

## UPAYA MENINGKATKAN STABILISASI PADA TANAH BEKAS TIMBUNAN SAMPAH DENGAN PENAMBAHAN BAHAN KAPUR

Abdul Rokhman<sup>1</sup>, dan Gita Puspa Artiani<sup>2</sup>

### Abstract

Waste generated by human activities both derived from industrial waste and household waste dumped and collected in one particular area commonly called landfill. The existence of trash piled in the garbage disposal place for years with large volumes will generate garbage seepage water (leachate) that contain chemical elements and organic matter which is the result of the decomposition of organic waste will affect the quality of the soil underneath. To improve soil stabilization needs to be improved by the method of mixing other materials as steps to improve the physical properties of the soil. In this research, improve the soil by adding lime to the variation of 0%, 5%, 10%, 15% and 20%. In each of the variations do ripening between 0 days, 7 days, 10 days and 14 days. Among other physical properties testing water content, liquid limit (LL), plastic limit (PL), shrinkage limit (SL), and specific gravity, direct shear. The higher the lime content will reduce the percentage of water content, liquid limit value, the value of plastic limit, plasticity index, but will raise the value of the specific gravity. Of direct shear testing occurs at the optimum value obtained lime content of 15% that occurred in all curing conditions.

**Keywords :** Stabilization, Garbage Disposal, Lime

### Abstrak

Sampah yang dihasilkan oleh aktifitas manusia baik yang berasal dari limbah industri maupun limbah rumah tangga dibuang dan terkumpul di satu wilayah tertentu yang biasa disebut tempat pembuangan sampah. Adanya sampah yang tertumpuk di Tempat Pembuangan sampah selama bertahun-tahun dengan volume yang cukup besar akan menghasilkan air rembesan sampah (*leachate*) yang mengandung unsur kimiawi serta bahan organik yang merupakan hasil dekomposisi sampah organik akan mempengaruhi kualitas tanah yang ada dibawahnya. Untuk meningkatkan stabilisasi tanah perlu dilakukan perbaikan dengan metode pencampuran bahan lain sebagai langkah perbaikan sifat-sifat fisik tanah. Pada penelitian ini dilakukan perbaikan tanah dengan menambahkan bahan kapur dengan variasi 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%. Pada masing-masing variasi dilakukan pemeraman antara 0 hari, 7 hari, 10 hari dan 14 hari. Pengujian sifat fisik antar lain kadar air, batas cair (LL), batas plastis (PL), batas susut (SL), dan *specific gravity, direct shear*. Semakin tinggi kadar kapur akan menurunkan prosentase kadar air, nilai batas cair, nilai batas plastis, indek plastisitas namun akan menaikkan nilai spesifik gravity. Dari pengujian direct shear nilai optimum didapatkan terjadi pada kadar kapur 15% yang terjadi pada semua kondisi pemeraman.

**Kata kunci** Stabilisasi, Tempat Pembuangan Sampah, Kapur

### I. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan pembangunan kota yang begitu padat, menyebabkan tidak ada lagi tempat kosong untuk pembangunan. Hal ini mendorong berkembangnya pembangunan ke pinggiran kota sehingga mengakibatkan fungsi lahan seperti persawahan, perkebunan dan lahan Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah yang berada di pinggiran kota berubah fungsi menjadi perkantoran, perumahan, bangunan lainnya bahkan sebagai tempat perlintasan sarana transportasi seperti jalan raya, jalan tol dan lain sebagainya. Sampah yang

dihasilkan oleh aktifitas manusia baik itu berupa limbah industri dan limbah rumah tangga dibuang dan terkumpul di satu wilayah tertentu yang biasa disebut Tempat Pembuangan Akhir Sampah (TPA). Adanya sampah yang tertumpuk di TPA Sampah selama bertahun-tahun dengan volume yang cukup besar akan menghasilkan air rembesan sampah (*leachate*) yang mengandung unsur kimiawi yang dapat mencemari dan mempengaruhi kualitas tanah sebagai tempat tumpukan sampah. Kondisi ini kurang menguntungkan bagi konstruksi sipil sehingga diperlukan usaha perbaikan tanah terlebih dahulu.

