

Efektivitas Injeksi Larutan Kapur untuk Menurunkan Plastisitas Tanah Lempung sebagai Upaya Mengatasi Kerusakan Jalan Raya

Effectiveness Limes Solution Injection to reduce Clay Plasticity as Effort of Highway Damage Recovery

Sumiyanto^{#1}, Arwan Apriyono^{#2}

masumiyanto@yahoo.com

arwan_civil00@yahoo.co.id

[#]Prodi Teknik Sipil Jurusan Teknik Fakultas Sains dan Teknik Universitas Jenderal Soedirman

Abstract— Highway built on high plasticity clay will be easily damaged by ground shrinkage flower essence. Stabilization of clay by mixing lime is a repairment method that has been proven quite effective. However, this method is difficult to be applied in existing road because demolition must be done. Stabilization of clay using lime solution injection is the method proposed to overcome the problems of expansive clay under the existing highway, therefore demolition is not required. This study was conducted to obtain effective parameters influencing the distance lime solution injection sites and time required for complete stabilization process. This research was conducted in labotarorium by injection experiments. Test results shows indications of soil plasticity decrease, especially the value of plasticity index (PI) and liquid limit (LL). PI decreases from 24.74% to 19.5% and LL decrease from 52.32% to 45%. Based on data analysis it appears that the time required for complete lime solution injection (effective time) has not been obtained in this test. Based on test data, until the day 28 value of soil plasticity index is still low. In this study obtained effective distance influencing the injection solution of lime is 100 cm. The distance is still need to be enlarged by increasing the high pressure.

Keyword— Limes Solution, Injection, Clay Plasticity, Highway Damage

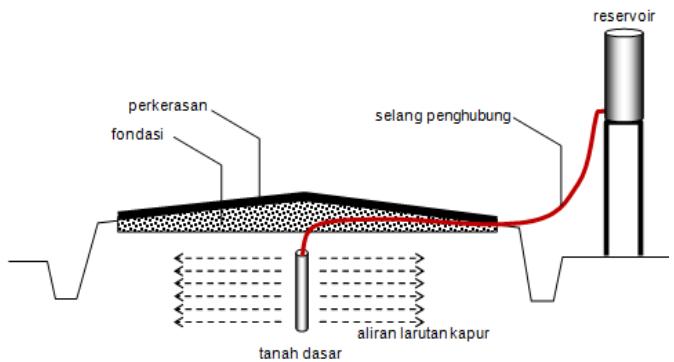
PENDAHULUAN

Sebagian besar kerusakan jalan raya di Indonesia khususnya di Pulau Jawa disebabkan oleh kembang susut tanah dasarnya yang berupa lempung dengan plastisitas tinggi (Suherman, 2003). Pada musim hujan tanah lempung menjadi lunak sedangkan pada musim kemarau tanahnya susut (Supriyono, 1995). Sifat kembang susut inilah yang akan menyebabkan perkerasan jalan cepat rusak. Upaya stabilisasi pada tanah lempung sudah banyak dilakukan dengan mencampurkan stabilisator seperti kapur, semen, kombinasi semen dan abu terbang, GEOSTA, aspal dan lain-lain (Hatmoko & Lulie, 2007). Metode ini memiliki kelemahan ketika digunakan untuk stabilisasi tanah pada jalan raya yang sudah ada (existing), karena harus membongkar kembali jalan raya tersebut.

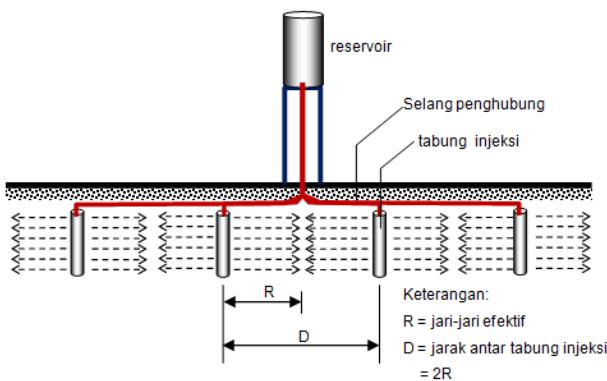
Metode alternatif untuk mengatasi masalah tersebut pernah dikembangkan dengan menggunakan metode kolom kapur (Apriyono & Sumiyanto, 2008), namun hanya efektif pada radius 40 cm karena kapur yang berbentuk bubuk sulit untuk menyebar. Selanjutnya (Pratama, 2010) telah melakukan modifikasi stabilisasi dengan mencampurkan larutan kapur dengan tanah lempung dan memberikan hasil cukup baik.

