



Komposit *Asphalt Polymer Wearing Coarse (AC-WC)* dengan *Buton Granular Asphalt (BGA) 15/20* pada Penetrasi 60/70 Menggunakan *Fly Ash* untuk Perkerasan Jalan Pesisir

Juny Andry Sulisty^{*}), Widayat , Sulardjaka

Program Studi Program Profesi Insinyur Fakultas Teknik Universitas Diponegoro,
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

^{*}Corresponding author: junyandry@gmail.com

(Received: November 1, 2025; Accepted: December 28, 2025)

Abstract

Asphalt Polymer Wearing Coarse (AC-WC) Composite with Buton Granular Asphalt (BGA) 15/20 at 60/70 Penetration Using Fly Ash for Coastal Road Paving. Indonesia has quite a lot of natural asphalt reserves on Buton Island, Southeast Sulawesi Province. This asphalt is known as Asbuton. Asbuton can be used as an additive that can reduce the need for oil asphalt in a mixture and at the same time can improve the performance of the asphalt mixture. This study aims to determine how much the Marshall characteristic value is in mixing natural and artificial asphalt with a comparison of the use of granular asphalt buton with fly ash and portland cement. This study uses an experimental method with experiments to obtain results, the use of BGA as a mixture with variations in granular content of 10%, 20%, 30%, 40% and 50% of the total mixture. The results showed that the use of granular with portland cement had the best results compared to the fly ash mixture. The more granular used, the stability value increases. At a BGA content of 10%, the stability value obtained was 1,593.63 kg, when the granular asphalt buton content was added to a content of 50%, the stability value increased to 2,614.59 kg. The stability value increased with the increase in BGA content. With an average increase of 2,047.83 kg. The flow of the mixture increased with the increase in the content of granular asphalt buton. When the mixture used a BGA variation of 10%, it had a flow value of 3.17 after being varied with the content of granular asphalt buton up to 50%, the flow value increased to 3.60 with an average increase of 3.36.

Keywords: *asphalt concrete mix, asphalt granular buton, Marshall characteristics, portland cement*

Abstrak

Indonesia memiliki cadangan aspal alam yang cukup banyak di pulau Buton, Provinsi Sulawesi Tenggara. Aspal ini dikenal dengan Asbuton. Asbuton dapat dijadikan suatu bahan tambah yang dapat mengurangi kebutuhan aspal minyak suatu campuran dan sekaligus dapat meningkatkan performa campuran aspal. Penelitian ini bertujuan mengetahui seberapa besar nilai karakteristik Marshall pada pencampuran aspal alam dan buatan dengan perbandingan penggunaan *Buton Granular Asphalt* dengan *fly ash* dan *portland cement*. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan percobaan untuk mendapatkan hasil, pemanfaatan BGA sebagai pencampuran dengan variasi kadar granular 10%, 20%, 30%, 40% dan 50% terhadap total campuran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan granular dengan semen portland memiliki hasil terbaik dibanding dengan campuran *fly ash*. Semakin banyak granular yang digunakan, menyebabkan nilai stabilitas semakin meningkat. Pada kadar BGA 10% nilai stabilitas yang didapatkan sebesar 1.593,63 kg, pada saat kadar *Buton Granular Asphalt* ditambahkan sampai pada kadar 50%, nilai stabilitas meningkat menjadi 2.614,59 kg. Nilai stabilitas mengalami peningkatan seiring pertambahan kadar BGA. Dengan peningkatan rata-rata sebesar 2.047,83 kg. Kelelahan *flow* campuran mengalami peningkatan seiring pertambahan kadar *Buton Granular Asphalt*. Pada saat campuran menggunakan variasi

BGA sebesar 10%, memiliki nilai *flow* sebesar 3,17 setelah divariasikan dengan kadar *Buton Granular Asphalt* sampai pada 50%, nilai *flow* meningkat menjadi 3,60 dengan rata-rata peningkatan sebesar 3,36.

Kata kunci: *campuran beton aspal, Buton Granular Asphalt, karakteristik Marshall, semen portland*

How to Cite This Article: Sulistyo, J. A., Widayat, W., & Sulardjaka, S. (2025). Komposit Asphalt Polymer Wearing Coarse (AC-WC) dengan Buton Granular Asphalt (BGA) 15/20 pada Penetrasi 60/70 Menggunakan Fly Ash untuk Perkerasan Jalan Pesisir. *JPII*, 3(4), 251-258. DOI: <https://doi.org/10.14710/jpii.2025.26846>

PENDAHULUAN

Seiring dengan semakin meluasnya jaringan jalan aspal di Indonesia, kebutuhan aspal untuk pengaspalan jalan saat ini cukup tinggi. Aspal ini didukung oleh aspal impor Pertamina. Penggunaan aspal impor dapat dikurangi dengan zat aditif yang dapat meningkatkan kinerja campuran perkerasan jalan, sedangkan Indonesia memiliki cadangan aspal banyak di Pulau Buton di Provinsi Sulawesi Tenggara. Aspal ini dikenal sebagai aspal asbuton atau batu-buton. Asbuton dapat digunakan sebagai bahan tambahan yang dapat mengurangi kebutuhan aspal minyak dalam campuran dengan cara meningkatkan efisiensi campuran sesuai arahan Presiden Joko Widodo (Jokowi) untuk mengoptimalkan potensi aspal alam Indonesia.

Sebagai produk aspal alam, kandungan aspal alam (asbuton) kurang lebih lebih dari 300.000.000 ton atau terbesar dibandingkan deposit aspal alam lainnya di dunia. Kandungan aspal asbuton berupa *Buton Granular Asphalt* (BGA) diharapkan dapat mengurangi penggunaan aspal minyak tanpa memengaruhi kualitas campuran perkerasan jalan. Ketersediaan dan harga aspal minyak bumi cenderung meningkat pada saat harga minyak dunia berfluktuasi.

Filler dalam campuran beraspal panas mempunyai kadar sekitar 1% sampai dengan 2% bahan pengisi, namun sangat berpengaruh terhadap sifat aspal sebagai bahan pengikat. Partikel kecil bereaksi terhadap sifat aspal. *Filler* yang paling banyak digunakan adalah semen (semen portland), khususnya di lokasi penelitian ini produk yang paling banyak digunakan adalah Semen Padang. Semen mengandung banyak bahan kimia seperti batu kapur (CaO), silikon dioksida (SiO₂), aluminium silikat (Al₂O₃) dan pasir besi (Fe₂O₃). Semen terhidrasi, yaitu air menyerapnya dan mengeras. Pengisi lain yang membutuhkan pengujian konstan adalah *fly ash*. Bahan pengisi ini wajib disebutkan karena bahan ini sangat umum sebagai bahan sisa pembakaran batu bara di hampir semua Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), khususnya PLTU Batang. Abu terbang ini dapat mengandung bahan kimia silikon dioksida (SiO₂) dan aluminium silikat (Al₂O₃) dalam jumlah besar.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui seberapa besar nilai karakteristik Marshall pada pencampuran aspal alam dan buatan dengan

perbandingan penggunaan *Buton Granular Asphalt* dengan *fly ash* dan semen portland.

METODE PENELITIAN

Laston adalah permukaan jalan dengan nilai struktural. Campuran ini terdiri dari agregat bergradasi kontinyu yang dicampurkan pada aspal keras, disebarkan dan dipadatkan panas pada temperatur tertentu. Laston adalah lapisan *paving* yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat butir menerus yang dicampur, dihamparkan dan dipadatkan pada suhu tertentu. Ada berbagai jenis beton aspal panas, namun jenis beton aspal panas yang diteliti dalam penelitian ini adalah AC-WC. *Dressing Course* adalah lapisan yang dilekatkan langsung pada ban kendaraan, lapisan tahan air dan cuaca setebal minimal 4 cm. Lapisan ini menyerap beban lalu lintas dan mendistribusikannya kembali ke lapisan di bawahnya berupa beban kendaraan (gaya vertikal), gaya pengereman (gaya horizontal) dan roda kendaraan (getaran). Karena sifat distribusi beban, beban yang diserap oleh setiap lapisan berbeda dan semakin ke bawah semakin besar.

Material alami seperti *Buton Granular Asphalt* (BGA) dan *fly ash* yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari AMP (*Asphalt Mixing Plant*) PT. Deltamarga Adyatama Jekulo, Kudus, Jawa Tengah. Penggunaan dan pemanfaatan aspal alam BGA diharapkan dapat meningkatkan produksi pada perusahaan pertambangan di Pulau Buton dan diharapkan juga dapat digunakan sebagai bahan tambahan atau bahan inti perkerasan jalan di Indonesia.

Aspal Pen 60/70

Di daerah tropis seperti Indonesia, jenis aspal yang sering digunakan adalah aspal keras pen 60/70 di mana titik lelehnya berkisar antara 48°C-58°C. Fungsi aspal pada campuran perkerasan adalah sebagai pengikat antara aspal dan agregat dan antar aspal, sebagai bahan pengisi rongga antara butir agregat dan pori-pori pada butir agregat itu sendiri dan sebagai pelumas saat menyebar di lapangan sehingga lebih mudah dipadatkan. Bahan aspal pena 60/70 diambil dari *Asphalt Mixing Plant* (AMP) PT Deltamarga Adyatama Jekulo, Kudus dapat dilihat pada Gambar 1.

Tabel 1. Hasil pengujian Aspal Pen 60/70

No.	Jenis Pemeriksaan	Satuan	Spesifikasi Aspal Pen 60/70		Hasil Pemeriksaan	Spesifikasi
			Min	Max		
1	Penetration 25°C, 100 g, 5 seconds	0,1 mm	60	70	65	SNI-06-2456-1991
2	Softening Point 5°C (Ring and Ball Test)	°C	48	58	52,45	SNI-06-2456-1991
3	Flash Point (Cleveland Open Cup)	°C	Min 200	-	315	SNI-06-2456-1991
4	Ductility	cm	Min 100	-	151,5	SNI-06-2456-1991
5	Specific Gravity	%	Min 1,0	-	1,039	SNI-06-2456-1991

Aspal Pen 60/70 adalah aspal buatan yang berasal dari Pertamina yang memiliki nilai penetrasi 65 mm, memiliki titik lembek 52,45°C, titik nyala sebesar 315°C, daktilitas 151,5 cm dan nilai kerapatan 1,039%. Parameter tersebut diperoleh untuk mengetahui kemampuan aspal terhadap tekanan, suhu tinggi, kekuatan tarik dan tingkat kerapatan pada aspal yang diharapkan.



Gambar 1. Aspal Pen 60/70

Aspal Pen 60/70 adalah aspal yang berbentuk cair dan memiliki titik pencampuran pada suhu 155°C-165°C, pada pencampuran suhu yang sesuai maka akan terjadi campuran terbaik dalam pelaksanaan aspal *hotmix*. Suhu yang sesuai menjadi bagian penting dari pencampuran aspal, dikarenakan apabila terjadi pencampuran yang di bawah suhu yang dipersyaratkan maka akan terjadi pemisahan atau segregasi pada masing-masing rongga aspal dan nilai kerapatan tidak akan sesuai dengan spesifikasi atau minimal 1%.

Bitumen *Buton Granular Asphalt*

Bitumen murni *Buton Granular Asphalt* diperoleh dengan metode destilasi vakum. Bitumen murni yang diperoleh diuji sifat reologi dari aspal murni yang diperoleh dan komposisi struktural yang terkandung dalam aspal diuji.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa penetrasi, titik lembek dan viskositas *Buton Granular Asphalt*

Bitumen sangat bervariasi. Pada umumnya mineral *Buton Granular Asphalt* hampir 85% terdiri dari batuan dasar kapur (*limestone*). Partikel *Buton Granular Asphalt* tersusun dari kombinasi mineral, aspal dan air, berwarna hitam kecoklatan, sangat berpori dan relatif ringan. Kandungan Bitumen *Buton Granular Asphalt* sangat bervariasi, tidak teratur (tidak homogen) dan sulit diperkirakan. Ini karena *Buton Granular Asphalt* merupakan produk pertambangan.



Gambar 2. Bitumen *Buton Granular Asphalt*

Bitumen *Buton Granular Asphalt* merupakan aspal alam yang memiliki kadar air. Butiran aspal *Buton* dipengaruhi oleh porositas partikel, kondisi cuaca dan kelembapan. Secara umum, kadar air partikel aspal yang diperoleh bervariasi antara 2 sampai 15%. Aspal alami ini memiliki jumlah yang banyak di Indonesia pada Pulau Lawele, Sulawesi Tenggara, sehingga pemanfaatannya sangat penting khususnya modifikasi dengan aspal buatan.

Agregat

Agregat yang digunakan adalah agregat kasar dan agregat halus. Fraksi agregat kasar yang dipertahankan oleh saringan No. 4 (4,75 mm) harus digunakan dalam desain campuran. Agregat kasar harus memenuhi persyaratan yang ditentukan dan harus keras, tahan lama, bersih dan bebas dari tanah liat atau komponen lain yang tidak diinginkan. Bahan yang melewati saringan No. 4 dan dipertahankan oleh saringan No. 200 disebut sebagai agregat halus, biasanya pasir murni yang telah disaring oleh penghancur batu, atau campuran keduanya.

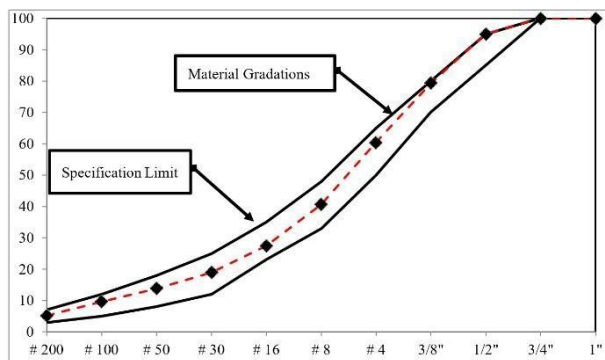
Seluruh proses pembuatan spesimen uji dan sifat material lainnya dilakukan di laboratorium transportasi jalan Universitas Islam Sultan Agung Semarang. Instrumen yang digunakan untuk memeriksa agregat meliputi mesin uji abrasi, saringan standar, penguji serpihan, oven pengering, timbangan, penguji gravitasi spesifik (yang menggabungkan piknometer, timbangan dan pemanas), bak rendaman dan tabung setara pasir.

Kombinasi agregat adalah hasil dari penggabungan setiap bahan agregat yang melewati saringan 3/4 dan dipertahankan dari saringan 1/2 hingga #200. Kombinasi agregat ini terdiri dari *hot bin II*, *hot bin III*, *hot bin IV*, *sand* dan *filler* (semen).



Gambar 3. AMP PT. Deltamarga Adyatama Jekulo. Kudus

Pada AMP PT. Deltamarga Adyatama Jekulo, Kudus sudah menggunakan gas sebagai bahan bakar. Hasil pembakaran bersih dari batuan yang terbakar sehingga memengaruhi hasil *material properties* agregat.



Gambar 4. Gradasi agregat AMP PT. Deltamarga Adyatama Jekulo Kudus

Pada gradasi agregat terdapat batas atas dan batas bawah, di mana pada batas atas adalah minimal lolos saringan diameter $\frac{3}{4}$ inch, sedangkan pada batas bawah adalah minimal lolos saringan diameter 200 m.

Abu Terbang (*Fly Ash*)

Abu terbang (*fly ash*) adalah abu hasil pembakaran batu bara yang biasa dihasilkan pada industri pembangkit listrik. *Fly ash* biasanya hanya diolah pada tumpukan di kawasan industri atau lahan yang tidak digarap. Akumulasi abu layang batu bara menimbulkan masalah karena abu terbang di udara dan dapat terhirup oleh manusia dan hewan. Terbangnya abu batu bara juga dapat memengaruhi kondisi air dan tanah di sekitarnya sehingga menyebabkan kematian tanaman. Efek negatif tersebut terutama disebabkan oleh unsur Pb, Cr dan Cd, yang sebagian besar terkonsentrasi pada fraksi butiran yang sangat halus (0,5-10 μm). Butiran ini dapat dengan mudah diangkut dan dihirup oleh manusia dan hewan, sehingga konsentrasi tertentu yang terakumulasi dalam tubuh manusia dapat menimbulkan akibat yang berbahaya.

Komponen utama abu layang batu bara dari pembangkit listrik adalah silikon oksida (SiO_2),

aluminium oksida (Al_2O_3), oksida besi (Fe_2O_3), kalsium (CaO) dan sisanya magnesium, kalium, natrium, titanium dan belerang dalam jumlah kecil. *Fly ash* terdiri dari butiran halus yang sebagian besar berbentuk bola padat atau berongga. Ukuran partikel *fly ash* yang dihasilkan selama pembakaran batu bara kurang dari 0,075 mm. Kepadatan abu terbang bervariasi antara 2100 dan 3000 kg/m^3 dan permukaan spesifik antara 170 dan 1000 m^2/kg .

Fly ash memiliki kegunaan yang luas, seperti bahan baku semen, bahan tambahan pengolah limbah, bahan pengisi aspal dan lain-lain. Karbon sisa *fly ash* hasil pembakaran memiliki kualitas yang sama dengan karbon aktif, sehingga studi tentang penghilangan sisa karbon berpotensi untuk meningkatkan nilai ekonomis *fly ash*. Mengingat kegunaan *fly ash* sebagai bahan pengisi aspal dan pentingnya mengurangi dampak negatif lingkungan, penggunaan *fly ash* sebagai komponen bioaspal diharapkan dapat menciptakan produk yang ramah lingkungan dan mengurangi ketergantungan terhadap aspal turunan minyak bumi sesuai Gambar 5 di bawah ini.



Gambar 5. *Fly ash*

Pada Gambar 5 *fly ash* di atas menunjukkan bahwa komponen utama abu layang batu bara dari pembangkit listrik adalah silikon oksida (SiO_2), aluminium oksida (Al_2O_3), oksida besi (Fe_2O_3), kalsium (CaO) dan sisanya magnesium, kalium, natrium, titanium dan belerang dalam jumlah kecil.

Job Mix Design

Komposisi aspal yang direncanakan yaitu BGA dengan kadar 10%, 20%, 30%, 40 dan 50%, untuk masing-masing setiap campuran *filler* (*fly ash* dan semen portland, bukan untuk komposisi yang normal). Setelah semua bahan melewati tahap pengujian sesuai spesifikasi, langkah selanjutnya adalah menentukan jumlah spesimen uji dan menyediakan bahan campuran sesuai dengan komposisi campuran yang dihasilkan, juga dikenal sebagai desain campuran pekerjaan. Komposisi aspal normal yang direncanakan menggunakan kadar 4,5%, 5%, 5,5%, 6% dan 6,5%. Spesimen uji akan digunakan untuk menentukan kandungan aspal optimal yang akan digunakan dalam campuran aspal yang dimodifikasi. Campuran normal tanpa aditif Bitumen *Buton Granular*

Asphalt dan fly ash akan dibuat menjadi 3 bagian masing-masing dengan total 15 benda uji. Berdasarkan hasil kadar aspal dan uji ekstraksi yang digunakan untuk menentukan Kandungan Aspal Optimal (KAO) adalah 8,5% untuk campuran aspal yang dimodifikasi dengan aditif Bitumen *Buton Granular Asphalt* dan serat baja.

Komposisi aspal modifikasi menggunakan aspal 4,5% yang direncanakan dengan aditif Bitumen *Buton Granular Asphalt* memiliki 16 variasi dengan masing-masing persentase campuran adalah 10%, 20%, 30%, 40%, 50% dan fly ash yang digunakan adalah 1,2% untuk masing-masing kadar. Setiap variasi yang dibuat adalah 3 benda uji dengan total 48 benda uji aspal yang dimodifikasi.

Setiap benda uji terbuat sebanyak 3 buah untuk perbandingan masing-masing benda uji. Jika terdapat satu sampel yang tidak memenuhi spesifikasi standar Bina Marga 2018 Revisi 2 dan 2 benda uji lainnya memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2, maka objek uji tersebut dapat digunakan dan dibandingkan hasilnya. Tabel 2 di bawah ini menunjukkan jumlah spesimen uji dari setiap campuran yang akan dibuat dalam pengujian ini.

Tabel 2. Komposisi aspal

Komposisi	Total
Asbuton Granular 0% + Fly ash 0%	3 pcs
Asbuton Granular 10% + Fly ash 1,2%	3 pcs
Asbuton Granular 20% + Fly ash 1,2%	3 pcs
Asbuton Granular 30% + Fly ash 1,2%	3 pcs
Asbuton Granular 40% + Fly ash 1,2%	3 pcs
Asbuton Granular 50% + Fly ash 1,2%	3 pcs
Asbuton Granular 0% + Portland Cement 0%	3 pcs
Asbuton Granular 10% + Portland Cement 1,2%	3 pcs
Asbuton Granular 20% + Portland Cement 1,2%	3 pcs
Asbuton Granular 30% + Portland Cement 1,2%	3 pcs
Asbuton Granular 40% + Portland Cement 1,2%	3 pcs
Asbuton Granular 50% + Portland Cement 1,2%	3 pcs
Asbuton Granular 6% + Fly ash 0%	3 pcs
Asbuton Granular 6% + Fly ash 2%	3 pcs
Asbuton Granular 6% + Fly ash 4%	3 pcs
Asbuton Granular 6% + Fly ash 6%	3 pcs
Kadar Aspal Optimum KAO (4; 4,5; 5; 5,5; 6)	15 pcs
Total benda uji	63 pcs

Total benda uji yang digunakan adalah 63 benda uji di mana 15 benda berdasarkan dari Kadar Aspal Optimum dan 48 benda uji dari komposisi Asbuton Granular 0%, 20%, 30%, 40%, 50% dan 60% serta

Asbuton Granular 6% dengan variasi fly ash 0%, 2%, 4%, 6%.

Marshall Test

Metode yang diterapkan sebagai *mixture tester* adalah metode Marshall, di mana hasil uji Marshall diperoleh berupa komponen Marshall, yaitu berat volume benda uji, nilai stabilitas, aliran, VIM, VMA, VFA dan nilai ketebalan selimut aspal atau film berdasarkan hasil tersebut dapat menentukan hasil bagi Marshall.

Setelah menentukan *Job Mix Design* (JMD) dan rumus *design mix*, maka dibuat spesimen uji aspal modifikasi sebanyak 16 variasi dari masing-masing variasi adalah 3 spesimen uji dengan total 48 spesimen uji kemudian ditimbang dalam keadaan kering. Objek uji lanjutan ditimbang setelah direndam selama 24 jam dan objek uji ditimbang lagi dalam keadaan SSD. Setelah mendapatkan berat spesimen uji, perendaman dilakukan dalam penangas air (memanaskan cairan dengan merendamnya dalam air yang sudah dipanaskan) pada suhu 60°C selama 60 menit.

Seluruh sampel objek uji direndam dalam penangas air dan objek uji harus langsung diuji dengan alat Marshall untuk mendapatkan hasil pembacaan stabilitas dan hasil pembacaan aliran (leleh) pada sampel. Parameter yang tercantum adalah VMA, VIM, VFB, stabilitas, aliran (*melting*) dan MQ yang telah memenuhi persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 (revisi 2). Hasil yang diperoleh dibagi menjadi 3, yaitu komposisi normal, komposisi dengan asbuton granular, *portland cement* dan komposisi dengan fly ash.

Tabel 3. Komposisi aspal per sampel

Komposisi	%	Hasil
Abu batu	40	480 g
Pasir	3	36 g
Medium agregat (1/2)	25	300 g
Coarse agregat (3/8)	25	300 g
Filler	1,2	14,4 g
Aspal	5,8	69,6 g
	100	1200 g
A. BGA	10	6,96 g
B. Aspal (digunakan)		62,64 g

Komposisi yang digunakan terdiri dari abu batu 40%, pasir 3%, agregat kasar 1/2 inch 25%, agregat kasar 3/8 inch 25%, filler semen dan fly ash 1,2% dan campuran *Buton Granular Asphalt* dari 20%, 30%, 40%, 50% dan 60%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Nilai parameter yang dilaporkan dalam hasil penelitian adalah nilai void dalam campuran dan stabilitas, yang dikarenakan kedua parameter berdasarkan penelitian sebelumnya dipengaruhi oleh bahan asbuton granular dan fly ash. VIM adalah nilai

persentase rongga yang terkandung dalam campuran secara keseluruhan. Berdasarkan spesifikasi Bina Marga Tahun 2018 Revisi 2, nilai VIM tidak boleh melebihi atau kurang dari 3% hingga 5%.

Stabilitas didefinisikan sebagai kemampuan perkerasan keras untuk menahan perubahan bentuk aspal yang disebabkan oleh beban lalu lintas. Oleh karena itu, pengujian stabilitas harus dilakukan untuk mengetahui seberapa tahan benda uji terhadap beban, dan *flowmeter* digunakan untuk mengetahui berapa banyak peledakan yang disebabkan oleh beban.

Selama pengujian dengan alat Marshall, nilai stabilitas spesimen uji dihitung melalui pembacaan jam tangan stabilitas. Selanjutnya, nomor kalibrasi cincin pembuktian dalam lbs atau kilogram disesuaikan dan masih dikoreksi dengan faktor koreksi untuk ketebalan spesimen.

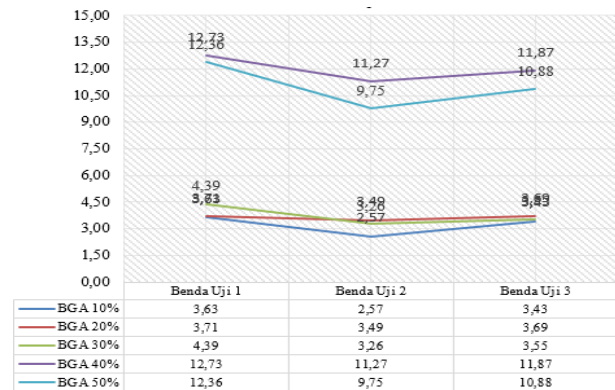
Apabila sudah dilakukan penentuan *job mix design* juga *design mix* formula dan pembuatan benda uji sebanyak 45 buah aspal, selanjutnya seluruh benda uji ditimbang dalam keadaan masih masih kering, dilanjutkan benda uji ditimbang setelah melakukan perendaman selama 24 jam dan benda uji ditimbang kembali dalam keadaan SSD. Setelah didapatkan berat benda uji selanjutnya lalu dilakukan perendaman pada *waterbath* (pemanasan cairan dengan cara merendamnya pada air yang telah dipanaskan sebelumnya) pada temperatur 60°C selama 30 menit. Seluruh sampel benda uji pada *waterbath* yang telah direndam harus langsung dilakukan proses pengujian pada alat Marshall untuk mendapatkan hasil bacaan stabilitas dan hasil bacaan *flow* (kelelahan) pada sampel benda uji aspal. Maksud dalam pemeriksaan Marshall *test* akan menghasilkan parameter Marshall, yaitu nilai KAO (Kadar Aspal Optimum). Agar dapat memperoleh nilai KAO (Kadar Aspal Optimum) terlebih dahulu didapatkan beberapa parameter. Parameter yang didapatkan yaitu adalah VMA (*Void in Mineral Aggregates*), VIM (*Void in Mix*), VFB (*Void Filled Bitumen*), stabilitas, *flow* (kelelahan) dan MQ (*Marshall Quotient*).

Hasil dari pemeriksaan Marshall *test* terdapat pada tabel yang telah direkap pada tabel di bawah dan juga terdapat pula grafik dari seluruh nilai parameter Marshall *test* yaitu VMA (*Void in Mineral Aggregates*), VIM (*Void in Mix*), VFB (*Void Filled Bitumen*), stabilitas, *flow* (kelelahan) dan MQ (*Marshall Quotient*) yang telah memenuhi persyaratan dari Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 (revisi 2). Untuk hasil yang didapatkan dari pengujian Marshall pada penelitian dibagi menjadi 3 komposisi, yaitu hasil pengujian Marshall untuk benda uji komposisi normal dengan kadar aspal (4%, 4,5%, 5%, 5,5%, 6%), benda uji kombinasi BGA kadar (10%, 20%, 30%,40% dan 50%) dengan *fly ash* dan benda uji kombinasi BGA (10%, 20%, 30%,40% dan 50%) dengan *Portland Cement* dengan masing-masing 3 buah benda uji dan kemudian diuji Marshall

untuk mengetahui stabilitas, kelelahan plastis, rongga udara dan rongga mineral agregat.

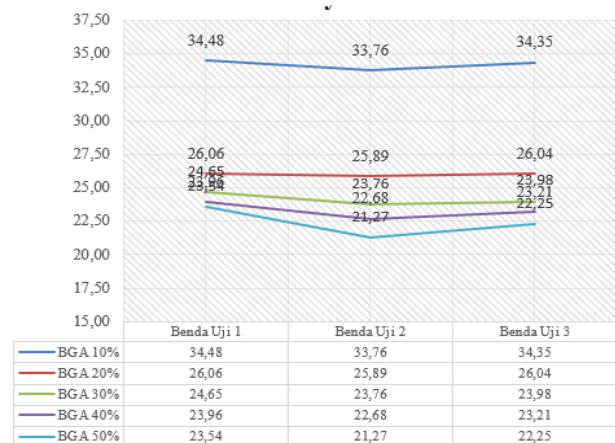
Hasil Marshall Benda Uji Kombinasi BGA dengan Fly Ash

Hasil pengujian Marshall untuk benda uji komposisi kombinasi BGA kadar (10%, 20%, 30%,40% dan 50%) dicampur *fly ash*, dengan benda uji 3 buah untuk masing-masing kadar. Nilai hasil dari parameter Marshall *test* mendapatkan hasil yang bervariasi sesuai dengan komposisi *Buton Granular Asphalt* dengan *fly ash*. Nilai VIM (*Void in Mix*) campuran *Buton Granular Asphalt* (BGA) dengan *fly ash* menggunakan kadar 10%, 20% dan 30% memenuhi spesifikasi.



Gambar 8. VIM untuk komposisi BGA dan fly ash

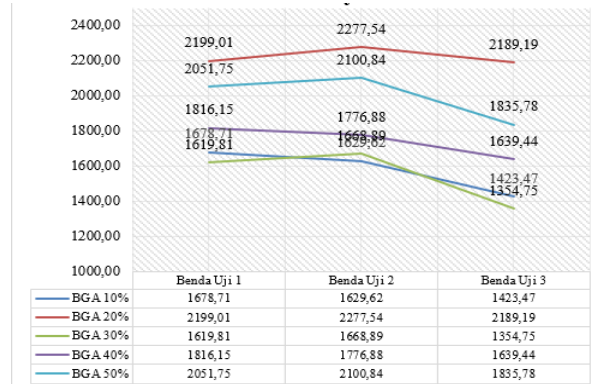
Dengan kadar 40% dan 50% tidak memenuhi spesifikasi atau tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dengan hasil rata-rata Rongga Udara (VIM) adalah 3,21%, 3,63%, 3,73%, 11,96% dan 11,00%. Sedangkan untuk spesifikasi dari Bina Marga minimum berada pada angka 3% dan maksimum pada angka 5%.



Gambar 9. VMA untuk komposisi BGA dengan fly ash

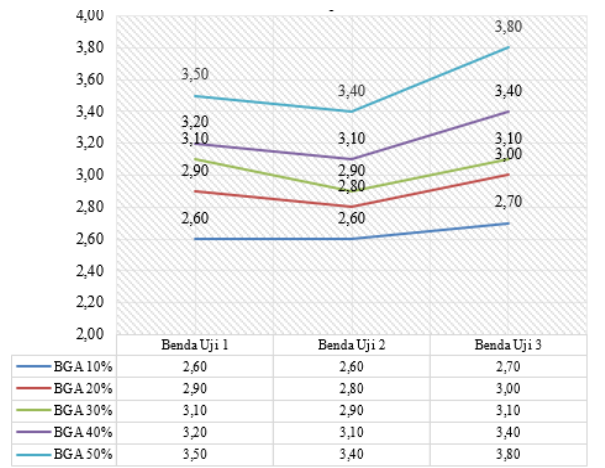
Pada Gambar 9, nilai yang dihasilkan untuk kadar 10%, 20%, 30%, 40% dan 50% yaitu 34,20%, 26%, 24,13%, 23,28% dan 22,35%. Dari hasil yang didapatkan

nilai masing-masing benda uji kombinasi kadar *Buton Granular Asphalt* (BGA) telah memenuhi spesifikasi dari Bina Marga. Untuk nilai spesifikasi VMA dari Bina Marga yaitu minimum 15%.



Gambar 10. Stabilitas untuk komposisi BGA dengan *fly ash*

Pada Gambar 10, nilai yang dihasilkan untuk kadar 10%, 20%, 30%, 40% dan 50% yaitu 3,17 mm, 3,22 mm, 3,30 mm, 3,50 dan 3,60 mm. Dari hasil yang didapatkan, nilai dari masing-masing benda uji telah memenuhi spesifikasi dari Bina Marga. Untuk nilai spesifikasi *flow* dari Bina Marga yaitu minimum 2,00 mm dan untuk nilai maksimum adalah 4,00 mm.



Gambar 11. Kelelehan plastis untuk komposisi BGA dengan *fly ash*

Pada Gambar 11, nilai MQ (*Marshall Quotient*) yang dihasilkan untuk kadar 10%, 20%, 30%, 40% dan 50% yaitu 503,25 mm, 571,73 mm, 610,84 mm dan 621,74 mm. Dari hasil yang didapatkan nilai dari masing-masing benda uji telah memenuhi spesifikasi dari Bina Marga.

KESIMPULAN

Hasil penelitian yang telah dilakukan untuk *job mix design* pada pengujian Marshall mendapatkan nilai VIM dengan kadar *Buton Granular Asphalt* (BGA) 10%, 20% dan 30% di mana hasil pengujian tersebut memenuhi spesifikasi dari Bina Marga Tahun 2018 revisi ke-2 sehingga campuran aspal dapat digunakan untuk kondisi jalan. Namun campuran dengan kadar 40% dan 50% tidak memenuhi spesifikasi atau tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan karena tidak memenuhi spesifikasi dari Bina Marga tahun 2018 revisi ke-2 dengan nilai minimum berada pada angka 3% dan maksimum berada pada angka 5%. Penggunaan *Buton Granular Asphalt* (BGA) dengan biaya lebih murah dapat digunakan sebagai perkerasan jalan

DAFTAR PUSTAKA

Agah, H. R., & Hadiwardoyo, S. P. (2012). Pengaruh Penambahan *Buton Granular Asphalt* pada Campuran Beton Aspal Terhadap Modulus Resilien dan Gradasi. *Jurnal Transportasi*, 12(2).

Badan Standardisasi Nasional. (1990). *SNI 03-1969-1990: Metode pengujian penyerapan air oleh agregat*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

Badan Standardisasi Nasional. (1991). *SNI 06-2434-1991: Metode pengujian titik lembek 5°C (Ring and Ball test)*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

Badan Standardisasi Nasional. (2008). *SNI 03-2417-2008: Metode pengujian keausan agregat dengan mesin abrasi Los Angeles*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

Badan Standardisasi Nasional. (2011). *SNI 03-2439-2011: Metode pengujian kelengketan agregat terhadap aspal pen 60/70*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

Chen, S., & Guo, R. (2015). Research on the application of rock asphalt in a seasonal frozen area. In *CICTP 2015* (pp. 980-991).

Direktorat Jenderal Bina Marga. (2018). *Spesifikasi umum bidang jalan dan jembatan: Divisi 6 perkerasan beraspal*. Pusat Litbang Jalan dan Jembatan, Badan Penelitian dan Pengembangan, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

Djalante, S. (2011). Pengaruh Ketahanan Beton Aspal (Ac-Bc) Yang Menggunakan Asbuton Butir Tipe 5/20 Terhadap Air Laut Ditinjau Dari Karakteristik Mekanis Dan Durabilitasnya. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Transportasi*, 1(1), 57-68.

Fatmawati, S. (2015). *Analisa sifat bahan dasar pembentuk campuran aspal modifikasi polimer akibat perendaman air rob* (Skripsi, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia). Universitas Indonesia

- Firstyan, F., Bagus, G., Djakfar, L., & Bowoputro, H. (2015). *Pengaruh Suhu Pematatan Terhadap Kinerja Marshall pada campuran CPHMA menggunakan LGA dan Aspal Minyak Penetrasi 60/70* (Doctoral dissertation, Brawijaya University).
- Intari, D. E., Fathonah, W., & Kirana, F. W. (2018). Analisis karakteristik campuran laston (hrs-wc) akibat rendaman air laut pasang (ROB) dengan aspal modifikasi polimer starbit E-55. *Fondasi: Jurnal Teknik Sipil*, 7(2).
- Jimenez, R. A. (1993). ASPHALT: mixture design method to minimize rutting. *Transportation research record*, 1417, 109.
- Layuk, M. P. (2014). Studi kinerja campuran ac-wc menggunakan bga asbuton sebagai bahan pengikat. *Universitas Hasanuddin*.
- Manurung, G. P. (2012). *Analisis pengaruh penambahan BGA (Buton Granular Asphalt) dan polimer SBS terhadap sifat agregat dan aspal dari campuran aspal panas* (Skripsi, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia).
- Martha, A. (2012). *Analisis kinerja campuran aspal panas dengan menggunakan variasi komposisi BGA (Buton Granular Asphalt) dan penambahan aditif jenis polimer* (Skripsi, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia). Universitas Indonesia.
- Muammar, R., Saleh, S. M., & Yunus, Y. (2018). Durabilitas campuran laston lapis aus (AC-WC) di substitusi limbah low density polyethylene (LDPE) dengan cara kering terhadap rendaman kotoran sapi. *Jurnal Teknik Sipil*, 1(3), 689-700.
- Prawira, A., & Suparna, L. B. (2008). Pemanfaatan Bga (Buton Granular Asphalt) sebagai Bahan Pengganti Agregat Halus pada Campuran Hrs-wc secara Laboratorium. In *Journal of the Civil Engineering Forum* (Vol. 18, No. 2, p. 218674). Petra Christian University.
- Ramlan, R., & Pradhani, N. (2008). Studi Pemanfaatan Pasir Laut Sebagai Agregat Halus pada Campuran Beton Aspal. *Majalah Ilmiah Mektek*, 10(1), 10-21.
- Ritonga, A. H. (2017). Pembuatan Aspal Polimer Menggunakan Karet SIR-20 Yang Diinisiasi Oleh Adanya Dikumul Peroksida Melalui Proses Ekstrusi. *Jurnal Stikna*, 1(2), 123-130.
- Sukmadian, D. A. (2013, 5 Desember). *Pengaruh penggunaan Buton Granular Asphalt (BGA) 15/20 terhadap karakteristik Marshall pada campuran AC-WC* (Skripsi, Fakultas Teknik, Universitas Jember). Universitas Jember.
- Tahir, A. (2009). Karakteristik Campuran Beton Aspal (AC-WC) dengan menggunakan variasi kadar filler abu terbang batu bara. *SMARTek*, 7(4), 222273.