Bahan kapur sangat mudah kita dapatkan dan sudah secara luas digunakan sebagai bahan stabilitas tanah. Tanah yang diperbaiki dengan

1. Sekolah Tinggi Teknik-PLN, Jakarta. Pos-el: abdul.sttpln@yahoo.com  
2. Sekolah Tinggi Teknik-PLN, Jakarta.

kapur pada umumnya mempunyai kualitas tanah yang lebih baik dari pada tanah yang tidak diperbaiki, hal ini disebabkan adanya reaksi pozzolanis dari kapur dengan partikel tanah. Dengan melihat potensi dan kemungkinan penurunan kualitas tanah di TPA sampah tersebut, maka kami mencoba melakukan penelitian mengenai upaya meningkatkan stabilitasi pada tanah bekas timbunan sampah dengan penambahan bahan kapur. Dari penggunaan kapur tersebut diharapkan dapat memperbaiki kualitas tanah di TPA sampah menjadi lebih baik.

## II. TINJAUAN PENELITIAN

### Pengertian Sampah

Sampah merupakan limbah yang bersifat padat terdiri dari zat organik dan anorganik yang dianggap tidak berguna lagi dan harus dikelola agar tidak membahayakan lingkungan dan melindungi investasi pembangunan (SNI 19-2454-1991). Sampah adalah semua barang sisa yang ditimbulkan dari aktifitas manusia dan binatang yang secara normal padat dan dibuang ketika tak dikehendaki (tchobanoglous, 1993). Menurut Undang-Undang No. 18 Tahun 2008, sampah juga diartikan sebagai sisa kegiatan sehari-hari manusia atau proses alam yang berbentuk padatan. Sampah spesifik adalah sampah yang karena sifat, konsentrasi, dan/atau volumenya memerlukan pengelolaan khusus.

Menurut SNI 19-3964-1994, bila pengamatan lapangan belum tersedia, maka untuk menghitung besaran, sistem, dapat digunakan angka timbulan sampah sebagai berikut :

- a. Satuan timbulan sampah pada kota besar :  
2 – 2,5 L/org/hari atau 0,4 – 0,5 L/org/hari.
- b. Satuan timbulan sampah pada kota sedang/kecil : 1,5 – 2 L/org/hari, atau 0,3 – 0,4 kg/org/hari.

Air Tanah sebagai sumber daya alami yang dapat diperbaharui dapat mengalami pencemaran oleh adanya timbunan sampah yang terlalu dekat dengan sumber air tanah. Sampah yang dibuang ke Tempat Pembuangan secara tidak beraturan akan menghasilkan limbah cair yang yang dapat mencemari air tanah. Konsentrasi ammonia dan nilai pH air tanah dapat menurunkan baku mutu air tanah untuk di konsumsi (Amirah, 2012).

### Karakteristik Tanah Bekas TPA

Rajiyowiryono dan Susanto 1998 menyatakan bahwa dari hasil pengujian *Standar Penetration Test* (SPT) pada lahan TPA di wilayah Surakarta memperlihatkan daya dukung semakin dalam semakin tinggi. Daya dukung tanah yang tinggi ini ternyata akan kembali turunkan pada bagian sampah yang telah mengalami dekomposisi hampir sempurna. Hal tersebut menunjukkan bahwa kemampuan lahan bekas TPA sampah untuk mendukung bangunan harus didasarkan pada daya dukung pada waktu sampah telah mengalami dekomposisi sempurna. Pada kasus TPA di wilayah Kodya Surakarta dapat diketahui bahwa sampah yang mengalami dekomposisi lanjut mempunyai daya dukung diijinkan yang kecil, yaitu 11,8 ton/m<sup>3</sup> untuk fondasi dengan lebar 0,5 m dan dalam 1,0m.

