

PENGARUH PENAMBAHAN KAPUR TERHADAP NILAI PLASTISITAS TANAH LEMPUNG DI KABUPATEN FAKFAK PROVINSI PAPUA BARAT

Muhammad Yunus, Irwan Rauf

Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Fakfak
Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Fakfak
Jl. TPA Imam Bonjol Atas Air Merah, Kelurahan Wagom Kabupaten Fakfak
Phone : +628114212748, e-mail : muhammadyunus@polinef.id

Abstrak : Stabilisasi tanah dengan menggunakan kapur merupakan salah satu metode stabilisasi tanah kimiawi yang paling populer dan paling banyak digunakan di Indonesia, hal ini disebabkan material kapur yang tidak susah diperoleh dan harganya relatif murah. Kondisi jalan di daerah Kabupaten Fakfak banyak mengalami kerusakan, hal ini berkaitan dengan kondisi tanah dasar (subgrade) jalan yang berupa lapisan tanah lempung. Salah satu jenis tanah lempung yang tidak memenuhi syarat adalah tanah lempung yang memiliki nilai plastisitas yang tinggi, karena memiliki potensi pengembangan yang besar dan daya dukung yang rendah. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan nilai plastisitas tanah lempung di Kabupaten Fakfak yang telah ditambahkan dengan kapur dengan persentase kapur sebesar 4%, 8% dan 12%. Hasil pengujian menunjukkan tanah lempung di Kabupaten Fakfak yang telah ditambahkan dengan campuran kapur sebesar 4% diperoleh nilai batas cair (LL) = 13.45%, batas plastis (PL) = 11.88% dan nilai Indeks Plastisitas (PI) = 0.17%. Untuk campuran kapur sebesar 8% diperoleh nilai batas cair (LL) = 23.76%, batas plastis (PL) = 19.85% dan nilai Indeks Plastisitas (PI) = 3.91%. Sedangkan campuran kapur sebesar 12% diperoleh nilai batas cair (LL) = 25.16%, batas plastis (PL) = 16.20% dan nilai Indeks Plastisitas (PI) = 9.28%.

Kata kunci : stabilisasi tanah, plastisitas tanah, kapur

EFFECT OF ADDITIONAL LIME TO THE VALUE OF PLASTICITY OF CLAY IN FAKFAK REGENCY WEST PAPUA PROVINCE

Abstract: Soil stabilization using lime is one of the most popular and most widely used chemical stabilization methods in Indonesian, this is due to lime material that is not difficult to obtain and the price is relatively cheap. The condition of the road in Fakfak Regency has been damaged a lot, it is related to the condition of the subgrade in the form of clay soil layer. One type of clay that is not eligible is clay soil that has a high plasticity value, because it has swelling potential and low bearing capacity. This research aims to determine the value of plasticity of clay in Fakfak Regency which has been added with lime percentage of 4%, 8% and 12%. The result of the test showed clay soil in Fakfak Regency which has been added with lime mixture of 4% obtained liquid limit value (LL) = 13.45%, plastic limit (PL) = 11.88% and Plasticity Index (PI) = 0.17%. For a lime mixture of 8% obtained liquid limit value (LL) = 23.76%, plastic limit (PL) = 19.85% and Plasticity Index value (PI) = 3.91%. While the lime mixture of 12% obtained liquid limit value (LL) = 25.16%, plastic limit (PL) = 16.20% and Plasticity Index value (PI) = 9.28%.

Keywords: soil stabilization, soil plasticity, lime

I. PENDAHULUAN

Tanah merupakan material konstruksi yang paling tua dan juga sebagai material dasar yang sangat penting karena merupakan tempat di mana akan didirikan struktur, misalnya pondasi bangunan, jalan raya, bendungan, tanggul dan lain-lain. Kerusakan yang biasa terjadi pada suatu struktur, seperti terangkat atau turunnya suatu fondasi, retak pada dinding bangunan dan bergelombangnya permukaan jalan disebabkan oleh permasalahan pada tanah yang ada di bawah struktur tersebut.

