

EVALUASI SAMI-RUBBERCRET SEBAGAI BAHAN INTERLAYER PADA OVERLAY BETON DI ATAS PERKERASAN KAKU (*UNBONDED CONCRETE OVERLAY*)

Edward Ngii^{1*}, Iman Satyarno², Latif Budi Suparma², Suprpto Siswosukarto²

¹Mahasiswa Pascasarjana, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Lingkungan, UGM

^{1,2}Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, UGM Jl. Grafika 2, Kampus UGM, Yogyakarta, 55281

*Email: dwrn.ngii@gmail.com

Abstrak

Kinerja unbonded concrete overlay dipengaruhi oleh kinerja lapis interlayer. Fungsi utama bahan interlayer mengisolasi pergerakan lapis overlay dari lapis eksisting sehingga keduanya bergerak secara independen. Ngii, dkk. (2015) mengembangkan bahan interlayer SAMI-Rubbercret berdasarkan variasi penggunaan kadar karet. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja SAMI-Rubbercret yang memberikan fungsi maksimal pada unbonded concrete overlay. Pada penelitian ini, SAMI-Rubbercret setebal 3 cm dirancang dengan jumlah semen 400 kg/m³ dengan perbandingan berat karet terhadap pasir yaitu 20/80; 40/60; 60/40; dan 80/20. Pengujian kinerja interlayer menggunakan balok standar 600×150×60 mm yang dibuat komposit antara lapis beton eksisting, SAMI-Rubbercret, dan lapis beton overlay. Dua strain gauge dipasang di lokasi serat bawah lapis overlay dan di serat atas lapis eksisting untuk mengetahui perilaku regangan dari lapis beton eksisting dan overlay. Tiga LVDT dipasang di atas permukaan beton. Three point flexural test dengan pembebanan terpusat dilakukan untuk menilai kinerja SAMI-Rubbercret dalam sistem unbonded concrete overlay. Hasil pengujian diperoleh bahwa penggunaan SAMI-RC40 memberikan hasil yang optimum memisahkan pergerakan lapis eksisting dan overlay. Penggunaan SAMI-RC60 dan SAMI-RC80 dalam sistem unbonded concrete overlay membuat lapis eksisting mengalami tegangan tarik mengikuti regangan yang terjadi pada interlayer sehingga menyebabkan struktur unbonded concrete overlay menjadi konstruksi monolit

Kata kunci: SAMI-Rubbercret, Interlayer, Overlay, Perkerasan Kaku

PENDAHULUAN

Perkerasan kaku telah menjadi populer untuk perkerasan yang berhubungan dengan beban berat karena kapasitas menahan bebannya tinggi dan biaya pemeliharaannya rendah dibandingkan dengan perkerasan lentur. Oleh karenanya perkerasan ini banyak diaplikasikan pada perkerasan bandara yang menahan beban berat pesawat udara. Salah satu isu penting pada perkerasan bandara saat ini adalah masalah rehabilitasi perkerasan. Pertimbangan yang paling banyak mendasari dilakukannya rehabilitasi yaitu perkerasan mencapai masa layan (*service life*) atau perbaikan kerusakan.

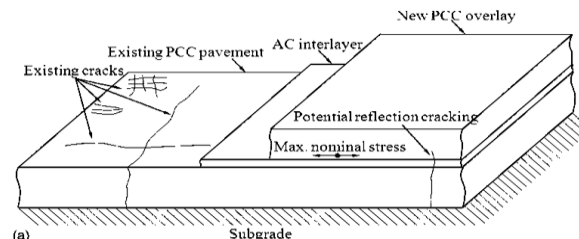
Overlay beton di atas perkerasan kaku telah banyak digunakan sebagai metode rehabilitasi karena menawarkan keuntungan dibanding dengan teknik overlay lainnya. Namun overlay dengan menghampar langsung lapis beton di atas perkerasan kaku dapat menimbulkan masalah retak refleksi (Harrington, 2008). Penggunaan lapis *interlayer* sebagai kontrol retak refleksi dalam sistem *overlay* beton, telah dianggap sebagai metode kontrol retak refleksi yang efisien baik dari segi kinerja dan biaya (Khodaii & Fallah, 2009). Bahan interlayer berfungsi untuk mengisolasi pergerakan lapis overlay dari lapis eksisting sehingga keduanya bergerak secara independen. Dengan cara demikian, dapat mengeliminasi atau mengurangi retak refleksi.