Salah satu cara untuk perbaikan tanah yang dapat dilakukan adalah dengan stabilisasi tanah. Dikarenakan tanah merupakan material yang bervariasi (heterogen) antara satu lokasi dengan lokasi yang lain, menyebabkan adanya perbedaan cara stabilisasi yang dilakukan. Berbagai upaya stabilisasi telah banyak dilakukan baik secara fisis, mekanis dan kimia.. Usaha stabilisasi tanah secara fisis yaitu mencampur bahan tanah dengan bahan lain seperti abu sekam (Gita, 2012), diperoleh karakteristik bahan meningkat. Stabilisasi tanah dengan bahan kimia (semen, bentonite) merupakan suatu usaha memperbaiki kemampuan daya dukung tanah dan stabilisasi mekanis dengan mencampurkan serat-serat sintesis. Pada stabilisasi tanah disini secara objektif dimaksudkan untuk memperbaiki daya dukung tanah dan peningkatan ketahanan terhadap beban, menambah kekerasan lapisan, mengurangi rongga dan pengaruh muai susut tanah. Banyak cara telah dikembangkan dalam usaha stabilisasi tanah, namun pada prinsip dasar perbaikan tanah adalah dengan memilih cara yang paling efektif dari segi pelaksanaan dan dengan biaya yang relatif murah.

### Stabilisasi Tanah dengan Bahan Kapur

Metode perbaikan tanah dengan penambahan kapur merupakan metode stabilisasi secara kimia. Untuk itu penting juga dijelaskan jenis kapur mana yang akan digunakan. Hal ini disebabkan karena istilah kapur mengacu pada beberapa arti yaitu :

- Kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ )
- Kalsium hidroksida ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) yang terhidrasi atau kapur mati

#### - Kalsium oksida (CaO)

Dimana jenis kapur yang paling baik digunakan dalam stabilisasi tanah adalah Kalsium hidroksida (Ca(OH)<sub>2</sub>) dan Kalsium oksida (CaO).

Secara umum fungsi kapur untuk stabilisasi tanah adalah :

1. Dapat menurunkan aktifitas mineral dan deformasi
2. Dapat meningkatkan kekuatan pada kadar tertentu memberikan harga optimum
3. Dapat meningkatkan kohesi, karena kapur dapat merubah interaksi antara air dengan tanah terhadap reaksi permukaan
4. Meningkatkan plastisitas dan dapat mereduksi indeks pemampatan tanah serta memberikan pengaruh terhadap penurunan angka pori awal

Perubahan propertis tanah dari stabilisasi dengan kapur terjadi dengan cara yang sama dengan stabilisasi dengan semen. Perbedaan utama terdapat pada pengaruh muatan aditifnya, pengaruh dari waktu pemeraman dan pengaruh dari temperatur. Kuat tekan bebas dari campuran tanah dengan kapur meningkat dengan peningkatan kapur pada level tertentu, biasanya sekitar 8 % untuk tanah lempung. Standar kenaikan yang terjadi menurun sampai tidak terjadi lagi penambahan kekuatan dengan dilakukannya penambahan kapur lagi. Hal ini berlawanan dengan stabilisasi dengan menggunakan semen, di mana peningkatan kekuatan berlanjut hingga kandungan semen yang tinggi untuk campurannya 20%.

Stabilisasi tanah dengan kapur dilakukan dengan jalan mencampur kapur jenis tertentu pada tanah, dalam jumlah tertentu. Penambahan kapur dapat mereduksi plastisitas tanah, meningkatkan kekuatan dan daya tahan, menurunkan daya serap terhadap air dan pengembangan tanah. Stabilitas disini merupakan proses kimia karena adanya kation Ca, Mg, dan Na yang menyebabkan ikatan antar partikel-partikel *clay mineral* dimana akan membentuk butiran agregat yang lebih besar sehingga memberi pengaruh yang menguntungkan.

Penambahan sejumlah kapur terhadap tanah, umumnya akan menyebabkan perubahan sifat plastis tanah serta dapat meningkatkan kekuatan tanah. Terjadinya perubahan tersebut merupakan hasil dari :

1. Adanya perubahan lapisan air di sekeliling mineral lempung. Kekuatan antara dua mineral bergantung pada muatan, ukuran dan hidrasi dari ion-ion yang ditarik. Ion kalsium mempunyai dua valensi dan mengikat partikel tanah menjadi tertutup sesamanya. Hal demikian dapat menurunkan plastisitas dan mengakibatkan struktur granular menjadi lebih terbuka
2. Kapur dapat mengubah tanah menjadi gumpalan-gumpalan partikel. Banyaknya kapur yang digunakan biasanya berkisar antara 5 – 10%, menghasilkan konsentrasi ion kalsium lebih besar dari yang diperlukan
3. Reaksi kapur dengan komponen-komponen tanah akan membentuk bahan kimia baru. Dua komponen penting dari tanah yang bereaksi dengan kapur adalah Alumina dan Silica. Reaksi ini berlangsung dalam waktu dan menghasilkan kekuatan yang lebih besar bila campuran tanah dengan kapur dibiarkan dulu selama periode tertentu. Reaksi ini disebut *Pozzolanik* atau sementasi.

