhi syarat tertentu, atau untuk menambahkan kapasitas dukung tanah dan kenaikan kekuatan yang akan diperhitungkan pada proses perancangan tebal perkerasan (Darwis, 2017). Menurut Darwis (2017) stabilisasi tanah ditinjau dari proses yang terjadi dalam pelaksanaan, dibagi menjadi tiga jenis, yaitu : stabilisasi mekanis, stabilisasi fisik dan stabilisasi kimia. Stabilisasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah stabilisasi kimiawi yaitu stabilisasi dengan bahan tambah atau sering disebut stabilisasi kimiawi bertujuan untuk memperbaiki sifat-sifat teknis tanah, dengan cara mencampur tanah dengan bahan tambah pada perbandingan yang tertentu.

Tanah Kapur

Tanah kapur atau disebut juga tanah mediteran merupakan tanah yang terbentuk dari pelapukan batuan kapur. Tanah kapur tidak memiliki unsur hara sama sekali sehingga tanah ini tidak subur, walaupun tanah ini kurang subur tetapi memiliki fungsi sangat strategis. Batuan kapur banyak dimanfaatkan manusia untuk bahan bangunan. Sebagai bahan bangunan kapur digunakan sebagai penimbun khususnya tanah kapur, sebagai pondasi bangunan khususnya batu kapur, untuk bahan kerajinan dan keramik khususnya batu marmer dan sebagai bahan campuran adonan semen (Simamora, 2012).

Menurut Darwis (2017) umumnya penambahan kapur dalam tanah berbutir halus karena adanya air akan menyebabkan reaksi-reaksi sebagai berikut:

- a. Tahap awal ketika tanah dicampur dengan kapur dan ditambah air, dalam tanah-tanah berbutir halus akan timbul pertukaran kation dengan cepat dan reaksi pengumpulan serta penggumpalan. Reaksi pengumpulan dan penggumpalan menghasilkan perubahan tekstur tanah lempung dari butir-butir tanah yang halus menjadi partikel tanah yang berukuran lebih besar. Pertukaran kation dan flokulasi menyebabkan perbaikan dengan cepat pada plastisitas tanah, kemudahan, dikerjakan (*workability*), kekuatan dan sifat-sifat tegangan-deformasinya.
- b. Reaksi pozzolanik tanah-kapur terjadi dalam bentuk variasi bahan sementasi. Hasil reaksinya adalah menambah kekuatan campuran yang telah dipadatkan dan keawetannya. Reaksi pozzolanik bergantung pada waktu dan temperatur. Temperatur yang tinggi lebih mempercepat reaksi.

Semen

Semen adalah bahan yang apabila dicampur dengan air akan menjadi ikatan dan pengerasan karena suatu reaksi kimia sehingga membentuk suatu massa yang kuat dan keras yang kemudian sering disebut *hydraulic cement*. Semen PCC adalah bahan pengikat hidrolis hasil penggilingan bersama-sama terak (*klinker*) semen portland dan gibs dengan satu atau lebih bahan anorganik, atau hasil pencampuran bahan bubuk semen portland dengan bubuk bahan anorganik lain. Bahan anorganik tersebut antara lain terak tanur tinggi (*blastfurnace slag*), *pozzoland*, senyawa silika dan batu kapur, dengan kadar total bahan anorganik 6%-35% dari massa semen portland komposit (SNI-15-706402004).

Pengujian Sifat fisik Tanah

Specific Gravity (Gs)

Harga *specific gravity* (G_s) dari butiran tanah sangat berperan penting dalam bermacam-macam keperluan perhitungan mekanika tanah. Harga-harga itu dapat ditentukan secara akurat di laboratorium (Das, 1995). Berat jenis tanah (G_s) adalah perbandingan antara berat volume butiran padat partikel tanah (γ_s), dengan berat volume air (γ_w) (Hardiyatmo, 2006) seperti yang ditunjukkan pada persamaan :

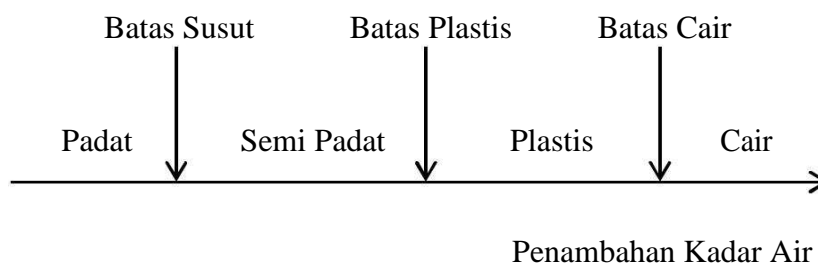
$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \quad (2)$$

Di mana :

$$\begin{aligned} G_s &= \text{specific gravity} \\ \gamma_s &= \text{berat volume butiran padat (gram/cm}^3\text{)} \\ \gamma_w &= \text{berat volume air pada temperatur } 4^0\text{c (gram/cm}^3\text{)} \end{aligned}$$

Batas-Batas Konsistensi (Atterberg)

Kedudukan fisik tanah berbutir halus pada kadar air tertentu disebut konsistensi (Hardiyatmo, 2006). Atas dasar kadar air yang tergantung dalam tanah, maka ditentukan batas-batas yang dinyatakan dalam batas cair, batas plastis, dan batas susut (Das, 1995), seperti pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1 Rentang Batas-Batas Atterberg

Batas cair (*Liquid Limit*)

Batas cair adalah kadar air tanah pada batas antara keadaan plastis dan keadaan cair, yaitu batas atas dari daerah plastis. Untuk mengatur kadar air dari tanah agar memenuhi syarat yang ditetapkan, maka paling sedikit dilakukan empat kali uji batas cair dengan kadar air yang berbeda-beda sehingga jumlah pukulan N yang dibutuhkan untuk menutupi goresan bervariasi antara 15 dan 35 (Das, 1995).

Batas plastis (*Plastic Limit*)

Pengertian batas plastisitas adalah kadar air pada kedudukan antara daerah plastis dan semi padat, yaitu kadar air di mana tanah dengan diameter silinder 3,2 mm mulai retak-retak ketika digulung (Hardiyatmo, 2006).

Batas susut (*Shrinkage Limit*)

Batas susut didefinisikan sebagai kadar air pada kedudukan antara daerah semi padat dan padat, yaitu presentase kadar air di mana pengurangan kadar air selanjutnya tidak mengakibatkan perubahan volume tanah (Hardiyatmo, 2006).

Indeks Plastisitas

Indeks plastisitas adalah selisih batas cair dan batas plastis (interval kadar air pada kondisi tanah masih bersifat plastis), karena itu menunjukkan sifat keplastisan tanah (Hardiyatmo, 2006). Indeks plastis dapat dinyatakan dalam persamaan:

$$PI = LL - PL \quad (3)$$

Di mana:

- PI = Plastis Indeks (%)
- LL = *Liquid Limit* (%)
- PL = *Plastic Limit* (%)

Pengujian Sifat Mekanik Tanah

Uji Pemadatan

Proctor (1933) dalam Hardiyatmo (2006) telah mengamati bahwa ada hubungan yang pasti antara kadar air dan berat volume kering tanah padat. Untuk berbagai jenis pada umumnya, terdapat satu nilai kadar air optimum tertentu untuk mencapai berat volume kering maksimumnya.

Hubungan berat volume kering (γ_d) dengan berat volume basah (γ_b) dan kadar air (w), dinyatakan dalam persamaan:

$$\gamma_d = \frac{\gamma_b}{1+w} \quad (4)$$

Di mana:

- γ_d = Berat volume kering (gram/cm³)
- γ_b = Berat volume basah (gram/cm³)
- w = Kadar air (%)

California Bearing Ratio (CBR)

California bearing ratio merupakan suatu perbandingan antara beban percobaan dengan beban standar yang dinyatakan dalam presentase dan dinyatakan dengan persamaan:

$$CBR = \frac{P_T}{P_S} \times 100\% \quad (5)$$

Di mana:

- CBR = Perbandingan antara beban percobaan dengan beban standar yang dinyatakan dalam persentase (%)
- P_T = Beban percobaan (inci)
- P_S = Beban standar (inci)

Pengujian Pengembangan Tanah (*Swelling*)

Pengujian pengembangan (*swelling*) dilakukan sebelum pengujian CBR di mana tanah yang telah dipadatkan pada pengujian CBR diperam selama 3 hari dalam kantong plastik bening untuk memberikan waktu pada campuran tanah lempung-tanah kapur-semen bereaksi, kemudian benda uji ini dikeluarkan untuk dilakukan perendaman selama 4 hari (96 jam) untuk memodelkan kondisi di lapangan pada waktu hujan, di mana pada benda uji dipasang keeping pengembangan dan diberikan beban standar seberat 4,5 kg atau 10 lb selain itu dipasang arloji pengukur pengembangan (Hardiyatmo, 2006).

Persamaan nilai pengembangan dinyatakan:

$$\text{Pengembangan} = \frac{\text{tinggi akhir} - \text{tinggi awal}}{\text{tinggi awal}} \times 100\% \quad (6)$$

Hubungan antara batas-batas Atterberg dengan nilai pengembangan di tunjukanpada Tabel 2.5 yang menunjukkan kemungkinan potensi ekspansi tanah dari pengumpulan data uji pengembangan pada lempung dan tanah-tanah ekspansif (Hardiyatmo, 2006).

Tabel 1 Potensi Pengembangan

Potensi pengembangan	Indeks plastisitas (%)	Batas Cair (%)
Sangat tinggi	> 35	> 63
Tinggi	25 – 41	50 – 63
Sedang	15 – 28	39 – 50
Rendah	< 18	< 39

Kuat Tekan Bebas (*Unconfined Compressive Strength*)

Uji tekan bebas digunakan untuk menentukan kuat geser tanah kohesif. Pemeriksaan kuat tekan bebas dapat dilakukan pada tanah asli atau contoh tanah padat buatan. Kuat tekan bebas adalah tekanan aksial (kg/cm^2) atau (kN/m^2) yang diterapkan diatas benda uji berangsur-angsur ditambah sampai benda uji mengalami keruntuhan (Hardiyatmo, 2006).

Rumus kuat tekan bebas yang bekerja pada benda uji:

$$q_u = \frac{P}{A} \quad (7)$$

Di mana:

- q_u = Kuat tekan bebas (Kg/cm^2)
- P = Beban yang diberikan (Kg)
- A = Luas penampang terkoreksi (cm^2)

METODE PENELITIAN

Jenis Data

Data primer pada penelitian ini diperoleh dari hasil pengujian laboratorium yang meliputi pengujian sifat fisik dan sifat mekanik tanah, antara lain:

- a. Pengujian Sifat Fisik
 - 1) Pengujian kadar air (ASTM 2216-71)
 - 2) Pengujian berat jenis (ASTM D 854-58)
 - 3) Pengujian analisis hidrometer (ASTM D 2487-69)
 - 4) Pengujian analisis saringan (ASTM D 2487-69)
 - 5) Pengujian batas-batas Atterberg:
 - Pengujian batas cair (ASTM D 423-59)
 - Pengujian batas plastis (ASTM D 424-59)
 - Pengujian batas susut (ASTM D 427-61)
- b. Pengujian Sifat Mekanik
 - 1) Pengujian proctor standar (ASTM D-698)
 - 2) Pengujian pengembangan (ASTM D 1883-87)
 - 3) Pengujian CBR (ASTM D 1883-87)
 - 4) Pengujian uji tekan bebas (ASTM D 2166-66)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Tanah Asli

Berdasarkan pengujian yang dilakukan, diperoleh nilai hasil pengujian sifat fisik dan mekanik dari sampel tanah lempung yang diambil dari Desa Niukbaun. Nilai hasil pengujian sifat fisik dan mekanik tercantum pada Tabel 2 dan Tabel 3 dibawah ini.

Tabel 2 Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah Lempung

No	Jenis Pengujian	Parameter	Nilai	Satuan
1	Kadar Air	w	15,72	%
2	Berat Spesifik	Gs	2,62	-
3	Atterberg Limit	LL	54,80	%
		PL	27,26	%
		SL	13,75	%
		PI	27,54	%
4	Analisa Butiran (Lolos Saringan No. 200)	d ₈	52,77	%

Tabel 3 Hasil Pengujian Sifat Mekanik Tanah Lempung

No	Pengujian	Parameter	Nilai	Satuan
1	Kadar Air Optimum	w _{opt}	19,5	%
2	Berat Volume Kering Maksimum	γ_d	1,56	gr/cm ³
3	Nilai Pengembangan	-	2,45	%
4	CBR Terendam (soaked)	-	0,38	%
5	Kuat Tekan Bebas	q _u	1,07	kg/cm ²

Hasil Pengujian Stabilisasi Tanah Lempung dan Tanah Kapur

Hasil pengujian sifat fisik dan mekanik stabilisasi tanah lempung dengan tanah kapur ditampilkan dalam Tabel 4.