Tanah sebagai dasar perletakan suatu struktur harus mempunyai sifat dan daya dukung yang baik, karena kekuatan suatu struktur secara langsung akan dipengaruhi oleh kemampuan tanah dasar dalam menerima dan meneruskan beban yang bekerja. Tidak semua tanah di alam ini mempunyai sifat dan daya dukung yang baik. Beberapa lokasi sering dijumpai tanah yang jelek yaitu tanah yang tidak mempunyai sifat dan daya dukung yang baik.

Tanah yang akan dipergunakan dalam pekerjaan Teknik Sipil memiliki beberapa kriteria, diantaranya haruslah mempunyai nilai Indeks Plastisitas (PI) < 17%, karena tanah yang mempunyai nilai Indeks Plastisitas > 17% dapat mempengaruhi masalah teknis, sifat tanah ini mudah menyerap air dan menyebabkan kembang susut yang besar. Tanah dengan nilai PI > 17% dikategorikan sebagai tanah lempung (Hardiyatmo, 1992). Lempung merupakan jenis tanah berbutir halus yang sangat dipengaruhi oleh kadar air dan mempunyai sifat yang cukup rumit.

Salah satu upaya untuk mendapatkan sifat tanah yang memenuhi syarat-syarat teknis tertentu adalah dengan metode stabilisasi tanah. Metode stabilisasi tanah dapat dibagi menjadi 2 (dua) klasifikasi utama yaitu berdasarkan sifat teknisnya dan berdasarkan tujuannya. Dari sifat teknisnya, stabilisasi dapat dibagi menjadi 3 (tiga) jenis yaitu, stabilisasi mekanis, stabilisasi fisik, dan stabilisasi kimiawi. Stabilisasi tanah lempung yang murah dan efektif adalah dengan menambahkan bahan kimia tertentu, dengan penambahan bahan kimia dapat mengikat mineral lempung menjadi padat, sehingga mengurangi sifat kembang susut tanah lempung.

Kapur merupakan salah satu material untuk pembangunan yang telah banyak dipakai oleh manusia. Sejak lama campuran lempung-kapur telah banyak dipakai sebagai bahan bangunan. Di Amerika sejak tahun 1920-an stabilisasi tanah dengan kapur telah dipakai untuk membangun jalan tanpa perkerasan, yaitu untuk mencegah terjadinya alur-alur dan disintegrasi permukaan jalan.

Kapur adalah kalsium oksida (CaO) yang dibuat dari batuan karbonat yang dipanaskan pada suhu sangat tinggi. Kapur tersebut umumnya berasal dari batu kapur (*limestone*) atau dolomite. Penambahan kapur dalam tanah merubah tekstur tanah. Tanah lempung berubah menjadi berkelakuan mendekati lanau atau pasir, akibat penggumpalan partikel. Pencampuran tanah dengan kapur

memperlihatkan pengurangan secara signifikan partikel berukuran lempung (<0.002 mm) dibandingkan dengan lempung aslinya.

Kapur berasal dari batu kapur alami, dan tipe kapur tertentu yang terbentuk, bergantung pada material induk dan proses produksinya. Batu kapur terbentuk dari kalsium, karbon dan oksigen sedang dolomite mengandung zat kimia yang sama ditambah magnesium.

SNI 03-4147-1996 membagi tipe kapur menjadi 4 (empat) macam:

- Kapur tipe I, yaitu kapur yang mengandung kalsium hidrat tinggi; dengan kadar magnesium oksida (MgO) paling tinggi 4%.
- Kapur tipe II, yaitu kapur magnesium atau dolomite yang mengandung magnesium oksida lebih dari 4% dan maksimum 36% berat.
- Kapur tohor (CaO), yaitu hasil pembakaran batu kapur pada suhu $\pm 900^\circ \text{F}$, dengan komposisi sebagian besar kalsium karbonat (CaCO_3).
- Kapur padam, yaitu kapur dari hasil pemadaman kapur tohor dengan air, sehingga terbentuk hidrat Ca(OH)_2 .

