

UJI LENTUR STABILISASI TANAH COLLUVIUM DENGAN SEMEN SEBAGAI MATERIAL LAPIS PONDASI BAWAH PADA DESAIN PERKERASAN JALAN MENGGUNAKAN METODE AUSTRROADS 2004

Riwayat Artikel

Diterima

1 Juni 2017

Direvisi

5 Juni 2017

Dipublikasi

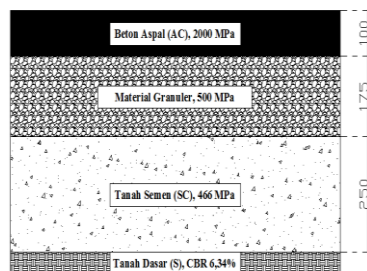
6 Juni 2017

Ade Trias Safrudin^a, Agus Setyo Muntohar^{a*}, Anita Rahmawati^a

^a Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

*Corresponding author
muntohar@umy.ac.id

Graphical abstract



Abstract

Colluvium soil stabilized with cement is used as an alternative materials for the base course. In this study, The material was studied using flexural beam testing. the cement content used was 5% of the total weight of the mixture. The flexural beam test sample was made at optimum moisture content (OMC) and was subjected to 3, 7,14, and 21 days of curing. Test results show that, the value of flexural strength and flexural modulus increase. In pavement design with the curing age of the specimens. Austroads 2004 method, 21 days of flexural modulus sample was used as 466,020 MPa as subbase course material with thickness 250 mm , granular material 500 MPa as basecourse with thickness 175 mm, and asphalt concrete material 2000 MPa as surface course with a thickness of 100 mm.

Keywords: colluvium soil, cement, stabilized, subbase course

Abstrak

Tanah colluvium yang distabilisasi dengan semen dijadikan sebagai alternatif material untuk lapis pondasi jalan. Pada penelitian ini, material tersebut dikaji menggunakan pengujian lentur balok. kadar semen yang digunakan sebanyak 5% dari berat total campuran. Sampel uji lentur dibuat pada kondisi kadar air optimum (OMC) serta diperam selama 3, 7,14, dan 21 hari. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin lama umur sampel, maka nilai kuat lentur dan modulus lentur akan semakin meningkat pula. Pada desain perkerasan jalan dengan metode Austroads 2004, digunakan nilai modulus lentur sampel berumur 21 hari sebesar 466,020 MPa sebagai material lapis pondasi bawah dengan tebal 250 mm, material granuler 500 MPa sebagai lapis pondasi atas dengan tebal 175 mm, dan material aspal beton 2000 MPa sebagai lapis permukaan dengan tebal 100 mm.

kata kunci : tanah colluvium, semen, stabilisasi, lapis pondasi bawah

© 2017 Penerbit LP3M UMY. All rights reserved

1 PENDAHULUAN

Dalam pelaksanaan pembangunan konstruksi perkerasan jalan, membutuhkan berbagai pertimbangan terutama terkait dengan hal teknis, ekonomis, dan metode konstruksinya. Penggunaan agregat merupakan hal umum dalam sebuah konstruksi perkerasan jalan, baik pada struktur lapis pondasi maupun lapis permukaan. Namun,

ketersediaan material agregat dari waktu ke waktu semakin berkurang. Keterbatasan dan kesulitan dalam mendapatkan material agregat seringkali ditemui pada pembangunan jalan di wilayah pelosok terutama di daerah pengunungan atau perbukitan, sehingga harus ada alternatif material

yang dapat menggantikan agregat terutama pada struktur lapis pondasi jalan.

