

PENGGUNAAN ASBUTON LAWELE GRANULAR ASPHALT (LGA) DAN BUTON GRANULAR ASPHALT (BGA) PADA CAMPURAN ASPAL PORUS

Iftitah Adnany

Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

E-mail: iftitahadnany17@gmail.com

Yogie Risidianto

Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

E-mail: risdi75@yahoo.com

Abstrak

Aspal porus merupakan generasi baru dalam perkerasan lentur. Aspal porus memiliki campuran dengan agregat tertentu, yang didesain mempunyai pori-pori udara dan membolehkan air meresap secara vertical maupun horizontal. Aspal porus memiliki nilai stabilitas marshall yang lebih rendah dari aspal beton yang menggunakan gradasi rapat. Penggunaan aspal porus dinilai bisa menjadi solusi dari permasalahan kondisi jalan di Indonesia. Asbuton ditemukan oleh geolog asal Belanda WH Hetzel Asbuton pada tahun 1924, dan digunakan pertama kali dalam pengaspalan jalan dua tahun kemudian. Aspal alam di Pulau Buton totalnya tidak kurang dari 750 juta ton, ini berarti 80% cadangan aspal alam di dunia terdapat di Pulau Buton. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh penambahan Buton Granular Asphalt (BGA) dan Lawele Granular Asphalt (LGA) dalam campuran Aspal Porus yang menggunakan agregat bergradasi seragam ditinjau dari karakteristik Marshall. Agregat bergradasi seragam adalah agregat yang hanya terdiri dari butir – butir agregat berukuran sama atau hampir sama.

Metode penelitian ini menggunakan standart SNI 06-2489-1991 dengan gradasi campuran menggunakan standart Australian Asphalt Pavement Association (2004). Variasi kadar aspal dengan campuran LGA BGA adalah 2%, 2,5%, 3%, 3,5%, 4%, dan 4,5% dengan menggunakan aspal pen 60/70. Serta penambahan BGA pada agregat halus (0 mm-5 mm) dengan perbandingan 50:50 dan penambahan LGA pada agregat medium (5 mm – 10 mm) dengan perbandingan 50:50.

Hasil penelitian menunjukkan dengan adanya penambahan asbuton LGA dan BGA berpengaruh cukup baik dilihat dari nilai stabilitas meningkat mencapai 724,3 kg, mengalami kenaikan hingga 15,66% dari campuran aspal porus tanpa penambahan LGA dan BGA. Untuk nilai VIM pada kadar aspal 2,75% telah memenuhi spesifikasi dari Australian Asphalt Pavement Association (2004) sehingga dapat memenuhi parameter untuk struktur perkerasan lentur. Nilai permeabilitas mengalami penurunan dari kondisi kontrol tetapi tetap berada di atas standart yang ditentukan.

Kata Kunci : Aspal porus, Buton Granular Asphalt (BGA), Lawele Granular Asphalt (LGA), Marshall, Permeabilitas.

Abstract

Porous asphalt has a mixture with certain aggregates which are designed to have air pores and allow water to penetrate vertically or horizontally. Porous asphalt generally has a lower Marshall stability value than concrete asphalt which uses tight gradations. Asbuton was discovered by Dutch geologist WH Hetzel Asbuton in 1924, pavement construction two years later. The resource of asbuton in Buton is not less than 750 million tons, this means that 80% of the world's natural asphalt reserves are in Buton Island.. This study aimed to examine the effect of substitution of Buton Granular Asphalt (BGA) and Lawele Granular Asphalt (LGA) in the porous Asphalt mixture using uniformly graded coarse aggregates in terms of Marshall characteristics. Uniformly graded aggregates are aggregates which only consist of aggregate items of the same or nearly the same size.

This research method using standard SNI 06-2489-1991 with mixed gradations using Australian Asphalt Pavement Association (2004). Variations in asphalt content with LGA and BGA mixtures are 2%, 2.5%, 3%, 3.5%, 4%, and 4.5% using asphalt pen 60/70. Substitution of BGA to fine aggregate with a ratio of 50:50 and substitution of LGA to ine aggregate with a ratio of 50:50.

The result shows increase of stability 724,3 kg, increasing 15,66% better than porous asphalt mixes without the substitution of LGA and BGA. a VIM at 2,75% bitumen content has met the specifications of the Australian Asphalt Pavement Association (2004) so that it can meet the parameters for flexible pavement structures. The permeability value is obedient from the control conditions of porous asphalt but remains above the specified standard.

KeyWords : Porous asphalt , Buton Granular Asphalt (BGA), Lawele Granular Asphalt (LGA), marshall, Permeability.

PENDAHULUAN

Asbuton ditemukan oleh geolog asal Belanda WH Hetzel Asbuton pada tahun 1924, dan digunakan pertama kali dalam pengaspalan jalan dua tahun kemudian. Aspal alam di Pulau Buton totalnya tidak kurang dari 750 juta ton, ini berarti 80% cadangan aspal alam di dunia terdapat di Pulau Buton, sisanya berada di Trinidad, Tobago, Meksiko, dan Kanada. Pekerjaan konstruksi jalan di Indonesia sebagian besar menggunakan aspal minyak impor dari negara tetangga. Indonesia membutuhkan aspal sebesar 2 juta ton per tahun, maka dibutuhkan Rp. 18 Triliun untuk mengimpor aspal minyak. Perbandingan menggunakan Asbuton, hanya diperlukan biaya Rp.8,7 Triliun. Penghematan devisa negara dapat mencapai Rp.9,3 Triliun per tahun selama masa layan minimal 350 tahun apabila menggunakan asbuton untuk konstruksi jalan yang ada di Indonesia (Zebua, 2015).

Indonesia memiliki curah hujan yang tinggi. Tingginya curah hujan ini perlu dibuatkan suatu sistem drainase jalan yang secara efektif dapat mengalirkan atau membuang air dari lapisan jalan. Genangan air di jalan tidak jarang menimbulkan kerusakan pada jalan khususnya pada lapisan aspal. Kerusakan jalan memerlukan solusi bagaimana memilih penggunaan perkerasan untuk jalan yang tepat dan sesuai dengan kondisi tanah pada lokasi-lokasi tertentu.

Aspal porus didesain untuk mendapatkan kadar rongga yang besar agar dapat meneruskan aliran air ke saluran samping dan lapisan dasar yang kedap air untuk mencegah air meresap ke lapis *subbase* serta badan jalan, sehingga genangan air di atas permukaan jalan yang terjadi setelah hujan dapat diminimalisir. (Sanusi, 2005).

Berdasarkan latar belakang di atas, maka penulis mengambil judul penelitian, "Penggunaan Asbuton *Lawele Granular Asphalt* (LGA) dan *Buton Granular Asphalt* (BGA) Pada Campuran Aspal Porus". Dalam penelitian ini dilakukan pencampuran aspal berpori dengan bahan tambah Asbuton LGA dan BGA. Asbuton LGA dan BGA dapat ditambahkan ke dalam campuran aspal dengan harapan akan memberikan perubahan karakteristik campuran yang lebih baik dan memenuhi spesifikasi yang disyaratkan oleh Australian Asphalt Pavement Association (2004).

Berdasarkan uraian latar belakang tersebut, maka permasalahan yang dapat dirumuskan adalah Bagaimana pengaruh dari penambahan asbuton *Lawele Granular Asphalt* (LGA) dan *Buton Granular Asphalt* (BGA) pada campuran aspal porus ditinjau dari karakteristik *marshall* dan permeabilitas. Sedangkan tujuan yang ingin dicapai berdasarkan rumusan masalah adalah Mengetahui pengaruh dari penambahan asbuton *Lawele Granular Asphalt* (LGA) dan *Buton Granular Asphalt* (BGA) pada

campuran aspal porus ditinjau dari karakteristik *marshall* dan permeabilitas.

Manfaat yang dapat diperoleh antara lain: (1) Dapat menghasilkan campuran komposisi alternatif pada pembuatan aspal porus. (2) Dapat memberi alternatif pada kontraktor jalan agar menggunakan asbuton dan aspal porus sebagai solusi baru perkerasan lentur guna mencegah genangan air diatas permukaan aspal. (3) Dapat meningkatkan penggunaan aspal alam asal indonesia sehingga dapat mengurangi impor aspal serta gambaran mengenai aspal porus sebagai alternatif yang dapat digunakan untuk perkerasan jalan kelas III.

Batasan-batasan yang digunakan, antara lain: (1) Perkerasan lentur (*flexible pavements*) yang direncanakan adalah aspal porus dengan campuran aspal panas (*hot mix asphalt*). (2) Aspal yang digunakan adalah aspal dengan penetrasi 60/70 dan variasi kadar aspal dengan penambahan LGA dan BGA yang digunakan adalah 2%, 2,5%, 3%, 3,5%, 4%, 4,5% dari berat total campuran. (3) Material yang digunakan dalam campuran aspal porus antara lain: agregat, filler, aspal pen 60/70 dari PT. Merakindo Mix dan aspal Buton LGA (*Lawele Granular Asphalt*) dan BGA (*Buton Granular Asphalt*) dari PT. Summitama Intinusa. (4) Penelitian ini menggunakan gradasi *Australian Asphalt Pavement Association* (2004). (5) Pengujian yang dilakukan adalah *Marshall Test* dan permeabilitas. (6) Penelitian ini tidak menguji kandungan yang ada dalam LGA & BGA.

KAJIAN PUSTAKA

Aspal Buton (Asbuton)

Aspal buton adalah aspal alam berbentuk batu-batuan (*rock asphalt*, di Indonesia terdapat di pulau Buton dan ditemukan sejak tahun 1928. Sampai saat ini didapatkan di dua tempat penambangan, yaitu di Kabungka dan Lawele.

Asbuton butir adalah hasil pengolahan dari Asbuton berbentuk padat yang di pecah dengan alat pemecah batu (*crusher*) atau alat pemecah lainnya yang sesuai sehingga memiliki ukuran butir tertentu.

Tabel 1. Jenis Asbuton Butir yang telah diproduksi

Uraian	Jenis Asbuton/ Merk Produksi						Satuan
	Konv.*)	Halus*)	Mikro*)	BRA	BGA	LGA	
Kadar aspal	13-20	20	25	20	20-25	25-30	%
Kadar air	>6	6	2	<2	<2	<2	%
Ukuran Butir Maks.	12,5	4,75	2,36	1,18	1,18	9	mm
Kemasan	curah	kantong	Kantong	Karung	karung	karung	-

*) tahun 2004 sudah tidak diproduksi lagi

Sumber: bataviase.co.id/PU Dukung Penggunaan Asbuton/06 Aug 2010

Aspal Porus

Aspal porus adalah campuran beraspal yang didesain mempunyai porositas lebih tinggi dibandingkan jenis perkerasan yang lain, sifat porus diperoleh karena campuran aspal porus menggunakan proporsi agregat halus lebih sedikit dibandingkan campuran jenis yang lain. Kandungan rongga/pori dalam jumlah yang besar, diharapkan menghasilkan kondisi permukaan agak kasar, sehingga akan mempunyai tingkat kekesatan yang tinggi. Selain itu pori yang tinggi diharapkan dapat berfungsi sebagai saluran drainase di dalam campuran (Wignall & Arthur, 2003).

Campuran aspal porus menggunakan gradasi terbuka (*open graded*), sehingga campuran aspal porus dapat dikatakan juga *open graded asphalt*. Gradasi terbuka terdiri dari agregat kasar yang banyak dan hanya mengandung agregat halus yang sedikit, sehingga terdapat banyak rongga/ruang. Persyaratan dan sifat teknis agregat pada campuran menggunakan spesifikasi *Australian Asphalt Pavement Association 2004* dengan nilai parameter yang dianjurkan untuk aspal porus, yaitu:

1. Air Void 18 – 25%
2. Permeability nilainya $> 10^{-1}$ cm/dt
3. Stabilitas > 500 kg
4. Kelelahan Marshall 2 – 6 mm
5. Kekakuan Marshall < 400 kg/mm

Marshall Test

Pengujian Marshall bertujuan untuk mengukur daya tahan (stabilitas) campuran agregat dan aspal terhadap kelelahan plastis (*Flow*). Parameter lain yang penting adalah analisis void yang terdiri dari *Void In the Mix* (VIM), *Void in Material Aggregate* (VMA), *Void Filled with Asphalt* (VFA) (Soeharto, 2014). Pada *Standart ASTM D 1559-89* Perhitungan marshall dapat menggunakan rumus:

$$MQ = S / \text{Flow}$$

Dimana:

MQ = Nilai Marshall quotient (kg/mm)

S = Stabilitas Marshall (Kg)

Flow = Pembacaan dial Flow (mm)

VIM (*Void in Mix*) adalah volume pori dalam campuran yang telah dipadatkan atau banyak rongga udara yang berada dalam campuran aspal porus. Dalam hal ini perhitungan volume sampel tidak dilakukan dengan perendaman sampel dalam air dikarenakan berat kering permukaan jenuh (SSD) pada aspal porus tidak akan terjadi sebagai akibat dari porusnya campuran, sehingga nilai porositas/VIM dinyatakan dalam bilangan satu angka di belakang koma atau dalam persen (%) terhadap campuran. VIM dihitung dengan rumus:

$$P = \left[1 - \frac{D}{SG_{mix}} \right] \times 100\%$$

$$SG_{mix} = \frac{100}{\frac{\%W_a}{SG_a} + \frac{\%W_f}{SG_f} + \frac{\%W_b}{SG_b}}$$

$$D = \frac{4 Ma}{\pi d^2 L}$$

Dimana:

P = Volume rongga udara dalam campuran (%)

SG_{mix} = Berat jenis maksimum campuran

SG = *Specific Gravity* komponen (gram/cm³)

D = Berat jenis efektif total agregat (gram/cm²)

%W = % berat tiap komponen

Stabilitas (*stability*) adalah kemampuan lapis aspal beton untuk menahan deformasi atau perubahan bentuk akibat beban lalu lintas yang bekerja pada lapis perkerasan tersebut. Nilai stabilitas diperoleh berdasarkan nilai masing-masing yang ditunjukkan oleh jarum dial. Stabilitas dinyatakan dalam satuan kg dan diperoleh dari pembacaan arloji pada alat uji Marshall dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Stability} = O \times E' \times Q$$

Dimana :

Stability = Stabilitas Marshall (kg)

O = Pembacaan arloji stabilitas (Lbf)

E' = Angka korelasi volume benda uji

Q = Kalibrasi alat Marshall

Flow merupakan salah satu indikator terhadap lentur. Seperti halnya cara memperoleh nilai stabilitas, nilai Flow merupakan nilai dari masing-masing yang ditunjukkan oleh jarum dial.

Permeabilitas

Permeabilitas adalah kemampuan media yang poros untuk mengalirkan fluida. Alat uji permeabilitas antara lain adalah *constant head permeability* lazim digunakan untuk pengujian permeabilitas campuran aspal dengan pori yang sangat kecil. Indeks permeabilitas berdasarkan Hukum Darcy dihitung dengan rumus :

$$K = \left(2,3 \frac{d}{t} \right) \cdot \log \left(\frac{d + 5cm}{d} \right)$$

Dimana:

K = koefisien permeabilitas air (cm/dt)

d = Tinggi benda uji (cm)

t = Lama waktu perembesan (detik)

METODE

Jenis dan Rancangan Penelitian

Penelitian ini adalah uji eksperimental pada pengujian aspal porus dengan bahan pengikat aspal buton LGA (*Lawele Granular Asphalt*) dan BGA (*Buton Granular Asphalt*) yang ditambahkan pada agregat, filler, dan aspal pen 60/70 dengan karakteristik Aspal Porus, dimana

seluruh kegiatan penelitian dilakukan di Laboratorium Universitas Negeri Surabaya dan Laboratorium AMP PT. Merakindo mix . Jenis penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif, sebab penelitian ini merupakan salah satu jenis penelitian yang spesifikasinya sistematis, terencana, dan terstruktur dengan jelas sejak awal hingga pembuatan desain penelitiannya.

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Negeri Surabaya yang beralamat di Jl. Ketintang, Ketintang, Kec. Gayungan, Kota SBY, Jawa Timur .

Subjek Penelitian

Pada penelitian ini akan dilakukan penambahan Asbuton LGA (*Lawele Granular Asphalt*) dan BGA (*Buton Granular Asphalt*) terhadap agregat, filler, dan aspal pen 60/70 yang diharapkan mampu memberikan alternatif/solusi dalam penggunaan material Asbuton pada konstruksi perkerasan jalan. Gradasi agregat campuran aspal porus menggunakan gradasi Australia dan jenis agregat dengan sistem gradasi terbuka (*open graded*) dengan bahan penyusun antara lain agregat, filler, aspal, dan asbuton LGA (*Lawele Granular Asphalt*) dan BGA (*Buton Granular Asphalt*) untuk membuat benda uji.

Teknik Pengumpulan Data

Bahan-bahan yang digunakan dalam campuran terlebih dahulu diuji karakteristik dari masing- masing bahan baik agregat kasar, agregat halus maupun pengujian terhadap aspal pen 60/70 Pertamina dimana metode pengujian mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI). Gradasi agregat campuran dengan aspal menggunakan acuan metode Marshall serta spesifikasi Bina Marga Revisi I Divisi VI 2010 untuk pembuatan benda uji.

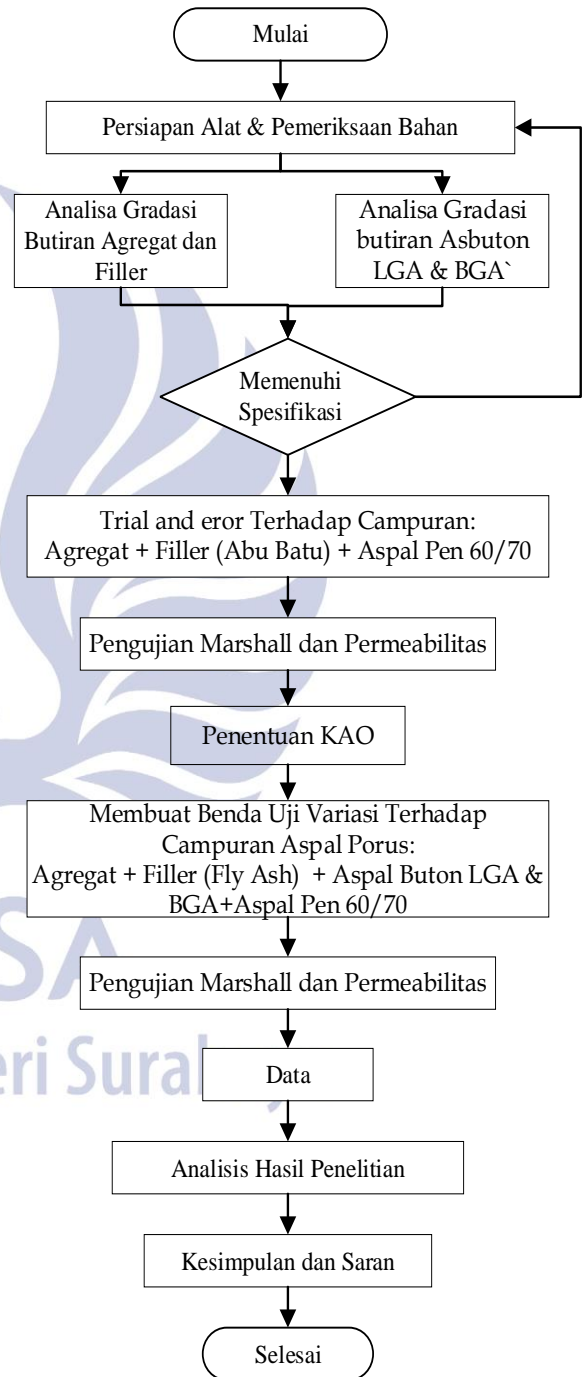
Membuat benda uji atau briket aspal porus terlebih dahulu disiapkan agregat dan aspal sesuai jumlah benda uji yang akan dibuat dan menyiapkan campuran sesuai perhitungan gradasi dari aspal porus dengan spesifikasi Australian Asphalt Pavement Association (2004) dengan asbuton butir tipe BGA dan LGA. Pembuatan benda uji untuk menentukan kadar aspal optimum berjumlah 18 buah benda uji untuk pengujian Marshall dan 12 benda uji untuk pengujian permeabilitas dengan 6 variasi kadar aspal yang masing masing berbeda 0,5% .

Teknik Analisis Data

Mengidentifikasi parameter-parameter *Marshall* yang telah dilakukan saat proses pengujian *Marshall* yang menghasilkan nilai berat benda uji, dial stabilitas, dan dial flow. Selanjutnya nilai tersebut dihitung menggunakan

rumus Air Void atau VIM, *Marshall Stability*, *Marshall Quotient* yang sesuai dengan *Standart ASTM D 1559-89*

Mengidentifikasi pengujian permeabilitas dan Koefisien Permeabilitas yang sudah dilakukan saat proses pengujian permeabilitas yang menghasilkan waktu habisnya air yang melewati benda uji dalam satuan detik. Selanjutnya nilai tersebut dihitung menggunakan rumus Permeabilitas.



Gambar 1. Flow Chart Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Langkah pertama dalam penelitian ini adalah memilih jenis dan penetrasi pada aspal yang akan digunakan yaitu aspal petamina dengan pen 60/70. Kemudian dilakukan pengujian aspal dan diperoleh nilai – nilai karakteristik material aspal yang akan digunakan sebagai bahan baku pembuatan aspal porus. Komposisi rancangan campuran terbagi atas empat fraksi yaitu:

- 1) Agregat kasar (10mm -15mm)
- 2) Agregat medium + LGA (5mm - 10mm)
- 3) Agregat halus + BGA (0mm -5mm)
- 4) Filler

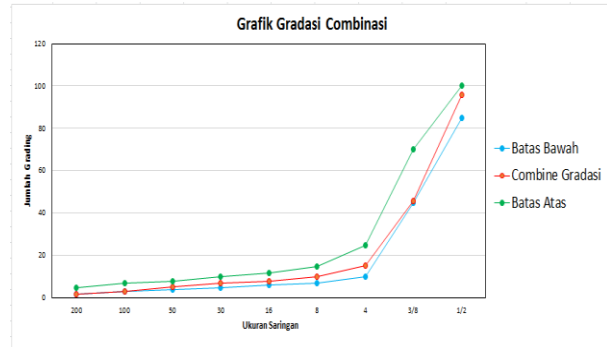
Komposisi campuran untuk variasi ini digunakan penambahan asbuton type LGA dengan perbandingan 50:50 pada agregat medium dengan ukuran 5mm-10mm. Hal ini dilakukan karena sifat asbuton LGA yang apabila dipanaskan akan berubah menjadi ukuran yang lebih kecil. Maka dari itu untuk menghindari campuran tersebut kehilangan agregat dengan ukuran 5mm-10mm maka dilakukan pencampuran dengan perbandingan antara LGA dan agregat medium adalah 50:50.

Penambahan asbuton BGA dilakukan dengan perbandingan 50:50 antara asbuton BGA dan agregat halus dengan ukuran 0mm-5mm. Pencampuran dilakukan karena apabila material agregat halus seluruhnya diganti oleh asbuton BGA maka menyebabkan campuran benda uji tidak memiliki pori pori cukup dengan kata lain campuran tersebut akan lebih padat dan tidak dapat memenuhi spesifikasi aspal porus.

Gradasi gabungan harus memenuhi standart *Australian Asphalt Pavement Association 2004* dengan cara melakukan *trial and error*. Proporsi agregat kasar, sedang, dan halus dapat ditentukan menggunakan jarak yang sama dari kurva keluar gradasi agregat, sehingga diperoleh garis potongan kurva luar dari saringan no. 1” sampai 1/2” untuk agregat kasar hingga sedang dan no. 3/8” sampai no. 200” untuk agregat halus. Berikut gradasi gabungan untuk karakteristik aspal porus dengan penambahan BGA dan LGA

Tabel 2. Gradasi gabungan untuk karakteristik aspal porus dengan penambahan BGA dan LGA

Ukuran Saringan	Agregat Kasar		Agregat Medium + LGA		Agregat halus + BGA		Filler		Total	Spesifikasi Lolos	
	Lolos	65%	Lolos	23%	Lolos	10%	Lolos	2%		Min	Max
3/4"	19	100,00	65,00	100,00	23,00	100,00	10,0	100,00	2,0	100	100
1/2"	13,2	94,03	61,12	99,30	22,84	100,00	10,0	100,00	2,0	96	100
3/8"	9,5	17,28	11,23	96,26	22,14	100,00	10,0	100,00	2,0	45	70
4	4,75	0,94	0,61	13,37	3,08	99,12	9,9	100,00	2,0	16	25
8	2,36	0,54	0,35	4,00	0,92	71,56	7,2	100,00	2,0	10	15
16	1,18	0,54	0,35	0,97	0,22	53,89	5,4	100,00	2,0	8	12
30	0,6	0,54	0,35	0,20	0,05	45,27	4,5	100,00	2,0	7	10
50	0,3	0,00	0,00	0,00	0,00	31,64	3,2	100,00	2,0	5	8
100	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	10,35	1,0	99,25	2,0	3	7
200	0,075	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22	0,0	99,09	2,0	2	5



Gambar 2. Grafik gradasi gabungan untuk karakteristik aspal porus dengan penambahan BGA dan LGA

Indikator yang harus di tinjau untuk mengetahui kinerja dari benda uji aspal porus dengan penambahan Asbuton LGA dan BGA, diantaranya adalah VIM, stabilitas, kelelahan (flow), MQ (Marshall Quotient) dan Permeabilitas. Pengujian dilakukan terhadap benda uji dengan kadar aspal rencana yang terendah adalah 2% hingga yang tertinggi yaitu 4,5% dengan penambahan Asbuton LGA dan BGA.. Kadar aspal rencana dibuat rendah karena material yang ditambahkan adalah Asbuton LGA dan BGA yang terdapat kandungan aspal alam di material tersebut. Pada pengujian dengan substitusi asbuton LGA dan BGA dilakukan 2 x pengujian yakni pengujian marshall dan pengujian permeabilitas yang kemudian dianalisa untuk mengetahui karakteristik campuran.

a. Hasil Analisis Terhadap Nilai VIM

Tabel 3. Analisis Terhadap Nilai VIM dengan penambahan LGA dan BGA

Kadar Aspal (%)	VIM (%)	Spesifikasi (%)	Keterangan
2	21,98	(18-23) <i>Australian Asphalt pavement Association (AAPA)</i>	<i>Memenuhi</i>
2,5	20,51		<i>Memenuhi</i>
3	18,93		<i>Memenuhi</i>
3,5	18,10		<i>Memenuhi</i>
4	16,95		<i>Tidak</i>
4,5	15,44		<i>Tidak</i>

Tabel 3 menunjukkan banyaknya rongga yang berada dalam campuran beraspal padat diantara butir – butir agregat yang diselimuti aspal. Lengkung grafik tersebut diketahui menurun ke bawah dengan bertambahnya kadar aspal. Nilai VIM untuk campuran aspal porus dengan penambahan LGA dan BGA dapat dilihat bahwa hanya kadar aspal 2% hingga 3,5% yang memiliki nilai VIM yang mencapai spesifikasi *Australian Asphalt pavement Association (AAPA)* yaitu 18%-24%. Nilai VIM pada

campuran aspal porus dengan penambahan LGA dan BGA dapat mencapai 18% karena dalam campuran tersebut di desain memiliki gradasi yang buruk atau memiliki agregat halus yang lebih sedikit dibanding campuran jenis lain dan memiliki agregat kasar yang persentasenya tinggi, maka dari itu campuran tersebut memiliki pori udara yang lebih banyak dibandingkan campuran jenis lain yang bertujuan untuk mengalirkan air dari lapisan permukaan aspal agar tidak timbul genangan.

Nilai VIM yang mencapai spesifikasi *Australian Asphalt pavement Association* (AAPA) dapat diketahui bahwa kadar aspal tersebut juga memiliki nilai permeabilitas yang mencapai spesifikasi. Nilai VIM yang lebih rendah dari spesifikasi yang ditetapkan menunjukkan bahwa agregat yang terisi pada campuran kering terselimuti aspal dengan baik hingga jumlah rongga dalam campuran tersebut lebih sedikit dan cenderung padat.

b. Hasil Analisis Terhadap Nilai Stabilitas

Tabel 4. Analisis Terhadap Nilai Stabilitas dengan penambahan LGA dan BGA

Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)	Spesifikasi (kg)	Keterangan
2	580,32	>500 kg <i>Australian Asphalt pavement Association</i> (AAPA)	Memenuhi
2,5	663,23		Memenuhi
3	741,77		Memenuhi
3,5	711,22		Memenuhi
4	645,77		Memenuhi
4,5	602,14		Memenuhi

Stabilitas yang ditunjukkan dapat di lihat pada Tabel 4 yang sudah memenuhi standart *Australian Asphalt pavement Association* (AAPA) yaitu lebih dari 500 kg. Gambar 4.10 menunjukkan adanya fluktuasi nilai stabilitas terhadap peningkatan kadar aspal. Nilai stabilitas meningkat hingga kadar aspal 3%, seterusnya mengalami penurunan seiring dengan peningkatan kadar aspal.

Fluktuasi nilai stabilitas tersebut menandakan bahwa semakin tinggi kadar aspal akan mengakibatkan berkurangnya proporsi agregat dan bertambahnya presentase aspal dalam campuran yang mengakibatkan ikatan campuran antara agregat yang sudah terselimuti aspal akan merenggang oleh desakan jumlah aspal yang berlebihan.

c. Hasil Analisis Terhadap Nilai Flow

Tabel 5. Analisis Terhadap Nilai Flow dengan penambahan LGA dan BGA

Kadar Aspal (%)	Flow (mm)	Spesifikasi (mm)	Keterangan
2	2,7	2 - 6 mm <i>Australian Asphalt pavement Association</i> (AAPA)	Memenuhi
2,5	2,9		Memenuhi
3	3,0		Memenuhi
3,5	3,1		Memenuhi
4	3		Memenuhi
4,5	3,2		Memenuhi

Nilai Flow tertinggi yaitu pada kadar aspal 4,5%, menunjukkan sifat aspal sebagai bahan pengikat pada campuran bersifat elastis sehingga dapat menahan dan menyebarkan beban kendaraan hingga merata. Tabel 5 terlihat adanya flutuatif nilai flow terhadap peningkatan kadar aspal dalam campuran aspal porus dengan penambahan LGA dan BGA. Nilai flow meningkat hingga kadar aspal 3,5% dan pada kadar aspal 4,0% mengalami penurunan sedangkan di kadar aspal 4,5% mengalami peningkatan hingga angka 3,2 mm.

Grafik tersebut menunjukkan semakin tingginya kadar aspal semakin tinggi pula nilai flow yang dihasilkan, namun pada kadar aspal 4,0% mengalami penurunan, hal ini dapat terjadi akibat beberapa faktor antara lain suhu, ketelitian pada proses pembuatan dan pengujian campuran, proses pencampuran agregat dan aspal. Dapat disimpulkan campuran aspal porus dengan penambahan LGA dan BGA cukup lentur apabila dibandingkan dengan campuran kontrol karena pada kadar aspal 4,5% memiliki nilai flow mencapai 3,2mm.

d. Hasil Analisis Terhadap Nilai Permeabilitas

Tabel 6. Analisis Terhadap Nilai Permeabilitas dengan penambahan LGA dan BGA

Kadar Aspal (%)	K (cm/dt)	Spesifikasi (cm/dt)	Keterangan
2	0,22	Maks. 0,1 cm/dt <i>Australian Asphalt pavement Association</i> (AAPA)	Memenuhi
2,5	0,17		Memenuhi
3	0,12		Memenuhi
3,5	0,10		Memenuhi
4	0,08		Tidak
4,5	0,06		Tidak

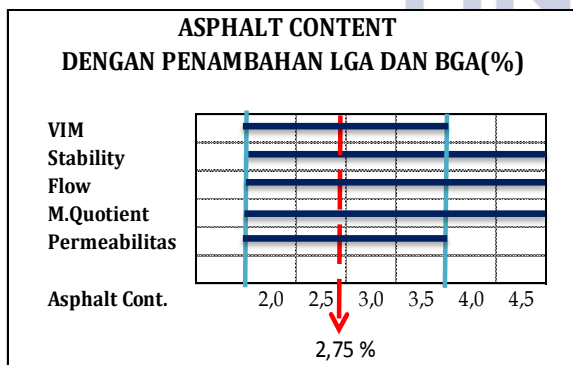
Nilai Permeabilitas pada Tabel 6 menunjukkan terjadi penurunan koefisien permeabilitas terhadap kadar aspal, semakin tinggi kadar aspal berbanding terbalik dengan nilai koefisien permeabilitas yang semakin rendah. Pada campuran aspal porus dengan penambahan LGA dan BGA nilai permeabilitas yang memenuhi spesifikasi ada pada kadar aspal 2 % hingga 3,5 %. Pada kadar aspal 4% dan 4,5% nilai permeabilitasnya dibawah 0,1 yang merupakan nilai minimum dari spesifikasi *Australian Asphalt pavement Association* (AAPA).

Nilai koefisien permeabilitas yang tinggi dikarenakan campuran aspal porus di desain memiliki agregat halus yang lebih sedikit dan agregat kasar lebih banyak persentasenya, maka dari itu campuran tersebut memiliki pori udara yang lebih banyak dibandingkan campuran jenis lain yang bertujuan untuk mengalirkan air dari lapisan permukaan aspal agar tidak timbul genangan.

Nilai koefisien permeabilitas yang kecil ini disebabkan oleh penambahan LGA dan BGA mengandung mineral yang dapat mengisi rongga pada campuran sehingga membuat campuran lebih padat dan otomatis membuat persentase rongga semakin berkurang, maka waktu yang dibutuhkan untuk melewati permukaan semakin besar dan mengakibatkan nilai permeabilitas semakin kecil.

e. Menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO) Aspal Porus dengan Penambahan LGA dan BGA

Kadar aspal optimum (KAO) aspal porus dengan penambahan LGA dan BGA ditentukan dari hubungan beberapa parameter pengujian *mix design* aspal porus + LGA (*lawele Granular Asphalt*) + BGA (*Buton Granular Asphalt*) dengan standar yang disyaratkan, seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Penentuan KAO Aspal Porus dengan Penambahan LGA dan BGA

Hasil pangujian *marshall* dengan menggunakan kadar aspal rencana (2%, 2,5%, 3%, 3,5%, 4%, 4,5%) untuk campuran aspal porus diperoleh Kadar Aspal

Optimum (KAO) dengan penambahan LGA dan BGA yang ditentukan dari menggabungkan nilai VIM, Stabilitas, *Flow* dan *Marshall Quotient* (MQ) yang mendapatkan suatu selang kadar aspal yang memenuhi syarat dan diambil nilai tengah dari selang tersebut, disimpulkan bahwa campuran aspal porus dengan penambahan LGA dan BGA memiliki KAO yaitu 2,75%.

Kemudian dilakukan kontrol dari hasil KAO yang di dapat dengan membuat 3 benda uji berdasarkan KAO tersebut, berikut hasil *Marshall Test* dari pembuatan benda uji sebagai kontrol.

Tabel 7. *Marshall Test* Kadar Aspal Optimal dengan penambahan LGA dan BGA

No.	Bitumen Content	Eff Sp.Gr Total agg	Max Sp.gr Combine Mix	Specific Gravity Mix	Density of Specimen	Weght (Gram)			Volume Of Specimen
						In Air	In Water	S.S.D	
	A	B	E	D	E	F	G	H	I
		100 - a 100 - a Gmm X	100 A + 100-A X B	$100 \frac{W_a}{S_g \text{ ag}} + \frac{W}{S_g \text{ f}} + \frac{W_b}{S_g \text{ b}}$	4.MA πd^L	LAB	LAB	LAB	H - G
(MRK + LGA MIX MRK + BGA MIX MRK + FA)									
1	2,75	2,538	2,439	2,547	2,035	1166,0	672,1	1185,8	513,7
					2,054	1177,2	678,3	1181,5	503,2
					2,044	1171,6	675,5	1187,1	511,6
Average									
Bulk SpGr Combine Mix	Air Void (%)	Stability		Flow (mm)	Marshall Quotient (Kg/mm)				
		Meas	Adjust						
J	K	L	M	N	O				
F I	$(1 - \frac{E}{S_g \text{ mix}}) * 100$	LAB	LAB	LAB	$\frac{M}{N}$				
	2,270	20,12	49	641,4	3,1				
	2,339	19,34	57	746,1	3				
	2,290	19,73	60	785,4	2,8				
	2,300	19,73		724,3	3,0				
					244,15				

Tabel 8. Permeabilitas Kadar Aspal Optimal dengan penambahan LGA dan BGA

Kadar Aspal	Tinggi Benda Uji (cm)		Waktu Aliran Air (dtk)		K		Rata - Rata
	I	II	I	II	I	II	
2,75	7,2	7,2	27,43	29,71	0,14	0,13	0,13

SIMPULAN

Hasil penelitian dan analisa data yang diperoleh dalam penelitian ini, maka diapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Kadar Aspal Optimum (KAO) pada campuran aspal porus dengan agregat normal yaitu 5% dan Kadar Aspal Optimum (KAO) dengan penambahan LGA dan BGA yaitu 2,75%.
2. Penambahan LGA dan BGA pada campuran aspal porus memiliki pengaruh yang cukup baik bila dilihat dari nilai stabilitas, nilai stabilitas KAO dengan penambahan LGA dan BGA meningkat mencapai 724,3 kg, mengalami kenaikan hingga 15,66% dari campuran aspal porus kontrol. Dengan mengurangi

kadar aspal dan menambahkan aspal alam dapat menjadikan nilai stabilitas jauh lebih tinggi dibandingkan hanya menggunakan agregat dan aspal pen 60/70 saja. Campuran Aspal porus dengan penambahan LGA dan BGA dapat mencapai nilai karakteristik marshall yang lebih tinggi bahkan dengan pengurangan kadar aspal rencana. Untuk nilai VIM pada kadar aspal 2,75 telah memenuhi spesifikasi dari *Australian Asphalt Pavement Association 2004* yaitu lebih dari 18% maka, dapat memenuhi parameter untuk struktur perkerasan lentur.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonimus. Australian Asphalt Pavement Association. 1977. *Open Graded Asphalt Design Guide*.
- Anonimus. Australian Asphalt Pavement Association. 2004. *Open Graded Asphalt Design Guide*.
- Anonimus. *American Society for Testing and Materials*, (1989), *Marshall Stability Test Apparatus*, ASTM designation: D-1559-62 T, Philadelphia, PA.
- Cabrera. J. G and Dixon. J. R. 1994. *Performance and Durability of Bituminous Material*, Proceeding of Symposium University of Leeds. London.
- Diana, I.W., Siswosoebroto, B.I., dan Karsaman, R.H. 2000. *Sifat-Sifat Teknik dan Permeabilitas Pada Aspal Porus*. Makalah disajikan dalam Simposium III FSTPT UGM, Yogyakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2010. *Spesifikasi Umum*, Departemen Pekerjaan Umum.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2006. *Buku 1: Pedoman Pemanfaatan Asbuton*, Departemen Pekerjaan Umum.
- Metode Pengujian Campuran Beraspal Panas dengan Alat Marshall. 2003. RSNi M-01. Pusjatan-Balitbang PU.
- Putra Ramadhan, Rizky. 2016. *Pengaruh Penambahan Limbah Botol Plastik (PET) Terhadap Karakteristik Marshall dan Permeabilitas pada Aspal Berpor*. Surabaya: REKATS. 01(01): 371-380.
- Setyawan, Ary Sanusi. 2005. *Observasi Properties Aspal berpori Berbagai Gradasi Dengan Material Lokal*. Surakarta: Media Teknik Sipil. hal. 15-20.
- Silvia, Sukirman. 1992. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung : NOVA.
- Silvia, Sukirman. 1999. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung : NOVA.
- Silvia, Sukirman. 2003. *Beton Aspal Campuran Panas*. Jakarta : Yayasan Obor Indonesia.
- Soeharto. 2015. *Teknologi Aspal dan Penggunaannya*. Yogyakarta : ANDI OFFSET.
- Spesifikasi Aspal Keras Berdasarkan Penetrasi. 2003. Standar Nasional Indonesia. Badan Standardisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia, Badan Standardisasi Nasional, 2003, "Metode Pengujian Campuran Beraspal Panas Dengan Alat Marshall RSNi M-01-2003".
- Surya Mukti, Ayuningtyas. 2017. *Analisis Pengaruh Substitusi Asbuton LGA (Lawele Greanular Asphalt) pada Aspal Penetrasi 60/70 Terhadap Campuran Aspal Porus*. Surabaya: REKATS. 01(01): 381-387.
- Takahashi, Shigekhi & Partl, Manfred. 1999. *Improvement of Mix Design For Porous Asphalt*. EMPA Uberlandstrasse 129 CH-8600 Dubendorf, Switzerland.
- Yusup, Mohamad. 2018. *Pengaruh Penggunaan BGA (Buton Granular Asphalt) pada Perencanaan Aspal Beton AC-WC Pen 60/70 dengan Menggunakan Fly-Ash sebagai Filler*. Surabaya: REKATS. 01(01): 95-101.
- Zebua, Cove. (2015, 26 Juli). Aspal buton, harta karun terpendam di bumi Indonesia. Diperoleh 1 Mei 2019, dari <https://www.kompasiana.com/covezebua/55b496bf917a614f1d8ea6ce/aspal-but-on-harta-karun-terpendam-di-bumi-indonesia>