Di daerah Kabupaten Fakfak banyak dijumpai kondisi jalan yang mengalami kerusakan sebelum waktunya. Kerusakan jalan yang banyak ditemukan berupa terjadinya penurunan yang tidak seragam (*differential settlement*), permukaan jalan yang mengalami retak-retak dan terjadi kelongsoran pada bahu jalan. Hal ini disebabkan dalam perencanaan kurang memperhatikan kondisi tanah dasar (*subgrade*) yang berupa tanah lempung. Berkaitan dengan hal di atas, maka sangat diperlukan suatu metode untuk memperbaiki kondisi tanah dasar (*subgrade*) jalan tersebut. Salah satu metode yang dapat dilakukan adalah dengan menambahkan material kapur (*lime*).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan karakteristik tanah lempung asli di daerah Kabupaten Fakfak dan untuk menentukan nilai plastisitas tanah lempung yang telah ditambahkan dengan kapur dengan persentase kapur sebesar 4%, 8% dan 12%.

II. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Rancangan Penelitian

Pengumpulan data primer untuk penelitian ini berupa hasil pengujian karakteristik tanah lempung di daerah Kabupaten Fakfak. Pengujian ini terdiri dari pengujian kadar air, berat volume, berat jenis, batas-batas Atterberg, gradasi ukuran butir tanah dan klasifikasi tanah. Setelah dilaksanakan pengujian karakteristik tanah dilanjutkan dengan pencampuran tanah lempung dengan kapur dengan persentase kapur sebesar 4%, 8% dan 12%. Jenis kapur yang digunakan sebagai bahan stabilisasi pada penelitian ini adalah jenis kapur padam Ca(OH)_2 . Campuran antara tanah lempung dengan kapur tadi kemudian diperam selama kurang lebih 7 (tujuh) hari. Tahap selanjutnya adalah pengujian batas-batas Atterberg campuran antara

tanah lempung dan kapur dilaksanakan setelah masa pemeraman selesai. Data hasil pengujian tadi dianalisis dan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik.

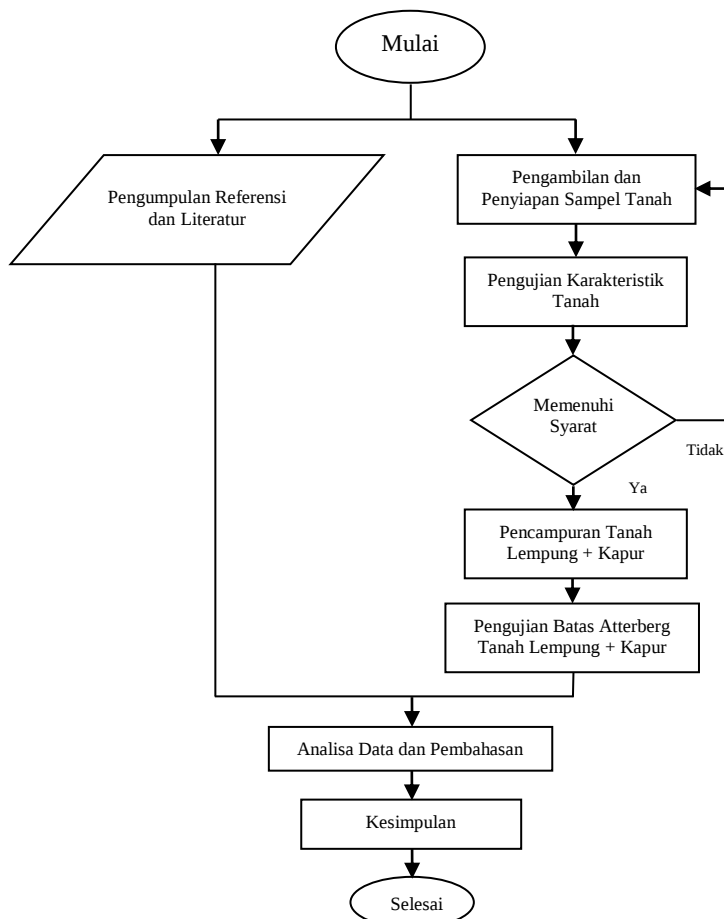
Tabel 1. Rancangan sampel penelitian

No.	Persentase Kapur (%)	Berat Tanah Lempung (gram)	Berat Kapur (gram)	Berat Tanah + Kapur (gram)
1	4%	720.00	30.00	750.00
2	8%	690.00	60.00	750.00
3	12%	660.00	90.00	750.00
	Σ	2070.00	180.00	2250.00

2.2. Pengumpulan Data

a. Pengumpulan Data Primer

Pengumpulan data primer hasil pengujian karakteristik tanah lempung di daerah Kabupaten Fakfak, meliputi pengujian kadar air, berat volume, berat jenis, batas-batas Atterberg, gradasi ukuran butir tanah dan klasifikasi tanah. Selanjutnya adalah pengumpulan data hasil pengujian batas-batas Atterberg campuran tanah lempung dan kapur. Bagar alir penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1



Gambar 1. Bagan alir penelitian

b. Pengumpulan Data Sekunder

Pengumpulan data sekunder dilaksanakan bersamaan dengan waktu persiapan dan studi literatur

pustaka. Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Peraturan SNI 1967-2008 tentang Cara Uji Penentuan Batas Cair Tanah
2. Peraturan SNI 3422-2008 tentang Cara Uji Penentuan Batas Susut Tanah
3. Peraturan SNI 03-1966-1990 tentang Metode Pengujian Batas Plastis Tanah
4. Peraturan SNI 1964-2008 tentang Cara Uji Berat Jenis Tanah
5. Peraturan SNI 3423-2008 tentang Cara Uji Analisis Ukuran Butir Tanah
6. Ariyani, Ninik, Ana Yuni M., *Pengaruh Penambahan Kapur pada Tanah Lempung Ekspansif dari Dusun Bodrorejo Klaten*, Jurusan Teknik Sipil UKRIM, Yogyakarta.2011

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengujian Karakteristik Tanah

Dari hasil pengujian karakteristik tanah lempung asli di Kabupaten Fakfak diperoleh data-data pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian tanah lempung asli

No.	Jenis Pengujian	Satuan	Hasil Pengujian
1.	Kadar Air (w)	%	51.10
2.	Berat Isi (γ)	gr/cm ³	1.87
3.	Berat Jenis (Gs)	-	2.24
4.	Batas Atterberg		
	Batas Cair (LL)	%	53.66
	Batas Plastis	%	27.56
	Indeks Plastisitas	%	26.10
5.	Gradasi Butiran		
	Tanah Berbutir Kasar	%	49.77
	Tanah Berbutir Halus	%	50.23
6.	Klasifikasi Tanah		
	Metode AASHTO	-	A-7-6
	Metode Unified	-	CH

a. Batas Cair (Liquid Limit, LL)

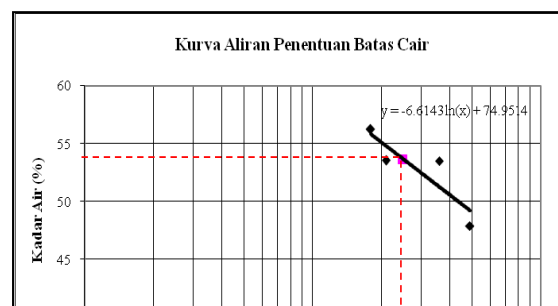
Dari grafik hubungan antara jumlah ketukan dan kadar air diperoleh nilai Batas Cair (LL) = 53.66%. Grafik hasil pengujian batas cair tanah dapat dilihat pada Gambar 2.

b. Batas Plastis (Plastic Limit, PL)

Dari hasil pengujian batas plastis di peroleh nilai Batas Plastis (PL) = 27.56%

c. Indeks Plastisitas (Plasticity Indeks, PI)

