

PENGARUH WAKTU PEMERAMAN STABILISASI DENGAN KAPUR GAMPING TERHADAP NILAI KUAT TEKAN BEBAS PADA TANAH LEMPUNG EKSPANSIF DI DAERAH PANEMPAN MADURA

Rafikatul Jannah

Program Studi S1 Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Surabaya
rafikatuljannah@mhs.unesa.ac.id

Dra. Hj. Nur Andajani, M.T.

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
nurandajani@unesa.ac.id

Abstrak

Pada desa Panempun RT02 RW02 dusun Cangkring kabupaten Pamekasan Madura mengalami berbagai permasalahan, antara lain tembok bangunan retak, lantai rusak, pondasi amblas dan kerusakan jalan. Hal tersebut disebabkan oleh tanah yang berda di desa Panempun merupakan tanah lempung ekspansif. Maka dari itu diperlukan adanya stabilisasi untuk meningkatkan kenyamanan dan keamanan pada sebuah bangunan.

Penelitian ini menggunakan pengaruh waktu pemeraman stabilisasi dengan kapur gamping terhadap nilai kuat tekan bebas pada tanah lempung ekspansif. Stabilisasi tanah dengan metode pencampuran bahan tambah berupa kapur gamping dari bukit kapur yang terdapat di desa Batuputih kabupaten Sumenep, Madura. Stabilisasi dengan kapur gamping diharapkan dapat memperbaiki nilai *Kuat Tekan Bebas* ditinjau dari lama waktu pemeraman. Variasi penambahan kapur gamping yang digunakan dalam penelitian ini ialah 0%, 5%, 10% dengan lama pemeraman 1,2,3 hari.

Dari hasil penelitian menunjukkan pada penambahan kapur gamping 10% nilai batas cair menurun yaitu 48,58%, nilai batas plastis meningkat yaitu 32,67%, dan nilai Indeks plastisitas menurun yaitu 15,91%. Lama waktu pemeraman berpengaruh terhadap nilai *Kuat Tekan Bebas*, peningkatan nilai kuat tekan bebas terbesar terjadi pada variasi penambahan kapur gamping 10% dengan lama waktu pemeraman 3 hari yaitu sebesar 0,71 gr/cm². Dapat disimpulkan bahwa pengaruh waktu pemeraman stabilisasi dengan kapur gamping terhadap tanah lempung ekspansif di desa Panempun Pamekasan Madura terhadap nilai *Kuat Tekan Bebas* mempunyai batas optimal pada penambahan 10%.

Kata Kunci: Stabilisasi, Kapur Gamping, Kuat Tekan Bebas, Waktu Pemeraman

Abstract

In the village of Panempun RT02 RW02, Cangkring hamlet, Pamekasan Madura district, experienced various problems, including cracked building walls, damaged floors, collapsed foundations and damaged roads. This is because the land in the village of Panempun is expansive clay soil. Therefore, stabilization is needed to increase the comfort and safety of a building.

This study used the effect of limestone stabilization curing time on the value of free compressive strength in expansive clay soils. Soil stabilization using the method of mixing added materials in the form of limestone from limestone hills in the village of Batuputih, Sumenep district, Madura. Stabilization with limestone is expected to improve the value of Free Compressive Strength in terms of the curing time. The variation of the addition of limestone used in this study was 0%, 5%, 10% with a curing time of 1,2,3 days.

The results showed that the addition of 10% limestone, the liquid limit value decreased to 48.58%, the plastic limit value increased to 32.67%, and the plasticity index value decreased to 15.91%. The duration of curing has an effect on the value of Free Compressive Strength, the largest increase in the value of free compressive strength occurs in the variation of the addition of 10% limestone with a curing time of 3 days, which is equal to 0.71 gr / cm². It can be concluded that the effect of curing time of stabilization with limestone on expansive clay soil in the village of Panempun Pamekasan Madura on the value of Free Compressive Strength has an optimal limit of 10% increments.

Keywords: Stabilization, Limestone, Soil Bearing Capacity, Curing Time

PENDAHULUAN

Tanah merupakan suatu Zat yang terdiri dari agregat (butiran) padat, mineral tidak konsisten (terikat secara kimiawi) satu sama lain dan bahan organik yang membusuk (partikel padat) disertai dengan cairan dan gas yang mengisi ruang di antara partikel padat tersebut (DAS, 1988: 1). Material tanah terbentuk dari batuan pelapukan – batuan yang kemudian *menjadi* bagian padat dari suatu tanah. Takaran pada butiran padat itu beragam serta karakteristik bentuk tanah banyak mengandalkan factor – factor takaran, wujud, dan bahan unsur zat dari butiran (Das, 1988 : 2). Dari keadaan itu tanah terbagi menjadi Beberapa kelompok: kerikil (gravel), pasir (pasir), lanau (lanau), dan lanau (tanah liat) (Das, 1988:64). Salah satunya tanah lempung yaitu expansive soil.

Tanah ekspansif contohnya terdapat pada daerah desa Panempan RT 02 RW 02 Dusun Cangkring kabupaten Pamekasan pulau Madura. Kondisi tanah pada daerah tersebut secara kasat mata mengalami keretakan saat musim kemarau dan akan basah, lengket dan liat saat musim penghujan. Dari kondisi tersebut tanah merupakan tanah ekspansif karena memiliki sifat kembang susut juga wujud yang dapat mengganggu pada bangunan masyarakat. karakteristik Pertumbuhan dan penyusutan adalah suatu peristiwa dimana tanah mengembang, dimana tanah mengandung banyak air sehingga tidak bisa menyerap dan menyusut pada keadaan tanah tersebut kering, peristiwa ini terjadi di desa tersebut yang menyebabkan tembok bangunan masyarakat retak dan lantai rusak sehingga masyarakat merasa terganggu.

