

Uji Lentur Stabilisasi Tanah Colluvium Dengan Semen Dan Serat

Flexural Test of the Cement- Stabilized Colluvium Soil Reinforced with Fibers

Tria Choirunnisa, Agus Setyo Muntohar

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Abstrak. Kuat lentur dan modulus lentur dianggap sebagai parameter kinerja yang penting dalam mengevaluasi ketahanan retak material karena pembebanan. Namun bagi tanah colluvium dari daerah Kulon Progo yang digunakan pada penelitian ini diperlukan upaya stabilisasi tanah, sehingga dapat dijadikan alternatif untuk material lapis pondasi bawah pada perkerasan jalan di daerah tersebut. Tetapi semen juga menunjukkan perilaku getas pada saat pembebanan lentur. Padahal perilaku daktail dan kekerasan adalah persyaratan material perkerasan. Oleh karena itu diperlukan perkuatan serat untuk meningkatkan daktalitas material. Tanah colluvium yang distabilisasi semen diperkuat dengan serat plastik secara acak. Kadar semen yang digunakan sebanyak 5% dari berat total campuran dan kadar serat sebesar 0,4% dari berat total campuran. Sampel dicetak dengan keadaan OMC sebesar 26,5% dan MDD sebesar 13,08 kN/m³. Kemudian, sampel diuji pada umur 3, 7, 14, dan 21 hari dengan pengujian uji lentur 4-titik. Hasil pengujian menunjukkan nilai kuat lentur dan modulus lentur meningkat seiring bertambahnya umur sampel. Nilai kuat lentur meningkat 66,01% pada umur 21 hari. Sedangkan nilai modulus lentur meningkat 222,61% pada umur 21 hari. Selain itu, pengujian juga menunjukkan penambahan serat pada tanah colluvium yang distabilisasi semen mampu meningkatkan kuat lentur dan modulus lentur. Peningkatan tertinggi pada nilai kuat lentur terjadi pada umur 7 hari, dengan peningkatan sebesar 39,96%. Adapun nilai modulus lentur tanah semen yang diperkuat serat lebih tinggi sekitar 40% dari tanah semen.

Kata kunci: tanah colluvium, kuat lentur, modulus lentur, stabilisasi semen, dan serat.

Abstract. Flexural strength and flexural modulus are considered as important performance parameters in the evaluating the crack resistance of material due to loading. However, for soil colluvium of Kulon Progo area used in this research is required soil stabilization, so that can be alternative for base course in that area. But cement also exhibits brittle behavior during flexural loading. Whereas ductile behavior and toughness are the requirements of pavement materials. Therefore, fiber reinforcement is required to increase the ductality of the material. The cement stabilized colluvium soil is reinforced with random plastic fibers. The semen content used was 5% of the total weight and fiber content used was 0,4% of the total weight of the mixture. Sample compacted with OMC value of 26,5% and MDD of 13,08 kN/m³. Then, the sample was tested at curing 3, 7, 14, and 21 days with 4-point bending test. Then, the sample was released at 3, 7, 14, and 21 days with 4-point bending test credits. The results showed that flexural strength and flexural modulus increased with increasing age of sample. Flexural strength increased by 66,01% at 21 days. While flexural modulus rate increased 222,61% at 21 days. In addition, the test also showed that cement stabilization was able to increase flexural strength and bending modulus. The highest increase in flexural strength occurred at 7 days, with an increase of 39,96%. The flexural modulus of cement soils reinforced with fiber is about 40% higher than cement soil.

Key words: colluvium soil, flexural strength, flexural modulus, cement stabilization, and fiber.

1. Pendahuluan

Sifat lentur merupakan karakteristik dari sistem struktural perkerasan akibat beban lalu lintas. Sifat lentur material diperoleh secara khusus dari uji lentur balok dan menjelaskan hubungan tegangan-regangan dari benda uji

yang mengalami tegangan lentur. Uji Lentur pada umumnya diterima sebagai pengujian yang paling mewakili untuk menilai kapasitas tarik dari perkerasan (Yeo, 2011). Dalam mengevaluasi ketahanan retak karena pembebanan, kuat lentur dan modulus lentur dianggap sebagai parameter kinerja yang

penting (Zhang dkk., 2009). Mandal dkk. (2016) mengatakan kuat lentur digunakan untuk menentukan ketebalan lapisan dalam desain perkerasan. Adapun modulus lentur sangat penting untuk analisis perkerasan dalam menentukan perilaku tegangan-regangan dari lapisan pondasi bawah perkerasan untuk memprediksi kinerja material (Mandal dkk., 2017). Namun bagi tanah colluvium dari daerah Kulon Progo yang digunakan pada penelitian ini diperlukan upaya stabilisasi agar dapat memenuhi parameter tersebut, sehingga tanah lokal ini dapat dijadikan alternatif untuk material lapis pondasi bawah pada perkerasan jalan di daerah tersebut.

Teknologi tanah yang distabilisasi semen telah menjadi solusi alternatif dan ekonomis bagi banyak masalah rekayasa geoteknik. Teknik ini didasarkan pada pencampuran semen dengan tanah, sehingga kuat dukung tanah meningkat. Walaupun tanah dapat distabilkan menggunakan jenis pengikat lain seperti kapur, tetapi semen merupakan bahan pengikat yang relatif dapat digunakan pada mayoritas jenis tanah. Akan tetapi tanah semen menunjukkan perilaku rapuh di bawah kompresi dan beban lentur (Onyejekwe dan Ghataora, 2014). Padahal perilaku daktail dan kekerasan adalah persyaratan material perkerasan untuk mencegah kegagalan secara tiba-tiba setelah puncak karena beban lalu lintas (Disfani dkk., 2014).

Banyak kajian yang menunjukkan penambahan serat mampu meningkatkan reaksi lentur seperti pengujian yang dilakukan oleh Anggraini dkk. (2017); Jamsawang dkk. (2018); Donkor dan Obonyo (2016); Zhang dkk. (2010). Selain itu Jamsawang dkk. (2015) juga menambahkan bahwa perkuatan serat secara acak menyebabkan tidak terjadinya kerapuhan secara tiba-tiba, struktur perkerasan masih mampu menahan beban, kadang-kadang meningkat setelah retakan pertama. Hal ini meningkatkan masa pakai struktur perkerasan.

Penelitian ini merupakan pengembangan dari penelitian yang dilakukan oleh Safrudin (2017). Pada penelitiannya, tanah colluvium yang distabilisasi dengan semen diuji dengan pengujian lentur balok. Kemudian pada penelitian kali ini, campuran tanah semen tersebut dikombinasikan dengan serat plastik untuk mengkaji pengaruh serat plastik

terhadap kuat lentur dan modulus lentur pada campuran. Penambahan serat karung plastik pada campuran diharapkan dapat meningkatkan kekuatan campuran.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengkaji pengaruh penambahan serat dan semen terhadap nilai kuat lentur dan modulus lentur dan mengkaji pengaruh penambahan serat pada tanah colluvium yang distabilisasi semen terhadap kuat lentur dan modulus lentur.

2. Material dan Metode Penelitian

Bahan

Tanah Colluvium

Tanah yang digunakan merupakan tanah colluvium yang diambil dari Desa Jatimulyo, Kec. Girimulyo, Kab. Kulon Progo, Provinsi D. I. Yogyakarta. Tanah colluvium yang digunakan memiliki sifat geoteknik seperti yang diuraikan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Sifat-sifat geoteknik tanah colluvium

	Sampel	TC
Ukuran partikel tanah (%)	Agregat kasar	9,08
	Agregat halus	90,92
Konsistensi (%)	Batas cair, LL	68,2
	Batas plastis, PL	33,9
	Indeks plastisitas, PI	34,3
Unified Soil Classification, USC		CH
Berat jenis (%)		2,66
Kadar air optimum, OMC (%)		26,5
Berat volume kering maksimum, MDD (kN/m ²)		13,08

Semen

Semen yang digunakan merupakan Semen Portland Komposit berstandar SNI-15-7064-2004 yang diproduksi oleh PT. Holcim Indonesia Tbk. Kadar semen yang digunakan sebanyak 5% dari berat total campuran, sebagaimana kadar yang digunakan pada penelitian sebelumnya (Safrudin, 2017).

Serat

Serat plastik yang digunakan merupakan hasil potongan dari karung plastik sepanjang 4 cm. Kadar serat sebanyak 0,4% dari berat total ditambahkan untuk memperkuat stabilisasi tanah. Berdasarkan penelitian Widiyanti dkk. (2007) tanah-kapur-abu sekam padi dan 0,4 % serat untuk masa perawatan 14 hari memberikan peningkatan nilai kuat geser tertinggi..

Alat Uji Lentur

Pengujian lentur pada penelitian ini menggunakan alat tekan bebas yang dimodifikasi sehingga menjadi alat uji lentur, dengan cara menambahkan dua tumpuan (L) di bawah benda uji dengan jarak 300 mm dan dua tumpuan beban (I) di bawah piston pembebanan yang berjarak 100 mm, ukuran ini berdasarkan Austroad (2014). Berikut bagian-bagian secara rinci dari alat uji:

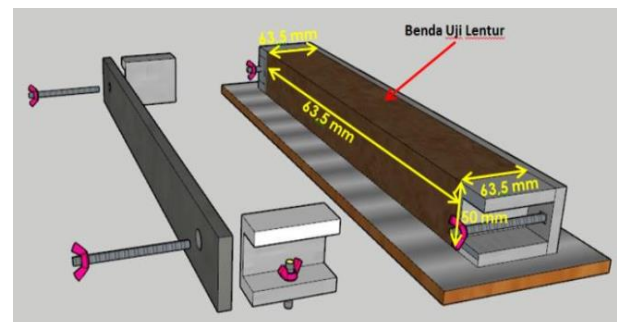
1. Alat pembebanan;
2. Arloji beban aksial, untuk meninjau besarnya beban yang dapat diterima benda uji;
3. Arloji defleksi, yang dipasang pada setiap titik tengah antar tumpuan untuk mengukur defleksi tengah benda uji;
4. Tumpuan roll, untuk menyalurkan beban pada 4-titik, sesuai jarak dan posisi yang telah dijelaskan sebelumnya;
5. *Controller*, pembebanan diatur dengan kecepatan 0,01 mm/detik.



Gambar 2.1 Alat uji lentur

Persiapan Benda Uji

Sampel sebanyak delapan buah disiapkan untuk diuji pada umur 3, 7, 14, dan 21 hari. Tanah colluvium yang lolos saringan #4 sebanyak 1571 g dicampur dengan semen sebanyak 83 g dan serat sebanyak 7 g hingga merata. Setelah itu semprotkan air sebanyak 440 ml pada campuran sedikit demi sedikit dan diselingi dengan mengaduk campuran agar air merata dengan baik. Selanjutnya masukan campuran ke dalam cetakan pelat besi dengan ukuran 50×63,5×400 mm seperti pada Gambar 2.2, ukuran cetakan tersebut berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Nusit dan Jitsangiam (2016). Masukan campuran secara bertahap, pada lapisan pertama tanah dipadatkan kemudian permukaannya dicacah agar dapat bersatu dengan lapisan selanjutnya, lakukan hal tersebut berulang-ulang hingga semua campuran masuk ke dalam cetakan. Terakhir, keluarkan benda uji dari cetakan dan bungkus dengan plastik serapat mungkin. Erami benda uji diruangan yang memiliki suhu yang relatif sama sampai waktunya diuji.



Gambar 2.2 Skema cetakan balok uji lentur

Prosedur Pengujian

Sebelum pengujian dimulai, benda uji diukur dimensinya dan ditimbang untuk mendapatkan kadar air dan kepadatan pada saat diuji. Beri tanda pada benda uji agar benda uji dapat diletakan secara simetris pada alat uji lentur balok. Pasang arloji defleksi di setiap titik tengah antar tumpuan, sehingga arloji defleksi yang dipasang sebanyak tiga buah. Atur setiap arloji (arloji defleksi dan pembebanan) pada angka nol. Kemudian atur kecepatan pembebanan dengan kecepatan 0,01 mm/detik. Mulai pembebanan dengan

menekan tombol up, setiap arloji dibaca per 5 detik sampai benda uji patah.