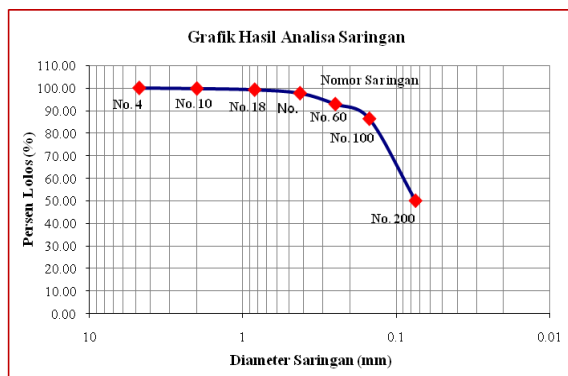
Indeks Plastisitas (PI) diperoleh dari selisih antara nilai batas cair dan nilai batas plastis, rumus $PI = LL - PL$. Diperoleh nilai Indeks Plastisitas (PI) = 26.10%.



Gambar 2. Grafik hasil pengujian batas cair tanah lempung asli

d. Analisa Gradasi Butiran

Dari hasil pengujian gradasi yang dilakukan dengan analisis saringan diperoleh hasil tanah tersebut lebih dari 50% lolos saringan No. 200 yaitu 50.23%. Tanah tersebut merupakan tanah berbutir halus. Hal ini menunjukkan persentase butiran halus cukup dominan. Menurut AASHTO tanah ini termasuk dalam tipe A-7-5, jenis tanah berlempung di mana indeks plastisitasnya > 11 . Peninjauan klasifikasi tanah yang mempunyai ukuran butir lebih kecil dari 0.075 mm. tidak didasarkan secara langsung pada gradasinya sehingga penentuan klasifikasinya lebih didasarkan pada batas-batas Atterberg. Grafik hasil pengujian analisa saringan dapat dilihat pada Gambar 3.

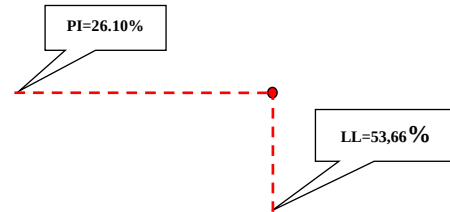
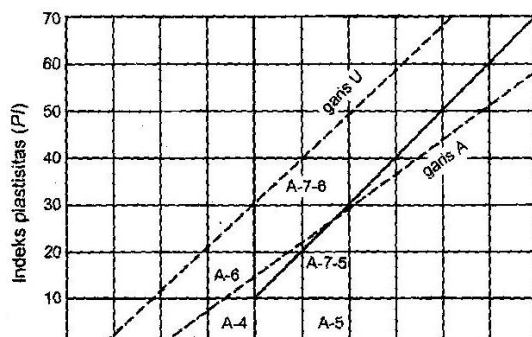


Gambar 3. Grafik hasil pengujian analisa saringan

e. Klasifikasi Tanah

1. Metode AASHTO

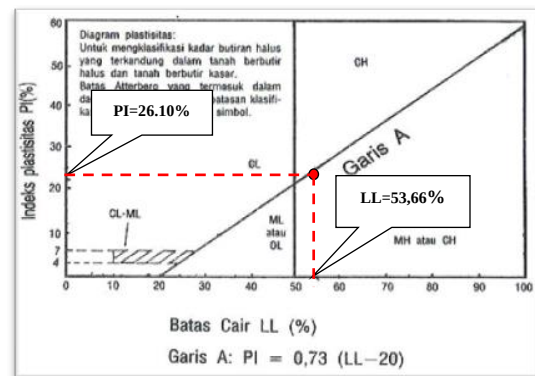
Berdasarkan analisis persentase bagian tanah yang lolos saringan No. 200 diperoleh hasil tanah tersebut lebih dari 50% ($> 35\%$) sehingga tanah diklasifikasikan dalam kelompok tanah berlempung (A-4, A-5, A-6, A-7). Berdasarkan batas cair (LL) = 53.66% dan Indeks Plastisitas (PI) = 26.10%, maka tanah tersebut termasuk ke dalam A-7-6. Tanah yang termasuk kategori A-7-6 termasuk ke dalam klasifikasi tanah berlempung dengan plastisitas tinggi dimana nilai Indeks Plastisitas (PI) > 11 .



Gambar 4. Batas-batas Atterberg untuk subkelompok A-4, A-5, A-6, A-7

2. Metode Unified

Dari hasil analisis saringan diperoleh tanah lolos lebih dari 50% sehingga tanah masuk ke dalam klasifikasi tanah berbutir halus. Nilai Batas Cair (LL) = 53.66% dan Indeks Plastisitas (PI) = 26.10%, maka tanah tergolong ke dalam klasifikasi CH (lempung dengan plastisitas tinggi).



Gambar 5. Klasifikasi tanah sistem Unified

3.2. Hasil Pengujian Campuran Tanah + Kapur

Hasil pengujian plastisitas tanah lempung yang telah distabilisasi dengan kapur dapat dilihat pada Tabel 3.

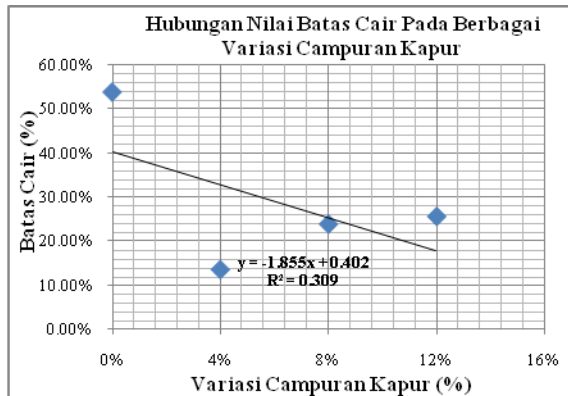
Tabel 3. Hasil pengujian campuran tanah lempung + kapur

No.	Uraian	Persentase Kapur		
		4%	8%	12%
1.	Uji Batas Cair	13.45%	23.76%	25.16%
2.	Uji Batas Plastis	11.88%	19.85%	16.20%
3.	Indeks Plastisitas	0.17%	3.91%	9.28%

a. Batas Cair (Liquid Limit, LL)

Dari hasil pengujian batas cair campuran tanah lempung dan kapur terlihat adanya penurunan nilai batas plastis dibandingkan dengan tanah lempung asli. Untuk campuran tanah lempung dengan persentase kapur sebanyak 4% diperoleh nilai batas plastis sebesar 13.45%. Campuran tanah lempung dengan persentase kapur sebanyak 8% diperoleh nilai batas plastis sebesar 23.76% dan campuran campuran tanah lempung dengan persentase kapur sebanyak 12% diperoleh nilai batas plastis sebesar 25.49%. Grafik

hubungan antara nilai batas plastis dan persentase campuran kapur dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik hubungan antara nilai batas cair dengan variasi campuran kapur 0%, 4%, 8% dan 12%

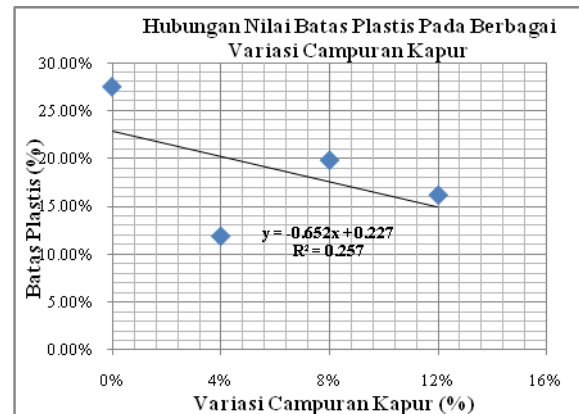
Dari grafik pada Gambar 6 terlihat penurunan nilai batas cair pada campuran tanah lempung dan kapur. Untuk persentase kapur sebanyak 4% terjadi penurunan sebesar 40.21% dengan persentase penurunan sebesar 74.93%. Untuk persentase kapur sebesar 8% terjadi penurunan sebesar 29.90% dengan persentase penurunan 55.72%. Sedangkan untuk persentase kapur sebanyak 12% terjadi penurunan 28.50% dengan persentase penurunan sebesar 53.11%. Jadi, dapat disimpulkan bahwa penurunan nilai batas cair paling besar terjadi pada campuran antara tanah lempung dengan kapur dengan persentase kapur sebanyak 4% dimana terjadi persentase penurunan nilai batas cair sebesar 74.93%

b. Batas Plastis (*Plasticity Limit, LL*)

Dari hasil pengujian batas plastis campuran tanah lempung dan kapur terlihat adanya penurunan nilai batas plastis dibandingkan dengan tanah lempung asli. Untuk campuran tanah lempung dengan persentase kapur sebanyak 4% diperoleh nilai batas plastis sebesar 11.88%. campuran tanah lempung dengan persentase kapur sebanyak 8% diperoleh nilai batas plastis sebesar 19.85% dan campuran campuran tanah lempung dengan persentase kapur sebanyak 12% diperoleh nilai batas plastis sebesar 16.20%. Grafik hubungan antara nilai batas plastis dan persentase campuran kapur dapat dilihat pada Gambar 7.

Dari grafik pada Gambar 7 terlihat penurunan nilai batas plastis pada campuran tanah lempung dan kapur. Untuk persentase kapur sebanyak 4% terjadi penurunan sebesar 15.68% dengan persentase penurunan sebesar 56.89%. Untuk persentase kapur sebesar 8% terjadi penurunan sebesar 7.71% dengan persentase penurunan 27.98%. Sedangkan untuk persentase kapur sebanyak 12% terjadi penurunan 11.36% dengan persentase penurunan sebesar 41.22%. Jadi dapat disimpulkan bahwa penurunan nilai batas plastis paling besar terjadi pada campuran antara tanah lempung dengan kapur dengan persentase kapur

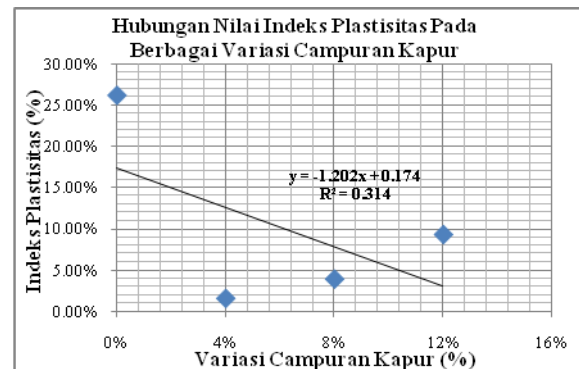
sebanyak 4% di mana terjadi persentase penurunan nilai batas plastis sebesar 56.89%.



Gambar 7. Grafik hubungan antara nilai batas plastis dengan variasi campuran kapur 0%, 4%, 8% dan 12%

c. Indeks Plastisitas (*Plasticity Indeks, PI*)

Dari hasil pengujian batas cair dan batas plastis campuran tanah lempung dan kapur diperoleh nilai Indeks Plastisitas (PI). Untuk campuran tanah lempung dengan persentase kapur sebanyak 4% diperoleh nilai indeks plastisitas sebesar 1.57%. Campuran tanah lempung dengan persentase kapur sebanyak 8% diperoleh nilai indeks plastisitas sebesar 3.91% dan campuran campuran tanah lempung dengan persentase kapur sebanyak 12% diperoleh nilai batas plastis sebesar 9.29%. Grafik hubungan antara nilai indeks plastisitas dan persentase campuran kapur dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik hubungan antara nilai indeks plastisitas dengan variasi campuran kapur 0%, 4%, 8% dan 12%

Dari grafik pada Gambar 8 terlihat penurunan yang sangat signifikan nilai indeks plastisitas pada campuran tanah lempung dan kapur. Untuk persentase kapur sebanyak 4% terjadi penurunan nilai indeks plastisitas sebesar 24.53% dengan persentase penurunan 93.98%. Untuk persentase kapur sebesar 8% terjadi penurunan nilai indeks plastisitas sebesar 22.19% dengan persentase penurunan 85.02%. Sedangkan untuk persentase kapur sebanyak 12% terjadi penurunan indeks plastisitas sebesar 16.81%

dengan persentase penurunan 64.41%. Jadi dapat disimpulkan bahwa penurunan nilai indeks plastisitas paling besar terjadi pada campuran antara tanah lempung dengan kapur dengan persentase kapur sebanyak 4% dimana terjadi persentase penurunan nilai batas plastis sebesar 93.98%. Hal ini disebabkan pada variasi campuran kapur sebesar 4%, reaksi pozzolanik tanah-kapur maksimal terjadi dalam bentuk variasi bahan sehingga menambah kekuatan dan keawetan campuran tanah lempung dan kapur.

Berdasarkan dari penelitian yang telah dilaksanakan sebelumnya dijelaskan bahwa dari pencampuran tanah lempung dan kapur dapat menurunkan nilai plasitisitas tanah lempung secara signifikan seperti yang telah dilaksanakan (Ariyani, Ninik, Ana Yuni M., 2011, *Pengaruh Penambahan Kapur pada Tanah Lempung Ekspansif dari Dusun Bodrorejo Klaten*)

IV. SIMPULAN DAN SARAN

4.1. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data yang telah dilaksanakan, dapat diambil simpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil pengujian karakteristik tanah lempung di laboratorium, jenis tanah lempung yang digunakan adalah jenis tanah lempung organik dengan plastisitas tinggi dengan kadar air sebesar 51.10%, berat jenis 2.24, batas cair (LL) = 53.66%, batas plastis (PL) = 27.56% dan nilai Indeks Plastisitas (PI) = 26.10%.
2. Dari hasil penambahan kapur dan tanah lempung dengan variasi campuran kapur sebesar 4% diperoleh nilai batas cair (LL) = 13.45%, batas plastis (PL) = 11.88% dan nilai Indeks Plastisitas (PI) = 0.17%. Untuk campuran kapur sebesar 8% diperoleh nilai batas cair (LL) = 23.76%, batas plastis (PL) = 19.85% dan nilai Indeks Plastisitas (PI) = 3.91%. Sedangkan campuran kapur sebesar 12% diperoleh nilai batas cair (LL) = 25.16%, batas plastis (PL) = 16.20% dan nilai Indeks Plastisitas (PI) = 9.28%.

4.2. Saran

Beberapa saran yang penulis dapat sampaikan dalam penelitian ini, antara lain:

1. Perlu diadakan penelitian lebih lanjut dengan menambah parameter tanah yang diteliti seperti nilai kuat tekan bebas tanah (q_u), kuat geser tanah dan pemadatan tanah yang telah dicampur dengan kapur.
2. Perlu dilakukan lagi penelitian yang sama tapi dengan mengganti bahan tambah yang digunakan seperti material abu batu (*flyash*), aspal ataupun bahan-bahan yang tersedia di alam ini yang mempunyai ketersediaan yang cukup banyak.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ariyani, Ninik, Ana Yuni M., (2011), *Pengaruh Penambahan Kapur pada Tanah Lempung Ekspansif dari Dusun Bodrorejo Klaten*, Jurusan Teknik Sipil UKRIM, Yogyakarta
- [2] Das, Braja M., (1995), *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 1 dan 2*, (Alih bahasa Noor Endah Mochtar, Indrasurya B. Mochtar), Erlangga, Surabaya
- [3] Hardiyatmo, H.C., (2010), *Mekanika Tanah 1 dan 2*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta
- [4] Hardiyatmo, H.C., (2010), *Stabilisasi Tanah untuk Perkerasan Jalan*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta
- [6] SNI 1964-2008, (2008), *Cara Uji Berat Jenis Tanah*, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta
- [7] SNI 1967-2008, (2008), *Cara Uji Penentuan Batas Cair Tanah*, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta
- [8] SNI 03-1966-1990, (1990), *Metode Pengujian Batas Plastis Tanah*, Puslitbang Pekerjaan Umum, Jakarta
- [9] SNI 03-3437, (1994), *Tata Cara Pembuatan Rencana Stabilisasi Tanah dengan Kapur untuk Jalan*, Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Bina Marga
- [10] SNI 3423-2008, (2008), *Cara Uji Analisis Ukuran Butir Tanah*, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta