

Hubungan Sifat Fisik Tanah Yang Dicampur Dengan Kapur Terhadap Stabilitas Tanah Lempung Pada Tanggul

S. Tantri Handayani Idrus¹⁾

Iswan²⁾

Aminudin Syah³⁾

Abstract

In embankment planning, it is necessary to consider the influencing factors such as the material for making the embankment, slope stability, guard height, slope protection, the width of the embankment, the slope and dumping facilities. Some areas in Indonesia do not have good quality soil. For instance, the soil in Palembang Village, Kalianda, South Lampung. Regarding the issues, soil maintenance is mandatory to be done to increase the physical parameters of the soil so that the carrying capacity of the soil is maintained. The results shows that at the mixture rate of 0%, 4%, 8%, 12% and 16%, the lime is classified as CL (clay low plasticity) which indicates non-organic clay with low to medium plasticity. The lab testing result of the sample of natural soil shows cohesion value of 0,1813 kg/cm² and shear angle value of 20°. After stabilizing process was done using additives, the cohesion value and shear angle value were significantly increasing. It proves that lime can increase soil density as both value increased. In the natural soil sample, the value of the safety factor was still below the safe limit. Another lime additive was added to the soil sample with lime addition of 16%. None of the safety factor limits were below average after the process. In conclusion, lime additive can decrease the plasticity (liquid limit and plasticity index), enhancing strength and durability, reducing water absorption and soil development as well as strengthening the stability of the embankment.

Keywords: soil stabilizing, lime, cohesion, shear angle, safety factor, embankment.

Abstrak

Dalam perencanaan tanggul perlu diperhatikan faktor – faktor yang mempengaruhi seperti bahan pembuat tanggul, stabilitas lereng, tinggi jagaan, lindungan lereng, lebar atas tanggul, kemiringan lereng, dan fasilitas pembuang (DPU, 1986). Beberapa daerah di Indonesia tidak memiliki tanah yang berkualitas baik, seperti tanah pada desa Palembang, Kecamatan Kalianda, Kabupaten Lampung Selatan. Oleh karena itu, perlu dilakukan perbaikan tanah tersebut untuk meningkatkan parameter fisik, tanah agar daya dukung tanah tetap terjaga. Hasil penelitian didapatkan yaitu pada campuran 0%, 4%, 8%, 12% dan 16% kapur termasuk klasifikasi CL (*clay low plasticity*) yang merupakan tanah lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang. Hasil uji laboratorium pada sampel tanah asli didapatkan nilai kohesi sebesar 0,1813 kg/cm² dan nilai sudut geser sebesar 20°. Setelah dilakukan stabilisasi dengan zat *additive* kapur nilai kohesi dan sudut geser dalam berangsur - angsur meningkat, hal ini menunjukkan bahwa kapur dapat meningkatkan kerapatan tanah sehingga nilai kohesi dan sudut geser meningkat. Pada sampel tanah asli nilai faktor aman masih di bawah batas aman. Lalu ditambahkan zat *additive* kapur nilai faktor keamanan meningkat hingga pada sampel tanah dengan penambahan kapur 16% nilai faktor keamanan tidak ada lagi yang masih di bawah batas aman. Hal ini dapat disimpulkan bahwa zat *additive* kapur dapat merubah sifat plastisitas (batas cair dan indeks plastisitas) berkurang, meningkatkan kekuatan dan durabilitas, mengurangi resapan air dan pengembangan tanah sehingga dapat memperkuat stabilitas tanggul.

Kata Kunci: stabilisasi tanah, kapur, kohesi, sudut geser, faktor aman, tanggul.

¹⁾ Mahasiswa pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Surel: stantrihandayani@gmail.com

²⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.

³⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.

1. PENDAHULUAN

Pembuatan tanggul merupakan salah satu usaha untuk mengatasi banjir ataupun kekeringan. Dalam perencanaan tanggul perlu diperhatikan faktor – faktor yang mempengaruhi seperti bahan pembuat tanggul, stabilitas lereng, tinggi jagaan, lindungan lereng, lebar atas tanggul, kemiringan lereng, dan fasilitas pembuang (DPU, 1986). Tanggul yang dibangun diharapkan tetap kuat dan kokoh terhadap gaya - gaya yang ditimbulkan akibat tergenangnya air di dalam waduk sesuai dengan umur ekonomis tanggul. Untuk memenuhi harapan tersebut dibutuhkan tanah yang memiliki daya dukung yang baik pada pembuatan tanggul.

