

PENGARUH PENGGANTIAN BAHAN PENGISI SEMEN DENGAN KOMBINASI ABU BATA DAN ABU SEKAM PADI PADA CAMPURAN ASPAL AC-BC

Ahmad Fajrیمان¹⁾, Alfian Malik²⁾, Gunawan Wibisono²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

²⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya Jl. HR Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru, Kode Pos 28293

Email : ahmad.fajrیمان@student.unri.ac.id

ABSTRACT

Portland cement is usually used in asphalt concrete as filler. Brick ash and rice husk have similar chemical compound to portland cement. This research tried to utilize a combination of those ashes to replace cement. The purpose of this research is to determine the Marshall characteristics of asphalt concrete binder course (AC-BC) mixtures using the mixed ash as filler. The mixed of ash contained 40% brick ash and 60% rice husk ash. Ratios of cement and the mixed ash were 100:0, 50:50, 0:100. All samples were made and tested according to Bina Marga 2010 Revision 3 Specification. Based on Marshall characteristics, the addition of brick and rice husk ash increased stability and void filled asphalt (VFA) values, and reduced the air void.

Keywords: Rice husk ash, Brick ash, Filler, Asphalt concrete binder course

A. PENDAHULUAN

Lapis aspal AC-BC merupakan bagian lapis dari permukaan di antara lapis fondasi atas (*Base course*) dengan lapis aus (*Wearing course*). Lapis aspal AC-BC terdiri dari campuran aspal, agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi (*filler*). Sebagai lapis permukaan antara, AC-BC harus dapat memberikan kenyamanan dan keamanan yang tinggi.

Persyaratan *filler* menurut Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Bidang Jalan dan Jembatan Revisi 3 harus dalam kondisi kering, bebas dari gumpalan-gumpalan serta lolos ayakan No. 200 (75 *Micron*) tidak kurang dari 75% terhadap beratnya. Berdasarkan ketentuan tersebut *filler* yang biasa digunakan adalah semen *portland*, abu kapur atau abu terbang (*fly ash*) pada campuran *Asphalt Concrete-Binder Course*(AC-BC). Namun seperti yang kita ketahui bahwa *filler* tersebut persediaannya relatif mahal. Untuk itu diperlukan penggunaan *filler* yang lebih ekonomis dan mudah didapat namun tidak mengurangi kekuatan dari perkerasan itu sendiri serta masih memenuhi ketentuan yang

disyaratkan. Sehingga program pembangunan jalan di masa yang akan datang dapat berjalan dengan lancar.

Hasil penelitian Akbar & Wesli (2012) menunjukkan bahwa kenaikan nilai *density*, stabilitas, *flow* dan *marshall quotient* secara merata (optimum) terjadi pada campuran abu sekam padi dengan persentase 6% *filler* abu sekam padi.

Selain abu sekam padi, limbah abu batu bata pun dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengisi campuran aspal panas. Menurut hasil analisis yang dilakukan Bahri (2016) menunjukkan bata merah mengandung alumina (Al_2O_3) 34,09%, Silika dioksida (SiO_2) 42,55%. Senyawa kimia yang terkandung dalam batu bata memiliki kemiripan dengan senyawa kimia dalam kandungan semen yaitu alumina (Al_2O_3), Silika dioksida (SiO_2), kalsium oksida (CaO).

Berdasarkan potensi yang dimiliki limbah abu sekam padi dan abu bata yang digunakan sebagai bahan pengisi campuran beraspal masih belum maksimal, maka perlu kajian penggunaan kombinasi abu bata dan abu sekam padi sebagai bahan pengisi (*filler*)

dalam campuran AC-BC untuk mengetahui pengaruh penggunaannya terhadap kinerja campuran aspal secara keseluruhan.

B. TINJAUAN PUSTAKA

B.1 Lapis Aspal Beton Antara (AC-BC)

Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC) mempunyai tekstur yang sedikit kasar dibandingkan dengan jenis aspal beton lainnya. Untuk ketentuan sifat-sifat campuran aspal beton dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Ketentuan Sifat – Sifat Campuran Laston

Sifat-Sifat Campuran		AC-BC
Jumlah tumbukan perbidang		75
Rasio partikel lolos ayakan 0,075 mm dengan kadar aspal efektif	Min	1
	Maks	1,4
Rongga dalam campuran, <i>VIM</i> (%)	Min	3
	Maks	5
Rongga dalam agregat, <i>VMA</i> (%)	Min	14
Rongga terisi aspal, <i>VFA</i> (%)	Min	65
Stabilitas Marshall (kg)	Min	800
Pelelehan, <i>flow</i> (mm)	Min	2
	Maks	4
Stabilitas Marshall sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C	Min	90

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga Bidang Jalan dan Jembatan Revisi 3 (2010)

Untuk mendapatkan jenis campuran yang baik diperlukan pembatasan-pembatasan dalam ukuran agregat yang akan digunakan yang disebut dengan gradasi agregat gabungan. Gradasi agregat itu sendiri adalah susunan butir agregat sesuai ukurannya. Gradasi agregat dinyatakan dalam presentase lolos atau tertahan, yang dihitung berdasarkan berat agregat (Sukirman S., 1999). Berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Bidang Jalan dan Jembatan Revisi 3 batasan-batasan untuk campuran laston lapis antara seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Gradasi Agregat Gabungan untuk Campuran Beraspal

Ayakan (mm)	% Berat Yang Lolos Terhadap Total Agregat dalam Campuran Laston (AC)			
	WC	BC	AC-BASE	
1 1/2"	37,5	-	-	100
1"	25	-	100	90-100
3/4"	19	100	90 – 100	76 – 90
1/2"	12,5	90 - 100	75 – 90	60 – 78
3/8"	9,5	77 - 90	66 – 82	52 - 71
No. 4	4,75	53 - 69	46 -64	35 – 54
No. 8	2,36	33 -53	30 – 49	23 – 41
No. 16	1,18	21 - 40	18 – 38	13 – 30
No. 30	0,6	14 - 30	12 – 28	10 – 22
No. 50	0,3	9 – 22	7 – 20	6 – 15
No. 100	0,15	6 – 15	5 -13	4 – 10
No. 200	0,075	4 – 9	4 – 8	3 – 7

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga Bidang Jalan dan Jembatan Revisi 3 (2010)

B.2 Bahan Penyusun AC-BC

B.2.1 Aspal

Aspal didefinisikan sebagai material perekat (*cementitious*), berwarna hitam atau coklat tua, dengan unsur utama bitumen.

