

KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPHALT CONCRETE–WEARING COURSE (AC-WC) DENGAN PENGGUNAAN ABU VULKANIK DAN ABU BATU SEBAGAI FILLER¹

Hadi Ali²

Abstract

Asphalt concrete layer construction casing layer perkerasan road that has structural value. one of the asphalt concrete layer kind asphalt concrete - wearing course (ac-wc) as top-ranking layer in perkerasan bent. composes principal materials aggregate and asphalt, belong kind filler in its use. in this watchfulness is kind filler that is used vulcanic ash and stone ash as the standard. Before done testing marshall in mixture, done testing towards materials that used it. specific gravity testing result in filler vulcanic ash 2,819 gr/cm³ and 2,351 gr/cm³ for stone ash, while materials escapes 75 microns in filler vulcanic ash and stone ash is taken 100%. plan asphalt degree that used good in mixture with filler vulcanic ash also stone ash pb = 5,5% with plan asphalt degree distance 4,5%; 5%; 5,5%; 6% and 6,5%. After done test marshall with plan asphalt degree, entire characters marshall in standard test 2x75 collision has fulfilled spesification menyyaratkan. result that got density and stability marshall with vulcanic ash has higher value from in mixture with stone ash. in entire asphalt degree distances, value flow mixture with filler higher stone ash from in mixture with filler vulcanic ash. highest value in stone ash as big as 4,667 mm, while vulcanic ash as big as 4,2667 mm. marshall quotient for both types of filler, bottommost value happens in highest asphalt degree (6,5 %) that is as big as 217,19407 kg/mm to filler stone ash and 239,5274 kg/mm to filler vulcanic ash. filler vulcanic ash has value vfa higher from in stone ash, but value vma lower. while air hole value in mixture (vim), filler higher stone ash from in vulcanic ash

Keyword : stone ash, vulcanic ash.

Abstrak

Lapis Beton Aspal adalah lapisan penutup konstruksi perkerasan jalan yang mempunyai nilai struktural. Salah satu jenis lapis beton aspal tersebut adalah *Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC)* sebagai lapisan yang paling atas dalam perkerasan lentur. Material utama penyusun adalah agregat dan aspal, termasuk jenis filler dalam penggunaannya. Dalam penelitian ini jenis filler yang digunakan adalah abu vulkanik dan abu batu sebagai pembandingnya. Sebelum dilakukan pengujian Marshall pada campuran, dilakukan pengujian terhadap material yang digunakannya. Hasil pengujian berat jenis pada filler abu vulkanik adalah 2,819 gr/cm³ dan 2,351 gr/cm³ untuk abu batu, sedangkan material lolos 75 mikron pada filler abu vulkanik dan abu batu diambil 100%. Kadar aspal rencana yang digunakan baik pada campuran dengan filler abu vulkanik maupun abu batu adalah Pb = 5,5% dengan rentang kadar aspal rencana 4,5% ; 5% ; 5,5% ; 6% dan 6,5%. Setelah dilakukan uji Marshall dengan kadar aspal rencana, seluruh sifat Marshall pada uji standar 2x75 tumbukan telah memenuhi spesifikasi yang disyaratkan. Hasil yang diperoleh adalah Kepadatan dan Stabilitas Marshall dengan abu vulkanik memiliki nilai lebih tinggi dari pada campuran dengan abu batu. Pada seluruh rentang kadar aspal, nilai *flow* campuran dengan filler abu batu lebih tinggi dari pada campuran dengan filler abu vulkanik. Nilai tertinggi pada abu batu sebesar 4,667 mm, sedangkan abu vulkanik sebesar 4,2667 mm. Marshall Quotient

¹ Bagian dari Tesis “STUDI DURABILITAS ASPHALT CONCRETE–WEARING COURSE (AC–WC) DENGAN PENGGUNAAN ABU VULKANIK DAN ABU BATU SEBAGAI FILLER”

² Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung
Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No 1 Gedong Meneng, Bandar Lampung

untuk kedua jenis filler, nilai terendah terjadi pada kadar aspal tertinggi (6,5 %) yaitu sebesar 217,19407 kg/mm untuk *filler* abu batu dan 239,5274 kg/mm untuk *filler* abu vulkanik. *Filler* abu vulkanik memiliki nilai VFA lebih tinggi dari pada abu batu, namun nilai VMA lebih rendah. Sedangkan nilai Rongga udara dalam campuran (VIM), *filler* abu batu lebih tinggi dari pada abu vulkanik

Kata kunci : abu batu, abu vulkanik.

1. PENDAHULUAN

a. LATAR BELAKANG.

Filler merupakan salah satu bahan yang berfungsi sebagai pengisi rongga-rongga dari suatu campuran beraspal, disamping itu *filler* berfungsi pula sebagai media untuk pelumasan aspal terhadap permukaan agregat. Prosentase yang kecil pada *filler* terhadap campuran beraspal, bukan berarti tidak mempunyai efek yang besar pada sifat-sifat Marshall yang juga merupakan kinerja campuran terhadap beban lalu lintas.