Pada tugas akhir ini digunakan perbaikan tanah secara kimiawi. Material kimia yang digunakan adalah kapur, sebagai bahan stabilisator untuk meningkatkan stabilitas tanggul. Penggunaan bahan *additive* kapur sebagai bahan stabilisator tanah dapat mengurangi kadar air pada tanah yang berpotensi mengalami longsor, sehingga stabilitas tanggul akan semakin baik. Kapur bereaksi dengan air tanah sehingga merubah sifat tanahnya, mengurangi kelekatan dan kelunakan tanah. Sifat ekspansif yang menyusut dan berkembang karena kondisi airnya akan berkurang secara drastis karena butir kapur.

Dengan demikian penelitian ini sangat penting untuk dilakukan karena hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai sifat-sifat fisik tanah setelah dilakukan perbaikan yang akan digunakan untuk pembangunan tanggul guna mempengaruhi stabilitas lereng yang akan dibangun. Sehingga daerah tersebut dapat membangun tanggul tanpa mengkhawatirkan kualitas tanah yang ada.

2. TINJAUAN PUSTAKA

A. Tanah

Tanah adalah material yang terdiri dari butiran mineral-mineral padat yang tidak terikat secara kimia satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel - partikel padat tersebut (Das, 1988). Selain itu dalam arti lain tanah merupakan akumulasi partikel mineral atau ikatan antar partikelnya, yang terbentuk karena pelapukan dari batuan (Craig, 1991).

B. Klasifikasi Tanah

Terdapat dua sistem klasifikasi tanah yang umum digunakan untuk mengelompokkan tanah. Kedua sistem tersebut memperhitungkan distribusi ukuran butiran dan batas - batas *atterberg*, sistem - sistem tersebut adalah Sistem *Unified Soil Clasification System (USCS)* dan Sistem *AASHTO (American Association Of State Highway and Transporting Official)*. Analisa klasifikasi tanah pada penelitian ini menggunakan Sistem *Unified Soil Clasification System (USCS)*. Pada sistem ini tanah diklasifikasikan tanah berbutir kasar yaitu kerikil dan pasir jika lebih dari 50% dalam saringan nomor 200, dan sebagian tanah berbutir halus (lempung atau lanau) jika melebihi dari 50% melewati saringan nomor 200.

C. Tanah Lempung

Lempung lunak atau juga yang dikenal lempung *expansive* merupakan jenis tanah lempung yang diklasifikasikan kedalam jenis tanah yang memiliki nilai pengembangan dan penyusutan yang besar, sehingga dapat menimbulkan kerusakan pada struktur yang berada di atasnya. Hal tersebut dikarenakan besarnya nilai aktivitas tanah lempung, besar kecilnya nilai indeks plastisitasnya, untuk tanah lempung yang dapat dikategorikan kedalam tanah lempung yang *expansive* yakni tanah yang memiliki potensi pengembangan yang sangat tinggi batasan nilai indeks plastisitasnya atau $PI > 35\%$.

D. Sifat Fisik Tanah

Tanah dalam keadaan alami atau asli memiliki beberapa sifat - sifat dasar. Sifat - sifat dasar tersebut berupa sifat fisik yang berhubungan dengan tampilan dan ciri - ciri umum dari tanah. Sifat fisik tanah berguna untuk mengetahui jenis tanah tersebut. Sifat fisik tanah terdiri dari kadar air, berat jenis, batas *atterberg*, berat volume dan distribusi ukuran butir tanah.

E. Stabilisasi Tanah

Stabilisasi tanah dimaksudkan untuk menambah kapasitas dukung tanah dan kenaikan kekuatan yang akan diperhitungkan. Karena itu, stabilisasi tanah membutuhkan metode modifikasi tanah, misalnya adalah dengan pemadatan, mencampur tanah dengan bahan granuler, menggunakan tulangan atau perkuatan (seperti *geosintetik*), penggalian dan penggantian tanah dan lain-lain, serta memproses tanah secara kimia seperti mencampur tanah dengan semen, kapur, abu-terbang, aspal dan lain-lain (Hardiyatmo, 2010).

F. Kapur

Stabilisasi tanah lempung dengan menggunakan kapur mengakibatkan proses kimia dengan reaksi sebagai berikut :



$\text{Ca(SiO}_3\text{)}$ merupakan proses terakhir dari stabilisasi lempung dengan menggunakan kapur. Proses ini sama dengan proses mengerasnya semen secara terus menerus sampai beberapa bulan. Proses ini dinamakan proses *pozzolanisasi*, yang dipercepat pada suhu tinggi.

G. Pemadatan

Tujuan dari pemadatan adalah untuk mempertinggi kuat geser tanah, mengurangi sifat mudah mampat (kompresibilitas), mengurangi permeabilitas dan mengurangi perubahan volume sebagai akibat perubahan kadar air dan lain - lain. Maksud tersebut dapat tercapai dengan pemilihan tanah bahan timbunan, cara pemadatan, pemilihan mesin pemadat dan jumlah lintasan yang sesuai.

H. Tanggul

Tanggul memiliki nama lain *levee*, *dike* atau *embankment*, yaitu semacam tembok miring baik buatan maupun alami, dipergunakan untuk mengatur muka air. Biasanya terbuat dari tanah dan seringkali dibangun sejajar badan sungai atau pantai. Kata *dike* berasal dari bahasa Belanda *dijk*, dimana pembangunan tanggul telah terjadi sejak abad ke 12. Sementara dari bahasa Anglo-Saxon, kata *dic* diartikan menggali parit dan membentuk tanah timbunan diatasnya. Tujuan utama dibuatnya tanggul adalah untuk mencegah terjadinya banjir pada dataran dipinggiran sungai.

Teori Stabilitas Lereng

Beberapa pendekatan yang dapat dilakukan adalah dengan menggunakan metode-metode seperti: metode *Taylor*, metode *Janbu*, metode *Fellenius*, metode *Bishop*, dll. Dalam menentukan kestabilan atau kemantapan lereng dikenal istilah faktor keamanan (*safety factor*) yang merupakan perbandingan antara gaya-gaya yang menahan gerakan terhadap gaya-gaya yang menggerakkan tanah tersebut dianggap stabil, bila dirumuskan sebagai berikut:

Faktor kewanaman (*SF*) = gaya penahan / gaya penggerak

Dimana untuk keadaan:

- $SF > 1,0$: lereng dalam keadaan stabil
- $SF = 1,0$: lereng dalam keadaan seimbang, dan siap untuk longsor
- $SF < 1,0$: lereng tidak stabil

Metode *Fellenius*

Pada penelitian ini, perhitungan faktor keamanan tanggul menggunakan metode *Fellenius*. Metode *Fellenius* (*Ordinary Method of Slice*) diperkenalkan pertama kali oleh *Fellenius* (1927) bahwa gaya memiliki sudut kemiringan paralel dengan dasar irisan faktor keamanan dihitung dengan keseimbangan momen. *Fellenius* menganggap gaya – gaya yang bekerja pada sisi kanan - kiri dari sembarang irisan mempunyai resultan nol pada arah tegak lurus bidang longsor. Dengan anggapan ini keseimbangan arah vertikal dan gaya - gaya yang bekerja dengan memperhatikan tekanan air pori sebagai berikut:

$$N_i + U_i = W_i \cos \theta_i \quad (1)$$

Faktor aman didefinisikan :

$$SF = \frac{\text{Jumlah momen tahan geser sepanjang bidang longsor}}{\text{Jumlah momen berat massa tanah yang longsor}} = \frac{\sum Mr}{\sum Md} \quad (2)$$

I. Kuat Geser Tanah

Kuat geser tanah adalah gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir - butir tanah terhadap desakan atau tarikan. Dengan dasar seperti ini, bila tanah mengalami pembebanan akan ditahan oleh :

- a) Kohesi tanah yang tergantung pada jenis tanah dan pematatannya, tetapi tidak tergantung dari tegangan vertikal yang bekerja pada gesernya
- b) Gesekan antara butir-butir tanah yang besarnya berbanding lurus dengan tegangan vertikal pada bidang gesernya

Oleh karena itu Coulomb (1776) mendefinisikan kekuatan geser tanah dapat diukur dengan rumus:

$$\tau = c + (\sigma - u) \tan \varphi \quad (3)$$

3. METODE PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan adalah untuk mengetahui perbandingan sifat fisik tanah terhadap stabilitas tanah sebelum dan sesudah ditambah dengan kapur. Kapur yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan jenis kapur padam yang memiliki unsur kimia yaitu kalsium hidroksida Ca(OH)_2 yang diperoleh dari toko bangunan .

Pengumpulan Data

Data primer pada penelitian ini yaitu data yang diperoleh melalui penelitian di laboratorium. Hasil dari penelitian ini berupa nilai kohesi, sudut geser dalam, dan nilai faktor keamanan pada tanggul. Kapur yang digunakan sebagai bahan stabilisasi tanah dengan variasi campuran 0%, 4%, 8%, 12% dan 16% dari berat kering tanah. Pengujian kuat geser tanah dilakukan dengan uji triaksial *unconsolidated undrained*. Sampel uji triaksial menggunakan kadar air optimum dari hasil pengujian pematatan *standard proctor*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sampel tanah yang digunakan untuk penelitian ini berasal dari Desa Pelembapang, Umbul Ligoh, Kecamatan Kalianda Kabupaten Lampung Selatan, dimana proses pengambilan sampel tanah dilakukan dengan alat cangkul untuk mengambil sampel tanah terganggu (*disturbed*), kemudian dibawa ke Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Lampung untuk dilakukan pengujian. Setelah itu dilakukan pengujian sifat fisik tanah berupa sifat fisik tanah asli dan tanah yang telah dicampurkan bahan *additive* kapur, kemudian yang kedua adalah pengujian sifat mekanik tanah.

A. Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah Asli

Pengujian sifat fisik tanah asli yang diuji berupa uji kadar air, uji berat jenis, uji berat volume, uji batas *atterberg*, uji analisis saringan dan uji hidrometer.

Tabel 1. Hasil pengujian sifat fisik tanah asli

No.	Pengujian	Hasil uji	Satuan
1	Kadar Air	46,38	%
2	Berat Volume	1,7075	gr/cm ³
3	Berat Jenis	2,5841	gr/cm ³
4	Analisis Saringan		
	a. Lolos Saringan no. 10	99,18	%
	b. Lolos Saringan no. 40	97,37	%
	c. Lolos Saringan no. 200	95,30	%
5	Batas-batas Atterberg		
	a. Batas Cair (<i>Liquid Limit</i>)	71,95	%
	b. Batas Plastis (<i>Plastic Limit</i>)	23,18	%
	c. Indeks Plastisitas (<i>Plasticity Index</i>)	48,8	%

B. Pengujian Pemadatan *Standard Proctor*

Berdasarkan hasil pengujian pemadatan dengan metode *standard proctor* yang telah terlampir di atas, pengujian masing - masing sampel tanah tanpa penambahan kapur dan tanah dengan variasi persentase penambahan kapur didapat kadar air optimum dan berat volume kering yang terlampir pada tabel berikut :

Tabel 2. Hasil Pengujian Pemadatan *Standard Proctor*

Penambahan Kapur	Kadar Air Optimum KAO (%)	Berat Volume Kering Maksimum
		γ_d max (gr/cm ³)
0%	27,8	1,359
4%	26,3	1,365
8%	24,6	1,371
12%	22,8	1,380
16%	21,9	1,410

Herdiana, dkk (2018) menjelaskan bahwa meningkatnya nilai berat volume kering maksimum disebabkan oleh proses pengikatan kapur yang bereaksi dengan mineral lempung dalam tanah atau dengan butiran halus lainnya (komponen *pozzolanik* seperti *silica hydrous*) untuk membentuk ikatan antar air dan gel yang tidak dapat larut dari kalsium silikat yang mengikat partikel – partikel tanah.

Nilai kadar air optimum meningkat dikarenakan terjadi proses penyerapan air oleh kapur tersebut. Seiring dengan penambahan kapur, kandungan air pada tanah semakin berkurang karena jenis kapur yang digunakan termasuk kapur padam (Ca(OH)₂) yang mempunyai sifat mengikat atau menyerap air. Sementara nilai berat volume kering mengalami

peningkatan disebabkan karena semakin rapatnya butiran - butiran tanah akibat pemadatan sehingga pori - pori tanah berkurang dan butiran kapur mengisi pori - pori yang tersisa.

C. Hasil Klasifikasi Tanah Asli dan Tanah dengan Variasi Penambahan *Additive* Kapur

Berdasarkan hasil pengujian sifat fisik tanah asli dan pengujian sifat fisik tanah dengan variasi penambahan kapur didapatkan hasil klasifikasi tanah sebagai berikut:

Tabel 3. Data pengujian klasifikasi sifat fisik tanah campuran

Penambahan Kapur	Kadar Air (%)	Berat Volume (gr/cm ³)	Berat Jenis (gr/cm ³)	LL (%)	PL (%)	PI (%)	Finer # 200 (%)	Klasifikasi USCS
0%	46,38	1,7075	2,5841	71,95	23,18	48,80	95,30	CH
4%	43,25	1,7157	2,7297	58,04	37,26	20,80	94,87	CL
8%	42,47	1,7205	2,7632	56,02	37,85	18,20	94,13	CL
12%	40,84	1,7314	2,8573	54,07	38,24	15,80	93,63	CL
16%	39,63	1,7395	2,9036	51,66	38,68	13,00	92,94	CL

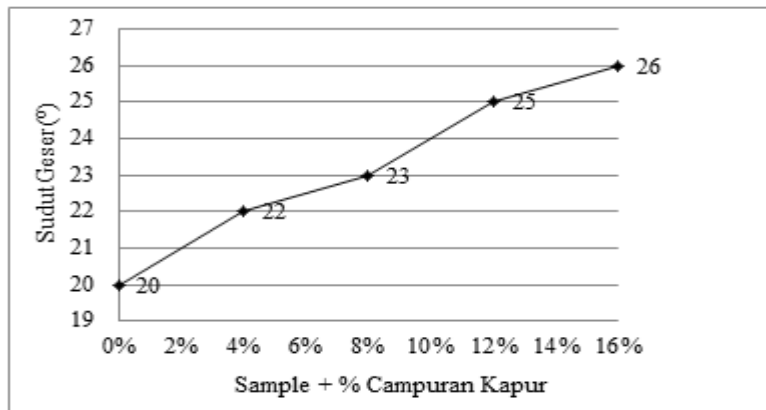
Hasil klasifikasi tanah campuran dengan kapur dapat disimpulkan bahwa adanya perubahan klasifikasi tanah. Klasifikasi tanah dengan campuran 4% sampai 16% kapur termasuk kelompok CL (*clay low plasticity*) dan penilaian sebagai tanah lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang.

D. Analisa Hasil Pengujian Triaksial

Pengujian triaksial ini dilakukan pada tanah asli dan tanah yang dicampur kapur dengan variasi 4%, 8%, 12% dan 16% pada kondisi tanpa konsolidasi dan tanpa drainase (*unconsolidated undrained*) dengan tegangan keliling yang diberikan sebesar 0,5kg/cm²; 1kg/cm²; dan 2kg/cm². Dari hasil pengujian triaksial pada tanah asli dan tanah dengan variasi campuran zat *additive* kapur di dapat nilai kekuatan geser yaitu sudut geser dalam (ϕ) dan kohesi (c) pada kondisi tanpa konsolidasi dan tanpa drainase (*unconsolidated undrained*) pada grafik di bawah.

Tabel 21. Hasil pengujian triaksial dengan variasi penambahan kapur

Variasi Campuran	Kohesi (kg/cm ²)	Sudut Geser Dalam (°)
0% Kapur	0,1813	20
4% Kapur	0,2134	22
8% Kapur	0,3361	23
12% Kapur	0,3492	25
16% Kapur	0,4028	26

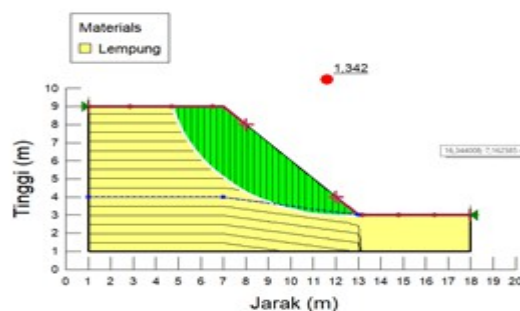


Gambar 1. Grafik hubungan variasi penambahan kapur dengan sudut geser dalam tanah berdasarkan uji triaxial

Dari hasil pengujian di atas menunjukkan bahwa terjadinya peningkatan nilai sudut geser. Peningkatan nilai sudut geser disebabkan karena perubahan reaksi antara partikel tanah dengan butiran kapur. Dimana kapur memiliki daya ikat dan menurunkan sifat sensitif terhadap air dan juga memiliki butiran yang halus dan unsurnya saling mengikat dengan partikel lainnya.. Oleh karena itu dapat meningkatkan kerapatan tanah sehingga nilai kohesi tanah atau sudut geser meningkat (Panjaitan, 2015). Semakin besar nilai kuat geser yang dikandung tanah, maka kemungkinan terjadinya pergeseran tanah akan semakin kecil (Setiawan dkk, 2015)

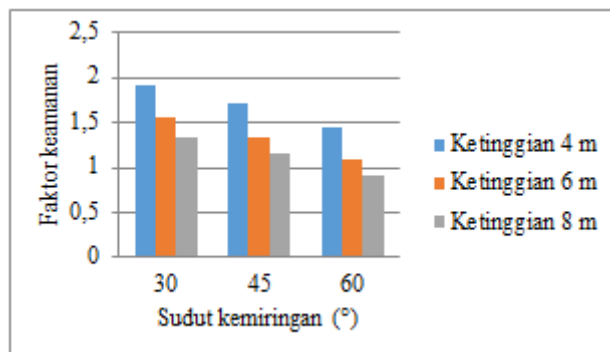
E. Hasil Perhitungan Menggunakan Aplikasi Komputasi

Penelitian ini menggunakan aplikasi komputasi untuk mengetahui faktor keamanan kritis pada tanggul yang memiliki karakteristik tanah sesuai dengan hasil uji laboratorium sampel tanah asli dan yang telah ditambahkan variasi kapur seperti yang telah terlampir di atas. Metode perhitungan yang digunakan adalah metode *Fellenius/Ordinary*. Contoh hasil perhitungan faktor keamanan melalui aplikasi komputasi dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



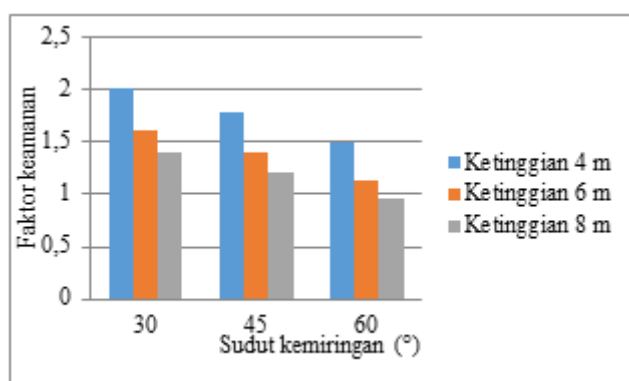
Gambar 2. Contoh hasil perhitungan faktor keamanan tanah asli dengan tinggi lereng 6 meter dan sudut kemiringan 45°

Berdasarkan hasil perhitungan melalui aplikasi komputasi pada tanah asli dengan tinggi 6 meter dan sudut kemiringan 45°, didapatkan hasil faktor keamanan kritis sebesar 1,342. Hasil perhitungan faktor keamanan kritis pada variasi lainnya terlampir sebagai berikut :



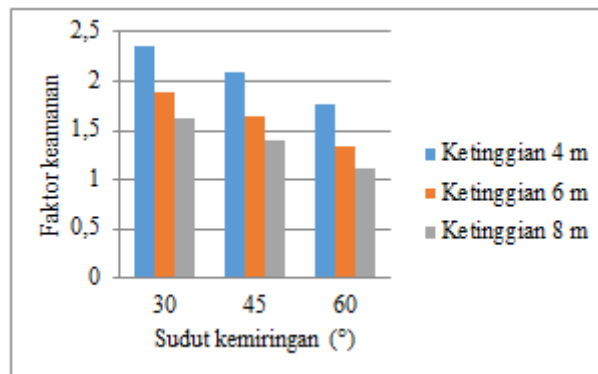
Gambar 3. Grafik faktor keamanan perencanaan tanggul pada sampel tanah 0% kapur

Dari grafik di atas dapat diketahui nilai faktor keamanan yang paling kritis terdapat pada perencanaan tanggul dengan sudut kemiringan 60° dan ketinggian 8 meter yaitu sebesar 0,914. Berdasarkan Tabel 5, perencanaan tanggul dengan faktor keamanan tersebut termasuk dalam kategori lereng labil karena memiliki nilai faktor keamanan kurang dari 1,07. Maka perencanaan tanggul yang efektif pada sampel tanah asli hanya pada sudut kemiringan 30° dengan ketinggian 4 meter sampai dengan sudut kemiringan 45° dengan ketinggian 6 meter.



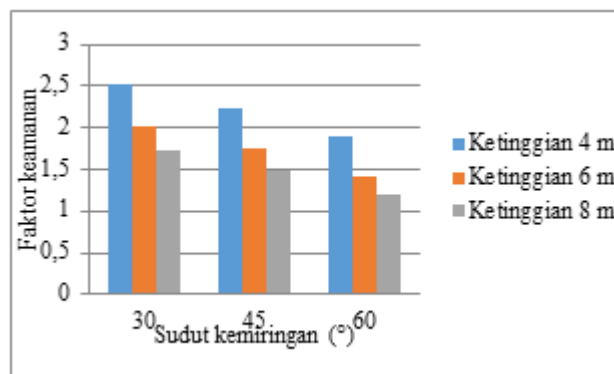
Gambar 4. Grafik faktor keamanan perencanaan tanggul pada sampel tanah dengan variasi penambahan zat *additive* kapur 4%

Dari grafik di atas dapat diketahui nilai faktor keamanan yang paling kritis terdapat pada perencanaan tanggul dengan sudut kemiringan 60° dan ketinggian 8 meter yaitu sebesar 0,952. Maka berdasarkan Tabel 5, perencanaan tanggul dengan faktor keamanan tersebut termasuk dalam kategori lereng labil karena memiliki nilai faktor keamanan kurang dari 1,07. Maka perencanaan tanggul yang efektif pada sampel tanah dengan variasi penambahan zat *additive* kapur 4% hanya pada sudut kemiringan 30° dengan ketinggian 4 meter sampai dengan sudut kemiringan 45° dengan ketinggian 6 meter.



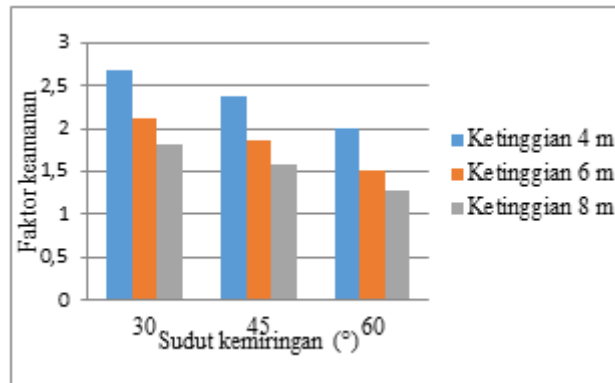
Gambar 5. Grafik faktor keamanan perencanaan tanggul pada sampel tanah dengan variasi penambahan zat *additive* kapur 8%

Dari grafik di atas dapat diketahui nilai faktor keamanan yang paling kritis terdapat pada perencanaan tanggul dengan sudut kemiringan 60° dan ketinggian 8 meter yaitu sebesar 1,12. Maka berdasarkan Tabel 5, perencanaan tanggul dengan faktor keamanan tersebut termasuk dalam kategori lereng kritis karena memiliki nilai faktor keamanan antara 1,07 sampai 1,25. Maka perencanaan tanggul yang efektif pada sampel tanah dengan variasi penambahan zat *additive* kapur 8% hanya pada sudut kemiringan 30° dengan ketinggian 4 meter sampai dengan sudut kemiringan 60° dengan ketinggian 6 meter.



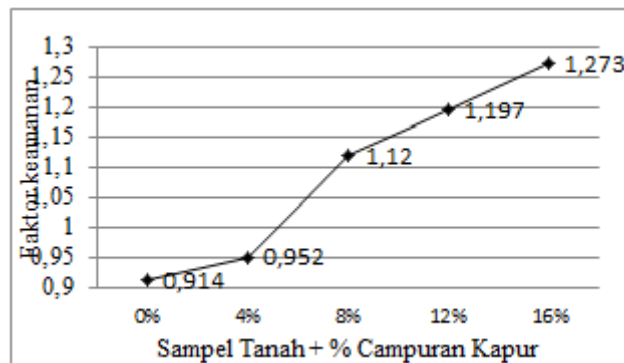
Gambar 6. Grafik faktor keamanan perencanaan tanggul pada sampel tanah dengan variasi penambahan zat *additive* kapur 12%

Dari grafik di atas dapat diketahui nilai faktor keamanan yang paling kritis terdapat pada perencanaan tanggul dengan sudut kemiringan 60° dan ketinggian 8 meter yaitu sebesar 1,197. Maka berdasarkan Tabel 5, perencanaan tanggul dengan faktor keamanan tersebut termasuk dalam kategori lereng kritis karena memiliki nilai faktor keamanan antara 1,07 sampai 1,25. Maka perencanaan tanggul yang efektif pada sampel tanah dengan variasi penambahan zat *additive* kapur 12% hanya pada sudut kemiringan 30° dengan ketinggian 4 meter sampai dengan sudut kemiringan 60° dengan ketinggian 6 meter.



Gambar 7. Grafik faktor keamanan perencanaan tanggul pada sampel tanah dengan variasi penambahan zat *additive* kapur 16%

Dari grafik di atas dapat diketahui nilai faktor keamanan yang paling kritis terdapat pada perencanaan tanggul dengan sudut kemiringan 60° dan ketinggian 8 meter yaitu sebesar 1,273. Maka berdasarkan Tabel 5, perencanaan tanggul dengan faktor keamanan tersebut termasuk dalam kategori lereng relatif stabil karena memiliki nilai faktor keamanan di atas 1,25. Maka nilai faktor aman seluruh perencanaan tanggul pada sampel tanah dengan variasi penambahan zat *additive* kapur 16% sudah termasuk dalam kategori aman.



Gambar 8. Grafik hubungan variasi penambahan kapur dengan nilai faktor keamanan pada perencanaan tanggul

Dari hasil pengujian di atas menunjukkan bahwa terjadinya peningkatan nilai faktor keamanan pada perencanaan tanggul seiring dengan penambahan zat *additive* kapur terhadap sampel tanah. Hal ini dikarenakan kapur dapat berfungsi merubah sifat plastisitas (batas cair dan indeks plastisitas) berkurang, meningkatkan kekuatan dan durabilitas, mengurangi resapan air dan pengembangan tanah (Kezdi, 1979). Adanya ikatan ion Ca, Mg dan Na yang menyebabkan bertambahnya ikatan antara partikel tanah serta proses sementasi antar kapur dan tanah sehingga kekuatan geser dan daya dukung tanah menjadi meningkat. Berdasarkan perhitungan di atas nilai faktor keamanan tertinggi pada perencanaan tanggul terdapat pada sampel tanah dengan penambahan zat *additive* kapur 16%, yaitu sebesar 1,273.

Pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa stabilisasi tanah menggunakan zat *additive* kapur dapat memperbaiki parameter kuat geser tanah, yaitu kohesi dan sudut geser dalam. Meningkatnya nilai parameter kuat geser tanah menyebabkan adanya peningkatan pada stabilitas lereng. Nilai faktor keamanan meningkat sampai telah memasuki batas aman sehingga layak untuk dijadikan sebagai bangunan tanggul. Hal ini menunjukkan bahwa parameter kuat geser tanah menjadi salah satu parameter yang diperhatikan dalam pembuatan tanggul.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil uji laboratorium pada sampel tanah asli didapatkan nilai kohesi sebesar $0,1813 \text{ kg/cm}^2$ dan nilai sudut geser sebesar 20° . Setelah dilakukan stabilisasi dengan zat *additive* kapur nilai kohesi dan sudut geser dalam berangsur - angsur meningkat. Didapatkan nilai maksimum kohesi dan sudut geser dalam pada tanah dengan penambahan kapur 16%, dengan nilai kohesi $0,4028 \text{ kg/cm}^2$ dan nilai sudut geser dalam sebesar 26° . Hal ini menunjukkan bahwa kapur dapat meningkatkan kerapatan tanah sehingga nilai kohesi tanah atau sudut geser meningkat. Berdasarkan analisa stabilitas lereng menggunakan metode *Fellenius/Ordinary*, dapat diketahui bahwa nilai faktor aman mengalami peningkatan seiring dengan penambahan zat *additive* kapur pada sampel tanah. Pada sampel tanah asli nilai faktor keamanan masih di bawah batas aman. Setelah sampel tanah ditambah zat *additive* kapur nilai faktor keamanan meningkat hingga pada sampel tanah dengan penambahan kapur 16% nilai faktor keamanan tidak ada lagi yang masih di bawah batas aman. Penambahan zat *additive* kapur memperoleh hasil paling optimum pada variasi 4%. Meningkatnya nilai faktor aman pada perencanaan tanggul seiring dengan bertambahnya zat *additive* kapur pada sampel tanah disebabkan karena kapur dapat berfungsi merubah sifat plastisitas (batas cair dan indeks plastisitas) berkurang, meningkatkan kekuatan dan durabilitas, mengurangi resapan air dan pengembangan tanah sehingga dapat memperkuat stabilitas tanggul.

Rekomendasi

Diperlukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan metode lain dalam analisa perhitungan stabilitas lereng dan memperbanyak variasi ukuran tinggi dan sudut kemiringan agar dapat memperbanyak kemungkinan angka aman yang dihasilkan sehingga dapat dijadikan acuan agar penelitian selanjutnya menjadi lebih kompleks. Untuk mengetahui seberapa maksimum penggunaan kapur terhadap tebal lapis perkerasan, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan penambahan persentase kapur lebih dari 16%. 1. Pada penelitian ini stabilitas lereng hanya ditinjau dari segi faktor aman saja. Maka dari itu diperlukan penelitian lebih lanjut terhadap faktor – faktor pendukung stabilitas lereng lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Coulomb, C.A. 1776. *Essai sur une Application des Regles de Macimis et Minimum a quelques Problems de Statique Relatifs a l'Architecture* Vol. 3, p, p. 38. Mem. Acad. Roy. Des Sciences, Paris,.
- Craig, F.R. 1991. *Mekanika Tanah*. Erlangga. Jakarta.
- Das, Braja M. 1988. *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 1*. Erlangga. Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Pengairan. 1986. *Standart Perencanaan Irigasi KP – 01, 02, 04, dan 06*. Badan Penerbit Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2010. *Tanah Longsor dan Erosi*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Herdiana, I Komang Tri, Iswan dan Ahmad Zakaria. 2018. *Stabilisasi Tanah Lempung yang Dicampur Zat Additive Kapur dan Matos ditinjau dari Waktu Perendaman*. Jurnal Rekayasa Volume 6 Nomor 1, 2018.
- Setiawan, Ade, Iswan dan Setyanto. 2015. *Pengaruh Kuat Tekan dan Kuat Geser pada Sampel Dry Side of Optimum (Optimum Kering) dan Wet Side of Optimum (Optimum Rendah) Tanah Organik*. Jurnal Rekayasa Volume 3, Nomor 2, Juni 2015.

