

PENGARUH PENAMBAHAN KAPUR TERHADAP KUAT GESER TANAH LEMPUNG

Melisa Haras, Turangan A. E., Roski R.I. Legrans
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi

ABSTRAK

Tanah secara umum terdiri dari tiga unsur yaitu butiran tanahnya sendiri serta air dan udara. Kekuatan tanah untuk memikul beban sangatlah menunjang dalam kestabilan suatu struktur bangunan dimana tanah sebagai dasar perkuatan dari struktur bangunan harus memiliki kapasitas dukung dan kuat geser yang tinggi. Sehingga apabila ada kondisi tanah yang buruk maka dapat melakukan stabilisasi tanah. Stabilisasi tanah dapat memperbaiki sifat-sifat fisik tanah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh kadar kapur terhadap nilai kuat geser tanah lempung yang ada di area jalan Tinoor-Tomohon. Percobaan ini dilakukan dengan cara mencampurkan tanah asli dan tanah kering udara dengan kadar kapur yang bervariasi dari 0%, 2%, 4%, 6%, 8%, 10%, 12% terhadap berat kering tanah kemudian sampelnya di uji dengan menggunakan alat Direct Shear (geser langsung) untuk mendapatkan nilai parameter kuat geser tanah yaitu kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ). Dari hasil penelitian pemadatan yang dilakukan menunjukkan bahwapenambahan kadar kapur terhadap tanah, semakin besar prosentase kapur semakin meningkat kadar air optimum tanah sebaliknya berat isi kering tanah menurun. Kadar air optimum tertinggi terdapat pada prosentase campuran 8% Kapur yaitu sebesar = 31,8 % sedangkan berat isi kering tanah tertinggi terdapat pada prosentase 0% Kapur yaitu sebesar = 1,265 gr/cm³. Sedangkan hasil uji geser langsung menunjukkan bahwa persentase penambahan kapur padam akan menghasilkan peningkatan nilai sudut geser dalam. Nilai sudut geser dalam tertinggi terdapat pada persentase 12% kapur dengan nilai sebesar = 43,84°. Dan juga dapat dilihat bahwa persentase penambahan kapur padam pada persentase 6% menghasilkan penurunan nilai kohesi. Nilai kohesi tertinggi sebesar =2,08 (t/m²). Berdasarkan hasil penelitian bahwa penggunaan bahan kapur yang berlebihan terhadap tanah khususnya untuk tanah lempung tidak begitu baik karena kadar kapur yang efektif terhadap tanah lempung yaitu pada variasi campuran 6% dalam peningkatan nilai kuat geser tanah.

Kata kunci : tanah lempung, direct shear, kapur, stabilisasi tanah, kuat geser tanah

1. Pendahuluan

Latar Belakang

Tanah berguna sebagai bahan bangunan dalam berbagai macam pekerjaan teknik sipil. Fungsi paling utama dari tanah adalah sebagai pendukung pondasi dari sebuah bangunan. Fungsi tanah sebagai pondasi bangunan memerlukan kondisi tanah yang stabil, sehingga apabila ada kondisi tanah yang buruk maka dapat melakukan stabilisasi tanah. Stabilisasi ialah suatu tindakan yang dilakukan guna memperbaiki sifat-sifat teknis tanah. Tujuan dari stabilisasi tanah yaitu untuk meningkatkan daya dukung tanah dengan peningkatan parameter tanah seperti kohesi, sudut geser dalam dan kepadatan tanah. Ada beberapa cara stabilisasi tanah yang dapat dilakukan salah satunya menambahkan bahan kimia, diantaranya adalah dengan menambahkan kapur. Kapur adalah suatu bahan yang dipakai untuk bahan bangunan. Kapur mengandung zat yang mampu menetralkan sifat kembang susut serta meningkatkan kekuatan dan daya tahan tanah terutama pada tanah lempung atau lanau. Berdasarkan uraian diatas maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian tentang stabilisasi tanah dengan bahan pencampuran

kapur terlebih khusus pengaruh terhadap kuat geser tanah. Salah satu cara untuk mengetahui kuat geser tanah bisa dilakukan di laboratorium dengan menggunakan alat Geser Langsung (*direct shear test*). Penelitian sebelumnya telah meneliti bagaimana peran kapur dalam dalam menstabilkan tanah asam kuat untuk mendapatkan nilai daya dukung tanah (Herman Lamaranti, Skripsi 2005) dan pengaruh penambahan kapur terhadap parameter kuat geser tanah kohesif plastisitas tinggi (Vekky Mongkareng, Skripsi 1998). Penelitian ini merupakan pengembangan dari penelitian sebelumnya untuk mendapatkan pengaruh penambahan kapur terhadap kuat geser tanah lempung.

