

## SUBSTITUSI CPO TERHADAP ASPHALT PEN 60/70 PADA CAMPURAN ASPHALT CONCRETE WEARING COURSE (AC-WC)

Meidia Refiyanni<sup>1\*</sup>, Azwanda<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Teuku Umar

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Teuku Umar

\*E-mail: meidiarefiyanni@utu.ac.id

### ABSTRACT

*Asphalt 60/70 pen is a non-renewable natural resource so it is necessary to carry out continuous research in an effort to reduce the use of asphalt pen 60/70 which functions as a binder in the Asphalt Cement Wearing Course (AC-WC) mixture. This is due to the high demand for road construction to improve the economy. Crude Palm Oil (CPO) is a material which has almost the same properties with asphalt pen 60/70. Based on this background, the purpose of this study is to reduce the use of asphalt in the AC-WC mixture. This research method refers to the Department of Public Works, 2010 Specifications with gradations in meetings. This research was conducted with 2 variations, namely variation 1 (75% CPO: 25% Pen 60/70) KAO value 5.5% and variation 2 (25% CPO: 75% pen 60/70) KAO value 6%. The results of the study that fulfilled all Marshall parameters in the 30 minutes immersion test were variation 2: stability values of 803.38 kg, Flow 3.13 mm, VIM 4.17%, VMA 15.80%, VFB 73.59%, MQ 256,71 kg / mm. Meanwhile the stability value in the 24-hour immersion does not meet the requirements for both variations so that the impact on the value of durability does not meet the requirements of  $\geq 90\%$ . The durability value for variation 1 is 66% and variation 2 is 69%, this shows that the mixture of AC-WC with CPO substitution is not durable.*

**Keyword:** CPO, Asphalt pen 60/70, stability, Durability

### 1. PENDAHULUAN

Jalan raya merupakan salah satu sarana transportasi darat yang digunakan untuk memobilisasi barang dan jasa. Salah satu hal yang perlu diperhatikan dalam merencanakan perkerasan jalan raya adalah material yang digunakan. Lapisan perkerasan jalan menggunakan beberapa material yaitu agregat (kasar dan halus), Aspal (pengikat) dan *filler* (pengisi). Susunan lapisan perkerasan jalan raya terdiri dari beberapa lapisan yaitu AC-Base, AC-BC, AC-WC.

Aspal Pen 60/70 merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui sehingga perlu dilakukan berbagai macam penelitian seiring meningkatnya pertumbuhan infrastruktur terutama jalan. Aspal merupakan hasil dari destilasi/penyulingan minyak bumi. Salah satu material yang memiliki karakteristik seperti aspal adalah minyak kelapa sawit mentah (*Crude Palm Oli/CPO*). Menurut data direktorat jenderal perkebunan

tahun 2017 luas total perkebunan sawit Indonesia sebesar 12 juta Ha dan jumlah produksi CPO sebesar 35,36 juta ton/tahun. Indonesia sebagai salah satu negara eksportir CPO terbesar dibandingkan dengan negara lain. Menipisnya cadangan minyak mentah, akan berdampak pada menipisnya bahan baku aspal sehingga banyak negara – negara di dunia beralih untuk menggunakan CPO sebagai bahan substitusi yang diolah menjadi bahan bakar biodiesel. Berdasarkan latar belakang diatas maka dilakukan penelitian tentang penamfaatan CPO sebagai substitusi pada aspal Pen 60/70 sebagai bahan pengikat pada campuran aspal beton lapisan AC-WC dengan 2 variasi yaitu 75% CPO: 25% pen 60/70 dan 25% CPO:75%pen 60/70.

### 2. METODOLOGI

**Lapisan Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC/lapis aus)**

Lapis aus merupakan lapisan yang terletak paling atas dan langsung menerima beban roda kendaraan yang akan disebarkan kelapisan berikutnya dengan penyebaran muatan sudut 45<sup>0</sup> oleh karena itu lapisan ini harus sesuai dengan spesifikasi yang diisyaratkan.

**Persiapan Material**

Material yang akan digunakan pada penelitian ini harus memenuhi spesifikasi yang diisyaratkan oleh Bina Marga.

**Agregat**

Agregat merupakan komponen utama dalam lapisan perkerasan jalan sehingga kualitas dan daya dukung dari perkerasan jalan ditentukan oleh sifat-sifat fisis dari agregat baik agregat kasar maupun agregat halus. Selain itu juga gradasi agregat juga menentukan kualitas dari perkerasan jalan. Menurut Sukirman, 2013 sifat fisis agregat yang perlu dilakukan pemeriksaan adalah kebersihan agregat (*cleanliness*), kekerasan agregat, ketahanan agregat, bentuk kepipihan dan kelonjongan agregat, kemampuan agregat untuk menyerap air, berat jenis, dan daya lekat agregat terhadap aspal. Agregat adalah sebagai bahan yang terdiri dari mineral padat, berupa msa berukuran besar maupun berupa fragmen-fragmen (Menurut ASTM). Permukaan agregat yang baik adalah kasar permukaan, karena dapat memberikan daya penguncian (*interlocking*) yang baik pada material lain dan daya ikat terhadap aspal. Dairi, 1995) menyatakan agregat untuk bahan campuran lapisan perkerasan digolongkan menjadi agregat kasar, agregat halus dan *filler*.

Agregat kasar adalah agregat yang tertahan pada saringan no. 8 (2,33 mm), agregat halus lolos saringan no.8 (2,38 mm) dan tertahan saringan no. 200 (0,075 mm) serta *filler* yang lolos saringan no.200 (0,075 mm).

**Gradasi Agregat**

Gradasi agregat yang sering digunakan untuk perkerasan AC-WC adalah gradasi baik

(*well graded*) diman komposisi persentase agregat kasar dan agregat halus seimbang yaitu 50% agregat kasar dan 50% agregat halus. Jenis gradasi campuran lapisan AC-WC mengacu pada spesifikasi Departemen Pekerjaan Umum, 2010. Berikut ini dapat dilihat tabel gradasi untuk lapisan AC-WC.

**Tabel 1.** Gradasi Agregat AC-WC

Ayakan		Persen Lolos
ASTM	Mm	AC-WC
1 1/2"	37,5	
1"	25	
3/4"	19	100
1/2"	12,5	90-100
3/8"	9,5	77-90
No. 4	4,75	53-69
No. 8	2,36	33-53
No. 16	1,18	21-40
No. 30	0,600	14-30
No. 50	0,300	9-22
No. 100	0,150	6-15
No. 200	0,075	4-9

Sumber: Spesifikasi Depatemen Pekerjaan Umum (2010)

Materialnya menggunakan agregat batu pecah (*split*) yang berasal dari salah satu AMP Gunong Meuh Kabupaten Aceh Barat.

**Filler (Pengisi)**

Bahan pengisi (*filler*) merupakan material yang lolos saringan No. 200 (75 micron), dan tidak kurang dari 75% terhadap beratnya dan bebas dari gumpalan-gumpalan lainnya dan harus kering. Bahan pengisi yang dapat digunakan untuk perkerasan jalan berupa debu batu, semen, abu terbang, abu terak tanur, dan lain sebagainya. Semen Portland type II dijadikan sebagai *filler* penelitian ini.

**Aspal**

Aspal adalah suatu bahan perekat yang berwarna hitam sampai coklat tua, dimana unsur utamanya adalah bitumen yang secara berangsur-angsur akan mencair bila dipanaskan. Di Indonesia, pekerjaan pengaspalan jalan lazimnya menggunakan aspal buatan. Aspal buatan atau aspal minyak merupakan hasil proses destilasi minyak bumi. Aspal minyak ini terbagi 3 yaitu: aspal keras (AC/Asphalt Cement/penetrasi), Aspal

Cair (*Liquid Asphalt*) dan aspal emulsi (*Emulsion Asphalt*). Menurut Bukhari (2007) nilai penetrasi aspal menunjukkan tingkat kekerasan yang dimiliki aspal pada suhu 25°C. Penggunaan aspal untuk campuran perkerasan pada daerah panas berbeda penetrasinya untuk daerah dingin. Aspal yang digunakan pada daerah pada daerah panas mempunyai nilai penetrasi yang lebih rendah dibandingkan untuk daerah dingin. Material Pen 60/70 yang digunakan pada penelitian berasal dari laboratorium material jalan raya Universitas Syiah Kuala.

