

**ANALISIS *PROPERTIES* MARSHALL DAN ITS PADA CAMPURAN RAP HANGAT
MENGUNAKAN BAHAN ASPAL EMULSI**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik**

Oleh:

LUDY WIBISONO LUKMAN HARYONO

D 100 130 172

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2018**

HALAMAN PERSETUJUAN

**ANALISIS *PROPERTIES MARSHALL* DAN *ITS* PADA CAMPURAN *RAP*
HANGAT MENGGUNAKAN BAHAN ASPAL EMULSI**

PUBLIKASI ILMIAH

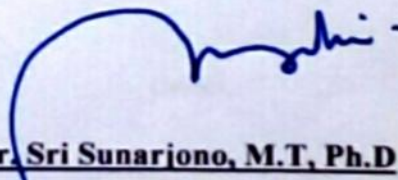
oleh:

LUDY WIBISONO LUKMAN HARYONO

D 100 130 172

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh

Dosen
Pembimbing



Ir. Sri Sunarjono, M.T, Ph.D

NIDN : 0630126302

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS *PROPERTIES MARSHALL* DAN *ITS* PADA CAMPURAN *RAP* HANGAT MENGGUNAKAN BAHAN ASPAL EMULSI

OLEH

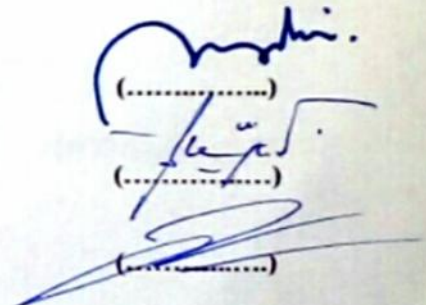
LUDY WIBISONO LUKMAN HARYONO

D 100 130 172

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Senin, 18 Desember 2017
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Ir. Sri Sunarjono, M.T, Ph.D
(Ketua Dewan Penguji)
2. Ir. Agus Riyanto, M.T
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Senja Rum Harnaeni, S.T, M.T
(Anggota II Dewan Penguji)



Dekan,



Ir. Sri Sunarjono, M.T, Ph.D
NIDN : 0630126302

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 18 Desember 2017

Penulis,



LUDY WIBISONO LUKMAN HARYONO

D 100 130 172

ANALISIS *PROPERTIES MARSHALL* DAN *ITS* PADA CAMPURAN RAP HANGAT MENGUNAKAN BAHAN ASPAL EMULSI

ABSTRAK

RAP merupakan limbah atau daur ulang perkerasan jalan yang sudah habis umur perencanaannya dan dapat dimanfaatkan kembali dengan dicampur bahan perkerasan baru. Daur ulang *RAP* adalah upaya untuk mengatasi masalah keterbatasan agregat baru yang digunakan secara terus-menerus. Berdasarkan penelitian sebelumnya banyak dilakukan dengan metode *CMA (Cold Mix Asphalt)* tetapi hasilnya masih banyak kekurangan. Pada penelitian ini menggunakan metode pencampuran dengan *WMA (Warm Mix Asphalt)* yang mana untuk sedikit mengatasi kelemahan pada pencampuran *CMA (Cold Mix Asphalt)*. Pada penelitian ini bertujuan untuk menentukan *properties* dari variasi suhu (*Warm Mix Asphalt*) diantaranya 90°C, 105°C, 115°C, 130°C dengan acuan hasil *Marshall*, *ITS* dan *volumetric* serta mengetahui suhu optimum dari keempat variasi suhu tersebut.

Campuran hangat menggunakan aspal emulsi ini, seluruhnya menggunakan bahan *RAP* yang berasal dari jalur Pantura sekitar jalan Waleri-Kendal. Penelitian ini diawali dengan pengujian karakteristik bahan *RAP*, aspal yang digunakan adalah aspal emulsi tipe *CSS-1* dengan spesifikasi dari PT. IZZA Sarana Karsa Sidoharjo yang mengacu pada spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3. Kemudian membuat rancangan gradasi, estimasi aspal emulsi yang digunakan dan penambahan air yang diawali dengan perhitungan *KARA (Kadar Aspal Residu Awal)* dan *KAE (Kadar Aspal Emulsi)*, pemeriksaan kadar air pemadatan, pengujian pengurangan kadar air pemadatan, pengujian *KARO (Kadar Aspal Residu Optimum)* selanjutnya pengujian *Marshall*, *ITS* dan *Volumetric* berdasarkan variasi suhu yang digunakan.

Berdasarkan penelitian Campuran *RAP* Hangat menggunakan Bahan Aspal Emulsi menghasilkan bahwa *properties Marshall* dan *ITS* menunjukkan peningkatan seiring dengan penambahan suhu yang digunakan pada campuran, berdasarkan variasi suhu 90°C, 105°C, 115°C, 130°C diperoleh hasil diantaranya nilai stabilitas yaitu 399,18 kg; 589,59 kg; 617,45 kg; 803,26 kg. *Flow* 10,82 mm; 12,27 mm; 12,32 mm; 13,71 mm. *MQ* diperoleh 38 kg/mm; 48,28 kg/mm; 50,14 kg/mm; 58,80 kg/mm. Pengujian *ITS* diperoleh 249,17 kPa; 297,84 kPa; 374,44 kPa; 417,15 kPa; untuk pengujian pada *volumetric* diantaranya nilai *VMA* dan *VIM* pada campuran aspal hangat mengalami penurunan, tetapi untuk nilai *VFWA* mengalami peningkatan seiring suhu yang digunakan semakin tinggi. Berdasarkan hasil penelitian tersebut suhu optimum yang diperoleh pada suhu 105°C.

Kata Kunci: *CAEH (Campuran Aspal Emulsi Hangat)*, *CMA (Cold Mix Asphalt)*, *RAP (Reclaimed Asphalt Pavement)*, *WMA (Warm Mix Asphalt)*.

ABSTRACT

RAP is a waste or recycled pavement that has exhausted its planning age and can be recovered by mixing new pavement materials. RAP recycling is an attempt to overcome the problem of new aggregate limitations used continuously. Based on previous research is mostly done with the method of CMA (Cold Mix Asphalt) but the results are still many shortcomings. In this research using mixing method with WMA (Warm Mix Asphalt) which to overcome the weakness of mixing CMA (Cold Mix Asphalt). This research aims to determine properties of temperature variations (Warm Mix Asphalt) such as 90°C, 105°C, 115°C, 130°C with reference of Marshall, ITS and volumetric results and to know the optimum temperature of the four variations of temperature.

The warm mixture uses this emulsion bitumen, all using RAP material originating from the Pantura line around the Waleri-Kendal road. This research started with testing of RAP material characteristic, bitumen used as CSS-1 emulsion asphalt with specification from PT. IZZA Sarana

Karsa Sidoharjo which refers to the specification of Bina Marga 2010 Revision 3. Then create the gradation design, the estimated emulsion asphalt used and the addition of water that begins with the calculation of KARA (Asphalt Residual Asphalt) and KAE (Asphalt Emulsion), water content compacting test, test of compaction water content reduction, KARO test (Optimum Residual Asphalt content) then Marshall, ITS and Volumetric test based on temperature variation used.

Based on the RAP Mixed RAP study, the properties of Marshall and ITS showed that the increase in temperature along with the addition of temperature used in the mixture, based on temperature variation of 90°C, 105°C, 115°C, 130°C obtained the result of stability value that is 399,18 kg; 589,59 kg; 617,45 kg; 803,26 kg. Flow 10,82 mm; 12,27 mm; 12,32 mm; 13,71 mm. MQ obtained 38 kg/mm; 48,28 kg/mm; 50,14 kg/mm; 58,80 kg/mm. The ITS test obtained 249,17 kPa, 297,84 kPa, 374,44 kPa, 417,15 kPa, for volumetric testing of VMA and VIM values on the warm asphalt mixture decreased, but for VFWA values increased as the temperature used high. Based on the results of the research, the optimum temperature obtained at 105°C.

Keywords: CAEH (Mixed Asphalt Emulsion Warm), CMA (Cold Mix Asphalt), RAP (Reclaimed Asphalt Pavement), WMA (Warm Mix Asphalt).

1. PENDAHULUAN

Jalan Raya merupakan prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas masyarakat dalam melakukan kegiatan sehari-hari, karena pentingnya prasarana tersebut, maka kondisi jalan yang baik akan sangat mempengaruhi kelancaran dan kenyamanan pengguna jalan. Kondisi jalan yang berkualitas atau baik membutuhkan konstruksi jalan yang sesuai dengan permasalahan di lapangan. Perkerasan jalan banyak digunakan untuk prasarana transportasi dan menjadi salah satu hal yang paling penting untuk menunjang atau mengurangi masalah tersebut, maka sangat diperlukan perkerasan jalan yang baik dan ramah lingkungan.

Salah satunya menggunakan limbah-limbah (daur ulang) perkerasan jalan yang sudah habis umur perencanaan dimanfaatkan kembali dengan dicampur bahan perkerasan baru atau sering disebut RAP (Reclaimed Asphalt Pavement). Pekerjaan perkerasan jalan dengan daur ulang atau aspal lama yang digali, dihancurkan dan digunakan kembali, mempunyai kualitas material di bawah agregat baru, dan semakin menipisnya ketersediaan material agregat, walaupun ada harganya semakin tinggi selain itu juga semakin sedikitnya ketersediaan aspal, dan harganya yang sangat mahal. Maka dari itu penelitian ini akan menggunakan bahan *full RAP* dengan menggunakan aspal emulsi yaitu aspal cair yang lebih cair dari aspal cair umumnya dan mempunyai sifat dapat menembus pori-pori halus dalam batuan yang tidak dapat dilalui oleh aspal cair biasa sehingga didalam penelitian ini tidak sepenuhnya menggunakan aspal baru.

Dalam penelitian sebelumnya menggunakan campuran RAP dingin dengan bahan aspal emulsi, pada penelitian tersebut diperoleh kepadatan dan kekuatan yang belum maksimal. dikarenakan sifat RAP yaitu bekas pakai yang telah digunakan untuk beban berulang sehingga kekuatan agregat yang

berkurang, disisi lain *RAP* berupa agregat lama yang terselimuti aspal tua bersifat tidak kasar pada permukaannya, *ageing*, dan mudah lapuk, sehingga menyebabkan hambatan pergerakan partikel *RAP* pada saat proses pemadatan. Berdasarkan hal itu menyebabkan kepadatan dan kekuatan campuran rendah, maka dalam penelitian ini dicoba bahan *RAP* akan dihangatkan (*Warm Mix Asphalt*) terlebih dahulu dengan variasi suhu 90°, 105°, 115°, dan 130 °, pada saat pencampuran dengan harapan aspal tua akan meleleh dan dihasilkan kepadatan serta daya dukung yang lebih baik.

2. METODE PENELITIAN

Untuk mendapatkan hasil dari penelitian ini, maka disusun urutan kegiatan mulai dari awal proses pengumpulan data sampai dengan data tersebut digunakan untuk membuat suatu kesimpulan dari penelitian ini. Dalam penelitian ini ada beberapa tahapan penelitian untuk memperjelas proses penelitian. Adapun tahapan penelitian tersebut antara lain :

2.1. Tahap I : Persiapan Alat dan Bahan

Pada tahap ini merupakan tahapan awal untuk pengumpulan data primer pada penelitian ini. Pada tahap ini yang pertama peneliti lakukan adalah mencari material *RAP* dari Kab. Kendal di jalur Pantura. setelah itu peneliti mempersiapkan formulir yang nantinya digunakan untuk mencatat hasil pengujian. Sebelum pelaksanaan pengujian dilakukan persiapan alat yang digunakan untuk mengecek kondisi alat masih dalam keadaan baik atau buruk, supaya tidak terjadi kesalahan data pada Saat pengujian.

2.2. Tahap II : Pengujian Karakteristik *RAP*

Pengujian material bahan yang akan digunakan dilakukan untuk mengetahui dan mendapatkan nilai karakteristik material sesuai dengan syarat ketentuan yang berlaku. Adapun pengujian ini meliputi:

1. Pengujian Ekstraksi
2. Kadar Air
3. Pemeriksaan Agregat Kasar
 - a. Pengujian Keausan *Los Angeles*
 - b. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar
4. Pemeriksaan Agregat Halus
 - a. Pengujian *Sand Equivalent*
 - b. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus

2.3. Tahap III : Pembuatan benda uji untuk menentukan kadar aspal optimum.

Pada tahapan ini merupakan pencampuran dan pemadatan yang kemudian akan dipadatkan dengan *Marshall Hammer* dengan variasi kadar aspal emulsi yang mana variasi kadar aspal residunya adalah

5,0%; 5,5%; 6,0%; 6,5%; 7,0%, terhadap berat total agregat. Kemudian dari tahapan ini akan didapatkan nilai kadar aspal emulsi optimum dan kadar aspal emulsi efektif.

2.4. Tahap IV : Pengujian terhadap Volumetrik (VIM, VMA, dan VFWA).

Pada tahapan ini yang dilakukan adalah membuat benda uji dengan kadar aspal optimum yang telah diketahui dari pengujian sebelumnya dengan cara menggunakan *Marshall Test* sesuai variasi suhu 90°, 105°, 115°, 130°.

2.5. Tahap V : Pengujian terhadap *Marshall* dan *ITS* pada benda uji sesuai variasi suhu 90°, 105°, 115°, 130° dengan kadar aspal optimum.

Pada tahapan ini yang dilakukan adalah membuat benda uji dengan kadar aspal optimum yang telah diketahui dari pengujian sebelumnya. Tahapan ini bertujuan untuk mengetahui nilai *Marshall* dan *ITS* campuran aspal emulsi dengan variasi suhu 90°, 105°, 115°, 130°.

2.6. Tahap VI : Analisis dan Pembahasan

Pada tahapan ini, data hasil yang diperoleh dari seluruh rangkaian pengujian kemudian dilakukan analisa data sehingga didapat hasil yang diinginkan.

2.7. Tahap VII : Kesimpulan dan Saran

Setelah didapatkan analisa dan pembahasan yang dihasilkan oleh seluruh pengujian maka dapat disimpulkan apa saja yang menjadi tujuan dari penelitian. Untuk lebih jelas dan lebih singkat dapat dilihat pada tahap-tahap penelitian yang telah dibentuk menjadi bagan alur.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil pengujian agregat dan *mix design* campuran aspal emulsi

3.1.1. Hasil pengujian agregat dan aspal emulsi dapat dilihat pada tabel 2 berikut :

Tabel. 1. Rekapitulasi hasil pengujian agregat

No	Jenis pengujian	RAP	Spesifikasi ^{*)}
1.	Ekstraksi (%)	3,76	-
2.	Kadar air (%)	1,30	-
3.	<i>S.E</i> (%)	96,28	>50%
4.	Kadar lumpur (%)	3,72	-
5.	Keausan (%)	31,2	mak. 40%
Agregat Kasar			
6.	Berat jenis <i>bulk</i>	2,37	-
7.	Berat jenis <i>SSD</i>	2,41	-
8.	Berat jenis semu	2,47	-

9.	Berat jenis eff	2,42	-
10.	Penyerapan (%)	1,72	$\leq 3,0 \%$
Agregat Halus			
11.	Berat jenis <i>bulk</i>	2,26	-
12.	Berat jenis <i>SSD</i>	2,30	-
13.	Berat jenis semu	2,37	-
14.	Berat jenis eff	2,32	-
15.	Penyerapan (%)	2,04	$\leq 5,0 \%$

Berdasarkan hasil pemeriksaan sifat fisik agregat dan analisis saringan, bahan *RAP* dan *fresh aggregate* telah memenuhi persyaratan untuk agregat campuran dingin. Hasil pemeriksaan aspal emulsi CSS-1 dapat dilihat pada Tabel 2 berikut :

Tabel 2. Hasil pengujian mutu aspal emulsi CSS-1

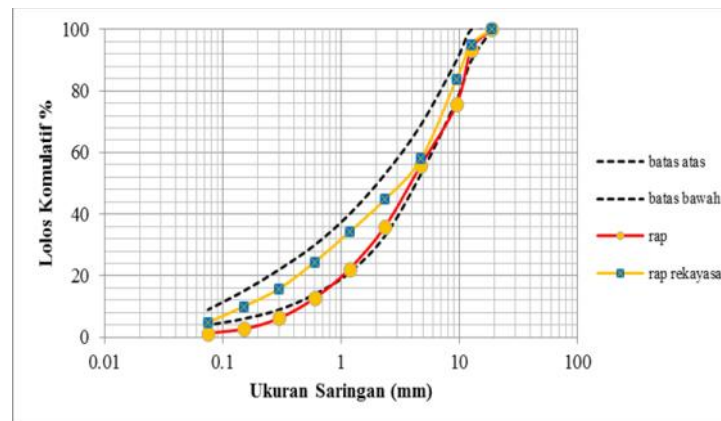
No.	Jenis pengujian	Metode	Hasil Uji	
			Lab	Syarat
1	Kadar Residu	SNI 03-6829-2002	58.927	Min. 57 %
2	Penetrasi 25°C 100 gr 5 detik	SNI 06-2456-1991	118.33	100-250
3	Daktilitas	SNI 06-2432-1991	>110	Min. 40 cm
4	Berat Jenis	SNI 06-2441-1991	1.00	1.00-1.05
5	Kelarutan dalam trichlor etylen	SNI 06-2468-1991	98.972	Min. 97.5 %
6	Viscositas	SNI 03-6721-2002	28.400	20-100
7	Tertahan saringan no.20	SNI 03-3643-1994	0.000	Max. 0.10 %
8	pengendapan 1 hari	SNI 03-6428-2002	0.83	Max. 1 %
9	pengendapan 5 hari		-	Max. 5 %

(sumber: hasil penelitian PT.IZZA Sarana Karsa)

Analisis saringan agregat yang digunakan yaitu dengan melakukan rekayasa gradasi dapat dilihat pada Tabel 3 dan grafik pada Gambar 1 berikut :

Tabel 3. Hasil Analisis Saringan

Ukuran Saringan (Inch)	RAP Rekayasa	persen lolos persaringan	Spesifikasi	
$\frac{3}{4}$ "	100,00	0,00	100	100
$\frac{1}{2}$ "	95,90	4,10	90	100
$\frac{3}{8}$ "	83,90	12,00	72	90
# 4	57,90	26,00	54	69
# 8	44,83	13,07	39,1	53
# 16	34,21	10,62	31,6	40
# 30	24,47	9,74	23,1	30
# 50	15,79	8,68	15,5	22
# 100	9,98	5,81	9	15
# 200	4,86	5,12	4	10
Pan	0,00	4,86	0	0



Gambar. 1. Hasil Pengujian Gradasi

3.1.2. Mix Design Campuran Aspal Emulsi

Mix design campuran aspal emulsi ini dibuat agar campuran yang digunakan dapat menghasilkan kekuatan yang optimal. Penentuan kinerja campuran aspal untuk stabilitas dan kelelahan ditentukan dengan cara melakukan pengujian mempergunakan alat uji *Marshall*, sedangkan untuk parameter lainnya ditentukan dengan cara penimbangan benda uji dan perhitungan (Sukirman 2003). Hasil perencanaan campuran *RAP* hangat menggunakan bahan aspal emulsi dapat dilihat pada Tabel 4 berikut :

Tabel 4. Hasil perencanaan campuran

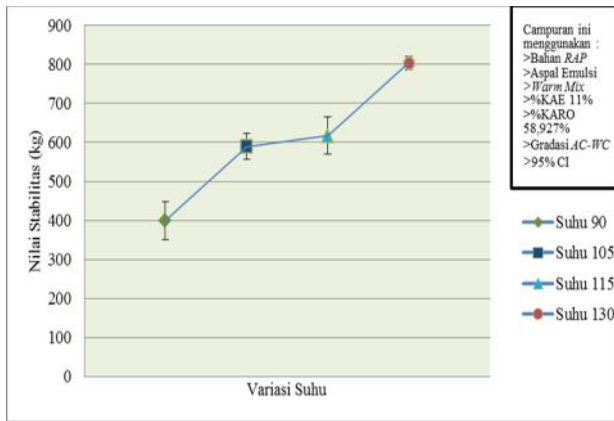
No.	Pemeriksaan	RAP
1.	Analisis Saringan Kadar air	CA: 23%; MA: 22%; FA: 55%
2.	penyelimutan dan pemadatan (%)	1,45
3.	Enersi Pemadatan (blows)	2x75
4.	KARO (%)	6,5
5.	KAE (%)	11,03

3.2 . Analisis dan Hasil Pembahasan *Marshall Test*

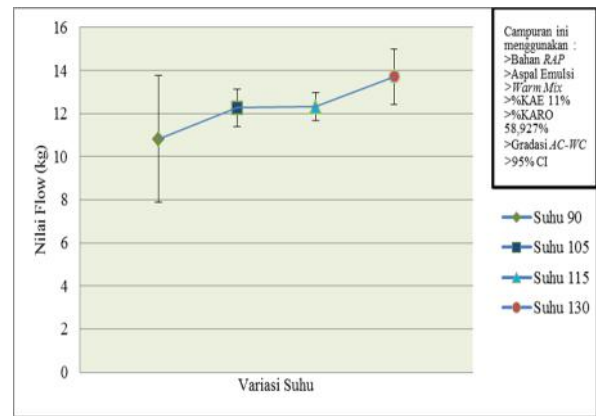
Pengujian Marshall dilakukan untuk mendapatkan data dial stabilitas dan *flow*. Berdasarkan penelitian ini campuran *emulsion asphalt* akan menggunakan metode pencampuran CAEH (Campuran Aspal Emulsi Hangat) yang mana proses pencampuran bahannya dengan menghangatkan agregat RAP terlebih dahulu. Hal ini bertujuan untuk melepaskan ikatan pada agregat RAP yang seluruh permukaannya terselimuti oleh aspal tua yang menyebabkan terjadinya penghambatan saat campuran RAP dipadatkan. Hasil pengujian *Marshall Test* pada CAEH. Spesifikasi yang digunakan pada pengujian *Marshall test* ini menggunakan spesifikasi umum Bina Marga tahun 2010 divisi 6 revisi 3, dengan menggunakan spesifikasi HMA (*Hot Mix Asphalt*) karena belum tersedianya spesifikasi umum untuk WMA. Hasil pengujian *Marshall Test* dapat dilihat pada Tabel. 5. untuk RAP berikut ini.

Tabel. 5. Hasil Pengujian *Marshall* dengan Variasi Suhu

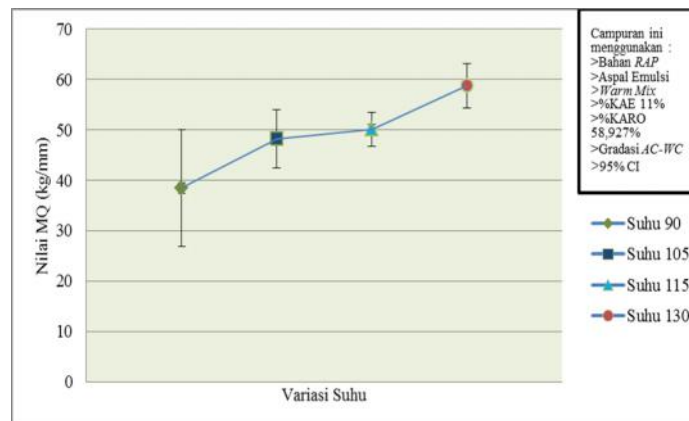
Kadar aspal 6,5 (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)
Suhu 90°	399.18	10.82	38.49
Suhu 105°	589.59	12.27	48.28
Suhu 115°	617.45	12.32	50.14
Suhu 130°	803.26	13.71	58.80



Gambar. 2. Grafik nilai Stabilitas.



Gambar. 3. Grafik nilai *flow*.



Gambar. 4. Grafik nilai MQ.

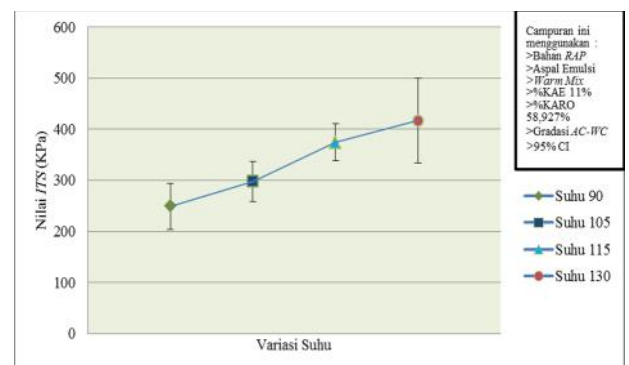
Berdasarkan hasil penelitian bahwa penggunaan variasi suhu pada campuran dapat meningkatkan nilai stabilitas dan menyebabkan nilai *flow* yang tinggi hal ini berdampak pada nilai *Marshall Quotient* jika suhu yang digunakan lebih tinggi maka nilai MQ bertambah.

3.3 Analisis dan Hasil Pembahasan *Indirect Tensile Strength (ITS)*

Pengujian *ITS* yang dilakukan ini bertujuan untuk mendapatkan nilai kuat tekan tidak langsung dengan yang digunakan gradasi lapisan untuk LASTON lapis AC-WC

Tabel. 6. Hasil Pengujian *Indirect Tensile Strenght (ITS)*

NO	Variasi Suhu	Kadar Aspal (%)	Hasil Pengujian ITS	
			(kg/cm ²)	(Kpa)
1	90°	6,5	2.54	249.17
2	105°	6,5	3.04	297.84
3	115°	6,5	3.82	374.44
4	130°	6,5	4.25	417.15



Gambar. 5. Grafik Hasil Pengujian *ITS*.

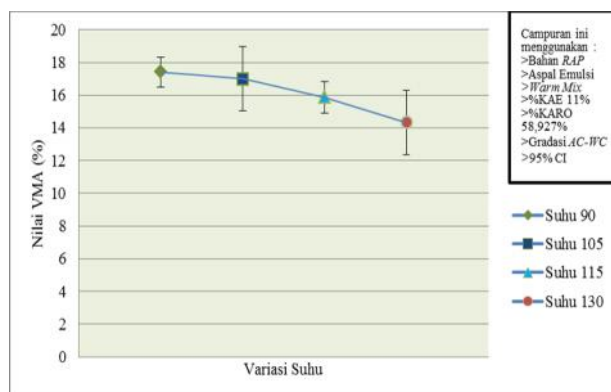
Berdasarkan hasil dari pengujian *Indirect Tensile Strenght (ITS)* menggunakan bahan *RAP* dengan aspal emulsi dan variasi suhu (*warm mix*) diperoleh hasil semakin tinggi suhu yang diberikan untuk pencampuran maka semakin tinggi pula hasil dari nilai *Indirect Tensile Strenght (ITS)*.

3.4 Analisis dan Hasil Pembahasan *Volumetric* pada Pencampuran Aspal Hangat dengan Bahan *RAP* dan Aspal Emulsi

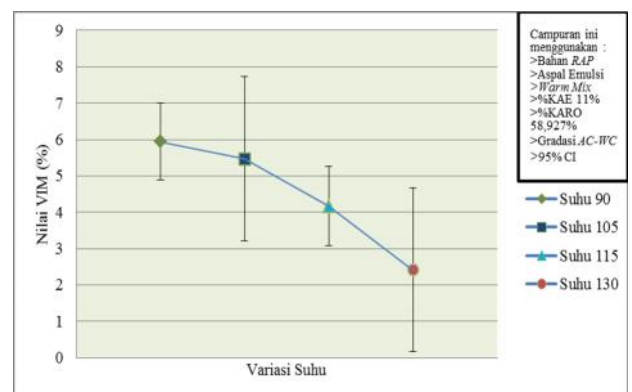
Analisis propertis pengujian *Volumetric* terhadap *warm mix asphalt* menggunakan variasi suhu 90°, 105°, 115°, 130° *RAP* dengan pengujian *test* yang akan dilakukan dengan metode pengujian *volumetrik* yang bertujuan untuk mendapatkan nilai *VFWA*, *VMA*, dan *VIM* dengan hasil pengujian sebagai berikut yang di tunjukan dalam Tabel 8

Tabel. 7. Hasil pengujian *volumetrik* pada CAEH dengan variasi suhu

Variasi Suhu	VMA (%)	VIM (%)	VFWA (%)	Kepadatan (gr/cc)
Suhu 90°	17.42	5.94	63.90	1.824
Suhu 105°	17.01	5.47	65.78	1.833
Suhu 115°	15.87	4.17	71.48	1.859
Suhu 130°	14.33	2.41	80.63	1.893
Spesifikasi Pencampuran <i>Hot Mix</i>	>15	3-5	>65	



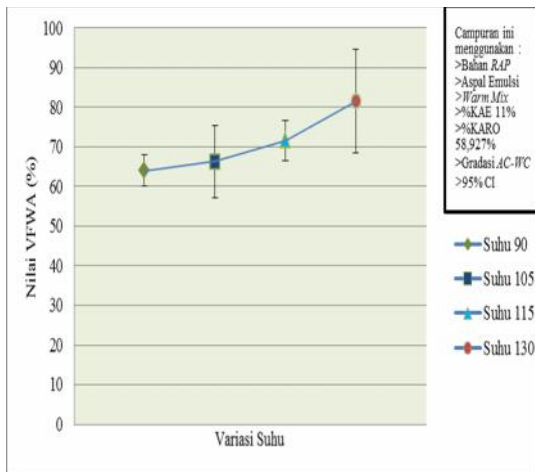
Gambar. 6. Grafik Nilai *VMA*



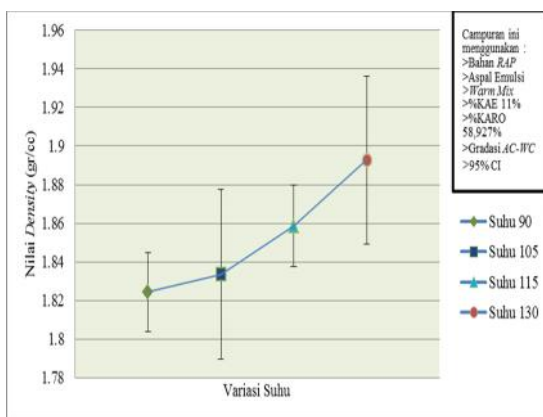
Gambar. 7. Grafik Nilai *VIM*

Berdasarkan grafik nilai *VMA* dan *VIM* terlihat bahwa seiring dengan bertambahnya suhu campuran maka nilainya cenderung menurun.. Hal ini dikarenakan semakin banyaknya aspal tua yang mengelupas karena campuran yang dihangatkan, sekaligus banyak pori-pori yang terbuka sehingga pada saat pencampuran aspal emulsi akan dengan mudah mengisi pori – pori tersebut. Selanjutnya

pada saat campuran dipadatkan maka akan dengan mudah campuran saling melengkapi atau menutup rongga yang terdapat dalam agregat pada beton aspal padat atau campuran tersebut.



Gambar. 8. Grafik Nilai VFWA



Gambar. 9. Grafik Nilai VFWA

Berdasarkan data tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi suhu yang digunakan, semakin besar pula nilai *VFWA* yang didapatkan. Hal ini disebabkan karena dalam penelitian ini menggunakan bahan *RAP* tanpa bahan tambah lain sehingga jika bahan tersebut dihangatkan maka akan banyak aspal tua yang mengelupas kemungkinan besar akan menyebabkan *bleending* atau terlalu banyak aspal naik kepermukaan campuran. Selain itu juga pengaruh aspal emulsi yang dicampurkan pada campuran tersebut akan menambah aspal keluar pada permukaan agregat. Sehingga menyebabkan nilai *VFWA* semakin besar.

Berdasarkan data tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi suhu yang digunakan, semakin besar pula nilai *Density* yang didapatkan. Hal ini disebabkan karena aspal tua yang menempel pada *RAP*, jika menggunakan campuran dengan suhu semakin tinggi maka akan menyebabkan pengelupasan aspal tua pada *RAP* lebih banyak dan banyak pori-pori yang terbuka dari yang menggunakan suhu lebih rendah, sehingga akan lebih mudah aspal emulsi mengisi pori-pori tersebut, Selanjutnya pada saat proses pemadatan antara agregat dengan aspal tua dan aspal emulsi akan lebih mudah saling mengikat

3.5 Analisis dan Hasil Pembahasan Penentuan Suhu Optimum yang Akan Digunakan

Penentuan suhu ini bertujuan untuk mencari suhu yang akan digunakan berdasarkan variasi suhu 90°, 105°, 115°, 130° (*warm mix*) Untuk menentukan suhu (*warm mix*) yang paling optimum kita menggunakan parameter dari pengujian *Marshall*, *ITS* dan *Volumetric*. Berikut hasil pembahasan yang diperoleh.

a. Berdasarkan Hasil Pengujian *Marshall Test* dan *Volumetric*

Tabel. 8. Hasil Pengujian *Marshall* dan *Volumetric*

Kadar aspal 6,5 (%)	Stabilitas Kg	Flow mm	VFWA %	VIM %	MQ kg/mm	VMA
Suhu 90°	399.18	10.82	63.90	5.94	38.49	17.42
Suhu 105°	589.59	12.27	65.78	5.47	48.28	17.01
Suhu 115°	617.45	12.32	71.48	4.17	50.14	15.87
Suhu 130°	803.26	13.71	80.63	2.41	58.80	14.33
Spesifikasi Pencampuran <i>Hot Mix</i>	>800	>4	>65	3-5	>250	>15

Berdasarkan pengujian Marshall diperoleh nilai stabilitas, *flow* dan *Marshall Quotient (MQ)*. Stabilitas dalam lingkup teknis berarti kemampuan lapis keras dalam menerima beban lalu lintas tanpa terjadi deformasi permanen seperti gelombang, alur ataupun *bleeding*. Dalam hal ini stabilitas dipengaruhi oleh banyak faktor seperti suhu lingkungan yang tidak tetap, tipe pembebanan, tekanan alat pemadat dan variabilitas campuran yang dibuat. Sedangkan Kelelehan (*flow*) adalah besarnya deformasi vertikal sampel yang terjadi mulai saat awal pembebanan sampai kondisi kesetabilan mulai menurun. Pengukuran *flow* bersamaan dengan pengukuran nilai stabilitas *Marshall*. Nilai kelelehan atau *flow* ini dipengaruhi oleh kadar aspal dan viskositas aspal, suhu, gradasi agregat dan jumlah pemadatan. Dan jika dilihat dari hasil pengujian di atas diperoleh nilai stabilitas yang paling tinggi yaitu pada suhu 130°, tetapi untuk penentuan suhu yang optimum jika dilihat dari hasil pengujian semakin suhu tinggi digunakan maka semakin besar nilai stabilitas yang diperoleh.

Berdasarkan hasil penelitian suhu 105°C menjadi suhu yang optimum, hal ini dikarenakan untuk pertambahan atau selisih dari variasi suhu yang rendah ke tinggi dapat dilihat hasilnya yaitu pada suhu 90°C dengan suhu 105°C memiliki selisih 190,41°C. Berdasarkan hasil dari suhu 105°C dengan suhu 115°C diperoleh selisih 27,86°C dan dari hasil pengujian pada suhu 115°C dengan suhu 130°C diperoleh selisih 185,81°C. Berdasarkan hasil tersebut dari keempat variasi suhu maka dapat disimpulkan bahwa suhu optimum yaitu pada suhu 105°C, hal ini dikarenakan pada suhu 90°C dengan 105°C memiliki pertambahan atau selisih hasil yang terlampaui sangat signifikan dari hasil variasi suhu lainnya serta pada suhu tersebut masih berkonsentrasi pada campuran *warm mix*. Berdasarkan penelitian dari keempat suhu yang digunakan tidak ada yang memenuhi spesifikasi berdasarkan campuran *hot mix*, dari hasil penelitian yaitu pada nilai *flow* dengan suhu 90° yaitu 10.82 mm dan pada

suhu 105°C yaitu 12.27 mm, dari hasil tersebut jika dibandingkan dengan variasi suhu lain maka suhu 105°C menunjukkan selisih yang signifikan dan terlampaui jauh dan dari segi lapangan kita juga dapat lihat bahwa dalam penggunaan dengan suhu 105°C akan lebih menghemat energi, mengurangi isu lingkungan yang dihasilkan dan biaya yang akan kita gunakan.

Berdasarkan hasil pengujian *volumetric* didapatkan hasil nilai *VIM* yang paling rendah yaitu pada suhu 130° ini menunjukkan semakin tinggi suhu yang digunakan maka semakin rendah nilai *VIM*nya ini disebabkan pada suhu tersebut banyak aspal lama yang mulai mengelupas sehingga menyebabkan pori – pori pada *RAP* banyak yang terbuka sehingga dengan mudah aspal emulsi masuk kedalam pori – pori *RAP*, dikarenakan aspal emulsi mengandung air yang akan memudahkan aspal emulsi masuk ke dalam pori – pori tersebut dan menjadikan nilai *VIM* semakin kecil. Tetapi di dalam pemilihan suhu kita tidak menjadikan patokan suhu yang memiliki nilai *VIM* yang paling kecil, tetapi jika dilihat penurunan nilai yang diperoleh dari suhu 90°C dengan 105°C tidak terlalu signifikan yaitu pada pengujian dengan suhu 105°C dengan hasil pengujian 5,47 % sedangkan pada suhu 90°C diperoleh hasil 5,94 %. walaupun tidak memenuhi spesifikasi berdasarkan campuran *hot mix* pada suhu 105°C didapatkan hasil tidak terlampaui jauh dari spesifikasi tersebut, maka dari hasilnya dapat dilihat yang memiliki nilai *VIM* optimum yaitu pada suhu 105°C.

Jika dilihat dari hasil pengujian nilai *VFWA* dari keempat variasi suhu menurut spesifikasi campuran panas, hasilnya yang tidak memenuhi spesifikasi hanya pada suhu 90°C, pada variasi 105°C, 115°C, 130°C memenuhi spesifikasi tersebut dan semakin tinggi suhu yang digunakan maka semakin besar nilai *VFWA* yang diperoleh hal ini dikarenakan banyaknya aspal yang naik kepermukaan campuran pada saat kita hangatkan, tetapi pada hasil pengujian *VMA* berdasarkan spesifikasi campuran panas yaitu dari keempat suhu hanya pada suhu 130°C yang tidak masuk pada spesifikasi tersebut, hal ini dikarenakan banyak aspal tua yang mengelupas karena campuran yang dihangatkan dengan suhu yang tinggi, akan menyebabkan banyak pori-pori yang terbuka sehingga pada saat pencampuran aspal emulsi akan dengan mudah mengisi pori – pori tersebut. Selanjutnya pada saat campuran dipadatkan maka akan dengan mudah campuran saling melengkapi atau menutup rongga yang terdapat dalam campuran tersebut.

b. Berdasarkan Hasil Pengujian *Indirect Tensile Strenght (ITS)*

Tabel. 9. Hasil Pengujian *ITS*

NO	Variasi Suhu	Kadar Aspal (%)	Hasil Pengujian ITS	
			(kg/cm2)	(Kpa)
1	90°	6,5	2.54	249.17

2	105°	6,5	3.04	297.84
3	115°	6,5	3.82	374.44
4	130°	6,5	4.25	417.15

Berdasarkan hasil pengujian *Indirect Tensile Strenght (ITS)* dapat dilihat jika semakin tinggi suhu yang digunakan maka nilai *ITS* yang diperoleh semakin tinggi, maka dari itu kita menggunakan suhu yang paling optimum yaitu pada suhu 105°C, hal ini dikarenakan pada suhu 105°C untuk hasil pengujian nilai *ITS* yang diperoleh tidak mengalami penambahan terlalu signifikan dari pengujian suhu 90°C. Berbeda dengan penambahan dari suhu 105°C ke suhu 115°C dan 130°C yang mengalami perubahan nilai *ITS* yang lebih signifikan semakin besar nilai *ITS* yang diperoleh maka akan semakin buruk suatu perkerasan yang digunakan dan selain itu kita juga mempertimbangkan isu lingkungan yang ditimbulkan dan faktor suhu yang di timbulkan.

4. PENUTUP

4.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian laboratorium mengenai Analisis Properties *Marshall* dan *ITS* pada Campuran *RAP* Hangat Menggunakan Bahan Aspal Emulsi, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Berdasarkan pengujian *Marshall*, jika semakin tinggi suhu pencampuran yang digunakan maka akan mempengaruhi nilai stabilitas dan flow yang akan semakin meningkat. Dan Pada hasil pengujian *Marshall Quotient* didapatkan hasil, jika suhu yang diberikan pada saat pencampuran semakin tinggi maka nilai *MQ* akan semakin rendah.
- 2) Seiring dengan penambahan suhu yang dilakukan ini menyebabkan nilai *VIM* dan *VMA* rendah, ini dikarenakan pada saat *RAP* dihangatkan banyak aspal lama yang menempel akan mengelupas, sehingga dalam proses pemadatan agregat *RAP* akan lebih mudah mengikat satu sama lain. Hal ini menyebabkan nilai *VIM* dan *VMA* yang akan semakin menurun, tetapi untuk nilai *VFWA* berkebalikan hasilnya yaitu jika suhu pencampuran yang digunakan semakin tinggi maka nilai *VFWA* yang dihasilkan semakin tinggi.
- 3) Dalam penentuan suhu yang optimum parameter yang digunakan berdasarkan hasil pengujian *Marshall*, *ITS* dan *volumetric*.
 - a. Dilihat dari nilai stabilitas yang paling tinggi yaitu pada suhu 130°, tetapi untuk penentuan yang paling optimum jika dilihat dari hasil pengujian pertambahan atau selisih dari suhu yang rendah ketinggi, yang menunjukkan suhu optimum yaitu pada suhu 105°. Ini disebabkan karena dari suhu 90° diperoleh hasil stabilitas 399.18 kg sedangkan pada suhu 105° diperoleh hasil 589.59

kg, untuk hasil *flow* pada suhu 90° yaitu 10.82 mm dan pada suhu 105° yaitu 12.27. Berdasarkan segi lapangan kita juga dapat lihat bahwa dalam penggunaan dengan suhu 105° akan lebih menghemat energi serta biaya yang akan digunakan.

- b. Berdasarkan hasil pengujian nilai *volumetric*, nilai *VIM* yang memasuki spesifikasi berdasarkan campuran panas yaitu pada suhu 115°C, tetapi jika dilihat perubahan yang paling signifikan yaitu pada pengujian dengan suhu 105°C dengan hasil pengujian 5,47 % walaupun tidak memenuhi spesifikasi berdasarkan campuran *hot mix* pada suhu 105°C tidak terlampau jauh dari spesifikasi tersebut. Maka dari hasil tersebut dapat dilihat yang memiliki nilai *VIM* yang optimum yaitu pada suhu 105°C. Dan Jika dilihat dari hasil pengujian nilai *VFWA* dari keempat variasi suhu menurut spesifikasi campuran panas >65, kecuali pada suhu 90°C, tetapi pada hasil pengujian *VMA* dari semakin suhu yang kita gunakan maka semakin kecil nilai *VMA*.
- c. Berdasarkan hasil dari pengujian *ITS* menggunakan bahan *RAP* dengan aspal emulsi dan variasi suhu (*warm mix*) diperoleh hasil semakin tinggi suhu yang diberikan untuk pencampuran maka semakin tinggi pula hasil dari nilai *ITS*nya.

4.2. SARAN

Setelah melakukan penelitian tentang mengenai Analisis Properties *Marshall* dan *ITS* pada Campuran *RAP* Hangat Menggunakan Bahan Aspal Emulsi, maka dapat dikemukakan saran-saran sebagai berikut :

- 1) Pengukuran bahan-bahan pokok dan ketelitian pembacaan data yang dihasilkan sangat diperlukan dalam percobaan dilaboratorium, begitu pula dengan ketentuan-ketentuan tentang temperatur campuran, pengujian benda uji, serta ketentuan lainnya harus diawasi secara cermat.
- 2) Sebelum melaksanakan penelitian sebaiknya dipahami faktor yang berpengaruh terhadap hasil penelitian ini, antara lain ketelitian penimbangan, bahan yang akan dipergunakan dan penggunaan alat-alat lainnya.
- 3) Penelitian tentang variasi suhu sangat dipengaruhi oleh keseragaman bahan saat kita hangatkan, dan kita harus cepat dalam proses pencampuran dengan aspal emulsi, hal ini dikarenakan jika agregat turun dari kompor akan cepat sekali suhu tersebut turun.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2001, *Pedoman Penyusunan "Laporan Tugas Akhir"*, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1999, *Spesifikasi Khusus Bina Marga, Campuran Aspal Emulsi Dingin*. Direktorat Jendral Bina Marga, Jakarta.

- Departemen Pekerjaan Umum, 2010, *Spesifikasi Umum Divisi 6 (revisi 3)*, Direktorat Jendral Bina Marga, Jakarta.
- Epps, J. A, 1980, *State of The Art Cold Recycling*, Transportation Research Record 780, Transportation Research Board, Washington, DC.
- Federal Highway Administration | 1200 New Jersey Avenue, SE | Washington, DC 20.590 | 202-366-4000 Turner-Fairbank Jalan Raya Research Center | 6300 Georgetown Pike | McLean, VA | 22101.
- Ghaly, N. F, I. M. Ibrahim, E. M. Naomy (2013), “*Tack Coats For Asphalt Paving*”, Egyptian Journal of Petroleum, 1-5.
- Laboratorium Teknik Sipil, *Modul Praktikum Bahan Perkerasan*, Surakarta: Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2008.
- Martens E.Q. dan Borgfeldt M.J., (1985). *Cationic Asphalt Emulsion*, California Research Corporation, California.
- Muliawan.IW. 2011, *Analisis Karakteristik dan Peningkatan Stabilitas CampuranAspal Emulsi Dingin (CAED)*, Tesis Program Pasca Sajana Universitas Udayana, Denpasar
- Pramudyo, 2013, *Investigasi Karakteristik RAP (Reclaimed Asphalt Pavement) Artifisial*, Tugas Akhir, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Rustanto, F., 2007. *Pengaruh Nilai Penetrasi Kombinasi Aspal Penetrasi 60/70 Dengan Residu Oil Terhadap Nilai Unconfined Compressive Strenght, Indirect Tensile Strength Dan Permeabilitas Untuk Campuran Split Mastic Aspahl*. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Soehartono (2010), *Teknologi Aspal Dan Penggunaannya Dalam Konstruksi Perkerasan Jalan*, PT. Medisa, Jakarta.
- Sukirman, S., *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Bandung, 1A992.
- Sukirman.S, 2003, *Beton Aspal Campuran Panas*. Penerbit Granit, Jakarta.
- Sukirman, S. 2003, *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Penerbit Nova, Bandung.
- Sunarjono, S, September 2006. *Evaluasi Engineering Bahan Perkerasan Jalan Menggunakan RAP dan Foamed Bitumen*. Jurnal eco Rekayasa. Volume 2, No.2. Uiversitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
- Sunarjono, S, 2014. *Rekayasa Kepadatan dan Stabilitas Campuran RAP Menggunakan Teknologi Cold Mix Recycling Dalam Penanganan Kerusakan jalan Pantura*. Jurnal. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
- Sunarjono, S., Astuti, W., W., Sutanto, M., H., 2015, *Karakteristik Bahan Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) Ruas Jalan Pantura Jawa*. Simposium Nasional Teknologi Terapan (SNTT) 3 2015, ISSN: 2339-028X, Makassar.

- Wayan, 2011, *Analaisis Karakteristik Dan Peningkatan Stabilitas Campuran Aspal Emulsi Dingin (CAED)*, Tugas Akhir, Universitas Muhammadiyah, Surakarta.
- Widya Sapta Colas,PT. 2003. *Spesifikasi Aspal Emulsi*. Jakarta.
- Wikanta, 2010, *Karakteristik Marshall pada Aspal Beton Campuran Hangat dengan Modifikasi Agregat-RAP dan Aspal-Residu Oli*, Tugas Akhir, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.