

PERANCANGAN LABORATORIUM CAMPURAN HRS-WC DENGAN PENGGUNAAN *BUTON GRANULAR ASPHALT (BGA)* SEBAGAI BAHAN ADDITIVE

Howardy¹⁾, Latif Budi Suparma²⁾, Iman Satyarno²⁾

¹⁾ Dinas PU Kota Bukittinggi, Jl. Batang Ombilin No. 169 (Belakang Balok Bukittinggi Sumbar)

²⁾ Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan Fakultas Teknik UGM – Jl. Grafika No. 2 Yogyakarta

ABSTRACT

Increasing demand for asphalt in the country results in 650,000 tons of imported asphalt per year. The early damage of asphalt pavement is due to increasing axle loads and high temperature climates. On the other side, natural asphalt in Buton island of Sulawesi Tenggara, which is the biggest natural asphalt deposit district in world containing about 677 million tons of asphalt, has not been optimally exploited. This research designs HRS-WC mixture by utilizing Buton Granular Asphalt (BGA), one of Buton asphalt form, as additive in the binder.

The objective of this research is to identify mixture characteristics by referring to Marshall characteristic. Mixture is designed under the Marshall Standard procedure and 24 hours Marshall Immersion at optimum binder content according to Indonesian specification (Bina Marga, 2005) for Hot Rolled Sheet-Wearing Course (HRS-WC). Mixture design applies the additive BGA (Buton Granular Asphalt) variations of 0%, 2%, 4%, 6%, 8% and 10% to the total mixture.

The results of the research showed the optimum asphalt content of specimen Buton Granular Asphalt (BGA) variations of 0%, 2%, 4%, 6%, 8%, and 10% were 8.3%, 7.7%, 7.2%, 6.7%, 6.4%, and 6.3%, respectively. The mixture reached the Stability values at 1373.8 kgs, 1554.9 kgs, 1493.1 kgs, 1419.3 kgs, 1230.0 kgs, and 1429.3 kgs, respectively. Index of retained strength obtained were 98.1%, 75.4%, 87.9%, 93.0%, 98.6%, and 80.5%, respectively. Composition suitable for addition Buton Granular Asphalt (BGA) at HRS-WC mixture were 2% and 4% BGA, with the mixture density values of 2.266 gr/cm³ and 2.218 gr/cm³, mixture VMA values of 19.9% and 18.9%, mixture VFWA values of 74.7% and 71.4%, mixture VITM values of 5.0% and 5.4%, mixture Stability values of 1554,9 kgs and 1493,1 kgs, mixture flow value of both of 3,0 mm, mixture MQ values of 524.1 kg/mm and 493.1 kg/mm, mixture Index of retained strength of 75.4% and 87.9%.

Keywords : HRS-WC, Buton Granular Asphalt, BGA, additive

LATAR BELAKANG

Indonesia yang terletak pada daerah tropis dengan curah hujan yang tinggi dan panas matahari sepanjang tahun serta beban lalu lintas yang semakin berat mendorong terjadinya kerusakan dini berupa retak dan terjadinya deformasi yang diindikasikan dari oksidasi yang berlebih dan pelunakkan pada aspal dalam lapisan perkerasan.

Disisi lain masih belum termanfaatkan secara optimal cadangan aspal alam yang terdapat di pulau Buton Sulawesi Tenggara yang biasa disebut Asbuton (Aspal Batu Buton). Bila dibandingkan dengan negara lain deposit aspal alam kita merupakan deposit yang terbesar di dunia. Untuk

berbagai tuntutan dan kebutuhan penggunaan asbuton sebagai bahan campuran beraspal terus berkembang dengan segala perbaikan terhadap materialnya sendiri. Dalam tahun belakangan ini telah dikembangkan dan di produksi asbuton butir seperti BGA (*Buton Granular Asphalt*) untuk meningkatkan kinerja campuran beraspal. Asbuton butir umumnya digunakan dalam campuran dingin (Lasbutag), campuran beraspal panas dan hangat sebagai bahan substitusi aspal minyak dan atau bahan tambah (*additive*).

TUJUAN PENELITIAN

1. Mengetahui pengaruh penambahan *Buton Granular Asphalt* (BGA) pada campuran *Hot Rolled Sheet Wearing Course* (HRS-WC).
2. Mengetahui komposisi yang cocok penambahan *Buton Granular Asphalt* (BGA) pada campuran *Hot Rolled Sheet Wearing Course* (HRS-WC) sehingga dapat memberikan hasil yang optimal.
3. Mengetahui karakteristik Marshall campuran *Hot Rolled Sheet-Wearing Course* (HRS-WC) mempergunakan bahan tambah *Buton Granular Asphalt* (BGA) meliputi : kepadatan (*density*), VMA (*voids in mineral aggregate*), VFWA (*voids filled with asphalt*), VITM (*voids in the mix*), stabilitas (*stability*), kelelahan (*flow*) dan Marshall Quotient (*MQ*).

TINJAUAN PUSTAKA

Asphalt Institute (2001), menyatakan bahwa beton aspal adalah jenis perkerasan lentur yang terdiri dari campuran agregat dan aspal, dengan atau tanpa bahan tambah. Material-material pembentuk beton aspal dicampur di instalasi pencampur pada suhu tertentu, kemudian diangkut ke lokasi, dihampar dan dipadatkan. Suhu pencampuran ditentukan berdasarkan jenis aspal yang akan digunakan. Suhu pencampuran umumnya antara 145°C–155°C, sehingga disebut aspal beton campuran panas. Campuran ini dikenal pula dengan nama *hot mix*.

Menurut Panduan Pemeliharaan Jalan Departemen Pekerjaan Umum tahun 2005 beberapa sifat campuran yang harus dimiliki oleh campuran beraspal adalah sebagai berikut:

1. Stabilitas (*Stability*)
2. Keawetan/ daya tahan (*Durability*)
3. Impermeabilitas (*Impermeability*)
4. Kemudahan pelaksanaan (*Workability*)
5. Kelenturan (*Flexibility*)
6. Tahanan geser atau kekesatan (*Skid Resistance*)
7. Ketahanan terhadap lelah (*Fatigue Resistance*)

Beberapa jenis campuran beraspal panas yang ada di Indonesia :

1. Lapis tipis aspal pasir (Latasir) atau *Sand Sheet* Kelas A dan B.
2. Lapis tipis aspal beton (Lataston) atau *Hot Rolled Sheet* (HRS) yang terdiri dari HRS-Base dan HRS-Wearing Course.
3. Lapis aspal beton (Laston) atau *Asphalt Concrete* (AC) yang terdiri dari AC-Base dan AC-WC.

