

Analisis Perbaikan Tanah Lempung Medium dan Soft Dengan Penambahan Serbuk Batu Kapur Puger.

Analysis of Improvement of Medium and Soft Clay Soil with the Addition of Puger Limestone Powder.

Tedi Pujo Raharjo¹ Arief Alihudien² Ilanka Cahya Dewi³

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember

Email : tedjotedi1@gmail.com

²Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember

Email : ariefalihudien@unmuhjember.ac.id

³Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember

Email : ilankadewi@unmuhjember.ac.id

Abstrak

Tanah sebagai fundament dari suatu struktur bangunan harus memiliki kualitas dan kemampuan dukung yang memadai, karena kekuatan bangunan itu sendiri akan sangat dipengaruhi oleh kemampuan tanah dasar dalam menampung dan menyalurkan beban yang ada. Tidak semua jenis tanah memiliki kualitas dan kemampuan dukung yang baik, karena tanah biasanya bersifat tidak homogen dan tidak isotropis. Tanah lempung memiliki kelemahan yang cukup signifikan. Saat hujan, tanah lempung akan mengembang secara drastis, dan di musim kemarau, tanah lempung akan mengalami penyusutan yang tidak sedikit. Terlebih lagi, jika pergeseran dan penurunan bangunan ini tidak terjadi merata di seluruh struktur, maka dapat menimbulkan risiko retak dan ambles pada bangunan yang berada di atas tanah tersebut. Kemampuan dukung tanah lempung ditingkatkan dengan menggunakan campuran bahan kapur Puger sebagai bahan tambahan dengan persentase penambahan kapur dari total berat kering tanah lempung, terutama melalui pengujian konsistensi tanah, unconfined, dan CBR Laboratorium. Penelitian ini bertujuan untuk memperbaiki tanah dengan menggunakan kapur pugur sebagai bahan tambahan untuk mengetahui karakteristik serta pengaruhnya terhadap tanah dasar (subgrade).

Kata kunci: Perbaikan Tanah, Konsistensi Tanah, California Bearing Ratio (CBR).

Abstract

Soil as the foundation of a building structure must have adequate quality and bearing capacity, because the strength of the building itself will be greatly influenced by the ability of the base soil to accommodate and distribute the existing load. Not all types of soil have good quality and bearing capacity, because soil is usually not homogeneous and not isotropic. Clay soil has quite significant disadvantages. When it rains, clay soil will expand drastically, and in the dry season, clay soil will shrink quite a bit. Moreover, if the shifting and subsidence of the building does not occur evenly throughout the structure, it can create a risk of cracking and collapsing in the building on the ground. The bearing capacity of clay soil is increased by using a mixture of Puger lime as an additional material with a percentage of added lime from the total dry weight of the clay soil, especially through testing soil consistency, unconfined, and Laboratory CBR. This research aims to improve the soil by using pugur lime as an additional material to determine its characteristics and effect on the subgrade soil.

Keywords: Soil Improvement, Soil Consistency, California Bearing Ratio (CBR).

1. PENDAHULUAN

a. Latar Belakang

Tanah sebagai fondasi untuk menopang suatu bangunan wajib memiliki karakteristik dan kemampuan dukung yang baik, karena kekuatan suatu bangunan akan dipengaruhi langsung oleh seberapa baik tanah dasar dapat menampung dan menyalurkan beban yang ada. Tidak semua jenis tanah memiliki karakteristik dan kemampuan dukung yang baik, karena umumnya tanah bersifat heterogen dan anisotropis. Dalam penelitian ini, serbuk batu kapur Puger digunakan sebagai bahan tambahan untuk mengevaluasi seberapa besar pengaruh penambahan pasir terhadap kemampuan dukung tanah lempung dengan konsistensi lembek dan sedang. Tujuan dari penelitian adalah untuk menganalisis sifat fisik dan mekanik jenis tanah lempung. Mengetahui pengaruh serbuk batu kapur Puger terhadap tanah lempung konsistensi medium dan soft, yaitu dengan cara mencampur tanah lempung konsistensi medium dan soft dengan Serbuk Batu kapur Puger yaitu dengan presentase penambahan sebesar, 0%, 10%, 20%, 30%, 40%. agar dapat mengetahui persentase kadar air optimum sehingga dapat mengetahui nilai CBR (*California Bearing Ratio*) sebelum dan setelah ditambahkan serbuk batu kapur Puger.