### **Crude Palm Oil (CPO)**

Menurut Pasaribu N, (2004) *Crude Palm Oil* (CPO) atau minyak kelapa sawit mentah adalah minyak nabati dari mesocarp (serabut buah) kelapa sawit. *Mesocarp* mengandung minyak sebanyak 56%, sedangkan inti (kemel) mengandung minyak sebanyak 44%. Minyak kelapa sawit mentah diperoleh dari hasil ekstraksi atau proses pengempaan daging kepala sawit dan belum mengalami pemurnian. CPO yang digunakan berasal dari salah satu pengolahan sawit di Kabupten Nagan Raya.

### **Pengumpulan data**

Data-data yang diperlukan dalam penelitian ini meliputi data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data pendukung utama dalam penulisan laporan seperti pengujian sifat-sifat fisis agregat dan aspal. Sedangkan data sekunder merupakan data pendukung dalam pengolahan data. Data sekunder yang dimaksud adalah spesifikasi campuran, angka kalibrasi alat, angka koreksi benda uji dan lain sebagainya.

### **Perencanaan Campuran**

Setelah dilakukan pemeriksaan sifat-sifat fisis agregat dan aspal, maka dilanjutkan dengan perencanaan gradasi campuran dengan memperhitungkan jumlah material yang digunakan (dalam persentase berat) terhadap berat total campuran (*job mix design*). Setelah perencanaan gradasi campuran agregat maka dilakukan perhitungan nilai tengah kadar aspal menggunakan rumus :

$$P_b = 0,35 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%FF) + K \quad (1)$$

dimana :

CA = *Coarse Aggregate* (Agregat kasar);  
 FA = *Fine Aggregate* (Agregat Halus);  
 FF = *Fine Filler* (Bahan pengisi);  
 K = Konstanta 0,5 s/d 1,0 untuk Laston

Lapisan AC-WC ini untuk lalu lintas berat sehingga masing-masing benda uji akan ditumbuk sebanyak 2 x 75 tumbukan sesuai dengan persyaratan AASTHO 1990. Jumlah benda uji yang direncanakan untuk menentukan kadar aspal tengah sebanyak 30 buah benda uji untuk menghasilkan Kadar Aspal Optimum (KAO). Hasil evaluasi hubungan antara parameter-parameter Marshall (*stabilitas, flow, density, VMA, VFB, VIM dan Marshall Quation*) dengan variasi kadar aspal akan mendapatkan nilai tengah yang plot melalui grafik-grafik. KAO merupakan kadar aspal yang mewakili seluruh parameter Marshall yang memenuhi persyaratan yang diisyaratkan oleh spesifikasi Departemen Pekerjaan Umum. yang diisyaratkan. Setelah dapat nilai KAO maka dilanjutkan dengan pembuatan benda uji untuk pengujian stabilitas dan durabilitas sebanyak 12 benda uji dengan 2 variasi.

### **Pembuatan Benda Uji**

Pembuatan benda uji untuk pengujian stabilitas dan durabilitas menggunakan KAO dengan langkah kerja yang sama. Pencampuran dilakukan sesuai dengan petunjuk teknis Bina Marga 2010 dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Menimbang agregat, dan *filler* sesuai dengan persentase agregat campuran yang direncanakan, kemudian material tersebut dimasukkan kedalam open pada suhu 105-110°C selama 30 Menit;
- b. Timbang aspal dan CPO sesuai dengan berat yang direncanakan kemudian dipanaskan sampai aspal dan CPO tersebut sampai mencair;
- c. Keluarkan agregat dan *filler* dari open, kemudian campurkan dengan aspal dan

CPO yang sudah cair dan diaduk hingga semua agregat tertutupi aspal pada suhu 160°C;