ASPAL BATU BUTON (ASBUTON)

Asbuton atau aspal batu buton merupakan aspal alam batuan yang terdapat di pulau Buton, Sulawesi Tenggara, terbentuk secara alami akibat proses geologi sejak ribuan atau bahkan jutaan tahun yang lalu, terbentuknya asbuton berasal dari minyak bumi yang terdorong muncul ke permukaan menyusup di antara batuan yang *porous*.

Pusat Litbang Prasarana Transportasi Departemen Pekerjaan Umum terus melakukan penelitian dan pengembangan produk asbuton seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1 dimulai dari asbuton konvensional sampai pada saat ini yang digunakan sebagai bahan jalan. Beberapa produk tersebut ada yang sudah tidak diproduksi lagi.

LANDASAN TEORI

Hot Rolled Sheet-Wearing Course merupakan campuran beraspal panas dengan penggunaan agregat bergradasi senjang. Karakteristik yang terpenting dari campuran ini adalah durabilitas dan fleksibilitas, namun lapisan ini dituntut juga memiliki stabilitas yang cukup dalam menerima beban lalu lintas yang secara langsung bekerja pada lapisan ini. Persyaratan yang harus dipenuhi oleh lapisan ini adalah termuat dalam Tabel 2.

Semua campuran bergradasi senjang akan menggunakan suatu campuran agregat kasar dan halus. Biasanya dua ukuran untuk agregat kasar dan juga dua ukuran untuk agregat halus dimana salah satunya adalah pasir bergradasi halus. Ketentuan batas-batas bahan bergradasi senjang yaitu bahan yang lolos ayakan 2,36 mm tetapi tertahan ayakan 0,600 mm harus diperhatikan. Campuran dibuat dengan rongga dalam campuran pada kepadatan membal (*refusal*) sebesar 2 % yang ditunjukkan Tabel 3.

Tabel 1 Produk Asbuton untuk bahan jalan

No	Tahun	Tipe produk	Uk. Butir maks	Kadar bitumen (%)	Kadar air (%)	Kemasan	Kegunaan
1	1929	Asbuton konvensional	½" (12,7 mm)	18-22	10-15	Curah	Camp.dingin
2	1993	Asbuton halus	¼" (6,35 mm)	< 6	2 ± 1	Karung plastik @ 40 kg	Camp.dingin
3	1993/1996	Asbuton mikro plus	No. 8 (2,36 mm)	25 ± ½	< 2	Karung plastik kedap air @ 40 kg	Camp.panas
4	1995	BMA (<i>Butonite Mastic Asphalt</i>)	Mineral < 600 µm	50	< 2	Bahan dasar asbuton mikro	Camp.panas
5	1997	Retona (ekstraksi aspal buton) + Aspal minyak (20% + 80%)	-	90	< 2	Blok/curah	Camp.panas
6	2002	BGA (<i>Buton Granular Asphalt</i>)	Mineral < 1,16 mm	20-25	< 2	Karung plastik 2 lapis @ 40 kg	Camp.panas

Sumber : Puslitbang Prasarana Transportasi Dep. PU (2005)

Tabel 2 Spesifikasi campuran Lataston (HRS)

Sifat – sifat Campuran		Lataston	
		WC	BC
Penyerapan Aspal (%)	Max	1,7	
Jumlah tumbukan per bidang		75	
Rongga dalam campuran (VITM) (%) ⁽³⁾	Min	3,0	
	Max	6,0	
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	Min	18	17
Rongga terisi aspal (VFWA) (%)	Min	68	
Stabilitas Marshall (%)	Min	800	
Pelelehan (mm)	Min	3	
Marshall Quotient (kg/mm)	Min	250	
Stabilitas Marshall sisa (%) setelah perendaman 24 jam, 60 °C ⁽⁴⁾	Min	75	
Rongga dalam campuran (%) pada ⁽²⁾	Min	2	
Kepadatan membal (refusal)			

Sumber : Spesifikasi Bidang Jalan dan Jembatan Dep.PU (2005)

Catatan :

1. Modifikasi Marshall (RSNI M-13-2004)
2. Untuk menentukan kepadatan membal (refusal), penumbuk bergetar (vibratory hammer) disarankan digunakan untuk menghindari pecahnya butiran agregat dalam campuran. Jika digunakan penumbukan manual jumlah tumbukan per bidang harus 600 untuk cetakan berdiameter 6 in dan 400 untuk cetakan berdiameter 4 in
3. Berat jenis efektif agregat akan dihitung berdasarkan pengujian Berat Jenis maksimum Agregat, Gmm (SNI 03-6893-2002)
4. Direksi Pekerjaan dapat menyetujui prosedur pengujian AASHTO T283 sebagai alternatif pengujian kepekaan kadar air. Pengkondisian beku cair (freeze thaw conditioning) tidak diperlukan. Standar minimum untuk diterima harus 75 % Kuat Tarik Sisa.
5. Pengujian dengan alat Wheel Tracking Machine (WTM) pada Temperatur 60°C dan prosedur pengujian sesuai Manual for Design and Construction of Asphalt Pavement -Japan Road Association, JRA (1980).

Tabel 3 Gradasi agregat untuk campuran HRS-WC

Ukuran Ayakan		% Berat yang Lolos
ASTM	(mm)	
¾ "	19	100
½ "	12,5	90 – 100
3/8 "	9,5	75 – 85
No 8	2,36	50 – 72 ¹
No 16	1,18	
No 30	0,600	35 – 60
No 200	0,075	6 - 12

Sumber: Spesifikasi Bidang Jalan dan Jembatan Dep.PU (2005)

Catatan :

Untuk HRS-WC paling sedikit 80% agregat lolos ayakan No.8 (2,36 mm) harus juga lolos ayakan No.30 (0,600 mm). Kriteria gradasi senjang yang lolos ayakan No.8 (2,36) dan tertahan ayakan No.30 (0,600 mm).

METODOLOGI PENELITIAN

A. Bahan penelitian

Bahan yang digunakan untuk melakukan pengujian perancangan campuran HRS-WC dengan bahan tambah *Buton Granular Asphalt* (BGA) terdiri dari:

1. Aspal digunakan untuk campuran adalah aspal keras jenis AC 60/70 produksi Pertamina.
2. Agregat yang digunakan terdiri dari agregat kasar, halus dan *filler* debu batu berasal dari Clereng Kulon Progo Yogyakarta.
3. *Buton Granular Asphalt* (BGA) yang digunakan sebagai bahan tambah (*additive*) campuran adalah hasil olahan dari PT.Summitama Intinusa.

B. Alat penelitian

Dalam penelitian ini alat-alat uji yang digunakan berasal dan tersedia di laboratorium Teknik

Transportasi Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada Yogyakarta, antara lain meliputi :

1. Peralatan pengujian aspal
2. Peralatan pengujian agregat
3. Peralatan pengujian benda uji

C. Proses penelitian

1. Gradasi agregat campuran

Lapisan HRS menggunakan campuran gradasi agregat senjang. Batas bawah dan batas atas dari spesifikasi digunakan sebagai dasar penentuan gradasi yang digunakan dalam penelitian ini. Untuk memudahkan pengerjaan dan supaya masuk dalam range gradasi yang disyaratkan maka pada penelitian ini digunakan grading 39 : 52 : 9 yang ditunjukkan Tabel 4.

Grafik target perencanaan gradasi campuran agregat untuk lapis HRS-WC ditunjukkan oleh Gambar 1.

2. Penentuan kadar aspal optimum (KAO)

Penentuan kadar aspal optimum (KAO) berdasarkan gradasi target dan proporsi agregat yang digunakan, dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$P_b = 0,035.(\%CA) + 0,045.(\%FA) + 0,18.(\%FF) + \text{Konstanta} \quad (1)$$

dengan : CA = 39 %

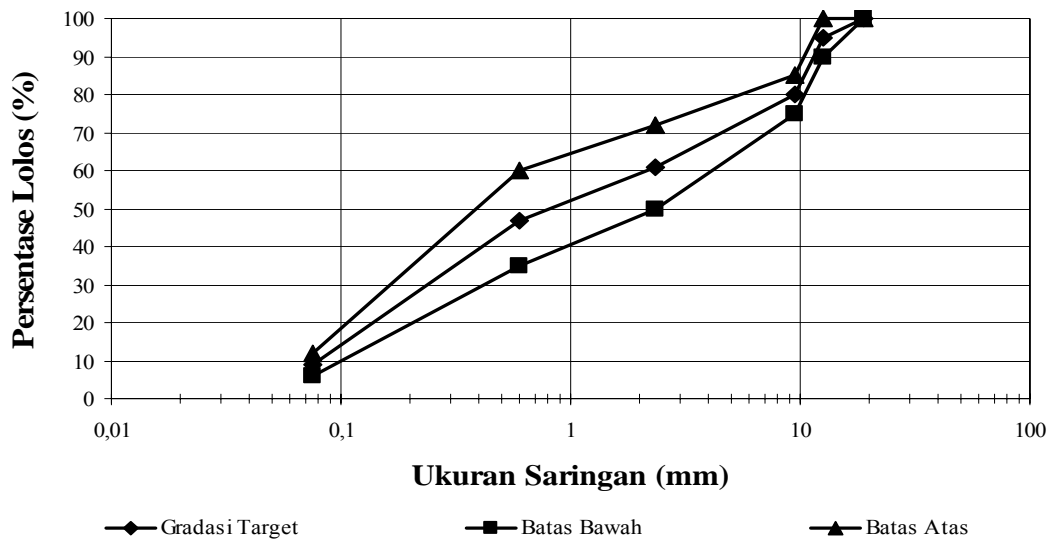
FA = 52 %

FF = 9 %

Nilai konstanta 0,5 – 1,0 untuk HRS

Tabel 4 Rancangan gradasi agregat untuk campuran HRS-WC

Ukuran Ayakan		% Berat yang Lolos	
ASTM	(mm)	Spesifikasi	Target
¾ "	19	100	100
½ "	12,5	90 – 100	95
3/8 "	9,5	75 – 85	80
No 8	2,36	50 – 72	61
No 30	0,600	35 – 60	47
No 200	0,075	6 - 12	9



Gambar 1 Gradasi agregat campuran

3. Perancangan benda uji

Variasi kadar aspal yang dihitung berdasarkan rumus (1) diperoleh variasi kadar aspal dari 5,5%, 6%, 6,5%, 7%, 7,5%, 8%, 8,5%, dan 9% terhadap berat campuran. Variasi bahan additive Buton Granular Asphalt (BGA) yang digunakan 0%, 2%, 4%, 6%, 8%, dan 10% terhadap berat total campuran beraspal. Jumlah benda uji didasarkan pada kebutuhan sesuai dengan tujuan dari penelitian dapat dilihat pada tabel 5.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil pemeriksaan agregat

Hasil pengujian agregat kasar, agregat halus, dan *filler* memenuhi persyaratan spesifikasi sehingga dapat digunakan sebagai bahan penyusun campuran *Hot Rolled Sheet-Wearing Course*

(HRS-WC). Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 6.

B. Hasil pemeriksaan Aspal

Aspal yang digunakan adalah aspal produksi Pertamina yang merupakan aspal keras jenis AC 60/70. Hasil pengujian memenuhi persyaratan spesifikasi sebagai bahan susun campuran *Hot Rolled Sheet-Wearing Course* (HRS-WC). Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 7.

C. Hasil pemeriksaan *Buton Granular Asphalt* (BGA)

Hasil pemeriksaan dari *Buton Granular Asphalt* (BGA) merupakan data teknis yang dikeluarkan oleh PT. Summitama Intinusa. Hasil berat jenis dari *Buton Granular Asphalt* (BGA) ditunjukkan dalam Tabel 8.

Tabel 5 Rancangan jumlah benda uji

No	Jenis Benda Uji	Jumlah Benda Uji
1	Penentuan kadar aspal optimum (KAO) dengan kadar aspal Pb, $\pm 0,5\%$ Pb dan $\pm 1\%$ Pb dengan variasi BGA	
	1. 0 %	5 x 3 = 15
	2. 2 %	5 x 3 = 15
	3. 4 %	5 x 3 = 15
	4. 6 %	5 x 3 = 15
	5. 8 %	5 x 3 = 15
	6. 10 %	5 x 3 = 15
2	Benda uji Marshall standar pada kadar aspal optimum dengan variasi BGA	
	1. 0 %	3
	2. 2 %	3
	3. 4 %	3
	4. 6 %	3
	5. 8 %	3
	6. 10 %	3
3	Benda uji perendaman selama 24 jam dengan variasi BGA	
	1. 0 %	3
	2. 2 %	3
	3. 4 %	3
	4. 6 %	3
	5. 8 %	3
	6. 10 %	3
Total benda uji		126

Tabel 6 Hasil pemeriksaan agregat

No	Pengujian	Satuan	Persyaratan *)		Hasil
			Min	Max	
Agregat Kasar					
1	Abrasi dengan mesin Los Angeles	%	-	40	36
2	Kelekatan dengan aspal	%	95	-	98
3	Penyerapan air	%	-	3	1,48
4	Berat jenis	-	2,5	-	2,657
Agregat Halus					
1	Penyerapan air	%	-	3	2,564
2	Berat jenis	-	2,5	-	2,860
3	<i>Sand Equivalent</i>	%	50	-	86,36
Filler					
1	Berat jenis	-	2,5	-	2,722

*) sumber : Spesifikasi Bidang Jalan dan Jembatan Dep. PU (2005)

Tabel 7 Hasil pemeriksaan aspal AC 60/70

No	Pengujian	Satuan	Spesifikasi *)	Hasil
1	Penetrasi 25 °C	0,1 mm	60 – 79	62,2
2	Titik lembek	°C	48 – 58	48,5
3	Titik nyala	°C	Min. 200	354
4	Kehilangan berat	%	Max. 0,8	0,0923
5	Kelarutan dalam CCL ₄	%	Min 99	99,58
6	Daktilitas 25 °C	cm	Min 100	> 100
7	Penetrasi setelah kehilangan berat	% asli	Min 54	82,32
8	Berat jenis	-	Min 1,0	1,030

*) sumber : Spesifikasi Bidang Jalan dan Jembatan Dep. PU (2005)

Tabel 8 Berat jenis Buton Granular Asphalt

No	Jenis Pengujian	Hasil Uji
1	Berat jenis	
	- Asbuton sebelum ekstraksi	1,780
	- Aspal Asbuton hasil ekstraksi	1,055
	- Mineral Asbuton hasil ekstraksi	2,289

Sumber : PT. Summitama Intinusa

D. Hasil penentuan kadar aspal optimum (KAO)

Nilai-nilai hasil pengujian dibuat grafik hubungan antara ketujuh karakteristik Marshall yang ada dengan kadar aspal. Dari ketujuh grafik tersebut dilihat wilayah batas kadar aspal yang sesuai dengan syarat Spesifikasi Bidang Jalan dan Jembatan Departemen Pekerjaan Umum tahun 2005.

Setelah didapatkan batas-batas kadar aspal yang memenuhi syarat diplotkan dalam diagram batang dan dicari kadar aspal optimum dengan metode *Narrow Range*. Kadar aspal optimum adalah nilai kadar aspal tengah dari nilai batas bawah dan batas atas kadar aspal yang memenuhi syarat. Hasil kadar aspal optimum yang telah diperoleh dari perhitungan berbagai variasi kadar aspal dan *additive* BGA dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9 Kadar aspal optimum sebagai variasi *additive* BGA

No	Variasi Campuran	Kadar Aspal Optimum (%)
1	Variasi I <i>additive</i> 0 % BGA	8,3
2	Variasi II <i>additive</i> 2 % BGA	7,7
3	Variasi III <i>additive</i> 4 % BGA	7,2
4	Variasi IV <i>additive</i> 6 % BGA	6,7
5	Variasi V <i>additive</i> 8 % BGA	6,4
6	Variasi VI <i>additive</i> 10 % BGA	6,3

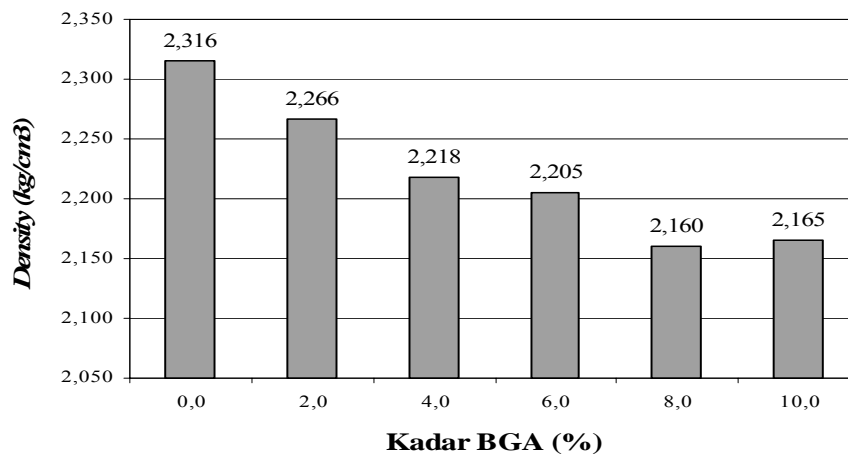
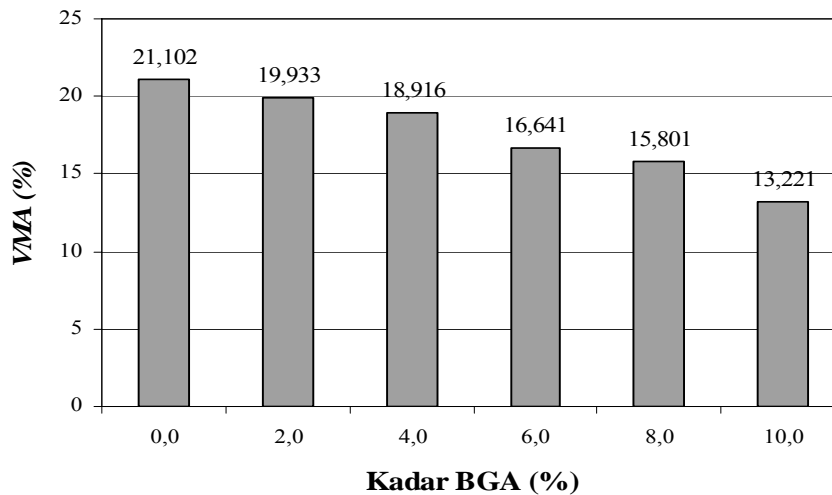
E. Pengaruh penambahan *additive* BGA pada aspal optimum

1. Pengaruh *additive* BGA terhadap nilai kerapatan (*density*)

Gambar 2 menunjukkan penambahan kadar *additive* BGA pada campuran menjadikan campuran memiliki nilai *density* semakin rendah. Hal ini disebabkan karena bahan *additive* BGA yang digunakan berbentuk butiran (butir max 1,2 mm) sehingga mempengaruhi gradasi campuran. HRS-WC merupakan campuran bergradasi senjang dimana gradasi agregat halus lebih dominan dibandingkan agregat kasar dan membuat campuran memiliki rongga yang lebih banyak. Disamping itu bahan *additive* BGA memiliki nilai berat jenis yang lebih rendah dari pada agregat sehingga juga mempengaruhi nilai *density* campuran.

2. Pengaruh *additive* BGA terhadap nilai VMA (voids in mineral aggregate)

Gambar 3 menunjukkan semakin besar kadar *additive* BGA yang ditambahkan pada campuran nilai VMA yang dihasilkan semakin kecil. Hal ini disebabkan karena rongga-rongga yang ada dalam campuran ditutupi oleh aspal yang dikandung didalam BGA itu sendiri. Semakin besar penambahan *additive* BGA maka ruang yang akan ditempati oleh kadar aspal untuk campuran semakin kecil sehingga menjadikan campuran lebih kaku.

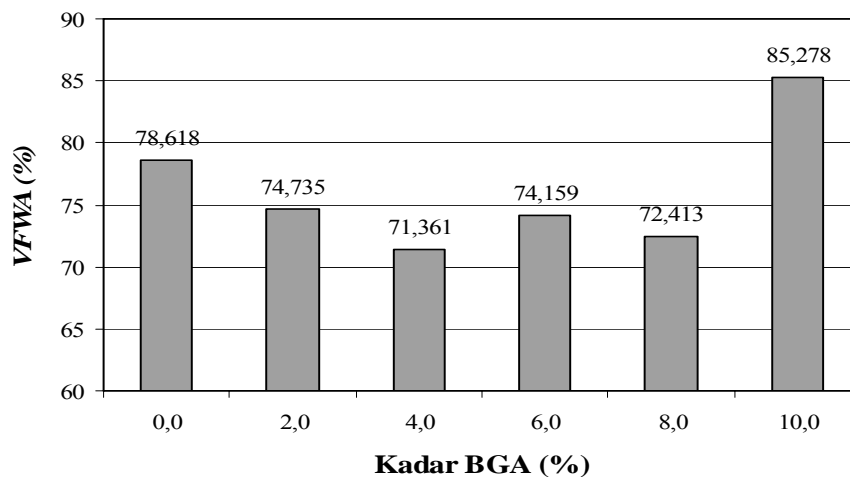
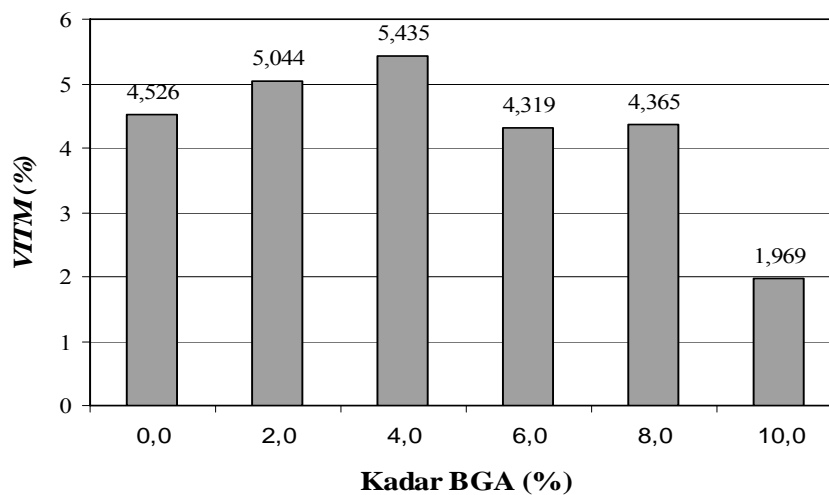
Gambar 2 Pengaruh *additive* BGA terhadap nilai *density*Gambar 3 Pengaruh *additive* BGA terhadap nilai VMA

3. Pengaruh *additive* BGA terhadap nilai VFWA (voids filled with asphalt)

Gambar 4 menunjukkan bahwa nilai VFWA campuran pada kadar *additive* BGA 2% sampai 8% lebih rendah dari pada campuran tanpa bahan *additive*. Hal ini berhubungan dengan rongga yang terbentuk oleh campuran banyak yang tidak terisi oleh aspal. Kemungkinan ini terjadi berkaitan dengan temperatur campuran dan pemadatan serta energi pemadatan yang kurang sempurna, sehingga kandungan aspal yang ada dalam campuran tidak mengisi rongga-rongga yang ada dengan semestinya. Meskipun nilai VFWA campuran dengan penambahan *additive* ini lebih rendah dari campuran tanpa *additive* tetapi keseluruhan nilai VFWA ini memenuhi persyaratan minimum yang ditetapkan Departemen Pekerjaan Umum sebesar 68%.

4. Pengaruh *additive* BGA terhadap nilai VITM (voids in the mix)

Gambar 5 menunjukkan untuk campuran dengan *additive* 2% dan 4% BGA memiliki nilai VITM lebih besar dari campuran tanpa *additive*. Hal ini mengindikasikan masih terdapat rongga dalam campuran yang belum terisi sempurna oleh *additive* BGA dan kadar aspal yang diberikan. Kondisi ini sangat dipengaruhi pada saat pelaksanaan campuran, temperatur campuran dan temperatur pemadatan serta energi pemadatan. Campuran dengan *additive* 6%, 8% dan 10% BGA menunjukkan nilai VITM yang lebih rendah. Terlihat disini *additive* BGA dan kadar aspal mengisi rongga-rongga yang ada pada campuran.

Gambar 4 Pengaruh *additive* BGA terhadap nilai VFWAGambar 5 Pengaruh *additive* BGA terhadap nilai VITM

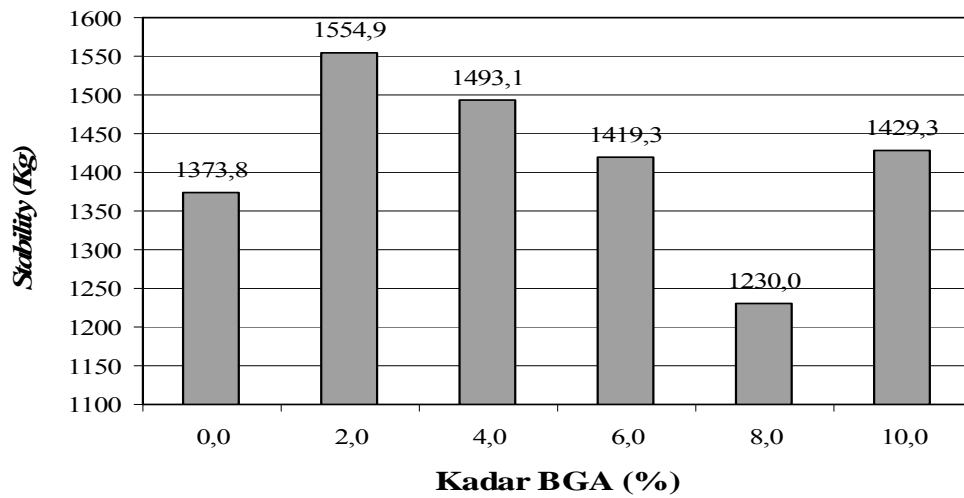
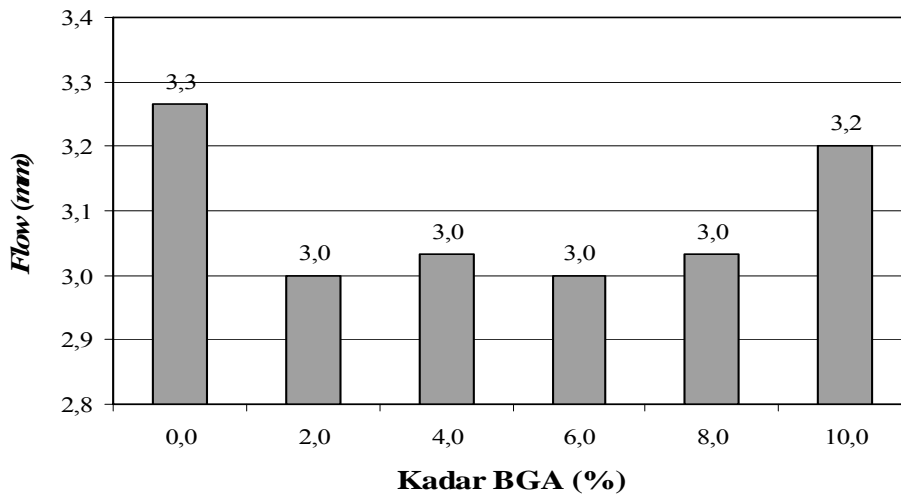
5. Pengaruh *additive* BGA terhadap nilai stabilitas (*stability*)

Gambar 6 menunjukkan campuran dengan *additive* BGA dapat meningkatkan nilai stabilitas. Penambahan *additive* BGA ini akan memberikan kelekatan yang lebih baik terhadap campuran sehingga nilai stabilitas naik. Ini mengindikasikan dengan penambahan *additive* BGA suatu campuran lebih dapat tahan terhadap beban lalu lintas yang berlebih dibandingkan dengan campuran tanpa *additive* BGA. Namun bila kadar *additive* yang diberikan melebihi kebutuhan optimum, hal ini malah akan menjadikan nilai stabilitas campuran akan menurun. Hasil penelitian ini menunjukkan dengan penambahan *additive* 2%, 4%, dan 6% BGA yang memiliki

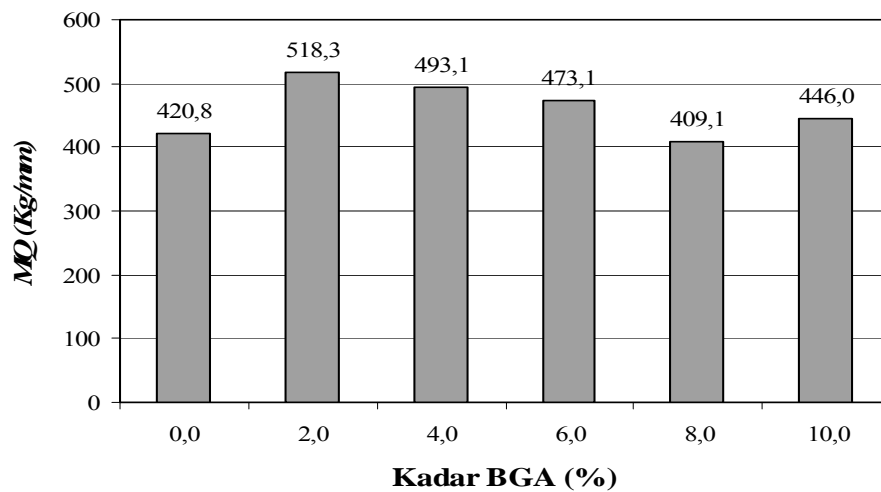
nilai stabilitas lebih baik dari campuran tanpa *additive* BGA.

6. Pengaruh *additive* BGA terhadap nilai kelelahan (*flow*)

Gambar 7 menunjukkan bahwa penambahan kadar *additive* BGA pada campuran akan menjadikan campuran lebih kaku sehingga nilai *flow*nya lebih rendah dari campuran tanpa *additive* BGA. Meskipun dengan penambahan *additive* BGA campuran sedikit menjadi kaku tetapi nilai *flow* yang disyaratkan oleh Departemen Pekerjaan Umum untuk campuran HRS-WC yaitu minimum 3 mm, semua hasil penelitian memenuhi persyaratan.

Gambar 6 Pengaruh *additive* BGA terhadap nilai stabilitasGambar 7. Pengaruh *additive* BGA terhadap nilai *flow*

7. Pengaruh *additive* BGA terhadap nilai MQ (*Marshall Quotient*)

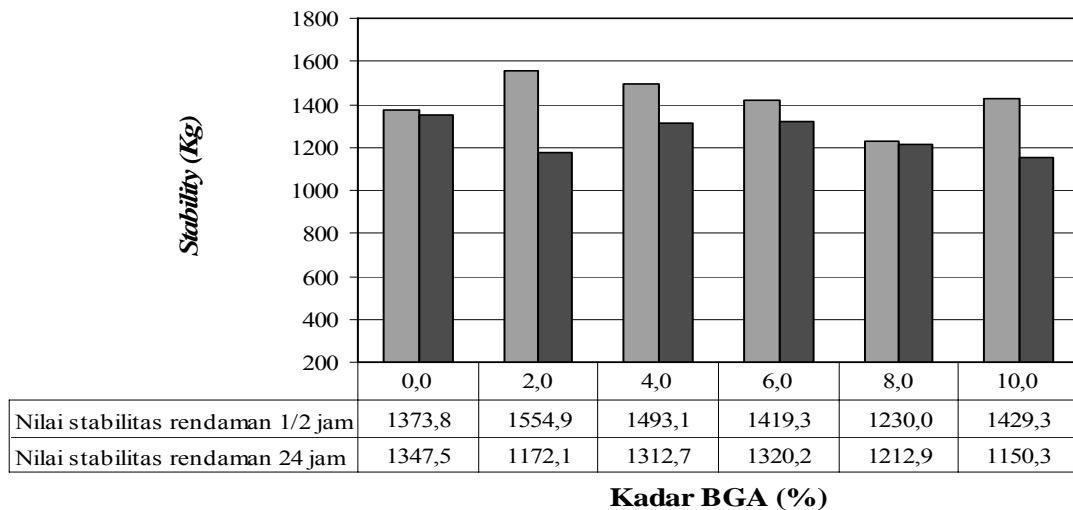
Gambar 8 Pengaruh *additive* BGA terhadap nilai MQ

Gambar 8 menunjukkan bahwa dengan penambahan *additive* BGA campuran cenderung menjadi kaku dimana nilai MQ campuran lebih tinggi daripada campuran tanpa *additive* BGA. Nilai MQ ini dipengaruhi oleh nilai stabilitas campuran yang cukup tinggi. Ini mengindikasikan bahan *additive* BGA ini dapat menjadikan campuran lebih kaku dimana campuran HRS-WC seharusnya memiliki fleksibilitas yang lebih tinggi.

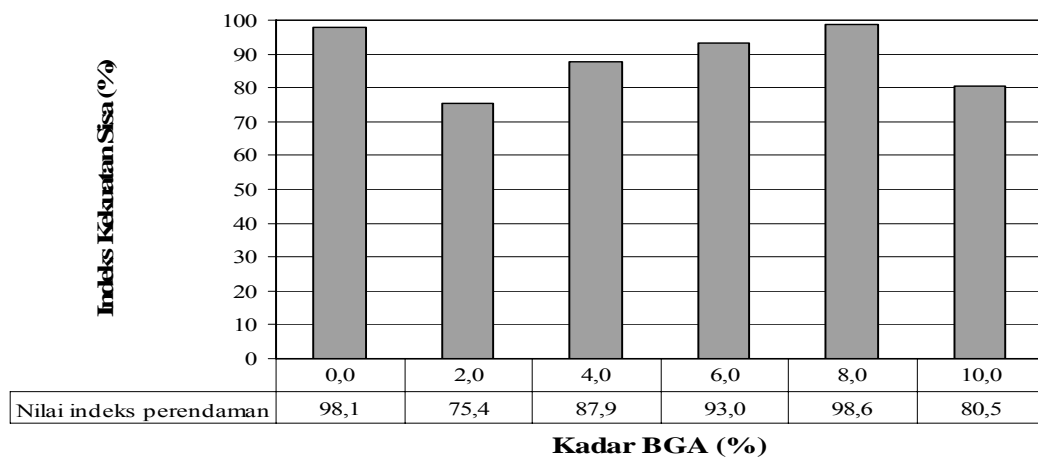
8. Pengaruh *additive* BGA terhadap durabilitas campuran

Hubungan antara nilai stabilitas rendaman standar dan rendaman 24 jam variasi campuran *additive* BGA pada kondisi aspal optimum dapat dilihat pada Gambar 9.

Gambar 10 menunjukkan campuran dengan variasi kadar BGA memiliki indeks kekuatan sisa yang berbeda. Spesifikasi Departemen Pekerjaan Umum (2005) mensyaratkan indeks kekuatan sisa minimum 75 %. Semua variasi campuran dengan *additive* BGA memenuhi persyaratan minimum yang ditetapkan.



Gambar 9 Hubungan antara nilai stabilitas, perendaman standar dan perendaman 24 jam, dengan variasi BGA pada aspal optimum



Gambar 10. Hubungan antara indeks kekuatan sisa dengan variasi BGA pada aspal optimum

9. Rangkuman hasil pengujian

Hasil penelitian pada Tabel 10 menunjukkan semakin besar *additive* BGA yang ditambahkan kadar aspal optimum yang digunakan semakin rendah. Untuk parameter Marshall campuran dengan penggunaan *additive* BGA cukup memuaskan dibandingkan dengan campuran tanpa *additive*. Nilai stabilitas untuk semua campuran dengan penggunaan *additive* BGA menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan campuran tanpa bahan *additive*. Nilai stabilitas tertinggi dicapai campuran dengan kadar *additive* 2% BGA.

Campuran HRS-WC dengan penggunaan *additive* BGA yang memenuhi semua persyaratan yang ditetapkan oleh Departemen Pekerjaan Umum (2005) adalah campuran dengan penambahan *additive* 2% dan 4% BGA. Dapat disimpulkan bahwa penggunaan *additive* BGA untuk campuran HRS-WC dengan kadar 2% dan 4% dapat diterapkan di lapangan.

Hasil penelitian mengenai campuran HRS-WC dengan penggunaan *Buton Granular asphalt* (BGA) sebagai bahan *additive* dapat dilihat pada Tabel 10.

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Pengaruh penambahan *Buton Granular Asphalt* (BGA) pada campuran HRS-WC menunjukkan bahwa :
 - a. Semakin besar penambahan kadar *Buton Granular Asphalt* (BGA) dalam campuran menunjukkan kadar aspal optimum semakin rendah.
 - b. Semakin besar penambahan kadar *Buton Granulat Asphalt* (BGA) dalam campuran menunjukkan tingkat kepadatan (*density*), VMA, VFWA semakin kecil dibandingkan dengan campuran tanpa *additive* BGA. Nilai VITM meningkat sampai batas maksimum kemudian pada kadar BGA tertentu mengalami penurunan.
2. Karakteristik Marshall campuran dengan penggunaan *Buton Granular Asphalt* (BGA) pada campuran menunjukkan bahwa:
 - a. Nilai *density*, nilai VFWA, nilai stabilitas, nilai *flow*, dan nilai *Marshall Quotient* (MQ) campuran dengan penambahan kadar BGA semuanya memenuhi spesifikasi Departemen Pekerjaan Umum (2005).

Tabel 10 Rangkuman hasil penelitian

No	Karakteristik Marshall	Spesifikasi 2005	Kadar <i>Additive</i> BGA (%)					
			0.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10
1	Kadar aspal optimum (%)		8.3	7.7	7.2	6.7	6.4	6.3
2	<i>Density</i> (gr/cm ³)	-	2.316	2.266	2.218	2.205	2.160	2.165
3	VMA (%)	≥ 18	21.1	19.9	18.9	16.6	15.8	13.2
4	VFWA (%)	≥ 68	78.6	74.7	71.4	74.2	72.4	85.3
5	VITM (%)	3 - 6	4.5	5.0	5.4	4.3	4.4	2.0
6	Stabilitas (Kg)	≥ 800	1373.8	1554.9	1493.1	1419.3	1230.0	1429.3
7	<i>Flow</i> (mm)	≥ 3	3.3	3.0	3.0	3.0	3.0	3.2
8	MQ (Kg/mm)	≥ 250	420.8	524.1	493.1	478.7	409.1	446.0
9	Indeks Kekuatan Sisa (perendaman 24 jam), %	≥ 75	98.1	75.4	87.9	93.0	98.6	80.5
10	Durability Indeks (%)	-	1.9	24.6	12.1	7.0	1.4	19.5

- b. Nilai VMA campuran yang memenuhi spesifikasi Departemen Pekerjaan Umum (2005) adalah campuran dengan kadar BGA 2% dan 4%. Sedangkan campuran dengan kadar BGA 6%, 8%, dan 10% memiliki yang lebih rendah dari spesifikasi yang ditentukan.
 - c. Nilai VITM campuran yang memenuhi spesifikasi Departemen Pekerjaan Umum (2005) adalah campuran dengan kadar BGA 2%, 4%, 6%, dan 8%. Campuran dengan kadar BGA 10% memiliki nilai yang lebih rendah dari spesifikasi yang ditetapkan.
3. Komposisi penambahan *Buton Granular Asphalt* (BGA) pada campuran yang memberikan hasil yang optimal adalah campuran dengan kadar BGA 2% dan 4%. Campuran dengan kadar *additive* tersebut memenuhi semua spesifikasi yang telah ditentukan. Disamping itu nilai stabilitas yang dihasilkan campuran dengan kadar *additive* tersebut lebih baik dari campuran tanpa bahan *additive* BGA. Jadi dengan penambahan *additive* BGA 2% dan 4% pada campuran HRS-WC dapat meningkatkan nilai stabilitas dalam menahan beban lalu lintas.

B. Saran

1. Perlunya ketelitian dan kecermatan selama pelaksanaan penelitian terutama pada saat penimbangan, pengontrolan temperatur saat pencampuran dan pemadatan sehingga hasil yang diperoleh dapat lebih optimal.
2. Perlunya penelitian yang lebih lanjut mengenai pengaruh penggunaan *Buton Granular Asphalt* (BGA) pada jenis campuran yang lain seperti untuk campuran *Asphalt Concrete* (AC).
3. Perlunya penelitian yang lebih lanjut mengenai pemakaian *Buton Granular Asphalt* (BGA) tidak hanya sebatas sebagai bahan tambah (*additive*) tetapi dapat benar-benar dioptimalkan sebagai pengganti aspal minyak yang biasa digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Asphalt Institute, 2001, "*Construction of Hot Mix Asphalt Pavement*", Manual Series 22, Second Edition, USA.
- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2002, "*Metode Spesifikasi dan Tata Cara*", Bagian 4: Aspal, Aspal Batu Buton (Asbuton), Perkerasan Jalan, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2005, "*Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan*", Divisi 6 Perkerasan Aspal, Puslitbang Prasarana Transportasi.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2005, "*Panduan Pemeliharaan Jalan*", Serial Panduan, Puslitbang Prasarana Transportasi.
- Kurniadji, and Nono, 2006, "*Spesifikasi dan Produksi Asbuton*", Makalah Workshop Peningkatan Pemanfaatan Asbuton, November 2006, Jakarta.