Analisis Data

Hasil dari pengujian lentur berupa nilai defleksi dan beban. Nilai tersebut kemudian dianalisis sehingga didapatkan nilai kuat lentur dan modulus. Nilai kuat lentur dan modulus lentur dihitung dengan persamaan 2.1 dan 2.2.

$$F_{cf} = \frac{PL(1000)}{WH^2} \quad (2.1)$$

$$E = \frac{23PL^3}{108WL^2\Delta} \times 10^3 \quad (2.2)$$

Dimana, F_{cf} = kuat lentur (MPa), E = modulus lentur (MPa), P = beban maksimum (kN), L = jarak antar tumpuan (mm), W = lebar benda uji (mm), H = tinggi benda uji (mm), Δ = defleksi pada tengah balok (mm). Rumur tersebut berdasarkan Austroad (2014).

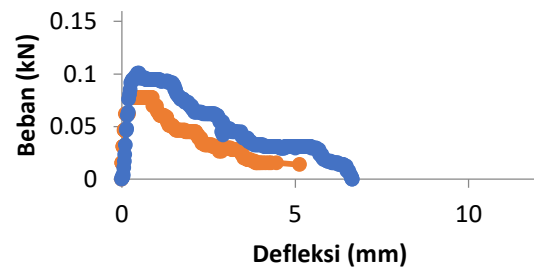
3. Hasil dan Pembahasan

Prilaku Beban-Defleksi

Benda uji yang digunakan pada penelitian ini sebanyak dua sampel untuk setiap umur 3, 7, 14, dan 21 hari. Kurva hubungan beban lentur dan defleksi sampel disajikan pada Gambar 4.1 (a-d). Hasil dari pengujian lentur balok menunjukkan kenaikan defleksi meningkat secara linear dengan meningkatnya beban, setelah itu terjadi penurunan beban sedikit demi sedikit hingga beban mendekati atau bahkan mencapai nol. Hal ini menunjukkan adanya sifat duktail pada sampel akibat penambahan serat. Efek penambahan serat membantu mengontrol laju pelepasan energi. Dengan demikian, penambahan 0,4% serat mampu mempertahankan kemampuan sampel untuk menerima beban setelah puncak. Semakin bertambah umur, beban maksimum semakin tinggi dan defleksi pada saat beban maksimum semakin kecil. Nilai beban maksimum dan defleksi maksimum dapat dilihat pada Tabel 4.1.

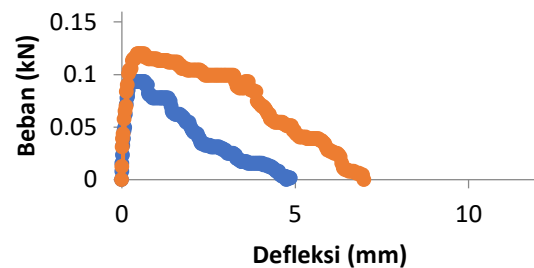
Tabel 3.1 Nilai beban maksimum dan defleksi maksimum

Umur (hari)	Benda Uji	Beban maksimum (kN)	Defleksi maksimum (mm)
3	1	0.078	5.125
	2	0.101	6.655
7	1	0.093	4.755
	2	0.119	6.985
14	1	0.140	8.94
	2	0.124	5.785
21	1	0.155	11.648
	2	0.138	5.73



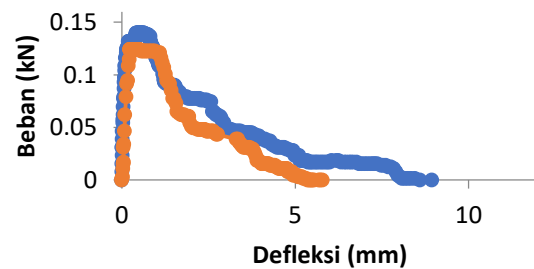
—●— benda uji 1 —●— benda uji 2

(a)



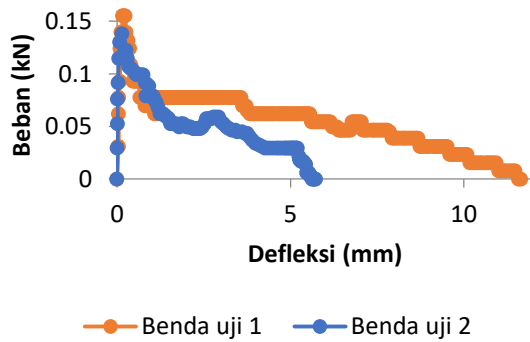
—●— benda uji 1 —●— benda uji 2

(b)



—●— Benda uji 1 —●— Benda uji 2

(c)



(d)

Gambar 3.1 Kurva hubungan beban dan defleksi: (a) 3 hari; (b) 7 hari; (c) 14 hari; (d) 21 hari

Nilai Kuat Lentur dan Modulus Lentur

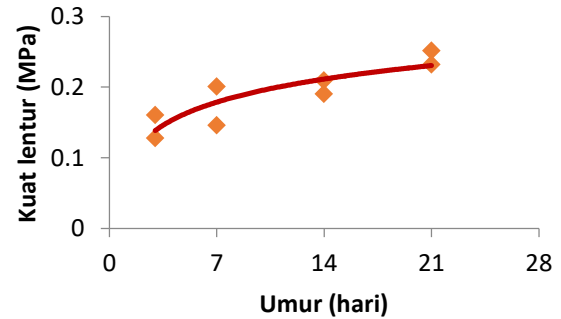
Nilai kuat lentur didapatkan dari persamaan 2.1, sedangkan nilai modulus lentur dihitung dengan persamaan 2.2. Kurva hubungan kuat lentur dan umur disajikan pada Gambar 3.2. Sedangkan kurva hubungan modulus lentur dan umur ditunjukkan pada Gambar 3.3.

Tabel 3.2 Nilai kuat lentur (F_{cf}) dan modulus lentur (E) benda uji terhadap umur

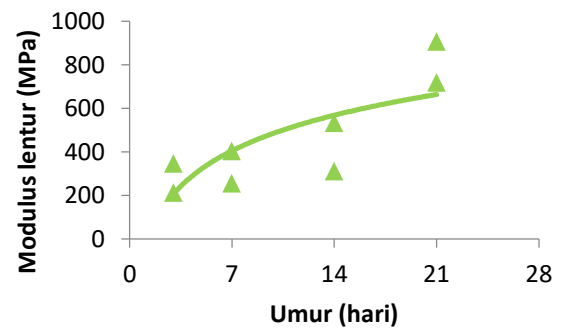
Umur (hari)	Benda Uji	F_{cf} (MPa)	E (MPa)	F_{cf} regresi (MPa)	E regresi (MPa)
3	1	0.128	346.006	0.139	205.679
	2	0.160	212.016		
7	1	0.146	403.266	0.179	405.049
	2	0.201	255.019		
14	1	0.210	310.715	0.211	568.146
	2	0.190	533.081		
21	1	0.252	718.220	0.230	663.552
	2	0.232	906.552		

Berdasarkan hasil analisis regresi dari kurva hubungan kuat lentur dan umur, nilai kuat lentur terendah berada pada sampel berumur 3 hari dengan nilai sebesar 0,139 MPa. Kemudian meningkat 28,78% pada umur 7 hari (0,179 MPa), dari umur 7 hari ke 14 hari meningkat sebesar 17,88% (0,211 MPa), dan peningkatan dari umur 14 ke 21 hari hanya sebesar 9% (0,230 MPa). Sedangkan nilai modulus lentur pada umur 3 hari sebesar

205,679 MPa. Kemudian mengalami peningkatan dari umur 3 hari ke 7 hari sebesar 96,93% (405,049 MPa), dari umur 7 hari ke 14 hari sebesar 40,27% (568,146 MPa), dan dari umur 14 ke 21 hari sebesar 16,79% (663,552 MPa).



Gambar 3.2 Kurva hubungan kuat lentur dan umur



Gambar 3.3 Kurva hubungan modulus lentur dan umur

4. Pembahasan

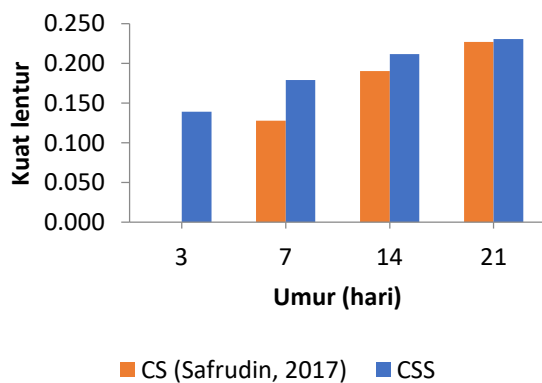
Pengaruh Umur terhadap Kuat Lentur dan Modulus Lentur

Hasil dari analisis dan perhitungan menunjukkan seiring bertambahnya umur, nilai kuat lentur dan modulus lentur semakin meningkat. Peningkatan ini diakibatkan adanya reaksi kimia dari stabilisasi tanah dengan semen berupa hidrasi semen. Proses hidrasi semen menyebabkan peningkatan kekuatan pada campuran yang relatif cepat terjadi antara satu hari dan satu bulan (Muntohar, 2014). Sedangkan perkuatan dengan serat tidak menyebabkan peningkatan kuat lentur dan modulus lentur terhadap umur karena serat bukan termasuk bahan perkuatan secara kimiawi.

Pengaruh Serat Plastik pada Tanah Semen terhadap Kuat Lentur dan Modulus Lentur

Sifat lentur tanah colluvium yang distabilisasi semen dan serat (CSS) ini kemudian dibandingkan dengan tanah colluvium yang distabilisasi semen (CS) yang diuji oleh Safrudin, 2017. Gambar 4.1 dan 4.2 disajikan untuk mengidentifikasi pengaruh penambahan serat pada nilai kuat lentur dan modulus lentur dari setiap waktu pengeraman.

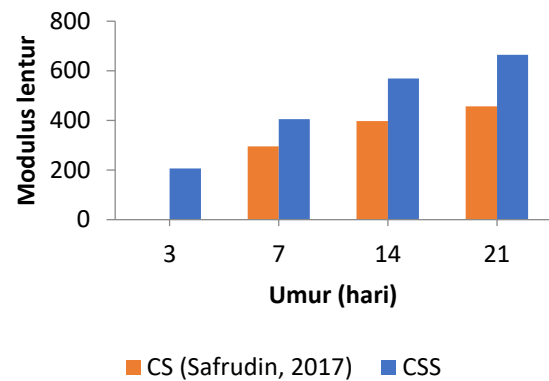
Nilai kekuatan lentur dari tanah semen di berbagai umur pemeraman (7, 14, dan 21 hari) adalah 0,128, 0,190, dan 0,227 MPa. Tidak didapatkan hasil dari uji lentur CS pada umur 3 hari karena benda uji patah sebelum diuji, sehingga pengaruh serat untuk umur 3 hari tidak dapat diidentifikasi. Perbandingan antara CS dan CSS menunjukkan penambahan serat dalam campuran dapat meningkatkan nilai kuat lentur. Seperti yang dapat dilihat, kekuatan lentur dari CCS lebih tinggi dari CS. Penambahan serat pada tanah semen saat umur 7 hari mampu meningkatkan nilai kuat lentur sebesar 39,84%. Kemudian pada umur 14 hari meningkat sebesar 11,05%. Sedangkan pada umur 21 hari hanya mampu meningkatkan 1,32%.



Gambar 4.1 Kuat lentur tanah semen dan tanah semen yang diperkuat serat

Nilai modulus lentur dari CS terhadap umur pemeraman (7, 14, dan 21 hari) adalah 295,899, 397,417, dan 456,802 MPa. Jika dibandingkan, nilai modulus lentur CCS lebih tinggi sekitar 40% dari tanah semen. Hal ini menunjukkan penambahan serat mampu meningkatkan kekakuan balok.

Peningkatan kuat lentur dan modulus lentur CS terhadap CCS diakibatkan penambahan serat mampu meningkatkan kekuatan tarik pada balok (Gaspard dkk., 2003). Kekuatan tarik ini diperlukan untuk menerima regangan tarik yang terjadi dibawah sumbu netral balok pada saat menerima beban lentur.



Gambar 4.2 Modulus lentur tanah semen dan tanah semen yang diperkuat serat

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis laboratorium yang disajikan dalam laporan tugas akhir ini, dapat disimpulkan bahwa:

1. Nilai kuat lentur dan modulus lentur meningkat seiring bertambahnya umur sampel. Nilai kuat lentur meningkat 66,01% pada umur 21 hari. Sedangkan nilai modulus lentur meningkat 222,61% pada umur 21 hari.
2. Penambahan serat pada tanah semen mampu meningkatkan nilai kuat lentur. Peningkatan tertinggi terjadi pada umur 7 hari. Peningkatan yang dialami sebesar 39.96%.
3. Penambahan serat pada tanah semen mampu meningkatkan nilai modulus lentur. Nilai modulus lentur tanah semen yang diperkuat serat lebih tinggi sekitar 40% dari tanah semen.

6. Daftar Pustaka

Anggraini, V., Asadi, A., Syamsir, A., dan Huat, B. B. K., 2017. Three Point Bending Flexural Strength of Cement Treated Tropical Marine Soil Reinforced

- by Lime Treated Natural Fiber. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation* 111: 158–166.
- Austrroads, 2014. *Cemented Materials Characterisation: Final Report*. Austrroads Incorporated, Australia.
- BSN, 2004. SNI 15-7064-2004: Semen Portland Komposit. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Disfani, M.M., Arulrajah, A., Haghghi, H., Mohammadinia, A., dan Horpibulsuk, S., 2014. Flexural Beam Fatigue Strength Evaluation of Crushed Brick as a Supplementary Material in Cement Stabilized Recycled Concrete Aggregates. *Construction and Building Materials* 68: 667–676.
- Donkor, P., dan Obonyo, E., 2016. Compressed Soil Blocks: Influence of Fibers on Flexural Properties and Failure Mechanism. *Construction and Building Materials* 121: 25–33.
- Gaspard, K. J., Mohammad, L. N., dan Wu, Z., L., 2003. Laboratory mechanistic evaluation of soil cement mixtures with fibrillated-polypropylene-fibers. *82nd Transportation Research Board Annual Meeting*, Wasington, D. C., 12-16 Januari 2003, 1-21.
- Jamsawang, P., Suansomjeen, T., Sukontasukkul, P., Jongpradist, P., dan Bergado, D. T., 2018. Comparative Flexural Performance of Compacted Cement-Fiber-Sand. *Geotextiles and Geomembranes* 46 (4): 414–425.
- Jamsawang, P., Voottipruex, P., dan Horpibulsuk, S., 2015. Flexural Strength Characteristics of Compacted Cement-Polypropylene Fiber Sand. *Journal of Materials in Civil Engineering* 27 (9): 1-9.
- Mandal, T., Edil, T. B., dan Tinjum, J. M., 2017. Study on Flexural Strength, Modulus, and Fatigue Cracking of Cementitiously Stabilised Materials. *Road Materials and Pavement Design*, 19: 1–17.
- Mandal, T., Tinjum, J. M., Gokce, A., dan Edil, T., B., 2016. Protocol for Testing Flexural Strength, Flexural Modulus, and Fatigue Failure of Cementitiously Stabilized Materials Using Third-Point Flexural Beam Tests. *Geotechnical Testing Journal* 39 (1): 91–105.
- Muntohar, A.S., 2014. Prinsip-prinsip Perbaikan Tanah. Yogyakarta: Lembaga Penelitian, Publikasi dan Pengabdian Masyarakat UMY.
- Nusit, K., dan Jitsangiam, P., 2016. Damage Behavior of Cement-Treated Base Material. *Procedia Engineering* 143: 161–169.
- Onyejekwe, S., and Ghataora, G.S., 2014. Effect of Fiber Inclusions on Flexural Strength of Soils Treated with Nontraditional Additives. *Journal of Materials in Civil Engineering* 26 (8): 1-9.
- Safrudin, A.T., 2017. Uji Lentur Stabilisasi Tanah Colluvium Dengan Semen Sebagai Material Lapis Pondasi Bawah Pada Desain Perkerasan Jalan Menggunakan Metode Austrroads 2004. Laporan Tugas Akhir. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Jurusan Teknik Sipil.
- Widianti, A., Hartono, H., dan Muntohar, A.S., 2007. Tanah-Kapur-Abu Sekam Padi Dengan Inklusi Kadar Serat Karung Plastik. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika* 10 (1): 1–13.
- Yeo, Y.S., 2011. *Characterisation of Cement Treated Crushed Rock Basecourse for Western Australian Roads*. PhD Thesis, Curtin University, School of Civil and Mechanical Engineering.
- Zhang, P., Li, Q.F, dan Wei, H., 2010. Investigation of Flexural Properties of Cement-Stabilized Macadam Reinforced with Polypropylene Fiber. *Journal of Materials in Civil Engineering* 22 (12): 1282–1297.