Penelitian penggunaan jenis *filler* sebagai bahan campuran perkerasan telah banyak dilakukan seperti semen, kapur, *fly ash*, serbuk genteng, lanau dsb. Bahan semen dan *fly ash* merupakan bahan terbaik yang boleh dipakai sebagai *filler*, sedangkan kapur sebagai bahan *filler* membutuhkan jumlah aspal yang lebih banyak untuk bisa menghasilkan nilai stabilitas yang tinggi (Pratomo, 1999). Sementara penggunaan *filler* dengan berat jenis yang jauh lebih kecil dari pada berat jenis agregat kasar dan halus akan menyebabkan campuran menjadi kurang aspal. yang ditandai dengan nilai rongga dalam campuran (VIM) yang lebih besar dari batas spesifikasi atas dan nilai rongga terisi aspal (VFA) yang lebih kecil dari batas spesifikasi bawah (Widodo, 2000). Bahan lain yang belum digunakan sebagai bahan *filler* adalah Abu vulkanik

Abu vulkanik adalah salah satu jenis tephra (ekstrusi vulkanik udara), yang biasanya merusak (*destruktif*) pada awalnya tetapi dalam waktu tertentu dapat berguna. Material vulkanik terdiri dari batuan yang berukuran besar hingga berukuran halus, yang berukuran besar biasanya jatuh disekitar kawah dalam radius 5-7 km, sedangkan yang berukuran halus sampai ratusan bahkan ribuan km dari kawah disebabkan oleh adanya hembusan angin (Sudaryo, 2009). Ukuran patikel pasir dan lumpur berkisar 0,001 mm hingga 2 mm, abu vulkanik tidak larut dalam air, sangat kasar dan agak korosif (Johnston, 1997)

Material tersebut didapat hanya pada saat terjadinya letusan gunung berapi kendati setiap terjadi letusan, material-material vulkanik yang dimuntahkan seperti pasir umumnya bisa dimanfaatkan hingga puluhan tahun, terkecuali material vulkanik yang berupa abu.

Sampai saat ini *filler* abu vulkanik sebagai bahan pengisi campuran belum banyak dilakukan, bahkan kemungkinan belum pernah dilakukan. Oleh karena itu berdasar fungsi tersebut timbul pertanyaan : “ Apakah penggunaan *filler* abu vulkanik sebagai bahan Campuran Aspal Panas jenis *Asphalt Concrete - Wearing Course* (AC-WC) memenuhi persyaratan terhadap sifat-sifat parameter Marshall “ ? .

b. TUJUAN PENELITIAN.

Tujuan dari penelitian ini adalah mempelajari karakteristik *Asphalt Concrete - Wearing Course* (AC-WC) dengan menggunakan *filler* abu vulkanik dan sebagai pembandingnya dipakai *filler* abu batu. Karakteristik yang dimaksud adalah parameter Marshall yang

meliputi : Kepadatan, *Stability*, *Flow*, *Void in Mineral Agregat (VMA)*, *Void in the Mix (VIM)*, *Void Filled with Asphalt (VFA)* dan *Marshall Quotient*

c. MANFAAT PENELITIAN.

Diharapkan dapat memberikan pemahaman dan menambah wawasan mengenai pengaruh penggunaan abu vulkanik sebagai bahan alternatif *filler* dalam campuran aspal panas, khususnya *Asphalt Concrete - Wearing Course (AC-WC)* sebagai lapis aus ke-2 permukaan perkerasan lentur ditinjau terhadap sifat *Marshall* yaitu : kepadatan, *stability*, *flow*, *void in mineral agregat (VMA)*, *void in the mix (VIM)*, *void filled with asphalt (VFA)* dan *Marshall Quotient*.

2. METODE PENELITIAN.

a. BAHAN.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- a. Agregat kasar : Agregat kasar berupa batu pecah yang diambil dari Tanjungan.
- b. Agregat halus. : Agregat halus berupa pasir yang diambil dari gunung sugih, digunakan untuk material yang lolos saringan 5mm.
- c. Aspal : Aspal keras dengan Penetrasi 60, merek dari produksi tertentu.
- d. Abu vulkanik : Abu Vulkanik yang digunakan berasal dari letusan gunung merapi (Yogyakarta). Diambil pada bulan November 2010, dari daerah Sleman yang berjarak kurang lebih 9 km dari puncak letusan. Pengambilan dilakukan dengan menyayat tumpukan vulkanik yang berada diatas tanah, kemudian dimasukan kedalam karung

b. PEMBUATAN BENDA UJI.

Pada percobaan ini menggunakan benda uji standar berupa sebuah cetakan yang berdiameter 101,6 mm (4inci) dan tinggi 75 mm (3inci). Benda uji didapatkan dengan menggunakan alat pemadat Marshall (*Marshall Compaction Hummer*) dengan berat 4,54 kg (± 10 lbs), diameter 3. 7/8 inci dan tinggi jatuh 457 mm (18 inci). Secara scematik jenis dan jumlah benda uji dapat dilihat dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1 : Jenis dan jumlah benda uji.

PENGUJIAN	KAO	Perendaman (jam)	PENGUNAAN FILLER		JUMLAH BENDA UJI
			Abu Batu.	Abu Vulkanik	
Marshall Standar (2x75 tumbukan)	-1,0	1/2	3	3	6
	-0,5	1/2	3	3	6
	Pb	1/2	3	3	6
	+0,5	1/2	3	3	6
	+1,0	1/2	3	3	6
Jumlah			15	15	30

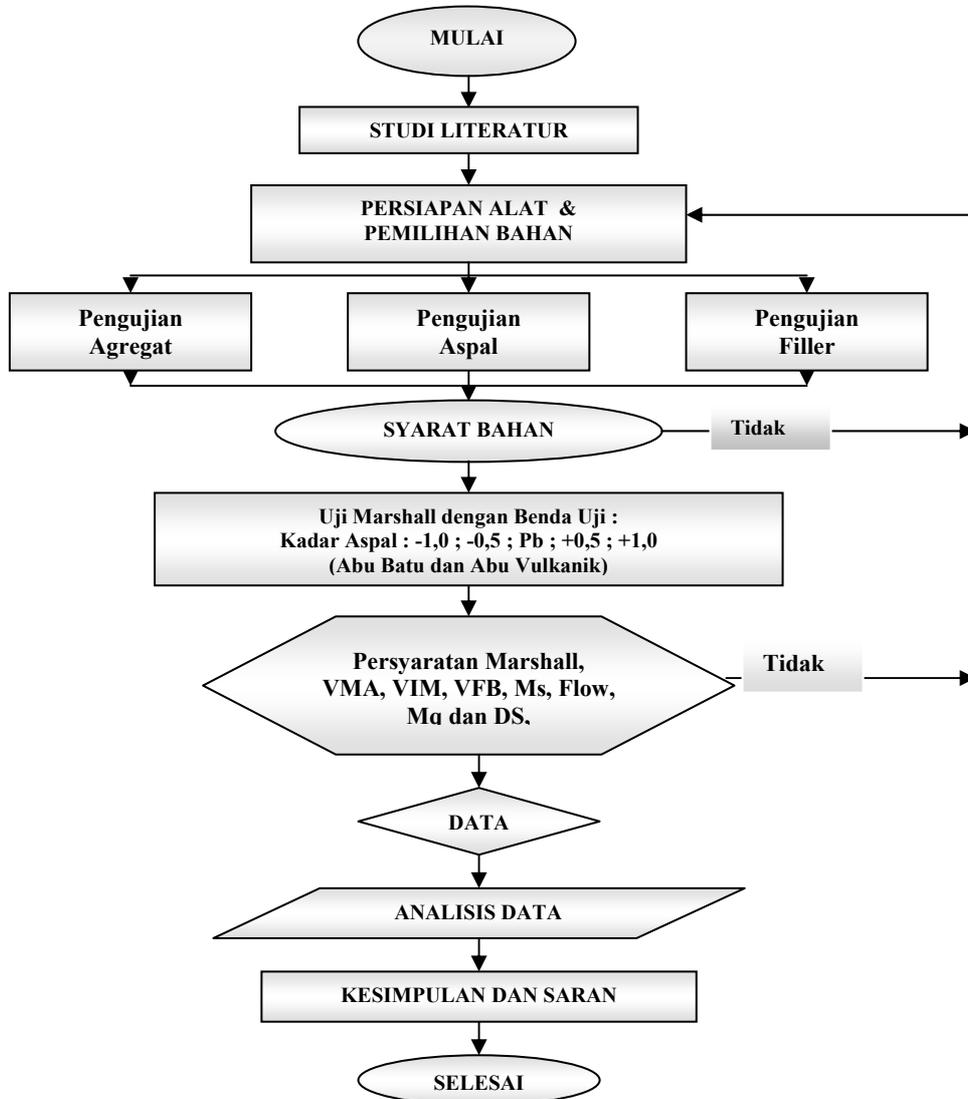
c. PERENCANAAN PERSENTASE AGREGAT CAMPURAN.

Gradasi argegat campuran sesuai dengan spesifikasi gradasi jenis AC-WC, yaitu seperti yang tertera pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. : Persentase Agregat Campuran

No	Diameter Saringan		% Lolos	% Tertahan	Bahan Yang Lolos (%) AC-WC		
	Inci	(mm)			Batas Gradasi	Gradasi Fuller	Batas Larangan
1	3/4"	19	100	-	100	100	-
2	1/2"	12,7	92,00	8,00	90-100	82,8	-
3	3/8"	9,53	82,75	9,25	Maks. 90	73,3	-
4	No. 4	4,76	56,25	26,50	-	53,6	-
5	No. 8	2,38	37,75	18,50	28-58	39,1	39,1-39,1
6	No. 16	1,19	24,50	13,25	-	28,6	25,6-31,6
7	No. 30	0,6	16,75	7,75	-	21,1	19,1-23,1
8	No. 50	0,3	11,75	5,00	-	15,8	15,5-15,5
9	No. 200	0,075	4,50	7,25	4-10	8,3	-
10	PAN	-	0	4,50	-	-	-

d. **DIAGRAM ALIR PENELITIAN.**



Gambar 1 : Diagram Alir Penelitian.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN.

a. HASIL PENGUJIAN MATERIAL

Hasil pengujian agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 3.1 di bawah ini.

Tabel 3.1 : Hasil Pengujian Agregat Kasar.

Pengujian	Standar	Hasil	Spesifikasi
Berat Jenis Bulk (Kering Udara)	AASHTO T-85- 81	2,614 (gr/cm ³)	-
Berat Jenis SSD	AASHTO T-85-81	2,644 (gr/cm ³)	2,5 (gr/cm ³)
Berat Jenis Apparent	AASHTO T-85 -81	2,694 (gr/cm ³)	-
Penyerapan Air	SNI 1969-1989- F	1,139 %	Maks.3%
Abrasi dengan mesin Los Angeles	SNI 03-2417-1991	17,83 %	Maks.40%

Hasil pengujian agregat halus dapat dilihat pada Tabel 3.2 di bawah ini

Tabel 3.2 : Hasil Pengujian Agregat Halus.

Pengujian	Standar	Hasil	Spesifikasi
Berat Jenis Bulk (Kering Udara)	AASHTO T-85- 81	2,508 (gr/cm ³)	2,5 (gr/cm ³)
Berat Jenis SSD	AASHTO T-85-81	2,551 (gr/cm ³)	-
Berat Jenis Apparent	AASHTO T-85 -81	2,619 (gr/cm ³)	-
Penyerapan Air	SNI 1969-1989- F	1,688 %	maks. 3%
Material lolos saringan no.200	SNI-03-4428-1997	-	maks. 8%

Hasil pengujian *filler* dapat dilihat pada Tabel 3.3 di bawah ini.

Tabel 3.3 : Hasil Pengujian *Filler*.

Jenis Filler	Pengujian	Standar	Hasil	Spesifikasi
Abu batu	Berat Jenis	-	2,531	-
	Lolos Saringan No. 200	SNI M-02-1994-03	100 %	Min. 70 %
Abu Vulkanik	Berat Jenis (gr/cm ³)	-	2,819	-
	Lolos Saringan No. 200	SNI M-02-1994-03	100 %	Min. 70 %

Hasil Pengujian aspal dapat dilihat pada Tabel 3.4 di bawah ini.

