

PEMANFAATAN BGA (BUTON GRANULAR ASPHALT) SEBAGAI BAHAN PENGGANTI AGREGAT HALUS PADA CAMPURAN HRS-WC SECARA LABORATORIUM

Abdi Prawira¹⁾, Latif Budi Suparma,²⁾ Iman Satyarno, ME²⁾

¹⁾ Bidang Bina Marga Dinas PU Kota Kendari – Jl. Abunawas No. 4 Kendari,

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

ABSTRACT

Along with the improvement and development for keeping the road infrastructure in Indonesia, it is important to be far more comprehends and does testing to exploite nature material. The development of the existing firm layer material technology is very fast, to create technological innovation to efecienti cost, optimalisation of material exploitation, expansion of natural material, and environmental friendliness like BGA (Buton Granular Asphalt) in the place of smooth aggregate at mixture HRS-WC.

Exploitation of BGA for the subsitution of fine aggregates done at this research through volume equivalent, using various comparison of fine aggregates used by BGA are (0%:100%), (25%:75%), (50%:50%) and (100%:0%). Method applied is Marshall and immersion, and determines optimum asphalt content from each various specimen. Specimen at optimum asphalt content was immersed ½ hour (Marshall Standard) and 24 hours, then Marshall test is done. Marshall test and immersion are done to study the influence of various usage of BGA based on its stability values and indexes of retained strength.

The result of this research shows optimum asphalt grade of specimen with various BGA of 0%, 25%, 50%, 75% and 100% is 6.37%; 4.85%; 4.49%; 4.15% and 4.55%. At Marshall standard various BGA 0%, 25%, 50%, 75% and 100% stability value of 1340 kgs, 1700 kgs, 1765 kgs, 1589 kgs and 1520 kgs is obtained while index of retained strength is 99.57%; 75.63%; 70.02%; 94.12% and 72.87%. These results show that utilization of BGA can reduce optimum asphalt grade, increase stability values and durability indexes on the HRS-WC mixture.

Keywords : HRS-WC, BGA (Buton Granular Asphalt), Marshall.

PENDAHULUAN

Seiring dengan peningkatan pembangunan di Indonesia terutama dalam bidang ekonomi menyebabkan bertambahnya beban dan volume lalu lintas baik orang maupun barang antar daerah. Agar memenuhi dan memperlancar kegiatan tersebut dibutuhkan sistem transportasi yang memadai yaitu prasarana penghubung jalan antara daerah satu dengan daerah lainnya. Sesuai dengan hal tersebut diatas maka jalan raya sebagai prasarana penghubung memegang peranan penting terhadap kelancaran transportasi manusia dan barang, serta dituntut mampu menahan beban volume lalu lintas diatasnya dengan baik sesuai dengan perencanaannya.

BGA (Buton *Granular Asphalt*) adalah hasil pengolahan aspal alam yang terdapat pada pulau Buton Provinsi Sulawesi Tenggara. Pemanfaatan

dan penggunaan aspal alam ini diharapkan dapat meningkatkan produksi pada perusahaan penambang yang ada di pulau Buton, serta pemanfaatan dan penggunaan aspal alam pulau Buton ini diharapkan juga dapat digunakan sebagai bahan tambah maupun bahan inti pada perkerasan jalan di Indonesia.

TINJAUAN PUSTAKA

Departemen PU (2007) menyatakan bahwa yang dimaksud dengan Campuran Beraspal Panas adalah campuran yang terdiri atas kombinasi agregat yang dicampur dengan aspal. Pencampuran dilakukan di Unit Pencampur Aspal (UPA) sedemikian rupa sehingga permukaan agregat terselimuti aspal dengan seragam. Untuk mengeringkan agregat dan memperoleh kekentalan bahan

pengikat yang mencukupi dalam mencampur dan mengerjakannya, maka kedua-duanya dipanaskan masing-masing pada temperatur tertentu.

Suparma (1993) menyatakan bahwa *Hot Rolled Sheet-Wearing Course* (HRS-WC) adalah merupakan salah satu jenis perkerasan permukaan jalan yang digunakan sebagai lapis aus jalan, walaupun secara teknis HRS-WC sebagai lapisan perkerasan yang dianggap tidak mempunyai nilai struktural. Secara struktur sebenarnya lapis HRS-WC mempunyai nilai struktural, yang mana dia mampu pula mendukung beban lalu lintas di atasnya walaupun hanya pada jalan yang melayani lalu lintas rendah (lalu lintas < 0,5 juta ESA). Hal ini dapat dilihat dari spesifikasi dalam pembuatan campuran HRS-WC, yang mana harus mempunyai nilai stabilitas tertentu.

Departemen PU (2007) menyatakan bahwa Lataston (Lapis Tipis Aspal Beton/HRS) pada dasarnya adalah lapis permukaan yang berupa mortar pasir aspal yang diberi sisipan butiran kasar dan dapat terdiri atas Lataston adalah permukaan yang terdiri atas Lapis Aus (Lataston Lapis Aus/HRS-WC) dan Lapis Permukaan Antara (Lataston Lapis Permukaan Antara/HRS-Base) yang terbuat dari agregat yang bergradasi senjang dengan dominasi pasir dan aspal keras yang dicampur, dihampar dan dipadatkan dalam keadaan panas pada temperatur tertentu. Untuk mendapatkan hasil yang memuaskan, maka campuran harus dirancang sampai memenuhi ketentuan yang diberikan dalam spesifikasi. Dua kunci utama adalah :

1. Gradasi yang benar-benar senjang, tercermin dimana butiran-butiran lolos nomor 30 paling sedikit 80% dari butiran lolos nomor 8. Untuk material lataston hampir selalu dilakukan pencampuran pasir alam dan agregat halus pecah mesin.
2. Rongga udara pada kepadatan membal (*refusal density*) harus memenuhi ketentuan yang ditunjukkan dalam spesifikasi ini.

LANDASAN TEORI

Lapisan perkerasan lentur adalah perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan ikatnya. Lapisan-lapisan ini mendukung beban dan menyebarkan kedalam tanah dasar. Campuran panas aspal dan agregat yang digunakan untuk bahan

lapis permukaan lentur, harus mampu mendukung fungsi dari lapis permukaan itu, (Totomihardjo, 1994).

Perencanaan tebal perkerasan lentur jalan baru umumnya dapat dibedakan atas 2 metode yaitu:

1. Metode empiris, metode ini dikembangkan berdasarkan pengalaman dan penelitian dari jalan-jalan yang dibuat khusus untuk penelitian atau dari jalan yang sudah ada.
2. Metode Teoritis, metode ini dikembangkan berdasarkan teori matematis dari sifat tegangan dan regangan pada lapisan perkerasan akibat beban berulang dari lalu lintas, (Alamsyah, 2006).

METODE PENELITIAN

Prosedur penelitian yang akan dilakukan secara garis besarnya adalah sebagai berikut :

1. Hal pertama yang dilakukan adalah perumusan masalah yang dilanjutkan dengan kajian pustaka (studi literatur) yang diperoleh dari buku-buku serta sumber penunjang lainnya untuk penelitian campuran HRS-WC dan penelitian-penelitian terdahulu yang sejenis, terutama penggantian agregat biasa dengan agregat hasil pengolahan lainnya terhadap sifat-sifat Marshall.
2. Persiapan alat dan bahan yang akan digunakan selama penelitian.
3. Pemilihan bahan susun campuran berupa agregat kasar, agregat halus, filler dan aspal. Untuk bahan pengganti agregat halus BGA (*Buton granular asphalt*) yang digunakan dilakukan pemeriksaan ekstraksi untuk mengetahui persentase kandungan bitumen dan persentase kandungan mineral lainnya.
4. Pelaksanaan Pengujian/pemeriksaan bahan susun yang terpilih, terdiri dari pemeriksaan agregat mencakup; Tes Abrasi dengan mesin *Los Angeles*, kelekatan terhadap aspal, berat jenis, analisa saringan, penyerapan agregat terhadap air dan pemeriksaan *sand equivalent*. Pemeriksaan sifat-sifat dan karakteristik aspal yang dilakukan yaitu; Test penetrasi, titik nyala (*flash point test*), titik lembek (*softening point test*), kehilangan berat kelarutan dalam

- CCL₄, daktilitas, penetrasi setelah kehilangan berat, dan berat jenis.
5. Pengujian bahan susun campuran HRS-WC harus memenuhi spesifikasi teknis, sehingga dapat digunakan sebagai bahan susun benda uji untuk penelitian. Jika terdapat bahan susun yang terpilih tidak sesuai dengan spesifikasi, maka bahan tersebut harus diganti dengan bahan yang memenuhi persyaratan teknis.
 6. Rancangan benda uji dilakukan setelah bahan yang digunakan memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan. Rancangan benda uji pada campuran dengan berbagai macam variasi yaitu: 0% BGA, 25% BGA, 50% BGA, 75% BGA dan 100% BGA sebagai pengganti agregat halus.
 7. Pengujian Marshall untuk mendapatkan nilai karakteristik Marshall yang dapat digunakan sebagai dasar dalam penentuan kadar aspal optimum (KAO) pada masing-masing variasi yang telah ditetapkan.
 8. Pembuatan benda uji dengan menggunakan kadar aspal optimum pada masing-masing variasi dengan dilakukan uji perendaman. Untuk uji perendaman terdiri dari uji perendaman standar ½ jam dan perendaman 24 jam.
 9. Melakukan uji Marshall pada benda uji yang mengalami perendaman selama ½ jam dan 24 jam, untuk mendapatkan kinerja dari beton aspal.
 10. Selanjutnya menganalisis hasil dan melakukan evaluasi untuk mendapatkan kesimpulan dari penelitian.

Bahan yang digunakan dalam penelitian meliputi :

1. Agregat kasar dan Agregat halus serta filler (abu batu) yang digunakan berasal dari Cle-reng kabupaten Kulon Progo Daerah Istimewa Yogyakarta;
2. Bahan pengganti agregat halus yang digunakan adalah BGA (Buton *Granular Asphalt*) berasal dari Pulau Buton.
3. Aspal yang digunakan adalah AC 60/70 Produksi Pertamina yang tersedia di Laboratorium Teknik Transportasi Universitas Gadjah Mada Yogyakarta;

4. Air yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah air suling yang tersedia di Laboratorium Teknik Transportasi Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.

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. Alat uji marshall merupakan alat tekan (desak), yang terdiri dari kepala penekan berbentuk lengkung (*Breaking Head*), cincin penguji berkapasitas 2500 kg (5500 *lbs*) yang dilengkapi dengan arloji tekan dengan ketelitian 0,0025 cm (0,0001").
2. Alat pemeriksaan fisik agregat meliputi: mesin Los Angeles, saringan agregat standar, tabung sand equivalent, alat ukur berat jenis dan alat ukur keawetan.
3. Alat pemeriksaan fisik aspal meliputi: alat ukur penetrasi, alat ukur daktilitas, alat ukur titik lembek, alat ukur titik nyala dan alat uji kehilangan berat.
4. *Waterbath Immersion* di lengkapi dengan pengatur suhu minimum 20°C.
5. Perlengkapan lainnya yaitu kompor pemanas, thermometer kapasitas 420°C, sendok pengaduk, *glas breaker*, spatula dan oven.
6. Alat pemeriksaan ekstraksi.

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Transportasi Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.

Penelitian ini tidak ditinjau proses reaksi kimiawi dari bahan susun agregat dan aspal. BGA (Buton *granular asphalt*) yang digunakan sebagai pengganti agregat halus masuk dalam spesifikasi saringan untuk ukuran agregat halus. Seluruh pengujian fisik bahan susun agregat dan aspal didasarkan pada spesifikasi Bina Marga (1987) dan Departemen Pekerjaan Umum (2007), dengan menggunakan uji marshall untuk lalulintas berat (jumlah tumbukan 2 x 75) untuk menguji stabilitas dan durabilitas campuran beton aspal tersebut. Selanjutnya dianalisis dengan menggunakan *properties marshall*.

Dalam penelitian ini akan direncanakan gradasi campuran HRS-WC sesuai dengan Tabel 1.

Tabel 1. Gradasi target campuran HRS-WC

Ukuran Ayakan		% Berat Yang Lolos	
ASTM	(mm)	Spesifikasi	Variasi
¾"	19	100	100
½"	12,5	90 – 100	95
3/8"	9,5	75 – 85	80
No. 8	2,36	50 – 72	57
No.16	1,18	-	-
No.30	0,600	35 – 60	50
No.200	0,075	6 -12	7

Kadar aspal rancangan dapat diperoleh dengan rumus:

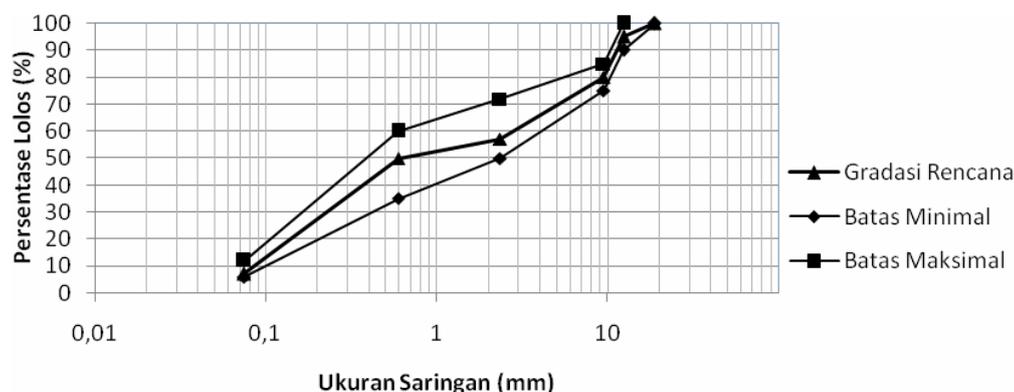
$$P_b = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\% \text{ Filler}) + \text{konstanta}$$

$$P_b = 0,035 (43) + 0,045 (50) + 0,18 (7) + 0,5$$

$$P_b = 5,52\% = 5,5\%$$

Setelah nilai P_b diperoleh, kemudian digunakan sebagai variasi terhadap Agregat Halus yang digunakan, seperti pada Tabel 2.

Uji Marshall dengan lama perendaman 0,5 jam (benda uji standar) dan 24 jam dengan suhu 60°C pada kadar aspal optimum (KAO) dengan variasi agregat halus seperti pada Tabel 3.



Gambar 1. Grafik gradasi target campuran HRS-WC

Tabel 2. Benda uji untuk penentuan Kadar Aspal Optimum dengan variasi agregat halus

Variasi Agregat Halus	Kadar Aspal (%)					Jumlah
	- 1,0	- 0,5	Pb	+ 0,5	+1,0	
0% BGA + 100% PS	3	3	3	3	3	15
25% BGA + 75% PS	3	3	3	3	3	15
50% BGA + 50% PS	3	3	3	3	3	15
75% BGA + 25% PS	3	3	3	3	3	15
100% BGA + 0% PS	3	3	3	3	3	15
Jumlah						75

Keterangan: BGA = Buton *Granular Asphalt*, PS = Pasir

Tabel 3. Benda uji untuk perendaman pada Kadar Aspal Optimum dengan variasi agregat halus

Variasi Agregat Halus	Kadar Aspal Optimum (KAO)	
	0,5 jam	24 jam
0% BGA + 100% PS	3	3
25% BGA + 75% PS	3	3
50% BGA + 50% PS	3	3
75% BGA + 25% PS	3	3
100% BGA + 0% PS	3	3
Jumlah		15

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil pemeriksaan sifat-sifat bahan yang digunakan telah memenuhi persyaratan dan spesifikasi yang telah ditentukan seperti pada tabel berikut di bawah.

Kinerja dari campuran HRS/WC dapat dilihat dari karakteristik Marshallnya. Karakteristik

Marshall campuran HRS-WC yang ditinjau antara lain *density*, rongga dalam agregat (VMA), rongga terisi aspal (VFWA), rongga dalam campuran (VITM), stabilitas, *flow* dan *Marshall Quotient*. Pada bagian pembahasan ini akan diperlihatkan hubungan antara karakteristik Marshall dengan kadar BGA yang digunakan dengan komposisi tertentu sebagai pengganti agregat halus.

Tabel 4. Hasil pemeriksaan aspal Pertamina Pen 60

No	Jenis Pemeriksaan	Satuan	Syarat	Hasil
1	Penetrasi 25 ⁰ C	0,1 mm	60 – 79	63,8
2	Titik Lembek	⁰ C	48 – 58	48,5
3	Titik Nyala	⁰ C	> 200	335
4	Daktilitas 25 ⁰ C	Cm	≥ 100	> 100
5	Kehilangan Berat (163 ⁰ C, 5 jam)	%	< 0,4	0,0657
6	Kelarutan dalam CCL ₄	%	> 99	99,455
7	Penetrasi setelah kehilangan berat	% of <i>original</i>	> 75	92,5
8	Berat Jenis aspal	-	> 1	1,030

Tabel 5. Hasil pemeriksaan agregat kasar

No	Jenis pemeriksaan	Satuan	Syarat	Hasil
1	Abrasi	%	< 40	29,5
2	Kelekatan terhadap aspal	%	> 95	98
3	Berat <i>Bulk</i>	-	> 2,5	2,895
4	Berat Jenuh (SSD)	-	> 2,5	2,589
5	Berat Semu (App)	-	> 2,5	2,945
6	<i>Soudness test</i>	%	< 7	2,17
7	<i>Absorsi / penyerapan</i>	%	< 3	1,640

Tabel 6. Hasil pemeriksaan agregat halus

No	Jenis pemeriksaan	Satuan	Syarat	Hasil
1	Sand Equivalent	%	< 50	80,4
2	Berat Jenis Curah (Bulk)	-	> 2,5	2,671
3	Berat Jenuh (SSD)	-	> 2,5	2,694
4	Berat Semu (App)	-	> 2,5	2,686
5	Penyerapan Absorpsi	%	> 3	1,635

Tabel 7. Hasil pemeriksaan bahan pengisi (*filler*)

No	Jenis pemeriksaan	Satuan	Syarat	Hasil
1	Berat Jenis	-	< 2,5	2,722

Tabel 8. Hasil pemeriksaan BGA

No	Jenis pemeriksaan	Satuan	Syarat	Hasil
1	Ekstraksi	%	-	70.32
2	Berat Jenis	-	-	1.78

1. Pengaruh BGA terhadap nilai kerapatan (*Density*)

Menurunnya nilai kepadatan memberikan arti bahwa campuran kurang rapat dan kurang padat sehingga bila memperoleh beban lalu lintas akan mudah mengalami deformasi plastis, dan mudah terjadi oksidasi yang dapat menurunkan durabilitas campuran HRS-WC. (Gambar 2).

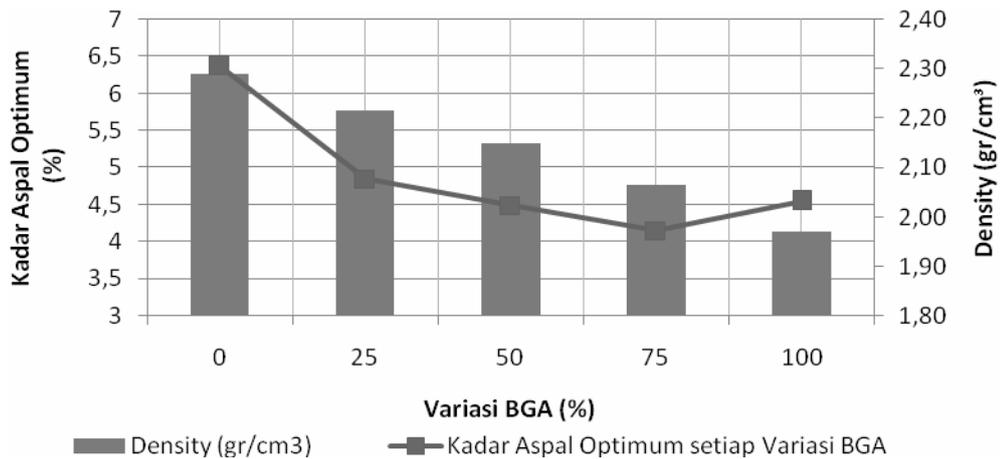
2. Pengaruh BGA terhadap nilai VMA (*Void in mineral Aggregate*)

Pada Gambar 3. menunjukkan bahwa nilai VMA campuran agregat 0% BGA memiliki nilai VMA yang lebih tinggi dibandingkan dengan campuran yang menggunakan BGA. Meskipun

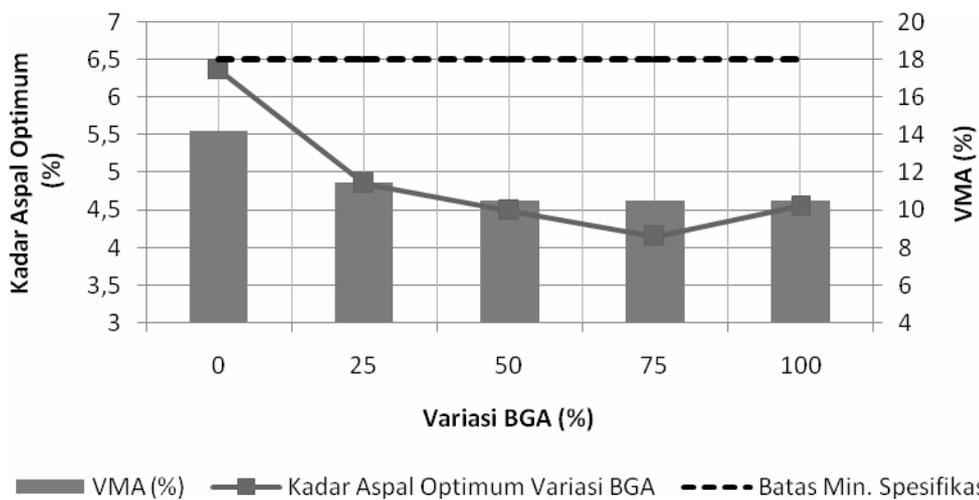
demikian dari semua campuran agregat tidak ada yang masuk atau rata-rata dibawah batas minimum spesifikasi Departemen Pekerjaan Umum 2007.

3. Pengaruh BGA terhadap nilai VFWA (*Void filled with Asphalt*)

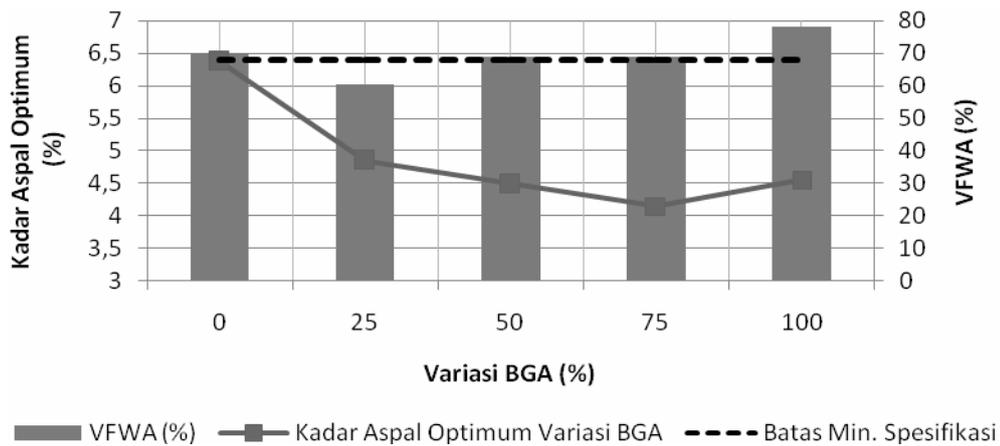
Grafik perbandingan nilai VFWA pada Gambar 4. kelihatan bahwa campuran agregat dengan 100% BGA memiliki nilai VFWA yang lebih tinggi, hal ini disebabkan oleh gradasi agregat keseluruhan yang tidak bervariasi lagi karena gradasi dari BGA berubah menjadi butiran yang sangat halus sehingga mempengaruhi aspal dalam campuran menjadi lebih liat dan lekat.



Gambar 2. Grafik hubungan antara nilai *density* dan semua variasi campuran pada kadar aspal optimum



Gambar 3. Grafik hubungan antara nilai VMA dan semua variasi campuran pada kadar aspal optimum



Gambar 4. Grafik hubungan antara nilai VFWA dan semua variasi campuran pada kadar aspal optimum

4. Pengaruh BGA terhadap nilai VITM (*Void filled with Asphalt*)

Dari Gambar 5. dapat dilihat penurunan nilai VITM tersebut karena BGA yang ditambahkan kedalam campuran mengakibatkan aspal menjadi lebih liat, sehingga kemampuan aspal untuk menutup rongga dalam campuran meningkat.

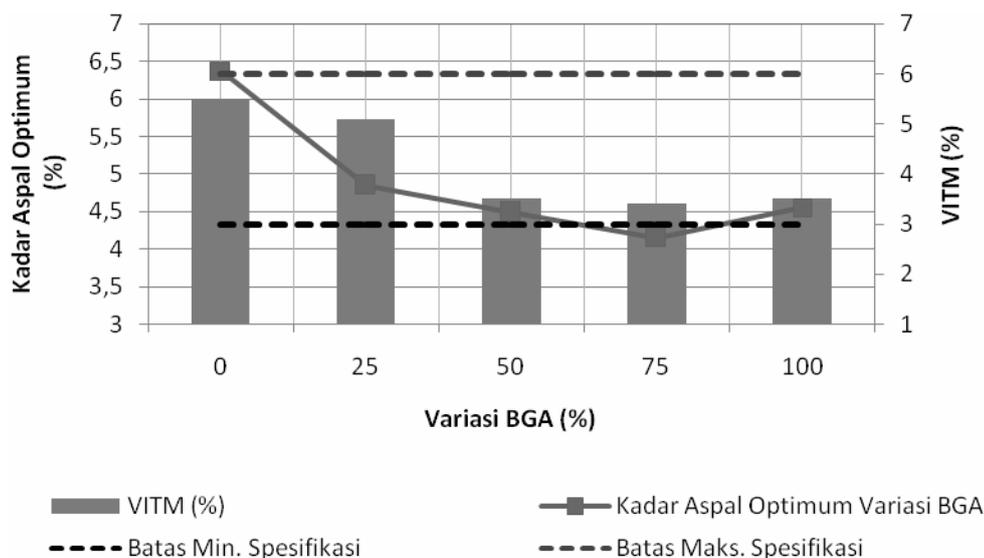
5. Pengaruh BGA terhadap nilai stabilitas

Dari nilai stabilitas yang terjadi disebabkan karena penambahan BGA akan dapat mengurangi rongga butiran yang ada dan menambah daya ikat antar agregat dimana BGA juga mengandung bitumen, sehingga terjadi bidang gesek dan *interlocking* antara butiran yang lebih kuat. Terjadi

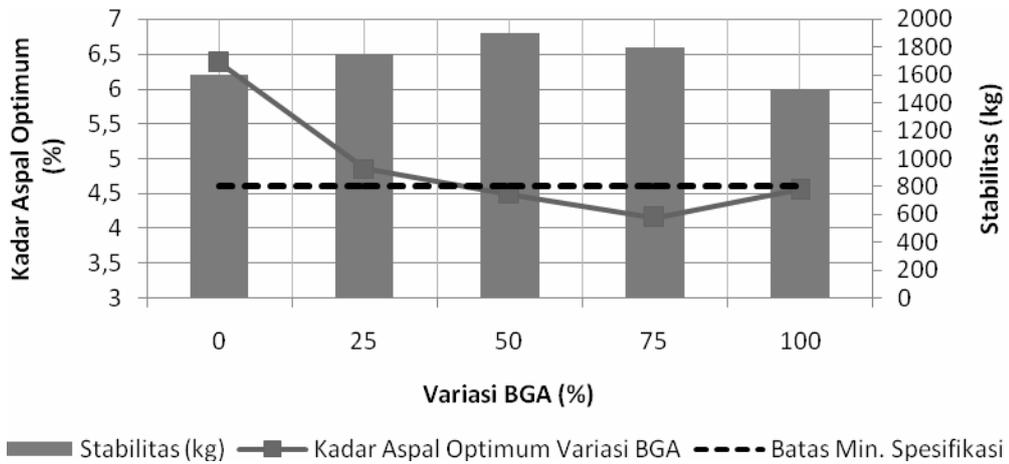
interlocking yang baik antara butiran ini menyebabkan *film* aspal menjadi tipis, kadar aspal yang optimal akan memberikan nilai stabilitas yang maksimum.

6. Pengaruh BGA terhadap nilai *Flow* (kelelahan)

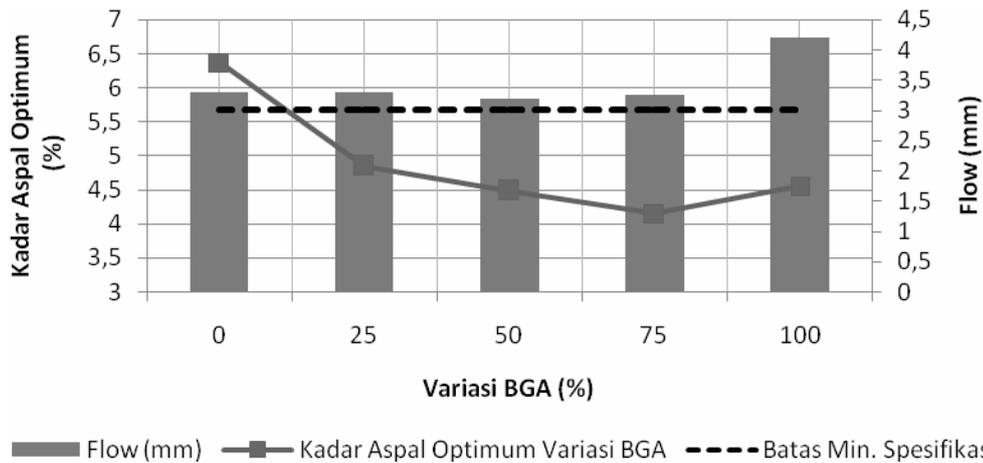
Dari Gambar 7. terlihat bahwa penggunaan BGA membuat nilai *flow* stabil, namun pada penggunaan 100% BGA terjadi kenaikan yang signifikan. Nilai kelelahan yang kecil dengan stabilitas yang besar mengindikasikan meningkatnya tahanan geser campuran HRS-WC dan memperkecil deformasi plastis.



Gambar 5. Grafik hubungan antara nilai VITM dan semua variasi campuran pada kadar aspal optimum

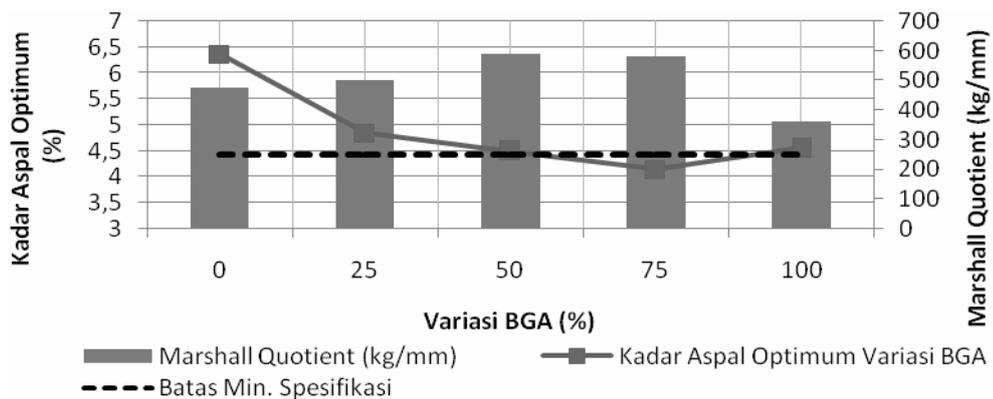


Gambar 6. Grafik hubungan antara nilai Stabilitas dan semua variasi campuran pada kadar aspal optimum



Gambar 7. Grafik hubungan antara nilai Flow dan semua variasi campuran pada kadar aspal optimum

7. Pengaruh BGA terhadap nilai Marshall Quotient



Gambar 8. Grafik hubungan antara nilai Marshall Quotient dan semua variasi campuran pada kadar aspal optimum

Dari Gambar 8. terlihat hubungan antara nilai MQ dengan variasi BGA. Penambahan BGA membuat nilai MQ cenderung meningkat pada kadar BGA tertentu, lalu mengalami penurunan. Untuk campuran 25% BGA, 50% BGA, dan 75%

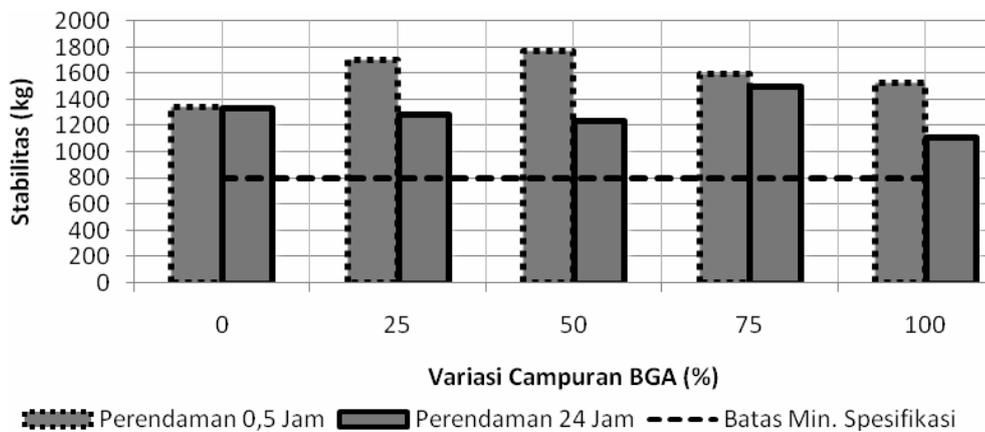
BGA, nilai MQ nya lebih tinggi jika dibandingkan dengan campuran 0% BGA. Hal ini disebabkan karena perubahan bentuk butiran BGA dari agregat halus menjadi butiran agregat yang sangat halus dan berbeda dengan agregat halus yang

biasa, sehingga penggantian agregat biasa dengan BGA akan membuat rongga – rongga udara menjadi lebih rapat dan terjadi *interlocking* yang kuat. Nilai *marshall quotient* yang besar pada campuran menunjukkan campuran bersifat kaku dan tahan terhadap deformasi plastis. Turunnya nilai *marshall quotient* menandakan tingkat kekakuan dari campuran menurun dan rentan terhadap deformasi plastis.

8. Pengaruh BGA terhadap Durabilitas pada Campuran HRS-WC Kondisi Kadar Aspal Optimum

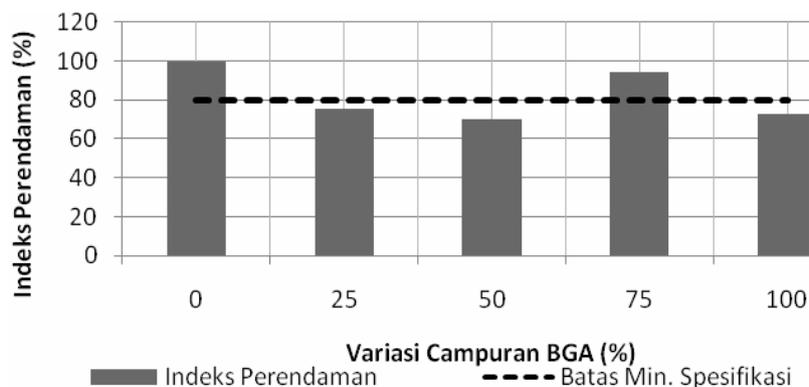
a. Analisis stabilitas

Dari Gambar 9. dapat lihat bahwa campuran HRS-WC yang mengalami perendaman pada suhu 60 °C, selama 24 jam akan mengalami penurunan stabilitas jika dibandingkan dengan perendaman standar (0,5 jam) meskipun pada campuran 0% BGA dan 75% BGA penurunannya sangat sedikit. Hal ini disebabkan oleh masuknya air kedalam pori-pori campuran HRS-WC yang mengakibatkan berkurangnya daya lekat aspal terhadap agregat dan gesekan antara agregat.



Gambar 9. Grafik hubungan antara nilai stabilitas, perendaman 0,5 jam dan perendaman 24 jam dengan semua variasi campuran pada kadar aspal optimum

b. Analisa Indeks Perendaman



Gambar 10. Grafik hubungan antara Indeks Perendaman dengan semua variasi campuran pada kadar aspal optimum

Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada perendaman 24 jam dari semua campuran HRS-WC memiliki indeks perendaman pada campuran agregat 0% BGA dan 75% BGA lebih besar dari batas minimum, hal ini mengindikasikan bahwa campuran ini mempunyai ketahanan yang baik terhadap air dan cuaca. Sedangkan pada campuran agregat 25% BGA, 50% BGA, dan 100% BGA dibawah garis batas minimum spesifikasi disebabkan karena perubahan bentuk agregat BGA dari butiran yang halus menjadi butiran yang sangat halus sehingga dapat menambah *filler* pada campuran. Faktor lain karena tingkat kerapatan agregat yang kurang baik diakibatkan oleh *filler* yang lebih cepat menyerap air, sehingga dapat menambah rongga-rongga yang terdapat dalam campuran. hal ini mengindikasikan bahwa campuran ini tidak mempunyai ketahanan yang baik terhadap air dan cuaca.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Karakteristik BGA sebagai pengganti agregat halus sebagai berikut:
 - a. Secara visual memiliki syarat sebagai agregat halus pada campuran:
 - Memiliki tekstur yang mirip dengan agregat halus namun memiliki berat jenis lebih rendah dibandingkan dengan agregat halus biasa (asal Clereng Yogyakarta).
 - Mengandung unsur bitumen yang terdapat pada *asphalt cement* dan mengandung mineral lainnya.
 - b. Secara pembagian ukuran butiran tertahan pada saringan no. 200 dan dapat digunakan sebagai agregat halus.
2. Berdasarkan pengujian Karakteristik *Marshall* campuran HRS-WC dengan menggunakan kadar aspal optimum, dihasilkan data – data sebagai berikut :
 - a. Pengujian *marshall* pada variasi campuran 0% BGA mendapatkan nilai *density* sebesar 2,237 gr/cc, stabilitas sebesar 1340 kg, *flow* sebesar 3,0 mm, VMA sebesar 19,72%, VFWA sebesar 61,89%, VITM sebesar 7,52% dan MQ sebesar 452 kg/mm.
 - b. Pengujian *marshall* pada variasi campuran 25% BGA mendapatkan nilai *density* sebesar 2,186 gr/cc, stabilitas sebesar 1700 kg, *flow* sebesar 3,2 mm, VMA sebesar 15,46%, VFWA sebesar 57,57%, VITM sebesar 6,60% dan MQ sebesar 534,5 kg/mm.
 - c. Pengujian *marshall* pada variasi campuran 50% BGA mendapatkan nilai *density* sebesar 2,12 gr/cc, stabilitas sebesar 1765 kg, *flow* sebesar 3,3 mm, VMA sebesar 12,85%, VFWA sebesar 63.31%, VITM sebesar 4,74% dan MQ sebesar 551,2 kg/mm.
 - d. Pengujian *marshall* pada variasi campuran 75% BGA mendapatkan nilai *density* sebesar 2,03 gr/cc, stabilitas sebesar 1589 kg, *flow* sebesar 3,3 mm, VMA sebesar 12,14%, VFWA sebesar 59,9%, VITM sebesar 4,89% dan MQ sebesar 485,8 kg/mm.
 - e. Pengujian *marshall* pada variasi campuran 100% BGA mendapatkan nilai *density* sebesar 1,958 gr/cc, stabilitas sebesar 1520 kg, *flow* sebesar 3,5 mm, VMA sebesar 11,12%, VFWA sebesar 71,96%, VITM sebesar 3,15% dan MQ sebesar 435,3 kg/mm.
3. Berdasarkan pengujian durabilitas HRS-WC dengan menggunakan material BGA sebagai pengganti agregat halus pada kadar aspal optimum dihasilkan data – data sebagai berikut :
 - a. Pada variasi campuran 0% BGA didapat nilai penurunan stabilitas yaitu sebesar 0.43% dan indeks kekuatan sisa sebesar 99,57% dicapai pada kadar aspal optimum 6,37%.
 - b. Pada variasi campuran 25% BGA didapat nilai penurunan stabilitas yaitu sebesar 24.37% dan indeks kekuatan sisa sebesar 75,63% dicapai pada kadar aspal optimum 4,85%.
 - c. Pada variasi campuran 50% BGA didapat nilai penurunan stabilitas yaitu sebesar 29,98% dan indeks kekuatan sisa sebesar 70,02% dicapai pada kadar aspal optimum 4,49%.
 - d. Pada variasi campuran 75% BGA didapat nilai penurunan stabilitas yaitu sebesar 5,88% dan indeks kekuatan sisa sebesar

- 94,12% dicapai pada kadar aspal optimum 4,15%.
- e. Pada variasi campuran 100% BGA didapat nilai penurunan stabilitas yaitu sebesar 27,13% dan indeks kekuatan sisa sebesar 72,87% dicapai pada kadar aspal optimum 4,55%.
4. Campuran HRS-WC dengan menggunakan 50% BGA memiliki nilai stabilitas lebih tinggi dibandingkan dengan campuran yang tidak menggunakan BGA (0% BGA). Penggunaan BGA sebagai pengganti agregat halus dapat menaikkan nilai stabilitas campuran, karena jika dibandingkan dengan agregat tanpa BGA nilai stabilitasnya lebih diatas. Campuran dengan 50% BGA cocok digunakan untuk perkerasan jalan yang melayani lalu lintas berat yang mengutamakan unsur stabilitas.
 5. Variasi campuran HRS-WC dengan menggunakan 75% BGA memiliki nilai durabilitas lebih rendah dibandingkan dengan variasi campuran 0% BGA, namun masih memenuhi persyaratan Departemen Pekerjaan Umum (2007) sebesar $\geq 80\%$ sedangkan pada penggunaan 25% BGA, 50% BGA, dan 100% BGA tidak memenuhi persyaratan atau dibawah batas spesifikasi.
1. Perlu dilakukan penelitian yang lebih lanjut mengenai pengaruh dari penggunaan BGA terhadap jenis yang lain seperti campuran AC, walaupun material tersebut tidak dapat berfungsi dengan baik sebagai material pengganti agregat halus pada HRS-WC.
 2. Mengingat penelitian yang dilakukan sekarang tidak ditinjau dari reaksi kimia BGA yang terjadi, maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh dari reaksi kimia terhadap nilai stabilitas, durabilitas dan kuat tarik dari campuran beton aspal.
 3. Perlunya pengembangan penelitian mengenai BGA tentang tata cara penggunaannya agar bisa mempermudah pemanfaatannya, sehingga dapat dihasilkan pengujian yang maksimal sesuai dengan kebutuhannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Alamsyah, A. A., 2006, *Rekayasa Jalan Raya*, Edisi Revisi, Penerbit Universitas Muhammadiyah Malang.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2007, *Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan*, Pusat Litbang Prasarana Transportasi. Badan Penelitian dan Pengembangan. Jakarta.
- Suparma, L.B., 1993, *Tinjauan Nilai Kekuatan Campuran Aspal pada Campuran HRS pada Berbagai Kadar Aspal*, Forum Teknik. 1 Agustus 1993, No. II, FT UGM, Yogyakarta.
- Totomiharjo, S., 1994, *Bahan dan Struktur Jalan Raya*, Biro Penerbit, KMTS JTS, FT UGM, Yogyakarta.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah disimpulkan di atas, maka dapat disarankan untuk tindak lanjut penelitian ini sebagai berikut :