Karakteristik Durabilitas Tanah Lempung dengan Campuran Kapur, Abu Sekam Padi, dan Serat pada Kondisi Basah

Durability Characteristic of Clay with Lime Mixture, Rice Husk Ash, and Fibers at Wet Conditions

Afifah Agung Pertiwi, Agus Setyo Muntohar
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Abstrak. Stabilisasi tanah merupakan salah satu upaya untuk memperbaiki sifat-sifat tanah guna meningkatkan daya dukung, peningkatan daya dukung ini merupakan aspek yang sangat penting dalam bidang insfrastruktur seperti konstruksi *sub-grade* pada perkerasan jalan. Namun, jika melihat kondisi lapangan, banyak hal yang mempengaruhi kondisi tanah seperti perubahan cuaca dan iklim. Stabilisasi tanah pada penelitian ini menggunakan campuran kapur, abu sekam padi dan serat plastik. Pengaruh cuaca dan iklim disimulasikan dengan pemberian siklus basah-kering di laboratorium guna mengkaji kuat tekan dari tanah yang telah distabilisasi. Perbandingan kapur dan abu sekam padi yang digunakan adalah 1:1, dengan kadar kapur sebesar 18%. Sedangkan, kadar serat yang digunakan sebesar 0,4%. Benda uji dicetak pada kondisi OWM (*Optimum Wett Moisture Content*) dan diperam selama 28 hari. Hasil menunjukkan siklus basah-kering memberikan pengaruh pada tanah stabilisasi. Nilai kuat tekan bebas (q_u) berkurang sebesar 48% dari benda uji tanpa siklus ke siklus pertama, kemudian meningkat perlahan dari siklus pertama ke siklus keempat sebesar 44%. Dan nilai modulus sekan (E_{50}) yang didapat cenderung mengikuti perubahan nilai kuat tekan bebas akibat siklus basah-kering.

Kata-kata kunci : uji tekan bebas, stabilisasi kapur, kapur-abu sekam, serat plastik, uji durabilitas tanah, kondisi basah.

Abstract. Soil stabilization is one of efforts to improve soil property in order to increase soil's bearing capacity, this bearing capacity increasement is an important aspect in infrastructure sector such as sub-grade construction in road pavement. Even though if we observe the site condition, many aspect can affect the soil condition such as climate and weather change. Therefore, the climate and weather change should be simulated with laboratory wetting-drying cycle to study soil's bearing capacity from stabilized soil. Soil stabilization that chosen in this study is using a composite of lime, rice husk, and plastic fiber. Lime and rice husk ratio that used is 1:1, with 18% lime percentage. While fiber content that used is 0.4%. The speciment is molded in OWM (Optimum Wet Moisture Content) condition and cured for 28 days. The testing report confirm that wetting-drying cycle really has an impact to soil stabilization. Unconfined compressive strength value (qu) decreased in the amount of 48% from non cycle speciment to first cycle specimen, thereafter the value increased slowly from first cycle to fourth cycle in the amount of 44%. And modulus secant value (E_{50}) was obtain tend to following unconfined compressive strength value change as the affect of wetting-drying cycle.

Keywords : unconfined compressive test, lime-stabilization, lime-rice husk assh, plastic fiber, durabilitty soil test, wett side of OMC

1. Pendahuluan

Dalam perekayasaan bangunan sipil sering kali ditemukan lapisan tanah memiliki daya dukung yang rendah, rendahnya daya dukung tanah biasanya dipengaruhi oleh karakteristik tanah dan mineral yang terkandung di dalamnya. Dalam pengertian teknis, daya dukung tanah adalah kemampuan tanah memikul tekanan atau melawan penurunan akibat pembebanan. Permasalahan-permasalahan yang muncul menyebabklan perlunya dilakukan perbaikan tanah. Perbaikan tanah merupakan salah satu upaya untuk memperbaiki sifat-sifat tanah guna meningkatkan daya dukung, peningkatan daya dukung ini merupakan aspek yang sangat penting dalam bidang insfrastruktur seperti konstruksi *subgrade* pada perkerasan jalan.

Perbaikan tanah (*soil improvement*) merupakan upaya untuk memperbaiki sifat-sifat tanah baik secara kimia atau mekanis. Beberapa sifat tanah yang perlu diperbaiki antara lain butiran lepas, permeabilitas tinggi, terlalu mudah memampat, kembang susut tinggi dan sebagainya (Wardani dan Muntohar, 2018). Tanah yang biasanya memiliki daya dukung rendah dan sifat-sifat seperti yang dijelaskan oleh Wardani dan Muntohar (2018) adalah tanah lempung. Dimana, tanah lempung yang memiliki daya dukung rendah menyebabkan buruknya konstruksi pada *subgrade* (Solanki dkk., 2010). Propertis tanah lempung untuk *subgrade* biasanya ditingkatkan dengan perbaikan tanah secara kimiawi.

Perbaikan tanah secara kimiawi dilakukan dengan menambahkan bahan-bahan kimia (*additive*) seperti kapur, semen, atau bahan lainnya sehingga terjadi reaksi kimia antara tanah dengan bahan pencampurannya, yang akan menjadi material baru dengan sifat yang lebih baik. Sedangkan perbaikan tanah secara mekanis biasanya dilakukan dengan cara penggantian atau penambahan tanah, pemadatan tanah, atau memberikan perkuatan pada tanah (*soil reinforcement*). Diharapkan kombinasi perbaikan tanah secara kimiawi dan mekanis dapat memberikan hasil yang lebih baik.

Bahan kimia yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah kapur. Dalam penelitian yang pernah dilakukan oleh Sante dkk. (2014), Ramesh dan Sivapullaiah (2010), Muntohar (2009), Muhammad dan Muntohar (2007), Guney dkk. (2005), Cai dkk. (2006), Bell (1996), dan Muntohar dkk. (2013) perbaikan tanah menggunakan kapur menunjukkan hasil yang baik karena kekuatan tanah meningkat. Peningkatan kekuatan tanah stabilisasi kapur ini salah satunya dipengaruhi oleh waktu pemeraman yang diberikaan, semakin lama waktu pemeraman yang diberikan akan menambah nilai kekuatan dari tanah, karena waktu pemeraman yang lama akan menyediakan waktu yang lebih untuk campuran saling mengikat. Stabilisasi tanah menggunakan kapur biasanya ditambahkan atau dikombinasikan dengan limbah industri yaitu abu sekam padi. Pemilihan material ini dikarenakan abu sekam padi memiliki kandungan silika yang tinggi dan cocok digunakan untuk campuran pozolan yang dapat meningkatkan kekuatan pada tanah seperti yang dijelaskan oleh Muhammad dan Muntohar (2007), Muntohar dkk. (2013), dan Muntohar (2005). Stabilisasi yang dilakukan dengan kapur dan abu sekam padi menyebabkan tanah memiliki sifat getas (Muntohar dkk., 2013), perilaku getas tersebut ditekan dengan penambahan serat pada campuran (Muntohar dkk., 2013 ; Cai dkk., 2006 ; Muhammad dan Muntohar, 2007).

Metode perbaikan tanah menggunakan kapur, abu sekam padi dan campuran serat sesuai penelitian yang telah dilakukan mampu meningkatkan kekuatan tanah dan kuat gesernya. Akan tetapi, tanah yang telah distabilisasi ini memiliki nilai kekuatan yang berbeda dan berubah saat diberi pengaruh siklus basah-kering (Muntohar dkk., 2013). Untuk itu, perlu dikaji lebih mengenai pengaruh siklus basah-kering sebagai simulasi perubahan cuaca untuk mengetahui durabilitas dari tanah. Pada konstruksi *subgrade* biasanya kepadatan tanah yang digunakan sebesar 95%, pada penelitian ini akan dikaji nilai kuat tekan bebas yang didasarkan pada kondisi *wett side of OMC* (OWM) atau pada keadaan basah. Tanah yang telah distabilisasi juga harus memiliki kuat tekan yang baik untuk menerima beban akibat pengaruh iklim, karenanya pada penelitian ini dilakukan proses perendaman (*wetting*) dan pengeringan (*drying*) sebagai simulasi pengaruh iklim di laboratorium.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji pengaruh siklus basah-kering terhadap nilai kuat tekan tanah, dan nilai *secant modulus of elasticity* dari tanah yang distabilisasi menggunakan kapur, abu sekam padi dan diperkuat dengan serat karung plastik.

2. Metode Penelitian

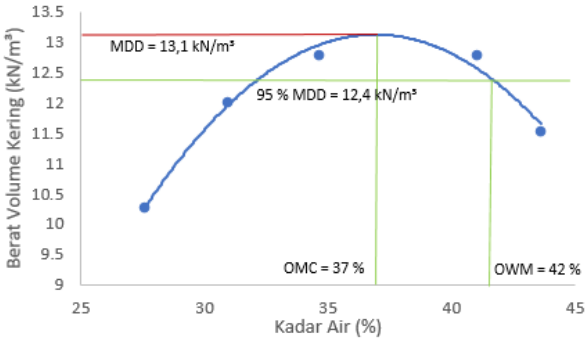
Bahan

Tanah

Tanah yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah lempung yang diambil dari daerah Provinsi Lampung, dengan sifat fisik tanah berwarna merah. Sifat-sifat geoteknik tanah tersebut disajikan pada Tabel 1. Hasil uji pemadatan tanah dapat dilihat pada Gambar 1.

Tabel 1 Sifat geoteknik tanah

Parameter	Hasil
Kadar air tanah, w (%)	0
Berat Jenis, Gs	2,72
Batas Cair, LL (%)	67,83
Batas Plastis, PL (%)	23,3
Indeks Plastisitas, PI	44,52
Berat volume kering basah, WDD	12,4 kN/m^3
Kadar air basah, OWM	42%



Gambar 1 Kurva pemadatan

Kapur

Kapur yang digunakan pada penelitian ini adalah kapur tohor atau *quick lime* yang secara kimia dituliskan sebagai CaO (Kalsium Oksida). Kapur ini telah melalui proses penghalusan sebelum digunakan, penghalusan dilaksanakan dengan menggunakan alat abrasi (*Los Angeles*) dengan ditambah beban berupa baja ulir D25 sebanyak 10-20 batang dan dihidupkan/diputar selama minimal 2 jam.

Pada penelitian ini, kadar kapur yang digunakan ditentukan berdasarkan uji ICL (*Initial Consumtion of Lime*) sesuai ASTM D 6276-99a. Hasil dari uji ICL menyatakan kadar kapur optimum yang digunakan untuk campuran penelitian ini adalah sebesar 18%.

Abu sekam padi

Abu sekam yang digunakan dalam penelitian ini adalah abu sekam padi sisa dari pembakaran sekam padi untuk bahan bakar pembuatan batu bata di daerah Godean. Abu sekam padi yang digunakan juga melalui proses penghalusan sebelumnya, penghalusan dilaksanakan dengan menggunakan alat abrasi (*Los Angeles*) dengan ditambah beban berupa baja ulir D25 sebanyak 10-20 batang dan dihidupkan/diputar selama minimal 2 jam.

Secara visual, abu sekam padi memiliki warna abu-abu. Perbandingan abu sekam padi yang digunakan sebesar 1:1 terhadap kadar kapur optimum.

Serat

Serat yang digunakan dalam penelitian ini adalah serat sintetis dari karung plastik bekas yang dipotong dengan ukuran lebar ±2-2,5 mm dan panjang 4 cm. Proporsi campuran sebesar 0,4% dari total berat campuran.

Prosedur Pengujian

Pembuatan benda uji

Tanah kering oven yang lolos saringan no. #4 dicampur dengan kapur, abu sekam padi, serat karung plastik dan diberi air sesuai dengan kadar air pada kondisi basah (OWM) berdasarkan hasil pemadatan. Nilai OWM ini didapatkan dari 95% nilai MDD (*Maximum Dry Density*) hasil uji pemadatan *proctor* standard seperti yang disajikan pada Gambar 1. Benda uji yang telah dicampur kemudian dicetak menggunakan tabung cetak belah dengan ukuran diameter ±50 mm dan tinggi ±100 mm. Benda uji yang telah tercetak kemudian diperam selama 28 hari.

Pengujian durabilitas

Uji durabilitas dilakukan dengan memberikan siklus basah-kering kepada benda uji, yang dimaksudkan sebagai simulasi perubahan cuaca dan iklim. Satu siklus basah-kering diartikan sebagai benda uji yang mengalami satu kali perendaman selama 24 jam dan satu kali pengeringan selama 24 jam. Pada pengujian ini, benda uji diberikan perlakuan hingga empat siklus basah-kering. Pengujian durabilitas ini berdasarkan pada ASTM D559-03.

Pengujian tekan bebas

Pengujian tekan bebas dilakukan setelah proses pemeraman selesai atau setelah 28 hari untuk benda uji tanpa siklus. Untuk benda uji dengan siklus, pengujian tekan bebas dilakukan setelah benda uji menerima siklus basah-kering. Sebelum pengujian dilakukan, benda uji

diukur dimensi dan beratnya kemudian ditempatkan pada alat uji tekan, diletakkan secara vertikal dan sentris pada pelat dasar alat. Pembebanan dilakukan sampai benda uji mengalami keruntuhan dengan kecepatan alat sebesar 2 mm/menit, pembacaan pembebanan dilakukan setiap 30 detik sesuai dengan prosedur pengujian pada ASTM D 2009.

Analisis data

Berdasarkan pengujian kuat tekan bebas yang dilakukan, nilai pembacaan arloji pembebanan dan pembacaan arloji regangan dianalisis sehingga didapatkan kurva hubungan tegangan dan regangan. Pada kurva hubungan tegangan dan regangan didapatkan nilai kuat tekan bebas (q_u) dan nilai modulus sekan (E_{50}). Nilai kuat tekan bebas didapatkan dari nilai tegangan maksimum. Nilai modulus sekan dihitung dari perbandingan antara 50% nilai kuat tekan maksimum (q_u) dengan nilai regangannya (ε) seperti pada persamaaan 1. Nilai kuat tekan bebas akibat siklus basah-kering adalah parameter utama dalam penelitian ini. Nilai kuat tekan tanah ini kemudian dibandingkan dengan masing-masing siklus basah-kering.

$$E_{50} = \frac{50\%\ qu}{\varepsilon} \qquad (1)$$

dengan,

q_{50} : setengah dari nilai q_u

ε_{50} : regangan yang berhubungan dengan q_{50}

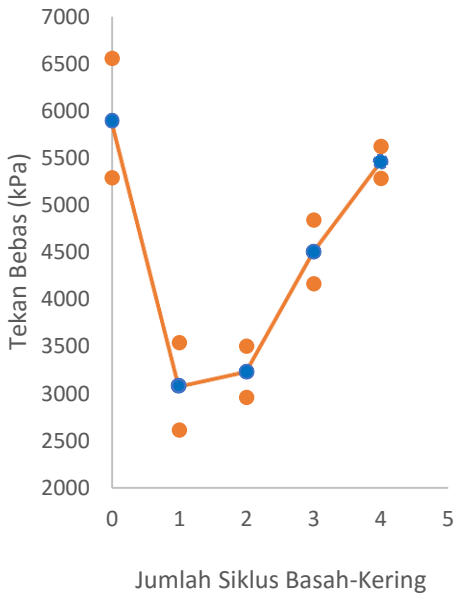
3. Hasil dan Pembahasan

Pengaruh siklus basah-kering terhadap nilai kuat tekan bebas

Tabel 2 Nilai kuat tekan bebas

Jumlah Siklus	OWM
	q_u (kPa)
Non Siklus	5894
1 Siklus	3079
2 Siklus	3234
3 Siklus	4506
4 Siklus	5456

Kuat tekan bebas tanah stabilisasi LRHA dan serat karung plastik disajikan pada Gambar 2. Hasil menunjukkan perbedaan pengaruh siklus basah-kering yang diberikan terhadap nilai kuat tekan bebas.



Gambar 2 Hubungan jumah siklus dan kuat tekan

Hasil menunjukkan, nilai kuat tekan bebas tanah turun drastis pada siklus pertama kemudian meningkat perlahan pada siklus selanjutnya. Dapat dilihat pada Tabel 2, nilai kuat tekan bebas dari benda uji tanpa siklus ke siklus pertama turun sebesar 48%. Memasuki siklus kedua, nilai kuat tekan bebas meningkat sebesar 5%. Pada siklus ketiga meningkat 39%, dan saat memasuki siklus keempat meningkat sebesar 21%. Kondisi tersebut dipengaruhi oleh hal-hal yang dijelaskan pada penelitian yang dilakukan oleh Munthar dkk. (2013). Pada penelitian tersebut, Muntohar dkk. (2013) menyatakan bahwa : (1) Pengembangan menyebabkan penurunan ikatan antar partikel pada tanah stabilisasi, dan menyebabkan perubahan struktur tanah, akibatnya nilai kuat tekan bebas berkurang karna siklus basah-kering. (2) Selama siklus basah kering tanah stabilisasi memperoleh waktu pemeraman yang semakin lama, alhasil durabilitas dari tanah stabilisasi meningkat. Kekuatan perawatan dapat ditingkatkan dengan meningkatkan jumlah pembasahan, karena pembasahan dapat menyediakan air yang cukup untuk hidrasi dalam mekanisme stabilisasi. Selain itu, perilaku yang ditunjukkan oleh benda uji juga berkemungkinan disebabkan oleh pengaruh

kadar air dan berat volume tanah kering yang digunakan. Karena, pengaruh kadar air yang tinggi dengan berat volume tanah kering yang rendah dapat menyebabkan penurunan potensi pengembangan pada tanah, dengan menurunnya potensi pengembangan dapat meningkatkan nilai kuat tekan bebas (Guney dkk., 2005)

***Secant modulus of elasticity* (E_{50})**

Gambar 3 Hubungan banyaknya siklus dengan modulus sekan

Nilai modulus sekan hasil pengujian ditunjukkan pada Gambar 3. Hasil menunjukkan perbedaan perilaku perubahan nilai modulus sekan akibat proses siklus basah-kering, perubahan terebut dipengaruhi besarnya nilai kuat tekan bebas pada tanah stabilisasi LRHA dan serat. Jika dilihat pada Gambar 3, perilaku perubahan nilai modulus sekan sama dengan perilaku perubahan nilai kuat tekan bebas nya. Dimana, modulus sekan meningkat pada saat nilai kuat tekan bebas dari tanah juga meningkat.

4. Kesimpulan

Dari pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa :

a. Nilai kuat tekan bebas (q_u) berkurang sebesar 48% dari benda uji tanpa siklus ke siklus pertama, kemudian meningkat perlahan dari siklus pertama ke siklus keempat sebesar 44%.
b. Nilai modulus sekan (E_{50}) cenderung mengikuti perubahan nilai kuat tekan bebas akibat siklus basah-kering. Nilai E_{50} berkurang sebesar 40% pada siklus pertama, dan setelahnya meningkat sebesar 45% dari siklus pertama hingga siklus keempat.

5. Daftar Pustaka

Aldaood, A., Bouasker, M., dan Al-Mukhtar, M. 2014. Impact of wetting-drying cycles on the microstructure and mechanical properties of lime-stabilized gypseous soils. *Engineering Geology*. *174* : 11–21.

ASTM, D 559-03. 1995. Standard Test Methods for Wetting and Drying Compacted Soil-Cement Mixture. In *Annual Book of ASTM Standards*.

ASTM, D 6276-99a. 1999. Standard Test Method for Using pH to Estimate the Soil-Lime Proportion Requirement for Soil Stabilization. In *Annual Book of ASTM Standard*.

ASTM, D 5102-09. 2009. Standard Test Methods for Unconfined Compressive Strenght of Compacted Soil-Lime Mixture. American Society for Testing and Materials. In *Annual Book of ASTM Standards*.

Basha, E. A., Hashim, R., dan Muntohar, A. S. 2004. Stabilization of clay and residual soils using cement-rice husk mixture. Jurnal Teknik Sipil. 5 (1) : 51- 66.

Bell, F. G. 1996. Lime stabilization of clay minerals and soils. *Engineering Geology*. *42*(4):223–237.

Cai, Y., Shi, B., Ng, C. W. W., dan Tang, C. sheng. 2006. Effect of polypropylene fibre and lime admixture on engineering properties of clayey soil. *Engineering Geology*. *87*(3–4) : 230–240.

Di Sante, M., Fratalocchi, E., Mazzieri, F., dan Pasqualini, E. 2014. Time of reactions in a lime treated clayey soil and influence of curing conditions on its microstructure and behaviour. *Applied Clay Science*. *99*. 100–109.

Estabragh, A. R., Pereshkafti, M. R. S., Parsaei, B., dan Javadi, A. A. 2013. Stabilised expansive soil behaviour during wetting and drying. *International Journal of Pavement Engineering*. *14*(4) : 418–427.

Guney, Y., Sari, D., Cetin, M., dan Tuncan, M. 2007. Impact of cyclic wetting-drying on swelling behavior of lime-stabilized soil. *Handbook of Environmental Chemistry*,

Volume 5: Water Pollution. *42* (2), 681–688.

Muhammad, A., dan Muntohar, A. S. 2007. Uses of lime-rice husk ash and plastic fiber as mixture -material in high-plasticity clayey subgrade: a preliminary study. Jurnal Ilmiah Semesta Teknika. 10 (2) : 145-154.

Muntohar, A. S. 2005. The influence of molding-water content and lime content on the strenght of stabilized soil with lime and rice husk ash. *Civil Engineering Dimension*. 7(1):1-5.

Muntohar, A. S. 2009. Influence of Plastic Waste Fibers on the Strength of Lime-Rice. *Civil Engineering Dimension*. 11(1) : 32–40.

Muntohar, A.S. 2011. Effect of Specimen Size on the Tensile Strength Behavior of the Plastic Waste Fiber Reinforced Soil – Lime – Rice Husk Ash Mixtures. *Civil Engineering Dimension*, *13*(2): 82–89.

Muntohar, A. S., Widianti, A., Hartono, E., dan Diana, W. 2013. Engineering Properties of a Waste Plastic Fibers Reinforced and Lime-Rice Husk Ash Stabilized Silty Soil. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 25 (9) : 1260-1270.

Ramesh, H. N. G., dan Sivapullaiah, P. V. 2011. Role of moulding water content in lime stabilisation of soil. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Ground Improvement*. *164*(1) : 15–19.

Solanki, P., Zaman, M. M., dan Dean, J. 2010. Resilient Modulus of Clay Subgrades Stabilized with Lime, Class C Fly Ash, and Cement Kiln Dust for Pavement Designt. *Journal of the Transportation Research Board*. (2186) : 101–110.