

PENGARUH SUBSTITUSI SEMEN PORTLAND DAN FLY ASH BATUBARA PADA FILLER ABU BATU TERHADAP ASPHALT CONCRETE-BINDER COURSE (AC-BC)

Tarmizi¹, Sofyan M. Saleh², M. Isya³

¹⁾ Mahasiswa Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala
Jl. Tgk. Syeh Abdul Rauf No. 7, Darussalam Banda Aceh 23111,

^{2,3)} Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala

Jl. Tgk. Syeh Abdul Rauf No. 7, Darussalam Banda Aceh 23111,

email : sofyan.saleh@unsyiah.ac.id², m_isya@unsyiah.ac.id³

Abstract: All this time, the construction of roads in Banda Aceh and surrounding areas uses materials from the river, so the C quarry mining causes the basic changes in the river channel and also the erosion of the bridge pillars on the river route. In addition to the above problems, another problem is the lack of stone ash production from Stone Crusser. From these problems then there should be another alternative to be a material path and also for the filler. Material that can be used for road material is basalt rock which is raw material from mountain, while filler can be used Fly Ash Batunara. The purpose of this research is to know Marshall material Basalt parameter with filler variation of Basalt-Portland Cement (PC) ash and Basalt-Fly Ash coal ash so that known effect of mixing and compacting to Marshall parameter by using Pen.60 / 70 asphalt on asphalt concrete (AC-BC). The result of the research shows that the use of Portland Cement and fly ash ash as a filler can influence Marshall parameter and durability value of Asphalt Concrete (AC-BC) mixture. The use of Portland Cement (PC) in the filler variation of stability increased, while the use of Fly Ash coal in the filler variation stability value decreased. Value of stability with the use of 0% Portland Cement (PC) - 6% ash Basalt Stone, 2% Portland Cement (PC) - 4% ash Basalt Stone, 4% Portland Cement - 2% Basalt Gray Ash and 6% Portland Cement (PC) - 0% of Basalt Stone ash 1542.04 kg, 1648.44 kg, 1708.68 kg and 1754.48 kg, respectively. The durability value also increased with percentage of Portland Cement (PC) which were 80.07%, 81.38%, 83.44% and 85.53%, respectively. While on the use of Ash as Fly Ash as coal filler there is a decrease in stability where on the use of 0% ash Fly Ash coal - 6% Gray Basalt Ash, 2% Ash Ash Fly Ash - 4% Gray Basalt Ash, 4% Ash Ash Fly Coal - 2% Gray Basalt Ash and 6% Ash Ash Fly coal - 0% of Basalt Stone ash obtained stability respectively 1542.33 kg, 1453,82 kg, 1344,49 kg and 1288,87 kg. The value of durability was decreased with increasing percentage of Ash Fly Ash coal content, ie 85.32%, 84.09%, 83.16% and 80.52%, respectively. The use of Portland Cement filler (PC) and Fly Ash Coal fulfills all Marshall parameters except for unattainable durability.

Keywords : Basalt Material, Asphalt Concrete - Binder Course (AC-BC), Asphalt Pen.60 / 70, Abu Stone filler, Portland Cement (PC), Fly Ash Coal

Abstrak: Selama ini untuk pembangunan konstruksi jalan di Banda Aceh dan sekitarnya menggunakan material dari sungai, sehingga pertambangan galian C ini menyebabkan perubahan dasar pada alur sungai dan juga terjadinya erosi pada pilar-pilar jembatan yang berada pada jalur sungai tersebut. Selain permasalahan di atas, permasalahan lain adalah kurangnya produksi abu batu dari Stone Crusser. Dari permasalahan tersebut maka perlu ada alternatif lain untuk menjadi material jalan dan juga untuk filler. Material yang bisa digunakan untuk material jalan adalah batuan basalt yang merupakan bahan baku dari gunung, sedangkan filler bisa digunakan Fly Ash Batunara. Tujuan penelitian ini dilakukan untuk mengetahui parameter Marshall material Basalt dengan variasi filler abu Batu Basalt-Semen Portland (PC) dan abu Batu Basalt- Fly Ash batubara sehingga diketahui pengaruh pencampuran dan pemadatan terhadap parameter Marshall dengan menggunakan aspal Pen.60/70 pada beton aspal (AC-BC). Dari hasil penelitian diketahui bahwa penggunaan Semen Portland dan abu fly ash batubara sebagai filler dapat mempengaruhi parameter Marshall dan nilai durabilitas

campuran beton aspal (AC-BC). Penggunaan Semen Portland (PC) pada variasi *filler* stabilitasnya meningkat, sedangkan penggunaan *Fly Ash* batubara pada variasi *filler* nilai stabilitasnya turun. Nilai stabilitas dengan penggunaan 0% Semen Portland (PC) - 6% abu Batu *Basalt*, 2% Semen Portland (PC) - 4% abu Batu *Basalt*, 4% Semen Portland - 2% abu Batu *Basalt* dan 6% Semen Portland (PC) - 0% abu Batu *Basalt* masing-masing 1542,04 kg, 1648,44 kg, 1708,68 kg dan 1754,48 kg. Nilai durabilitas juga terjadi peningkatan dengan bertambahnya persen kadar Semen Portland (PC) yaitu masing-masing 80,07%, 81,38%, 83,44% dan 85,53%. Sedangkan pada penggunaan abu *Fly Ash* batubara sebagai *filler* terjadi penurunan stabilitas dimana pada penggunaan 0% abu *Fly Ash* batubara- 6% abu Batu *Basalt*, 2% abu *Fly Ash* batubara - 4% abu Batu *Basalt*, 4% abu *Fly Ash* batubara- 2% abu Batu *Basalt* dan 6% abu *Fly Ash* batubara- 0% abu Batu *Basalt* diperoleh stabilitas masing-masing 1542,33 kg, 1453,82 kg, 1344,49 kg dan 1288,87 kg. Nilai durabilitas terjadi penurunan dengan bertambahnya persen kadar abu *Fly Ash* batubara yaitu masing-masing 85,32%, 84,09%, 83,16% dan 80,52%. Penggunaan *filler* Semen Portland (PC) maupun *Fly Ash* Batubara memenuhi semua parameter Marshall kecuali durabilitasnya yang tidak tercapai.

Kata kunci : *Material Basalt, Asphalt Concrete - Binder Course (AC-BC), Aspal Pen.60/70, filler Abu Batu, Semen Portland (PC), Fly Ash Batubara.*

Selama ini penggunaan agregat kasar dan agregat halus banyak digunakan material yang berasal dari sungai sebagai bahan dasar untuk pembuatan aspal beton. Mengingat dampak negatif dari adanya penambangan galian C di sepanjang aliran sungai dan terjadinya perubahan pada dasar alur sungai yang menyebabkan kerusakan pada aliran dan gerusan pada sisi-sisi sungai, maka untuk menghindari kerusakan tersebut perlu dicari alternatif lain yaitu dengan melakukan galian C pada daerah-daerah yang memiliki kandungan material batuan yang cukup besar yang berada di lokasi perbukitan.

Batuan yang berada di lokasi perbukitan dinamakan batuan basalt. Basalt adalah batuan beku yang terjadi dari pembekuan magma komposisi basa dipermukaan atau dekat permukaan bumi. Penggunaan batuan basalt untuk suatu konstruksi jalan dapat memberikan suatu alternatif pengganti material batu sungai yang jumlahnya semakin terbatas. Batuan ini memiliki kemampuan untuk memenuhi persyaratan yang sesuai

dengan spesifikasi material untuk suatu konstruksi jalan.

Selain terbatasnya agregat yang berasal dari sungai, agregat halus yang berupa abu batu hasil stone crusher juga terbatas. Untuk itu perlu ada suatu alternatif lain untuk menggantikan atau mensubstitusikan dalam abu batu. Selain abu batu yang digunakan sebagai *filler*, abu batubara merupakan limbah abu sisa pembakaran batubara. Menurut laporan dari PLN (Persero), di Indonesia produksi limbah abu sisa pembakaran batubara dari PLTU telah mencapai 2 juta ton pada tahun 2006, dan semakin meningkat menjadi 3,3 juta ton pada tahun 2009. Jika limbah abu batubara ini tidak ditangani akan menimbulkan masalah pencemaran lingkungan, sehingga diperlukan adanya usaha untuk memanfaatkan limbah ini, salah satu kemungkinan penanganannya adalah penggunaan abu batubara sebagai pengganti agregat halus dan *filler* dalam campuran beton aspal.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik dari campuran beton

aspal (AC-BC) dengan menggunakan agregat kasar basalt dan filler dari Semen Portland (PC) dan Fly Ash batubara yang disubsitusi dengan abu batu dari material basalt.

TINJAUAN KEPUSTAKAAN

Batuan Basalt

Basalt adalah batuan beku vulkanik, yang berasal dari hasil pembekuan magma berkomposisi basa di permukaan atau dekat permukaan bumi. Mempunyai ukuran butir yang sangat baik sehingga kehadiran mineral mineral tidak terlihat. Batuan basalt lazimnya bersifat masif dan keras, bertekstur afanitik, terdiri atas mineral gelas vulkanik, plagioklas,

piroksin. Amfibol dan mineral hitam. Kandungan mineral Vulkanik ini hanya dapat terlihat pada jenis batuan basalt yang berukuran butir kuarsa, yaitu jenis dari batuan basalt yang bernama gabbro (Anonim, 2012). Batuan basalt kerap digunakan sebagai bahan baku dalam industri poles, bahan bangunan/pondasi bangunan (gedung, jalan, jembatan dan lain-lain) dan sebagai agregat.

Batuan basalt mempunyai unsur-unsur mineral yang terkandung di dalamnya. Unsur utama dalam batuan basalt berdasarkan Publikasi oleh Sucipta, E dan Sadisun, I.A dalam Buletin Geologi ITB, Vol. 32, No.3, Kandungan mineral batuan basalt adalah sebagai berikut :

Tabel 2.1 Kandungan Mineral Batun Basalt

No.	Jenis Mineral	Persentase
1.	Silikat Plagioklas $[(Na, Ca)AlSi_3O_8]$	40% - 65%
2.	Gelas Vulkanik $[SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O, MgO, CaO, Na_2O, K_2O, H_2O]$	5% - 35%
3.	Piroksen $[(Ca, Na) (Mg, Fe, Al) (Si, Al)_2O_6]$	5% - 25%
4.	Olivin $[(Mg, Fe)_2SiO_4]$	0% - 8%
5.	Hornblenda $[[Ca_2(Mg, Fe, Al)_5(OH)_2][(Si, Al)_4O_{11}]_2]$	0% - 1%

Sumber : Sucipta, IGBE dan Sadisun, IA (2000)

Bahan Campuran Beraspal Panas

Agregat

Agregat atau batu adalah material berbutir yang keras dan kompak, yang mencakup antara lain batu bulat, batu pecah, abu batu dan pasir. Agregat digunakan sebagai bahan campuran beraspal, membentuk suatu kombinasi ikatan yang seimbang di antara pembentuk campuran beraspal, mortar atau beton.

Agregat Terdiri dari :

1. Agregat Kasar mempunyai fungsi dalam campuran panas aspal adalah selain

memberikan stabilitas dalam campuran juga sebagai pengisi mortar sehingga campuran menjadi ekonomis.

2. Agregat halus terdiri atas agregat hasil pemecah batu (abu batu) atau pasir alam dengan ukuran lolos saringan no. 8 (2,36 mm) dan tertahan pada saringan no.200 (75 micron), Agregat halus harus terdiri atas partikel-partikel yang bersih, keras, tidak mengandung lempung atau bahan-bahan yang tidak dikehendaki (Anonim, 2010).

a. Bahan pengisi

Bahan pengisi (*filler*) adalah bahan yang lolos ayakan no. 200 (75 micron) dan tidak kurang dari 75% terhadap beratnya.

Bahan pengisi (*filler*) terdiri dari debu batu kapur (*limestone dust*), abu terbang, semen (PC), abu tanur semen dan abu batu serta harus kering dan bebas dari gumpalan-

gumpalan dan bahan lain yang mengganggu (Anonim, 2010).

b. Gradasi

Gradasi adalah distribusi partikel-partikel berdasarkan ukuran agregat yang saling mengisi sehingga terjadinya suatu ikatan yang saling mengunci (*interlocking*). Persyaratan gradasi dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Spesifikasi Agregat Gradasi Laston AC-BC

Ukuran Ayakan		% Berat yang Lolos AC-BC	
ASTM	(mm)	Gradasi Halus	Gradasi Kasar ¹
1"	25	100	100
$\frac{3}{4}$ "	19	90 – 100	90 - 100
$\frac{1}{2}$ "	12,5	74 – 90	71 - 90
$\frac{3}{8}$ "	9,5	64 – 82	58 – 80
No. 4	4,75	47 – 64	37 - 56
No.8	2,36	34,6 – 49	23 - 34,6
No. 16	1,18	28,3 – 38	15 - 22,3
No. 30	0,6	20,7- 28	10 - 16,7
No. 50	0,3	13,7- 20	7 - 13,7
No. 100	0,15	4 – 13	5 – 11
No. 200	0,075	4 – 8	4 - 8

Sumber :Anonim (2010)

c. Aspal

Fungsi aspal dalam campuran perkerasan adalah sebagai bahan pengikat antar aspal dan agregat dan antara sesama aspal, sebagai bahan pengisi rongga antar butir agregat dan pori-pori yang ada dalam butir agregat itu sendiri dan sebagai pelumas pada saat penghamparan di lapangan sehingga memudahkan untuk dipadatkan.

Al_2O_3 , P_2O_5 dan Fe_2O_3 yang cukup tinggi, kedua jenis abu ini memiliki perbedaan karakteristik, abu dasar mempunyai ukuran partikel lebih besar dan lebih berat daripada abu terbang, sehingga abu dasar akan jatuh pada dasar tungku pembakaran (*boiler*) dan terkumpul pada penampungandebu (*ash hopper*) lalu dikeluarkan dan dibawa ketempat penimbunan.

Abu Batubara

Abu yang dihasilkan dalam proses pembakaran batubara terdiri dari abu terbang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*), yang pada hakikatnya adalah limbah ternyata mempunyai sumber silika/karbon yang cukup tinggi. Pirolisis lebih lanjut dari hasil pembakaran abu batubara menunjukkan bahwa kandungan SiO_2 ,

Perencanaan Campuran Beton Aspal

Menurut Departemen Pekerjaan Umum (2008) menghitung perencanaan kadar aspal menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Pb = 0,035(\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%Filler) + \text{Konstanta}$$

Keterangan :

- Pb = Kadar aspal tengah/ ideal, persen terhadap berat campuran
 CA = Agregat kasar tertahan saringan No. 8;
 FA = Agregat halus lolos saringan No. 8

dan tertahan saringan No. 200
Filler = adalah agregat minimal 75% lolos saringan No. 200
Nilai Konstanta sekitar 0,5 - 1,0

Metode Marshall Pada Pengujian Campuran Beraspal

Pemeriksaan Marshall Test dimaksudkan untuk menentukan: stabilitas, kelelahan plastis (flow), berat volume (density), persen rongga dalam campuran (VIM), persen rongga terisi

aspal (VFB), persen rongga antar butir agregat (VMA), Marshall Quotient (MQ), yaitu sebuah gambaran kekakuan yang merupakan ukuran ketahanan benda uji terhadap deformasi.

Parameter dan spesifikasi Marshall untuk lalu lintas berat dengan menggunakan aspal Pen. 60/70 dapat di lihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2. Ketentuan Sifat-sifat Campuran Laston (AC-BC)

Sifat-sifat Campuran		Laston (AC-BC)	
		Halus	Kasar
Kadar aspal efektif (%)		4,3	4,0
Penyerapan aspal (%)	Maks	1,2	
Jumlah tumbukan per bidang		75	
Rongga dalam campuran (%) ⁽²⁾	Min.	3,5	
	Maks	5,0	
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min.	15	
Rongga Terisi Aspal (%)	Min.	65	
Stabilitas Marshall (kg)	Min.	800	
	Maks	-	
Pelelehan (mm)	Min.	3	
Marshall Quotient (kg/mm)	Min.	250	
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60 °C	Min.	80 *	
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (refusal) ⁽⁴⁾	Min.	2,5	

Sumber : (Anonim, 2010)

* Spesifikasi Campuran Aspal Panas tahun 2006

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini metode pengujian yang digunakan mengikuti prosedur AASHTO tahun 1990 dan standar Departemen Pekerjaan Umum atau standar-standar lain bila tidak ada dalam kedua prosedur tersebut.

Pengujian material agregat

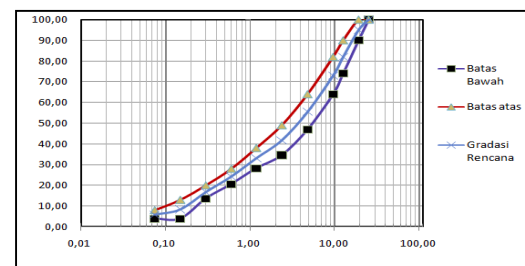
Agregat kasar dan agregat halus yang digunakan adalah dari jenis batu basalt yang dipecah dengan mesin pemecah batu (*Stone Crusher*) yang berasal dari Krueng Raya Kabupaten Aceh Besar. Sedangkan *filler* berupa Semen Portland (PC) dan abu batubara.

Pengujian material aspal

Aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah Aspal Pen.60/70 produksi Pertamina.

Pemilihan Gradasi agregat

Kurva gradasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah gradasi lapisan AC-BC, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Grafik Gradasi Gabungan Agregat Kasar dan Agregat Halus dengan Spesifikasi Gradasi Beton Aspal (AC-BC).

Perencanaan Benda Uji

Jumlah benda uji dalam penelitian ini sebanyak 63 buah. Benda uji yang dibuat terdiri dari tiga kelompok yaitu :

1. Benda uji dengan variasi kadar aspal Penetrasi 60/70 dalam campuran beton aspal (AC-BC) mengikuti pada Rumus (2.1). Dari evaluasi parameter Marshall akan diperoleh kadar aspal optimum (KAO)
2. Pembuatan benda uji dengan variasi 0%, 2%, 4% dan 6% persentase abu batubara dan Semen Portland (PC) dalam substitusi abu batu, untuk memperoleh parameter Marshall dengan rendaman pada waterbath suhu 60o C selama 30 menit.
3. Pembuatan benda uji dengan variasi 0%, 2%, 4% dan 6% persentase abu batubara dan Semen Portland (PC) dalam substitusi abu batu pada kadar aspal optimum, untuk memperoleh parameter Marshall dengan rendaman pada waterbath suhu 60o C selama 24 Jam. Hasil perbandingan stabilitas dari rendaman 24 jam dibandingkan stabilitas dari rendaman 30 menit, akan diperoleh nilai durabilitas.

Tabel 3.1 Jumlah Benda Uji untuk Metode Marshall

No.	Kadar Aspal	Jumlah
1.	$P_b - 1,0$	3 buah
2.	$P_b - 0,5$	3 buah
3.	P_b	3 buah
4.	$P_b + 0,5$	3 buah
5.	$P_b + 1,0$	3 buah
Jumlah Total		15 Buah

Tabel 3.2 Benda Uji dengan Rendaman 30 menit

No.	% Semen Portland (PC)	% Abu Batu	Jumlah
1.	0 %	6 %	3 buah
2.	2 %	4 %	3 buah
3.	4 %	2%	3 buah
4.	6 %	0 %	3 buah
Jumlah Total			12 Buah

Tabel 3.3 Benda Uji dengan Rendaman 24 Jam

No.	% Semen Portland (PC)	% Abu Batu	Jumlah
1.	0 %	6 %	3 buah
2.	2 %	4 %	3 buah
3.	4 %	2%	3 buah
4.	6 %	0 %	3 buah
Jumlah Total			12 Buah

Tabel 3.4 Benda Uji dengan Rendaman 30 menit

No.	% Abu batubara	% Abu Ba-tu	Jumlah
1.	0 %	6 %	3 buah
2.	2 %	4 %	3 buah
3.	4 %	2%	3 buah
4.	6 %	0 %	3 buah
Jumlah Total			12 Buah

Tabel 3.5 Benda Uji dengan Rendaman 24Jam

No.	%Abu batubara	% Abu Ba-tu	Jumlah
1.	0 %	6 %	3 buah
2.	2 %	4 %	3 buah
3.	4 %	2 %	3 buah
4.	6 %	0 %	3 buah
Jumlah Total			12 Buah

Total keseluruhan benda uji adalah 15 + 12 + 12 + 12 + 12 = 63 benda Uji.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian parameter Marshall untuk campuran beton aspal (AC-BC) untuk variasi persentase substitusi Semen Portland (PC) dan abu batubara dengan abu batu pada kadar aspal optimum (KAO) disajikan pada pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2

Pembahasan

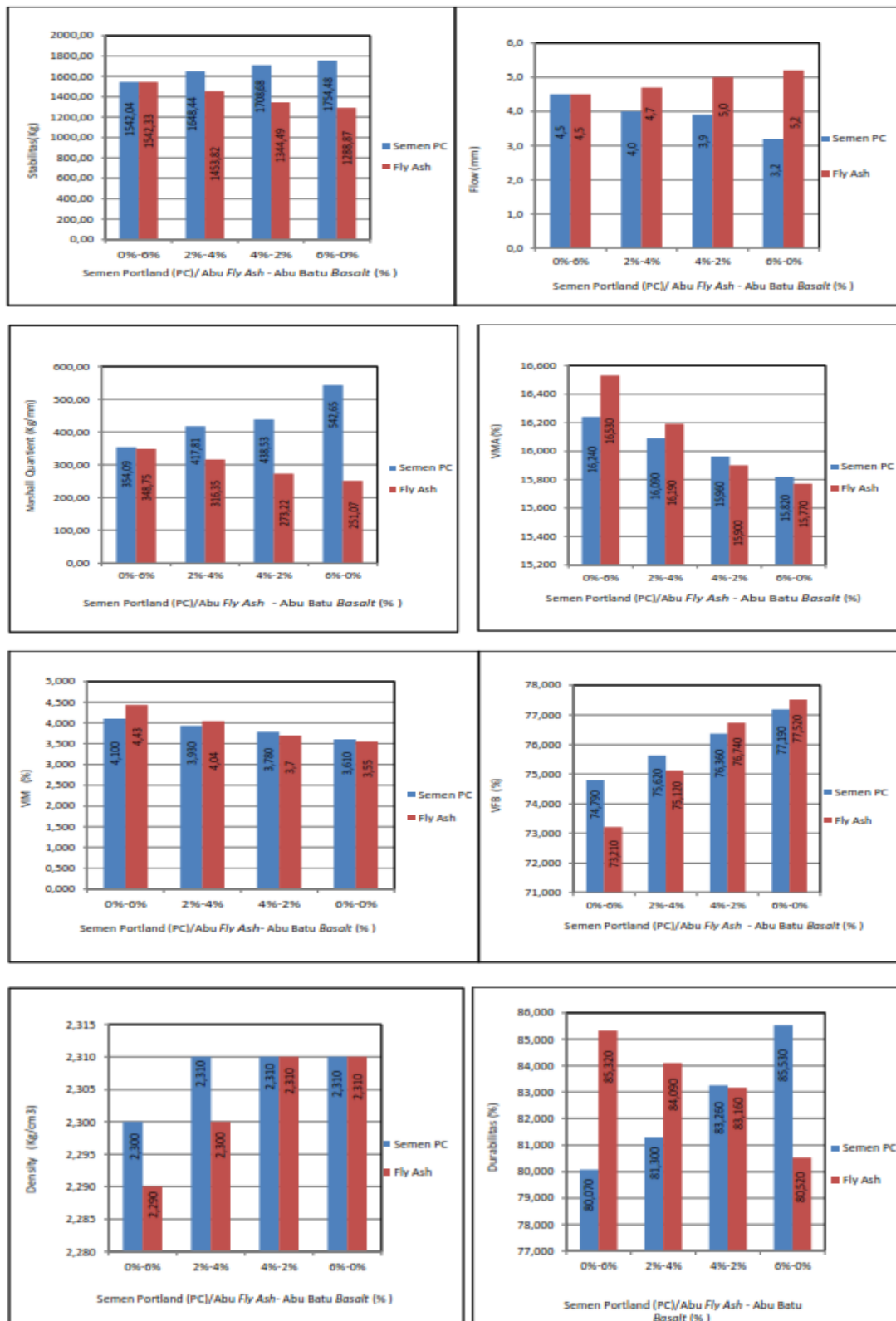
Pengaruh variasi persentase Semen Portland (PC) dan abu *Fly Ash* batubara disubstitusi pada abu batu basalt terhadap parameter Marshall pada kadar aspal optimum diperlihatkan pada Gambar 4.1

Tabel 4.1 Rekapitulasi Hasil Pengujian Marshall dan durabilitas untuk variasi Semen Portland (PC) dengan abu batu basalt

No	Karakteristik Campuran	Persen Semen Portland (PC) – Persen Abu Batu				Spesifikasi Dept. PU
		0% - 6%	2% - 4%	4% - 2%	6%- 0%	
1.	Stabilitas (kg)	1542,04	1648,44	1708,68	1754,48	≥ 800
2.	Flow Plastis (mm)	4,5	4,0	3,9	3,2	≥ 3
3.	<i>MQ (Kg)</i>	354,09	417,81	438,53	542,65	≥ 250
4.	<i>Density</i> (gr/cm3)	2,30	2,31	2,31	2,31	≥ 2
5.	VIM (%)	4,10	4,0	3,78	3,61	3,5 – 5,0
6.	<i>VMA (%)</i>	16,24	16,09	15,96	15,82	≥ 14
7.	<i>VFB (%)</i>	74,79	75,62	76,36	77,19	≥ 63
8.	Durabilitas (%)	80,07	81,36	83,44	85,53	$\geq 80 \%$

Tabel 4.5 Rekapitulasi Hasil Pengujian Marshall untuk variasi abu *Fly Ash* batubara dengan abu batu

No	Karakteristik Campuran	Persen Fly Ash Batubara – Persen Abu Batu				Spesifikasi Dept. PU
		0% - 6%	2% - 4%	4% - 2%	6%- 0%	
1.	Stabilitas (kg)	1542,33	1453,82	1344,49	1288,87	≥ 800
2.	Flow Plastis (mm)	4,5	4,7	5,0	5,2	≥ 3
3.	<i>MQ (Kg)</i>	328,75	316,35	273,22	251,07	≥ 250
4.	<i>Density</i> (gr/cm3)	2,29	2,30	2,31	2,31	≥ 2
5.	VIM (%)	4,43	4,04	3,70	3,55	3,5 – 5,0
6.	<i>VMA (%)</i>	16,53	16,19	15,90	15,77	≥ 14
7.	<i>VFB (%)</i>	73,21	75,12	75,74	77,52	≥ 63
8.	Durabilitas (%)	85,32	84,09	83,16	80,52	$\geq 80 \%$



Gambar 4.1 Grafik Hubungan Parameter Marsahall dengan Variasi Persentase Filler Semen Portland (PC) dan Fly Ash batubara

Dari Gambar 4.1 menunjukkan semua variasi persentase Semen Portland (PC) dan *Fly Ash* batubara disubstitusi pada abu batu *Basalt*, nilai stabilitas memenuhi persyaratan, yaitu ≥ 800 kg, akan tetapi untuk substitusi *Fly Ash* batubara terjadi penurunan nilai stabilitas bila dibandingkan dengan substitusi Semen Portland (PC). Penggunaan 0% Semen Portland (PC) dan 6% abu batu *basalt*, 2% Semen Portland (PC) dan 4% abu batu *Basalt*, 4% Semen Portland (PC) dan 2% abu batubasalt, 6% Semen Portland (PC) dan 0% abu batu *Basalt* terjadi peningkatan nilai stabilitas. Sedangkan pada penggunaan 0% *Fly Ash* batubara dan 6% abu batu *Basalt*, 2% *Fly Ash* batubara dan 4% abu batu *Basalt*, 4% *Fly Ash* batubara dan 2% abu batu *Basalt* dan 6% *Fly Ash* batubara dan 0% abu batu *Basalt* terjadi peningkatan stabilitas. Hal ini memperlihatkan bahwa walaupun penggunaan Semen Portland (PC) maupun *Fly Ash* batubara yang disubstitusi dengan abu batu *Basalt* sebagai *filler* menghasilkan nilai stabilitas yang meningkat dan menurun, akan tetapi semua nilai stabilitas tersebut masih memenuhi persyaratan.

Untuk nilai flow beton aspal (AC-BC) Semen Portland (PC) semakin menurun dengan bertambahnya persentase *filler* Semen Portland (PC) yang disubstitusi pada abu batu *Basalt*. Sedangkan untuk persentase *filler* *Fly Ash* batubara mengalami peningkatan nilai *flow*. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan Semen Portland (PC) pada campuran aspal beton membuat aspal beton

semakin kaku dibandingkan dengan menggunakan abu batu *Basalt*, akan tetapi penggunaan *Fly Ash* batubara mengalami penurunan. Hal ini sesuai dengan ketentuan bahwa nilai flow berbanding terbalik dengan stabilitas. Dari grafik di atas, semua nilai flow memenuhi spesifikasi yaitu ≥ 3 mm, sehingga Semen Portland (PC) maupun *Fly Ash* batubara masih bisa digunakan sebagai alternatif *filler*.

Nilai *Marshall Quotient* campuran beton aspal (AC-BC) dari filler Semen Portland (PC) cenderung naik seiring dengan bertambahnya persentase substitusi pada abu batu basalt, karena nilai flownya semakin rendah. Untuk nilai *Marshall Quotient* dari filler abu batubara semakin menurun dengan bertambahnya persentase substitusi pada abu batu basalt, karena nilai flow meningkat dan stabilitasnya menurun.

Untuk nilai density dari berbagai variasi persentase Semen Portland (PC) dan *Fly Ash* batubara, cenderung meningkat dengan bertambahnya persentase filler yang disubstitusi pada abu batu basalt. Dari hasil perhitungan menunjukkan nilai *density* pada semua variasi persentase Semen Portland (PC) dan *Fly Ash* batubara disubstitusi pada abu batu basalt memenuhi persyaratan yaitu lebih besar dari 2 gr/cm³.

Penggunaan Semen Portland (PC) dan *Fly Ash* batubara sebagai *filler* yang disubstitusi pada abu batu *Basalt*, nilai VIM keduanya mengalami penurunan. Akan tetapi nilai VIM yang dihasilkan semua memenuhi

persyaratan untuk campuran beton aspal (AC-BC) yaitu 3,5 % sampai dengan 5,0 %.

Pada Gambar 4.1 menunjukkan semakin meningkatnya jumlah persentase Semen Portland (PC) dan *Fly Ash batubara* disubstitusi pada abu batu *Basalt*, maka nilai VMA campuran semakin kecil, karena Semen Portland (PC) dan *Fly Ash batubara* banyak mengisi rongga, akibatnya rongga antar agregat semakin kecil. Dari gambar di atas terlihat bahwa semua nilai VMA memenuhi persyaratan yaitu lebih besar dari 14 % baik pada persentase *filler* Semen Portland (PC) dan *Fly Ash batubara* yang disubstitusi pada abu batu *Basalt*.

Untuk penggunaan Semen Portland (PC), nilai VFB semakin besar dengan meningkatnya persentase *filler* Semen Portland (PC) dan *Fly Ash batubara* yang disubstitusi pada abu batu *Basalt*. Semua nilai VFB yang dihasilkan baik itu pada penggunaan Semen Portland (PC) dan *Fly Ash batubara* yang disubstitusikan dengan abubatu *Basalt* masih memenuhi persyaratan untuk campuran beton aspal (AC-BC) yaitu lebih besar dari 63 %.

Nilai durabilitas nilai durabilitas untuk penggunaan Semen Portland (PC) yang disubstitusikan pada abu batu *Basalt* sebagai *filler* meningkat seiring dengan bertambahnya persentase substitusinya. Pada penggunaan Semen Portland (PC) sebagai *filler* nilai durabilitas terjadi peningkatan. Untuk penggunaan *Fly Ash batubara* terjadi penurunan nilai durabilitas.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan penggunaan Semen Portland (PC) dapat mempengaruhi parameter *Marshall* terutama nilai stabilitas. Penggunaan 4 % abu batu *basalt* – 2 % Semen Portland (PC), 2 % abu batu *basalt* – 4 % Semen Portland (PC) dan 6 % abu batu *basalt* – 0 % Semen Portland (PC) dapat meningkatkan nilai stabilitas 6,90 %, 10,81 % dan 13,78 %. Nilai durabilitas terus meningkat dengan adanya substitusi Semen Portland (PC) sebagai *filler* sebanyak 4 % abu batu *basalt* – 2 % Semen Portland (PC), 2 % abu batu *basalt* – 4 % Semen Portland (PC) dan 6 % abu batu *basalt* – 0 % Semen Portland (PC) terjadi peningkatan 1,54 %, 3,98 % dan 6,82 % memenuhi syarat $\geq 80\%$. Untuk parameter lainnya seperti flow, *Marshall Quotient*, *Density*, VIM, VMA dan VFB memenuhi persyaratan.
2. Pada penggunaan 4 % abu batu *basalt* – 2 % *Fly Ash batubara* terjadi peningkatan stabilitas 5,74 %, tetapi pada 2 % abu batu *basalt* – 4 % *Fly Ash batubara* dan 6 % abu batu *basalt* – 0 % *Fly Ash batubara*, stabilitas terus menurun hingga 12,83% dan 16,43% . Untuk 4 % abu batu *basalt* – 2 % *Fly Ash batubara*, 2 % abu batu *basalt* – 4 % *Fly Ash batubara* dan 6 % abu batu *basalt* – 0 % *Fly Ash batubara* terjadi penurunan nilai durabilitas sebesar 1,44%, 2,53% dan 5,63% sehingga nilai durabilitasnya $\leq 80\%$. Untuk parameter

lainnya seperti flow, Marshall *Quotient*, *Density*, VIM, VMA dan VFB memenuhi persyaratan.

Saran

Pada penelitian ini yang ditinjau dengan menggunakan abu terbang (*Fly Ash*) dari sisa pembakaran batubara hasil lolos saringan no. 200. Diharapkan untuk penelitian selanjutnya dapat digunakan abu dasar (*bottom ash*) dari sisa pembakaran batubara juga yang memenuhi spesifikasi Bina Marga tahun 2010.

DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO, 1998, Standart Specification for Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing, Washington, D.C.
- Anonim, 1989, Tata Cara Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (Laston) Untuk Jalan Raya, SNI 03-1737-1989, Direktorat Jenderal Bina Marga, Departemen PU, Jakarta
- Anonim, 1990, Standard Specification for Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing, 15th ed, AASHTO, Washington, DC.
- Anonim, 2012, Jenis-Jenis batuan Basalt, Direktorat Jenderal Bina Marga, Departemen PU, Jakarta
- Ariawan, A.I.M., 2007, Penggunaan Batu Kapur Sebagai Filler Pada Campuran Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC) Dengan Metode Kepadatan Mutlak (PRD), Jurnal Teknik Sipil, Vol. 1, Januari 2007, <http://ejournal.unud.ac.id>
- Bukhari dkk, 2007, Rekayasa Bahan dan Tebal Perkerasan, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh.
- Departemen Pekerjaan Umum (2006), Seksi 6.3 Spesifikasi Campuran Beraspal Panas, Direktorat Jenderal Bina Marga, Departemen PU, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum 2008, Buku Petunjuk Praktis Penggunaan Aspal Retona Blend 55 Dalam Campuran Beraspal Panas, Direktorat Jenderal Bina Marga, Departemen PU, Jakarta.
- Hemat Wahyudi , 2002, Evaluasi Sifat Marshall dan Nilai Struktural Campuran Beton Aspal Yang Menggunakan Bahan Ikat Aspal Pertamina Pen 60/70 dan Aspal Esso Pen 60/70, Program Pasca sarjana Universitas Diponegoro, Semarang.
- Kurniadjie, 2007, Kerusakan Bleeding Pada Lapisan Beraspal Akibat Pengaruh Temperatur Aspal Saat Pencampuran, www.pusjatan.pu.go.id/upload/jurnal/2007/JN2402AGS0706.pdf
- Lusyana, 2011, Kajian Properties Dari Agregat Batu Gunung Yang Digunakan Sebagai Material Campuran Beraspal, Jurusan Teknik Sipil Negeri Padang, Padang.
- Ridwan H. R, 2007, Pengaruh Abu batubara Sebagai Bahan Filler

- Terhadap Karakteristik Campuran Aspal Emulsi bergradasi Rapat (CEBR), Program Pascasarjana Universitas Diponegoro, Semarang.
- SNI, 1991, Metode Pengujian Sifat Fisis Aspal Padat*, <http://www.pu.go.id/satminkal/balitbang/sni/buat%20web/RSNI%20CD/ABSTRAKS/UMUM/ASPAL/METODE/SNI>
- Sukirman, S, 2003, Campuran Beraspal Panas, Penerbit Granit, Bandung.
- Sutaryo, 2004, Pengaruh Variasi Temperatur Pemadatan Terhadap Sifat Marshall dan Indek Stabilitas Sisa Berdasarkan Spesifikasi Baru Beton Aspal Pada Laston (AC-BC) Menggunakan Jenis Aspal Pertamina dan Aspal Esso Penetrasi 60/70, Program Pascasarjana Universitas Diponegoro, Semarang.
- Triadmodjo, B, 2002, Metode Numerik, Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.