Saat ini bahan interlayer untuk *unbonded concrete overlay* adalah campuran aspal konvensional (AASHTO, 1993; Kimpraswil, 2003), namun Torres, dkk. (2012) melaporkan bahwa sifat drainase pada campuran beraspal masih menjadi masalah yang harus diatasi. Ngii, dkk. (2015) mengembangkan bahan interlayer berbasis beton karet (*rubbercret*) yang disebut *Stress Absorbing Membrane Interlayer-Rubbercret* (SAMI-RC). Bahan karet yang digunakan adalah karet serutan hasil buangan industri vulkanisir ban sehingga akan menghasilkan bahan interlayer yang lebih murah dan ramah lingkungan.

Evaluasi bahan SAMI-Rubbercret ini bertujuan untuk memperoleh campuran SAMI-Rubbercret yang bekerja maksimal mengisolasi pergerakan lapis overlay dan lapis eksisting dalam sistem *unbonded concrete overlay*.

Interlayer dalam Struktur *Unbonded Concrete Overlay*

Unbonded concrete overlay adalah metode overlay yang menggunakan lapis interlayer diantara lapis perkerasan kaku eksisting dan lapis baru overlay beton, seperti diperlihatkan pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Skema sistem *Unbonded Concrete Overlay* (Liao dan Ballarini, 2012)

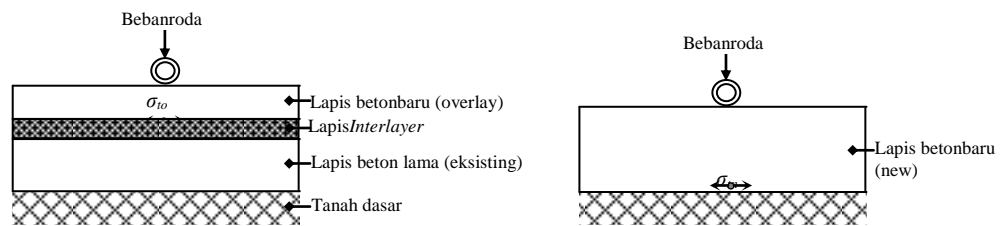
Gambar 1 memperlihatkan bahwa struktur *unbonded concrete overlay* merupakan struktur komposit yang komponennya terdiri dari lapis eksisting beton, lapis interlayer, dan lapis *overlay* beton. Lapis interlayer digunakan untuk menjamin perilaku independen dari kedua slab beton sehingga akan meminimalkan potensi retak refleksi. Qin dan Zhu (2011) menyebutkan beberapa fungsi penting dari lapis interlayer yang pertama adalah mengisolasi lapis *overlay* dari lapis dibawahnya sehingga masing-masing komponen bergerak independen. Tanpa pemisahan yang cukup, kerusakan pada lapis dibawahnya akan menyebabkan retak refleksi. Kedua, menyediakan cukup bidang geser antara lapis perkerasan yang berkontribusi pada aksi komposit yang berguna bagi kinerja *overlay*, dan ketiga menyediakan elevasi permukaan untuk konstruksi *overlay*.

Bahan interlayer yang direkomendasikan pada struktur *unbonded concrete overlay* saat ini adalah campuran aspal konvensional dengan tebal berkisar 2,5-5 cm (AASHTO, 1993; Harrington, 2008). Namun beberapa studi menunjukkan bahwa masih terdapat kelemahan pada penggunaan bahan ini. Torres, dkk. (2012), melaporkan bahwa masalah yang sering dihadapi dari penggunaan aspal konvensional yaitu sifat drainasenya, sementara masalah sifat drainase ini menjadi faktor yang kritis pada kinerja *overlay*. Ngii & Suparma (2004) melaporkan bahwa infiltrasi air dalam campuran aspal akan menyebabkan penuaan campuran aspal, sehingga campuran aspal menjadi lebih kaku dan getas dan mudah pecah atau rusak. Ngii, dkk. (2015) mengembangkan bahan interlayer berbasis beton karet (*rubbercret*) hasil penelitian Satyarno (2006), yang dinamakan *Stress Absorbing Membrane Interlayer-Rubbercret* (SAMI-Rubbercret). Interlayer SAMI-Rubbercret dirancang menggunakan semen sebesar 400 kg/m^3 dengan perbandingan berat karet serutan terhadap pasir yaitu 0/100; 20/80; 40/60; 60/40; dan 80/20. Namun dalam penelitian ini, belum diketahui apakah semua campuran SAMI-Rubbercret tersebut dapat berfungsi memisahkan pergerakan lapis eksisting dan *overlay* berdasarkan teori yang terdapat dalam Qin dan Zhu (2011).

Tegangan Maksimum pada *Unbonded Overlay*

Metode PCA menggunakan prinsip desain *unbonded overlay* berdasarkan konsep *stress equivalent* (Huang, 2004). Konsep ini mengizinkan analisis struktur perkerasan multilayer seperti *unbonded overlay* dilakukan dengan cara mengkonversi menjadi struktur yang ekuivalen dengan sistem single layer (*new pavement*) seperti pada Gambar 2.

Konsep *stress equivalent* menyatakan bahwa tegangan maksimum pada *unbonded concrete overlay* terjadi di tepi perkerasan (*stress edge*) sebesar σ_{to} . Tegangan maksimum ini terletak di lapis *overlay* beton pada serat terbawah sehingga merupakan tegangan tarik (+). Pada struktur ekuivalen tegangan maksimum di tepi dinyatakan dengan σ_{tn} . Besarnya tegangan maksimum pada *unbonded overlay* disyaratkan harus lebih kecil dibandingkan dengan tegangan pada struktur ekuivalennya ($\sigma_{to} \leq \sigma_{tn}$).



a) Struktur Perkerasan *Unbonded Overlay*

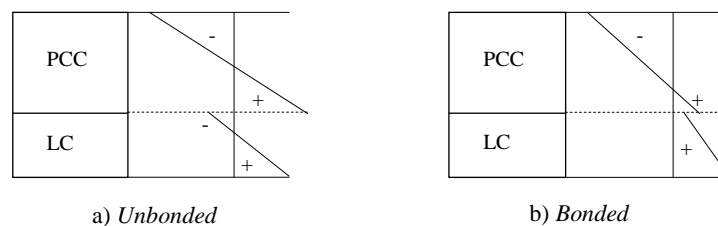
b) Struktur ekuivalen (*new pavement*)

Gambar 2. Konsep stress equivalent pada analisis tegangan *unbonded overlay* (Huang, 2004)

Berdasarkan teori ini maka evaluasi penggunaan bahan interlayer dalam sistem *unbonded overlay* dapat dilakukan. Tegangan tarik maksimum yang terjadi pada serat terbawah lapis overlay beton menjadi indikator keberhasilan penggunaan bahan interlayer. Semakin kecil tegangan tarik yang terjadi, maka dapat dinyatakan bahwa tipe SAMI-Rubbercrete yang digunakan dapat bekerja dengan baik sebagai bahan interlayer.

Distribusi Tegangan pada Sistem Komposit

Prilaku bahan interlayer dalam mengisolasi pergerakan antara lapis eksisting dan overlay dapat diketahui melalui diagram distribusi tegangan yang terjadi pada kedua lapisan. Secara teori, distribusi tegangan pada dua lapisan beton dengan kondisi *unbonded* dan *bonded* digambarkan seperti pada Gambar 3.



a) *Unbonded*

b) *Bonded*

Gambar 3. Distribusi tegangan pada balok komposit untuk a) kondisi *unbonded* dan b) kondisi *bonded* (Soderqvist & Silfwerbrand, 2005)

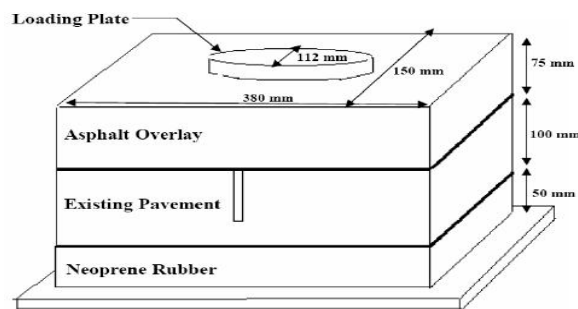
Berdasarkan Gambar 3, dapat diketahui perilaku diagram tegangan pada lapisan beton *Portland Concrete Cement* (PCC) dan *Lean Concrete* (LC) yang mengalami kondisi *unbonded* dan *bonded*. Pada kondisi *unbonded* (Gambar 3a), diagram tegangan terdistribusi di masing-masing lapisan cenderung sama. Lapisan PCC dan LC masing-masing memberikan respon tekan pada serat atas dan tarik pada serat bawah. Jika kondisi kedua lapisan terdapat lekatan (*bonded*) (Gambar 3b), maka garis netral berpindah ke serat terbawah lapis PCC dan tegangan tarik pada beton akan didistribusikan ke lapis bawah.

Uji Kinerja Interlayer dengan Balok Komposit

Penggunaan balok komposit untuk merepresentasikan *unbonded overlay* dalam menguji kinerja bahan interlayer telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya. Khodaii dan Fallah (2009), mengevaluasi interlayer geogrid sebagai perkuatan pada overlay aspal di atas perkerasan kakum menggunakan model balok komposit (beton-interlayer-aspal) berukuran 380×150×225 mm (Gambar 4a). Balok komposit diuji diatas lapis subgrade yang disimulasi menggunakan karet neoprene dengan tebal 50 mm, *hardness of shore* 60 dan Modulus elastisitas 11 MPa.

Uji kinerja interlayer dalam sistem *unbonded concrete overlay* menggunakan balok komposit dilakukan oleh Cho, dkk. (2014) yang mengevaluasi penggunaan interlayer aspal dan geotekstil pada sistem *unbonded concrete overlay*. Balok beton dibuat berukuran 63×150×525 mm dan diuji diatas tanah dasar yang dipadatkan, seperti terlihat pada Gambar 4b.

Pengujian kinerja interlayer yang berkembang saat ini, masih terfokus pada kinerja bahan interlayer dalam memperlambat terjadinya retak refleksi. Penelitian kali ini akan fokus pada kinerja interlayer SAMI-Rubbercrete dalam mengisolasi pergerakan antara lapisan eksisting dan overlay.



a) Khodaii & Fallah(2009)



b) Cho, dkk. (2014)

Gambar 4. Model pengujian kinerja interlayer dengan sistem balok komposit

METODOLOGI

Bahan penelitian

Bahan campuran beton untuk membuat lapis eksisting dan overlay terdiri dari semen PCC tipe I, air, pasir, kerikil (5-10 mm), bahan tambah (*viscocrete* dan *sika fume*). Bahan interlayer untuk membuat SAMI-Rubbercret terdiri dari semen PCC tipe I, air, pasir, dan karet serutan hasil vulkanisir ban yang lolos saringan No.4.

Alat penelitian

Peralatan utama yang digunakan terdiri mesin uji tekan kapasitas maksimum 2000 kN, mesin sebar, mixer kapasitas 3 kg dan 60 kg, *Linear Variable Differential Transformer* (LVDT), data logger kapasitas 10 channel, *strain gauge* beton, mesin *Multi Purpose Testing System* (MPTS).

Mix Design Beton

Campuran beton yang digunakan untuk membuat lapis eksisting dan overlay adalah campuran beton *Self Compacted Concrete* (SCC). Mix design beton SCC dilakukan dengan mencoba suatu nilai fas dan kadar semen untuk menghasilkan kuat tekan beton diatas 35 Mpa, yang merupakan persyaratan kuat tekan minimal untuk perkerasan kaku di Indonesia (Kimpraswil, 2004). Pada penelitian ini, nilai fas dan jumlah semen yang digunakan masing-masing sebesar 0,33 dan 530kg/cm³. Prosentase bahan tambah *viscocrete* dan *sika fume* yang digunakan masing-masing sebesar 1,5% dan 4%. Nilai kuat tekan yang diperoleh berdasarkan komposisi yang dicoba seperti terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kuat tekan rata-rata beton SCC pada berbagai umur (hari)

Umur Beton	Beban Maksimum rata-rata (kN)	Kuat Tekan Rata-rata (Mpa)
1 hari	225	29,24
2 hari	342	43,81
3 hari	387	49,26
7 hari	418	52,64
28 hari	500	64,56

Bahan Interlayer SAMI-Rubbercret

Komposisi campuran SAMI-Rubbercret dirancang menggunakan kadar semen 400 kg/m³ dengan perbandingan berat karet terhadap pasir yaitu 0/100; 20/80; 40/60; 60/40; dan 80/20. Hasil perancangan komposisi SAMI-Rubbercret yang akan dievaluasi penggunaannya dalam sistem *unbonded concrete overlay* diberikan pada Tabel 2.

Berdasarkan komposisinya, maka pada evaluasi pengujian kinerja interlayer, campuran SAMI-Rubbercret diklasifikasikan dalam 5 tipe interlayer dengan sebutan SAMI-RC0, SAMI-RC20, SAMI-RC40, SAMI-RC60, dan SAMI-RC80. Pada penelitian ini hanya pada SAMI-Rubbercret yang

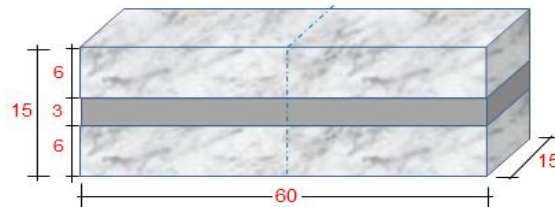
mengandung karet saja yang akan diteliti untuk melihat pengaruh penambahan karet terhadap kinerja SAMI-Rubbercret dalam sistem *unbonded concrete overlay*.

Tabel 2. Komposisi SAMI-Rubbercret

Variasi	Karet (%)	Pasir (%)	Fas	Kebutuhan bahan dalam 1 m3				Berat Campuran (kg/m3)
				Semen (kg)	Air (lt)	Karet (kg)	Pasir (kg)	
1	0	100	0,61	400	244	0	1513	2157
2	20	80	0,56	400	224	85	1190	1900
3	40	60	0,64	400	256	135	706	1497
4	60	40	0,78	400	312	179	416	1307
5	80	20	0,84	400	336	205	178	1119

Benda Uji

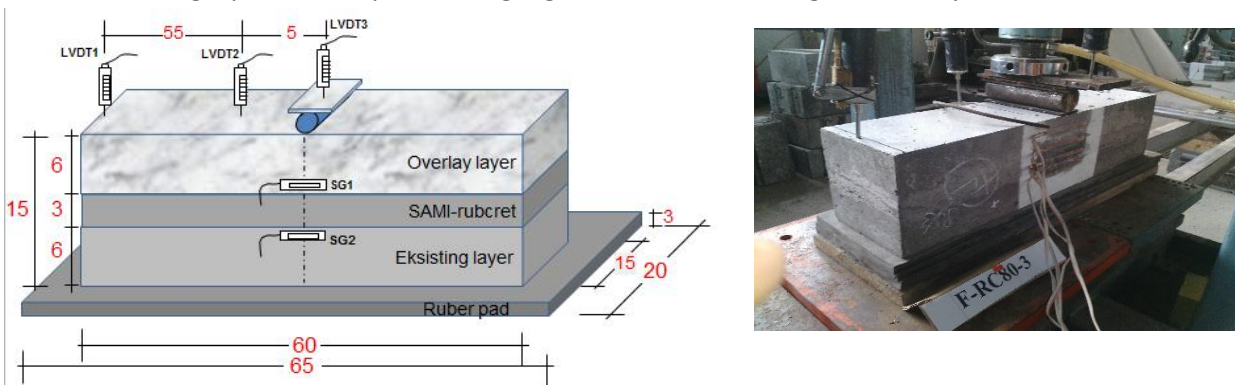
Untuk mempermudah pembuatan benda uji, maka benda uji dibuat menggunakan ukuran balok standar 60 x 15 cm. Tebal interlayer SAMI-Rubbercret ditentukan setebal 3 cm. Variabel yang diteliti adalah jumlah karet dalam SAMI-RC dengan variasi kadar karet 20% , 40%, 60%, dan 80%.



Gambar 5. Model benda uji dengan sistem balok komposit

Setup Pengujian

Seluruh sampel diuji diatas pondasi karet dengan menggunakan alat *Multi Purpose Testing System (MPTS)*. Cara pengujian dilakukan sesuai standar SNI 4431:2011 (uji lentur satu titik terpusat). Sebelum pengujian, dilakukan pemasangan sensor regangan (*straingauge*) dan LVDT. Sensor pembacaan lendutan (*LVDT*) dipasang pada seluruh balok saat pengujian. Sensor pembacaan regangan (*straingauge*) diletakkan pada bagian bawah lapis *overlay* dan bagian atas lapis eksisting, untuk menangkap informasi perilaku regangan dari balok eksisting dan *overlay*.

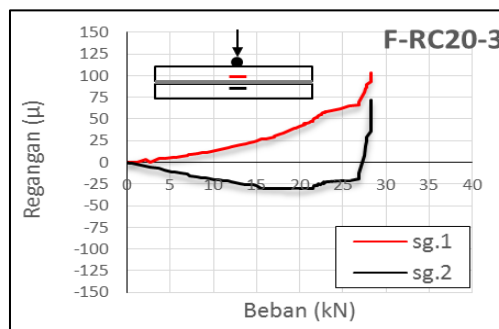


Gambar 6. Model benda uji dengan sistem balok komposit

HASIL DAN PEMBAHASAN

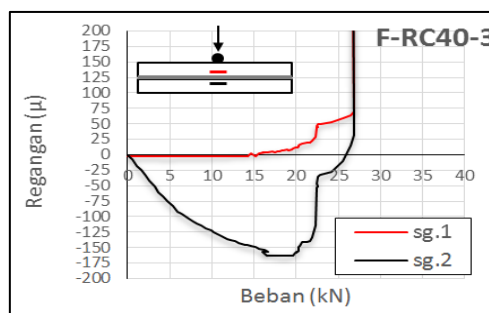
Perilaku regangan balok SAMI-RC20 dengan kode F-RC20-3 diperlihatkan pada Gambar 7. Kondisi balok SAMI-RC20 sebelum diuji mengalami gagal pada *interface* namun tetap diuji untuk melihat perilaku regangan yang terjadi pada balok. Perilaku regangan memperlihatkan pola yang seimbang antara regangan tarik di balok *overlay* dan regangan tekan di balok eksisting. Pola regangan ini sesuai dengan teori yang diberikan dalam Soderqvist & Silfwerbrand (2005), dimana distribusi tegangan pada balok *unbonded* akan bekerja sendiri-sendiri. Pada kondisi ini, dapat

disimpulkan bahwa lapis interlayer tidak memberikan isolasi terhadap pergerakan balok *overlay* dan eksisting.



Gambar 7.Regangan pada balok komposit menggunakan SAMI-RC20

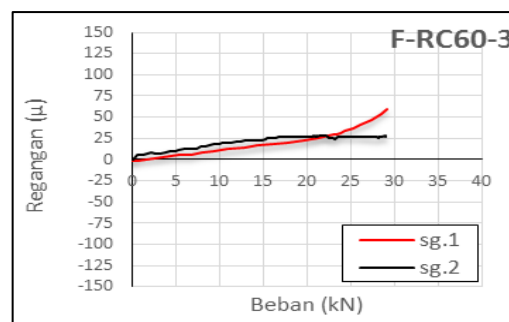
Perilaku regangan balok SAMI-RC40 dengan kode F-RC40-3 diperlihatkan pada Gambar 8 berikut:



Gambar 8.Regangan pada balok komposit menggunakan SAMI-RC40

Prilaku regangan pada balok komposit menggunakan SAMI-RC40 memperlihatkan prilaku yang berbeda. Regangan tarik pada di serat bawah lapis *overlay* menjadi lebih kecil sedangkan regangan tekan pada lapis eksisting menjadi lebih besar. Pola regangan ini sesuai dengan teori yang diberikan dalam Soderqvist & Silfwerbrand(2005), dimana distribusi tegangan pada balok *unbonded* akan bekerja sendiri-sendiri. Pada kondisi ini, dapat disimpulkan bahwa lapis interlayer SAMI-RC40 memberikan isolasi terhadap pergerakan balok *overlay* dan eksisting.

Perilaku regangan balok SAMI-RC60 dengan kode F-RC60-3 diperlihatkan pada Gambar 9 berikut:

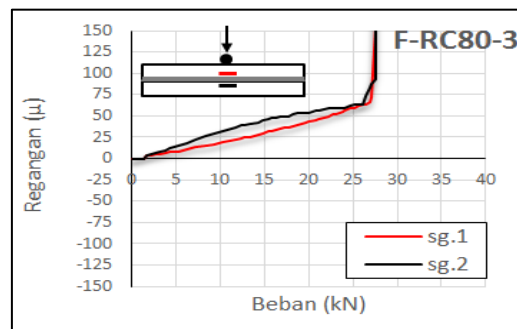


Gambar 9.Regangan pada balok komposit menggunakan SAMI-RC60

Prilaku regangan pada balok komposit menggunakan SAMI-RC60 memperlihatkan bahwa lapis eksisting cenderung mengalami regangan tarik mengikuti regangan pada lapis interlayer. Kondisi ini menunjukkan bahwa SAMI-RC60 membuat lapis *overlay* dan eksisting berperilaku seperti balok monolit.

Perilaku regangan balok SAMI-RC80 dengan kode F-RC80-3 diperlihatkan pada Gambar 10. Prilaku regangan pada balok komposit menggunakan SAMI-RC80 memperlihatkan bahwa lapis

eksisting cenderung mengalami regangan tarik mengikuti regangan pada lapis interlayer. Prilaku ini hampir sama dengan penggunaan SAMI-RC60 namun lekatan yang dihasilkan lebih kuat.



Gambar 10. Regangan pada balok komposit menggunakan SAMI-RC80

KESIMPULAN

Hasil pengujian diperoleh bahwa penggunaan SAMI-RC40 memberikan hasil yang optimum memisahkan pergerakan lapis eksisting dan overlay. Penggunaan SAMI-RC60 dan SAMI-RC80 dalam sistem *unbonded concrete overlay* membuat lapis eksisting mengalami tegangan tarik mengikuti regangan yang terjadi pada interlayer sehingga menyebabkan struktur *unbonded concrete overlay* menjadi konstruksi monolit.

DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO, 1993. *Guide for Design of Pavement Structure*, American Association of State Highway and Transportation Officials. USA.
- Cho, S.-H., Im, J.-H., & Hwang, S.-D. (2014). Evaluation of Effect of Asphalt and Geotextile Interlayer on Unbonded Concrete Overlay. *International Journal of Highway Engineering*, 16(2), 91-98.
- Harrington, D., 2008. *Guide to Concrete Overlays*, Second edition, National Concrete Pavement Technology Center, Iowa State University.
- Huang, Y. H. (2004). *Pavement analysis and Design* (2nd ed.). USA: Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River
- Kimpraswil. (2003). *Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen* (Pd T-14-2003). Jakarta: Departemen Perumahan dan Prasarana Wilayah.
- Khodaii, A., & Fallah, S. (2009). Effect of Geosynthetic Reinforcement on the Propagation of Reflection Cracking in Asphalt Overlays. *International Journal of Civil Engineering*, 7, No.2
- Liao, M. dan Ballarini, R., 2012, Toward a Fracture Mechanics-Based Design Approach for *Unbonded Concrete Overlay Pavements*, *Journal of Engineering Mechanics*, No. 138, pp. 1195-1204
- Ngii, E., Satyarno, I., Suparma, L. B. dan Siswosukarto, S., 2015. Rancangan Laboratorium Beton Karet (Rubercret) Sebagai Bahan Interlayer. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil V*, UMS, Surakarta, 19 Mei 2015.
- Ngii, E., & Suparma, L. B. (2004). Pengaruh Penambahan Aspal pada Karakteristik Campuran Beton Aspal Akibat Proses Penuaan Aspal dalam Campuran. *Jurnal Terakreditasi TEKNOSAINS.*, Jilid 17(No.4)
- Qin, X. dan Zhu, S., 2011. Study of function layer Based on Unbonded PCC Overlays on Old Cement Concrete Pavement. *IEEE Journal*, pp. 3493-3496
- Satyarno. (2006). Penggunaan Serutan Karet Ban Bekas Untuk Campuran Beton. *Jurnal Media Teknik*, XXVIII(4), 45-51
- Soderqvist, J., & Silfwerbrand, J. (2005). Flexural Fatigue of Plain Concrete Beams. *International Journal of Pavement Engineering*
- Torres, H. N., Roeslar, J., Rasmussen, R. O. & Harrington, D., 2012. *Guide to the Design of Concrete Overlay Using Existing Methodologies*. Iowa State University, National Concrete Pavement Technology Center.