

PERANCANGAN KOMPOSISI BAHAN SAMI MENGUNAKAN SERUTAN KARET BAN BEKAS

Edward Ngii
Program Doktor Teknik Sipil
Fakultas Teknik - UGM
Jln. Grafika 2, Kampus UGM,
Yogyakarta, 55281
Telp: (0274) 545675
dwr.ngii@gmail.com

Latif Budi Suparma
Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan
Fakultas Teknik-UGM
Jln. Grafika 2, Kampus UGM,
Yogyakarta, 55281
Telp: (0274) 545675
suparma@yahoo.com

Abstract

Using shredded rubber in SAMI mixture should be designed to obtain the aggregate structure that had a locks each other optimally. The research aimed to obtain the composition of SAMI material that design by shredded rubber in the mixture. Dry compaction test was performed to the mortar mixture to obtain the optimum composition of sand-filler. Two kind of filler were investigated were stone dust and cement portland. Analysis of density and porosity mortar were performed to obtain the target porosity that was used in the calculation of SAMI composition in the following proportion: 0%, 5%, 10% and 20% of shredded rubber by 0%, 5%, 10% and 20%. The results indicated that the optimum value of stone dust or cement filler in mortar mix by 30%. Use of stone dust filler 40% can produce the porosity value better than cement filler mortar, but this percentage need to be evaluated because design by high level filler cause the mixture of SAMI tends to brittle and easy to crack.

Keywords: SAMI, shredded rubber, interlayer, dry compaction test

Abstrak

Penggunaan karet serutan dalam campuran SAMI perlu dirancang untuk memperoleh struktur agregat yang dapat saling mengunci satu sama lain secara optimal. Tujuan penelitian yaitu untuk memperoleh komposisi bahan SAMI yang dirancang menggunakan serutan karet. Konsep tes pemadatan kering diaplikasikan pada campuran mortar untuk memperoleh komposisi optimum dari campuran pasir-filler. Dua jenis filler yang diteliti yaitu debu batu dan semen. Analisis berat jenis mortar dan porositas dilakukan untuk memperoleh porositas target yang digunakan dalam perhitungan komposisi SAMI menggunakan serutan karet 0%, 5%, 10% and 20%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan optimum filler debu batu atau semen dalam campuran mortar sebesar 30%. Penggunaan filler debu batu 40% memberikan nilai porositas mortar yang lebih baik dibanding filler semen, namun penggunaan kadar ini perlu dievaluasi sebab kadar filler yang cukup tinggi cenderung membuat campuran menjadi getas dan mudah retak.

Kata-kata kunci: SAMI, serutan karet, lapis antara, tes pemadatan kering

PENDAHULUAN

Pelapisan ulang (*overlay*) merupakan metode yang umum digunakan untuk meningkatkan dan memperbaiki kapasitas struktur perkerasan akibat peningkatan beban atau kerusakan struktural dimana penanganan dengan *praoverlay* sudah tidak efektif lagi. Namun kelemahan metode ini yaitu sangat rentan terhadap retak refleksi jika dilakukan pada volume lalu lintas kendaraan berat yang tinggi (Hall dan Benhatti, 2008).

Penggunaan lapis *interlayer* sebagai penahan retak refleksi dalam *overlay* perkerasan telah dianggap sebagai metode yang efisien diantara sistem kontrol retak refleksi baik dari segi kinerja dan biaya (Vanelstraete dan de Bondt, 1997; Buttlar, 2000). *Strees Absorbing Membrane Interlayer* (SAMI) adalah salah satu bahan *interlayer* yang memiliki sifat khusus yaitu menurunkan konsentrasi tegangan (*stress relieving interlayers*) pada lapis *overlay*.

Kinerja SAMI pada overlay perkerasan lentur menunjukkan hasil yang memuaskan dalam menahan retak refleksi (Suparma,2005; Yamin dan Aschuri,2009), namun hasil investigasi lapangan oleh Von Quintus, et al., (2010), menunjukkan hasil yang berbeda jika SAMI digunakan pada overlay beton, dimana kinerjanya dalam menahan retak refleksi menjadi rendah. Hal ini menunjukkan bahwa sistem interlayer SAMI masih belum dirancang untuk mengatasi retak refleksi yang berasal dari beban lalu lintas berat dan *thermal* yang umumnya terjadi di perkerasan beton.

Vanelstraete, et al. (1997) menyatakan bahwa bahan yang kekakuan dan modulus elastisitasnya sangat kecil dapat berfungsi menahan deformasi horisontal yang besar pada berbagai temperatur, sehingga dapat memperlambat proses retak refleksi dalam banyak kasus. Vivi (2004) menunjukkan bahwa karet ban bekas dapat membuat kekakuan dan modulus elastisitas campuran beraspal menjadi lebih kecil.

Permasalahan yang dihadapi dalam merancang SAMI menggunakan serutan karet yaitu belum adanya standar perencanaan penggunaan karet dalam campuran beraspal seperti SAMI, sehingga dikhawatirkan terjadi segregasi dalam pencampuran agregat akibat perbedaan berat jenis bahan. Dampaknya campuran menjadi lebih berpori sehingga penggunaan aspal menjadi lebih banyak dan menjadi tidak ekonomis.

Salah satu upaya untuk memperoleh rancangan SAMI menggunakan serutan karet ban yang lebih ekonomis dalam penelitian ini yaitu dengan menggunakan metode pemadatan kering yang digunakan dalam Suparma (2005) dan dikembangkan oleh Anthon (2002) untuk berbagai ukuran agregat. Berdasarkan hal tersebut maka tujuan dari penelitian ini adalah memperoleh komposisi bahan SAMI yang dirancang menggunakan serutan karet ban bekas.

Bahan susun SAMI

Bahan SAMI-Rubber dalam terdiri dari pasir alam (lolos no. 8 dan tertahan no.200), filler (debu batu dan portland cement), aspal penetrasi 60/70 dan karet serutan ban bekas (lolos saringan no.4). Peralatan utama penelitian berupa alat uji kepadatan kering (*dry compacted test*) modifikasi yang terdiri dari mould berdiameter 100 mm dan tinggi 1400 mm, diletakkan di atas meja yang digetarkan dengan tangki pemutar, diputar secara manual sebanyak 120 kali putaran (1detik=2putaran) selama 1 menit.

Pengujian bahan susun mengacu pada standar SNI atau AASTHO/ASTM. Pengujian pemadatan kering dilakukan terhadap campuran mortar (pasir+filler) dengan variasi pasir dari 50–90% dengan peningkatan setiap 10%, sedangkan bahan karet dilakukan tersendiri.

Analisis campuran SAMI

Analisis dilakukan terhadap *density* mortar, berat jenis, dan porositas, menggunakan rumus berikut:

- Density (D)

$$D = \frac{\text{Berat}}{\text{Volume}} (\text{gr}/\text{cm}^3) \dots\dots\dots(1)$$

- Berat jenis campuran mortar (SGa)

$$SGa = \frac{100}{\frac{\%Pasir}{B_j \text{ pasir}} + \frac{\%Filler}{B_j \text{ filler}}} \dots\dots\dots(2)$$

- Porositas (P)

$$P = 100. \left(1 - \frac{D}{SGa}\right) \dots\dots\dots(3)$$

Porositas target merupakan nilai porositas minimum dari campuran mortar yang ditentukan berdasarkan hubungan antara nilai porositas dan kadar filler dalam campuran mortar. Dengan mengetahui *specific gravity* dari agregat halus dan *filler*, maka nilai porositas dapat ditentukan. Nilai porositas mortar dan karet yang diperoleh merupakan nilai awal yang digunakan dalam perhitungan perancangan komposisi SAMI-Rubber. Perancangan berat masing-masing bahan SAMI dilakukan berdasarkan prosentase karet dalam volume agregat dan selanjutnya komposisi bahan dihitung berdasarkan perbandingan berat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian bahan susun SAMI

Metode pengujian bahan susun disesuaikan dengan Standard Nasional Indonesia (SNI). Hasil-hasil pengujian untuk bahan pasir, filler dan serutan karet adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil pengujian bahan susun SAMI

Bahan susun	Jenis Pengujian	Hasil
Pasir	Pengujian gradasi	
	Daerah gradasi	Daerah II (agak kasar)
	Modulus kehalusan	2,719
	Berat satuan	1,518 kg/cm ³
	Berat jenis & Penyerapan air	
	Bj bulk	2,717 gr/cm ³
	Bj SSD	2,765 gr/cm ³
	Bj semu	2,854 gr/cm ³
	Penyerapan air	1,77%
	Filler	
Debu batu	Berat jenis	2,693 gr/cm ³
Semen		3,15 gr/cm ³
Serutan karet	Berat jenis	1,078 gr/cm ³
Aspal	Berat jenis	1,032 gr/cm ³

Berat jenis mortar (pasir-filler)

Mortar didefinisikan sebagai campuran pasir dan filler. Berat jenis campuran mortar ditentukan dari berat jenis efektif bahan pasir dan filler, seperti tercantum pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Berat jenis efektif bahan pasir dan filler

Bahan	Bj _{bulk}	Bj _{semu}	Bj _{efektif}
Pasir alam	2,717	2,854	2,785
Debu batu	2,693	2,693	2,693
Semen	3,150	3,150	3,150

Berdasarkan data Tabel 2, selanjutnya berat jenis campuran mortar yang dihitung berdasarkan Persamaan (2), adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil perhitungan berat jenis mortar (SGa) gr/cc

Variasi	Komposisi mortar		Berat jenis mortar dengan filler	
	Pasir	Filler	Debu batu	Semen
Variasi-1	50	50	2,738	2,956
Variasi-2	60	40	2,748	2,921
Variasi-3	70	30	2,757	2,886
Variasi-4	80	20	2,766	2,851
Variasi-5	90	10	2,776	2,818

Nilai berat jenis mortar seperti pada Tabel 3, digunakan dalam perhitungan porositas campuran mortar untuk masing-masing variasi.

Nilai porositas mortar

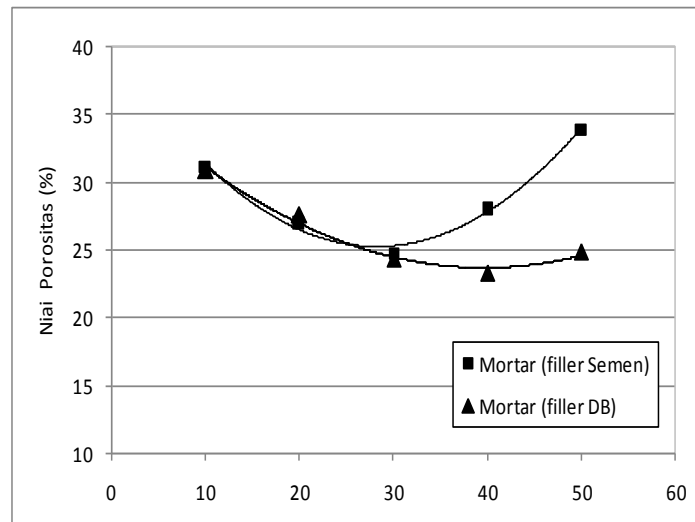
Nilai porositas mortar ditentukan berdasarkan hasil tes pemadatan kering. Hasil tes pemadatan kering untuk masing-masing variasi mortar berdasarkan jenis yang digunakan adalah sebagai berikut:

Tabel 4. Nilai porositas mortar menggunakan filler debu batu

Variasi	Komposisi, %		Density (D)	Bj mortar (SGa), gr/cc	Porositas (P) %
	Pasir	Filler Debu batu			
Variasi-1	50	50	2,056	2,738	24,903
Variasi-2	60	40	2,106	2,748	23,368
Variasi-3	70	30	2,084	2,757	24,391
Variasi-4	80	20	2,001	2,766	27,674
Variasi-5	90	10	1,918	2,776	30,906

Tabel 5. Nilai porositas mortar menggunakan filler semen

Variasi	Komposisi, %		Density (D)	Bj mortar (SGa), gr/cc	Porositas (P) %
	Pasir	Filler semen			
Variasi-1	50	50	1,952	2,956	33,968
Variasi-2	60	40	2,102	2,921	28,038
Variasi-3	70	30	2,169	2,886	24,820
Variasi-4	80	20	2,082	2,851	26,993
Variasi-5	90	10	1,938	2,818	31,220



Gambar 1. Grafik nilai porositas mortar berdasarkan jenis filler yang digunakan

Gambar 1 menunjukkan bahwa hasil pengujian dry compacted test pada mortar menggunakan filler debu batu memberikan nilai porositas yang lebih baik dibanding menggunakan filler semen. Nilai porositas terkecil pada mortar menggunakan filler debu batu, diperoleh pada penggabungan 60% pasir dan 40% debu batu dengan nilai porositas 23,50%, sementara pada filler semen diperoleh pada penggabungan 70% pasir dan 30% semen dengan nilai porositas 25%.

Hasil ini juga memperlihatkan bahwa perbedaan berat jenis filler debu batu dan semen dalam campuran mortar memberikan hasil yang berbeda setelah kadar filler 30%. Semakin besar perbedaan berat jenis bahan dari campuran mortar, nilai porositas campuran semakin besar. Kondisi ini diperlihatkan pada penggunaan kadar filler 40%, dimana kepadatan mortar menggunakan debu batu semakin baik dibandingkan dengan filler semen. Walaupun nilai porositas yang dihasilkan menjadi lebih baik, namun penggunaan kadar filler yang lebih banyak dalam campuran beraspal seperti SAMI masih perlu dievaluasi. Hal ini disebabkan penggunaan filler yang banyak cenderung menciptakan campuran yang getas dan mudah retak, sebaliknya jika terlalu rendah bisa menciptakan campuran yang terlalu lembek, sehingga mudah terjadi kerusakan bleeding. Sebagai bahan interlayer penahan retak refleksi, maka desain SAMI perlu diusahakan agar tidak getas dan mudah retak.

Nilai porositas serutan karet dilakukan tersendiri dengan tiga kali pengujian DCT. Nilai rata-rata porositas dari bahan serutan karet sebesar 59,207%. Hasil ini terbilang cukup besar dibandingkan dengan agregat normal berkisar 30-40% (Kardiyono, 2007) demikian pula jika dibandingkan dengan penelitian Suparma (2005) yang menggunakan serutan plastik jenis LDPE dengan porositas sebesar 40,3%. Hal ini dimungkinkan karena bahan karet memiliki sifat kenyal sehingga efek pemadatan tidak memberikan pengaruh yang signifikan sebelum dan setelah proses pengujian DCT.

Evaluasi penggunaan karet dalam campuran beraspal

Prosentase optimum penggunaan karet dalam campuran beraspal, dapat diperoleh dari hasil penelitian Wahyu dan Suparma (2013). Hasil *trial* penggunaan karet jenis *crumb rubber*

pada campuran aspal HRS-WC dengan kadar aspal sebesar 7% melalui uji *Marshall* memberikan nilai stabilitas seperti pada Tabel 6 berikut:

Tabel 6. Nilai stabilitas HRS-WC menggunakan karet crumb rubber sebagai agregat (Wahyu dan Suparma, 2013)

No	Penggunaan karet	% Karet (<i>crumb rubber</i>)	Nilai stabilitas (kg)	Keterangan (Stabilitas \geq 800 kg)
1.	Agregat halus	5% (1-2 mm)	878	Terpenuhi
		10% (1-2 mm)	796,35	Tidak terpenuhi
		20% (1-2 mm)	-	Gagal pemadatan
		5% (lolos No.50)	656	Tidak terpenuhi
		10% (lolos No.50)	450	Tidak terpenuhi
		20% (lolos No.50)	329	Tidak terpenuhi
2.	Debu batu	5% (lolos No.50)	1143,2	Terpenuhi
		10% (lolos No.50)	871,01	Terpenuhi
		20% (lolos No.50)	1067,00	Terpenuhi

Berdasarkan Tabel 6, dapat dinyatakan bahwa penggunaan optimum karet jenis *crumb rubber* dalam campuran beraspal berkisar 20% dari volume agregat dengan ukuran karet *crumb rubber* lolos No.50. Berdasarkan data ini, perhitungan komposisi SAMI menggunakan serutan karet, dibatasi pada penggunaan 20% serutan karet dengan variasi penggunaan karet serutan dalam SAMI sebesar 0%, 5%, 10%, 15% dan 20%.

Perancangan komposisi bahan SAMI

Pehitungan komposisi bahan SAMI menggunakan serutan karet berdasarkan perbandingan berat dilakukan dengan langkah sebagai berikut:

Contoh hitungan komposisi bahan SAMI, untuk penggunaan serutan karet 10%.

a. Diketahui berat jenis bahan dan mortar:

- Karet serut = 1,078
- Pasir = 2,785
- Filler debu batu = 2,693
- Prosentase Mortar = 60% Pasir : 40% Filler debu batu
- Berat jenis Mortar = 2,748

b. Komposisi bahan untuk 10% karet serutan dengan perbandingan berat adalah sebagai berikut:

- Karet serutan = $10 \times 1,078 = 10,78$ gr
- Pasir = $0,6 \times 90 \times 2,748 = 148,4$ gr
- Filler = $0,4 \times 90 \times 2,748 = 98,91$ gr

c. Prosentase bahan pada point c, berdasarkan perbandingan berat:

- Karet serutan = 4,2%
- Pasir = 57,5%
- Filler = 38,3%

d. Berat jenis agregat campuran = 2,581 (Persamaan 2)

Hasil perhitungan komposisi bahan SAMI-Rubber untuk prosentase penggunaan serutan karet sebesar 0%, 5%, 10%, 15% dan 20%, secara lengkap disajikan pada Tabel 7 berikut:

Tabel 7. Hasil rancangan komposisi bahan SAMI-R berdasarkan perbandingan berat

Material	Berat Jenis	Mix design (% dari total campuran)				
		A	B	C	D	E
Karet serutan	1,078	0,0	2,0	4,2	6,5	8,9
Pasir	2,785	60,0	58,8	57,5	56,1	54,6
Filler debu batu	2,693	40,0	39,2	38,3	37,4	36,4
Berat jenis campuran (SG_{mixed agregat})		2,748	2,664	2,581	2,497	2,414
Prosentase karet berdasarkan volume agregat		0%	5%	10%	15%	20%

Data pada Tabel 7 menunjukkan bahwa berat jenis campuran agregat SAMI semakin menurun akibat penambahan karet dalam campuran. Penggunaan bahan aspal dalam campuran SAMI dapat mengacu pada Vanelstraete dan Bondt (1997) yang merekomendasikan penggunaan kadar aspal 8–12% pada campuran SAMI.

Rancangan komposisi bahan SAMI keperluan pengujian

Jika hasil perancangan seperti pada Tabel 7 telah diperoleh, maka kebutuhan bahan SAMI untuk berbagai keperluan pengujian dapat dihitung. Untuk mengetahui properties campuran SAMI dibuat benda uji *Marshall* sedangkan untuk membuat lapis interlayer dengan panjang 50 cm, lebar 10 cm untuk ketebalan 1 cm, 2 cm dan 3 cm, dibutuhkan masing-masing agregat sebesar 600, 1200 dan 1800 gram. Contoh hasil perhitungan kebutuhan bahan SAMI untuk pembuatan benda uji *Marshall* diberikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil rancangan komposisi bahan SAMI untuk pembuatan benda uji Marshall

Prosentase Karet Serutan	Bahan SAMI-R	Prosentase Bahan	Prosentase kadar aspal				
			8%	9%	10%	11%	12%
0%	Karet serutan	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Pasir	60,0	660,0	660,0	660,0	660,0	660,0
	Filler debu batu	40,0	440,0	440,0	440,0	440,0	440,0
	Aspal AC 60/70		88,0	99,0	110,0	121,0	132,0
	Total berat	100,0	1188,0	1199,0	1210,0	1221,0	1232,0
5%	Karet serutan	2,0	22,3	22,3	22,3	22,3	22,3
	Pasir	58,8	646,6	646,6	646,6	646,6	646,6
	Filler debu batu	39,2	431,1	431,1	431,1	431,1	431,1
	Aspal AC 60/70		88,0	99,0	110,0	121,0	132,0
	Total berat	100,0	1188,0	1199,0	1210,0	1221,0	1232,0
10%	Karet serutan	4,2	45,9	45,9	45,9	45,9	45,9
	Pasir	57,5	632,4	632,4	632,4	632,4	632,4
	Filler debu batu	38,3	421,6	421,6	421,6	421,6	421,6
	Aspal AC 60/70		88,0	99,0	110,0	121,0	132,0
	Total berat	100,0	1188,0	1199,0	1210,0	1221,0	1232,0
15%	Karet serutan	6,5	71,2	71,2	71,2	71,2	71,2
	Pasir	56,1	617,3	617,3	617,3	617,3	617,3
	Filler debu batu	37,4	411,5	411,5	411,5	411,5	411,5
	Aspal AC 60/70		88,0	99,0	110,0	121,0	132,0
	Total berat	100,0	1188,0	1199,0	1210,0	1221,0	1232,0
20%	Karet serutan	8,9	98,3	98,3	98,3	98,3	98,3
	Pasir	54,6	601,0	601,0	601,0	601,0	601,0
	Filler debu batu	36,4	400,7	400,7	400,7	400,7	400,7
	Aspal AC 60/70		88,0	99,0	110,0	121,0	132,0
	Total berat	100,0	1188,0	1199,0	1210,0	1221,0	1232,0

KESIMPULAN DAN SARAN

Beberapa kesimpulan yang dapat ditarik dari hasil penelitian adalah sebagai berikut:

1. Untuk merancang komposisi SAMI menggunakan karet serutan, diperlukan perbandingan komposisi optimum dari campuran mortar (pasir-filler) yang diperoleh dari hasil tes kepadatan kering.
2. Penggunaan kedua filler baik debu batu (standar) atau semen dalam campuran mortar (pasir-filler) dapat digunakan pada prosentase sebesar 30%.
3. Semakin besar perbedaan berat jenis bahan dalam campuran mortar (pasir-filler) untuk bahan SAMI, potensi porositas campuran SAMI semakin besar.
4. Porositas mortar dengan filler debu batu memberikan hasil yang lebih baik yaitu sebesar 23,50% pada penggunaan 60% pasir dan 40% debu batu dibandingkan filler semen sebesar 25% pada penggunaan 70% pasir dan 30% semen

Sebagai saran dan rekomendasi dalam penelitian ini bahwa penggunaan filler yang cukup besar perlu dievaluasi, sebab penggunaan filler yang banyak cenderung menciptakan campuran yang getas dan mudah retak. Disisi lain, SAMI sebagai lapis penahan retak refleksi diharapkan memiliki ketahanan terhadap retak sehingga penggunaan kadar filler dan jenis filler mana yang memberikan hasil optimum masih perlu dievaluasi lebih lanjut melalui pengujian kinerja interlayer.

Selain itu, penggunaan serutan karet sebesar 20% dalam perhitungan komposisi bahan, bukan merupakan kadar optimum untuk campuran SAMI, oleh karenanya kadar serutan karet dalam campuran SAMI masih perlu dicari penggunaan optimumnya.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM, 1974, Road and Paving Materials, Paving Management Technology, Annual Book of ASTM Standart, Washington.
- Anthon, S. 2002, Perancangan Campuran Agregat Aspal Bergradasi Rapat yang Kompak dengan Metode Tes Pematatan Kering, Tesis, Program Magister Teknik Sipil, UGM, Yogyakarta.
- Buttlar, B. 2000. Reflective Crack Relief Interlayers. Cracking in Pavements Symposium. Laramie, WY: University of Illinois at Urbana-Champaign.
- Hall, K.D. dan Banihatti, N., 2008, Structural Design of Portland Cement Concrete Overlays for Pavements, Mack-Blackwell Rural Transportation Center, Dept. of Civil Engineering, University of Arkansas.
- Kardiyono, 2007. Teknologi Beton, Edisi pertama, Biro Penerbit KMTS FT UGM, Yogyakarta.
- Suparma, L.B., 2005, Laboratory Design and Performance of Stress Absorbing Membrane Interlayer (SAMI) Incorporating Waste Recycled Plastic. Jurnal Media Teknik. No. 2 Tahun XXVII Edisi Mei.
- Vanelstraete and Bondt, A.H., 1997, Crack Prevention and Use of Overlay Systems, RILEM Conference in Prevention of Reflective Cracking in Pavements Brussels. Edited by A.Vanelstraete and L. Francken, pp. 42-60.
- Von Quintus, H.L., Mallela J., and Shen. S., (2010), Techniques for Mitigation of Reflective Cracks, The 2010 FAA Worldwide Airport Technology Transfer Conference, Atlantic City, New Jersey, USA.

- Vanelstraete, Bondt,A.H., Courard, L., 1997, Characterization of overlay system. RILEM Conference in Prevention of Reflective Cracking in Pavements Report. Brussels. Edited by A.Vanelstraete and L. Francken pp. 61-62.
- Vivi, 2004, Kinerja Campuran Beton Aspal dengan Ban Bekas sebagai Pengganti Sebagian Agregat terhadap Flexural Fatigue Test, Tesis, Program Magister Teknik Sipil, ITB, Bandung.
- Yamin, R.A.; Aschuri, I. 2009. Stress Absorbed Membrane Interlayer (SAMI) Untuk Menghambat Retak Refleksi. Paper yang dipresentasikan pada Simposium XII FSTPT. Surabaya: Universitas Kristen Petra.