Pengembangan metode injeksi larutan kapur pada tanah dasar jalan raya merupakan modifikasi dari metode kolom kapur (Apriyono & Sumiyanto, 2008)

dengan bahan stabilisasi dalam bentuk larutan kapur. Penggunaan bahan stabilisasi yang berbentuk larutan diharapkan akan meningkatkan jarak (radius) efektifnya, sehingga kelemahan kolom kapur dapat diatasi. Metode ini akan mengatasi kesulitan pada jalan raya yang sudah ada (existing), karena tidak memerlukan pembongkaran. Gambaran aplikasi dilapangan nantinya ditunjukkan dalam Gambar 1 dan Gambar 2. Injeksi larutan kapur di lapangan dilakukan dengan memasang tabung-tabung injeksi dengan jarak D. Tabung-tabung injeksi tersebut dihubungkan dengan reservoir yang berisi larutan kapur. Akibat tekanan larutan kapur akan mengalir melalui pori-pori tanah ke sekitar tabung injeksi, sehingga tanah lempung akan mengalami proses stabilisasi



Gambar 1 Skema injeksi larutan kapur pada potongan melintang jalan.



Gambar 2 Skema injeksi larutan kapur pada potongan memanjang jalan.

Selain dari sisi teknis, kapur merupakan material yang cukup melimpah, hal ini dapat di lihat dari banyaknya pegunungan kapur di Indonesia. Sebagai contoh untuk Kabupaten Banyumas saja potensinya lebih dari 483 juta ton (Anonim, 2009). Berdasarkan kondisi ini maka kapur menjadi sangat berpotensi untuk dikembangkan menjadi bahan stabilisasi tanah lempung di Indonesia.

Untuk keperluan aplikasi masih diperlukan parameter jarak antar lubang dan waktu injeksi yang dibutuhkan. Berkaitan dengan hal tersebut penelitian bertujuan untuk menentukan:

- 1) Jari-jari efektif pengaruh injeksi larutan kapur terhadap proses stabilisasi.
- 2) Waktu efektif yang diperlukan untuk proses stabilisasi dengan injeksi larutan kapur.

Mineral-mineral lempung merupakan silikat berlapis yang tersusun dari lapisan tetrahedron SiO_4 . Menurut (Chen, 1975), mineral lempung terdiri dari tiga komponen penting yaitu montmorillonite, illite dan kaolinite. Lempung yang memiliki kadar montmorilinite tinggi sering menimbulkan masalah dalam geologi teknik (Verhoef, 1989).

Tanah lempung ekspansif memiliki kecenderungan mengalami proses kembang susut, jika memiliki nilai indeks plastisitas (PI) yang tinggi $>20\%$ (Das, 1993). Identifikasi awal untuk menyelidiki potensi mengembang tanah, bisa dilakukan dengan 2 tahap yaitu : pengamatan retakan dan pengembangan secara visual dilapangan dan pengujian batas konsistensi tanah di laboratorium. Jika tanah ekspansif memiliki nilai batas cair $> 40\%$ dan nilai indek plastisitas $> 20\%$ perlu dilakukan penyelidikan lebih lanjut.(Sutrisno, 2001). Metode yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi tanah lempung ekspansif ada dua cara yaitu defraksi sinar X dan metode indek tunggal (Bowles, 1984). Metode indek tunggal dapat dilakukan dengan uji batas atterberg, uji susut linier, uji pengembangan bebas, dan uji tekanan pengembangan. Uji pengembangan bebas

dikembangkan oleh Vijayvergiya pada tahun 1973, menggunakan alat konsolidasi (Coduto, 1994).

Salah satu metode untuk mengatasi permasalahan kembang susut tanah lempung adalah mencampurkan kapur. Metode stabilisasi ini dikembangkan dengan didasarkan pada tiga mekanisme (Ingles & Metcalf, 1974):

- 1) Pengikatan mineral lempung akibat terjadinya pertukaran ion dari tanah Na^+ dan H^+ dengan ion Ca^{++} dari kapur.
- 2) Reaksi pozolan antara kalsium dari kapur dengan SiO_2 , Al_2O_3 dan FeO_3 dari tanah.
- 3) Reaksi karbonasi.

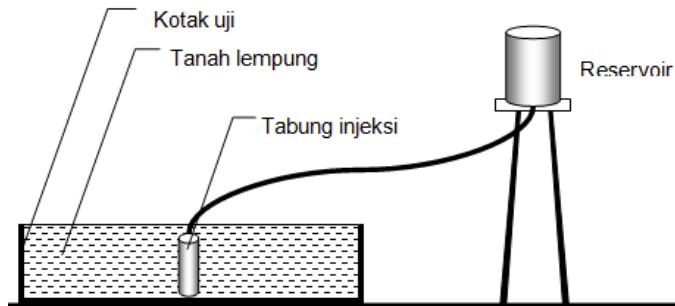
Pada metode pencampuran langsung tanah dengan kapur, stabilisasi terjadi akibat mekanisme pertama dan kedua, sedangkan mekanisme ketiga kontribusinya tidak besar sehingga sering diabaikan. Pada stabilisasi dengan larutan kapur, reaksi yang terjadi diharapkan oleh mekanisme pertama yaitu pertukaran ion. Kapur dalam bentuk larutan akan lebih mudah dalam reaksi pertukaran ion dari pada pertukaran kering.

Stabilisasi dengan mencampurkan kapur pada tanah lempung telah banyak diteliti dan salah satunya oleh (Fathani & Adi, 1999) terbukti dapat memperbaiki sifat-sifat tanah lempung. Penelitian yang dilakukan oleh (Hutmoko & Lulie, 2007), menunjukkan bahwa penambahan kapur pada tanah ekspansif menurunkan tekanan dan potensi pengembangan dengan angka yang cukup signifikan. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Manasseh & Olufemi, 2008), kapur memberikan efek stabilisasi yang paling baik pada kadar sekitar 8%. Sedangkan menurut hasil penelitian (Sharief & Mohamed, 2000) didapatkan kadar kapur optimum adalah sekitar 4%. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Hafes, et all 2008), proses pozolanik pada stabilisasi lempung dengan kapur akan berlangsung lama, yaitu umur 90 hari dan sampai 120 hari. Menurut hasil pengujian (Lara, et all 2005), menunjukkan bahwa perawatan selama proses stabilisasi paling tidak perlu dilakukan sampai umur 100 jam.

METODE PENELITIAN

Material tanah lempung yang akan digunakan sebagai bahan penelitian ini diambil dari daerah Pasren Purbalingga. Hal ini didasarkan pada pengamatan visual yang menunjukkan indikasi berupa tanah tanah lempung ekspansif. Sedangkan bahan stabilisasi yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah kapur padam $\text{Ca}(\text{OH})_2$ yang merupakan jenis kapur ini banyak dijual dipasaran sebagai material bahan bangunan. Peralatan utama yang diperlukan untuk melakukan penelitian adalah alat pengujian batas konsistensi tanah, kotak uji dan alat injeksi, dengan rincian sebagai berikut ini:

- 1) Alat uji konsistensi tanah untuk menguji batas cair, batas plastis dan indek plasisitas tanah.
- 2) Kotak pengujian merupakan ukuran 3m x 3m dengan tinggi 40 cm, yang dilapisi terpal sebagai bahan kedap air (Gambar 3).
- 3) Peralatan injeksi merupakan alat untuk menginjeksi larutan kapur dalam tanah (Gambar 4a).
- 4) Reservoir larutan kapur (Gambar 4b) yang dilengkapi selang penghubung tabung injeksi.