Spesifikasi Bina Marga 2010 Bidang Jalan dan Jembatan revisi 3 menyatakan persyaratan aspal keras memenuhi ketentuan seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Spesifikasi Untuk Aspal Keras

No.	Jenis Pengujian	Metoda Pengujian	Tipe I Aspal Pen. 60-70
1	Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	SNI 06-2456-1991	60 – 70
2	Viskositas Kinematis 135°C (cSt)	SNI 06-6441-2000	≥ 300
3	Titik Lembek (°C)	SNI 2434:2011	≥ 48
4	Daktilitas pada 25°C (cm)	SNI 2432:2011	≥ 100
5	Titik Nyala (°C)	SNI 2433:2011	≥ 232
6	Berat Jenis	SNI 2441:2011	≥ 1,0
Pengujian Residu Hasil TFOT (SNI 06-2440-1991)			
7	Berat yang Hilang (%)	SNI 06-2440-1991	≤ 0,8
8	Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	SNI 06-2456-1991	≥ 54
9	Daktilitas pada 25°C (cm)	SNI 2432:2011	≥ 100

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga Bidang Jalan dan Jembatan Revisi 3 (2010)

B.2.2 Agregat

Menurut Bina Marga 2010 Bidang Jalan dan Jembatan Revisi 3 ukuran butiran agregat dibedakan menjadi beberapa bagian yaitu sebagai berikut.

1. Agregat Kasar (*Course Aggregate*), yaitu agregat ukuran butiran lebih besar atau tertahan pada saringan No. 4 (4,75 mm).
2. Agregat Halus (*Fine Aggregate*), yaitu agregat ukuran butiran lebih kecil atau lolos pada saringan No. 4 (4,75 mm) dan tertahan saringan no. 200.
3. Fraksi Bahan Pengisi (*Filler Fraction*), termasuk agregat halus yang sebagian besar lolos saringan No. 200.

Ketentuan-ketentuan dalam penggunaan agregat kasar dan halus dapat dilihat pada Tabel 4. dan Tabel 5.

Tabel 4. Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian		Spesifikasi	
		Min	Max
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan (%)	natrium sulfat		12
	magnesium sulfat		18
Abrasi dengan mesin	Campuran AC	100 putaran	6
	Modifikasi Semua jenis	500 putaran	30
Los Angeles (%)	100 putaran		8
	campuran aspal bergradasi lainnya	500 putaran	40
Kelekatan agregat terhadap aspal (%)		95	
Butir pecah pada agregat kasar (%)			95/90
Partikel pipih dan lonjong (%)			10
Material lolos saringan ayakan No. 200 (%)			2

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga Bidang Jalan dan Jembatan Revisi 3 (2010)

Tabel 5. Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Standar	Spesifikasi	
		Min	Max
Nilai setara pasir (%)	SNI 03-4428-1997	60	
Angularitas dengan uji kadar rongga (%)	SNI 03-6877-2002	45	
Gumpalan lempung dan butir - butir mudah pecah dalam agregat (%)	SNI 03-4141-1996		1

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga Bidang Jalan dan Jembatan Revisi 3 (2010)

B.2.3 Bahan Pengisi (*Filler*)

Bahan pengisi (*filler*) yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan dan memiliki sifat non plastis.

B.2.4 Semen Portland

Semen *Portland* dibuat dari batu kapur (*limestone*) dan mineral yang lainnya, dicampur dan dibakar dalam sebuah alat pembakaran hingga didapat bahan material yang berupa bubuk. Komposisi senyawa kimia dari Semen *Portland* diperlihatkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Komposisi Kimia Semen *Portland*

No.	Senyawa	Satuan	Hasil Analisa
1	CaO	%	60-65
2	SiO ₂	%	20-24
3	Al ₂ O ₃	%	4-8
4	Fe ₂ O ₃	%	2-5
5	MgO	%	0-5

Sumber : Putrowijoyo (2006)

B.2.4 Abu Batu Bata

Batu bata merah merupakan bahan bangunan yang digunakan untuk pembuatan konstruksi bangunan, dibuat dari tanah berplastis tinggi dengan atau tanpa campuran bahan lain, dibakar pada suhu tinggi hingga mengeras dan berwarna kemerah-merahan, tidak dapat hancur lagi jika direndam dalam air (Rochadi & Irianta, 2007). Berikut merupakan contoh pengujian komposisi abu bata yang dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Komposisi Kimia Batu Bata

No.	Senyawa	Satuan	Hasil Analisa
1.	SiO ₂	%	60,6
2.	Al ₂ O ₃	%	19,2
3.	Fe ₂ O ₃	%	8,1
4.	CaO	%	2,6
5.	MgO	%	2,9

Sumber : Fernando Castro *et al.*, (2009)

B.2.5 Abu Sekam Padi

Berikut contoh komposisi kimia abu sekam padi pada daerah Air Tiris Kabupaten Kampar dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Komposisi Kimia Abu Sekam Padi Air Tiris

No.	Parameter Uji	Satuan	Hasil Analisa
1	SiO ₂	%	86,89
2	Al ₂ O ₃	%	1,58
3	Fe ₂ O ₃	%	0,48
4	CaO	%	1,99
5	MgO	%	1,29
6	Na ₂ O	%	0,82
7	K ₂ O	%	5,35
8	SO ₃	%	0,71
9	Kadar Air	%	0,52

Sumber : Balai Riset dan Standarisasi Industri Padang (2017)

C. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Universitas Riau. Dalam penelitian ini digunakan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3 sebagai acuan untuk menentukan campuran Laston Lapis Antara (AC-BC) dengan menggunakan metode pengujian *Marshall Test*. Sedangkan untuk standar pelaksanaan pengujiannya digunakan Standar Nasional Indonesia (SNI) yang berkaitan dengan pengujian Laston.

C.1 Bahan dan Peralatan

C.1.1 Bahan

1. Aspal PEN 60/70 merek Esso yang telah tersedia di Laboratorium Jalan Raya Universitas Riau.
2. Agregat kasar dan halus berasal dari Kabupaten Kampar.
3. *Filler* batu bata diperoleh dari limbah batu bata yang diambil dari pabrik batu bata Jalan Badak, Kecamatan Tenayan Raya, Kota Pekanbaru. Sedangkan Abu Sekam padi diperoleh dari limbah sekam padi hasil penggilingan yang di ambil dari Kecamatan Bunga Raya, Kabupaten Siak.

C.1.1 Peralatan

Peralatan yang digunakan adalah:

1. Alat uji pemeriksaan agregat
2. Alat uji pemeriksaan aspal.
3. Satu set saringan gradasi AC-BC

4. Cetakan benda uji dengan diameter 10,16 cm dan tinggi 7,62 cm, lengkap dengan pelat alas dan leher sambung.
5. *Extruder*
6. Alat Uji *Marshall*
7. Mesin penumbuk dengan permukaan yang rata berbentuk silinder dengan berat 4,54 kg dan tinggi jatuh bebas 45,7 cm.
8. Oven dengan suhu mencapai 200 °C
9. *Water batch* atau bak rendaman dengan suhu mulai 10-100 °C
10. *Thermometer*
11. Timbangan
12. Perlengkapan lainnya

C.2 Pengujian Bahan Penyusun

Semua bahan yang akan digunakan diperiksa karakteristiknya agar sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3.

C.2.1 Pengujian Aspal

Pengujian aspal PEN 60/70 yang dilakukan antara lain:

1. Pengujian titik nyala dan titik bakar aspal, mengacu pada SNI 2433:2011.
2. Pengujian penetrasi aspal, mengacu pada SNI 06-2456-1991.
3. Pengujian titik lembek aspal, mengacu pada SNI 2434:2011.
4. Pengujian daktilitas aspal, mengacu pada SNI 2432:2011.
5. Pengujian kehilangan berat aspal, mengacu pada SNI 06-2441-1991.
6. Pengujian berat jenis aspal, mengacu pada SNI 2441:2011.
7. Pengujian viskositas aspal, mengacu pada SNI 06-6441-2000.

C.2.2 Pengujian Agregat

Pengujian yang akan dilakukan untuk melihat karakteristik agregat adalah sebagai berikut:

1. Pengujian analisa saringan, mengacu pada SNI 03-1968-1990
2. Pengujian Material Lolos Ayakan No. 200, mengacu pada SNI 03-4142-1996 dan ASTM C117:2002
3. Pengujian *sand equivalent*, mengacu pada SNI 03-4428-1997,

4. Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat, mengacu pada SNI 03-1969-1990 dan SNI 03-1970-1990,
5. Pengujian keausan agregat dengan mesin abrasi *Los Angeles*, mengacu pada SNI 2417 :2008
6. Pengujian kekekalan bentuk agregat terhadap larutan natrium sulfat atau magnesium sulfat, mengacu pada SNI 3407:2008,
7. Pengujian kelekatan agregat terhadap aspal, mengacu pada SNI 2439:2011,
8. Pengujian penentuan persentase butir pecah pada agregat kasar, mengacu pada SNI 7619:2012,
9. Pengujian pipih dan lonjong, mengacu pada ASTM D4791,
10. Pengujian angularitas dan kadar rongga, mengacu pada SNI 03-6877-2002,
11. Pengujian gumpalan lempung dan butir mudah pecah, mengacu pada SNI 03-4141-1996.

C.2.3 Pengujian Bahan Pengisi

1. Pengujian lolos saringan no. 200, mengacu pada SNI 03-4142-1996 atau SNI ASTM C136:2012
2. Pengujian berat jenis, mengacu pada SNI 15-2531-1991

C.3 Rancangan Campuran Laston

Berdasarkan jumlah benda uji setiap variasi kadar aspal dan variasi *filler* sebanyak 3 buah, maka jumlah benda uji yang dibutuhkan adalah sebanyak 45 buah benda uji untuk menentukan kadar aspal optimum (KAO) dengan uraian pada Tabel 9.

Tabel 9. Jumlah Benda Uji untuk Menentukan KAO

Kadar Aspal (%)	Perbandingan Antara Filler Semen Portland dan Filler 40% Abu Bata + 60% Abu Sekam Padi			Jumlah Sampel (bh)
	0:100	50:50	100:0	
5	3	3	3	9
5,5	3	3	3	9
6	3	3	3	9
6,5	3	3	3	9
7	3	3	3	9
Total				45

Setelah didapatkan nilai kadar aspal optimum (KAO) untuk masing masing variasi *filler*, kemudian dilanjutkan membuat benda uji dengan menggunakan kadar aspal optimum dengan pengujian *Marshall* standar sebanyak sebanyak 9 buah benda uji.

D. HASIL DAN PEMBAHASAN

D.1 Hasil Pengujian Bahan Penyusun AC-BC

Pengujian ini bertujuan untuk melihat apakah material yang digunakan layak sebagai bahan campuran Laston dan memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 revisi 3.

D.1.1 Hasil Pengujian Aspal

Hasil pengujian aspal diperlihatkan pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil Pengujian Aspal

Sifat-sifat Material Yang Diuji	Hasil Uji	Spesifikasi	
		Min	Maks
Penetrasi, 25 °C, 100 gr, 5 detik	62,20 mm	60	70
Penetrasi, 25 °C, 100 gr, 5 detik (Setelah TFOT)	96,30 %	54	
Titik Lembek (<i>Softening Point</i>)	55,30 °C	48	
Titik Nyala dengan <i>Cleveland Open Cup</i>	285 °C	232	
Daktilitas, 25 °C, 5 cm/menit	124 cm	100	
Daktilitas, 25 °C, 5 cm/menit (Setelah TFOT)	107,50 cm	100	
Berat Jenis	1,063	1	
Kehilangan Berat (TFOT)	0,0978 %		0,8
Viskositas			
> Suhu Pematatan Ideal (Viscositas = 280 cSt)	141,50 °C	135	155
Suhu Pematatan Min (280 - 30 =250)	143,50 °C		
Suhu Pematatan Max (280 + 30 =310)	140,00 °C		
> Suhu Pencampuran Ideal (Viscositas = 170 cSt)	149,50 °C	149	160
Suhu Pencampuran Min (170 - 20 = 150)	151,50 °C		
Suhu Pencampuran Max (170 + 20 = 190)	147,50 °C		
Viskositas Kinematis 135 °C, 5 (cSt)	415,00 °C	300	

Dari hasil pengujian aspal PEN 60/70 dapat dilihat pada Tabel 10. menunjukkan

karakteristik aspal telah memenuhi spesifikasi yang ditentukan. Maka aspal tersebut bisa digunakan sebagai bahan penyusun Laston dalam penelitian ini.

D.1.2 Hasil Pengujian Agregat

Hasil pengujian agregat dapat dilihat pada Tabel 11. dan Tabel 12.

Tabel 11. Hasil Pengujian Agregat Kasar

Pengujian		Standar	Hasil Pengujian	Spesifikasi	
				Min	Maks
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan (%)	natrium sulfat	SNI 3407:2008	5,60		12
	magnesium sulfat		-		18
Abrasi dengan mesin <i>Los Angeles</i> (%)	Campuran AC	SNI 2417:2008	100 putaran	-	6
	Modifikasi		500 putaran	-	30
	Semua jenis campuran aspal		100 putaran	-	8
	bergradasi lainnya		500 putaran	30,88	
Kelekatan agregat terhadap aspal (%)		SNI 2439:2011	96,11	95	
Partikel pipih dan lonjong (%)		ASTM D4791 Perbandingan 1:5	8,36		10
Material Lolos Ayakan No.200 (%)		SNI 03-4142-1996	0,66		2

Tabel 12. Hasil Pengujian Agregat Halus

Pengujian		Standar	Hasil Pengujian	Spesifikasi	
				Min	Maks
Nilai setara pasir (%)		SNI 03-4428-1997	71,65	60	
Angularitas dengan uji kadar rongga (%)		SNI 03-6877-2002	45,78	45	
Gumpalan lempung dan butir - butir mudah pecah dalam agregat (%)		SNI 03-4141-1996	0,691		1
Material Lolos Ayakan No.200		ASTM C117:2012	9,28		10

Berdasarkan Tabel 11. Dan Tabel 12. dapat disimpulkan bahwa hasil pengujian agregat kasar dan halus telah layak digunakan sebagai bahan campuran beraspal Laston.

D.1.3 Hasil Pengujian *Filler*

Hasil pengujian *filler* dengan menggunakan abu sekam padi dan abu bata dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13. Hasil Pengujian *Filler*

Jenis Pemeriksaan	Syarat	Hasil		
		Semen	Abu Sekam Padi	Abu Bata
Lolos saringan no. 200 (%)	75	80,66	85,72	79,54
Berat jenis	-	2,959	2,169	2,662

Hasil pengujian pada Tabel 13. diatas menunjukkan bahwa abu bata dan abu sekam padi layak digunakan sebagai *filler* pengganti pada campuran aspal AC-BC. Hasil uji menunjukkan semua *filler* tidak mengandung gumpalan dan lolos saringan no. 200 lebih dari 75%.

Untuk hasil pengujian berat jenis, abu sekam padi memiliki nilai berat jenis yang paling rendah di antara semen dan abu bata, hal ini menunjukkan pada jumlah berat yang sama abu sekam padi memiliki volume yang lebih besar dari pada semen dan abu bata.

D.2 Penentuan Kadar Aspal Optimum Laston AC-BC

Masing-masing nilai yang diperoleh dari hasil perhitungan karakteristik campuran *Marshall* memiliki spesifikasi tertentu yang telah ditetapkan. Spesifikasi tersebut

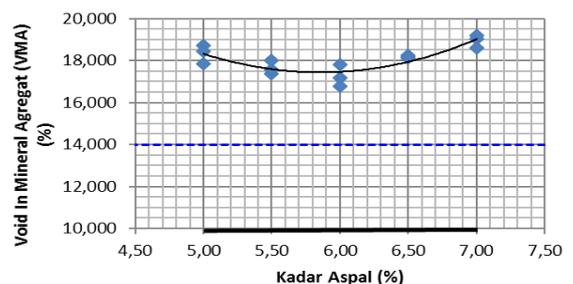
merupakan acuan untuk mendapatkan nilai KAO dan campuran aspal beton yang berkualitas. Untuk masing-masing hasil

pengujian kadar aspal dalam menentukan KAO dengan komposisi *filler* yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 14.

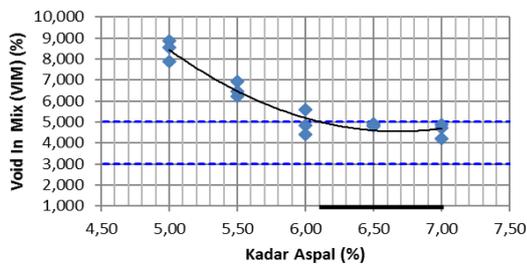
Tabel 14. Hasil Pengujian Marshall untuk Mencari KAO

Sifat - Sifat Material Yang Diuji (Nilai Rata - Rata)	Kadar Aspal (%)	Hasil Pengujian Campuran Aspal Dengan Variasi <i>filler</i>			Spesifikasi	
		100% : 0%	50% : 50%	0% : 100%	Min	Maks
Rongga dalam Mineral Agregat (VMA) , %	5,0	18,329	20,17	17,30	14	
	5,5	17,643	19,84	17,37		
	6,0	17,244	20,18	16,23		
	6,5	18,170	17,93	16,64		
	7,0	18,942	18,85	17,62		
Rongga dalam Campuran (VIM) , %	5,0	8,439	10,55	7,33	3	5
	5,5	6,540	9,101	6,289		
	6,0	4,939	8,385	3,848		
	6,5	4,855	4,66	3,16		
	7,0	4,604	4,59	3,15		
Rongga Terisi Aspal (VFA) , %	5,0	53,983	47,672	57,678	65	
	5,5	62,949	54,140	63,947		
	6,0	71,407	58,481	76,297		
	6,5	73,279	74,039	81,056		
	7,0	75,709	75,691	82,147		
Stabilitas, Kg	5,0	1164,70	1900,53	1392,22	800	
	5,5	1372,36	1981,79	1552,93		
	6,0	1394,93	1945,68	1792,19		
	6,5	1132,65	1747,05	1629,67		
	7,0	1191,78	1792,19	1616,13		
Kelelahan (Flow), mm	5,0	3,36	3,74	3,61	2	4
	5,5	3,49	3,84	3,81		
	6,0	3,66	3,92	3,82		
	6,5	3,78	3,93	3,87		
	7,0	3,81	3,96	4,04		
Marshall Quotient (Kg/mm)	5,0	332,57	468,17	372,01	250	
	5,5	377,92	477,75	394,39		
	6,0	381,83	462,58	469,69		
	6,5	288,68	431,88	420,74		
	7,0	308,52	437,28	418,85		

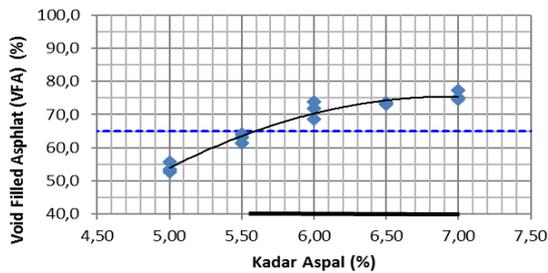
Setelah diperoleh nilai rata-rata pengujian *Marshall*, maka dilakukan penggambaran grafik karakteristik *Marshall* untuk mendapatkan nilai KAO yang terlihat pada Gambar 1. dan Tabel 1



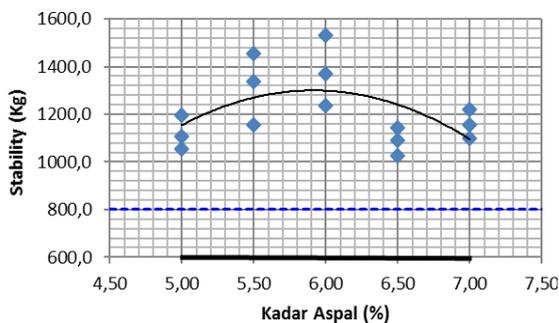
(a)



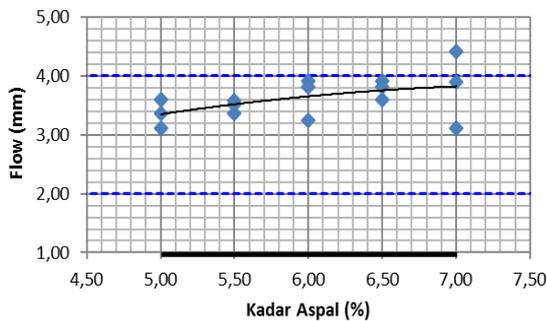
(b)



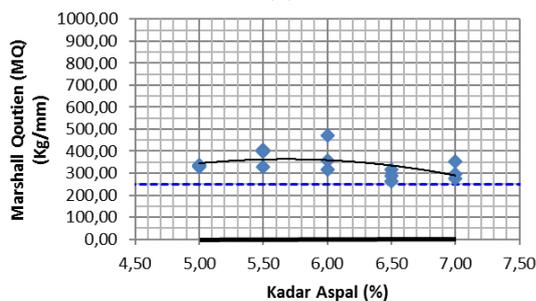
(c)



(d)



(e)



(f)

Gambar 1. Grafik Hasil Uji Karakteristik Marshall

Tabel. 15 Penentuan Kadar Aspal Optimum

No	Kriteria	Spesifikasi	Kadar Aspal
1	Stabilitas	800	
2	Flow	2 - 4	
3	VIM	3 - 5	
4	VFA	Min 65	
5	VMA	Min 14	
6	MQ	Min 250	
$\text{KAO (\%)} = \frac{(6,1 + 7)}{2} = 6,55\%$			

Dari Gambar 1. dan Tabel 15. diperoleh nilai kadar aspal 6,55 % untuk komposisi *Filler* 100:0 dimana 100% persen berupa *filler* semen dan 0% berupa *filler* 60% abu sekam padi dan 40% abu batu bata. Untuk hasil pengujian kadar aspal optimum komposisi *Filler* 50:50 dimana 50% persen berupa *filler* semen dan 50% berupa *filler* 60% abu sekam padi dan 40% serbuk batu bata diperoleh KAO 6,85%. Sedangkan untuk komposisi *Filler* 100:0 dimana 0% persen berupa *filler* semen dan 100% berupa *filler* 60% abu sekam padi dan 40% serbuk batu bata diperoleh KAO 6,35%.

D.3 Hasil Pengujian Pada Kadar Aspal Optimum Campuran Laston AC-BC

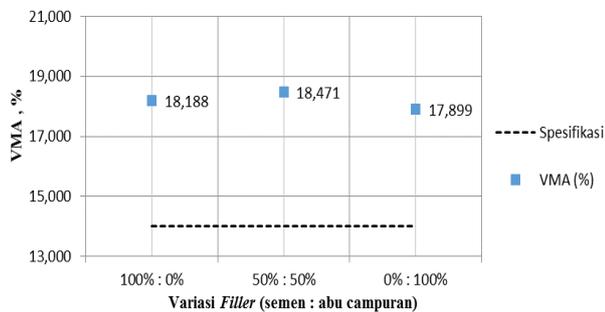
Setelah didapatkan nilai KAO, selanjutnya dilakukan pembuatan benda uji pada ketiga komposisi *filler* 100:0, 50:50 dan 0:100 dan melakukan kembali pengujian *Marshall*. Hasil Pengujian *Marshall* KAO dapat dilihat pada Tabel 16.

Tabel 16. Hasil Pengujian Marshall Untuk Setiap Variasi *Filler*

Sifat - Sifat Material	Hasil Pengujian Campuran Aspal dengan Variasi <i>Filler</i> (semen : abu campuran)			Spesifikasi	
	100: 0	50: 50	0 : 100	Min	Mak
	VMA, %	18,188	18,471	17,899	14
VIM, %	4,761	4,480	4,495	3	5
VFA, %	73,840	75,770	74,935	65	
Stabilitas, kg	948	1001,1	1267,9	800	
Flow, mm	3,65	3,90	3,62	2	4
Marshall Qoutien (Kg/mm)	259,7	256,4	352,6	250	
KAO (%)	6,55	6,85	6,35		

D.3.1 Rongga dalam Material Agregat (VMA)

Nilai VMA menyatakan rongga di antara partikel agregat dalam suatu campuran yang sudah dipadatkan, termasuk rongga yang berisi aspal (Putra, 2017). Hasil pengujian VMA kondisi KAO dapat dilihat pada Gambar 2.

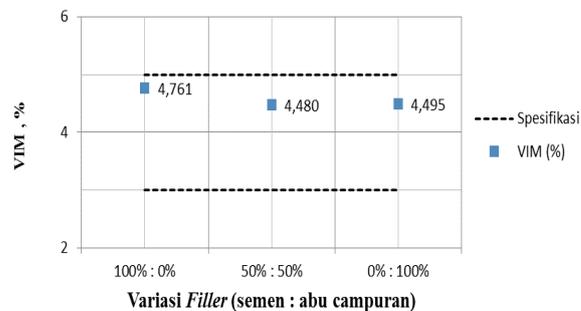


Gambar 2. Grafik Hubungan VMA Terhadap Variasi Filler

Dari Gambar 2. terlihat bahwa nilai VMA memenuhi spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3 untuk campuran Laston AC-BC yaitu minimal 14%. Pada grafik dapat dilihat terjadi variasi naik turun nilai VMA. Kenaikan nilai VMA pada benda uji dengan komposisi filler 50:50 terhadap komposisi filler 100:0 dipengaruhi oleh nilai kadar aspal yang lebih besar yaitu sebesar 6,85% jika dibandingkan dengan benda uji pada komposisi filler lainnya. Sehingga selimut aspal lebih tebal dan mengakibatkan naiknya nilai VMA. Penurunan nilai VMA pada komposisi filler 0:100 terhadap komposisi filler 100:0 dipengaruhi oleh kualitas pemadatan yang kurang baik sehingga menghasilkan benda uji dengan rongga yang cukup besar namun masih memenuhi spesifikasi (Esentia, 2014).

D.3.2 Rongga dalam Campuran (VIM)

Nilai VIM menyatakan rongga dalam campuran yang telah terselubungi aspal atau rongga yang terdapat dalam total campuran. Nilai VIM pada batas bawah memiliki rongga udara yang kecil, sehingga menyebabkan terjadinya *bleeding* yaitu keluarnya aspal dari campuran akibat beban yang diterima perkerasan (Putra, 2017). Hasil pengujian VIM kondisi KAO dapat dilihat pada Gambar 3.

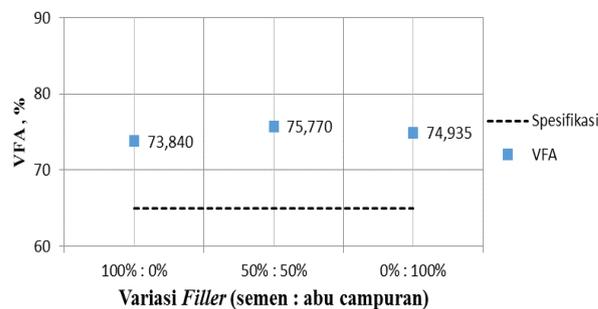


Gambar 3. Grafik Hasil Nilai VIM Terhadap Variasi Filler

Dari Gambar 3. terlihat bahwa Variasi Filler untuk nilai VIM sudah memenuhi syarat spesifikasi umum yang ditetapkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3. Batasan untuk nilai VIM yaitu 3% sampai dengan 5% dalam campuran Laston AC-BC. Pada grafik terjadi penurunan nilai VIM pada variasi filler 50:50 dan variasi filler 0:100 terhadap variasi filler 100:0 dipengaruhi dari berat jenis filler, semen Portland memiliki berat jenis paling besar sehingga kuantitasnya lebih sedikit dari filler lainnya, kuantitas filler terbanyak berada pada variasi filler 50:50 (Esentia, 2014).

D.3.3 Rongga Terisi Aspal (VFA)

Bisa dikatakan VFA adalah persentase volume aspal yang menyelimuti agregat. Hasil pengujian VFA kondisi KAO dapat dilihat pada Gambar 4.



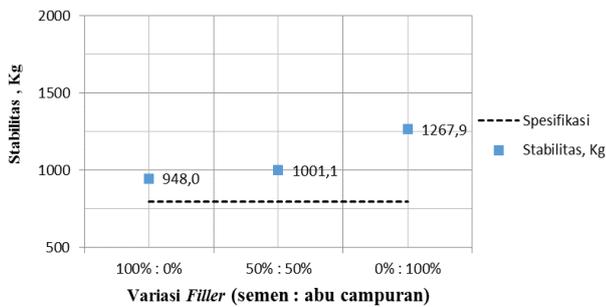
Gambar 4. Grafik Hasil VFA Terhadap Variasi Filler

Dari Gambar 4. terlihat bahwa nilai VFA memenuhi spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3 untuk campuran Laston AC-BC yaitu minimal 65%. Pada grafik dapat dilihat terjadi variasi kenaikan nilai VFA. Pada campuran komposisi filler 50:50 kenaikan terhadap komposisi filler 100:0 dipengaruhi oleh kadar aspal yang dihasilkan

paling tinggi yaitu 6,85%. Hal ini membuat nilai VFA menjadi naik dan bahkan lebih tinggi dari komposisi *filler* lainnya. Sehingga dari grafik pada Gambar 4. dapat disimpulkan bahwa komposisi *filler* 50:50 lebih kedap terhadap air dan udara.

D.3.4 Stabilitas

Nilai stabilitas yaitu kemampuan suatu campuran untuk menahan suatu deformasi yang diakibatkan oleh suatu beban (Putra, 2017). Hasil pengujian Stabilitas kondisi



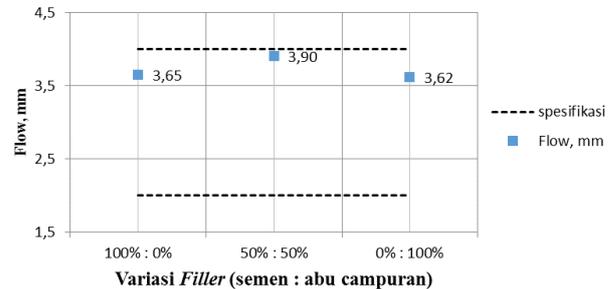
KAO dapat dilihat pada Gambar 5.

Gambar 5. Grafik Hasil Nilai Stabilitas Terhadap Variasi Filler

Dari Gambar 5. terlihat bahwa nilai Stabilitas memenuhi spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3 untuk campuran Laston AC-BC yaitu minimal 800 kg. Pada grafik dapat dilihat terjadi variasi kenaikan nilai Stabilitas. Kenaikan nilai stabilitas komposisi *filler* 50:50 dan komposisi *filler* 0:100 dipengaruhi dengan bertambahnya komposisi *filler* pengganti yakni 60% abu sekam padi dan 40% serbuk batu bata maka semakin bertambah nilai stabilitas yang dihasilkan. Untuk stabilitas optimum dihasilkan oleh komposisi *filler* pengganti 100% yaitu pada komposisi *filler* 0:100 sehingga dapat disimpulkan bahwa *filler* pengganti yaitu 60% abu sekam padi dan 40% serbuk batu bata menghasilkan nilai stabilitas lebih baik dari pada *filler* semen. Nilai stabilitas yang tinggi berdampak pada konstruksi jalan yang semakin kuat dan getas sehingga dapat memikul beban lalu lintas yang berat, akan tetapi mengakibatkan permukaan jalan yang lebih mudah retak (Esentia, 2014).

D.3.5 Flow (Kelelehan)

Nilai *flow* menunjukkan tingkat kekakuan suatu perkerasan, nilai yang kecil cenderung menghasilkan perkerasan yang kaku dan getas. Hasil pengujian *flow* kondisi KAO dapat dilihat pada Gambar 6.

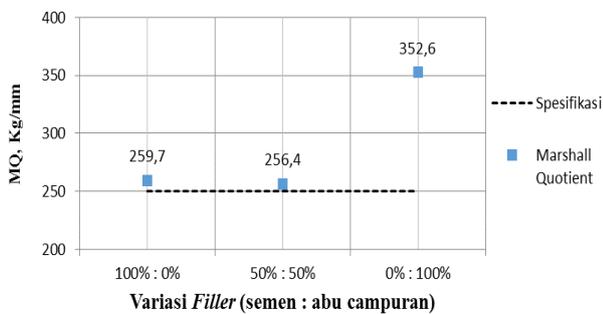


Gambar 6. Grafik Hasil Nilai *flow* Terhadap Variasi Filler

Dari Gambar 6. terlihat bahwa Variasi Filler untuk nilai *flow* sudah memenuhi syarat yang ditetapkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3 dengan batasan untuk nilai *flow* yaitu 2 mm sampai dengan 4 mm dalam campuran Laston AC-BC. Pada grafik dapat dilihat terjadi variasi naik turun nilai *flow*. Kenaikan dan penurunan pada campuran komposisi *filler* 50:50 dan komposisi *filler* 0:100 dipengaruhi oleh kadar aspal. Kadar aspal yang dihasilkan paling tinggi yaitu 6,85% pada komposisi *filler* 50:50 dan kadar aspal paling rendah yaitu 6,35% pada komposisi *filler* 0:100. Hal ini sesuai dengan nilai *flow* pada umumnya yang akan semakin meningkat dengan bertambahnya kadar aspal (Putra, 2017)..

D.3.6 Marshall Quotient (MQ)

Besarnya nilai *MQ* tergantung dari besarnya nilai stabilitas yang dipengaruhi oleh gesekan butiran yang saling mengunci antar butiran agregat dan kohesi campuran, serta *flow* yang dipengaruhi oleh sifat-sifat aspal, gradasi bahan penyusun dan jumlah tumbukan (Putra, 2017). Hasil pengujian *MQ* kondisi KAO dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik Hasil Nilai *MQ* Terhadap Variasi *Filler*

Dari Gambar 7. terlihat bahwa nilai *MQ* memenuhi spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3 untuk campuran Laston AC-BC yaitu minimal 250 kg/mm. Pada grafik dapat dilihat terjadi variasi naik turun nilai *MQ*. Kenaikan dan penurunan nilai *MQ* dipengaruhi oleh stabilitas dan *flow* pada campuran. Stabilitas yang kecil dan *flow* yang besar menghasilkan campuran yang lembek dan mudah berubah bentuk jika terjadi beban. Sebaliknya stabilitas yang besar dan *flow* yang kecil menghasilkan campuran yang getas dan mudah retak (Esentia, 2014).

D.4 Rekapitulasi Persentase Nilai Karakteristik *Marshall*

Dari semua hasil karakteristik *Marshall* yang diperoleh terdapat persentase kenaikan dan penurunan nilai karakteristik *Marshall* dipengaruhi dengan penggantian *filler* standar yaitu *filler* semen dengan bahan pengisi pengganti abu sekam padi dan abu batu bata yang dapat dilihat pada Tabel 16.

Tabel 16. Rekapitulasi Persentase Perbandingan Variasi *Filler* terhadap *filler* semen

Karakteristik <i>Marshall</i>	Variasi <i>Filler</i>	
	50 : 50	0 : 100
VMA	+ 1,56%	-1,62%
VIM	- 6,27%	-5,92%
VFA	+ 2,61%	+1,48%
Stabilitas	+ 5,60%	+33,75%
<i>Flow</i>	+ 6,85%	-0,83%
<i>MQ</i>	- 1,29%	+35,77%

catatan : (+) diartikan kenaikan dan (-) diartikan penurunan persentase nilai karakteristik *Marshall*.

Berdasarkan Tabel 16. dapat dilihat bahwa variasi *filler* 0:100 memiliki persentase kenaikan nilai stabilitas yang tinggi dan penurunan persentase nilai *VIM* yang kecil serta penurunan persentase nilai *flow*. Sedangkan pada variasi *filler* 50:50 memiliki persentase kenaikan nilai stabilitas yang cukup tinggi dan penurunan persentase nilai *VIM* yang sangat kecil serta peningkatan persentase nilai *flow*. Nilai stabilitas yang tinggi menunjukkan campuran Laston AC-BC mampu menerima beban lalu lintas yang tinggi sedangkan *VIM* yang kecil menunjukkan campuran Laston AC-BC memiliki tingkat kerapatan yang baik seperti lebih kedap terhadap air. Sedangkan nilai *flow* yang kecil cenderung menghasilkan perkerasan yang kaku dan getas. Sebaliknya nilai *flow* yang tinggi akan membuat perkerasan bersifat plastis (Esentia, 2014).

E. KESIMPULAN DAN SARAN

E.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan pengaruh penggunaan kombinasi abu sekam padi dan abu batu bata sebagai pengganti *filler* terhadap karakteristik *Marshall* pada campuran AC-BC (*Asphalt Concrete – Binder Course*) dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Pengaruh penambahan abu sekam padi dan abu bata sebagai pengganti *filler* semen pada campuran AC-BC dapat meningkatkan nilai stabilitas dan nilai rongga terisi aspal (VFA) serta dapat menurunkan nilai rongga dalam campuran (VIM).
2. Pengaruh penambahan variasi *filler* 0:100 memiliki karakteristik campuran AC-BC yang kaku dan mampu menerima beban lalu lintas yang lebih tinggi namun tidak tahan terhadap cuaca ekstrim yang mengakibatkan permukaan perkerasan jalan lebih mudah retak. Untuk pengaruh penambahan variasi *filler* 50:50 memiliki karakteristik campuran AC-BC yang cukup kuat dan tidak terlalu getas sehingga tidak mudah retak terhadap perubahan cuaca.

E.2 Saran

Untuk penyempurnaan hasil penelitian serta untuk mengembangkan penelitian yang lebih lanjut disarankan untuk melakukan penelitian dengan memperhatikan hal-hal sebagai berikut :

1. Dapat dilakukan penelitian tentang penggantian *filler* semen *Portland* dengan abu sekam padi dan abu bata pada campuran perkerasan yang berbeda seperti Lataston dan Latastir dengan menggunakan material ramah lingkungan.
2. Dapat juga dilakukan penelitian penggantian *filler* semen *Portland* dengan abu sekam padi dan abu bata terhadap durabilitas dan pengujian lainnya yang berkaitan dengan campuran beraspal.

Daftar Pustaka

- Akbar, S.J., Wesli. (2012). *Stabilitas Lapis Aspal Beton AC-WC Menggunakan Abu Sekam Padi*. Teras Jurnal. Volume 2. No. 4. Jurusan Teknik Sipil. Universitas Malikussaleh. Aceh.
- Bahri, S. (2016). Pengaruh Penggunaan Abu Cangkang Lokan, Serbuk Bata Merah dan Aditif Anti Pengelupasan pada AC-BC.
- Bina Marga. (1990). *SK SNI M 58-1990-03, Metode Pengujian Campuran Aspal Dengan Alat Marshall*. Direktorat Jendral Bina Marga.
- Bina Marga. (2011). *SNI-03-2439. Metode Pengujian Kelekatan Agregat Terhadap Aspal*. Jakarta: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum.
- Bina Marga. (2011). *SNI-2433. Metode Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar dengan Cleveland Open Cup*. Jakarta: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum.
- Bina Marga. (2011). *SNI-2434. Metode Pengujian Titik Lembek Aspal dan Ter*. Jakarta: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum.
- Bina Marga. (1991). *SNI-06-2440. Metode Pengujian Kehilangan Berat Minyak dan Aspal dengan Cara A*. Jakarta: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum.
- Bina Marga. (2011). *SNI-2441. Metode Pengujian Berat Jenis Aspal Padat*. Jakarta: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum.
- Bina Marga. (1991). *SNI-06-2456. Metode Pengujian Penetrasi Baha-Bahan Bitumen*. Jakarta: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum.
- Bina Marga. (2000). *SNI-06-6441. Metode Pengujian Viskositas Bahan Aspal*. Jakarta: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum.
- Bina Marga. (2003). *RSNI-M-01. Metode Pengujian Campuran Beraspal Panas dengan Alat Marshall*. Jakarta: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum. Jendral Bina Marga.
- Bina Marga. (SNI-06-2432. *Metode Pengujian Daktilitas Bahan-Bahan Aspal*). 1991. Jakarta: Pustran Balitbang Pekerjaan Umum.
- Dirjen Bina Marga. (2010). *Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan Revisi 3. Kementerian Pekerjaan Umum, Indonesia*.
- Esentia, A. (2014). *Pengaruh Penggantian Sebagian Filler Semen Dengan Kombinasi 40 % Serbuk Batu Bata Dan 60 % Abu Cangkang Lokan Pada Campuran Asphalt*. Universitas Bengkulu.
- Rochadi, M.T., dan Irianta, G., 2007, *Kualitas Bata Merah Dari Pemanfaatan Tanah Bantaran Sungai Banjir Kanal Timur*, Wahana Teknik Sipil, Vol. 12 No. 1, April 2007, Politeknik Negeri Semarang.
- Putra, N.G. (2017). *Pemanfaatan Limbah Oil Sludge Untuk Campuran Beraspal Jenis Lataston (Lapis Aspal Beton Tipis) dengan Pengujian Marshall*. Skripsi Sarjana. Fakultas Teknik Universitas Riau, Pekanbaru.
- Sukirman, S. (1999). *Dasar-dasar Perencanaan Geometrik jalan*. Bandung: Nova.
- Sukirman, S. (2003). *Beton Aspal Campuran Panas*. Jakarta: Granit.