b. Rumusan Masalah

Dalam rumusan masalah tugas akhir ini, penulis akan meninjau beberapa point masalah sebagai berikut:

- i. Bagaimana pengaruh perubahan plastis pada tanah lempung *medium* dan *soft* setelah penambahan variasi prosentase serbuk batu kapur Puger?
- ii. Bagaimana nilai Cu pada tanah lempung dengan di remolded menjadi konsistensi *medium* dan *soft*?
- iii. Bagaimana pengaruh variasi proporsi serbuk batu kapur Puger terhadap nilai CBR pada tanah lempung *medium* dan *soft*?

c. Batasan Masalah

Batasan Masalah Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Universitas Muhammadiyah Jember. Batasan masalah ini

ditetapkan untuk mempersempit isu-isu yang terlalu luas, mengingat cakupan permasalahan yang sangat besar serta keterbatasan waktu dan biaya. Oleh karena itu, batasan ini ditentukan sebagai berikut:

1. Tanah lempung yang digunakan sebagai bahan penelitian yaitu tanah lempung dengan konsistensi *medium* dan *soft*.
2. Bahan tambah yang digunakan sebagai bahan campuran menggunakan serbuk batu kapur Puger dengan variasi penambahan 10%, 20%, 30%, dan 40%.
3. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu hanya menguji nilai CBR, plastisitas, dan nilai kuat tekan bebas di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Jember.

d. Maksud dan tujuan

Adapun tujuan penulisan Tugas Akhir ini adalah:

1. Menganalisa perubahan plastis pada tanah lempung *medium* dan *soft* setelah ditambahkan variasi prosentase penambahan serbuk batu kapur Puger.
2. Menganalisa nilai Cu pada tanah lempung dengan di remolded menjadi konsistensi *medium* dan *soft*.
3. Bagaimana pengaruh variasi proporsi serbuk batu kapur Puger terhadap nilai CBR pada tanah lempung *medium* dan *soft*

2. TINJAUAN PUSTAKA

a. Tanah Lempung

Tanah lempung dan mineral lempung adalah tanah yang memiliki partikel - partikel mineral tertentu yang “menghasilkan sifat-sifat plastis pada tanah bila dicampur dengna air”.

b. Batu Kapur (*limestone*)

Batu kapur atau limestone adalah batuan sedimen yang berasal dari organisme laut yang telah mati dan berubah menjadi kalsium karbonat (CaCO_3) (Fathmaulida, 2013).

c. Klasifikasi Tanah

Klasifikasi tanah adalah pengelompokan berbagai jenis tanah ke dalam kelompok yang sesuai dengan karakteristiknya. Sistem klasifikasi ini menjelaskan secara singkat sifat-

sifat umum tanah yang sangat bervariasi namun tidak ada yang benar-benar memberikan penjelasan yang tegas mengenai kemungkinan pemakainya (Das, 1995).

d. Parameter Pengujian Sifat Fisik Tanah

i. Pengujian Kadar Air

Pengujian ini digunakan untuk mengetahui kadar air suatu sampel tanah yaitu perbandingan antara berat air dengan berat tanah kering. Pengujian ini menggunakan standar ASTM D-2216.

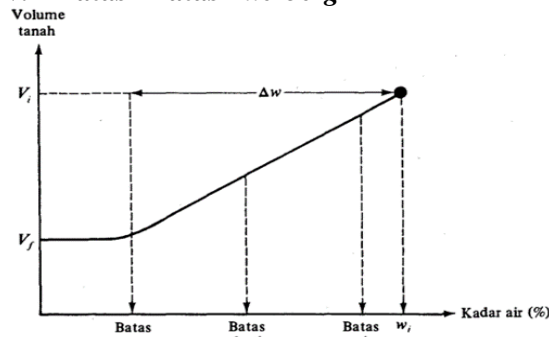
ii. Analisa Saringan

Untuk tanah berbutir kasar yang memiliki ukuran butiran tanah lebih dari 0,075 mm atau yang tertahan pada saringan no.200 dapat diketahui dengan cara menyaring.

iii. Analisa Hydrometer

Analisa hydrometer merupakan suatu pengujian yang dilakukan melalui proses sedimentasi. Pengujian ini ditujukan untuk tanah dengan butiran halus atau komponen halus dari tanah berbutir kasar (butiran tanah yang memiliki diameter <0,075 mm atau yang dapat lolos dari saringan no.200).

iv. Batas –Batas Atterberg



Gambar 1. Batas Batas Atterberg Limit
 sumber: Braja M. Das. (1995) *Mekanika Tanah I*, Erlangga, Surabaya.

Batas cair (LL), didefinisikan sebagai kadar air tanah pada batas antara keadaan plastis,

Batas plastis (PL) didefinisikan sebagai kadar air pada kedudukan antara daerah plastis dan semi padat,

Batas susut (SL) didefinisikan sebagai kadar air pada kedudukan antara daerah semi padat dan padat.

v. Uji Kuat Tekan Bebas (*Unconfined*)

Salah satu parameter yang dipakai untuk menentukan kekuatan geser tanah adalah pengujian kuat tekan bebas tanah (*unconfined compression strength*). Pada penelitian ini, uji kuat tekan dilakukan pada tanah kondisi tidak asli (*disturbed sample*) atau dalam keadaan yang terganggu.

vi. Uji CBR (*California Bearing Ratio*)

California Bearing Ratio (CBR) merupakan sebuah ukuran yang digunakan dalam teknik geoteknik untuk menilai kemampuan tanah dalam menahan beban. CBR adalah faktor krusial dalam desain perkerasan jalan dan landasan pesawat. Ukuran ini memberikan data tentang sejauh mana tanah dapat menjaga kekuatan dan ketahanannya terhadap pembekuan akibat beban.

Persamaan nilai CBR dapat dilihat sebagai berikut:

- Penetrasi 0,1 (2,5mm)

$$CBR = \frac{\text{Beban } 0,1}{3 \times 1000} \times 100\%$$

- Penetrasi 0,2 (5mm)

$$CBR = \frac{\text{Beban } 0,2}{3 \times 1500} \times 100\%$$

e. Perbaikan Tanah.

Perbaikan tanah merupakan tindakan yang diambil untuk menstabilkan tanah dengan cara meningkatkan sifat tanah asli melalui penambahan bahan timbunan dan bahan pelapis.

i. Perbaikan Tanah Dengan Bahan Tambah kapur

Kapur mensementasi tanah lempung menjadi lebih padat sehingga dapat melawan sifat kembang susut dari tanah serta menambah kestabilan pada tanah.

ii. Perbaikan Tanah Dengan Bahan Tambah

Sifat plastisitas, kompresibilitas, dan permeabilitas dapat dimodifikasi dengan menambahkan bahan tambahan tertentu. Cara untuk menjaga agar campuran tanah dengan bahan tambahan kedap air adalah menjaga supaya kadar air tanah tetap rendah sehingga kekuatan tanah dapat dipertahankan.

No.	Tanah lempung	penambahan batu kapur		pemeraman	
		medium	soft	3 hari	7 hari
1	100%	0%	0%	2	2
2	100%	10%	10%	2	2
3	100%	20%	20%	2	2
4	100%	30%	30%	2	2
5	100%	40%	40%	2	2
Jumlah sampel				20	

iii. Pengujian Sebelumnya

Menurut Nurandajani, Yogi Risdianto (2022), Penambahan Kapur Sebagai Stabilisasi Tanah Ekspansif untuk Lapisan Tanah Dasar (Subgrade), Tanah ekspansif merupakan jenis tanah dengan plastisitas tinggi yang memiliki karakteristik kembang susut yang signifikan, sehingga tidak cocok untuk mendirikan bangunan di atasnya secara langsung. Dalam berbagai proyek pembangunan jalan, sering kali muncul masalah geoteknik yang dapat menimbulkan ketidaknyamanan bagi pengguna jalan. Oleh karena itu, diperlukan perbaikan atau stabilisasi tanah. Stabilisasi tanah ekspansif dapat dilakukan dengan menambahkan material yang lebih baik untuk mengurangi sifat plastisitas tanah tersebut.