Gambar 3 Skema pengujian injeksi larutan kapur.



(a)



(b)

Gambar 4 (a)Tabung injeksi; (b) beserta selang penghubung reservoir.

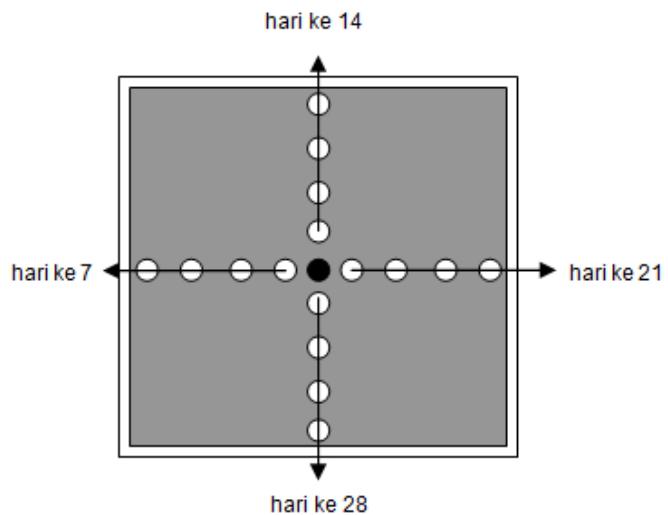
Secara garis besar, tahapan penelitian dibagi menjadi dua tahap, yaitu pengujian pendahuluan dan pengujian utama. Pengujian pendahuluan dilakukan untuk mendapatkan sifat-sifat fisik dan indek tanah yaitu, berat jenis, batas cair, batas plastis, indek plasisitas dan gradasi tanah.

Penelitian utama dilakukan untuk melakukan pengujian tanah yang distabilisasi dengan larutan kapur. Pada penelitian utama ini dilakukan dalam beberapa tahap, yaitu: persiapan alat dan bahan (Gambar 5), tahap injeksi dan tahap pengujian sampel tanah. Tahap pengujian sampel dilakukan pada hari ke 3, 7, 14, 21 dan 28, yang meliputi pengujian, batas cair, batas plastis dan indek plasisitas. Sampel yang diuji diambil pada jarak 20 cm, 60 cm, 100 cm dan 140 cm dari

tabung injeksi (Gambar 6). Pengambilan sampel uji dilakukan dengan tabung diameter 2 inchi, dan selanjutnya lubangnya ditutup lagi dengan tanah kembali.



Gambar 5 Persiapan pengujian injeksi larutan kapur.



Gambar 6 Skema pengujian injeksi larutan kapur.

HASIL DAN PEBAHASAN

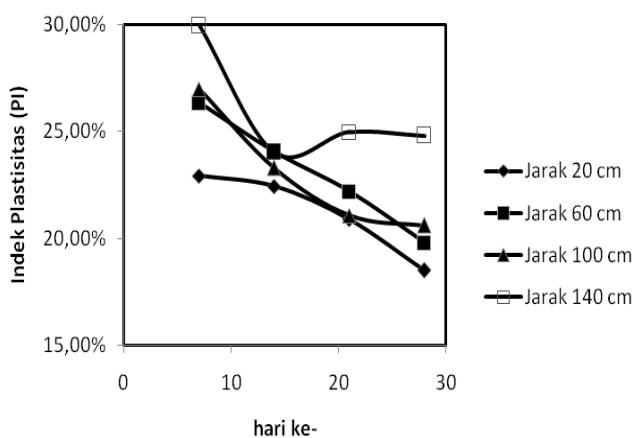
Berdasarkan data uji gradasi nampak bahwa butiran halusnya yang lolos ayakan nomor 200 sebanyak 86% (lebih dari 50%). Berat jenis tanah hasil pengujian sebesar 2,66. Batas-batas konsistensi hasil pengujian adalah LL sebesar 52,32% dan IP sebesar 24,74%, sehingga dikelompokkan plastisitas tinggi. Berdasarkan data-data tersebut termasuk kelompok tanah lempung dengan plastisitas tinggi (CH).

Pada penelitian ini selanjutnya digunakan kapur sejumlah 3 kg untuk dilarutkan dalam air sejumlah 10 liter, hal ini mengacu pada penelitian terdahulu (Pratama, 2010). Larutan yang digunakan adalah larutan yang sudah diendapkan sehingga tidak mengandung butiran kapur. Hal ini dimaksudkan agar

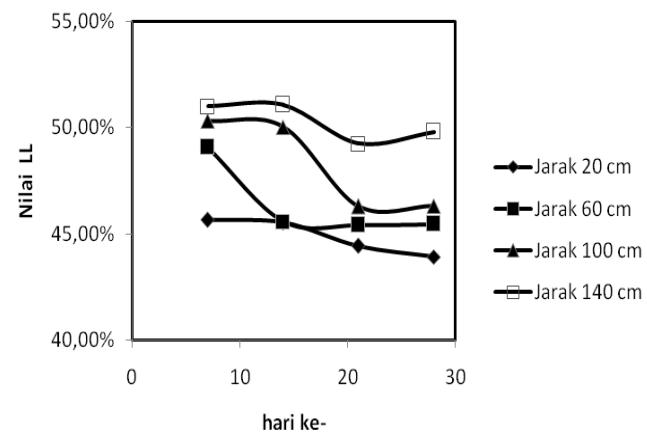
memudahkan larutan meresap dalam pori-pori tanah lempung. Berdasarkan proses selama injeksi didapatkan hasil bahwa kebutuhan larutan kapur setelah hari ke 4 adalah sekitar 30 liter perhari. Pada hari pertama kebutuhannya sebanyak 70 liter dan terus berkurang sampai hari ke 3, hal ini dimungkinkan tanah belum jenuh.

Data pengujian tanah pada hari ke 3 hasilnya tidak konsisten sehingga tidak dapat dievaluasi. Hal ini dimungkinkan karena pada hari ke 3 sebaran larutan kapur disekitar lubang injeksi belum seragam (belum jenuh). Aliran larutan masih mengikuti bagian tanah yang tidak padat atau pada retakan-retakan tanah, sehingga kondisinya tidak homogen. Pada pengujian hari-hari berikutnya hasilnya sudah cukup konsisten sehingga memungkinkan untuk dianalisis.

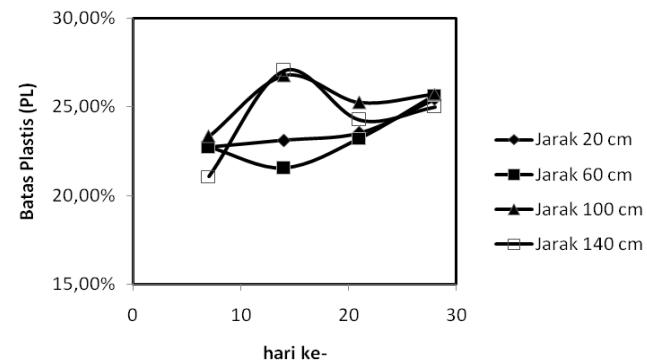
Berdasarkan hasil pengujian injeksi larutan kapur pada tanah lempung menunjukkan bahwa secara umum nilai indek plastisitasnya (PI) turun dari 24,74% menjadi 19,5% (Gambar 7). Pengamatan pada perubahan nilai batas cair (LL) menunjukkan kecenderungan yang sama yaitu nilainya turun selama proses pengujian dari 52,32% dan terjadi penurunan menjadi sekitar 45% (Gambar 8). Pengamatan pada nilai batas plastis menunjukkan bahwa datanya kurang begitu baik, namun demikian kecenderungan menunjukkan peningkatan (Gambar 9).



Gambar 7 Grafik penurunan nilai indek plastisitas (PI) selama pengujian.



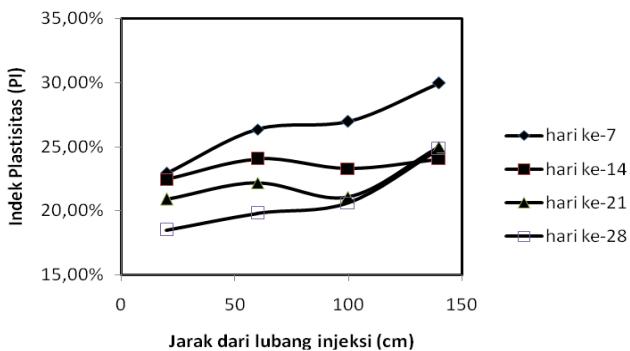
Gambar 8 Penurunan nilai batas cair (LL) selama pengujian.



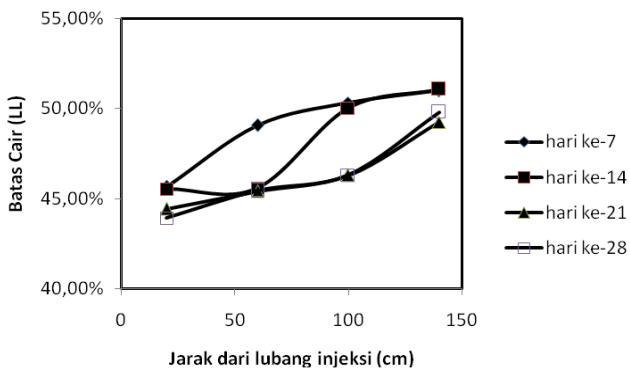
Gambar 9 Perubahan nilai batas plastis (PL) selama pengujian.

Berdasarkan hasil pengamatan selama 28 hari injeksi larutan kapur terjadi perubahan nilai PI, LL dan PL hal ini menunjukkan bahwa injeksi larutan kapur dapat menurunkan plastisitas tanah. Penurunan plastisitas tanah ini terjadi akibat penurunan nilai batas cair (LL) sedangkan batas plastis tidak memberikan kontribusi menurunkan nilai indek plastisitas (PI).

Pengamatan pada perubahan nilai PI dan LL (Gambar 10 dan Gambar 11) menunjukkan bahwa jarak efektifnya adalah 100 cm dari lubang injeksi. Pengamatan berdasarkan nilai PI maupun LL menunjukkan nilai jarak efektif yang hampir sama yaitu 100 cm.

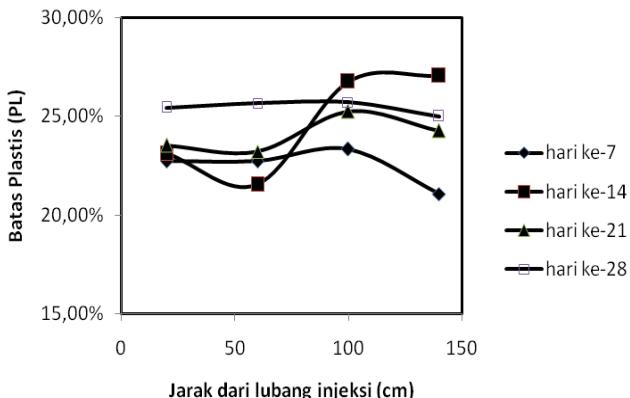


Gambar 10 Hubungan jarak sampel tanah terhadap nilai indeks plastisitas (PI).



Gambar 11 Jarak pengaruh terhadap nilai LL.

Pengamatan Gambar 12 menunjukkan bahwa nilai batas plastis (PL) tidak banyak berubah. Hal ini menunjukkan bahwa injeksi larutan kapur tidak berpengaruh terhadap nilai batas plastis.



Gambar 12 Jarak pengaruh terhadap nilai LL.

Pengamatan pada nilai indek plastisitas (PI) menunjukkan bahwa dari hari ke 7 sampai hari ke 28 masih terjadi penurunan nilai PI. Hal ini menunjukkan bahwa pada penelitian ini belum didapatkan waktu efektifnya sehingga masih perlu dilakukan kajian dengan rentang waktu yang lebih lama.

KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian stabilisasi tanah lempung dengan injeksi larutan kapur memberikan hasil sebagai berikut:

- 1) Injeksi larutan kapur dapat menurunkan plastisitas tanah, dengan penurunan nilai indeks plastisitas akibat nilai batas cairnya turun.
- 2) Jarak efektif injeksi larutan kapur adalah sejauh 100 cm.
- 3) Waktu efektif yang diperlukan belum didapatkan dalam penelitian ini karena sampai hari ke 28, nilai indeks plastisitas tanah masih turun.
- 4) Waktu yang dibutuhkan larutan kapur untuk menurunkan nilai LL relatif cepat dibandingkan untuk menaikkan nilai PL.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2009). (Industri Klinker) Dipetik Februari 24, 2011, dari Pemerintah Kabupaten Banyumas Badan: Penanaman Modal dan Pelayanan: <http://banyumasinvest.com/node/90>
- Anonim. (2009). (Pemerintah Kabupaten Banyumas Badan Penanaman Modal dan Pelayanan Perizinan) Dipetik Februari 24, 2011, dari Industri Klinker: <http://www.banyumasinvest.com/node/90>
- Apriyono, A., & Sumiyanto. (2008). Studi Pengaruh Stabilisasi Tanah Lempung Lunak Menggunakan Kolom Kapur Terhadap Parameter Kecepatan Penurunan Tanah. Vol 4 No 1 (1), 1-5.
- Bowles, J. E. (1984). Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah. (J. K. Hanim, Penerj.) Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Chen, F. H. (1975). Foundation on Expansive Soils. Development in Geotechnical.
- Coduto, D. P. (1994). Foundation Design Principle and Practices. New Jersey: Prentice Hall.
- Das, B. M. (1993). Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis). (N. Endah, & I. B. Mochtar, Penerj.) Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Fathani, T. F., & Adi, A. D. (1999). Perbaikan Sifat Lempung Ekspansif dengan Penambahan Kapur. Seminar Nasional Geoteknik 99. Yogyakarta: Jurusan Teknik Sipil UGM.
- Hafes, M. A., Sidek, N., & Noor, M. J. (2008). Effect of Pozzolanic Process on The Strength of Stabilized Lime Clay. Electronic Journal of Geotechnical Engineering (EJGE) , Vol 13.
- Hatmoko, J. T., & Lulie, L. (2007). UCS Tanah Lempung Ekspansif yang Disetabilisasi dengan Ampas Tebu dan Kapur. Jurnal Dinamika Teknik Sipil , Vol 5 No 1, 66-77.
- Ingles, O. D., & Metcalf, J. B. (1974). Soils Stabilization. Sidney: Betterwood.
- Lara, T. L., Zaragoza, J. B., Gutierrez, G. R., & Castano, V. (2005). Study of Curing Time of Stabilized Soils. Electronic Journal of Geotechnical Engineering (EJGE) .
- Manasseh, J., & Olufemi, A. I. (2008). Effect of Lime on Some Geotechnical Properties of Igumale Shale. Electronic Journal of Geotechnical Engineering (EJGE) , Vol 13.
- Pratama, I. Y. (2010). Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif dengan Menggunakan Larutan Kapur. Purbalingga: Teknik Sipil Unsoed.
- Sharief, A. M., & Mohamed, S. A. (2000). Technical and Economical Viability of Lime Stabilization of Expansive Soils for Road Construction in Sudan. Sudan Engineering Society Jurnal , 47 No 38.
- Suherman. (2003). Pengembangan Panduan Konstruksi Jalan di Atas Tanah Ekspansif . Bandung: Depkimprasiwil.

- Supriyono. (1995). Tekanan Pengembangan untuk Tanah Tak Terusik Khususnya pada Tanah Ekspansive. *Majalah Media Teknik*, No 3 Tahun XVII.
- Sutrisno, A. (2001). Tinjauan Nilai Indeks Plastisitas dan Potensi Mengembang pada Tanah Ekspansif Menggunakan Kolom Kapur. Surakarta: Teknik Sipil UNS.

- Verhoef, P. N. (1989). *Geologi Untuk Teknik Sipil*. (E. Diraatmadja, Övers.) Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Yuniati, T. E. (2007). Kajian Potensi Mengembang Tanah Daerah Gunung Tugel Patikraja Banyumas. Purwokerto: Teknik Sipil Unsoed.