Rumusan Masalah

Parameter Kuat Geser Tanah sangat luas dibutuhkan dalam berbagai perencanaan yang berhubungan dengan daya dukung pondasi, stabilitas lereng dan tekanan tanah pada dinding penahan. Pada keadaan tertentu, tidak semua jenis tanah memiliki kekuatan yang disyaratkan. Pada tahap inilah perbaikan mutu tanah perlu dilakukan. Perlakuan stabilisasi dengan pencampuran kapur pada tanah mampu meningkatkan

kekuatan gesernya, dalam hal ini parameter kuat geser tanah ϕ dan c akan meningkat. Pada batas-batas mana pengaruh (persen) kapur mampu memberikan sumbangan kekuatan geser dan bagaimana pula pengaruhnya pada beberapa sifat tanah yang memerlukan pengujian laboratorium.

Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Komposisi material penyusun tanah (lempung) tidak diperiksa.
2. Pengaruh temperatur ruang terhadap contoh uji tidak diperhitungkan.
3. Ikatan kimia yang dibentuk tidak diteliti.
4. Variasi kadar kapur padam yang dicampurkan hanya : (0, 2, 4, 6, 8, 10, 12) %.

Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mendapatkan hubungan antara variasi kadar kapur padam (%) terhadap sudut geser dalam tanah (ϕ).
2. Mendapatkan hubungan antara variasi kadar kapur padam (%) terhadap kohesi tanah (c).
3. Menentukan kadar bahan kapur yang efektif terhadap tanah.

Manfaat Penelitian

Dengan adanya penulisan ini dapat diperoleh manfaat antara lain: dapat mengetahui seberapa besar kekuatan geser tanah dengan variasi kadar kapur.

2. Landasan Teori

Tanah dan Sifat-sifatnya

Tanah dapat dibagi atas beberapa jenis pengelompokan tanah yaitu berdasarkan ukuran partikel tanah, campuran butiran dan sifat lekatannya. Berdasarkan ukuran partikelnya, tanah dapat terdiri dari salah satu atau seluruh jenis partikel berikut ini:

1. Kerikil (*gravel*) yaitu kepingan-kepinganbatuan yang kadang juga partikel mineral quartz dan feldspar yang berukuran lebih besar 2 mm.

2. Pasir (*sand*) yaitu sebagian besar mineral quartz dan feldspar yang berukuran antara 0,06 mm-2 mm.
3. Lanau (*silt*) yaitu sebagian besar fraksi mikroskopis (yang berukuran sangat kecil) dari tanah yang terdiri dari butiran-butiran quartz yang sangat halus dan dari pecahan-pecahan mika yang berukuran dari 0,002 sampai0,06 mm
4. Lempung (*clay*) yaitu sebagian besar terdiri dari partikel mikroskopis (berukuran sangat kecil) dan sub-mikroskopis (tak dapat dilihat, hanya dengan mikroskop) yang berukuran lebih kecil dari 0,002 mm (2 mikron).

Batas-batas Atterberg

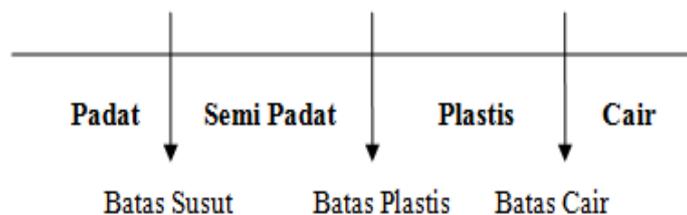
Atterberg pada tahun (1911), adalah seorang ilmuwan dari Swedia yang memberikan cara untuk menggambarkan batas-batas konsistensi dari tanah berbutir halus dengan mempertimbangkan kandungan kadar air tanah. Batas-batas tersebut adalah batas cair (*liquid limit*), batas plastis (*plastic limit*), dan batas susut (*shrinkage limit*). Kedudukan batas-batas konsistensi tanah dapat dilihat pada Gambar 1. Indeks plastisitas dirumuskan sebagai berikut :

$$PI = LL - PL \dots\dots\dots (1)$$

Klasifikasi Tanah USCS (Unified Soil Clasification System)

Klasifikasi tanah sistem ini diajukan pertama kali oleh Casagrande dan selanjutnya dikembangkan oleh *United State Bureau of Reclamation (USBR)* dan *United State Army Corps of Engineer (USACE)*. Kemudian *American Society for Testing Materials (ASTM)* telah memakai USCS sebagai metode standar guna mengklasifikasikan tanah. Dalam bentuk yang sekarang, sistem ini banyak digunakan dalam berbagai pekerjaan geoteknik.

1. Tanah berbutir kasar (*coarse-grained soils*) yang terdiri atas kerikil dan pasir yang mana kurang dari 50% tanah yang lolos saringan No.200 ($F_{200} < 5$).
2. Tanah berbutir halus (*fine-grained soil*) yang mana lebih dari 50% tanah lolos saringan No.200 ($F_{200} \geq 50$).



Gambar 1. Sketsa Konsistensi Tanah (sumber : Braja M. Das, 1991)

Stabilisasi Tanah Dengan Kapur

Kapur merupakan hasil endapan kerangka binatang yang hidup dilautan dan berlangsung hingga jutaan tahun. Oleh karena proses Geologis terjadilah pergerakan kulit bumi dan endapan ini terangkat ke atas permukaan laut. Untuk tujuan stabilisasi tanah, bentuk kapur yang banyak digunakan adalah kapur Tohor (CaO) dan kapur Hidrasi atau kapur padam Ca(OH)₂. Sedangkan kapur karbonat (CaCO)₂ yang merupakan bentuk kapur alamiah tidak dapat dipergunakan langsung sebagai bahan stabilisasi. Bahan kapur tohor dihasilkan dari pembakaran batu kapur alam dalam

suatu tungku khusus. Pembakaran dengan suhu tinggi diperlukan sampai karbon dioksida terurai. Bentuk reaksinya:



Kapur CaO yang dihasilkan berbentuk gumpalan padat serta menyimpan energi yang besar. Keadaan ini membuatnya sulit ditangani dan disimpan. Bila kapur ini bereaksi dengan kelembaban iklim atau terkena langsung dengan air maka terjadilah reaksi pemadaman yang menghasilkan kapur padam dan disertai panas:



Tabel 1. Beberapa Sifat Relati Bahan Kapur (sumber : Hausmann, 1990)

	Kapur Tohor CaO	Air H ₂ O	Kapur padam Ca(OH) ₂
Berat molekul	56	18	74
Berat Jenis	3,3	1	2,2
Berat Relatif	1	0,32	1,32
Volume Relatif	1	-	1,99

Tabel 2. Jumlah Kapur Padam Yang Disarankan Dalam Stabilisasi Tanah (sumber : Ingels dan Metcalf, 1972)

Jenis Tanah	Jumlah Keperluan Kapur
Batu pecah halus	Tidak disarankan
Kerikil berlempung, bergradasi baik	Hingga 3 %
Pasir	Tidak disarankan
Lempung berpasir	Hingga 5 %
Lempung berlanau	2 – 4 %
Lempung berat, sangat berat	3 – 8 %
Tanah organic	Tidak disarankan

Reaksi Kapur Dengan Tanah

Jenis tanah yang paling sesuai dengan bahan stabilisasi kapur adalah tanah lempung berat (*heavy clay soils*) atau yang termasuk dalam kelompok CH, sementara pada tanah yang sedikit atau tidak mengandung lempung sama sekali (tanah butiran) tidak terlalu berpengaruh. Pada tanah yang mengandung lempung, kapur akan segera bereaksi membentuk suatu struktur campuran yang stabil. Hasil campurannya juga akan bersifat mudah dikerjakan dan dipadatkan. Kapur

bereaksi dengan mineral tanah terutama dari kelompok montmorilonit. Disamping itu kapur juga bereaksi dengan bahan pozolan alamiah halus lainnya seperti Hydrous silica dalam tanah. Reaksi tanah-kapur yang terjadi mencakup terjadinya kontak antara mineral lempung serta komponen pozolan dengan bahan kapur, terjadi pertukaran ion dan kemudian terbentuklah suatu gel kalsium silica yang tak dapat diuraikan dengan air, sehingga terjadilah proses penggumpalan (*flocculation*).

Jumlah Kapur Padam Dalam Desain Stabilisasi Tanah

Disain campuran kapur padam untuk stabilisasi tanah dan menyangkut penambahan beberapa variasi jumlah kapur padam ke dalam tanah dan menguji pengaruhnya setelah jangka waktu tertentu. Dari sana akan diperoleh jumlah tambahan stabilisasi yang sesuai/optimum. Melalui proses pengujian, beberapa ahli memberikan saran jumlah pemakaian kapur padam yang dapat diterapkan dalam stabilisasi beberapa jenis tanah. Nilainya dalam prosen berat dapat dilihat pada Tabel 2.

Pemadatan Tanah

Pemadatan merupakan usaha untuk mempertinggi kerapatan tanah dengan pemakaian energi mekanis untuk menghasilkan pemampatan partikel. Energi pemadatan di lapangan dapat diperoleh dari mesin gilas, alat-alat pemadat getaran, dan dari benda-benda berat yang dijatuhkan. Di laboratorium, contoh uji untuk mendapatkan pengendalian mutu dipadatkan dengan menggunakan daya tumbukan (dinamik), alat penekan atau tekanan statik yang menggunakan piston dan mesin tekanan (Bowles, 1991:204). Hubungan berat volume kering (γ_d) dengan berat volume basah (γ_b) dan kadar air (w), dinyatakan dalam persamaan :