Tabel 4 Rekapitulasi Hasil Pengujian Sifat Fisik dan Mekanik Stabilisasi Tanah Lempung dengan Tanah Kapur

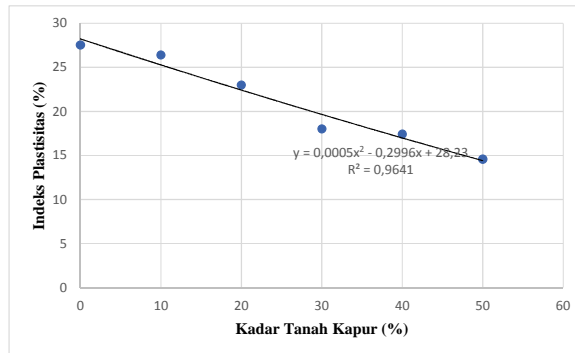
No	Pengujian	Persentase Variasi Tanah Kapur				
		10%	20%	30%	40%	50%
1.	Berat Spesifik	2,59	2,57	2,54	2,51	2,50
2.	Batas Cair (%)	52,31	47,50	40,50	38,47	34,04
3.	Batas Plastis (%)	25,90	24,49	22,47	21,04	19,46
4.	Batas Susut (%)	27,43	32,18	48,00	53,90	61,19
5.	Indeks Plastisitas (%)	26,41	23,01	18,03	17,43	14,58
6.	Kadar air Optimum (%)	18,06	17,46	16,90	16,46	15,34
7.	Berat Volume Kering Maksimum (gr/cm ³)	1,58	1,61	1,62	1,64	1,70
8.	Nilai Pengembangan (%)	2,32	1,12	0,89	0,65	0,16
9.	CBR Terendam (%)	2,21	3,45	3,85	4,34	5,31
10.	Kuat Tekan Bebas (kg/cm ²)	3,30	5,14	6,08	7,16	7,62

Batas-batas Konsistensi

Hasil dari pengujian batas-batas konsistensi untuk tanah yang ditambah dengan persentase tanah kapur ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5 Hasil Pengujian Batas-batas Konsistensi Campuran Tanah Kapur

No	Variasi Benda Uji	Batas Cair (%)	Batas Plastis (%)	Indeks Plastiitas (%)	Batas Susut (%)
1.	Tanah Asli + Tanah Kapur 10%	52,31	25,90	26,41	27,43
2.	Tanah Asli + Tanah Kapur 20%	47,50	24,49	23,01	32,18
3.	Tanah Asli + Tanah Kapur 30%	40,50	22,47	18,03	48,00
4.	Tanah Asli + Tanah Kapur 40%	38,47	21,04	17,43	53,90
5.	Tanah Asli + Tanah Kapur 50%	34,04	19,46	14,58	61,19



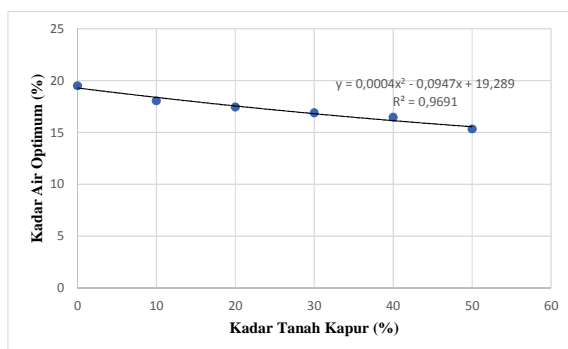
Gambar 2 Hubungan Indeks Plastisitas dengan Variasi Kadar Tanah Kapur Terhadap Tanah Asli

Pemadatan Tanah

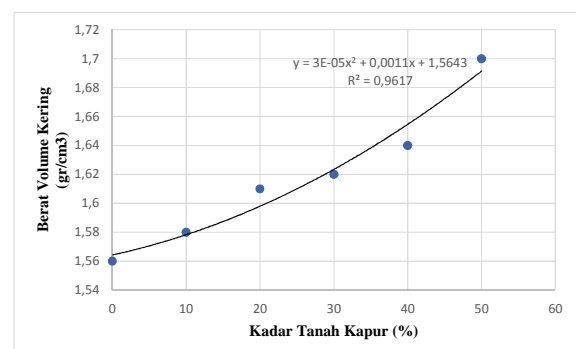
Hasil uji pemadatan (*Proctor test*) untuk tanah yang ditambahkan dengan variasi tanah kapur ditunjukkan dalam Tabel 6.