Pemanfaatan tanah yang distabilisasi telah menjadi salah satu alternatif pengganti material agregat lapis pondasi dalam sebuah konstruksi jalan. Stabilisasi adalah proses pemberian zat aditif atau bahan pengikat pada bahan tanah dasar untuk meningkatkan kinerja bahan tersebut guna tujuan tertentu. Meskipun terdapat berbagai bahan pengikat, pada penelitian ini digunakan semen karena relatif dapat diterapkan sebagai bahan penstabil untuk mayoritas jenis tanah, serta semen merupakan bahan yang biasa digunakan pada industri konstruksi. Ketika semen dicampurkan dengan tanah, hasil dari stabilisasi umumnya disebut sebagai tanah semen (Yeo, dkk., 2011).

Stabilisasi material lapis pondasi jalan menggunakan semen telah banyak dikaji dalam skala laboratorium seperti yang telah dilakukan oleh Yeo, dkk (2011), Jitsangiam, dkk (2016), Nusit dan Jitsangiam (2016), Nono (2009). Dalam penelitian yang dilakukan oleh Andriani, dkk. (2012) penambahan semen sebagai bahan stabilisasi dapat meningkat daya dukung tanah secara signifikan. Menurut Bina Marga (2006) tanah yang dapat digunakan untuk lapis pondasi tanah semen adalah lempung, lanau, dan tanah berbutir (granular) seperti pasir dan kerikil. Sehingga dalam penelitian ini, material tanah *colluvium* yang distabilisasi dengan semen diuji menggunakan pengujian lentur balok (*flexural beam test*) untuk menentukan nilai kuat lentur, modulus lentur, mengkaji pengaruh umur sampel terhadap kuat lentur dan modulus lentur, serta Menerapkan material stabilisasi tanah *colluvium* dengan semen sebagai lapis pondasi bawah pada desain struktur tebal lapis perkerasan jalan menggunakan metode Austroads 2004.

2 METODE PENELITIAN

2.1 Desain Penelitian

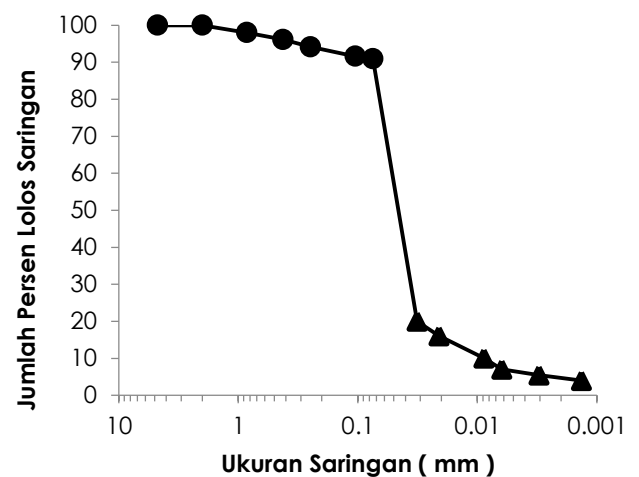
Parameter utama yang akan dikaji dalam penelitian ini adalah kuat lentur (*flexural strength*) dan modulus lentur (*flexural modulus*) dari sampel tanah yang distabilisasi dengan semen menggunakan uji balok lentur (*flexural beam test*). Benda uji yang digunakan berukuran 50×63,5×400 mm. Pembuatan benda uji dilakukan pada kondisi kadar air optimum sebesar 26,5% dan target kepadatan atau berat volume kering maksimum sebesar 13,08 kN/m³, yang didapatkan dari uji pematatan *proctor* standar sesuai dengan ASTM-D698-12. Semen ditambahkan sebesar 5% dari berat total campuran, dengan variasi umur 3, 7, 14, dan 21 hari. Jumlah benda uji lentur adalah 12 sampel (3 sampel untuk setiap umur yaitu selama 3, 7, 14, dan 21 hari).

2.2 Tanah yang digunakan

Pada penelitian ini menggunakan tanah *Colluvium* yang berasal dari daerah Kulonprogo, Daerah Istimewa Yogyakarta. Adapun Hasil uji sifat – sifat fisis dan indeks disajikan pada Tabel 1. Kurva distribusi ukuran butir tanah (Gambar 1) menunjukkan bahwa tanah mengandung fraksi tanah berbutir kasar sebanyak 9,08% dan fraksi tanah berbutir halus 90,92%. Karena persentase fraksi tanah berbutir halus lebih dari 50%, maka dapat dikategorikan sebagai tanah berbutir halus. Dari hasil pengujian batas cair dan batas plastis (lihat tabel 1), sehingga menurut sistem klasifikasi tanah *Unifie d Soil Classification System (USCS)*, tanah tersebut diklasifikasikan sebagai tanah lempung dengan plastisitas sedang sampai tinggi dengan simbol CH.

Tabel 1 Sifat-sifat fisis dan indeks tanah

Parameter	Hasil
Berat Jenis, G_s	2,65
Batas-batas <i>atteberg</i> :	
Batas cair, LL	68,80 %
Batas plastis, PL	33,79 %
Indeks plastisitas, PI	35,26 %
Pematatan <i>Proctor Standard</i> :	
Tanah Asli :	
Berat volume kering maksimum, MDD	13,43 kN/m ³
Kadar air optimum, OMC	25 %
Tanah + 5% semen :	
Berat volume kering maksimum, MDD	13,08 kN/m ³
Kadar air optimum, OMC	26,5 %



Gambar 1. Grafik Gradasi Butiran

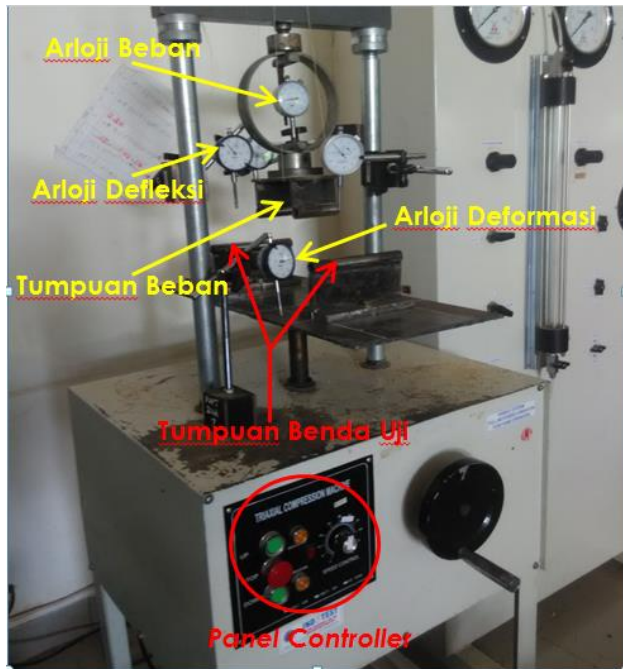
2.3 Alat yang digunakan

Alat Uji Lentur

Alat uji balok lentur yang digunakan merupakan hasil modifikasi alat uji tekan bebas dengan penambahan tumpuan benda uji dari plat besi dan pipa besi diatas piston penekan dengan rentang

tumpuan sepanjang 300 mm, dan dibawah piston beban dengan rentang tumpuan sepanjang 100 mm. Skema alat uji dapat dilihat pada Gambar 2. Adapun bagian-bagian utama alat uji ini adalah sebagai berikut :

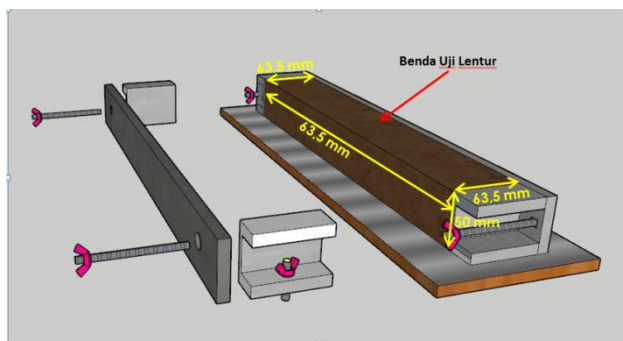
- 1) alat penekan tanah (*loading device*),
- 2) arloji Pengukur, yang digunakan terdiri atas arloji pengukur beban aksial, dan arloji pengukur deformasi,,
- 3) tumpuan benda uji dan beban,
- 4) panel controller.



Gambar 2. Alat Uji Lentur Balok (*Flexural Beam Test Apparatus*)

2.4 Pembuatan Benda Uji dan Prosedur Pengujian

Tidak ada standar yang tetap dalam pembuatan benda uji balok untuk pengujian lentur (Yeo, 2011). Pada penelitian ini, benda uji dibuat dengan tinggi 50 mm, lebar 63,5 mm, dan panjang 400 mm berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Jitsangiam dkk. (2016) dan Yeo (2011). Cetakan benda uji dibuat dari plat besi dengan ketebalan 10 mm. Adapun skema cetakan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Skema cetakan sampel balok uji lentur

Tanah lolos saringan No.#4 dalam kondisi kering oven yang telah disiapkan dicampurkan dengan semen dan diaduk hingga merata. Penambahan air pada campuran dilakukan secara bertahap menggunakan *sprayer* dan diaduk hingga seluruh bahan tercampur secara merata. Adonan yang telah tercampur kemudian dimasukkan ke dalam cetakan secara bertahap dalam tiga lapisan dan dipadatkan dengan perlahan pada setiap lapisan. Setelah tercetak, benda uji dikeluarkan dari cetakan kemudian dibungkus menggunakan plastik dan diikat dengan rapat. Selanjutnya benda uji disimpan selama 3, 7, 14, dan 21 hari di ruang yang memiliki suhu relatif tetap.

Sebelum pengujian dimulai, kecepatan pembebanan alat diatur secara konstan yaitu 0,01 mm/detik. Benda uji diukur dimensinya dan ditimbang untuk mengetahui kadar air dan kepadatan yang diperoleh. Beri tanda garis sesuai jarak tumpuan alat uji untuk memudahkan dalam meletakkan benda uji diatas tumpuan, sehingga letak benda uji sentris dengan keempat tumpuan. Atur posisi arloji ukur defleksi pada titik tengah antar tumpuan dan arloji ukur deformasi pada plat alas tumpuan. Jarum penunjuk angka pada arloji ukur pembebanan, arloji ukur defleksi, dan arloji ukur deformasi diatur pada angka nol. Pengujian dimulai dengan menekan tombol *up*, jarum arloji pembebanan dan defleksi dibaca per 5 detik. Pengujian dihentikan ketika benda uji patah dengan menekan tombol *stop*.

2.5 Analisis Data dan Desain Tebal Perkerasan Jalan

Parameter yang dicari dalam pengujian balok lentur adalah kuat lentur dan modulus lentur dari material stabilisasi tanah *colluvium* dengan semen. Adapun nilai kuat lentur dan modulus lentur dapat dihitung menggunakan persamaan 1 dan 2.

$$F_{cf} = \frac{PL(1000)}{WH^2} \quad (1)$$

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

dengan, F_{cf} = kuat lentur (MPa), E = modulus lentur (MPa), P = beban maksimum (kN), L = jarak antar tumpuan benda uji (mm), W = lebar benda uji (mm), H = tinggi benda uji (mm), Δ = defleksi maksimum (mm). (Austroads, 2014a)

Pada penelitian ini, dilakukan desain tebal perkerasan jalan menggunakan metode *Austroads* 2004. Metode ini didasarkan pada analisis struktural dari perkerasan multi-lapis sesuai dengan beban lalu lintas normal (Austroads, 2004). Secara umum, tahapan dari desain adalah sebagai berikut :

1. evaluasi parameter masukan (material, lalu lintas, lingkungan, dll)
2. memilih material perkerasan desain

3. analisis material perkerasan desain untuk menentukan lalu lintas yang diijinkan
4. membandingkan desain perkerasan dengan desain lalu lintas, dan
5. menentukan ditolak atau diterima desain perkerasan jalan yang sudah dibuat.

Adapun data perencanaan perkerasan jalan diambil dari tugas akhir (Muyasyaroh, 2017) tentang perencanaan jalan raya Siluk-Kretek, Bantul, D.I. Yogyakarta.

Tabel 2. Data geometrik jalan

Nama Jalan	Ruas Jalan Siluk-Kretek, Bantul, D.I. Yogyakarta
Status Jalan	Jalan Provinsi
Fungsi Jalan	Kolektor
Kelas Jalan	II
Tipe Jalan	2 Lajur 2 Arah

Tabel 3. Data perancangan tebal perkerasan jalan

CBR Tanah Dasar	5,23%
Umur Rencana, P	10 Tahun
Pertumbuhan Lalu Lintas, R	3,5% per Tahun
Distribusi Arah, DF	50%
Reliability	90%

Tabel 4. Data lalu lintas

Jenis Kendaraan	LHR
Mobil Penumpang	2809
Bus Kecil	105
Bus Besar	20
Truk Sedang 2 As	89
Truk Besar 2 As	116
Total	3139

3 HASIL PENELITIAN

3.1 Uji Lentur Balok (Flexural Beam Test)

Hasil pengujian lentur balok berupa kurva hubungan beban dan defleksi diberikan pada Gambar 4. Pada sampel berumur 3 hari tidak tercatat hasilnya dikarenakan sampel patah ketika pengujian baru berjalan ±2 detik. Untuk sampel berumur 7 hari beban maksimum yang dapat diterima oleh sampel sebesar 0,089 kN, 0,052 kN, 0,057 kN dengan defleksi maksimum sebesar 0,23 mm, 0,21 mm, 0,21 mm, sedangkan pada sampel berumur 14 hari, beban maksimum yang dapat diterima oleh sampel sebesar 0,108 kN, 0,065 kN, 0,103 kN dengan defleksi maksimum sebesar 0,25 mm, 0,21 mm, 0,24 mm, dan untuk sampel berumur 21 hari, beban maksimum yang dapat diterima oleh sampel sebesar 0,121 kN, 0,112 kN, 0,133 kN dengan defleksi maksimum sebesar 0,24 mm, 0,25 mm, 0,27 mm.

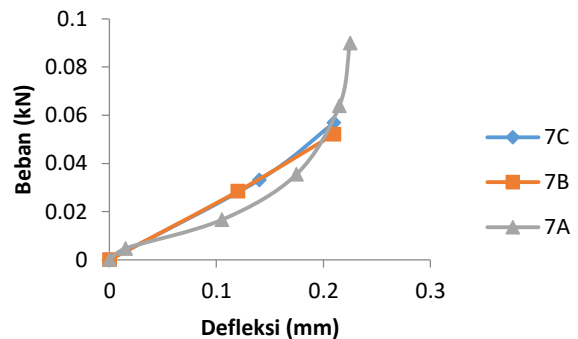
Nilai kuat lentur dan modulus lentur dari sampel material tanah semen dihitung menggunakan persamaan 1 dan 2. Adapun hasil perhitungan kuat lentur dan modulus lentur dari material tanah colluvium yang distabilisasi dengan semen dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 5. Nilai kuat lentur dan modulus lentur stabilisasi tanah dengan semen

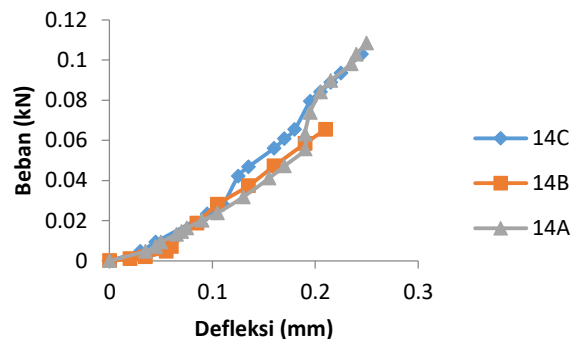
Benda Uji	F_{ct} (Mpa)	E (Mpa)	F_{ct} regresi (Mpa)	E regresi (Mpa)
3A	-	-	-	-
3B	-	-	-	-
3C	-	-	-	-
7A	0,188	393,476		
7B	0,094	244,954	0,127	295,899
7C	0,114	265,444		
14A	0,212	431,532		
14B	0,117	304,473	0,190	397,417
14C	0,205	412,421		
21A	0,233	482,210		
21B	0,215	436,215	0,227	456,802
21 C	0,255	479,634		

3.2 Tebal Perkerasan Jalan

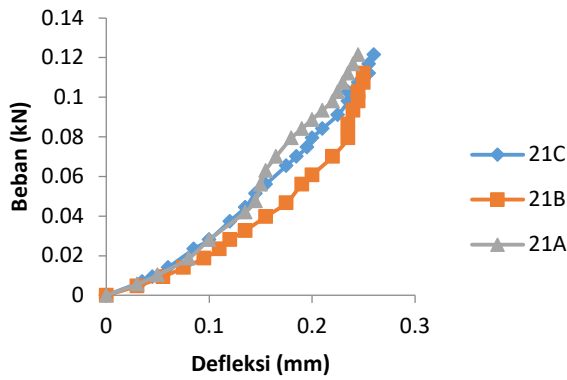
Hasil perhitungan tebal perkerasan jalan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 5. Struktur lapis perkerasan jalan tersusun atas material beton aspal 2000 MPa (*asphalt concrete*) sebagai lapis permukaan (*wearing course*) dengan ketebalan 100 mm, dibawah lapis permukaan dipilih material granuler 500 MPa sebagai lapis pondasi atas (*base course*) dengan ketebalan 175 mm, dan pada lapis pondasi bawah (*subbase course*) adalah material tanah colluvium yang distabilisasi menggunakan semen dengan ketebalan 250 mm.



(a)

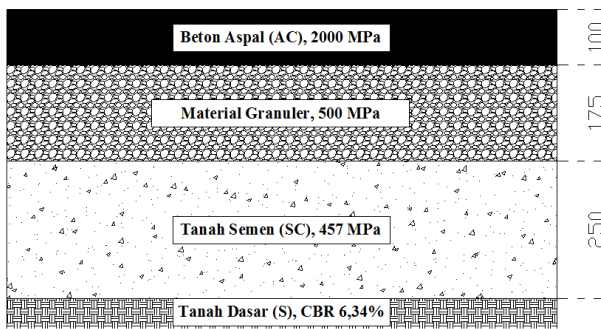


(b)



(c)

Gambar 4. Kurva hubungan beban dan defleksi (a) umur 7 hari, (b) umur 14 hari, (c) umur 21 hari

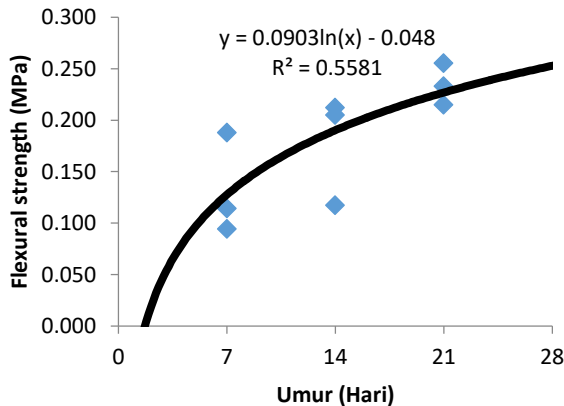


Gambar 5. Struktur lapis perkerasan jalan

4 PEMBAHASAN

4.1 Pengaruh umur sampel terhadap parameter kuat lentur dan modulus lentur

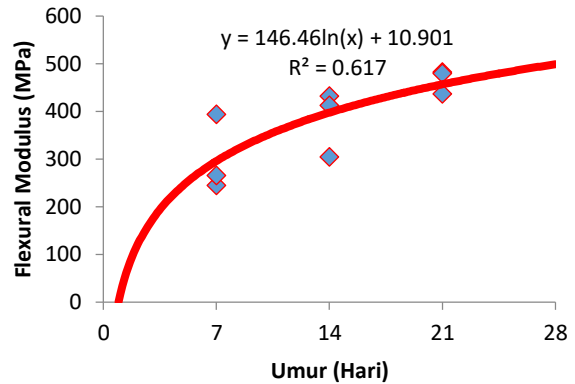
Hubungan antara kuat lentur dengan umur (*curing time*) dari sampel stabilisasi tanah *colluvium* menggunakan semen disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik hubungan kuat lentur (flexural strength) dengan umur sampel

Berdasarkan Tabel 2 dan Gambar 6, nilai kuat lentur terendah diperoleh pada sampel berumur 3 hari dengan nilai yang tidak terbaca dikarenakan

patah lebih dini (sebelum waktu pembacaan) pada saat pengujian. Pada sampel berumur 7 hari didapatkan nilai kuat lentur 0,127 MPa, meningkat 49,61% pada umur 14 hari dengan nilai kuat lentur rata-rata sebesar 0,190 MPa, kemudian pada sampel berumur 21 hari didapat nilai kuat lentur rata-rata sebesar 0,227 MPa, meningkat 19,89 % dari sampel berumur 14 hari. Sedangkan hubungan antara modulus lentur dengan umur sampel stabilisasi tanah *colluvium* menggunakan semen disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik hubungan modulus lentur (flexural modulus) dengan umur sampel

Berdasarkan Tabel 2 dan Gambar 7, untuk sampel berumur 7 hari didapatkan nilai modulus lentur sebesar 295,899 MPa, meningkat 34,31 % pada umur 14 hari dengan nilai modulus lentur sebesar 397,417 MPa, kemudian pada sampel berumur 21 hari didapat nilai modulus lentur rata-rata sebesar 456,802 MPa, meningkat 14,94 % dari sampel berumur 14 hari.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa hubungan kuat lentur dan modulus lentur dengan umur sampel memiliki persamaan yaitu semakin bertambahnya umur maka semakin meningkat pula kuat lentur dan modulus lentur dari sampel stabilisasi tanah *colluvium* menggunakan semen.

4.2 Desain Tebal Perkerasan Jalan

Pada penelitian ini, material stabilisasi tanah *colluvium* diaplikasikan pada lapis pondasi bawah (*subbase course*) dari struktur perkerasan jalan seperti yang diperlihatkan pada Gambar. Dalam perhitungan desain perkerasan jalan, pada intinya adalah menghitung kemampuan material perkerasan dalam menahan beban lalu lintas rencana. Asumsi material untuk desain lapis perkerasan didasarkan pada Austroads 2004, yaitu dipilih material aspal beton (*asphalt concrete*) 2000 MPa sebagai lapis permukaan, material granuler 500 MPa sebagai lapis pondasi, dan material tanah *colluvium* yang distabilisasi menggunakan semen sebagai lapis pondasi bawah. Parameter material tanah semen yang diperlukan dalam perhitungan

tebal perkerasan adalah nilai modulus lentur dan nilai *poisson ratio*. Adapun nilai modulus lentur yang digunakan adalah nilai modulus lentur rata-rata yang tertinggi (lihat Tabel 2), yaitu sebesar 456,802 MPa. Sedangkan nilai *poisson ratio* ditetapkan sebesar 0,2 berdasarkan ketentuan Austroads (2004). Dibawah ini merupakan tabel hasil dari perhitungan kemampuan material perkerasan dan lalu lintas rencana

Tabel 3. Perbandingan nilai beban lalu lintas rencana dengan beban pada perkerasan yang diijinkan

<i>Distress Mode</i>	Beban yang diijinkan (SAR)	Beban Lalu Lintas rencana (SAR)
Permanent Deformation of Subgrade	2,45×10 ¹⁰ SAR	2,848×10 ⁶ SAR
Cemented Material Fatigue	1,30×10 ¹⁰ SAR	2,136×10 ⁷ SAR
Asphalt Fatigue	2,26×10 ⁷ SAR	1,958×10 ⁶ SAR

Dari tabel diatas, karena nilai beban lalu lintas rencana lebih kecil dari nilai beban yang diijinkan, maka dapat disimpulkan bahwa desain perkerasan jalan dapat diterima dan mampu menahan beban yang melewati diatasnya.

5 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa dapat disimpulkan bahwa:

1. Semakin bertambah umur sampel, maka semakin meningkat pula kuat lentur dan modulus lentur dari stabilisasi tanah *colluvium* dengan semen 5%.
2. Nilai kuat lentur (*flexural strength*) meningkat 49,61% dari umur 7 hari ke umur 14 hari, dan meningkat 19,89% dari umur 14 hari ke umur 21 hari.
3. Modulus lentur (*flexural modulus*) meningkat 34,31% dari umur 7 hari ke umur 14 hari, dan meningkat 14,94% dari umur 14 hari ke umur 21 hari.
4. Pada desain tebal perkerasan jalan, material stabilisasi tanah *colluvium* menggunakan semen 5% dengan nilai modulus lentur 457 MPa diaplikasikan sebagai lapis pondasi bawah (*subbase course*).

5. Hasil tebal desain perkerasan jalan adalah sebagai berikut :

- aspal beton (*asphalt concrete*) 2000 MPa dengan tebal 100 mm
- Material granuler 500 MPa dengan tebal 175 mm
- Material tanah semen 466 MPa dengan tebal 250 mm

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Direktorat Riset dan Pengabdian kepada Masyarakat, Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi atas pendanaan penelitian melalui Riset Pengembangan Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi (IPTEK) tahun 2016.

Daftar Pustaka

- Andriani, Yuliet, R., Fernandez, F., L., 2012. *Pengaruh Penggunaan Semen sebagai Bahan Stabilisasi pada Tanah Lempung Daerah Lambung Bukit terhadap Nilai CBR Tanah*. Jurnal Rekayasa Sipil, Volume 8 Nomor 1
- Austroads, 2004. *Pavement Design : A Guide to the Structural Design of Road Pavements*. Australia : Austroads Inc.
- Austroads, 2014b. *Cemented Materials Characterisation : Final Report*. AP-R462-14. Australia.
- Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 2006. *Manual Pekerjaan Lapis Pondasi Jalan Nomor 002-06/BM/2006*. Jakarta : Departemen Pekerjaan Umum.
- Jitsangiam, P., dkk., 2016. *Fatigue Assasment of Cement-Treated Base for Road: An Examination of Beam-Fatigue Test*. J.Mater. Civ.Eng., 0401609. American Society of Civil Engineers.
- Muyasyaroh, S., L., 2017. *Analisis Tebal Perkerasan Lentur dengan Metode Analisa Komponen SKBI 1987 Bina Marga dan Metode AASTHO 1993 pada Ruas Jalan Siluk-Kretek, Bantul, DIY*. Tugas Akhir S-1. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Nusit, K., and Jitsangiam, P., 2016. *Damage Behavior of Cement-Treated Base Material*. Procedia Engineering, volume 143, 2016, pages 161–169.
- Yeo, Y. S., Jitsangiam, P., Nikraz, H., 2011. *Mix Design of Cementitious Basecourse*. Curtin University, Australia.
- Yeo, Y., S., 2011. *Characterisation of Cement Treated Crushed Rock Basecourse for Western Australian Roads*. Thesis of Doctor of Philosophy Degree, Curtin University.