Tabel 3.4 : Hasil Pengujian Aspal.

No.	Jenis Pengujian	Metode	Hasil	Persyaratan Pen 60
1.	Penetrasi, 25 °C; 100gr; 5detik; 0,1mm	SNI 06-2456-1991	68,4	60 - 69
2.	Titik Lembek, °C	SNI 06-2434-1991	49,5	48 - 58
3.	Berat jenis (gr/cm ³)	SNI 06-2441-1991	1,049	Min. 1,0
4.	Daktilitas 25 °C, cm	SNI 06-2432-1991	101,25	Min. 100

b. KADAR ASPAL RENCANA DAN PROPORSI CAMPURAN.

Persentase lolos saringan terhadap masing-masing gradasi butiran baik agregat kasar (43,75%), agregat halus (51,75%) dan *filler* (4,5%) dengan $k = 0,75$ maka diperoleh kadar aspal rencana $P_b = 5,5\%$ dan rentang kadar aspal adalah seperti dalam Tabel 3.5.

Tabel 3.5. : Perkiraan Nilai Kadar Aspal

Pb-1	Pb-0,5	Pb	Pb+0,5	Pb+1
4,5	5,0	5,5	6,0	6,5

Berdasarkan nilai kadar aspal diatas, perhitungan proporsi berat agregat yang lolos saringan sesuai gradasi butiran dapat dilihat dalam Tabel 3.6. dibawah.

Tabel 3.6 : Proporsi Campuran Agregat

Saringan	Dia Meter	% Lolos	% Terahan	Kadar Aspal				
				4,5%A(gr)	5%B(gr)	5,5%C(gr)	6%D(gr)	6,5% E(gr)
3/4"	19,05	100						
1/2"	12,7	92	8	96,25	95,10	93,96	92,82	91,70
3/8"	9,53	82,75	9,25	111,29	109,96	108,64	107,33	106,02
No. 4	4,76	56,25	26,5	318,81	315,01	311,23	307,47	303,73
No. 8	2,38	37,75	18,5	222,57	219,92	217,28	214,65	212,05
No. 16	1,19	24,5	13,25	159,41	157,51	155,62	153,74	151,87
No. 30	0,6	16,75	7,75	93,24	92,13	91,02	89,92	88,83
No. 50	0,3	11,75	5	60,16	59,44	58,72	58,01	57,31
N. 200	0,075	4,5	7,25	87,22	86,18	85,15	84,12	83,10
PAN	-	0	4,5	54,14	53,49	52,85	52,21	51,58
Jumlah (Gram)				1.203,09	1.188,74	1.174,47	1.160,27	1.146,19
B J Teoritis Maks. (gr/cm3)				2,526	2,509	2,492	2,475	2,458
Berat Aspal (Gram)				56,69	62,57	68,36	74,06	79,68

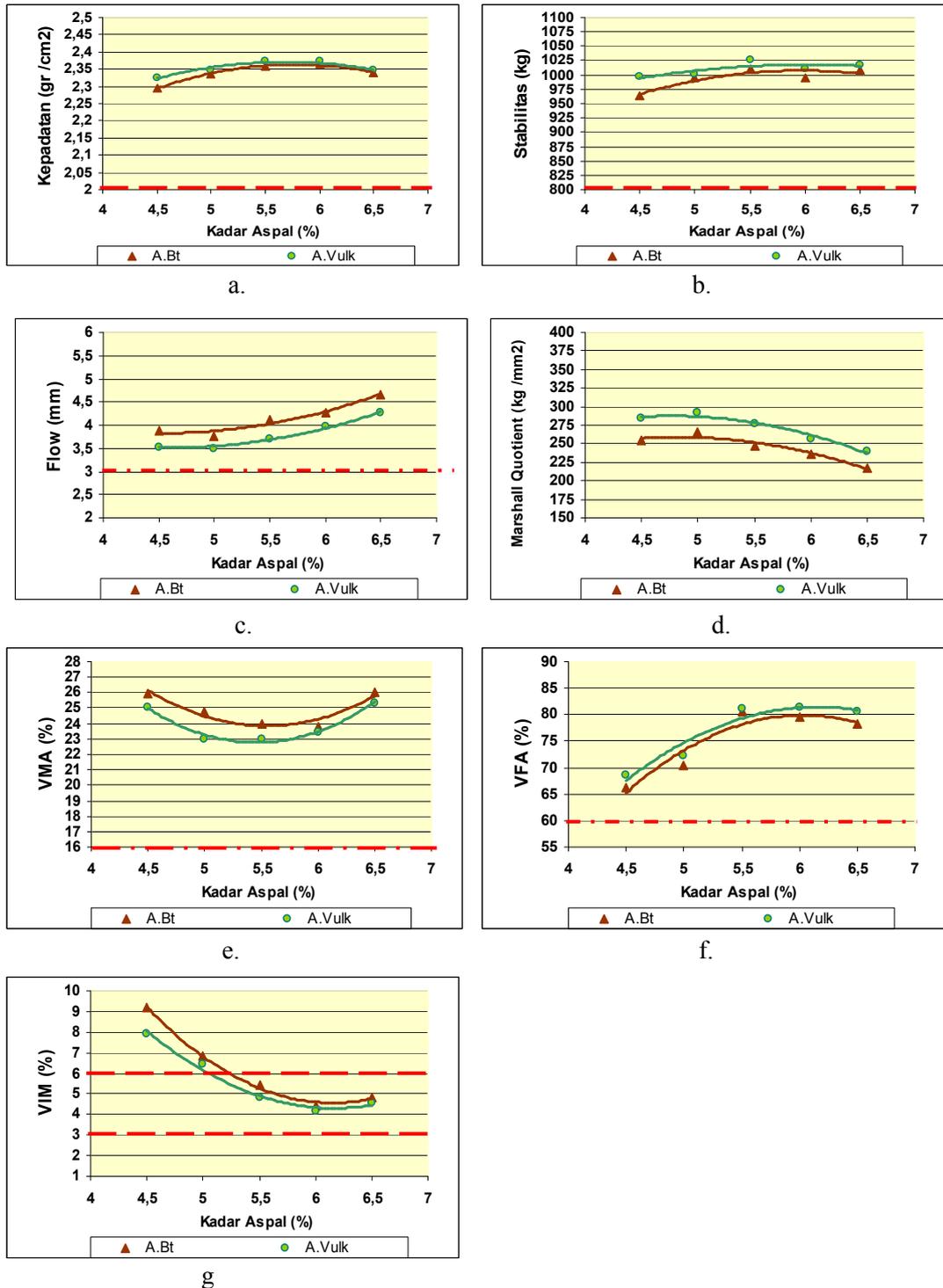
c. HASIL UJI MARSHALL PADA KADAR ASPAL RENCANA

Hasil pengujian Marshall tidak lain adalah sifat campuran beraspal dan dapat diperoleh setelah seluruh persyaratan material, berat jenis, dan perkiraan kadar aspal rencana telah terpenuhi. Diperlukan juga angka koreksi dan kalibrasi pada alat uji tekan Marshall. Hasil pengujian selengkapnya dapat dilihat dalam Tabel 3.7 dibawah.

Tabel 3.7 : Hasil Pengujian Sifat Campuran Beraspal

Sifat Campuran	Jenis Filler	Kadar Aspal				
		4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
Kepadatan (gr/cm3)	Abu Batu	2,2946	2,3368	2,357	2,366	2,338
	Abu Vulkanik	2,3259	2,3479	2,3715	2,3718	2,3461
	Minimum :	--				
Stabilitas (kg)	Abu Batu	962,731	995,09	1009,35	994,46	1007,78
	Abu Vulkanik	995,955	1000,5	1025,30	1010,84	1017,38
	Minimum :	800				
Kelelahan /Flow (mm)	Abu Batu	3,866667	3,766667	4,133333	4,26666	4,666667
	Abu Vulkanik	3,533333	3,5	3,7	3,9666	4,266667
	Minimum :	3,00				
Marshall Quotient (kg/mm2)	Abu Batu	254,0876	265,7055	247,60246	235,400	217,19407
	Abu Vulkanik	283,5497	292,2659	277,6837	256,99	239,5274
	Minimum :	200				
Rongga antara mineral agregat /VMA (%)	Abu Batu	25,95532	24,8098	23,9411	23,821	25,9979
	Abu Vulkanik	25,08805	22,95156	23,02432	23,460	25,53754
	Minimum :	16				
Rongga terisi aspal /VFA (%)	Abu Batu	66,29489	70,39288	80,50949	79,608	78,26697
	Abu Vulkanik	68,51005	72,15503	81,2483	81,310	81,57991
	Minimum :	65				
Rongga dalam campuran / VIM (%)	Abu Batu	9,160	6,862	5,4067	4,397	4,8617
	Abu Vulkanik	7,919	6,418	4,8319	4,169	4,5516
	Minimum :	3				
	Maksimum :	6				

Sedangkan Grafik hubungan kadar aspal dengan sifat-sifat campuran dapat dilihat dalam Gambar 2 dibawah ini.



Gambar 2. Grafik Hubungan Parameter Marshall dengan Kadar Aspal Rencana, (a). Hub. Kadar Aspal vs Kepadatan, (b). Hub. Kadar Aspal vs Stabilitas, (c). Hub. Kadar Aspal vs Flow, (d). Hub. Kadar Aspal vs Marshall Quotient, (e). Hub. Kadar Aspal vs VMA, (f). Hub. Kadar Aspal vs VFA, (g). Hub. Kadar Aspal vs VIM

Grafik yang tertera dalam Gambar 2 adalah pengaruh kadar aspal terhadap sifat-sifat campuran beraspal melalui uji standar Marshall yang terdiri atas :

1. Hubungan Kadar Aspal dengan Kepadatan Marshall.

Terlihat dalam Gambar 2.a, bahwa Grafik yang dibentuk oleh *filler* abu batu dan abu vulkanik, nilai kepadatan akan meningkat seiring dengan peningkatan kadar aspal dan akan menurun pada pertengahan rentang kadar aspal ($\pm 5,5\%$). Namun tingkat kepadatan pada *filler* abu vulkanik lebih tinggi dari pada *filler* abu batu, hal ini terjadi karena perbedaan kadar rongga udara yang terdapat dalam masing-masing campuran. Semakin besar rongga udara dalam campuran, akan semakin rendah tingkat kepadatan dan stabilitasnya. Dengan demikian kadar rongga pada campuran dengan *filler* abu batu lebih besar dari pada *filler* abu vulkanik.

2. Hubungan Kadar Aspal dengan Stabilitas Marshall.

Pada Gambar 2.b terlihat bahwa nilai Stabilitas kedua jenis *filler* di seluruh rentang kadar aspal telah memenuhi Stabilitas Marshall, nilai tersebut cenderung meningkat seiring dengan peningkatan kadar aspal namun akan sedikit menurun setelah kadar aspal mencapai $\pm 5,5\%$. Kondisi ini dipengaruhi oleh kadar rongga sebagaimana pada kepadatan Marshall. Kadar rongga rendah dapat menghasilkan ketidakstabilan karena adanya pelelehan plastis setelah adanya pembebanan (lalu lintas). Kekurangan rongga dapat menjadi penyebab ketidakstabilan pula karena jumlah aspal diperlukan untuk memperoleh keawetan yang tinggi pada campuran yang lebih halus, walaupun stabilitas awal mencukupi untuk lalu lintas yang khas. Adanya degradasi pada agregat selama produksi campuran dan/atau selama pengaruh lalu lintas dapat pula menimbulkan ketidakstabilan dan pelelehan jika kadar rongga campuran tidak mencukupi.

3. Hubungan Kadar Aspal dengan *Flow* (kelelehan)

Pada Gambar 2.c, Grafik hubungan Kadar Aspal dengan Pelelehan (*Flow*) menunjukkan bahwa agregat campuran dengan penggunaan *filler* abu batu memiliki nilai lebih tinggi dari pada *filler* abu vulkanik. Kedua Grafik cenderung meningkat sesuai dengan penambahan kadar aspal. Hal ini dapat terjadi dikarenakan rongga udara dalam campuran yang terisi aspal semakin banyak sehingga ruang udara dalam campuran semakin kecil. Dengan meningkatnya kadar aspal, akan bertambah pula jumlah aspal yang menyelimuti agregat, waktu kelelehannya bertambah panjang sehingga pada saat pembebanan akan lebih mampu mengikuti perubahan bentuk. Jika dikaitkan dengan kepadatan maupun stabilitas Marshall (Gambar 2.a dan 2.b), bentuk kelengkungan grafik hubungan kadar aspal dengan sifat Marshall terlihat berkebalikan dalam arti kelengkungan Grafik hubungan Kadar Aspal dengan Kepadatan Marshall dan Grafik hubungan Kadar Aspal dengan Stabilitas Marshall arah keatas, sedangkan Grafik hubungan Kadar Aspal dengan Kelelehan (*Flow*) adalah kebawah. Hal ini menunjukkan bahwa berkurangnya nilai Kelelehan (*Flow*), nilai Kepadatan Marshall dan Stabilitas Marshall akan meningkat. Nilai Kelelehan terendah baik untuk agregat campuran dengan *filler* abu batu maupun abu vulkanik terjadi pada kadar aspal rencana $\pm 5\%$, sedangkan nilai tertinggi terjadi pada kadar aspal $6,5\%$.

4. Hubungan Kadar Aspal dengan *Marshall Quotient* (*MQ*)

Marshall Quotient (*MQ*) adalah hasil bagi Marshall dengan *flow* yang merupakan tingkat kekakuan campuran. Faktor kekakuan cukup penting untuk mendapatkan campuran yang fleksibel. Bila campuran tidak cukup kaku maka campuran akan mudah mengalami deformasi, sebaliknya bila campuran terlalu kaku maka akan menjadi getas dan mudah retak. Pada Grafik hubungan Kadar Aspal dengan *Marshall Quotient* (Gambar 2.d) ada kecenderungan menurun pada nilai hasil bagi Marshall terhadap prosentase kadar aspal yang tinggi. Penurunan tersebut disebabkan pembagian antara stabilitas dengan kelelehan (*flow*). Dapat diartikan pula bahwa nilai *Marshall Quotient* sangat dipengaruhi oleh nilai Stabilitas maupun Kelelehan (*flow*).

Stabilitas yang tinggi tidak menjamin nilai *Marshall Quotient* yang tinggi pula bila hal tersebut juga diikuti oleh angka *flow* yang tinggi.

5. Hubungan Kadar Aspal dengan VMA.

Rongga diantara mineral agregat (*Voids in Mineral Aggregate*, VMA) adalah volume rongga yang terdapat diantara partikel agregat campuran beraspal yang telah dipadatkan. Grafik hubungan antara Kadar Aspal dengan VMA pada umumnya membentuk cekungan dengan satu nilai ekstrim minimum, kemudian naik lagi sesuai dengan naiknya kadar aspal seperti yang diperlihatkan dalam Gambar 2.e. nilai terkecil terjadi pada kadar aspal rencana $\pm 5,5\%$, dengan nilai VMA sebesar 22,363 % untuk abu batu dan 21,427 % untuk abu vulkanik, sedangkan persyaratan nilai VMA minimal 16 %, sehingga dapat dikatakan bahwa nilai VMA minimum yang tertera dalam Grafik (Gambar 2.e) berada diatas batas nilai minimum VMA, maka VMA pada titik ini akan memenuhi tetapi bila bergeser ke sebelah kanan maka pengerjaan pemadatan akan lebih mudah tetapi rongga udara lebih banyak terdorong oleh aspal. Kondisi kadar aspal yang tinggi cenderung menyebabkan terjadinya pelelehan dan alur plastis, karena itu hindari penggunaan kadar aspal yang berlebihan.

6. Hubungan Kadar Aspal dengan VFA.

Rongga Terisi Aspal (*Voids Filled with Asphalt*, VFA) bagian dari rongga yang berada diantara mineral agregat (VMA) yang terisi aspal efektif. VFA ini berfungsi untuk menjaga keawetan campuran beraspal dengan memberi batasan yang cukup. VFA, VMA dan VIM saling berhubungan karena itu bila dua di antaranya diketahui maka dapat mengevaluasi yang lainnya. Kriteria VFA membantu perencanaan campuran dengan memberikan VMA yang dapat diterima. Pengaruh utama kriteria VFA adalah membatasi VMA maksimum dan kadar aspal maksimum. VFA juga dapat membatasi kadar rongga campuran yang diijinkan yang memenuhi kriteria VMA minimum. Pada Gambar 2.f Grafik hubungan Kadar Aspal dengan VFA untuk bahan *filler* abu batu maupun *filler* abu vulkanik, terlihat ada kenaikan nilai VFA sesuai dengan peningkatan kadar aspal, hal ini terjadi dikarenakan ada peningkatan rongga terisi aspal, tetapi akan menurun setelah mencapai kadar aspal maksimum (6%).

7. Hubungan Kadar Aspal dengan VIM.

Rongga Udara dalam campuran (*Voids in Mix*, VIM) adalah ruang udara di antara partikel agregat yang terselimuti aspal dalam suatu campuran yang telah dipadatkan dan dinyatakan dalam persen terhadap volume total campuran. Rongga udara rencana dengan usaha pemadatan yang benar akan tercapai bila dirancang pada VIM sebesar 6%. Campuran yang mengalami pemadatan di mana VIM dicapai kurang dari 3% akan mengakibatkan alur plastis dan jembul. Kejadian dengan kadar aspal menjadi tinggi dapat di sebabkan pula oleh fasilitas pencampuran yang kurang baik, atau adanya sejumlah bahan halus lolos 75 mikron yang tinggi sehingga mengakibatkan aspal berlebih. Apabila kadar rongga akhir terlalu tinggi atau pada saat selesai pemadatan, VIM dicapai lebih dari 6%. akibat yang terjadi adalah munculnya retak dini, pelepasan butir dan pengelupasan. Tujuan perencanaan VIM adalah untuk membatasi penyesuaian kadar aspal rencana pada kondisi VIM mencapai tengah-tengah rentang kadar aspal yang direncanakan. Pada Gambar 2.g. Grafik hubungan antara Kadar Aspal dengan VIM terlihat bahwa nilai VIM yang memenuhi syarat adalah kadar aspal dengan rentang sekitar 5,25 % hingga 6,5 % untuk *filler* abu batu dan sekitar 5,15 % hingga 6, % untuk abu vulkanik. Terlihat pula dalam rentang kadar aspal yang sama, nilai VIM pada campuran agregat dengan *filler* abu vulkanik lebih rendah dari pada *filler* abu batu. Hal ini terjadi karena volume *filler* abu vulkanik lebih kecil dari pada volume abu batu akibat dari berat jenis *filler* yang berbeda, sehingga rongga terisi aspal pada *filler* abu vulkanik lebih banyak dari pada abu batu.

d. KADAR ASPAL OPTIMUM (KAO)

Kadar Aspal Optimum diperoleh berdasar pada uji Marshall 2x75 tumbukan terhadap campuran dengan *filler* abu batu dan abu vulkanik seperti yang tertera dalam Gambar 3 dan Gambar 4. dibawah.

KADAR ASPAL OPTIMUM CAMP. DENGAN FILLER ABU BATU						
SIFAT – SIFAT CAMPURAN	RENTANG KADAR ASPAL					
	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	
1. KEPADATAN	[Bar chart showing performance across asphalt content range]					
2. STABILITAS MARSHALL	[Bar chart showing performance across asphalt content range]					
3. KELELEHAN MARSHALL	[Bar chart showing performance across asphalt content range]					
4. HASIL BAGI MARSHAL (MQ)	[Bar chart showing performance across asphalt content range]					
5. RONGGA DIANTARA AGREGAT (VMA)	[Bar chart showing performance across asphalt content range]					
6. RONGGA DALAM CAMP. (VIM)	[Bar chart showing performance across asphalt content range]					
7. RONGGA TERISI ASPAL (VFA)	[Bar chart showing performance across asphalt content range]					
KADAR ASPAL OPTIMUM	5,25		5,875		6,5	

Gambar 3 : Kadar Aspal Optimum Filler Abu Batu

Pada Gambar 3 terlihat bahwa kadar aspal yang memenuhi ke 7 (tujuh) sifat campuran adalah pada rentang kadar aspal 5,25 % hingga 6,5 %, sedangkan Kadar Aspal Optimum (KAO) untuk campuran dengan *filler* abu batu adalah = 5,875 %. Sedangkan kadar aspal untuk campuran dengan *filler* abu vulkanik dapat dilihat dalam Gambar 4 dibawah.

KADAR ASPAL OPTIMUM CAMP. DENGAN FILLER ABU VULKANIK						
SIFAT – SIFAT CAMPURAN	RENTANG KADAR ASPAL					
	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	
1. KEPADATAN	[Bar chart showing performance across asphalt content range]					
2. STABILITAS MARSHALL	[Bar chart showing performance across asphalt content range]					
3. KELELEHAN MARSHALL	[Bar chart showing performance across asphalt content range]					
4. HASIL BAGI MARSHAL (MQ)	[Bar chart showing performance across asphalt content range]					
5. RONGGA ANTARA AGREGAT (VMA)	[Bar chart showing performance across asphalt content range]					
6. RONGGA DALAM CAMP. (VIM)	[Bar chart showing performance across asphalt content range]					
7. RONGGA TERISI ASPAL (VFA)	[Bar chart showing performance across asphalt content range]					
KADAR ASPAL OPTIMUM	5,15		5,825		6,5	

Gambar 4 : Kadar Aspal Optimum *Filler* Abu Vulkanik.

Pada Gambar 4 terlihat bahwa kadar aspal yang memenuhi ke 7 (tujuh) sifat campuran adalah pada rentang kadar aspal 5,15 % hingga 6,5 %, sedangkan Kadar Aspal Optimum (KAO) untuk campuran dengan menggunakan *filler* abu vulkanik adalah 5,825 %. Dengan memperhatikan hasil KAO yang didapat dari kedua jenis *filler* tersebut maka dapat dikatakan bahwa KAO untuk *filler* abu batu lebih tinggi dari pada abu vulkanik yaitu 5,875% untuk *filler* abu batu dan 5,825% untuk *filler* abu vulkanik.