Dengan menambah kapur dengan jumlah yang tepat umumnya akan memberikan perubahan terhadap sifat-sifat teknis tanah lempung ke arah yang menguntungkan, selain itu dapat meningkatkan kadar PH dari air tanah dan menyebabkan peningkatan daya larut.

### III. METODE

Pelaksanaan penelitian dilakukan dengan melalui beberapa tahapan antara lain :

1. Studi literature tentang karakteristik tanah bekas Tempat pembuangan sampah, metode stabilisasi tanah, bahan stabilisasi tanah yang pernah diteliti.
2. Pekerjaan lapangan untuk pengambilan sampel tanah dan kapur. Adapun pengambilan contoh sampel tanah dilakukan di daerah Rawabuaya, Jakarta Barat.
3. Pekerjaan laboratorium untuk pemeriksaan terhadap sampel tanah dan yang didapat, dari pekerjaan laboratorium tersebut dapat diketahui keadaan sifat fisik dan mekaniknya, secara khusus dapat diperoleh informasi berupa besaran dari *Liquid Limit (LL)*, *Pastic Limit (PL)*, *Srinkage Limit (SL)*, dan *Specific Gravity, Direct Shear*.

4. Analisis data dari hasil pemeriksaan dan pengujian laboratorium. Hasil akhir akan diketahui nilai optimum dari campuran kapur untuk mendapatkan stabilitas tanah yang baik.

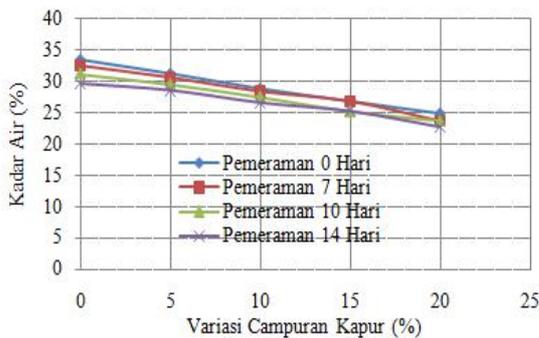
**IV. HASIL DAN DISKUSI**

Dari tabel 1 dan gambar 1 terlihat bahwa semakin tinggi kadar kapur akan semakin berkurang kadar air tanah. Hal ini disebabkan karena sebagian kadar air tanah yang terkandung dalam tanah akan bereaksi dengan bahan kapur yang ditambahkan. Reaksi ini merupakan ikatan antara kapur terhadap butiran tanah yang disebut dengan proses pozolanic atau sementasi sehingga semakin lama waktu pemeraman akan semakin sempurna reaksi tersebut dan sifat karakteristik tanah semakin baik.

Dari tabel 1 dan gambar 1 tersebut juga menunjukkan bahwa semakin lama umur pemeraman akan mengurangi kadar air dalam tanah hampir pada semua variasi prosentase campuran kapur.

Tabel 1. Nilai Kadar Air

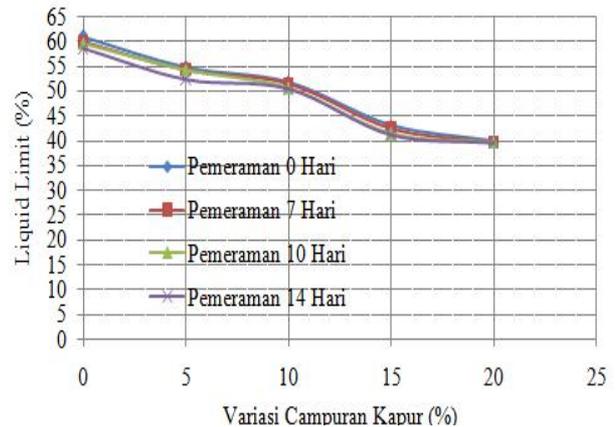
No.	Variasi Campuran	Nilai Kadar Air (%)			
		Pemeraman 0 Hari	Pemeraman 7 Hari	Pemeraman 10 Hari	Pemeraman 14 Hari
1	Tanah Asli + 0 % Kapur	33.3726	32.3927	31.1447	29.4848
2	Tanah Asli + 5 % Kapur	31.1649	30.5255	29.5039	28.4673
3	Tanah Asli + 10 % Kapur	28.7578	28.3033	27.4256	26.5367
4	Tanah Asli + 15 % Kapur	26.7304	26.7241	25.1082	25.2255
5	Tanah Asli + 20 % Kapur	24.7747	23.5806	23.5757	22.7558



Gambar 1. Grafik Hubungan Kadar Kapur terhadap Nilai Kadar Air

Tabel 2. Nilai Batas Cair

No.	Variasi Campuran	Liquid Limit (%)			
		Pemeraman 0 Hari	Pemeraman 7 Hari	Pemeraman 10 Hari	Pemeraman 14 Hari
1	Tanah Asli + 0 % Kapur	60.9135	59.7880	59.4070	58.4360
2	Tanah Asli + 5 % Kapur	54.7490	54.1345	54.1160	52.2085
3	Tanah Asli + 10 % Kapur	51.7170	51.3725	50.5285	50.3185
4	Tanah Asli + 15 % Kapur	42.9555	42.3440	41.3830	41.0745
5	Tanah Asli + 20 % Kapur	39.7380	39.5485	39.6110	39.4650

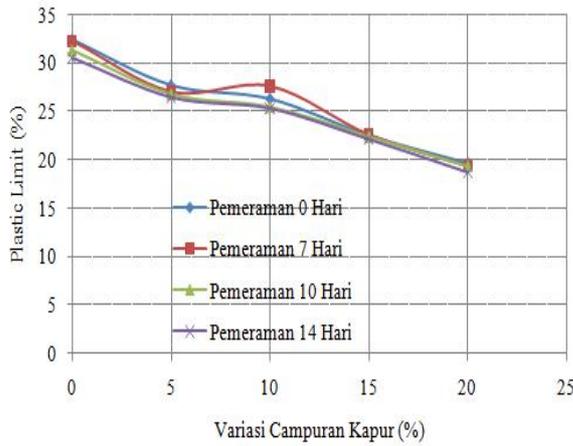


Gambar 2. Grafik Hubungan Kadar Kapur terhadap Nilai Batas Cair

Dari tabel 2 dan gambar 2 terlihat bahwa semakin tinggi prosentase campuran kapur akan semakin menurunkan nilai batas cairnya. Hal ini disebabkan oleh karena adanya ikatan antara butir kapur dengan butir tanah yang berakibat akan menurunkan batas cairnya. Perbedaan umur pemeraman tidak memberikan peran yang signifikan terhadap nilai perubahan batas cair tanah pada setiap variasi prosentase campuran kapur.

Tabel 3. Nilai Batas Plastis

No.	Variasi Campuran	Plastic Limit (%)			
		Pemeraman 0 Hari	Pemeraman 7 Hari	Pemeraman 10 Hari	Pemeraman 14 Hari
1	Tanah Asli + 0 % Kapur	32.4334	32.2364	31.3207	30.5843
2	Tanah Asli + 5 % Kapur	27.7490	27.0341	26.7950	26.5408
3	Tanah Asli + 10 % Kapur	26.3491	27.6065	25.4634	25.3919
4	Tanah Asli + 15 % Kapur	22.5854	22.5783	22.3937	22.2252
5	Tanah Asli + 20 % Kapur	19.7221	19.3183	19.3168	18.8129

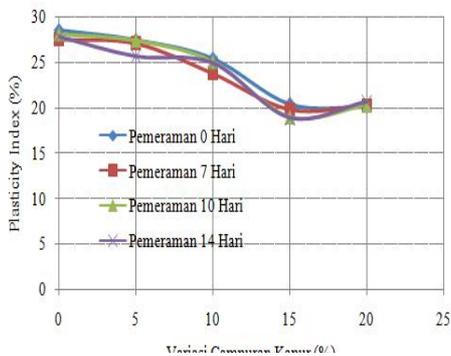


Gambar 3. Grafik Hubungan Kadar Kapur terhadap Nilai Batas Plastis

Dari tabel 3 dan gambar 3 terlihat bahwa semakin tinggi prosentase campuran kapur akan semakin menurunkan nilai batas plastisnya. Tren penurunan nilai batas plastis akan mengikuti dari tren penurunan nilai batas cairnya. Perbedaan umur pemeraman tidak memberikan peran yang signifikan terhadap nilai perubahan batas plastis tanah pada setiap variasi prosentase campuran kapur. Perilaku penurunan nilai kadar plastis hampir sama dengan perilaku penurunan nilai kadar cair.