Menurut Eka Warni Riadi dan Buari Siswanto (2004), Pengaruh Penambahan Pasir dan Kapur untuk Stabilitas Tanah Lempung sebagai Subgred Jalan Raya, tanah merupakan elemen paling krusial dalam suatu konstruksi, sehingga tanah harus dapat menahan beban struktur di atasnya. Namun, dalam proses pembangunan konstruksi, sering terdapat berbagai permasalahan. Salah satu masalah yang umum adalah kondisi tanah di beberapa wilayah yang secara teknis tidak memenuhi standar sebagai tanah dasar, sehingga kemampuan dukung yang diperoleh sangat rendah. Salah satu metode untuk memperbaiki tanah dasar adalah melalui stabilitas kimia, sehingga dalam penelitian ini dilakukan percobaan dengan variasi campuran kapur dan pasir untuk meningkatkan kekuatan dukung tanah lunak.

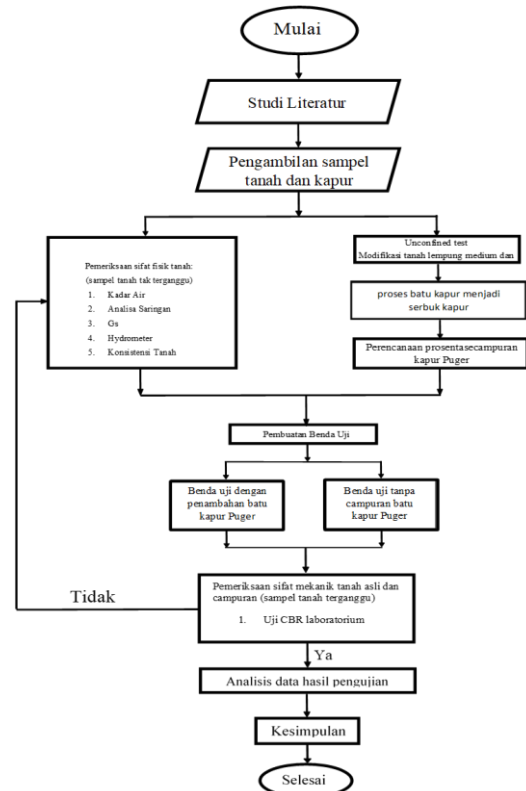
3. METODOLOGI

tanah lempung kemudian dilakukan penimbangan semua sampel benda uji lalu sampel dicampur secara berurutan sesuai takaran setiap sampel yang jumlah 20 sampel kemudian dipadatkan ke dalam *mold* CBR

dengan cara di tumbuk sampai sampel tanah masuk keseluruhan yang kemudian dilakukan proses pemeraman selama 3 hari dan 7 hari untuk konsistensi tanah *soft* dan konsistensi *medium*.

Tabel 1. Jumlah sampel CBR Laboratorium
 Sumber: Analisa Data, 2023

f. Diagram Alir



Gambar 2. Diagram Alir
 Sumber: Analisa Data, 2023

4. Hasil dan Pembahasan

a. Kadar Air

Pengujian ini menggunakan tanah lempung pada kondisi awal setelah pengambilan sampel dari lokasi, Jadi hasil dari perhitungan, kadar air (W) rata-rata yang terkandung dalam sampel tanah lempung adalah sebesar 26,60 %.

b. Analisa Ayakan dan Hydrometer

Analisa Hydrometer bertujuan untuk menentukan distribusi ukuran butiran tanah yang memiliki diameter kurang dari 0,075 milimeter atau yang lolos ayakan nomor 200.