4. SIMPULAN DAN SARAN

a. SIMPULAN

Bab ini merupakan rangkuman hasil kajian ataupun pembahasan dari uji Marshall standar terhadap campuran beraspal dengan bahan *filler* abu vulkanik dan *filler* abu batu sebagai pembandingnya. Berdasarkan hasil kajian tersebut dapat disimpulkan bahwa sifat campuran beraspal yang dilakukan uji Marshall dengan 2 x 75 tumbukan terhadap penggunaan bahan *filler* abu vulkanik dan abu batu memberikan hasil :

1. Nilai kepadatan dan Stabilitas Marshall dengan abu vulkanik memiliki nilai lebih tinggi dari pada campuran dengan abu batu. Kepadatan terendah pada kadar aspal 4,5 % sebesar 2,2946 gr/cm³ untuk *filler* abu batu dan 2,3259 gr/cm³ untuk *filler* abu vulkanik, sedangkan kepadatan tertinggi terjadi pada kadar aspal 6 % sebesar 2,366 gr/cm³ untuk abu batu dan 2,3718 gr/cm³ untuk abu vulkanik. Sedangkan nilai stabilitas tertinggi terjadi pada kadar aspal 5,5 % yaitu 1009,35 kg untuk *filler* abu batu dan 1025,301 kg untuk abu vulkanik.
2. Pada seluruh kadar aspal, nilai *flow* campuran dengan abu batu lebih tinggi dari pada campuran dengan abu vulkanik. Nilai tertinggi pada abu batu sebesar 4,66667 mm, sedangkan abu vulkanik sebesar 4,26667 mm.
3. Marshal Quotient untuk kedua jenis *filler*, nilai terendah terjadi pada kadar aspal tertinggi (6,5 %) yaitu sebesar 217,19407 kg/mm untuk *filler* abu batu dan 239,5274 kg/mm untuk *filler* abu vulkanik.
4. *Filler* abu vulkanik memiliki nilai VFA lebih tinggi dari pada abu batu, namun nilai VMA lebih rendah. Sedangkan nilai Rongga udara dalam campuran (VIM), *filler* abu batu lebih tinggi dari pada abu vulkanik atau *filler* abu batu daya serap terhadap aspal lebih tinggi dari pada abu vulkanik.
5. Kadar Aspal Optimum (KAO) untuk *filler* abu batu lebih tinggi dari pada abu vulkanik yaitu 5,875% untuk *filler* abu batu dan 5,825% untuk abu vulkanik.

b. SARAN

Keterbatasan-keterbatasan dalam penelitian ini seperti lingkup batas kajian, kelengkapan Laboratorium, sehingga penelitian ini masih perlu kajian lebih lanjut. Oleh sebab itu agar lebih mendalam tentang pemahaman penggunaan *filler* sebagai bahan campuran beraspal, disarankan :

1. Perlu penelitian lebih lanjut dengan variasi Berat Jenis *filler* yang diambil dari jenis bahan *filler* yang sejenis.
2. Perlu penelitian lebih lanjut dengan menggunakan dua jenis bahan *filler* dalam variasi prosentase tertentu.
3. Perlu penelitian lebih lanjut dalam perlakuan tertentu terhadap benda uji seperti lama perendaman yang disertai pemanasan dalam suhu tertentu.

DAFTAR PUSTAKA.

- Anonim, (1999), *Pedoman Perencanaan Campuran Beraspal Dengan Pendekatan kepadatan Mutlak*, Keputusan Direktorat Jendral Bina Marga No.76/KPTS/Db/1999. Tanggal 20 Desember 1999.
- Anonim, (1983), *Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (Laston)*, Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum No.13/PT/B/1983.
- Imam Darmawan, Roeswan Soediro, Djoko Purwanto, (2003), Pengaruh Penggunaan Serbuk Genting Sebagai *Filler* terhadap Kinerja Campuran HRS WC, PILAR Vol. 12 Nomor 1, April 2003 : hal. 27 – 34

- Johnston, D., Stewart, C., Hoverd, J., Leonard, G., Thordarsson, T. & Cronin S., 2004, Impacts of volcanic ash on water supplies in Auckland: Institute of Geological & Nuclear Sciences science report. <http://volcanoes.usgs.gov/ash/properties.html> (19 Des. 2010)*
- Kusmawan R, (2000), Pengaruh Jenis *Filler* dan Gradasi Agregat Terhadap Potensial Durabilitas dari Campuran *Stone Mastic Asphalt* (SMA), Prosiding Simposium III FSTPT, UGM, 15 November 2000
- Novrizal dkk, (2000), Pengaruh Penggunaan Mikro Asbuton sebagai Bahan Pengisi (*Filler*) Terhadap Durabilitas Campuran *Hot Rolled Asphalt* (HRA), Prosiding Simposium III FSTPT, ISBN NO. 979-96241-0-X.
- Pratomo P, (1999), Campuran *Hot Rolled Sheet* Dengan Berbagai Jenis *Fiiler*, Prosiding Simposium I Studi Transportasi Perguruan Tinggi, ITB, Bandung
- Putrowijoyo R, (2006), Kajian Laboratorium Sifat Marshall dan Durabilitas *Asphalt Concrete – Wearing Course* (AC - WC) Dengan Membandingkan Penggunaan antara Semen Portland dan Abu Batu sebagai *Filler*, Tesis Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro Semarang.
- Sudaryo dan Sucipto, (2009), Identifikasi dan Penentuan Logam Pada Tanah Vulkanik didaerah Cangkringan Kabupaten Sleman dengan Metode Analisis Aktivasi Neutron Cepat, Seminar Nasional V SDM Teknologi Nuklir, Yogyakarta, 5 November 2009
- Widodo S, (2000), Pengaruh Berat Jenis *Filler* terhadap Karakteristik Campuran *Split Mastic Asphalt*, Prosiding Simposium III FSTPT, ISBN NO. 979-96241-0-X.