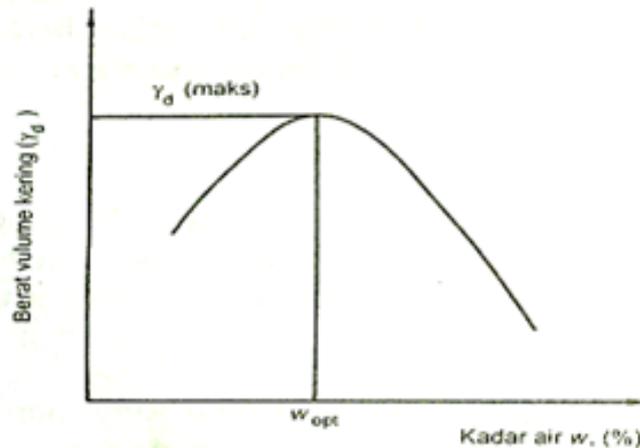
$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1 + w} \dots\dots\dots (2)$$

Kurva (Gambar 2) yang dihasilkan dari pengujian memperlihatkan nilai kadar air yang terbaik (w_{opt}) untuk mencapai berat volume kering terbesar atau kepadatan maksimum. Pada nilai kadar air rendah, untuk kebanyakan tanah, tanah cenderung bersifat kaku dan sulit dipadatkan. Setelah kadar air ditambah, tanah menjadi lebih lunak. Pada kadar air yang tinggi, berat volume kering menurun. Kemungkinan berat volume kering maksimum dinyatakan sebagai berat volume kering dengan tanpa rongga udara atau berat volume kering saat tanah menjadi jenuh (γ_{zav}), dapat dihitung dari persamaan :

$$\gamma_{ZAV} = \frac{G_s \cdot \gamma_w}{1 + w \cdot G_s} \dots\dots\dots (3)$$

Untuk menentukan variasi kadar air w dengan γ_{zav} , maka dilakukan cara sebagai berikut :

1. Tentukan berat jenis (G_s) dari uji laboratorium.
2. Pilihlah beberapa kadar air (w) tertentu, misalnya 5%, 10%, 15% dan seterusnya.
3. Hitung γ_{zav} untuk beberapa nilai kadar air (w) dengan menggunakan persamaan (3).



Gambar 2. Kurva Hubungan Kadar Air dan Berat Volume Kering (sumber : Cristady, 2010)

Pengertian Kuat Geser Tanah

Kuat geser tanah ialah kemampuan tanah melawan tegangan geser yang terjadi pada saat terbebani. Keruntuhan geser (shear failure) tanah terjadi bukan disebabkan karena hancurnya butir-butir tanah tersebut tetapi karena adanya gerak relative antara butir-butir tanah tersebut. Pada peristiwa kelongsoran suatu lereng berarti telah terjadi pergeseran dalam butir-butir tanah tersebut.

1. Pada tanah berbutir halus (kohesif) misalnya lempung kekuatan geser yang dimiliki tanah disebabkan karena adanya kohesi atau lekatan antara butir-butir tanah (c soil).

2. Pada tanah berbutir kasar (non kohesif).kekuatan geser disebabkan karena adanya gesekan antara butir-butir tanah sehingga sering disebut sudut geser dalam (ϕ).
3. Pada tanah yang merupakan campuran antara tanah halus dan tanah kasar (c dan ϕ soil). Kekuatan geser disebabkan karena adanya lekatan (karena kohesi) dan gesekan antara butir-butir tanah (karena ϕ).

Geser Langsung

Percobaan geser langsung merupakan salah satu pengujian tertua dan sangat sederhana untuk menentukan parameter kuat geser tanah (*shear strength*)

parameter), yaitu kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ). Dalam percobaan ini dapat dilakukan pengukuran secara langsung dan cepat, untuk menentukan nilai kekuatan geser tanah dengan kondisi tanpa pengaliran (*undrained*) atau dalam konsep tegangan total (*total stress*). Pengujian ini pertama-pertama diperuntukan bagi jenis tanah non-kohesif, namun dalam perkembangannya dapat pula diterapkan pada jenis tanah kohesif. Pengujian yang lain dengan tujuan yang sama, adalah : kuat tekan bebas, triaxial Dan percobaan geser baling-baling (*Vane Shear Test*) yang dapat dilakukan di laboratorium maupun di lapangan. Bidang keruntuhan geser yang terjadi dalam pengujian geser langsung adalah bidang yang dipaksakan, bukan merupakan bidang terlemah seperti yang terjadi pada pengujian kuat tekan bebas ataupun triaxial. Nilai kekuatan geser ini dirumuskan oleh Mohr-Coulomb dengan persamaan sebagai berikut:

$$S = c + \sigma_n \cdot \tan \phi \dots \dots \dots (4)$$

Dimana :