Dari pengujian sampel tanah tanpa penambahan serbuk batu kapur, didapat hasil tabel dengan berat sampel 500 gram, kehilangan saat pengujian seberat 0,4gram, dengan persentase lolos ayakan no.200 sebesar 78,52%.

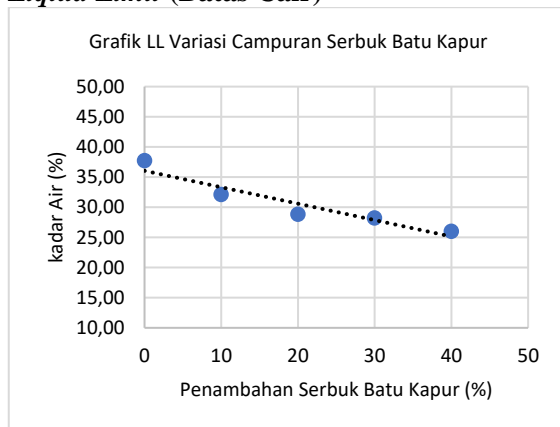
Dari gradasi pada gambar 5 gradasi yang lebih banyak pada butiran halus yaitu sebesar 78,52%. Butiran kasar 15,96%, krikil 5,52%.

c. Berat Jenis (*specific Gravity*)

Pengujian G_s yang dilakukan menggunakan 3 sampel, hasil berat jenis setiap sampel adalah, sampel pertama 2,65 gram/cm³, sampel kedua 2,62 gram/cm³, sampel ketiga 2,62 gram/cm³. Maka nilai berat jenis(Specific Gavity) rata-rata dari ketiga sempel tersebut adalah sebesar 2,63 gram/cm³.

d. Atterberg Limit

Liquid Limit (Batas Cair)

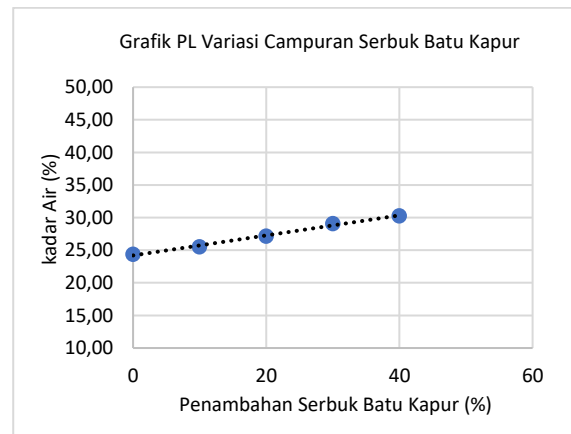


Gambar 3. Grafik *Liquid Limit* (batas cair)

Sumber: Pengolahan Data, 2023

Didapat hasil bahwa setiap penambahan serbuk batu kapur Puger dapat menurunkan nilai batas cair dari tanah lempung.

Plastic Limit (Batas Plastis)



Gambar 4. Grafik *Plastic Limit* (batas plastis)

Sumber: Pengolahan Data, 2023

Berdasarkan grafik pada gambar 7 dapat disimpulkan bahwa semakin besar penambahan serbuk batu kapur Puger dapat menurunkan nilai batas cair dari tanah lempung.

e. Unconfined

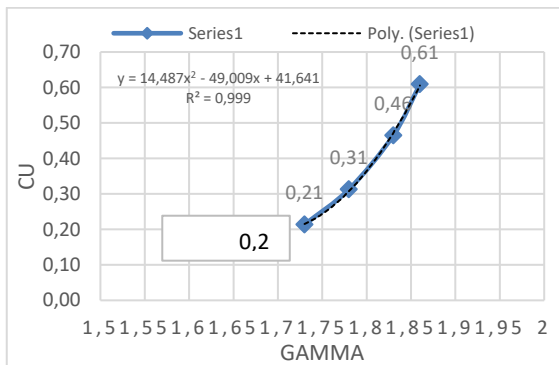
Dalam penentuan jenis konsistensi tanah soft dan medium dapat dilihat pada table:

Tabel 2. Klasifikasi jenis Tanah

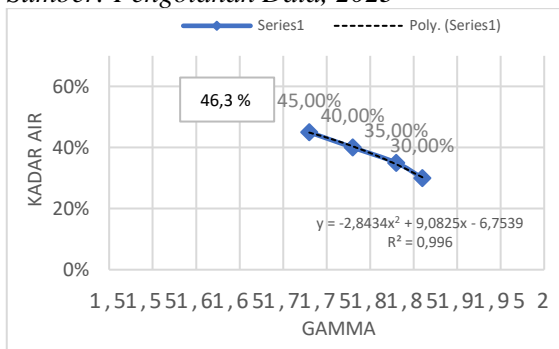
konsistensi tanah	Cu (Kg/cm ²)	SPT, N	Sondir
Sangat lunak (<i>very soft</i>)	<0,125	<2,5	<7,5
Lunak (<i>soft</i>)	0,125-0,25	2,5-5	7,5-15
Sedang (<i>medium stiff</i>)	0,125-0,5	5 – 10	15-30
Kaku (<i>stiff</i>)	0,5-1	10 – 20	30 – 60
Sangat Kaku (<i>very stiff</i>)	1 – 2	20 – 40	60 – 120
keras (<i>hard</i>)	>2	>40	>120

Sumber: Mochtar(2006), revised (2012)

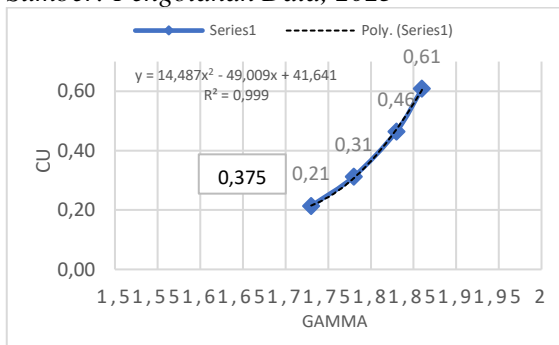
Dari tabel diatas untuk konsistensi lunak (soft) nilai cu = 0,125 – 0,25 (kg/cm²) dan untuk konsistensi sedang (medium) nilai cu = 0,25 – 0,5 (kg/cm²). Dari hasil perhitungan uji Unconfined yang termasuk dalam konsistensi lunak (soft) yaitu tanah berkadar air 45% dengan nilai cu = 0,218 (kg/cm²) dan konsistensi sedang (medium) yaitu tanah berkadar air 35% dengan nilai cu = 0,46 (kg/cm²).



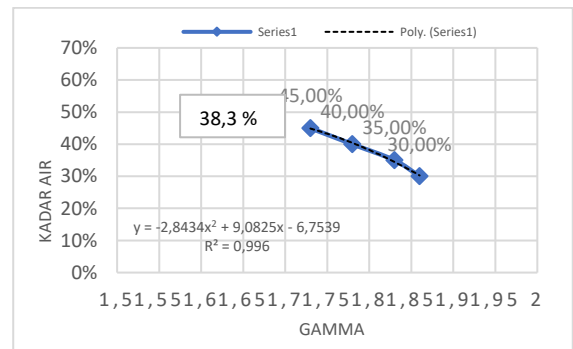
Gambar 5. Grafik persamaan nilai Cu dan gamma untuk tanah konsistensi *medium*
 Sumber: Pengolahan Data, 2023



Gambar 6. Grafik persamaan nilai kadarair, gamma untuk tanah konsistensi *medium*
 Sumber: Pengolahan Data, 2023



Gambar 7. Grafik persamaan nilai Cu dan gamma untuk tanah konsistensi *soft*
 Sumber: Pengolahan Data, 2023



Gambar 8. Grafik persamaan nilai kadarair, gamma untuk tanah konsistensi *soft*
 Sumber: Pengolahan Data, 2023

g. CBR (California Bearing Ratio)

Dalam pengujian kali ini sampel yang digunakan yaitu tanah lempung dengan jenis klasifikasi tanah medium dan soft yang ditambahkan dengan serbuk batu kapur Puger dengan jumlah variasi 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, sebelum dilakukan pengujian CBR (*California Bearing Ratio*) terlebih dahulu tanah yang sudah dicampur dengan serbuk batu kapur Puger dilakukan proses pemeraman selama 3 hari dan 7 hari untuk setiap Konsistensi tanah lempung

Untuk hasil perhitungan dari pengujian CBR (*California Bearing Ratio*) bisa dilihat pada table di bawah ini:

ini:

Tabel 3. Nilai CBR Konsistensi Medium

Persen Campuran Kapur	CBR Medium 3 hari		CBR Medium 7 Hari	
	0,1	0,2	0,1	0,2
0%	15.5	15.5	15.8	17.1
10%	16.1	18.6	16.7	19.0
20%	17.0	18.9	17.8	20.1
30%	18.1	20.3	18.9	21.5
40%	19.9	22.2	20.8	23.2

Sumber: Analisa Data, 2023

Tabel 4. Nilai CBR Konsistensi *soft*

Persen Campuran Kapur	CBR Soft 3 hari		CBR Soft 7 Hari	
	0,1	0,2	0,1	0,2
0%	6.7	7.2	7.8	8.8
10%	7.7	8.0	9.3	9.7
20%	8.8	8.8	10.6	10.9
30%	10.2	10.1	12.0	12.1
40%	11.9	11.3	13.3	13.6

Sumber: Analisa Data, 2023

menunjukkan bahwa nilai CBR (*California Bearing Ratio*) tanah lempung konsistensi

medium dan *soft* mengalami kenaikan seiring dengan penambahan serbuk batu kapur Puger. Hal ini menunjukkan bahwa pada setiap kenaikan nilai CBR yang lebih besar dengan setiap penambahan serbuk batu kapur Puger disebabkan tingkat kepadatan yang lebih kuat, sehingga perpaduan tanah lempung dan serbuk batu kapur Puger membuat rongga tanah semakin kecil dan proses pemeraman juga berpengaruh pada kenaikan nilai CBR karena proses sementasi dari serbuk batu kapur padatan sehingga tanah lempung menjadi lebih setabil.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

a. Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian di Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Jember pada tanggal 14 Agustus – 20 November 2023 maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- i. Penambahan kapur Puger pada tanah lempung dapat mengurangi tingkat plastisitas, di mana pada tanah asli harga batas plastis sebesar 2,37%. Setelah ditambahkan batu kapur mulai kadar 10%, 20%, 30%, 40% berturut – turut harga batas plastis menjadi 25,50%, 27,15%, 29,7%, dan 30,26%.
- ii. Pengujian *Unconvined* pada penelitian kali ini digunakan untuk mendisain tanah lempung menjadi tanah berkonsistensi *medium* dan *soft*, dari pengujian *Unconvined* untuk konsistensi *medium* didapatkan nilai C_u 0,46 Kg/cm² dengan kadar air 35%, dan untuk konsistensi *soft* didapatkan nilai C_u 0,21 Kg/cm² dengan kadar air 45%.
- iii. Penambahan serbuk batu kapur Puger dan pemeraman pada tanah lempung dapat meningkatkan nilai CBR.
 - Di mana tanah lempung dengan konsistensi *medium* pemeraman 3 hari tanpa penambahan serbuk batu kapur Puger didapatkan nilai CBR 15,5% kemudian setelah ditambahkan serbuk batu kapur Puger sejumlah 40% nilai CBR 19,9%
 - Di mana tanah lempung dengan konsistensi *medium* pemeraman 7 hari tanpa

penambahan serbuk batu kapur Puger didapatkan nilai CBR 15,8 % kemudian setelah ditambahkan serbuk batu kapur Puger sejumlah 40% nilai CBR 23,2%

- Di mana tanah lempung dengan konsistensi *soft* pemeraman 3 hari tanpa penambahan serbuk batu kapur Puger didapatkan nilai CBR 6,7 % kemudian setelah ditambahkan serbuk batu kapur Puger sejumlah 40% nilai CBR 11,9%
- Di mana tanah lempung dengan konsistensi *soft* pemeraman 7 hari tanpa penambahan serbuk batu kapur Puger didapatkan nilai CBR 7,8 % kemudian setelah ditambahkan serbuk batu kapur Puger sejumlah 40% nilai CBR 13,3%.

b. Saran

Berdasarkan dari penelitian di Laboratorium dan data perhitungan, maka untuk penelitian selanjutnya penulis menyarankan sebagai berikut:

- i. Penelitian selanjutnya perlu memperbanyak jumlah sampel untuk pengujian *california Bearing Ratio* (CBR) sehingga nantinya didapatkan nilai kepadatan tanah yang lebih valid.
- ii. Penelitian selanjutnya perlu dilakukan penelitian dan pengujian kandungan yang terdapat pada batu kapur Puger secara spesifik.

6. DAFTAR PUSTKA

- AASTO. *Sistem Klasifikasi Tanah*
ASTM. *Sistem Klasifikasi Tanah*
ASTM D-2216. *Pengujian Kadar Air*.
ASTM D-4318. *Pengujian Batas Atterbrek*.
ASTM D-854. *Pengujian Berat Jenis*.
ASTM D1557. *Pemadatan Tanah*.
ASTM- 1883-73. *Pengujian CBR (California Bearing Ratio) Laboratorium*.
Agus Sugianto, Irna Hendriyani, Gunaedi Utama, Rahmat.2022. *Analisis Stabilisasi Tanah Lempung Lunak Menggunakan Material Semen Sebagai Bahan Campuran*.
Balikpapan : Jurnal Teknik sipil Universitas Balikpapan.

- Braja M. Das, *Mekanika Tanah Jilid 1 terjemahan*, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1995.
- Braja M. Das, *Mekanika Tanah Jilid 2 terjemahan*, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1994.
- Bowles, Joseph E. 1993. *Sifat-sifat Fisik dan Geoteknis Tanah*. Jakarta: Erlangga.
- Canonica, Lucio. 1991. *Memahami Mekanika Tanah*. Bandung: Angkasa.
- Cut Nuri Badariah, Nasrul, Yudha Hanova. 2012. *Perbaikan Jalan Raya Dengan Penambahan Kapur*. Medan : Jurnal Teknik Sipil Institut Teknologi Medan.
- Dokuchaev. 1870. *Mekanika Tanah*. Jakarta: Erlangga.
- Eka Warni Riadi, Buari Siswanto.2004. *pengaruh Penambahan Pasir dan Kapur Untuk Stabilitas Tanah Lempung Sebagai Subgread Jalan Raya*. Yogyakarta : Jurnal Teknik Sipil.
- Fitridawati Soehardi, Fadrizal Lubis, Lusi Dwi Putri. 2017. *Stabilisasi Tanah Dengan Fariasi Penambahan Kapur dan Waktu Pemeraman*. Pekanbaru :Jurnal Teknik Sipil Universitas Lancang Kuning.
- Fadilla, N & Roesyanto. 2014. *Pengujian Kuat Tekan Bebas (Unconfined Compression Test) Pada Stabilitas Tanah Lempung Dengan Campuran Semen dan Abu Sekam Padi*. Jurnal. Medan: Universitas Sumatra Utara.
- Lempung Pada Tanggul*. Lapung : JRSDD, Edisi Juni 2021
- Hardiyatmo, H.C. 2006. *Mekanika Tanah I*. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C. 2006. *Mekanika Tanah I Edisi Ke V*. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Nur Andajani, Yogie Risdianto. 2022. *Penambahan Kapur Sebagai Stabilisasi Tanah Ekspansif untuk Lapisan Tanah Dasar*. Surabaya : Jurnal Teknik Sipil Universitas Negri Surabaya.
- S. Tantri Handayani Idrus, Iswan, Aminudin Syah. 2021. *Hubungan Sifat Fisik Tanah Yang Dicampur Dengan Kapur Terhadap Stabilitas Tanah*
- Standar Nasional Indonesia (SNI). 2012. *Metode Uji CBR Laboratorium*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional BSNI.