

**ANALISIS PROPERTIS MARSHALL DAN ITS CAMPURAN ASPAL EMULSI
HANGAT MENGGUNAKAN BAHAN TAMBAH RAP DAN PORTLAND CEMENT**



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

Oleh:

BAYU KURNIAWAN JAYA
D 100 130 193

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

HALAMAN PERSETUJUAN

**ANALISIS PROPERTIS *MARSHALL* DAN *ITS* CAMPURAN ASPAL
EMULSI HANGAT MENGGUNAKAN BAHAN TAMBAH *RAP* DAN
*PORTLAND CEMENT***

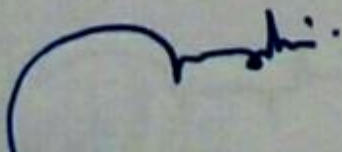
PUBLIKASI ILMIAH

oleh:

BAYU KURNIAWAN JAYA
D 100 130 193

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



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

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS PROPERTIS *MARSHALL* DAN *ITS* CAMPURAN ASPAL EMULSI
HANGAT MENGGUNAKAN BAHAN TAMBAH *RAP* DAN *PORTLAND CEMENT***

OLEH

BAYU KURNIAWAN JAYA
D 100 130 193

**Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Senin, 11 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

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, 11 Desember 2017

Penulis



BAYU KURNIAWAN JAYA

D 100 130 193

ANALISIS PROPERTIS *MARSHALL* DAN *ITS* CAMPURAN ASPAL EMULSI HANGAT MENGGUNAKAN BAHAN *RAP* DAN *PORTLAND CEMENT*

ABSTRAK

CAED adalah metode pencampuran yang umum untuk bahan daur ulang bahan *RAP* dengan aspal emulsi, namun pengaplikasian yang terbatas pada volume lalu lintas rendah hingga sedang, namun bila diaplikasikan pada volume lalu lintas tinggi tidak dapat dipastikan apakah mampu menahan beban rencana. CAEH sebagai daur ulang *RAP* dengan penambahan *fresh aggregate* dan *PC* diharap mampu menjadi solusi dari masalah tersebut, dengan pengujian terhadap propertis *Marshall* untuk memperoleh karakteristik campuran dengan menggunakan spesifikasi *HMA* dan *ITS* untuk meninjau kemampuan campuran menahan kuat tarik tidak langsung pada umumnya menyebabkan retak *fatigue*.

Penelitian yang dilakukan yaitu analisis propertis *Marshall* dan *ITS* campuran aspal emulsi hangat menggunakan bahan *RAP* dan *Portland Cement*. Diawali dengan pemeriksaan bahan *RAP* dan *fresh aggregate*, aspal emulsi 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, menentukan suhu pencampuran CAEH, lalu pembuatan benda uji dengan variasi penambahan persen *RAP* 30%, 50%, 70%, dan 100% dan penambahan bahan penstabil *PC* dengan persentase 1,5% dengan suhu pencampuran 105°C dan dilakukan pengujian propertis *Marshall test* dan parameter *ITS*.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan terhadap analisis propertis *Marshall* dan *ITS* campuran aspal emulsi hangat menggunakan bahan *RAP* dan *Portland Cement* menunjukkan, dengan variasi penggunaan *RAP* 30%, 50% 70%, dan 100% dan penambahan *PC* 1,5% didapat nilai optimum pada variasi *RAP* 70% dan penambahan *PC* berpengaruh positif terhadap propertis *Marshall* dan berpengaruh negatif pada parameter *ITS*, sedangkan untuk pengujian *void* pada CAEH karakteristik volumetrik menunjukkan nilai yang semakin mendekati spesifikasi yang digunakan, sehingga nilai yang didapat semakin baik dengan bertambahnya persen *RAP* dan penambahan *PC*. Hal ini ditunjukkan dengan *MQ* tanpa *PC* 26,69 kg/mm; 39,85 kg/mm; 51,13 kg/mm; 47,56 kg/mm dan dengan *PC* 42,62 kg/mm; 64,44 kg/mm; 73,03 kg/mm; 46,34 kg/mm sedangkan hasil pengujian parameter *ITS* tanpa *PC* 154,45 Kpa; 228,56 Kpa; 323,60 Kpa; 280,22 Kpa dan dengan *PC* 123,70 Kpa; 138,06 Kpa; 148,34 Kpa; 110,37 Kpa sedangkan hasil pengujian *VIM* tanpa *PC* 10,78%; 10,67%; 7,14%; 5,09% dan dengan *PC* 10,21%; 7,37%; 6,32%; 7,04%.

Kata Kunci: CAEH (Campuran Aspal Emulsi Hangat), *RAP* (*Reclaimed Asphalt Pavement*), *PC* (*Portland Cement*), *Marshall test*, dan *ITS* (*Indirect Tensile strength*).

ABSTRACT

CAED is a common mixing method for *RAP* material recycled materials with emulsion asphalt, but limited application in low to medium volume traffic, but when applied to high traffic volumes it can not be ascertained whether it can withstand the load of the plan. CAEH as *RAP* recycling with the addition of fresh aggregates and *PCs* is expected to be the solution of the problem, by testing *Marshall* properties to obtain mixed characteristics using *HMA* specifications and *ITS* parameters to review mixed capability of with standing tensile strength in general resulting in *fatigue cracking*.

The research is analisis propertis *Marshall* dan *ITS* campuran aspal emulsi hangat menggunakan bahan *RAP* dan *Portland Cement*. Beginning with *RAP* material inspection and *fresh aggregate*, asphalt used is asphalt emulsion type *CSS-1* 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, determine the temperature of the mixing of CAEH, then the making of the specimen with variation of RAP percentage 30%, 50%, 70% , and 100% and the addition of PC stabilizer with a percentage of 1.5% with 105° C mixing temperature and a Marshall propertis test and ITS parameters.

Based on the results of the research on analisis propertis Marshall dan ITS campuran aspal emulsi hangat menggunakan bahan RAP dan Portland Cement showed that variation of RAP use 30%, 50%, 70%, and 100% and 1.5% PC addition obtained optimum value on variation RAP 70%, and addition of PC have positive effect on Marshall properties and have a negative effect on ITS parameters, while for void testing on CAEH Volumetric characteristic shows value increasingly close to the specification used, so the value get better with increasing RAP percentage and PC addition. This is indicated by MQ without PC 26.69 kg / mm; 39.85 kg / mm; 51.13 kg / mm; 47.56 kg / mm and with PC 42.62 kg / mm; 64.44 kg / mm; 73.03 kg / mm; 46,34 kg / mm while test result of ITS parameter without PC 154,45 Kpa; 228,56 Kpa; 323,60 Kpa; 280.22 Kpa and with PC 123,70 Kpa; 138.06 Kpa; 148,34 Kpa; 110,37 Kpa while the test result of VIM without PC 10.78%; 10.67%; 7.14%; 5.09% and with PC 10.21%; 7.37%; 6.32%; 7.04%

Key words : CAEH (Campuran Aspal Emulsi Hangat), RAP (Reclaimed Asphalt Pavement), PC (Portland Cement), Marshall test, dan ITS (Indirect Tensile strength).

1. PENDAHULUAN.

1.1. Latar Belakang

RAP adalah bahan/limbah hasil pengelupasan permukaan jalan yang kebanyakan menjadi limbah tak terpakai. Untuk saat ini pengolahan RAP masih menggunakan metode HMA (*Hot Mix Asphalt*) yang tidak bisa dipungkiri dengan metode pengolahan ini memiliki keunggulan yang lebih baik. Namun dengan adanya isu lingkungan yang beredar dan penggunaan energi fosil yang tinggi. CAEH (Campuran Aspal Emulsi Hangat) adalah metode pencampuran aspal emulsi dengan metode pencampuran WMA (*Warm Mix Asphalt*) yang tergolong baru di Indonesia khususnya. Pengolahan CAE (Campuran Aspal Emulsi) pada dasarnya untuk pengolahan CAED (Campuran Aspal Emulsi Dingin) atau pencampuran aspal emulsi dengan metode CMA (*Cold Mix Asphalt*) yang di Indonesia masih sangat terbatas penelitian yang dilakukan maupun dokumentasi yang ada, CAED sendiri untuk pengaplikasiannya masih sangat terbatas pada volume lalu lintas yang rendah sampai sedang, akan tetapi untuk volume yang lebih tinggi belum dapat dipastikan apakah mampu menopang beban lalu lintas dengan volume tinggi. Dengan adanya CAEH ini diharapkan mampu memperbaiki propertis yang didapat, sehingga dapat diaplikasikan untuk jalan yang lebih tinggi dengan suhu pengolahan yang lebih rendah.

Pada permasalahan diatas yang bertujuan meningkatkan propertis dari CAEH maka dilakukan penambahan bahan tambah yang diyakini meningkatkan propertis dari campuran tersebut yaitu aspal menggunakan aspal emulsi jenis CSS-1 (*Cationic Slow Setting-1*), *fresh aggregate*, dan PC dengan mengacu pada propertis Marshall dengan mengacu spesifikasi HMA yang bertujuan untuk memperoleh nilai karakteristik minimal mendekati spesifikasi

yang digunakan dan parameter *ITS* bertujuan untuk memperoleh nilai tarik tidak langsung pada campuran dan kemampuan campuran menahan tekanan pada lapisan yang pada umumnya menyebabkan retak *fatigue*,

1.2. Rumusan Masalah.

Berdasarkan latar belakang di atas dapat dirumuskan beberapa masalah dalam penelitian ini, antara lain sebagai berikut:

- a. Bagaimana propertis *Marshall test* CAEH menggunakan variasi proporsi *RAP* dan *PC*?
- b. Bagaimana propertis volumetrik CAEH menggunakan variasi proporsi *RAP* dan *PC*?
- c. Bagaimana parameter *ITS* CAEH menggunakan variasi proporsi *RAP* dan *PC*?

1.3. Tujuan Masalah.

Berdasarkan latar belakang di atas dapat dirumuskan beberapa masalah dalam penelitian ini, antara lain sebagai berikut:

- a. Mengetahui propertis *Marshall test* CAEH menggunakan variasi proporsi *RAP* dan *PC*.
- b. Mengetahui propertis volumetrik CAEH menggunakan variasi proporsi *RAP* dan *PC*.
- c. Mengetahui parameter *ITS* CAEH menggunakan variasi proporsi *RAP* dan *PC*.

1.4. Batas Penelitian.

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Penelitian ini menggunakan bahan *RAP* jalan lama di jalur Pantai Utara Jawa (PANTURA) lapis *AC-WC*, tepatnya di Kab. Kendal.
- b. Penelitian ini menggunakan alat-alat yang diperlukan untuk mendukung keberhasilan ini yang berada di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- c. Aspal yang digunakan adalah *Emulsion Asphalt* yang diproduksi PT. IZZA Sarana Karsa Sidoharjo. Jenis aspal *CSS-1* dengan kandungan listrik *kationik*.
- d. Lapisan perkerasan yang di uji cobakan *AC-WC*.
- e. Mempelajari propertis stabilitas *Marshall*, volumetrik (*VMA*, *VIM*, dan *VFWA*), dan nilai *ITS*.
- f. Pencampuran menggunakan campuran hangat *WMA*.
- g. Penyelidikan suhu yang digunakan dalam pencampuran *mix design* adalah hasil investigasi terbaik pada parameter nilai stabilitas *Marshall* pada penelitian Haryono LWL (2017).
- h. *Fresh Aggregate* yang digunakan berasal dari toko bangunan sekitar kampus Universitas Muhammadiyah Surakarta..
- i. Menggunakan variasi *RAP* terhadap campuran sebesar 30%, 50%, 70%, dan 100% terhadap berat agregat.
- j. Menggunakan variasi *PC* terhadap campuran sebesar 1,5% terhadap berat agregat.
- k. Spesifikasi campuran pada penelitian kali ini menggunakan metode pencampuran *WMA*, berdasarkan *NCAT (National Center for Asphalt Technology)* di Auburn University, USA

mengatakan bahwa “semua persyaratan spesifikasi untuk *HMA* berlaku untuk *WMA*”. Berikut ini adalah spesifikasi *HMA* dengan LASTON (Lapisan Aspal Beton) sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi III Devisi 6 pada Tabel 1.