Maka dari itu perlu adanya perbaikan di desa tersebut. Sebagian metode perbaikan Tanah liat yang diperluas adalah metode menstabilkan tanah. Secara umum Stabilisasi tanah merupakan suatu proses perbaikan sifat tanah dengan cara menambahkan sesuatu ke dalam tanah, guna meningkatkan kekuatan tanah dan mempertahankan kekuatan geser (Hardiatmo, 2002). Stabilisasi tanah, merupakan upaya dalam manambah stabilitas juga kekuatan Dukungan darat.

Jika tanah di lapangan longgar atau mudah dipadatkan, dan memiliki Daftar konsistensi berbeda, permeabilitas sangat tinggi, atau karakter tak terduga

berbeda yang tidak cocok untuk proyek pengembangan, maka tanah harus dalam keadaan stabil. (*Bowles , 1984*). Menurut (*B. Mochtar, 1994*) cara Stabilisasi tanah dibagi menjadi dua bagian, yaitu Stabilisasi kimiawi (*Stabilization kimiawi*) dan Stabilisasi Mekanis (*Mechanical Stabilization*).

Stabilisasi secara kimiawi yaitu mencampurkan tanah dengan zat aditif seperti kapur, semen, dan lain-lain dengan perbandingan tertentu. Sejumlah percobaan sudah dikerjakan demi menemukan cara untuk memperbaiki tanah dasar, contoh - contoh percobaan yang sudah dikerjakan yakni analisis penambahan serbuk baru gamping terhadap nilai potensial swelling pada tanah lempung ekspansif di daerah Driyorejo oleh (*Ylma Yatif Sarotul Ynsiah, Universitas Negeri Surabaya*), pengaruh ditambahkan kapur gamping pada tanah merah di wilayah Bangkalan kepada nilai C B R oleh (*Fajar Hidayat, Universitas Negeri Surabaya*), pengaruh waktu pemeraman stabilisasi tanah menggunakan kapur terhadap nilai CBR oleh (*Fitridawati soehardi dan Lusi Dwi Putri, Universitas Lancang Kuning*).

Dan menurut penelitian sebelumnya Aneka zat aditif dengan kandungan ion kalsium tinggi atau unsur senyawa lain yang dapat mengikat butiran tanah menjadi satu sehingga terbentuk butiran yang lebih besar, diantaranya dengan menggunakan serbuk kapur gamping. Berdasarkan latar belakang diatas maka peneliti akan melakukan penelitian tentang pengaruh waktu proses Stabilisasi dengan Kapur Gamping Terhadap Nilai Kuat Tekan Bebas Pada Tanah Lempung Ekspansif Di Daerah Panempan Madura. Dalam stabilisasi tanah, penambahan menggunakan serbuk kapur gamping dari daerah desa batu putih kabupaten Sumenep pulau Madura.

Karena pada serbuk kapur gamping ini memiliki kandungan CaO dan MgO yang cukup tinggi. Agar kembang susut dapat berkurang dari suatu tanah, maka perlu adanya penambahan jumlah kation dalam tanah asli dengan metode pencampuran unsur positif, yang ada dalam bubuk batu kapur setara dengan sifat susut tanah. Disamping itu juga dapat mengikat partikel tanah sehingga tanah menjadi lebih padat, dan butiran tanah mengembang, elastisitas tanah menurun, dan susut juga berkurang. Apabila semakin banyak senyawa

positif senyawa positif yang ada maka semakin kecil pula nilai kembang susut tersebut.

Rumusan masalah dalam penelitian ini ialah sebagai berikut: (1) Seberapa besar stabilisasi tanah lempung ekspansif Madura menggunakan kapur gamping terhadap nilai LL (*Liquid Limit*) PL (*Plastic Limit*) dan PI (*Plastisitas Indeks*)?, (2) Seberapa besar pengaruh waktu pemeraman stabilisasi tanah lempung ekspansif Madura menggunakan kapur gamping terhadap nilai kepadatan maksimum?, dan (3) Seberapa besar pengaruh waktu pemeraman stabilisasi tanah lempung ekspansif Madura menggunakan kapur gamping terhadap nilai kuat tekan bebas?

Sama dengan pembahasan masalah yang disampaikan maka tujuan penelitian ini adalah: (1) Demi memperoleh nilai jumlah dari stabilisasi tanah lempung ekspansif Madura menggunakan kapur gamping terhadap nilai LL (*Liquid Limit*) PL (*Plastic Limit*) dan PI (*Plastisitas Indeks*), (2) Untuk mendapatkan hasil waktu pemeraman dan persentase dari stabilisasi tanah lempung ekspansif Madura menggunakan kapur gamping terhadap nilai kepadatan maksimum, dan (3) Untuk mendapatkan hasil waktu pemeraman dan persentase dari stabilisasi tanah lempung ekspansif Madura menggunakan kapur gamping terhadap nilai kuat tekan bebas.

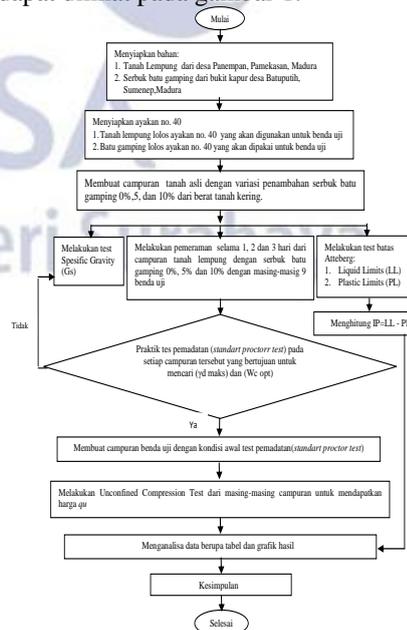
Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut: (1) Dapat mengetahui seberapa besar pengaruh penambahan serbuk kapur gamping terhadap tingkat klasifikasi tanah di daerah Desa Panempan kabupaten Pamekasan Madura, (2) Dapat mengetahui seberapa besar waktu pemeraman dan persentase paling efektif dalam penambahan serbuk kapur gamping terhadap nilai kepadatan maksimum pada tanah ekspansif di daerah Panempan, dan (3) Dengan hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi kepada warga desa Panempan, Pamekasan, Madura tentang cara stabilisasi tanah dengan penambahan serbuk kapur gamping dalam waktu pemeraman, Ditambah bahan tambahan untuk penelitian lebih lanjut.

Batasan masalah dari Penelitian ini adalah sebagai berikut: (1) Tanah lempung pada penelitian ini mengambil sampel dari daerah desa Panempan RT 02 RW 02 Dusun Cangkring Kabupaten

Pamekasan pulau Madura, (2) Kapur gamping dalam penelitian ini didapatkan dari bukit kapur yang terdapat di desa Batuputih Kabupaten Sumenep pulau Madura, (3) Benda uji adalah campuran yang terbuat dari tanah ekspansif desa Panempan RT 02 RW 02 Dusun Cangkring Kabupaten Pamekasan pulau Madura yang ditambahkan dengan penambahan serbuk kapur gamping sebesar 0%, 5%, dan 10% terhadap waktu pemeraman selama 1 hari, 2 hari, dan 3 hari dengan menggunakan Standart *Proctor Test* (4) Kondisi awal benda uji harus dalam keadaan kepadatan maksimum dari hasil Uji Standar Proctor sebelum dilakukan Uji Kuat Tekan Bebas, dan (5) Pengujian dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya.

METODOLOGI

Jenis penelitian yang akan dilakukan adalah penelitian pengaruh waktu pemeraman stabilisasi dengan kapur gamping terhadap nilai kuat tekan bebas pada tanah lempung ekspansif. Faktor yang diteliti adalah factor komposisi campuran tanah ekspansif dengan serbuk gamping dengan komposisi tanah + 5% serbuk gamping, komposisi tanah + 10% serbuk gamping dan tanah asli sebagai kontrol. Teknik pengumpulan data dilakukan dengan uji laboratorium untuk menghasilkan data primer. Langkah-langkah penelitian dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1 Diagram alur penelusuran teknis

Teknik Analisis data dilakukan dengan menggunakan metode deskriptif kualitatif. Data yang diperoleh dari serangkaian pengujian di laboratorium akan diolah menjadi tabel dan grafik dengan bantuan *Microsoft Excel*. Setelah itu data-data tersebut digambarkan dalam bentuk grafik dan lalu dianalisa secara deskriptif kualitatif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Penambahan Bubuk Batu Kapur Ke Tanah Lempung Terhadap Nilai Batas Cair (LL)

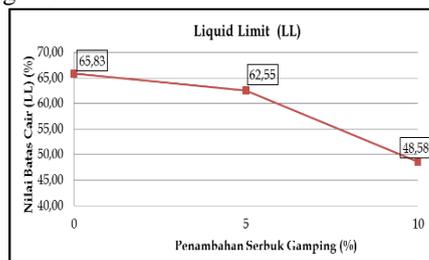
Batas cair (LL) adalah kadar air saat tanah berubah dari keadaan cair menjadi plastis. Hasil uji (Liquid Limit) pada lab, tanah lempung memakai sejumlah model penambahan serbuk batu gamping bisa di lihat pada tabel 1 yang menunjukkan harga batas cair (LL) menurun.

Tabel 1 Pengaruh Penambahan Serbuk Batu Gamping Pada Tanah Lempung Terhadap Nilai Liquid Limit (LL)

Penambahan Serbuk Batu Gamping	Nilai batas cair (LL)	Prosentase penurunan
(%)	(%)	(%)
0	65,83	0,00
5	62,55	4,98
10	48,58	26,20

Sumber: Hasil Laboratorium

Dari **tabel 1** bisa dilihat jika Nilai uji batas fluida di lab untuk tanah lempung dengan sejumlah zat aditif serbuk batu gamping pada 0% sebesar 65,830%, kemudian pada penambahan serbuk batu gamping 5% dan 10% hasil selalu mengalami penurunan menjadi 62,55 % dan 48,58%, dan dari tabel tersebut dijelaskan pada grafik bisa dilihat di gambar 2.



Gambar 2 Grafik Pengaruh Penambahan Serbuk Batu Gamping Pada Tanah Lempung Terhadap Nilai Liquid Limit (LL)

Dari hasil uji batas cair (Liquid Limit) yang ada pada tabel 1 dan grafik 1 diketahui bahwa batas cair (Liquid Limit) mengalami penurunan. Akibat penambahan serbuk batu gamping itu, lempung bukan hanya mengikat air melainkan lempung bisa juga mengikat serbuk gamping. Hal ini berdampak pada tingkat kadar air menjadi berkurang dan nilai Liquid Limit menjadi menurun karena tanah lempung mengikat serbuk gamping. Maka dari itu semakin tinggi penambahan serbuk gamping maka akan semakin turun nilai Liquid Limit.

Pengaruh Penambahan Serbuk Gamping Terhadap Lempung Pada Nilai Plastik Limit (PL)

Batas plastis (Plastic Limit) merupakan kadar air terkecil saat keadaan Tanah masih dalam keadaan plastis atau kadar air dalam tanah berubah dari keadaan plastis menjadi sedikit padat. Hasil uji batas plastis (Plastic Limit) di lab untuk tanah expansive yang menggunakan sejumlah macam penambahan serbuk batu gamping bisa dilihat di tabel 2 yang menunjukkan harga batas plastis (Plastic Limit) mengalami kenaikan.

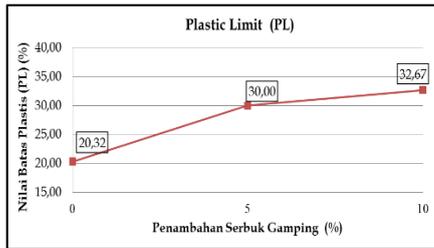
Tabel 2 Pengaruh Penambahan Serbuk Gamping terhadap Lempung pada Nilai Plastik Limit (PL)

Penambahan Serbuk Batu Gamping	Nilai batas plastis (PL)	Prosentase Kenaikan
(%)	(%)	(%)
0	20,32	0,00
5	30,00	47,60
10	32,67	60,74

Sumber: Hasil Laboratorium

Pada **tabel 2** menunjukkan nilai batas plastis 0% sebesar 20,32% tanpa menambahkan campuran serbuk batu gamping, kemudian dilanjutkan dengan penambahan serbuk batu gamping sejumlah 5% nilai plastisnya naik menjadi 30,00% kemudian ke tiga kalinya pada penambahan serbuk batu gamping sebesar 10% nilai batas plastisnya juga mengalami kenaikan yaitu sebesar 33,72%.

Dari hasil tabel tersebut di dapatkan hasil yang akan digambarkan pada grafik, dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3 Grafik pengaruh penambahan serbuk batugamping pada tanah lempung terhadap nilai batas plastis (PL)

Dari hasil uji batas plastis (Plastis Limit) yang ada pada **tabel 2** dan **gambar 3** diketahui bahwa batas plastis (Plastis Limit) mengalami peningkatan. Bertambahnya nilai batas plastis disebabkan oleh berkurangnya kohesi (tarikan tarik antara partikel tanah liat) setelah penambahan serbuk batu gamping pada tanah ekspansif. Semakin banyak penambahan serbuk gamping, maka akan tinggi pula hasil nilai batas plastis.

Pengaruh Penambahan Serbuk Batu Batu gamping pada tanah lempung versus nilai indeks plastisitas (IP)

Nilai indeks plastisitas (IP) pada tanah ekspansif umumnya sangat besar. Nilai IP dapat diketahui jika harga batas cair (Liquid Limit) dan harga batas plastis (Plastis Limit) terlebih dahulu. Dimana indeks plastisitas (IP) adalah selisih antara batas cair (LL) dengan batas plastis (PL). Pada **tabel 3** menunjukkan bahwa nilai Indeks Plastis pada setiap benda uji menyebabkan penurunan karena adanya penambahan serbuk batu gamping.

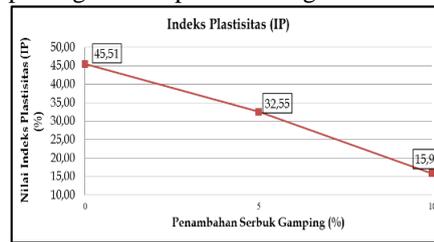
Tabel 3 Pengaruh Penambahan Serbuk Batu Gamping Pada Tanah Lempung Terhadap Nilai Indeks Plastisitas (IP)

Penambahan Serbuk Batu Gamping (%)	Nilai indeks plastis (IP) (%)	Prosentase Penurunan (%)	Klasifikasi tanah ekspansif
0	45,51	0,00	Tinggi
5	32,55	28,47	Tinggi
10	15,91	65,04	Sedang

Sumber: Hasil Laboratorium

Pada **Tabel 3** hasil penelitian menunjukkan nilai Indeks Plastis tanah asli adalah 45,51%, ketika tanah asli dicampur dengan bubuk kapur 5%, nilai indeks plastis turun menjadi 32,55% saat diberi campuran serbuk batu

gamping sebesar 10% nilai Indeks Plastis menurun lagi yaitu 15,91%. Dari hasil tabel tersebut akan digambarkan pada grafik dapat dilihat gambar 4



Gambar 4 Grafik Pengaruh Penambahan Serbuk Batu Gamping Pada Tanah Lempung Terhadap Nilai Indeks Plastisitas (IP)

Dapat dilihat dari tabel dan grafik bahwa nilai IP mengalami penurunan, dimana pada 0% dan penambahan serbuk batugamping 5% merupakan tanah dengan plastisitas tinggi karena berada pada kisaran indeks plastis antara 25% - 55%, sedangkan penambahan serbuk batugamping 10% merupakan tanah dengan plastisitas sedang karena nilai indeks plastisitas antara 15% - 25%.

Tanah ekspansif desa Paneman, Pamekasan Madura tergolong tanah ekspansif klasifikasi tinggi sebelum dicampur serbuk batu gamping, tetapi setelah dicampur dengan serbuk batu gamping sebesar 10%, tanah tersebut berubah menjadi tanah ekspansif tingkat sedang. Penurunan indeks plastisitas tanah ini dikarenakan pada komposisi serbuk batu gamping terdapat unsur CaO dan MgO yang bersifat mengikat air H₂O. Campuran tanah dan serbuk batu gamping yang ditambahkan air, akan mengikat serbuk batu gamping. Sehingga makin besar macam penambahan serbuk batu gamping Pada tanah ekspansif nilai indeks plastisitas akan menurun.

Pengaruh Lama Pemeraman Pada Lempung Yang Diberi Tambahan Serbuk Gamping Terhadap Nilai Kepadatan Maksimum (γ_{dmax})

Dari hasil tes pemadatan menggunakan standart proctor, dengan penambahan serbuk batu gamping terhadap waktu pemeraman dari 1 hari, 2 hari, dan 3 hari didapatkan nilai kepadatan maksimum mengalami penurunan. Untuk hasil tes kepadatan maksimum bisa dilihat pada **Tabel 4**, **Tabel 5**, dan **Tabel 6**.

Tabel 4 Pengaruh Penambahan Serbuk Gamping Pada Tanah Lempung Terhadap Nilai Berat Volume Kering Maksimum (γ_{dmax}) Lama Pemeraman 1 Hari

Penambahan Serbuk Batu Gamping (%)	Nilai Berat Volume Kering Maksimum (γ_{dmax}) (gr/cm^3)	Prosentase Penurunan (%)
0	1,63	0
5	1,50	8,03
10	1,47	9,75

Sumber: Hasil Laboratorium

Pada **Tabel 4** dapat di lihat nilai kepadatan maksimum benda uji dengan penambahan serbuk batu gamping terhadap lama pemeraman 1 hari yang dimulai dari 0% nilai kepadatan maks yakni 1,63 gr/cm^3 , setelah ditambahkan serbuk batu gamping sebesar 5% dan 10% nilainya turun jadi 1,50 gr/cm^3 , dan 1,47 gr/cm^3 .



Gambar 5 Grafik Pengaruh Penambahan Serbuk Batu Gamping Pada Tanah Lempung Terhadap Nilai Berat Volume Kering Maksimum (γ_{dmax}) Lama Pemeraman 1 Hari

Tabel 5 Pengaruh Penambahan Serbuk Batu Gamping Pada Tanah Lempung Terhadap Nilai Berat Volume Kering Maksimum (γ_{dmax}) Lama Pemeraman 2 Hari

Penambahan Serbuk Batu Gamping (%)	Nilai Berat Volume Kering Maksimum (γ_{dmax}) (gr/cm^3)	Prosentase Penurunan (%)
0	1,65	0
5	1,51	8,12
10	1,48	10,42

Sumber: Hasil Laboratorium

Pada **Tabel 5** dapat di lihat nilai kepadatan maksimum benda uji dengan penambahan serbuk batu gamping terhadap waktu pemeraman 2 hari yang dimulai dari 0 % nilai kepadatan maks yakni 1,65 gr/cm^3 , setelah ditambahkan

serbuk batu gamping 5% dan 10% nilainya turun menjadi 1,51 gr/cm^3 , dan 1,48 gr/cm^3 .



Gambar 6 Grafik Pengaruh Penambahan Batu Gamping Pada Tanah Lempung Terhadap Nilai Berat Volume Kering Maksimum (γ_{dmax}) Lama Pemeraman 2 Hari

Tabel 6 Pengaruh Penambahan Serbuk Gamping Pada Tanah Lempung Terhadap Nilai Berat Volume Kering Maksimum (γ_{dmax}) Lama Pemeraman 3 Hari

Penambahan Serbuk Batu Gamping (%)	Nilai Berat Volume Kering Maksimum (γ_{dmax}) (gr/cm^3)	Prosentase Penurunan (%)
0	1,66	0
5	1,52	8,44
10	1,49	10,43

Sumber: Hasil Laboratorium

Pada **Tabel 6** dapat di lihat nilai kepadatan maksimum benda uji dengan penambahan serbuk batu gamping terhadap waktu pemeraman selama 1 hari dimulai dari 0% nilai intensitas maksimum 1,66 gr/cm^3 , setelah ditambahkan serbuk gamping 5% dan 10% nilai turun sebesar 1,52 gr/cm^3 , dan 1,49 gr/cm^3 .



Gambar 7 Grafik Pengaruh Penambahan Serbuk Gamping Pada Tanah Lempung Nilai Berat Volume Kering Maksimum (γ_{dmax}) Lama Pemeraman 3 Hari

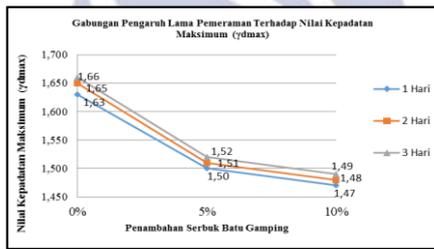
Pada gambar 5, 6, dan 7 grafik menunjukkan semakin meningkat penambahan serbuk gamping maka semakin kecil nilai Kepadatan Maksimum (γ_{dmax}). Penurunan kepadatan maksimum ini dikarenakan adanya perubahan volume total tanah

lempung yang menjadi lebih besar karena adanya reaksi penggumpalan. Kecepatan (γ_d) Merupakan perbandingan antara berat kering tanah (W_s) dan volume total tanah basah (V_t). Jika nilai (W_s) tetap sedangkan nilai V_t mengalami kenaikan, maka nilai (γ_d) akan mengalami penurunan. Oleh karena itu, tambah besar volume penambahan serbuk gamping akan semakin besar penurunan nilai berat volume kering maksimum (γ_{dmax}).

Tabel 7 Gabungan Pengaruh Lama Pemeraman Terhadap Nilai Kecepatan Maksimum (γ_{dmax})

Penambahan Serbuk Batu Gamping	Nilai Kecepatan Maksimum (γ_{dmax}) (gr/cm ³)		
	1 Hari	2 Hari	3 Hari
0 %	1,63	1,65	1,66
5 %	1,50	1,51	1,52
10 %	1,47	1,48	1,49

Sumber: Hasil Laboratorium



Gambar 8 Grafik Gabungan Pengaruh Lama Pemeraman Terhadap Nilai Kecepatan Maksimum (γ_{dmax})

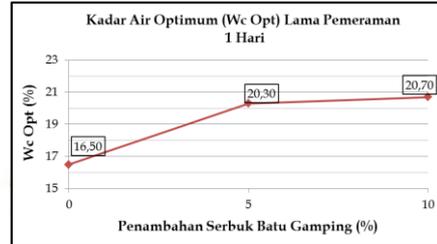
Pengaruh Lama Pemeraman Pada Lempung Yang Diberi Tambahan Serbuk Gamping Terhadap Nilai Kadar Air Optimum (W_c opt)

Dari hasil tes pematatan tanah dengan menggunakan standart proctor, tanah lempung yang diberi penambahan serbuk batu gamping terhadap waktu pemeraman 1 hari, 2 hari, dan 3 hari didapatkan nilai kadar air optimum mengalami peningkatan. Untuk hasil kadar air optimum selengkapnya bisa dilihat pada **Tabel 8**, **Tabel 9**, dan **Tabel 10**.

Penambahan Serbuk Batu Gamping (%)	Kadar air optimum (%)	Prosen tase Ke naikan (%)
0	16,50	0
5	20,30	23,03
10	20,70	25,45

Sumber: Hasil Laboratorium

Pada **Tabel 8** menunjukkan nilai Kadar Air Optimum (γ_w) mengalami peningkatan. Hasil pada keadaan tanah asli sebesar 16,50%, lalu naik menjadi 20,30% setelah ditambah serbuk batu gamping sebesar 5%. Setelah ditambahkan 10% menghasilkan nilai W_c opt sebesar 20,70%.



Gambar 9 Grafik Pengaruh Penambahan Serbuk Gamping Pada Tanah Lempung Terhadap Nilai Kadar Air Optimum Dalam Waktu Pemeraman 1 Hari

Tabel 9 Pengaruh Penambahan Serbuk Batu Gamping Pada Tanah Lempung Terhadap Nilai Kadar Air Optimum (W_c opt) Dalam Waktu Pemeraman 2 Hari

Penambahan Serbuk Batu Gamping (%)	Kadar air optimum (%)	Prosen tase Ke naikan (%)
0	17,50	0
5	21,50	22,85
10	21,70	24,00

Sumber: Hasil Laboratorium

Pada **Tabel 9** menunjukkan nilai kadar air optimum (W_{copt}) meningkat. Hasilnya menunjukkan kondisi tanah asli 17,5%, kemudian naik menjadi 21,5% setelah ditambahkan serbuk gamping sebanyak 5%. Kemudian ditambahkan kembali campuran serbuk batu gamping sebesar 10% menghasilkan nilai W_c opt sebesar 21,7%.



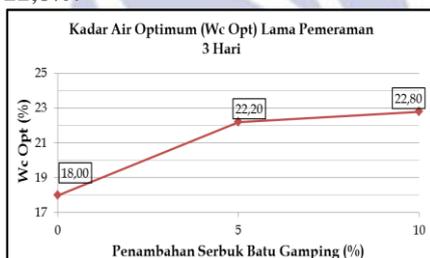
Gambar 10 Grafik pengaruh penambahan serbuk gamping pada tanah lempung terhadap nilai kadar air optimum dalam waktu pemeraman 2 hari

Tabel 10 Pengaruh penambahan serbuk batu gamping pada tanah lempung terhadap nilai kadar air optimum ($W_{c,opt}$) dalam waktu pemeraman 3 hari

Penam Bahan Serbuk Batu Gamping (%)	Kadar air optimum (%)	Prosentase Kenaikan (%)
0	18,00	0
5	22,20	23,33
10	22,80	26,66

Sumber: Hasil Laboratorium

Pada **Tabel 10** menunjukkan nilai Kadar Air Optimum (γ_w) mengalami peningkatan yang diakibatkan penambahan serbuk batu gamping pada tanah ekspansif. Hasil keadaan tanah asli menunjukkan 18%, kemudian naik menjadi 22,2% setelah ditambah serbuk batu gamping sebesar 5%. Kemudian ditambahkan kembali campuran serbuk batu gamping sebesar 10% menghasilkan nilai $W_{c,opt}$ sebesar 22,8%.



Gambar 11 Grafik pengaruh penambahan serbuk gamping pada tanah lempung terhadap nilai kadar air optimum dalam waktu pemeraman 3 hari

Dapat dilihat dari gambar 9, 10, dan 11 grafik mengalami peningkatan setelah penambahan serbuk batu gamping, maka semakin besar pula nilai kadar air optimumnya, hal ini disebabkan semakin banyak kadar serbuk batu gamping yang di tambahkan semakin banyak air yang meresap melalui pori-pori tanah, maka semakin besar pengikatan serbuk batu gamping terhadap air.

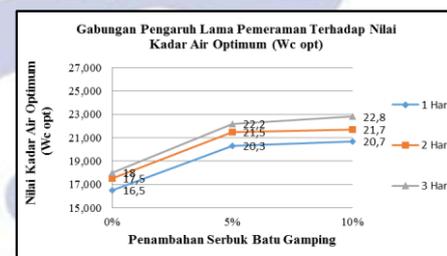
Meningkatnya nilai $W_{c,opt}$ disebabkan karena ketika tanah lempung dicampur dengan serbuk batu gamping kemudian diberi air maka akan terjadi proses segmentasi antara tanah lempung dengan air dan serbuk batu gamping dengan air, sehingga menyebabkan penggumpalan dan kadar air ikut meningkat. Berat volume total tanah basah (γ_t) merupakan perbandingan

antara total berat basah tanah (menurut berat) dan total volume tanah basah (V_t) dalam rumus ($\gamma_t = \frac{W_t}{V_t}$), hal ini menunjukkan nilai W_t (berat total tanah basah) dan V_t (volume total tanah basah) sama-sama mengalami kenaikan, sehingga dapat dikatakan nilai γ_t tetap. Untuk nilai kadar air (W_c) merupakan perbandingan antara berat volume total tanah basah (γ_t) dibanding berat volume tanah kering (γ_d) dikurangi 1 dalam rumus ($W_c = \left(\frac{\gamma_t}{\gamma_d}\right) - 1$), hal ini menunjukkan nilai γ_d mengalami penurunan, sedangkan nilai γ_t tetap sehingga menyebabkan nilai W_c meningkat. Maka dari itu semakin tinggi penambahan serbuk gamping pada tanah tersebut maka bertambah besar dan juga hubungan air ke tanah, dan dengan demikian kandungan air optimal ($W_{c,opt}$) di dalam tanah meningkat.

Tabel 11 Gabungan pengaruh lama pemeraman terhadap nilai kadar air optimum ($W_{c,opt}$)

Penambahan Serbuk Batu Gamping	Nilai Kadar Air Optimum ($W_{c,opt}$) (%)		
	1 Hari	2 Hari	3 Hari
0 %	16,50	17,50	18,00
5 %	20,30	21,50	22,20
10 %	20,70	21,70	22,80

Sumber: Hasil Laboratorium



Gambar 12 Grafik gabungan pengaruh lama pemeraman terhadap nilai kadar air optimum ($W_{c,opt}$)

Pengaruh Lama Pemeraman Pada Lempung Yang Diberi Tambahan Serbuk Gamping Terhadap Nilai Kuat Tekan Bebas (Q_u)

Pada *Unconfined test* dengan tanah liat yang diberi penambahan serbuk batu gamping sebesar 0%, 5% dan 10% terhadap waktu pemeraman 1 hari, 2 hari, dan 3 hari didapatkan nilai kuat tekan bebas mengalami peningkatan. Untuk hasil nilai *Unconfined test* selengkapnya dapat dilihat pada **Tabel 12**, **Tabel 13**, dan **Tabel 14**.

Tabel 12 Pengaruh Penambahan Serbuk Batu Gamping Pada Tanah Lempung Terhadap Nilai *unconfined test* (Qu) Dalam Waktu Pemeraman 1 Hari

Penambahan Serbuk Batu Gamping (%)	Nilai Kuat Tekan Bebas (gr/cm ²)	Prosentase Kenaikan (%)
0	0,42	0
5	0,44	4,76
10	0,61	44,04

Sumber: Hasil Laboratorium

Pada **Tabel 12** menunjukkan nilai Kuat Tekan Bebas (Qu) mengalami peningkatan yang diakibatkan oleh penambahan serbuk gamping pada tanah expansif. Hasil keadaan tanah asli menunjukkan 0,42 gr/cm², lalu naik menjadi 0,44 gr/cm² setelah ditambah serbuk batu gamping sebanyak 5%. Kemudian ditambahkan kembali campuran serbuk batu gamping sebesar 10% menghasilkan nilai kuat tekan bebas(Qu) sebesar 0,61 gr/cm².



Gambar 13 Grafik pengaruh penambahan serbuk batu gamping pada tanah lempung terhadap nilai *unconfined test* dalam waktu pemeraman 1 hari

Tabel 13 Pengaruh penambahan serbuk batu gamping pada tanah lempung terhadap nilai *unconfined test* (Qu) dalam waktu pemeraman 2 hari

Penambahan Serbuk Batu Gamping (%)	Nilai Kuat Tekan Bebas (gr/cm ²)	Prosentase Kenaikan (%)
0	0,43	0
5	0,52	19,21
10	0,64	48,14

Sumber: Hasil Laboratorium

Pada **Tabel 13** menunjukkan nilai Kuat Tekan Bebas (Qu) mengalami peningkatan yang diakibatkan oleh penambahan serbuk batu gamping pada tanah expansif. Hasil pada saat tanah asli menghasilkan sebesar 0,43 gr/cm², lalu meningkat menjadi 0,52 gr/cm² setelah ditambah serbuk batu gamping sebanyak 5%. Kemudian ditambahkan kembali campuran serbuk batu gamping sebesar 10% menghasilkan nilai kuat

tekan bebas(Qu) sebesar 0,64 gr/cm².



Gambar 14 Grafik pengaruh penambahan serbuk batu gamping pada tanah lempung terhadap nilai *unconfined test* dalam waktu pemeraman 2 hari.

Tabel 14 Pengaruh penambahan serbuk batu gamping pada tanah lempung terhadap nilai *unconfined test* (Qu) dalam waktu pemeraman 3 hari

Penambahan Serbuk Batu Gamping (%)	Nilai Kuat Tekan Bebas (gr/cm ²)	Prosentase Kenaikan (%)
0	0,48	0
5	0,55	14,58
10	0,71	46,87

Sumber: Hasil Laboratorium

Pada **Tabel 14** menunjukkan nilai Kuat Tekan Bebas (Qu) mengalami peningkatan yang diakibatkan oleh penambahan serbuk batu gamping pada tanah expansif. Hasil keadaan tanah asli menunjukkan 0,48 gr/cm², lalu naik menjadi 0,55 gr/cm² setelah ditambah serbuk batu gamping sebanyak 5%. Kemudian ditambahkan kembali campuran serbuk batu gamping sebesar 10% menghasilkan nilai kuat tekan bebas(Qu) sebesar 0,71 gr/cm².



Gambar 15 Grafik pengaruh penambahan serbuk batu gamping pada tanah lempung terhadap nilai *unconfined test* dalam waktu pemeraman 3 hari

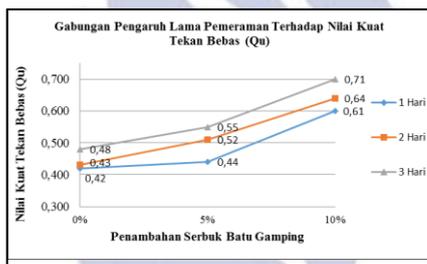
Dapat dilihat dari gambar 15 grafik setelah 3 hari pemasakan, sampel tanah liat yang ditambahkan batu kapur menunjukkan hasil yang baik. Hasil nilai kuat tekan bebas mengalami peningkatan setiap penambahan kapur gamping dari 0% ke 5% dan 10%. Peningkatan paling tinggi terjadi pada

penambahan kapur gamping 10% terhadap tanah lempung itu pemeraman dengan durasi pemrosesan 3 hari. Untuk nilai kuat tekan bebas pada variabel 10% dengan pemeraman 3 hari didapatkan sebesar 0,71 gr/cm². Hal ini mengindikasikan bahwa penambahan batugamping sebagai bahan tambahan untuk menstabilkan tanah, dan membutuhkan waktu yang lama dalam proses konsolidasi tanah.

Tabel 15 Gabungan Pengaruh Lama Pemeraman Terhadap Nilai *Unconfined test* (Qu)

Penam bahan Serbuk Batu Gamping	Nilai <i>unconfined test</i> (Qu) (gr/cm ²)		
	1 Hari	2 Hari	3 Hari
0 %	0,42	0,43	0,48
5 %	0,44	0,52	0,55
10 %	0,61	0,64	0,71

Sumber: Hasil Laboratorium



Gambar 16 Grafik Gabungan Pengaruh Lama Pemeraman Terhadap Nilai *Unconfined test* (Qu)

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian pengaruh pemeraman stabilisasi dengan kapur gamping terhadap nilai kuat tekan bebas pada tanah ekspansif di daerah Panempen Madura, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- (1) semakin besar penambahan serbuk kapur gamping, maka nilai indeks plastisitas menurun. Dan penambahan serbuk kapur gamping 10% merupakan penambahan yang paling optimal, didapatkan hasil nilai batas cair menurun yaitu 48,58%, nilai batas plastis meningkat yaitu 32,67%, dan nilai Indeks Plastisitas menurun yaitu 15,91%,
- (2) Semakin besar penambahan serbuk kapur gamping dan lama waktu pemeraman, nilai berat volume kering maksimum (γ_{dmaks}) menurun sedangkan nilai kadar air maksimum (W_{copt}) meningkat. Pada penambahan

serbuk kapur gamping sebesar 10% merupakan penambahan yang paling optimal dan lama pemeraman 3 hari, didapatkan hasil nilai berat volume kering maksimum (γ_{dmax}) adalah 1,49 g / cm³, sedangkan nilai kadar air maksimum (W_{copt}) sebesar 22,80%,

(3) Semakin besar penambahan serbuk kapur gamping dan lama pemeraman, nilai *unconfined test* (Qu) meningkat. Pada penambahan serbuk kapur gamping sebesar 10% merupakan penambahan yang paling optimal dan lama pemeraman 3 hari, hasil kuat tekan bebas (Qu) 0,71 g/cm², menunjukkan penambahan batu gamping sebagai bahan tambahan untuk menstabilkan tanah, dan membutuhkan waktu yang lama dalam proses konsolidasi tanah.

SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, dapat diambil beberapa saran sebagai berikut:

- (1) Batu gamping dapat digunakan sebagai penstabil tanah lempung expansive di desa Panempen, kabupaten Pamekasan, Madura,
- (2) Perlu dilakukan penelitian terus menerus dengan penambahan bubuk batu kapur dalam proporsi yang berbeda dan penambahan waktu proses untuk mendapatkan nilai bebas tekan yang lebih baik,
- (3) Perlu dilakukan penelitian berkelanjutan tentang pengaruh penambahan bubuk batu kapur dan waktu pengawetan pada tanah liat yang diperluas pada nilai tata letak yang berbeda dan di daerah yang berbeda.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini tidak akan terselesaikan dengan baik tanpa bantuan berbagai pihak berupa ide maupun pengetahuan, maka dari itu saya mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang bersangkutan, khususnya kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Nurhasan, M.Kes., selaku Rektor Universitas Negeri Surabaya;
2. Ibu Dr. Maspiyah, M.Kes., selaku Dekan Fakultas Teknik;
3. Bapak Drs. H. Soeparno, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil;
4. Ibu Satriana Dewi Mustika Sari, S.T., selaku koordinator skripsi Jurusan Teknik Sipil;

5. Ibu Dra. Hj. Nur Andajani, M.T., selaku dosen pembimbing/ dosen penguji 2;
6. Bapak Yogie Risdianto, S.T., M.T., selaku ketua penguji;
7. Bapak Mochamad Firmansyah Sofianto, S.T., M.Sc., M.T., selaku dosen penguji 1;
8. Bapak Agus Fuadin, S.Pd., selaku teknisi laboratorium tanah;
9. Seluruh Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya;
10. Seluruh staf dan karyawan Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya;
11. Keluarga dan orang tua (Ayah, Ibu, Adik dan Tunangan saya) yang memberikan dukungan doa dan motivasi;
12. Rekan-rekan Mahasiswa di Universitas Negeri Surabaya.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowless, J. E. (1988). *Analisis dan Desain Pondasi*. Jakarta: Erlangga.
- Das, B.M (1988). *Mekanika Tanah (Prinsip Rekayasa Geoteknik) Volume 1*. Jakarta: Erlanga.
- Das, B.M (1993). *Mekanika Tanah (Prinsip Rekayasa Geoteknik) Volume 2*. Jakarta: Erlanga.
- Hardiatmo, H.C. (2011). *Analisis dan Desain Perusahaan 1*. Yogyakarta: Jadja Mada University Press.
- Hardiatmo, H.C. (2012). *Mekanika Tanah 1*. Yogyakarta: Jadja Mada University Press.
- Hidayat, F. (2013). *Pengaruh penambahan batugamping Madura ke Tanah Merah di wilayah Bangalan terhadap nilai CPR*. *Jurnal Surabaya*: Surabaya State University Press.
- Penerjemah, T. (2014). *Instruksi penulisan surat*. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.
- Radwan M. (2003). *Panduan Praktis Mekanika Tanah 1*. Surabaya: Surabaya State University Press.
- Soehardi, F., lubis, F., & Putri, D, L., (2017). *Stabilisasi Tanah dengan Variasi Penambahan Kapur dan Waktu Pemeraman*. *Jurnal: Jurusan Teknik Sipil State University Lancang Kuning*.
- Trissiyana, . (2015). *Pengaruh Waktu Pemeraman Dengan Penambahan Kapur Sebagai Bahan Addive Pada Tanah Lempung Ekspansif Terhadap Nilai CBR Tanah*. *Jurnal: Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Antakusuma*.

Ylma. Y. S.Y. (2018). *Analisis penambahan serbuk batugamping terhadap nilai potensi tumbuhnya tanah lempung ekspansif di wilayah Driyorejo Gresik*. *Jurnal Surabaya: State University of Surabaya Press*.