- d. Ambil cetakan (*mold*) yang telah dioleskan dengan pelumas terlebih dahulu kemudian beri potongan kertas.
- e. Tuangkan campuran aspal tersebut kedalam cetakan dan lakukan pemadatan pada suhu 140°C menggunakan *hammer test* sebanyak 2 x 75 tumbukan.
- f. Setelah proses pemadatan selesai benda uji dikeluarkan dari cetakan menggunakan *ejector* dan diberi kode dengan tipe-x serta didiamkan selama 24 jam.
- g. Setelah didiamkan selama 24 jam maka diukur tinggi benda uji di ketiga sisi benda uji serta dilakukan penimbangan berat kering dan dilanjutkan dengan penimbangan berat benda uji dalam air;
- h. Benda uji dikeringkan permukaan kemudian ditimbang berat permukaan kering;
- i. Selanjutnya benda uji direndam dalam *water bath* pada suhu 60°C ± 1 °C selama 30 menit untuk uji stabilitas dan rendaman 24 jam untuk benda uji durabilitas;
- j. Keluarkan benda uji dari *water bath* kemudian letakkan pada ring marshall untuk dilakukan pengujian.

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil dan pembahasan ini untuk mengetahui nilai karakteristik *marshall* yang memenuhi spesifikasi pada lapisan aspal AC-WC. Campuran aspal AC-WC ini terdiri dari perbandingan antara CPO dan Pen 60/70 pada 2 variasi yaitu : 75% : 25% dan 25% : 75%.

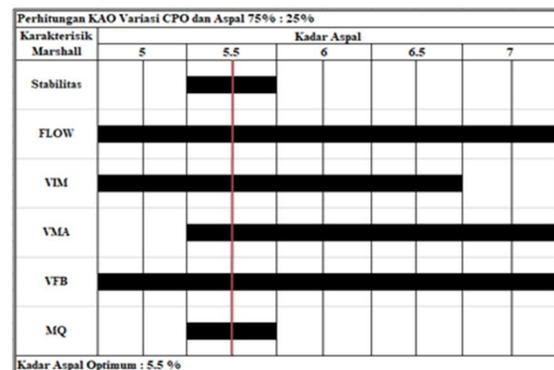
**Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)**

Nilai KAO didapat dari hasil pengujian *Marshall* dengan pembuatan 30 benda uji yang terdiri dari 2 variasi yaitu: V<sub>1</sub>=75%:25%; V<sub>2</sub>=25%:75 untuk campuran AC-WC. Perhitungan hasil pengujian *Marshall* untuk nilai KAO pada variasi 1 dapat dilihat pada tabel. 1 berikut ini:

**Tabel 2.** Rekapitulasi Nilai Kadar Aspal Optimum pada Variasi 75%:25%.

Karakteristik	Kadar Aspal (%)				
	5	5.5	6	6.5	7
Stabilitas (>800Kg)	77	80	71	65	60
	4.8	2.4	2.6	5.8	3.4
	0	7	4	5	4
Flow (>3mm)	3.5	3.2	3.8	4.7	4.8
VIM (3.5-5.5)%	4.9	4.3	4.4	3.6	3.1
	5	7	4	1	4
VMA (>15%)	14.	15.	16.	16.	16.
	66	06	03	20	73
VFB (>65%)	66.	70.	72.	77.	81.
	27	99	34	77	21
MQ (>250kg/mm)	22	25	18	14	12
	3.6	4.5	6.1	0.8	5.0
	0	0	4	1	3

Hasil perhitungan nilai KAO pada variasi 1 dengan kadar CPO 75% dan Aspal 25% yang memenuhi semua persyaratan adalah pada kadar aspal 5.5%. Berikut ini grafik penentuan nilai kadar aspal optimum berdasarkan semua parameter *marshall* yang memenuhi spesifikasi yang diisyaratkan dapat dilihat pada gambar 1.



**Gambar 1.** Grafik Hasil Nilai KAO pada Variasi 1

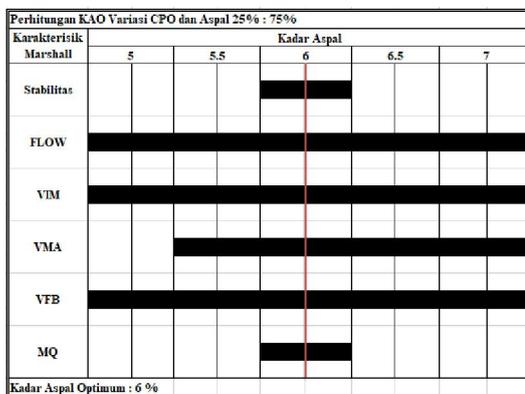
Nilai KAO untuk variasi 2 yaitu: 25% CPO : 75% Aspal Pen 60/70 untuk campuran AC-WC. Perhitungan hasil pengujian *Marshall* untuk nilai KAO pada variasi 2 dapat dilihat pada tabel. 2 berikut ini:

**Tabel 3.** Rekapitulasi Nilai Kadar Aspal Optimum pada Variasi 25%:75%.

Karakteristik	Kadar Aspal (%)				
	5	5.5	6	6.5	7
Stabilitas (>800Kg)	78	78	81	63	55

	8.2	1.4	0.3	5.7	7.3
	9	0	8	2	8
Flow (>3mm)	3.3	3.5	3.2	4.9	5.2
VIM (3.5-5.5)%	5.1	4.6	4.0	3.8	3.7
	0	8	6	5	1
VMA (>15%)	14.	15.	15.	16.	17.
	8	34	70	41	35
VFB (>65%)	65.	69.	74.	76.	78.
	53	51	13	57	41
MQ (>250kg/mm)	23	22	25	12	10
	9.6	3.4	1.9	8.9	8.1
	7	4	1	0	3

Berdasarkan nilai pengujian *marshall* dengan variasi 2 yaitu 25% CPO : 75% aspal pen 60/70 yang memenuhi spesifikasi akan dilakukan penggambaran grafik dan nilai KAO yang didapat sebesar 6%.



**Gambar 2.** Grafik Hasil Nilai KAO pada Variasi 2

**Hasil Pengujian *Marshall* pada Rendaman 30 Menit (Stabilitas)**

Setelah didapat nilai KAO dengan masing-masing variasi, maka dilakukan pembuatan benda uji untuk pengujian stabilitas. Berikut ini dapat dilihat tabel rekapitulasi hasil pengujian *marshall* untuk masing-masing variasi.

**Tabel 4.** Rekapitulasi Hasil Pengujian *Marshall* pada Rendaman 30 Menit (stabilitas).

No Karakteristik	5.5%	6%	Spesifikasi
------------------	------	----	-------------

		75% :	25% :	
		25%	75%	
1	Stabilitas	717.46	803.38	Min 800 Kg
2	Flow	3.60	3.13	Min 3 mm
3	VIM	5.99	4.17	3.5-5.5 %
4	VMA	16.50	15.80	Min 15 %
5	VFB	63.71	73.59	Min 65 %
6	MQ	199.87	256.71	Min 250 kg/mm

**Hasil Pengujian *Marshall* pada Rendaman 24 Jam**

Setelah dilakukan pengujian stabilitas maka dilanjutkan dengan pembuatan benda uji untuk pengujian durabilitas. KAO yang digunakan untuk pengujian durabilitas sebesar KAO stabilitas yaitu : 5.5% dan 6%. Berikut ini adalah tabel rekapitulasi hasil pengujian *Marshall* pada rendaman 24 jam (Durabilitas).

**Tabel 5.** Rekapitulasi Hasil Pengujian *Marshall* pada Rendaman 24 Jam.

No Karakteristik	5.5% 6%		Spesifikasi	
	75% :	25% :		
	25%	75%		
1	Stabilitas	475.24	550.67	Min 800 Kg
2	Flow	3.53	3.17	Min 3 mm
3	VIM	5.36	3.90	3.5-5.5 %
4	VMA	15.93	15.56	Min 15 %
5	VFB	66.40	74.92	Min 65 %
6	MQ	134.59	173.99	Min 250 kg/mm

**Stabilitas**

Stabilitas merupakan besarnya kemampuan perkerasan untuk menahan beban lalu lintas tanpa menimbulkan perubahan yang tetap pada perkerasan. Nilai stabilitas yang diisyaratkan oleh spesifikasi yaitu 800 Kg. Sementara nilai stabilitas pada rendaman 30 menit yang memenuhi hanya pada kadar aspal 6% dengan variasi 25% CPO dan 75% aspal. Hal ini disebabkan karena semakin sedikit substitusi CPO maka campuran aspal

akan semakin elastis. Untuk pengujian durabilitas tidak ada yang memenuhi persyaratan hal ini disebabkan oleh sifat CPO dimana semakin mencair apabila dipanaskan sehingga CPO tersebut tidak dapat mengikat Aspal secara sempurna.

**Flow**

Nilai *flow* menunjukkan tingkat kelenturan suatu campuran, semakin tinggi nilai *flow* yang diperoleh maka campuran semakin elastis sehingga campuran lebih mampu dalam mengikuti deformasi akibat beban roda lalu lintas. Pengujian untuk ke dua variasi baik pengujian stabilitas dan pengujian durabilitas semuanya memenuhi persyaratan yang diisyaratkan. Hal ini disebabkan karena CPO dapat bercampur secara sempurna saat dipanaskan.

**Voids in Mix (VIM)**

VIM merupakan persentase rongga yang terdapat dalam volume campuran. Nilai VIM tertinggi terjadi pada variasi 1 baik pengujian stabilitas maupun pengujian durabilitas sebesar 5.99% dan 5.36% pada campuran AC-WC, tetapi nilai VIM untuk pengujian stabilitas dan durabilitas memenuhi persyaratan. Hal ini disebabkan karena penambahan CPO ke dalam campuran, dimana sifat CPO semakin cair yang dapat memasuki rongga-rongga dalam campuran.

**Voids of Mineral Aggregate (VMA)**

Banyaknya rongga dalam agregat yang dapat diisi oleh aspal disebut VMA. Nilai VMA akan meningkat apabila selimut aspal dalam campuran lebih tebal. Nilai VMA untuk variasi 1 dan variasi 2 memenuhi persyaratan yang diisyaratkan. Komposisi campuran CPO dan aspal (variasi 1/75%:25%) mendapatkan nilai tertinggi pada pengujian stabilitas dan pengujian durabilitas. Hal ini disebabkan oleh sedikitnya kadar aspal yang dipakai sehingga rongga-rongga yang terdapat pada benda uji tidak semua tertutupi oleh aspal. Sementara itu rongga-rongga yang ada ditutupi oleh CPO sehingga memperkecil rongga-rongga pada agregat..

**Voids Filled by bitumen (VFB)**

VFB merupakan persentase volume aspal yang menyelimuti agregat setelah mengalami proses pemadatan. Semakin tinggi nilai VFB menandakan semakin banyaknya rongga dalam campuran yang terisi aspal sehingga campuran menjadi lebih kedap terhadap air dan udara. Untuk pengujian rendaman 30 menit yang memenuhi persyaratan adalah variasi 25% CPO : 75% aspal pen 60/70. Tetapi pengujian pada rendaman 24 jam pada variasi 1 dan variasi 2 memenuhi persyaratan yang diisyaratkan. Nilai VFB yang tidak memenuhi persyaratan adalah pengujian rendaman 30 menit variasi 75% CPO : 25% aspal pen 60/70 sebesar 63.71%. Hal ini sebabkan banyaknya kadar aspal yang digunakan sehingga aspal dapat memasuki rongga-rongga yang ada.

**Marshall Quatient (MQ)**

Nilai *Marshall Quotient (MQ)* merupakan indeks kelenturan suatu campuran berupa perbandingan antara *stabilitas* terhadap *flow*. Semakin besar nilai MQ maka campuran semakin kaku/getas sehingga dapat terjadi retak-retak apabila diberi pembebanan. MQ yang memenuhi persyaratan yang diisyaratkan terjadi pada variasi campuran 25% : 75% pada rendaman 30 menit dan mendapatkan nilai tertinggi.

**Durabilitas**

Nilai durabilitas merupakan nilai perbandingan antara stabilitas normal (rendaman 30 memenit) dengan stabilitas rendaman 24 jam. Pengujian durabilitas bertujuan untuk mengetahui seberapa kuat aspal dalam mempertahankan sifat-sifat yang dimiliki akibat penuaan perkerasan. Hasil pemeriksaan dan perhitungan nilai durabilitas untuk masing-masing variasi campuran CPO dan aspal Pen 60/70 dapat dilihat pada tabel berikut ini:

**Tabel 6.** Hasil Perhitungan Nilai Durabilitas.

No.	Kompos isi CPO : Aspal	Kadar Aspal	30 men it	24 Jam	Nilai Durabil itas (%)
-----	------------------------------	----------------	-----------------	-----------	------------------------------

A	B	C	D	E	F = (E/D)
1	75% : 25%	5.5	717. 46	475. 24	66%
2	25% : 75%	6.0	803. 38	550. 67	69%

**4. KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian diatas dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil penentuan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) untuk variasi 1 (75% CPO : 25% Aspal Pen 60/70) sebesar 5.5% dan variasi 2 (25% CPO : 75% Aspal Pen 60/70) sebesar 6%;
2. Variasi campuran yang memenuhi semua karakteristik yang diisyaratkan pada pengujian *marshall* rendaman 30 menit ialah variasi 2 (25% CPO : 75% Aspal Pen 60/70) dengan nilai stabilitas sebesar 803,08 Kg; Flow sebesar 3,13 mm, VIM sebesar 4,17%, VMA sebesar 15,80%, VFB sebesar 73,59 %, MQ sebesar 256,71 Kg/mm;
3. Nilai durabilitas pada campuran CPO dan Aspal pen 60/70 untuk variasi 1 dan 2 nilai stabilitasnya tidak memenuhi syarat, sementara nilai karakteristik lainnya memenuhi persyaratan yang diisyaratkan.

**5. UCAPAN TERIMA KASIH**

Terimakasih kepada Universitas Teuku Umar yang telah memberikan dana Penelitian Dosen Muda dengan nomor kontrak 021/UN59.7/PT.01.03/2019. Terimakasih kepada mahasiswa angkatan 2015 yang telah banyak membantu dalam pelaksanaan penelitian ini.

**6. DAFTAR PUSTAKA**

Daftar pustaka ditulis sesuai dengan urutan abjad nama author dengan ketentuan sbb:

Chaira, M. Isya, dan S. M. Saleh, 2016, *Pengaruh Penggunaan Limbah Kerak Tanur Cangkang Sawit Dengan Bahan*

*Pengikat Retona Blend 55 Terhadap Campuran Aspal Laston AC-WC*, Jurnal Teknik Sipil pada Universitas Syiah Kuala, Universitas Syiah Kuala, Darussalam Banda Aceh, halaman : 144-145.

Departemen Pekerjaan Umum, 2010, *Persyaratan Gradasi Agregat untuk Campuran Aspal pada Lapisan AC-WC*.

Firstyan F., G. Bagus, Ir. L. Djakfar, dan H. Bowoputro, 2015, Pengaruh Suhu Pematatan Terhadap Kinerja *Marshall* Pada Campuran CPHMA Menggunakan LGA Dan Aspal Minyak Pen 60/70, Jurnal Teknik Sipil pada Universitas Brawijaya, Universitas Brawijaya. Malang Jawa Timur, halaman : 1.

Pasaribu N., 2004, *Minyak Buah Kelapa Sawit*, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam pada Universitas Sumatera Utara, Universitas Sumatera Utara, Medan Sumatera Utara, halaman : 1-7.

Rusbintardjo G., 2013, *Aspal Bahan Perkerasan Jalan*, Semarang, halaman : 1-2.

Sofita D., D. Yuniarti, R. Goejantoro, 2015, *Analisis Regresi Eksponensial (Studi Kasus : Data Jumlah Penduduk dan Kelahiran di Kalimantan Timur pada Tahun 1992-2003)*, Jurnal *Eksponensial* pada Universitas Mulawarman, halaman : 57-58.

Spesifikasi Teknis Departemen Pekerjaan Umum, 2010 (Revisi 3), *Divisi 6 Perkerasan Aspal*, Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum, halaman : 35.

Sukirman S., 2003, *Beton Campuran Aspal Panas*, Bandung : Granit.

Yuniarti R., 2015, *Modifikasi Aspal dengan Getah Pinus dan Fly Ash untuk Menghasilkan Bio-Aspal*, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik pada Universitas Mataram, Universitas Mataram, Mataram Nusa Tenggara Barat, halaman : 1.

Yuniarti R., 2012, *Kinerja Biofix Oil pada Campuran Aspal Buton*, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik pada Universitas Mataram, Universitas Mataram, Mataram Nusa Tenggara Barat, halaman : 1.

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan