

Stabilitas Campuran Aspal Berbahan Dasar *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP)

Fatra Hariz Akrom¹⁾

Sasana Putra²⁾

Dwi Herianto³⁾

Abstract

The method of handling road pavement damage can be carried out on the principle of greenroads, namely using recycled material which can be obtained from the results of dredging or dismantling of damaged pavement layers or RAP (Reclaimed Asphalt Pavement). However, it is necessary to retest to review the marshall parameters of the RAP-based asphalt mixture, considering that this material is a recycled material that has decreased in strength.

The results of this study obtained the IRS value of the AC-WC mixture test specimen with a percentage of RAP 25%, 50%, 75% using KAO respectively 5.8%, 5.6%, and 5.4% of 96.63%, 91, 82%, and 86, 27%. This shows that the IRS value in the mix of RAP of 25% and 50% fulfills the requirements required by Bina Marga, namely 90%, while the RAP 75% does not meet the standards..

Keywords : RAP (Reclaimed Asphalt Pavement), Stabilitas, AC-WC, IRS.

Abstrak

Metode penanganan kerusakan perkerasan jalan dapat dilakukan dengan prinsip *greenroads*, yaitu menggunakan material yang didaur ulang (*recycle*) yang bisa didapat dari hasil pengerukan atau pembongkaran lapis perkerasan jalan yang telah mengalami kerusakan atau RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*). Namun perlu dilakukan pengujian kembali untuk meninjau parameter marshall pada campuran aspal berbahan dasar RAP, mengingat material tersebut merupakan bahan daur ulang yang telah mengalami penurunan kekuatan.

Hasil penelitian ini diperoleh nilai IKS benda uji campuran AC-WC dengan persentase RAP 25%, 50%, 75% menggunakan KAO berturut-turut 5,8%, 5,6%, dan 5,4% sebesar 96,63%, 91,82%, dan 86, 27%. hal ini menunjukkan nilai IKS pada campuran RAP 25% dan 50% memenuhi persyaratan yang disyaratkan Bina Marga yaitu sebesar 90%, sedangkan RAP 75% tidak memenuhi standar.

Kata kunci : RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*), Stabilitas, AC-WC, IKS.

¹⁾ Mahasiswa pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Surel : fatrahariz@gmail.com

²⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145. Surel :sasana69@gmail.com

³⁾ Staf pengajar pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145. Surel : dwiherianto1961@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Jalan raya adalah salah satu infrastruktur yang sangat penting dalam perkembangan suatu negara karena dengan jalan yang baik proses perekonomian suatu negara akan berjalan lancar. Seiring dengan bertumbuhnya perekonomian Indonesia kebutuhan akan pembangunan jalan terus bertambah demi mendukung kelancaran perekonomian di sector perekonomian baru di seluruh sudut wilayah Indonesia.

Dengan pertumbuhan jalan raya yang cukup pesat menyebabkan permasalahan baru yaitu, bahan material yang berasal dari alam semakin menipis dan tidak dapat diperbaharui sehingga menyebabkan material penyusun jalan menjadi langka dan walaupun ada semakin mahal. .

Kegiatan penanganan kerusakan jalan bisa dilakukan dengan beberapa cara antara lain dengan cara dilakukan penambalan atau pemberian lapis perkerasan baru (*overlay*). Upaya yang selama ini dilakukan adalah dengan melakukan pelapisan ulang (*overlay*). Setiap ada kerusakan jalan baik rusak ringan maupun berat metode yang digunakan adalah pelapisan ulang (*overlay*) (Bria, 2015). Penggunaan metode ini bukan tanpa masalah, Seiring dengan penggunaannya ternyata *overlay* memiliki kelemahan, antara lain *over design*, biaya tinggi, dan menyebabkan masalah lingkungan (Aly, 2008). Selain itu, dengan melakukan *overlay* menyebabkan semakin tingginya badan jalan dan menyebabkan perbedaan elevasi antara bahu jalan dan badan jalan semakin meninggi.

Metode penanganan kerusakan perkerasan jalan dapat dilakukan dengan prinsip *greenroads*, yaitu menggunakan material yang didaur ulang (*recycle*) yang bisa didapat dari hasil pengerukan atau pembongkaran lapis perkerasan jalan yang telah mengalami kerusakan atau RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*). Namun perlu dilakukan pengujian kembali untuk meninjau parameter marshall pada campuran aspal berbahan dasar RAP, mengingat material tersebut merupakan bahan daur ulang yang telah mengalami penurunan kekuatan.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman terhadap karakteristik marshall campuran aspal panas berbahan dasar RAP, dan Diharapkan bisa menjadi bahan pertimbangan dalam pengambilan kebijakan penanganan jalan, baik pada saat perencanaan, pelaksanaan konstruksi, maupun pada saat operasional dan pemeliharaan jalan

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Reclaime Asphalt Pavement (RAP)

RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) adalah limbah sisa perkerasan jalan yang telah rusak atau habis umur rencananya (Dicky Luqmana, 2017). RAP merupakan sisa dari lapis perkerasan jalan yang sudah tidak terpakai, cara mendapatkannya dengan cara pengerukan lapis perkerasan lentur yang lama dengan menggunakan alat pengeruk aspal yang dinamakan *milling machine*. Hasil pengupasan aspal lama itulah yang disebut RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) dimana material ini berpotensi sebagai pengganti aspal dan agregat baru dalam perkerasan jalan dan bahu jalan sehingga dapat menghemat sumber daya alam akibat penambahan material perkerasan jalan (Hasan, 2009). Namun untuk dapat digunakan sebagai bahan perkerasan baru, RAP memiliki kendala dalam hal kualitas. Agar kualitas dari campuran RAP ini menjadi lebih baik adalah dengan

memperbaiki propertis dari RAP tersebut. Perbaikan propertis dari RAP ini bisa dengan penambahan *filler*, agregat baru, aspal baru atau dengan penambahan bahan tambah lainnya

2.2. Lapisan Aspal Beton (LASTON)

Lapis aspal beton termasuk dalam jenis *pavement* yang sering kita jumpai. Menurut Bina Marga (2007), Aspal beton merupakan campuran yang homogen antara agregat (agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi atau *filler*) dan aspal sebagai bahan pengikat yang mempunyai gradasi tertentu, dicampur, diamparkan dan dipadatkan pada suhu tertentu untuk menerima beban lalu lintas yang tinggi. Material pembentuknya terdiri dari campuran agregat kasar, agregat halus, dan *filler* yang memiliki gradasi yang baik dan juga aspal yang berperan sebagai pengikat. Ketebalan minimum pada perkerasan laston adalah 4 – 6 cm.

2.3. AC-WC (*Asphalt Concrete – Wearing Course*)

AC-WC merupakan campuran laston bergradasi menerus yaitu gradasi agregat dimana terdapat butiran dari agregat kasar sampai halus. Mempunyai lebih sedikit rongga dalam struktur agregatnya dibandingkan dengan campuran bergradasi senjang, yang menyebabkan campuran AC-WC menjadi lebih peka terhadap variasi dalam proporsi campurannya.

2.4. Indeks Kekuatan Sisa (IKS)

IKS (Indeks Kekuatan Sisa) atau IRS (*Index Retained Stability*) diperoleh melalui pengujian terhadap sifat mekanik benda uji (stabilitas dan *flow*) yang dibagi menjadi dua kelompok yaitu diuji stabilitas Marshall-nya setelah perendaman dalam air pada suhu 60°C selama waktu T1 dan diuji setelah perendaman pada suhu 60°C selama waktu T2 (HUNTER, 1994). Dari kedua perendaman tersebut didapat nilai stabilitas Marshall, ditentukan Indeks Kekuatan Sisa (IKS) Marshall dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (HUNTER, 1994) :

$$IKS = \frac{S_1}{S_2} \times 100\% \geq 90\% \quad (1)$$

Keterangan :

S1 = nilai rata-rata stabilitas Marshall setelah perendaman selama T1 (Kg)

S2 = nilai rata-rata stabilitas Marshall setelah perendaman selama T2 (Kg)

IKS = Indeks Kekuatan Sisa (%)

Nilai IKS yang disyaratkan oleh Bina Marga adalah minimum 90%. Nilai tersebut menandakan bahwa campuran aspal masih dianggap cukup tahan terhadap kerusakan yang ditimbulkan oleh pengaruh air .

2.5. Penelitian Terdahulu

Terkait dengan penggunaan RAP terdapat beberapa penelitian terdahulu :

1. Pengaruh penggunaan material *Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)* sebagai material penyusun terhadap karakteristik campuran beraspal baru AC-BC (*Asphalt Concrete-Binder Course*) oleh Permadi et al. (2018). Penelitian ini dilakukan untuk membuat campuran beraspal AC-BC menggunakan RAP dari perkerasan dengan kerusakan bleeding dan cracking. Prosentase RAP yang digunakan adalah sebesar 23%, 27%, dan 31%.. Berdasarkan penelitian campuran dengan prosentase 23% cenderung lebih stabil

pada kondisi yang sama ditunjukkan oleh nilai stabilitas yang cukup besar dan flow yang tidak terlalu rendah.

2. Pengaruh persentase bahan campuran aspal daur ulang terhadap karakteristik mekanik campuran aspal panas lapisan AC-WC (*asphalt concrete – wearing course*) Ramadhan (2019) pada penelitian tersebut, dilakukan uji pada *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP) dengan variasi 25%, 50% dan 75%. Diperoleh hasil berupa Kadar Aspal Optimum (KAO) berturut-turut 5,8%, 5,6% dan 5,4%, semuanya memenuhi spesifikasi umum Bina Marga.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Inti Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung.

3.1. Bahan-Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah material RAP yang diperoleh dari hasil bongkaran sisa perkerasan aspal di Jalan Soekarno-Hatta, Bandar Lampung. Sedangkan untuk material tambahan menggunakan agregat kasar dan agregat halus serta semen *portland* sebagai *filler*.

3.2. Peralatan Penelitian

Adapun dalam pelaksanaan penelitian ini peralatan yang digunakan adalah alat uji analisa saringan, alat uji pemeriksaan agregat, alat uji aspal, alat uji Marshall.

3.3. Tahapan-Tahapan Penelitian

Adapun prosedur penelitian yang akan dilakukan pada penelitian akan dijelaskan sebagai berikut:

1. Studi Literatur

2. Persiapan Bahan dan Peralatan Penelitian

3. Pengujian Bahan: Pengujian bahan dibagi menjadi 3 jenis, yaitu bahan RAP, bahan agregat baru dan Aspal pen 60/70. Uji Agregat meliputi uji analisa saringan, uji kekuatan butiran akibat tumbukan (AIV), uji kekuatan butiran akibat tekanan (ACV), *uji keausan butiran (Los Angeles Test)*, uji berat jenis dan penyerapan. Uji aspal meliputi uji penetrasi, uji titik lembek, uji penurunan berat minyak, uji berat jenis dan uji daktilitas sesuai dengan persyaratan sifat-sifat material lapis AC-WC Bina Marga 2018.

4. Gradasi Rencana: Pada penelitian ini gradasi rencana yang digunakan adalah gradasi campuran pada lapis AC- WC yang memenuhi batas atas dan batas bawah dari setiap persen berat lolos saringan.

5. Nilai Kadar Air Optimum diperoleh dari data sekunder untuk persentase penggunaan RAP 25%, RAP 50% dan RAP 75% secara berturut-turut diperoleh KAO sebesar 5,8%, 5,6% dan 5,4%.

6. Pembuatan Benda Uji sesuai dengan Kadar Aspal Optimum dengan 75 tumbukan/sisi. Masing-masing KAO terdiri dari 3 sampel yang akan direndam pada *waterbath* dengan suhu 60°C selama 30 menit dan 24 jam.

7. Melakukan pengujian Marshall, sesuai dengan SNI 06-2489-1991. dengan pembacaan *dial* penurunan dan stabilitas pada alat uji.

8. Analisis dan Hasil Pengolahan Data: Analisis data dilakukan untuk mengolah data yang telah didapatkan pada saat penelitian di Laboratorium, Hasil pengolahan data akan diuraikan dalam bentuk grafik parameter marshall meliputi stabilitas, flow, MQ, VMA, VFA, VIM, dan kepadatan, serta nilai IKS yang diperoleh dari rendaman 24 jam.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengujian Propertis Aspal

Aspal yang digunakan adalah aspal penetrasi 60/70, pengujian yang dilakukan meliputi uji penetrasi, berat jenis, titik lembek, kehilangan berat dan daktilitas. Hasil pengujian aspal dapat dilihat pada tabel 1

Tabel 1. Hasil Pengujian Aspal Penetrasi 60/70

No	Jenis Pengujian	Satuan	Metode Uji	Spesifikasi	Hasil
1	Penetrasi	0,1 mm	SNI-06-2456-1991	60-70	65,333
2	Berat Jenis	gr/cm ³	SNI-06-2441-1991	≥ 1	1,039
3	Titik Lembek	°C	SNI 2434:2011	≥48	51
4	Kehilangan Berat	%	SNI-06-2440-1991	≤0,8	0,749
5	Daktilitas	cm	SNI-06-2432-1991	≥100	132

Pada Tabel 1. memperlihatkan hasil pengujian aspal minyak penetrasi 60/70 sudah memenuhi spesifikasi yang disyaratkan sebagai aspal pengikat Penetrasi 60/70. Pengujian lainnya sesuai dengan Spesifikasi Umum 2018 seperti viskositas, titik nyala dan kelarutan dalam trichloroethylene tidak dilakukan dikarenakan ketidaktersediaan alat pada laboratorium.

4.2. Pengujian Propertis Agregat

Agregat yang digunakan sebelum dipakai terlebih dahulu melalui beberapa pengujian, analisis saringan, berat jenis, penyerapatan agregat kasar, keausan agregat (*Los Angeles Test*), kekuatan agregat terhadap tumbukan (*Agregate Impact Value*) dan kekuatan agregat terhadap tekanan (*Aggregate Crushing Value*), untuk mengetahui sifat-sifat fisik agregat kasar, agregat medium dan agregat halus. Pengujian dilakukan berdasarkan pada Standar Nasional Indonesia (SNI) dan *American Society for Testing Material* (ASTM). Gradasi yang ditinjau berdasarkan pada gradasi Laston Lapis Permukaan (AC-WC) dari Spesifikasi Umum 2018. Dari hasil pengujian properties agregat yang telah dilakukan menunjukkan bahwa agregat yang digunakan telah memenuhi spesifikasi yang disyaratkan oleh Bina Marga (2018). Pengujian analisis saringan mengacu pada AASTHO T-27-82. Tabel 2 menampilkan hasil pengujian sifat fisik.

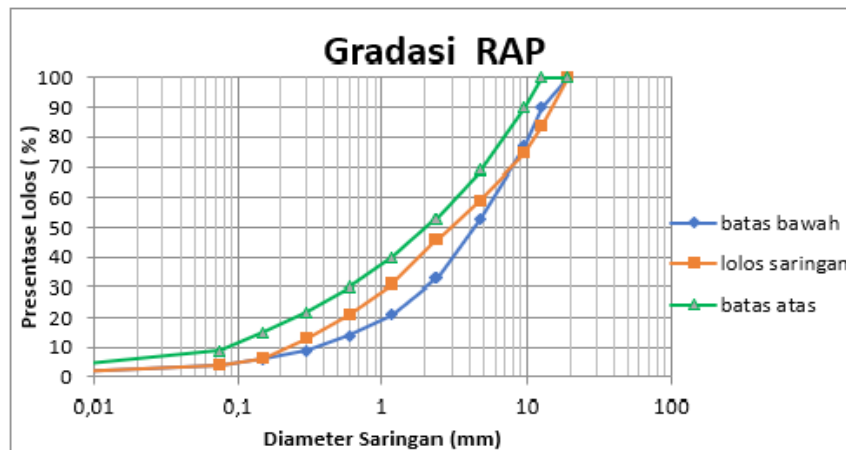
Tabel 2. Hasil Pengujian Agregat

No	Jenis Pengujian	Satuan	Syarat	Hasil
A	Agregat Kasar (SNI 03-1969-1990)			
1	Berat jenis <i>bulk</i>	gr/cm ³	≥2,5	2,571
2	Berat jenis SSD	gr/cm ³	≥2,5	2,618
3	Berat jenis semu	gr/cm ³	≥2,5	2,697
4	Penyerapan	%	<3	1,821
B	Agregat Butir Tengah (SNI 03-1969-1990)			
1	Berat jenis <i>bulk</i>	gr/cm ³	≥2,5	2,628
2	Berat jenis SSD	gr/cm ³	≥2,5	2,665
3	Berat jenis semu	gr/cm ³	≥2,5	2,727
4	Penyerapan	%	<3	1,382
C	Abu batu (SNI 03-1969-1990)			
1	Berat jenis <i>bulk</i>	gr/cm ³	≥2,5	2,576
2	Berat jenis SSD	gr/cm ³	≥2,5	2,639
3	Berat jenis semu	gr/cm ³	≥2,5	2,749
4	Penyerapan	%	<3	1,687
D	<i>Agregate crushing volume</i>	%	Maks 30	0,731
E	<i>Agregate impact volume</i>	%	Maks 30	5,284
F	<i>Los angeles abrassion test</i>	%	Maks 40	12,894

4.3. Campuran Beraspal

4.3.1. Gradasi RAP

Dari hasil pengujian analisis saringan RAP diperoleh data fraksi agregat ditampilkan pada gambar 1, dapat dilihat bahwa porsi lolos arggeat kasar lebih besar dibandingkan agregat halus, berarti porsi agregat halus lebih banyak dalam campuran.



Gambar 1. Grafik gradasi RAP.

4.3.2. Desain Gradasi Campuran Benda Uji Marshal

Dari hasil pengujian analisis saringan untuk masing-masing agregat maka diperoleh data untuk menentukan hasil proporsi pada campuran jenis AC-WC. Gradasi campuran harus memenuhi batas-batas sesuai dengan spesifikasi. Hasil dari campuran proporsi agregat gradasi gabungan dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Campuran Proporsi Agregat Baru Gradasi Gabungan

No	Diameter Saringan (mm)	AC-WC	Agregat Kasar (12,5%)	Bahan Yang Lolos (%)			Kombinasi (100%)
				Screening (25%)	Abu Batu (60,5%)	Filler (2%)	
1	19	100	12,50	25,00	62,50	2	100,0
2	12,5	90-100	5,90	24,48	60,50	2	92,9
3	9,5	77-90	2,25	23,12	60,50	2	87,9
4	4,750	53-69	0,41	3,46	60,50	2	62,1
5	2,36	33-53	0,03	1,15	60,50	2	46,9
6	1,18	21-40	-	0,66	56,19	2	29,6
7	0,6	14-30	-	0,46	43,75	2	19,3
8	0,3	9-22	-	0,33	26,92	2	12,0
9	0,15	6-15	-	0,30	16,83	2	8,7
10	0,075	4-9	-	0,19	9,63	2	6,3
11	Pan	0	-	-	6,43	2	0,0

4.3.3. Kadar Aspal Optimum

Kadar aspal optimum merupakan data sekunder dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Nilai KAO RAP

Persentase RAP	25%	50%	75%
KAO	5,8%	5,6%	5,4%

4.3.4. Karakteristik Dan Parameter Marshall

Karakteristik dan parameter *marshall* setelah perendama 30 menit disajikan pada tabel 5.

Tabel 5. Nilai Parameter Marshall

Kadar RAP	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	VIM (%)	VMA (%)	VFA (%)	MQ (kg/mm)	Density (gr/cm ³)
RAP 25%	1776,66	3,2	4,39	16,58	73,50	555,20	2,28
	2110,31	3,4	4,24	16,44	74,24	620,67971	2,28
	1741,97	4,3	4,06	16,29	75,09	405,10887	2,29
Rata-rata	1876,31	3,6	4,23	16,44	74,28	526,998	2,29
RAP 50%	1789,72	3,6	3,98	16,04	75,19	497,14383	2,29
	1820,14	3,8	4,00	16,06	75,10	478,98506	2,29
	1807,39	3,4	4,20	16,23	74,15	531,58434	2,29
Rata-rata	1805,75	3,6	4,06	16,11	74,82	502,571	2,29
RAP 75%	1789,13	3,4	3,63	15,56	76,64	526,21471	2,30
	1780,06	2,6	3,44	15,39	77,66	684,63723	2,30
	1807,39	2,5	3,39	15,35	77,93	722,9547	2,31
Rata-rata	1792,19	2,8	3,49	15,43	77,41	644,602	2,30

4.3.5. Indeks Kekuatan Sisa (IKS)

Pengaruh lama perendaman terhadap kinerja durabilitas campuran AC-WC dilihat dari nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS) disajikan pada tabel 6.

Tabel 6. Indeks Kekuatan Sisa (IKS)

Sifat Marshall	persentase RAP	Lama Perendaman		Hasil
		0	1	
Stabilitas (Kg)	25%	1876,311	1813,007	
	50%	1805,749	1658,011	
	75%	1792,191	1565,148	
Persen Sisa Stabilitas (%)	25%	100,000	96,626	
	50%	100,000	91,818	
	75%	100,000	87,332	
Indeks Kekuatan Sisa (IKS)				
Durabilitas Standar IKS (%)	25%			96,63
	50%			91,82
	75%			86,27
minimal				90,00

Dari tabel 20 diperoleh nilai IKS benda uji dengan campuran RAP 25% dan 50% berturut-turut sebesar 96,63% dan 91,82% yang menunjukkan bawah nilai IKS berada di atas batas minimal yang diterapkan Bina Marga (2018). Hasil ini menunjukkan bahwa campuran aspal dengan persentase RAP 25% dan 50 % cukup tahan terhadap kerusakan yang diakibatkan oleh pengaruh suhu dan air, sedangkan untuk persentase RAP 75% tidak memenuhi spesifikasi karena bernilai 86,27% hal ini menandakan bahwa persentase RAP 75% tidak tahan terhadap kerusakan yang diakibatkan oleh pengaruh suhu dan air.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan terhadap nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS) campuran aspal berbahan dasar RAP yang diperoleh untuk persentase RAP 25%, 50% dan 75% berturut-turut sebesar 96,63%, 91,82% dan 86,27%. Untuk persentase RAP 25%, dan 50% telah memenuhi standar bina marga sedangkan RAP 75% tidak memenuhi standar yaitu minimal 90%. Hal tersebut menunjukan semakin besar persentase RAP yang digunakan maka semakin menurunkan nilai IKS.

DAFTAR PUSTAKA

- Aly dan Anas, M. 2007. *Teknik Dasar Dan Potensi Daur Ulang Konstruksi Jalan*, Yayasan Pengembang Teknologi Dan Manajemen, Jakarta.
- American Society For Testing And Materials (1994). *Annual Book Of Astm Standards, Construction*, Philadelphia, Pa.
- Andilla, M. A. T. 2017. *Pengaruh Penggunaan Reclaimed Asphalt Pavement*

- Bina Marga, 1987. *Peraturan Perkerasan Lentur Jalan Raya Berdasarkan Metode Analisa Komponen*, Bina Marga (Skbi.2.3.26.1987), Jakarta..
- Bria dan Melchior. 2015. *Penentuan Nilai Kondisi Dan Program Pemeliharaan Ruas Jalan Menuju Lokasi Wisata Andalan Di Timor*, Jurnal Inersia Vol. Vii No. 2, September 2015.
- Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum. 2018. *Spesifikasi Umum Edisi 2018*. Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum.
- Hassan dan Rayya. 2009. *Feasibility Of Using High Rap Contents In Hot Mix Asphalt*, Swinburne University Of Technology, Melbourne.
- Luqmana, D. 2017. *Investigasi Sifat Aspal Rap (Reclaimed Asphalt Pavement) Artifisial Menggunakan Bahan Tambah Filler*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Ramadhan, S. 2019. *Pengaruh Persentase Bahan Campuran Aspal Daur Ulang Terhadap Karakteristik Mekanik Campuran Aspal Panas Lapisan Ac – Wc (Asphalt Concrete – Wearing Course)*. Universitas Lampung, Bandar Lampung. 78 Hlm.
- Setiawan. 2014. *Pengaruh Penuaan Dan Lama Perendaman Terhadap Durabilitas Campuran Asphalt Concrete Wearing Course (Ac-Wc)*. Universitas Muhammadiyah Surakarta. 22 Hlm.
- Subhan, M. A. *Penentuan Gradasi Gabungan Sebagai Dasar Campuran Laston Ac-Wc Dan Limbah Ban*. Universitas Negeri Surabaya, Surabaya. 10 Hlm.
- Sukirman, S. 2016. *Beton Aspal Campuran Panas*. Institut Teknologi.
- Widayanti dan Ari. 2017. *Karakteristik Material Pembentuk Reclaimed*.