Tabel 4. Nilai Indeks Platisitas

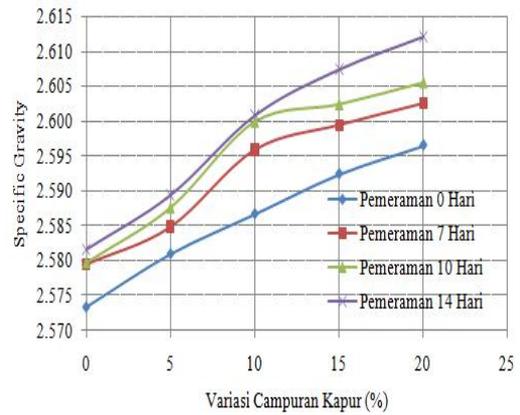
No.	Variasi Campuran	Plasticity Index (%)			
		Pemeraman 0 Hari	Pemeraman 7 Hari	Pemeraman 10 Hari	Pemeraman 14 Hari
1	Tanah Asli + 0 % Kapur	28.4801	27.5516	28.0863	27.8517
2	Tanah Asli + 5 % Kapur	27.4144	27.1031	27.3710	25.6677
3	Tanah Asli + 10 % Kapur	25.3679	23.7660	25.0651	24.9266
4	Tanah Asli + 15 % Kapur	20.3701	19.7657	18.9893	18.8493
5	Tanah Asli + 20 % Kapur	20.0159	20.2302	20.2942	20.6521



Gambar 4. Grafik Hubungan Kadar Kapur terhadap Nilai Indeks Platisitas

Tabel 5. Nilai Specific Gravity

No.	Variasi Campuran	Nilai Specific Gravity			
		Pemeraman 0 Hari	Pemeraman 7 Hari	Pemeraman 10 Hari	Pemeraman 14 Hari
1	Tanah Asli + 0 % Kapur	2.5734	2.5794	2.5797	2.5815
2	Tanah Asli + 5 % Kapur	2.5810	2.5848	2.5876	2.5893
3	Tanah Asli + 10 % Kapur	2.5867	2.5959	2.5999	2.6007
4	Tanah Asli + 15 % Kapur	2.5924	2.5995	2.6024	2.6073
5	Tanah Asli + 20 % Kapur	2.5965	2.6026	2.6055	2.6120

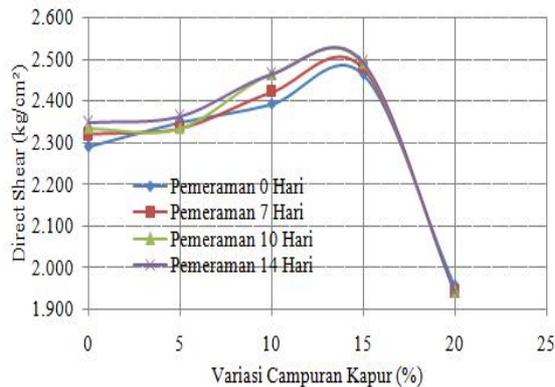


Gambar 5. Grafik Hubungan Kadar Kapur terhadap Nilai Specific Gravity

Dari Gambar 5 terlihat bahwa semakin tinggi kadar kapur akan semakin menaikkan nilai specific gravity-nya. Hal ini menunjukkan bahwa dengan penambahan kapur, disamping terjadi reaksi antar utiran kapur dan tanah, butiran kapur akan mengisi rongga-rongga butiran tanah sehingga berat satuan tanah akan semakin tinggi. Perilaku tersebut terjadi ada semua umur pemeraman. Dari gambar tersebut juga terlihat bahwa semakin lama umur pemeraman akan semakin menaikkan nilai specific gravity.