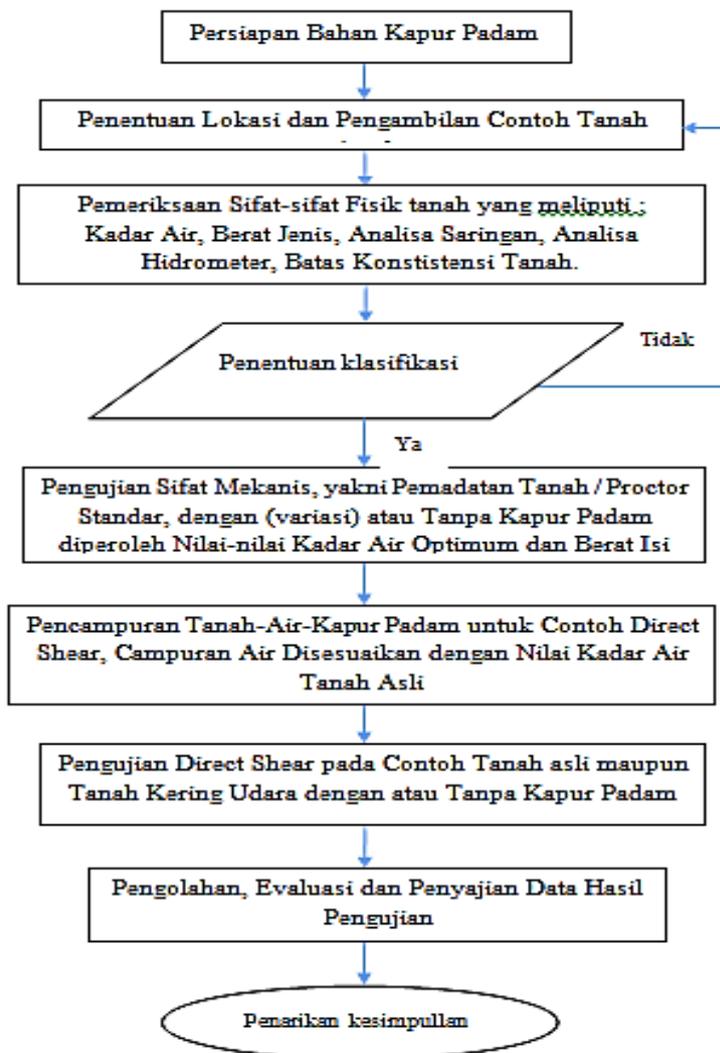
- S = kekuatan geser maximum (kg/cm^2)
- c = kohesi (kg/cm^2)
- σ_n = tegangan normal (kg/cm^2)
- ϕ = sudut geser dalam (\dots°)

4. Metodologi Penelitian

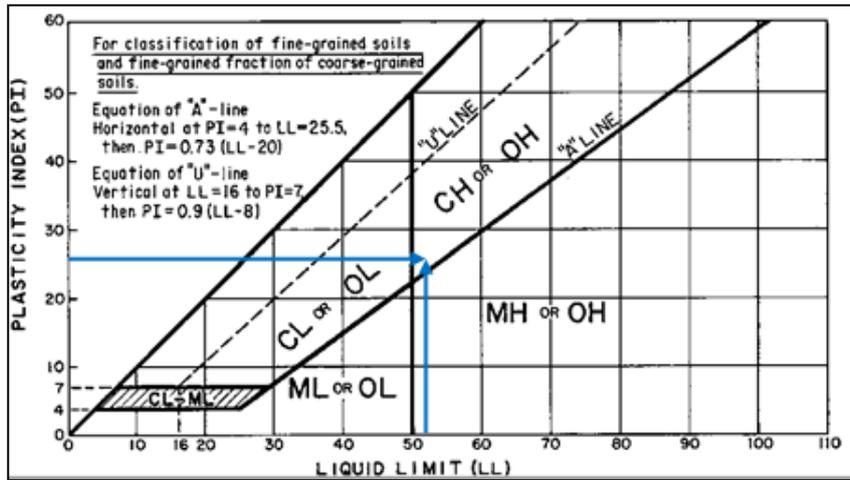
Penelitian ini dilakukan dengan tahapan kegiatan sesuai dengan bagan alir (Gambar 3).

5. Hasil dan Pembahasan

Hasil pengujian karakteristik tanah ditampilkan pada Tabel 4. Klasifikasi tanah menggunakan metode USCS, diperoleh *group symbol* CH (Gambar 4). Hasil pengujian pemadatan tanah ditampilkan pada Tabel 3 dan Gambar 5. Hubungan antara persentasi kapur terhadap berat volume kering maksimum dan kadar air optimum ditampilkan pada Gambar 6 dan Gambar 7. Hubungan antara persentasi kapur terhadap sudut geser dalam dan kohesi tanah ditampilkan pada Gambar 8 dan Gambar 9.



Gambar 3. Bagan Alir Penelitian



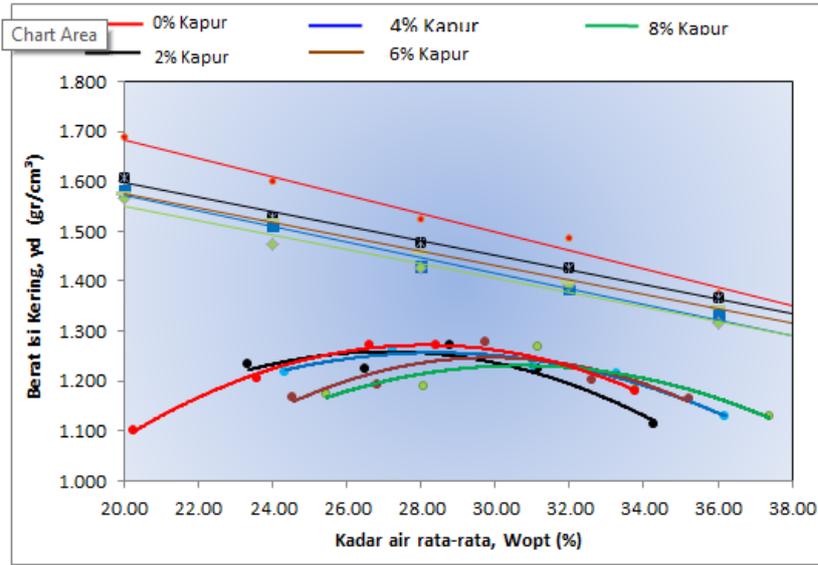
Gambar 4. Diagram Plastisitas Cassagrande

Tabel 3. Hasil Pengujian Pemadatan Tanah (sumber : hasil penelitian, 2016)

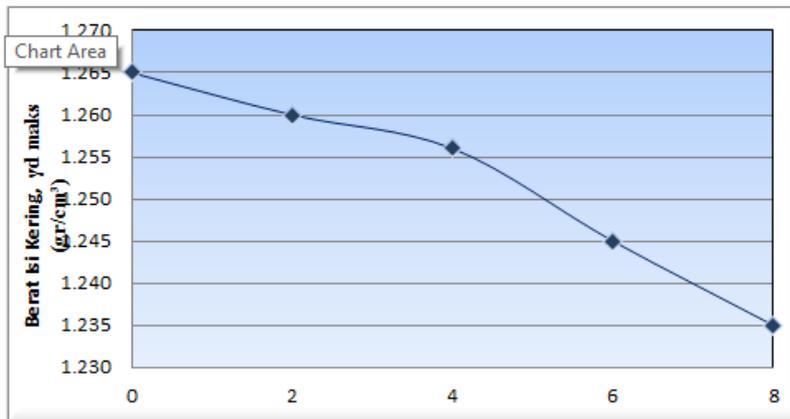
Variasi	γ_d maks (gr/cm^3)	Wopt (%)
0% Kapur	1,265	27,5
Penambahan 2% Kapur	1,260	28
Penambahan 4% Kapur	1,256	29,5
Penambahan 6% Kapur	1,245	30
Penambahan 8% Kapur	1,234	31,8

Tabel 4. Hasil Pengujian Karakteristik Tanah (sumber : hasil penelitian, 2016)

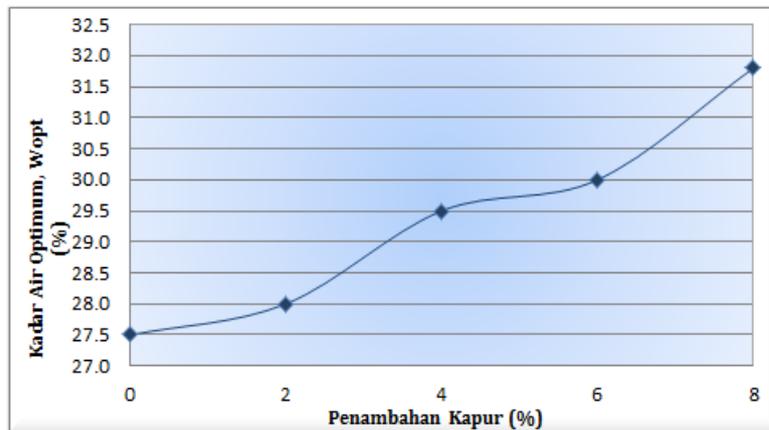
No	Karakteristik	Nilai
1	Kadar Air (ω)	7,30%
2	Batas Cair (LL)	51%
3	Batas Plastis (PL)	24,36%
4	Indeks Plastis (IP)	26,63%
5	Berat Jenis	2,57
6	Analisa Saringan Lolos No.200	50,36%



Gambar 5. Grafik Hubungan Kadar Air dan Berat Isi Kering



Gambar 6. Grafik Hubungan Persentasi Kapur dan Berat Isi Kering Maksimum

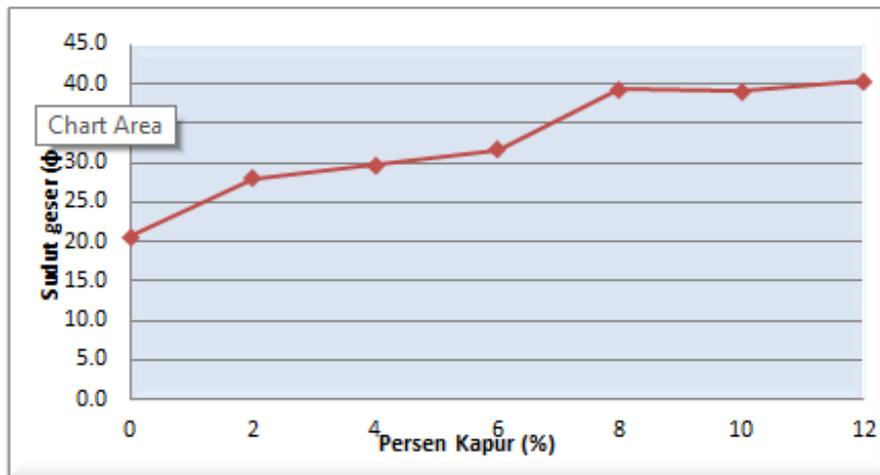


Gambar 7. Grafik Hubungan Persentasi Kapur dan Kadar Air Optimum

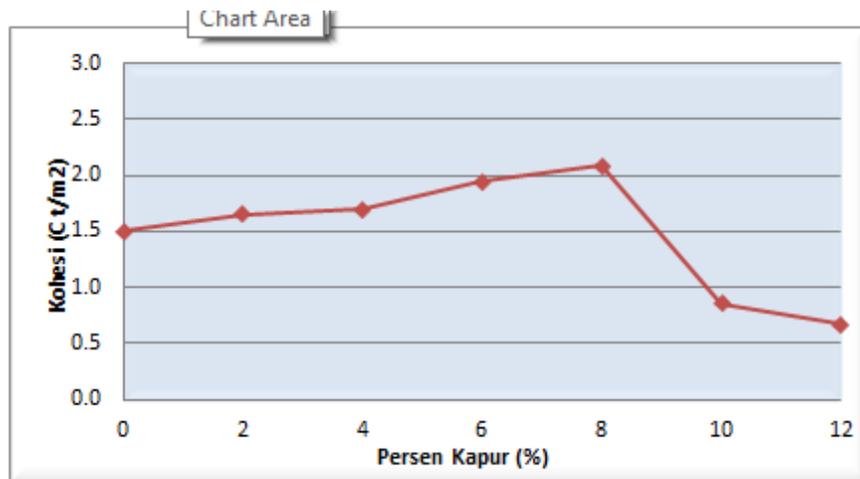
Tabel 5. Hasil Dan Evaluasi Pengujian Geser Langsung (sumber : hasil penelitian, 2016)

Kondisi contoh tanah	No Contoh	Sudut geser dalam		Koehesi		Gama
		(ϕ)	ϕ Rata-rata	C	C Rata-rata	γ
	 ^o ^o	t/m ²	t/m ²	t/m ³
Tanah Asli	1	20.2	20.545	1.4	1.505	1.62
	2	21.8		1.5		
	3	20.1		1.6		
	4	20.1		1.6		
Tanah 0% kapur	1	29.8	20.635	1.7	1.648	1.61
	2	27.5		1.7		
	3	27.5		1.6		
	4	27.5		1.6		
Tanah 2% kapur	1	29.8	29.635	1.7	1.700	1.61
	2	29.8		1.7		
	3	29.5		1.7		
	4	29.5		1.7		
Tanah 4% kapur	1	22.3	24.225	4.8	1.943	1.59
	2	26.2		1.8		
	3	24.2		0.6		
	4	24.2		0.6		
Tanah 6% kapur	1	39.6	39.330	2.1	2.080	1.62
	2	42.0		2.1		
	3	37.9		2.1		
	4	37.9		2.1		
Tanah 8% kapur	1	38.2	39.028	0.9	0.858	1.61
	2	37.1		1.0		
	3	40.4		0.8		
	4	40.4		0.8		
Tanah 10% kapur	1	40.7	40.370	0.6	0.673	1.61
	2	39.4		0.8		
	3	40.7		0.7		
	4	40.7		0.7		
Tanah 12% kapur	1	41.8	43.840	0.7	0.523	1.64
	2	42.3		0.5		
	3	45.7		0.4		
	4	45.66		0.4		

Gambar 3. Bagan Alir Penelitian



Gambar 8. Grafik Hubungan Persentase Kapur dan Sudut Geser Dalam



Gambar 9. Grafik Hubungan Persentasi Kapur dan Kohesi

Dari grafik Gambar 6 dan Gambar 7 di atas dapat dilihat bahwa pengaruh penambahan kapur padam pada perilaku kepadatan tanah adalah : semakin besar prosentase kapur semakin meningkat kadar air optimum tanah sebaliknya berat isi kering tanah menurun. Kadar air optimum tertinggi terdapat pada prosentase campuran 8% Kapur yaitu sebesar 31,8 % sedangkan berat isi kering tanah tertinggi terdapat pada prosentase 0% Kapur yaitu sebesar 1,265 gr/cm³. Dari grafik 8, Diatas terlihat bahwa prosentase penambahan kapur padam akan menghasilkan peningkatan nilai sudut geser dalam. Nilai sudut geser dalam tertinggi terdapat pada prosentase campuran 12% kapur padam yaitu sebesar 43,84°. Pada grafik Gambar 8 dan 9 Diatas dapat dilihat bahwa prosentase penambahan kapur padam akan menghasilkan penurunan nilai kohesi. Nilai kohesi tertinggi terdapat pada prosentase penambahan campuran 6% kapur padam yaitu sebesar 2,08 (t/m²).

6. Penutup

Kesimpulan

Dari hasil Pengujian di laboratorium khususnya untuk tanah yang dicampur dengan kapur padam dengan prosentase campuran 0%, 2%, 4%, 6%, 8%,10%,12% dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Tanah dengan campuran 8% Kapur Padam memberikan nilai kadar air optimum yang tinggi (Grafik 7) yaitu sebesar 31,8 %

2. Tanah tanpa campuran 0% Kapur Padam memberikan tingkat kepadatan (γ_d opt) terbesar (Grafik 6) yaitu sebesar 1,265 gr/cm³
3. Tejadi peningkatan Sudut Geser Dalam Tanah dengan Puncaknya pada 12% campuran kapur padam pada (Grafik 8). Besarnya prosentase peningkatan maksimum nilai sudut geser dalam ini sebesar 43,84°
4. Tejadi peningkatan Kohesi Tanah dengan Puncaknya pada 6% campuran kapur padam pada (Grafik 9). Besarnya prosentase peningkatan maksimum nilai Kohesi Tanah yaitu sebesar 2.08 t/m²
5. Peningkatan nilai Sudut Geser Dalam relative cukup signifikan naiknya dibandingkan dengan peningkatan nilai Kohesi
6. Kadar bahan kapur yang efektif terhadap tanah yaitu pada Kohesi Tanah pada prosentase 6% campuran kapur padam Lihat (Grafik 9). Besarnya prosentase peningkatan maksimum nilai Kohesi Tanah yaitu sebesar 2.050 t/m².

Saran

1. Perlu diadakan pengujian dengan kemungkinan bahan campuran kombinasi yang lain. Misalnya mengkombinasikan dengan bahan-bahan : semen, abu batu bara atau zat kimia penstabil lain.
2. Perlu diadakan pengujian kuat geser pembanding dengan peralatan lain misalnya: Alat Uji Triaksial dan Tekan Bebas.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles Joseph. E, 1991, *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*, Edisi Kedua, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Budi Santosa, Heri Suprpto, Suryadi HS, 1998, *Seri Diktat Kuliah Mekanika Tanah Lanjut*, Penerbit Gunadarma, Jakarta
- Das. Braja. M. 1993, *Mekanika Tanah*, Jilid 1, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Das Braja. M. 1995, *Mekanika Tanah*, jilid 2, Penerbit Erlangga, Jakarta
- Hardiyatmo H.C, 2012, *Mekanika Tanah 1*, Penerbit Gadjah Mada University, Yogyakarta
- Hardiyatmo H.C, 2010, *Mekanika Tanah 2*, Penerbit Gadjah Mada University, Yogyakarta
- Wesley L.D, 1977, *Mekanika tanah*, Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta
- Hausmann, 1990 , *Engineering Principles of Ground Modification*.
- Ingles and Metcalf, 1972, *Soil Stabilization Second-Ed*.
- Panduan Praktikum mekanika tanah Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi dan Panduan Praktikum Mekanika Tanah Universitas Politeknik Manado.
- Vekky Mongkareng, Skripsi 1998, Pengaruh Pencampuran Kapur Terhadap Parameter Kuat Geser Tanah Kohesif Plastisitas Tinggi.
- Herman Lamaranti, Skripsi 2005, Pengaruh Kapur Dalam Menstabilkan Tanah Asam Kuat Untuk Mendapatkan Nilai Daya Dukung Tanah.
- Cindi V. P. Emes, Skripsi 2006, Efek Pencampuran Asam Klorida (HCL) Terhadap Kuat Geser Tanah