Tabel 1. Ketentuan Sifat-Sifat Campuran LASTON (*AC*)

Sifat-Sifat Campuran		LASTON	
		Lapis Aus	
		Halus	Kasar
Jumlah tumbukan perbidang		75	
Rongga dalam campuran (%)	Maks	3,5	
	Min	5,0	
Rongga dalam agregat (<i>VMA</i>) (%)	Min	15	
Rongga terisi aspal (%)	Min	65	
Stabilitas <i>Marshall</i> (kg)	Min	800	
<i>Flow</i> (mm)	Min	3	
<i>Marshall Quotient</i> (kg/mm)	Min	250	

2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta. Bahan yang digunakan adalah *RAP* yang diambil dari DPU Kabupaten Tegal, Jawa Tengah di jalur PANTURA.

Dalam penelitian ini ada beberapa tahapan penelitian untuk memperjelas proses penelitian. Adapun tahapan penelitian tersebut antara lain :

- Tahap I : Persiapan alat dan bahan pengujian agregat mengacu pada spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3 devisi 6.
- Pengujian pemadatan dengan membuat sampel variasi pengurangan atau penambahan air terhadap 5% kadar air penyelimutan dengan metode CAED.
 - Pengujian variasi KARO dengan variasi kadar aspal yang digunakan dengan metode CAED.
- Tahap II : Menentukan suhu Penelitian Haryono, LHL (2017), pencampuran yang digunakan dalam pencampuran *WMA* dengan menggunakan *Emulsion Asphalt*.
- Tahap III : Membuat sempel dengan penambahan bahan tambah agregat baru dengan bahan penstabilisasi *PC*
- Tahap IV : Pengujian terhadap Volumetrik (*VMA*, *VIM*, dan *VFWA*)
- Tahap V : Pengujian sempel dengan metode *Marshall Test* dan *ITS*
- Tahap VI : Analisis dan pengolahan data dari pengujian bahan *RAP*
- Pengaruh *RAP* terhadap CAEH
 - Pengaruh *PC* terhadap CAEH
- Tahap VII : Kesimpulan dan saran.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Teori Estimasi Kadar aspal

3.1.1. Teori Estimasi Penggunaan Aspal Emulsi

Kadar aspal yang diperkirakan adalah yang terkandung dalam *RAP* dan residu dari aspal emulsi setelah kandungan airnya menguap. Kadar aspal efektif adalah kadar aspal total dikurangi dengan kadar aspal yang diserap agregat. Perkiraan awal kadar residu aspal emulsi untuk campuran percobaan dapat ditentukan dengan persamaan: (Dirjen Bina Marga, 1999)

$$P = (0,05 (\%CA) + 0,1 (\%FA) + 0,5(\%filler)) \times K$$

dengan : P = Kadar aspal tengah/ideal, persen terhadap berat campuran

CA = Persen agregat terhadap saringan No.8

FA = Persen agregat lolos saringan No.8 dan tertahan saringan No.200

$Filler$ = Persen agregat minimal 75% lolos No.200

K = Konstanta (0,5-1,0 LASTON, 2,0-3,0 LATASTON)

Langkah berikutnya adalah menentukan Kadar Aspal Emulsi (KAE) awal terhadap berat total campuran:

$$KAE \text{ Awal} = \left(\frac{P}{X} \right) \%$$

dengan : P = Kadar residu aspal (%).

X = Kadar residu dari aspal emulsi (%).

3.1.2. Teori Kadar Air Penyelimutan dan Pemadatan.

Proses pencampuran aspal emulsi yang baik dipengaruhi oleh penyelimutan aspal ke seluruh permukaan agregat. Kelembapan agregat dengan cara penambahan kadar air pada agregat secara merata dapat membantu penyelimutan aspal emulsi ke permukaan agregat karena air berperan sebagai *viscosity reducing agent* atau menurunkan kekentalan aspal emulsi. (Thanaya, 2003)

Untuk mendapatkan kepadatan yang optimum, campuran aspal emulsi yang telah dicampur pada kadar air penyelimutan terbaik akan didapatkan pada kadar air pemadatan optimum. Kadar air pemadatan optimum diperoleh dengan nilai kepadatan kering benda uji tertinggi dari grafik hubungan antara kepadatan kering dan kadar air kepadatan. (Anonim, 1989) Kepadatan kering dan porositas dapat dihitung dengan persamaan berikut ini :

$$Y_d = Y_{mb} \times \frac{(100 + P_a)}{(100 + P_a + W)}$$

$$W = \frac{\text{Berat air}}{\text{Berat Camp kering}} \times 100$$

$$SG_{mix} = \frac{100}{\frac{P_{ca}}{G_{ca}} + \frac{P_{fa}}{G_{fa}} + \frac{P_f}{G_f} + \frac{P_a}{G_a}}$$

$$Y_{ZAV} = \frac{\frac{1}{SG_{Mix}}}{1 + (SG_{Mix} \times \frac{W}{100})}$$

dengan: γ_d = Kepadatan Kering (gr/cm³)
 γ_{mb} = Kepadatan basah (gr/cm³)
 γ_{ZAV} = Kepadatan *Zero Air Void* (gr/cm³)
 P_a = Kadar aspal (%)
 W = Kadar aspal saat pengujian (%)
 SG_{mix} = Berat jenis campuran

3.2. Estimasi Kadar Aspal Emulsi Yang Digunakan

Penggunaan kadar aspal emulsi yang akan ditambahkan pada saat pencampuran memerlukan perencanaan, Tabel 2 dan Tabel 3 di bawah ini adalah proses perencanaan penggunaan aspal emulsi yang akan digunakan.

Tabel 2. Penggunaan Kadar Aspal Emulsi Pada *RAP*

Ø Ayakan	Rekayasa RAP	persen tertahan
Inch	%	%
¾	100,00	0,00
½	95,90	4,10
3/8	83,90	12,00
No. 4	57,90	26,00
No. 8	44,83	13,07
No.16	34,21	10,62
No. 30	24,47	9,74
No. 50	15,79	8,68
No. 100	9,98	5,81
No. 200	4,86	5,12
Pan	0,00	4,86

Tabel 3. Penggunaan Kadar Aspal Emulsi Pada *Fresh Agg.*

Ø Ayakan	Rekayasa Fresh	Persen tertahan
inch	%	%
¾	100,00	0,00
½	95,60	4,40
3/8	80,50	15,11
No. 4	61,80	18,70
No. 8	46,50	15,30
No.16	31,66	14,84
No. 30	23,23	8,43
No. 50	16,00	7,23
No. 100	10,11	5,89
No. 200	7,10	3,01
Pan	0,00	7,10

1) Mencari Kadar Aspal Residu Aspal

$$P = (0,05 (\%CA) + 0,1 (\%FA) + 0,5(\%filler)) \times K$$

$$K = 0,7 \text{ (LASTON)}$$

$$= ((0,05 \cdot 55,17) + (0,1 \cdot 39,97) + (0,5 \cdot 4,86)) \times 0,7$$

$$= 6,5\%$$

2) Mencari Kadar Aspal Emulsi

$$KAE \text{ Awal} = \left(\frac{P}{X}\right)\%$$

$$X = 58,927\%$$

$$= \left(\frac{6,5}{58,927}\right)\% = 11,03\%$$

1) Mencari Kadar Aspal Residu Aspal

$$P = (0,05 (\%CA) + 0,1 (\%FA) + 0,5(\%filler)) \times K$$

$$K = 0,7 \text{ (LASTON)}$$

$$= ((0,05 \cdot 53,50) + (0,1 \cdot 39,40) + (0,5 \cdot 7,10)) \times 0,7$$

$$= 7,11\%$$

2) Mencari Kadar Aspal Emulsi

$$KAE \text{ Awal} = \left(\frac{P}{X}\right)\%$$

$$X = 58,927\%$$

$$= \left(\frac{7,11}{58,927}\right)\% = 12,08\%$$

3.3. Pemeriksaan Kadar Air Penyelimutan.

Pengujian ini bertujuan untuk memperoleh kadar air yang diperlukan untuk mendapatkan kondisi agregat yang digunakan dalam kondisi lembab agar pada saat

pencampuran akan memudahkan aspal emulsi menyelimuti permukaan agregat dengan merata. Di bawah ini proses pengujiannya:

- 1) Siapkan 500 gr agregat sesuai dengan proporsi dari masing-masing agregat
- 2) Siapkan variasi penambahan air yang dilakukan. Pada pengujian kali ini penambahan yang dilakukan sebesar 2%, 3%, 4%, 5%, dan 6% dari berat agregat.
- 3) Penentuan kadar air penyelimutan dengan kemampuan penyelimutan aspal >75% terhadap luas permukaan agregat dan melihat campuran tidak terlalu encer serta tidak terlalu kaku.
- 4) Kesimpulan didapat hasil 5% penambahan air terhadap berat agregat 1100 gr, pengambilan kesimpulan berdasarkan pada penglihatan secara visual. Dengan karakter agregat yang tidak terlalu basah dan semua agregat halus terselimuti secara merata kecuali agregat dengan ukuran diatas 10 mm dengan persentase yang terselimuti >75%. Hasil pengujian dapat dilihat pada gambar berikut ini

3.4. Pengujian Kadar Air Pemadatan

Pengujian kadar air pemadatan ini bertujuan untuk mendapatkan seberapa besar penambahan air terhadap kadar air penyelimutan untuk mencapai kondisi benda uji benar-benar padat. Pengujian ini dilakukan dengan cara membuat CAED (Campuran Aspal Emulsi Dingin) dengan variasi pengurangan atau penambahan air dengan rentan penambahan air 1% setiap benda uji. Tabel 4 dan Tabel 5 berikut ini adalah hasil dari pengujian kadar air pemadatan:

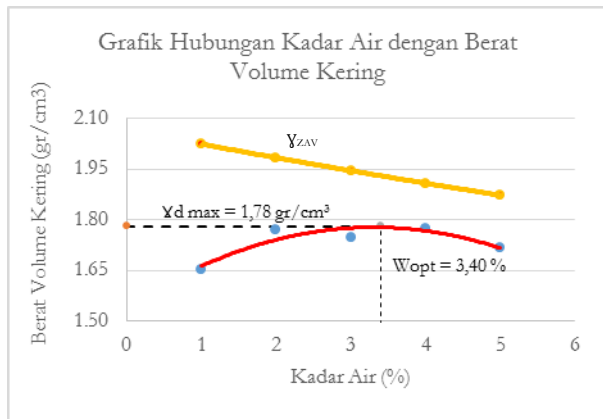
Tabel 4. Pengujian Kadar Air Pemadatan Agregat *RAP*

No	Berat Setelah Ditumbuk	Kadar Air Awal		Pengurangan Kadar Air		W'	SG_{mix}	γ_{zAV}	γ_m	γ_d
	gr	%	ml	%	ml			gr/cm ³	gr/cm ³	gr/cm ³
1	1176	5	55	4	44	1	2,066	2,024	1,667	1,652
2	1273	5	55	3	33	2		1,984	1,805	1,771
3	1267	5	55	2	22	3		1,945	1,796	1,747
4	1298	5	55	1	11	4		1,908	1,840	1,774
5	1268	5	55	0	0	5		1,872	1,798	1,717

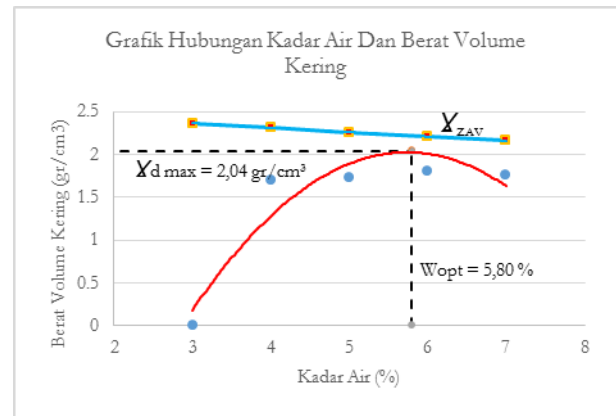
Tabel 5. Pengujian Kadar Air Pemadatan *Fresh Aggregate*

No	Berat Setelah Ditumbuk	Kadar Air Awal		Pengurangan Kadar Air		W'	SG_{mix}	γ_{zAV}	γ_m	γ_d
	gr	%	ml	%	ml			gr/cm ³	gr/cm ³	gr/cm ³
1	0	5	55	-2	-22	3	2,544	2,363	0,000	0,000
2	1244	5	55	-1	-11	4		2,309	1,764	1,696
3	1278	5	55	0	0	5		2,257	1,812	1,726
4	1341	5	55	+1	11	6		2,207	1,901	1,794
5	1321	5	55	+2	22	7		2,159	1,873	1,750

Gambar 1 dan Gambar 2 berikut ini adalah grafik hubungan antara berat volume kering dengan variasi kadar air



Gambar 1. Grafik Hubungan Kadar Air dengan Berat Volum Kering Untuk Agregat RAP



Gambar 2. Grafik Hubungan Kadar Air dengan Berat Volum Kering Untuk Agregat Fresh

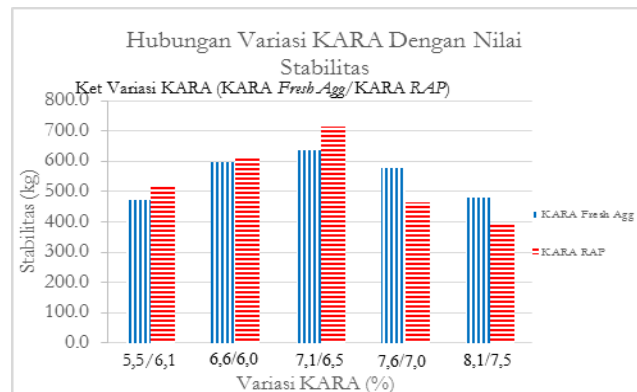
Pengujian tersebut menghasilkan penambahan air pada saat pencampuran yang diperoleh pada agregat RAP dengan nilai kadar air 3,40% dengan nilai kepadatan 1,78 gr/cm³, sedangkan untuk *fresh aggregate* dengan nilai kadar air 5,80% dengan nilai kepadatan 2,04 gr/cm³.

3.5. Pengujian KARO (Kadar Aspal Residu Optimum) yang digunakan.

Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai estimasi aspal emulsi yang akan digunakan pada CAEH (Campuran Aspal Emulsi Hangat) dengan indikator penentu KARO yang digunakan berdasarkan nilai stabilitas dari pengujian *Marshall* test. Pengujian ini dilakukan dengan cara membuat CAED (Campuran Aspal Emulsi Dingin) dengan variasi KARA rentan 0,5% ke bawah dua dan ke atas dua, Tabel 6 berikut ini adalah hasil dari pengujian KARO baik pada *fresh aggregate* dan RAP

Tabel. 6. Hasil Pengujian *Marshall* Pada Agregat RAP dan *Fresh Aggregate*

KARA RAP (%)	Stabilitas kg	KARA Fresh (%)	Stabilitas Kg
5,5	521,54	6,1	473,11
6	610,13	6,6	595,03
6,5	713,83	7,1	635,44
7	462,95	7,6	575,56
7,5	396,93	8,1	480,49



Gambar 3. Grafik Hubungan Nilai Stabilitas dengan Variasi KARA

Pengujian nilai stabilitas pada penentuan KARO diperoleh nilai stabilitas yang paling maksimal maka diperoleh KARO pada *fresh Agg* 7,1% dan untuk KARO pada *RAP* 6,6%

3.6. Penentuan Suhu Untuk CAEH (Campuran Aspal Emulsi Hangat)

Penentuan suhu pada CAEH yang digunakan menggunakan indikator nilai stabilitas paling optimum, yaitu dengan nilai stabilitas yang tinggi akan tetapi memiliki suhu penghangatan yang tidak terlalu tinggi. Tabel 7 berikut ini adalah hasil pengujian stabilitas *Marshall* terhadap variasi suhu yang digunakan maka diperoleh suhu pencampuran rata-rata diperoleh:

Tabel 7. Tabel *Marshall Test* Variasi Suhu CAEH.

Variasi Suhu	Nilai <i>Stabilitas Marshall</i>	Selisih Nilai Stabilitas
°C	Kg	Kg
90°	399,18	190,41
105°	589,59	
115°	617,45	27,86
130°	803,26	185,81

Penggunaan suhu yang digunakan pada CAEH adalah pada suhu 105°C dengan nilai stabilitas 589,59 kg. Karena pada nilai stabilitas ini didapat nilai stabilitas yang tinggi akan tetapi memiliki suhu penghangatan yang tidak terlalu tinggi. Bila dilihat dari nilai selisih antara suhu 105°C dengan suhu 115°C yang memiliki selisih yang tidak terlalu jauh.

3.7. Pengujian Propertis CAEH Terhadap Pengujian *Marshall Test*.

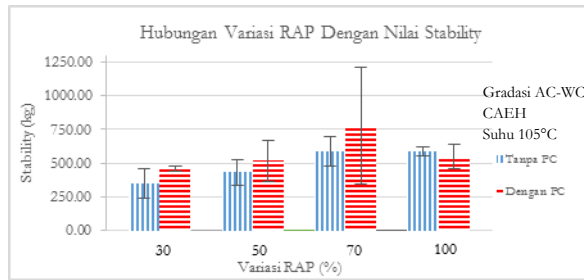
Pengujian *Marshall test* yang dilakukan ini bertujuan untuk mendapatkan nilai stabilitas, *flow*, dan *MQ (Marshall Quotient)* dengan menggunakan spesifikasi *HMA* dengan gradasi lapisan untuk LASTON lapis AC-WC dengan menggunakan Bina Marga 2010 revisi III devisi 6. Tabel 8 berikut ini adalah hasil penngujian yang dilakukan:

Tabel 8. Hasil Pengujian *Marshall Test* Pada CAEH.

Kadar aspal emulsi	Persentase agregat	<i>Stabilitas</i> (kg)	<i>Flow</i> (mm)	<i>MQ</i> (kg/mm)
Aspal	RAP			
(%)	(%)	kg	mm	kg/mm
6,50	100	589,59	12,50	47,56
6,68	70	584,95	11,66	51,13
6,81	50	431,07	10,87	39,85
6,99	30	348,18	13,17	26,69
6,50	100 + PC	549,00	12,27	46,34
6,68	70 + PC	777,64	10,56	73,03
6,81	50 + PC	515,61	7,97	64,44
6,99	30 + PC	458,59	11,22	42,62

- a. Stabilitas adalah nilai kemampuan campuran menerima beban hingga kondisi kelelahan b. *Flow* adalah kemampuan campuran aspal menerima beban hingga kondisi plastis

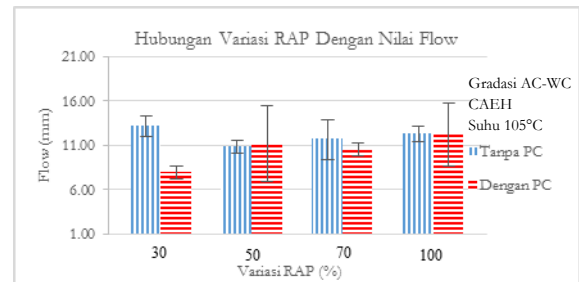
plastis dinyatakan dalam kg.



Gambar 4. Grafik Hubungan Variasi RAP dengan Nilai *Stability*.

(%Residu aspal emulsi = 58,927%, Spesifikasi Min 800 kg)

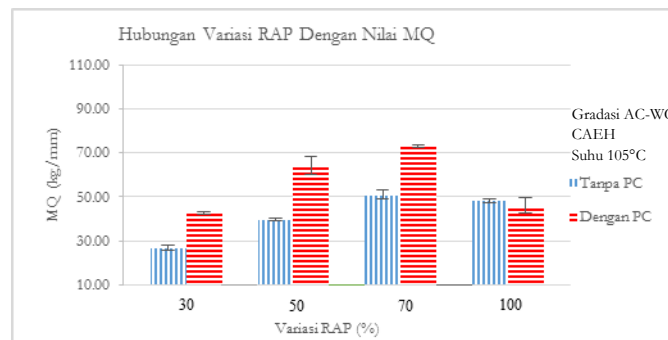
hingga kondisi stabilitas maksimal dinyatakan dalam mm.



Gambar 5. Grafik Hubungan Variasi RAP dengan Nilai *Flow*

(%Residu aspal emulsi = 58,927%, Spesifikasi Min 3 mm)

c. *MQ* adalah hasil bagi antara nilai stabilitas dengan nilai *flow* yang berpengaruh pada tingkat fleksibilitas campuran aspal dinyatakan dalam kg/mm.



Gambar 6 Grafik Hubungan Variasi RAP dengan Nilai *MQ*
(%Residu aspal emulsi = 58,927%, Spesifikasi >250 kg/mm)

Pengujian terhadap propertis *Marshall* pada CAEH menyatakan bahwa campuran berdampak postif seiring dengan bertambahnya persen *RAP* yang ditambahkan dan pada penambahan *PC* 1,5% menambah kualitas dari CAEH. Pengujian terhadap propertis *Marshall* didapat nilai maksimum pada penambahan 70% *RAP*, ini kemungkinan terjadi karena *RAP* akan sedikit lebas ikatan antara agregatnya dan menurun viskositas aspal tuanya bila dihangatkan dan akan menambah kemampuan untuk menyelimuti *fresh aggregate* yang akan menambah nilai kualitas campuran akan tetapi bila *RAP* saja yang digunakan campuran akan mengalami penurunan karena sifat agregat *RAP* yang sudah tua disebabkan kemampuan agregat terhadap daya tahan.

3.8. Pengujian Propertis Volumetrik Terhadap CAEH.

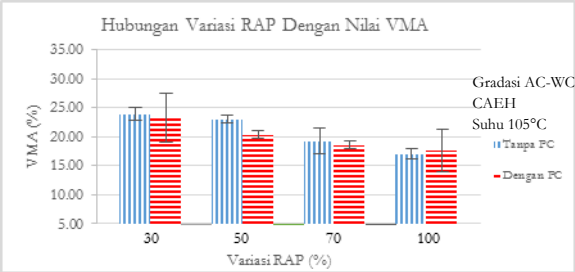
Pengujian Volumetrik yang dilakukan ini bertujuan untuk mendapatkan nilai *VMA*, *VIM*, *VFWA* dengan menggunakan spesifikasi *HMA* dengan gradasi lapisan untuk LASTON

lapis AC-WC dengan menggunakan Bina Marga 2010 revisi III devisi 6. Tabel 9 berikut ini adalah hasil penngujian yang dilakukan.

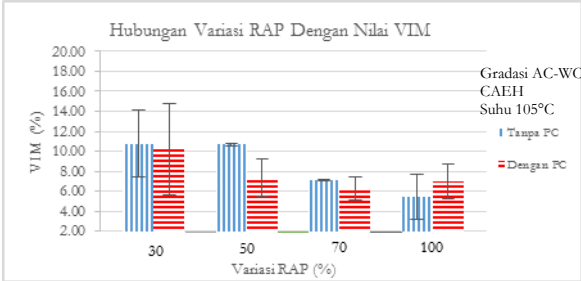
Tabel 9. Hasil Pengujian Volumetrik Pada CAEH

Kadar aspal emulsi	Persentase agregat	VMA	VIM	VFWA
Aspal	RAP			
(%)	(%)	%	%	%
6,50	100	17,01	5,09	70,06
6,68	70	19,25	7,14	61,02
6,81	50	23,01	10,67	52,08
6,99	30	23,90	10,78	53,57
6,50	100 + PC	17,61	7,04	63,23
6,68	70 + PC	18,54	6,32	63,98
6,81	50 + PC	20,33	7,37	61,26
6,99	30 + PC	23,26	10,21	55,66

- a. *VMA* adalah kadar pori antara butiran agregat pada campuran aspal yang sudah dipadatkan (%)
- b. *VIM* adalah kadar pori total yang ada diantara partikel agregat yang sudah dipadatkan dinyatakan dalam (%)



Gambar 7. Grafik Hubungan Variasi *RAP* dengan Nilai *VMA*

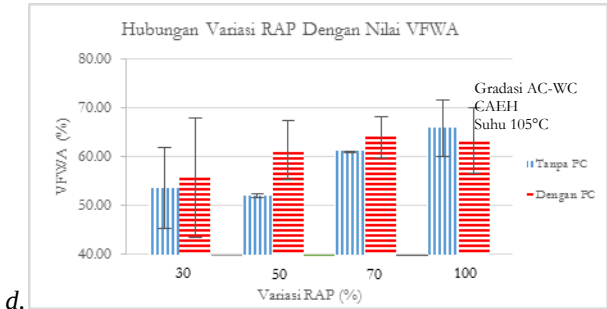


Gambar 8. Grafik Hubungan Variasi *RAP* dengan Nilai *VIM*

(%Residu aspal emulsi = 58,927%, Spesifikasi >15)

(%Residu aspal emulsi = 58,927%, Spesifikasi 3,5%-5%).

- c. *VFWA* adalah kadar pori dalam agregat yang terisi oleh aspal dinyatakan dalam (%)



Gambar 9. Grafik Hubungan Variasi *RAP* dengan Nilai *VFWA*

(%Residu aspal emulsi = 58,927%, Spesifikasi >65)

Pengujian terhadap propertis volumetrik pada CAEH menyatakan bahwa campuran mengalami perbaikan kualitas terhadap spesifikasi yang digunakan, ini kemungkinan disebabkan karena adanya proses penghangat pada campuran yang mengguanakan *RAP* yang dihangatkan akan menurunkan viskositas pada campuran sehingga mempermudah

pergerakan saat proses penumbukan dan penambahan *PC* 1,5% pada CAEH berdampak positif pada perbaikan karakteristik volumetrik daripada CAEH tanpa penambahan *PC*.

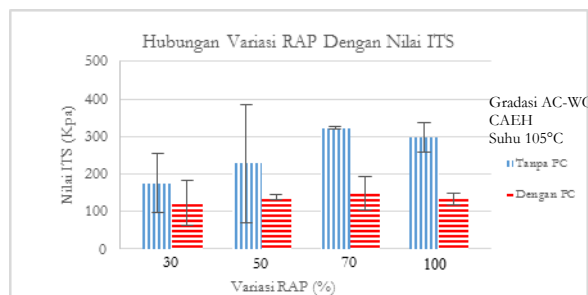
3.9. Pengujian Propertis *ITS* (*Indirect Tensile Strength*) Terhadap CAEH.

Pengujian *ITS* yang dilakukan ini bertujuan untuk mendapatkan nilai kuat tekan tidak langsung dengan yang digunakan gradasi lapisan untuk LASTON lapis AC-WC dengan Menggunakan Bina Marga 2010 revisi III devisi 6. Tabel 10 berikut ini adalah hasil penngujian yang dilakukan:

Tabel 10. Hasil pengujian *ITS* (*Indirect Tensile Strength*) Pada CAEH

No.	Variasi agregat yang di gunakan Parameter terhadap RAP (%)	Nilai <i>ITS</i> (Kpa)
1.	100	280,218
2.	70	323,601
3.	50	228,556
4.	30	154,452
5.	100 + <i>PC</i>	110,370
6.	70 + <i>PC</i>	148,343
7.	50 + <i>PC</i>	138,058
8.	30 + <i>PC</i>	123,695

a.*ITS* adalah salah satu metode untuk mengetahui gaya tarik dari campuran aspal. Gaya tarik sendiri terkadang digunakan yntuk mengevaluasi potensi retakan yang terjadi.



Gambar 10. Grafik Hubungan Variasi RAP dengan Nilai *ITS*

(%Residu aspal emulsi = 58,927%)

Pengujian terhadap propertis volumetrik pada CAEH menyatakan bahwa campuran mengalami peningkatan dengan bertambahnya *RAP* yang digunakan hingga pada kondisi optimum pada penambahan 70% *RAP*, ini kemungkinan terjadi akibat dari sifat uji *ITS* yang menguji kekuatan lekatan pada aspal pada campuran, apabila aspal yang digunakan over karena tidak adanya *fresh aggregate* yang digunakan yang berperan menggantikan komposisi agregat yang hilang.

4. PENUTUP.

4.1. Kesimpulan

Setelah didapatkan data dan dianalisis pada bab sebelumnya, maka kemudian kesimpulan dari penelitian yang berjudul “Analisis Propertis *Marshall* dan *ITS* Campuran Asphalt Emulsi Hangat Menggunakan Bahan *RAP* dan *Portland Cement*” sebagai berikut:

- 1) Berdasarkan pemeriksaan propertis *Marshall* yang dilakukan menunjukkan bahwa penambahan persen *fresh aggregate*, *RAP* dan dengan adanya penambahan 1,5% *PC* sangat mempengaruhi nilai kenaikan karakteristik *Marshall*, akan tetapi berbeda bila tanpa menggunakan *fresh Agregate* justru akan mengurangi nilai karakteristik *Marshall* nya dan pengaruh pendiaman selama 3 hari pada suhu 40°C akan semakin menambah kekuatan dari CAEH.
- 2) Berdasarkan pemeriksaan propertis volumetrik yang dilakukan menyatakan bahwa dengan bertambahnya persen *RAP* akan memperbaiki karakteristik volumetrik (*VMA*, *VIM*, dan *VFWA*) ini karena adanya pengaruh dari penghangatan pada saat pencampuran dan adanya penambahan 1,5% *PC* akan semakin menambah kualitas dari CAEH karena selain peran *PC* sebagai bahan perkuatan akan tetapi dapat berperan sebagai *filler* (bahan pengisi) kemudian nilai kepadatan (*density*) dari perhitungan menunjukkan bahwa nilainya hampir seragam dari tiap penambahan persen *RAP* maupun dengan dan tanpa penambahan *PC*.
- 3) Berdasarkan pemeriksaan parameter *ITS* yang dilakukan menunjukkan bahwa penambahan persen *RAP* dapat meningkatkan nilai *ITS* dan akan menurun pada titik optimumnya dan penambahan *PC* pada CAEH dapat menurunkan nilai *ITS* karena sifat CAEH akan menjadi semakin getas.

4.2. Saran

Berdasarkan pembahasan penelitian “Analisis Propertis *Marshall* dan *ITS* Campuran Asphalt Emulsi Hangat Menggunakan Bahan *RAP* dan *Portland Cement*” sebagai berikut:

- 1) Perlunya kajian lebih lanjut mengenai *durability* terhadap CAEH yang sangat mempengaruhi seberapa tahan campuran tersebut
- 2) Perlunya kajian lebih lanjut mengenai pengaruh aspal tua yang ada di permukaan *RAP*.
- 3) Perlunya kajian lebih lanjut mengenai penambahan variasi *PC* yang dilakukan, karena bila dilihat dari sampel yang dibuat saat di campur dengan *PC* terlihat campuran agregat seperti *over* kandungan *PC* dengan persen penambahan 1,5%.

- 4) Perlunya kajian yang lebih mendalam tetanga variasi persen penambahan *RAP* yang dibutuhkan terutama pada variasi 70% ke atas untuk mendapatkan nilai stabilitas *Marshall* yang paling optimum.
- 5) Perlunya kajian lebih lanjut cara pencampuran aspal emulsi dengan metode pencampuran aspal hangat.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional (BSN), 2011, “*Spesifikasi Aspal Emulsi Kationik*”, SNI 4798:2011. Jakarta
- Kementrian Pekerjaan Umum, 2010, “*Spesifikasi Umum 2010, Direktorat Jendral Bina Marga*”.Kementrian Pekerjaan Umum, 1999, “*Pedoman Perencanaan Bubur Aspal Emulsi (Slurry Seal)*”, Penerbit PT. Mediatama Saptakarya, Direktorat Jendral Bina Marga.
- Puslitbang Teknologi Prasarana Transportasi, 2000, “*Pembuatan Aspal Emulsi Yang Tahan Simpan*”. Bandung.
- Pusjatan-Balitbang PU, 2002, *Spesifikasi Aspal Emulsi*”, SNI 03-6832-2002.
- Anonim, 2014.”*Mekanika Tanah 1*”. Buku Ajar. UMS. Surakarta
- Ahmad. M, 2010. “*Kajian Larakter Indirect Tensile Strength Asphalt Concrete Recycle Dengan Campuran Aspal Penetrasi 60/70 Dan Residu Oli Pada Campuran Hangat*”. Tugas Akhir. UNS. Surakarta.
- Andang, 2016. “*Analisis Pergerakan Agregat Saat Pemadatan Dan Distribusi Void Dampuran Aspal Emulsi Bergradasi Cooper*”. Tugas Akhir. UMS. Surakarta.
- Ariska, 2016, Analisa Karakteristik Kepadatan Dan Nilai *CBR* Bhan *RAP (Reclaimed Asphalt Pavement)* Bergradasi AC-WC, Tugas Akhir, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Asphalt Institute. 1989. “*Asphalt Cold Mix Manual*”, Manual Series No.14 (MS-14), Third Edition, Lexington, KY 40512-4052, USA.
- Astuti, 2015, *Analisa Pengaruh Bahan Tambah Kapur Terhadap Karakteristik RAP (Reclaimed Asphalt Pavement)*, Tugas Akhir, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Anon, 1982, *Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia* (PUBI 1982),
- Pusat Penelitian Dan Pengembangan PU, Bandung.

- Benzene International (7 September 2016). *Bitumen Emulsion*. Benzene International Pte Ltd. Singapura. Tersedia di: <http://www.benzeneinternational.com/bitumen-emulsion/>
- Federal Highway Administration, 2010, *Warm Mix Asphalt*, Washington. DC
- Garrick, N. W., dan Biskur, R. R. 1990. *Effects of Asphalt Properties on Indirect Tensile Strength* [Online], Transportation Research Record No. 1269, p. 26-39. Transportation Research Board. Tersedia di: http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/out_of_print.htm [diunduh tanggal 20 Agustus 2009].
- Martens E.Q. dan Borgfeldt M.J., 1985. "*Cationic Asphalt Emulsion California Research Corporation*", California. Mustika, 2009. "Observasi Karakteristik *Marshall* Pada *Asphalt Concrete* Campuran Panas Dengan *RAP*". Tugas Akhir. UMS. Surakarta.
- Muliawan, I.W., 2011. "Analisis Karakteristik dan Peningkatan Stabilitas CAED (Campuran Aspal Emulsi Dingin)". Tesis. UNUD. Denpasar.
- *National Asphalt Pavement Association*, 1996. *Hot Mix Asphalt Materials Mixture Design and Constructions*. NAPA Educations Founddation. Maryland
- Read, J. and Whiteoak, D. 2009. "*The shell bitumen handbook*", London, *ICE publishing*.
- R. Yamin, Anwar & Widayat. D (2007), "*Penanggulangan Foam Bitumen Daur Ulang Perkerasan Jalan*". Pulitbang Jalan dan Jembatan, Bandung.
- Shell, 2012, *Shell Bitumen Handbook*, England, Shell Bitumen.
- Suherry, 2014. "*Kajian Campuran Agregat Kasar Yang Berbeda Abrasi Terhadap Parameter Marshall Menggunakan Aspal Pen 60/70 Untuk LASTON AC-WC (Studi Kasus : Agregat Kab. Gayo Lues dan Agregat Kab. Aceh Utara)*". Tugas Akhir, Unisyiah.
- Sunarjono, S., Hidayati, N., 2016. "*Sepuluh Tahun Hasil Penelitian Bahan Reclaimed Asphalt Pavement di Pusat Studi Transportasi UMS. The 3rd University Research Colloquium (URECOL) 2016*", LPPM STIKES Muhammadiyah Kudus, <http://hdl.handle.net/11617/6930>.
- Sukirman, S. 2003, "*Perkerasan Lentur Jalan Raya*", Penerbit Nova, Bandung.
- Sukirman.S, 2003, "*Beton Aspal Campuran Panas*". Penerbit Granit, Jakarta.
- Sunarjono, S, September 2006. "*Evaluasi Engineering Bahan Perkerasan Jalan Menggunakan RAP dan Foamed Bitumen*". Jurnal eco Rekayasa. Volume 2, No.2. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
- Suprpto, 2004. "*Bahan dan Struktur Jalan Raya*". Yokyakarta, Biro Penerbit,
- *The Asphalt Institute*, 1983. Lengxinton, Kentucy, USA.

- S.E. Zoorob, A.C. Collop & S.F. Brown, 2002. *“Performance Of Bituminous and Hydraulic Materials In Pavement”*. Nottingham Central For Pavement Engineering. The University Of Nottingham. United Kingdom.
- Wirahaji, 2012. *“Analisa Gradasi Agregat Gabungan Laston Binder Pada Ruas Jalan Simpang Kakah-Simpang Blahbatuh”*, Jurnal Ilmiah Teknik Sipil, Vol.16 No.2.