Tabel 6. Nilai Geser Langsung

No.	Variasi Campuran	Nilai Direct Shear Pada Beban Maksimal (kg/cm <sup>2</sup> )			
		Pemeraman 0 Hari	Pemeraman 7 Hari	Pemeraman 10 Hari	Pemeraman 14 Hari
1	Tanah Asli + 0 % Kapur	2.290	2.319	2.334	2.348
2	Tanah Asli + 5 % Kapur	2.348	2.334	2.334	2.363
3	Tanah Asli + 10 % Kapur	2.392	2.421	2.464	2.464
4	Tanah Asli + 15 % Kapur	2.464	2.479	2.490	2.493
5	Tanah Asli + 20 % Kapur	1.957	1.942	1.942	1.942



Gambar 6. Grafik Hubungan kadar Kapur terhadap Nilai Geser Langsung

Dari gambar 6 memperlihatkan bahwa semakin tinggi kadar kapur sampai dengan 15% akan menaikkan nilai kuat geser tanah. Namun untuk kadar 20% akan terjadi penurunan yang cukup signifikan. Hal tersebut dikarenakan bahwa penambahan kadar kapur samapi dengan 15% terjadi ikatan (reaksi) antar butiran tanah dan kapur sehingga akan menaikkan kuat gesernya. Namun jika kadar kapur ditambahkan terus maka kelebihan dari butiran kapur tidak akan bereaksi dengan tanah, justru akan mengurangi kekuatan gesek antar butiran tanah. Hal ini menunjukkan bahwa nilai optimum untuk kuat geser tanah berada pada nilai 15%.

## V. KESIMPULAN

Semakin tinggi kadar kapur akan menurunkan prosentase kadar air, nilai batas cair, nilai batas plastis, indek plastisitas. Semakin tinggi kadar kapur akan menaikkan nilai specific gravity. Nilai optimum untuk pengujian direct shear terjadi pada kadar kapur 15%. Sehingga untuk penambahan kapur yang optimum pada tanah bekas timbunan sampah yaitu berkisar 15%.

## REFERENSI

Amirah, 2012, *Pengaruh Timbunan Sampah di Lahan Terbuka terhadap Kualitas Air Tanah di Sekitar Tempat Penampungan Sampah Sementara Kelurahan Batu Ampar*, Skripsi Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Jakarta.

Gita Puspa, 2012, *Pengaruh Penambahan Sekam Padi Terhadap Stabilitas Tanah Lempung Ditinjau Dari Kuat Geser Langsung*, Jurnal

Forum Mekanika Volume 1 Nomor 1, STT-PLN, Jakarta.

Guritno .H, 1999, *Stabilisasi Tanah Berplastisitas Tinggi Dengan Bahan Kimia*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, FTSP-ITS, Surabaya.

Harnedi Maizur, 2006, *Penggunaan Abu Kapur (quick lime) Untuk Stabilisasi Tanah Lempung Pada Lapisan Perkerasan Jalan Raya*, Jurnal Sains dan Teknologi 5(1) hal.12-17, Sekolah Tinggi Teknologi Pekanbaru, Pekanbaru.

Harnedi Maizur, 2006, *Penggunaan Abu Kapur (quick lime) Untuk Stabilisasi Tanah Lempung Pada Lapisan Perkerasan Jalan Raya*, Jurnal Sains dan Teknologi 5(1) hal.12-17, Sekolah Tinggi Teknologi Pekanbaru, Pekanbaru.

Rajiyowiryono, H. dan Suyanto, 1998, *Sifat Keteknikan Tanah Bekas TPA Sampah (Studi Kasus Bekas TPA Sampah di Kodya Surakarta)*, Buletin Geologi Tata Lingkungan, ISSN 1410/1696, Direktorat Geologi Tata Lingkungan, Departemen Pertambangan dan Energi, Bandung.

Tri Sulistyowati, 2006, *Pengaruh Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif Dengan Fly Ash Terhadap Nilai Daya Dukung CBR*, Jurnal Volume 2 Nomor 1, Universitas Mataram, Mataram.

Titus Hari, 2010, *Pemakaian Kapur Gypsum Limbah PT. Petrokimia Gresik Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Lempung Lunak Untuk Tanah Dasar*, Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh November.