Tabel 6 Hasil Pengujian Pemadatan Standar dengan Campuran Tanah Kapur

No	Variasi Benda Uji	Kadar Air Optimum (%)	Berat Volume Kering Maksimum (gr/cm ³)
1.	Tanah Asli + Tanah Kapur 10 %	18,06	1,58
2.	Tanah Asli + Tanah Kapur 20 %	17,46	1,61
3.	Tanah Asli + Tanah Kapur 30 %	16,90	1,62
4.	Tanah Asli + Tanah Kapur 40 %	16,46	1,64
5.	Tanah Asli + Tanah Kapur 50 %	15,34	1,70



Gambar 3a Hubungan Kadar Air Optimum dengan Variasi Kadar Tanah Kapur Terhadap Tanah Asli



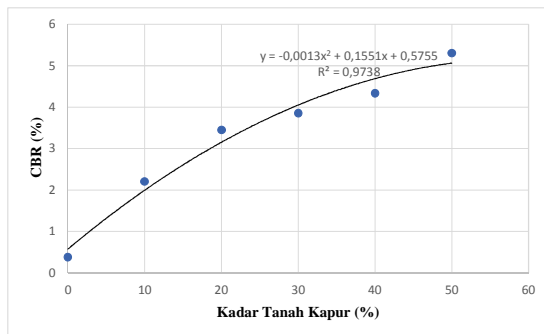
Gambar 3b Hubungan Berat Volume Kering dengan Variasi Kadar Tanah Kapur Terhadap Tanah Asli

CBR dan Pengembangan (Swelling)

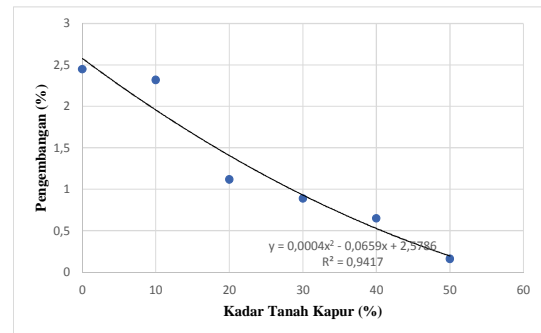
Hasil uji CBR dan pengembangan ditampilkan dalam Tabel 7 di bawah ini.

Tabel 7 Hasil Pengujian CBR dan Pengembangan (Swelling) dengan Campuran Tanah Kapur

No	Variasi Benda Uji	CBR (%)	Pengembangan (%)
1.	Tanah Asli + Tanah Kapur 10 %	2,21	2,32
2.	Tanah Asli + Tanah Kapur 20 %	3,45	1,12
3.	Tanah Asli + Tanah Kapur 30 %	3,85	0,89
4.	Tanah Asli + Tanah Kapur 40 %	4,33	0,65
5.	Tanah Asli + Tanah Kapur 50 %	5,31	0,16



Gambar 4a Hubungan CBR dengan Variasi Kadar Tanah Kapur Terhadap Tanah Asli



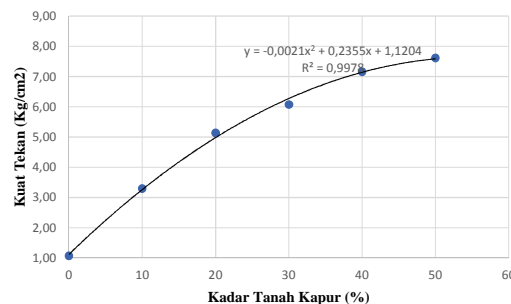
Gambar 4b Hubungan Pengembangan (Swelling) dengan Variasi Kadar Tanah Kapur Terhadap Tanah Asli

Kuat Tekan Bebas

Hasil pengujian kuat tekan bebas (Lampiran 86 – Lampiran 115) dapat ditampilkan pada Tabel 8 dan Gambar 7.

Tabel 8 Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas Campuran Tanah Kapur

No	Variasi Benda Uji	q _u (kg/cm ²)
1.	Tanah Asli + Tanah Kapur 10 %	3,30
2.	Tanah Asli + Tanah Kapur 20 %	5,14
3.	Tanah Asli + Tanah Kapur 30 %	6,08
4.	Tanah Asli + Tanah Kapur 40 %	7,16
5.	Tanah Asli + Tanah Kapur 50 %	7,62



Gambar 5 Hubungan Kuat Tekan Bebas dengan Variasi Kadar Tanah Kapur Terhadap Tanah Asli

Hasil Pengujian Stabilisasi Tanah Lempung - Tanah Kapur – Semen

Hasil pengujian sifat fisik dan mekanik stabilisasi tanah lempung dengan tanah kapur ditampilkan dalam Tabel 9.

Tabel 9 Rekapitulasi Hasil Pengujian Sifat Fisik dan Mekanik Stabilisasi Tanah Lempung dengan Tanah Kapur dan Semen 5%

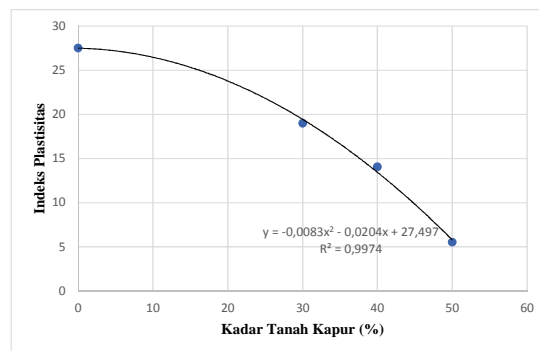
No	Pengujian	Persentase Variasi Tanah Kapur dan semen 5%		
		30%	40%	50%
1.	Berat Spesifik	2,68	2,70	2,78
2.	Batas Cair (%)	42,80	38,78	36,70
3.	Batas Plastis (%)	23,79	24,70	31,17
4.	Batas Susut (%)	36,62	39,98	46,79
5.	Indeks Plastisitas (%)	19,01	14,08	5,53
6.	Kadar air Optimum (%)	26,20	27,00	29,00
7.	Berat Volume Kering Maksimum (gr/cm ²)	1,467	1,466	1,459
8.	Nilai Pengembangan (%)	0,65	0,46	0,32
9.	CBR Terendam (%)	3,86	6,08	7,37
10.	Kuat Tekan Bebas (gr/cm ²)	13,10	14,84	16,54

Batas-batas Konsistensi

Hasil dari pengujian batas-batas konsistensi untuk tanah yang ditambah dengan campuran tanah kapur dan semen 5% ditunjukkan pada Tabel 10.

Tabel 10 Hasil Pengujian Batas-batas Konsistensi Campuran Tanah Kapur dan Semen 5%

No	Variasi Benda Uji	Batas Cair (%)	Batas Plastis (%)	Indeks Plastisitas (%)	Batas Susut (%)
1.	Tanah Asli + Tanah Kapur 30% + Semen 5%	42,80	23,79	19,01	36,62
2.	Tanah Asli + Tanah Kapur 40% + Semen 5%	38,78	24,70	14,08	39,98
3.	Tanah Asli + Tanah Kapur 50% + Semen 5%	36,70	31,17	5,53	46,79



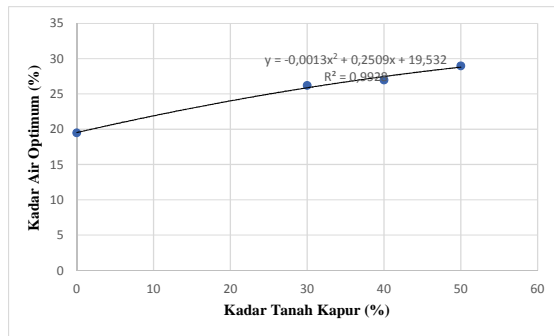
Gambar 6 Hubungan Indeks Plastisitas dengan Variasi Kadar Tanah Kapur dan Semen 5% Terhadap Tanah Asli

Pemadatan Tanah

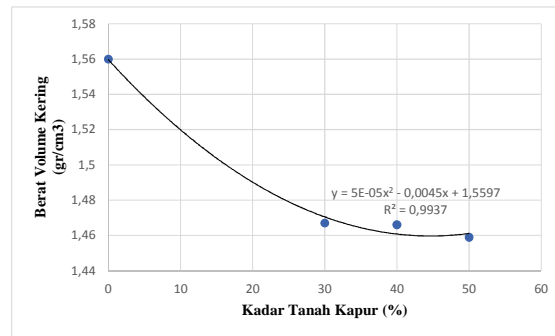
Hasil dari pengujian batas-batas konsistensi untuk tanah yang ditambah dengan campuran tanah kapur dan semen 5% ditunjukkan pada Tabel 11.

Tabel 11 Hasil Pengujian Pematatan dengan Campuran Tanah Kapur dan Semen 5%

No	Variasi Benda Uji	Kadar Air Optimum (%)	Berat Volume Kering Maksimum (gr/cm ³)
1.	Tanah Asli + Tanah Kapur 30% + Semen 5%	26,20	1,467
2.	Tanah Asli + Tanah Kapur 40% + Semen 5%	27,00	1,466
3.	Tanah Asli + Tanah Kapur 50% + Semen 5%	29,00	1,459



Gambar 7a Hubungan Kadar Air Optimum dengan Variasi Kadar Tanah Kapur dan Semen 5% Terhadap Tanah Asli



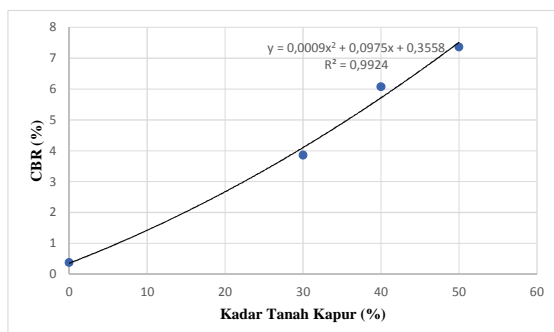
Gambar 7b Hubungan Berat Volume Kering dengan Variasi Kadar Tanah Kapur dan Semen 5% Terhadap Tanah Asli

CBR dan Pengembangan (Swelling)

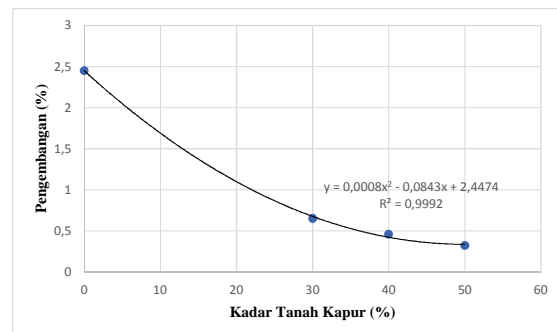
Hasil uji CBR dan pengembangan (*swelling*) yang diperam selama 3 hari dan direndam selama 4 hari dengan variasi tanah kapur ditampilkan dalam Tabel 12 dan Gambar 8a serta Gambar 8b di bawah ini.

Tabel 12 Hasil Pengujian CBR dan Pengembangan/Swelling dengan Campuran Tanah Kapur dan Semen 5%

No	Variasi Benda Uji	CBR (%)	Pengembangan (%)
1.	Tanah Asli + Tanah Kapur 30% + Semen 5%	3,86	0,65
2.	Tanah Asli + Tanah Kapur 40% + Semen 5%	6,08	0,46
3.	Tanah Asli + Tanah Kapur 50% + Semen 5%	7,37	0,32



Gambar 8a Hubungan CBR dengan Variasi Kadar Tanah Kapur dan Semen 5% Terhadap Tanah Asli



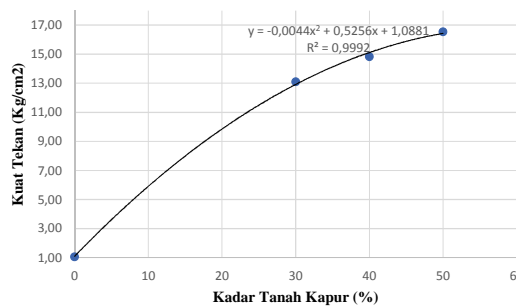
Gambar 8b Hubungan Pengembangan dengan Variasi Kadar Tanah Kapur dan Semen 5% Terhadap Tanah Asli

Kuat Tekan Bebas

Hasil pengujian kuat tekan bebas dapat ditampilkan pada Tabel 13 dan Gambar 9.

Tabel 13 Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas Dengan Campuran Tanah Kapur dan Semen 5%

No	Variasi Benda Uji	Q _u (Kg/cm ²)
1.	Tanah Asli + Tanah Kapur 30% + Semen 5%	13,10
2.	Tanah Asli + Tanah Kapur 40% + Semen 5%	14,84
3.	Tanah Asli + Tanah Kapur 50% + Semen 5%	16,54



Gambar 9 Hubungan Kuat Tekan dengan Variasi Kadar Tanah Kapur dan Semen 5% Terhadap Tanah Asli

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian pengaruh penambahan tanah kapur dan semen terhadap sifat fisik dan mekanik tanah lempung yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Stabilisasi Tanah Lempung – Tanah Kapur

Sifat fisik stabilisasi tanah lempung – tanah kapur menghasilkan nilai berat jenis, batas cair, dan indeks plastisitas semakin mengecil pada persentase tanah kapur 50% yaitu 2,50, 34,04%, dan 14,58%. Sifat mekanik stabilisasi tanah lempung – tanah kapur menghasilkan nilai kadar air optimum dan potensi pengembangan (*swelling*) mengecil pada persentase tanah kapur 50% menjadi 15,34% dan 0,16%. Sedangkan nilai berat volume kering maksimum, CBR dan nilai kuat tekan bebas meningkat menjadi 1,70 gr/cm³, 5,31% dan 7,62 kg/cm².

2. Stabilisasi Tanah Lempung – Tanah Kapur – Semen

Sifat fisik stabilisasi tanah lempung – tanah kapur – semen menghasilkan nilai berat jenis meningkat hingga 2,78 pada persentase tanah kapur 50% dan semen 5. Nilai indeks plastisitas dan batas cair mengecil menjadi 5,53% dan 36,70% pada persentase tanah kapur 50% dan semen 5%. Sifat mekanik stabilisasi tanah lempung – tanah kapur – semen menghasilkan nilai kadar air optimum, CBR dan Nilai kuat tekan bebas meningkat menjadi 29,00%, 7,37% dan 16,54 kg/cm² pada penambahan tanah kapur 50% dan semen 5%. Sedangkan nilai berat volume kering maksimum, potensi pengembangan (*swelling*) mengecil menjadi 1,459 gr/cm³ dan 0,32 pada penambahan tanah kapur 50% dan semen 5%.

SARAN

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, adapun saran yang dapat diberikan peneliti yaitu sebagai berikut:

1. Dapat menambah masa pemeraman tanah yang lebih bervariasi sebelum dilakukan pengujian CBR dan UCS.
2. Pada pengujian proctor standar penentuan nilai kadar air optimum dan berat volume kering maksimum dilakukan menggunakan metode regresi.
3. Dapat menggunakan bahan stabilisasi lain untuk tanah yang sama, seperti penambahan *fly ash*, *bottom ash*, *biomash ash*, abu sekam padi dan garam dapur.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM, 1980. *Annual Books of ASTM Standards*. American Society for Testing Material, Philadelphia
- Darwis. 2017. *Dasar dan Teknik Perbaikan Tanah*. Pustaka AQ; Nyutran MG II/14020. Yogyakarta
- Das B, M. 1995. *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Erlangga. Jakarta.
- Hernaeni, S. 2012. *Efektifitas Semen Pada Stabilisasi Lempung dengan Kapur Akibat Percepatan Waktu Antara Pencampuran Pematatan*. ISSN: 1412-9612, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah, Surakarta.
- Hardiyatmo, H, C. 2006. *Stabilisasi tanah untuk Perkerasan Jalan*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Ningsih, D. 2014. *Pengaruh Penambahan Variasi Tanah Kapur dan Semen Terhadap Potensi Pengembangan Tanah Lempung Desa Niuk Baun Kecamatan Amarasi Barat Kabupaten Kupang*. Skripsi S-1 Prodi Teknik Sipil. Universitas Nusa Cendana. Kupang.
- Simamora, E. 2011. *Praktikum Dasar Ilmu Tanah*. Universitas Jember.
- Wesley, LD. 2010. *Mekanika Tanah Untuk Tanah Endapan dan Residu*. Andi. Yogyakarta.

