

KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL PORUS DENGAN *BUTON GRANULAR ASPHALT* SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI AGREGAT HALUS DAN *STYROFOAM* SUBSTITUSI ASPAL PEN 60/70

Febby Salsha Nabilla¹, Sofyan M. Saleh², Cut Mutiawati³

¹⁾ Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Syiah Kuala 2311 Banda Aceh

^{2,3)} Dosen, Jurusan Teknik Sipil Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh 23111, Indonesia

email: febbysalsha@gmail.com

Abstract

Porous asphalt is a mixture of asphalt with a low proportion of fine aggregate to produce high pore space. In this research, the added material used to improve the stability of porous asphalt mixture is Buton Granular Asphalt (BGA) as a substitute for fine aggregate and styrofoam as a 60/70 penetration asphalt substitution material. This study aims to determine the characteristics of the use of BGA and styrofoam on porous asphalt mixture. The initial stage of the research is the manufacture of test objects for the determination of Optimum Asphalt Content (KAO) based on the Australian method (2004) with three parameters. After KAO was obtained, test specimens were made on KAO and variations of ± 0.5 from KAO values with variations in BGA substitution (6% and 8%) and styrofoam (7% and 9). From the Marshall test results showed that the highest stability was obtained in the best KAO of 1141.96 kg at 5.76% asphalt content with 8% BGA substitution and 9% styrofoam.

Keyword: Porous Asphalt, Buton Granular Asphalt, Styrofoam.

Abstrak

Aspal porus merupakan campuran aspal dengan proporsi agregat halus yang rendah untuk menghasilkan ruang pori yang tinggi. Pada penelitian ini bahan tambah yang digunakan untuk meningkatkan stabilitas campuran aspal porus adalah Buton Granular Asphalt (BGA) sebagai bahan substitusi agregat halus dan styrofoam sebagai bahan substitusi aspal penetrasi 60/70. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik penggunaan BGA dan styrofoam terhadap campuran aspal porus. Tahap awal penelitian ialah pembuatan benda uji untuk penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) berdasarkan metode Australia (2004) dengan tiga parameter. Setelah KAO diperoleh, dibuat benda uji pada KAO dan variasi $\pm 0,5$ dari nilai KAO dengan variasi substitusi BGA (6% dan 8%) dan styrofoam (7% dan 9). Dari hasil pengujian Marshall menunjukkan bahwa stabilitas tertinggi diperoleh pada KAO terbaik sebesar 1141,96 kg pada kadar aspal 5,76% dengan substitusi 8% BGA dan 9% styrofoam.

Kata Kunci: Aspal Porus, Buton Granular Asphalt, Styrofoam.

1. PENDAHULUAN

Perkerasan jalan merupakan lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, yang berfungsi memberikan pelayanan kepada sarana transportasi, dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti. Jenis perkerasan yang digunakan di Indonesia umumnya adalah jenis perkerasan lentur. Jenis lapis perkerasan lentur ada beberapa macam, salah satunya adalah aspal porus.

Aspal porus merupakan campuran beton aspal yang kadar rongga udara yang tinggi di dalam campuran. Aspal porus digunakan sebagai lapis permukaan jalan sehingga memungkinkan air menembus perkerasan jalan melalui rongga di dalam campuran, dan dapat meningkatkan keselamatan lalu lintas terutama pada musim hujan dikutip dari Ridho[1].

Pada penelitian ini digunakan bahan material alam berupa *Buton Granular Asphalt* (BGA) dan *styrofoam*. BGA 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. Pada penelitian ini variasi persentase BGA yang digunakan sebesar 6% dan 8%.

Styrofoam atau *polistirena* adalah sebuah polimer dengan monomer stirena, sebuah hidrokarbon cair yang dibuat secara komersial dari minyak bumi. Bahan dasar *styrofoam* adalah *polystyrene* yang termasuk bahan polimer sintesis, suatu jenis plastik yang sangat ringan, kaku, tembus cahaya, dan murah. Penambahan *styrofoam* ke dalam aspal diperkirakan akan mengakibatkan penurunan pada *density* dan meningkatkan stabilitas dalam campuran, maka *styrofoam* yang merupakan bahan limbah dapat dimanfaatkan untuk konstruksi perkerasan jalan. Pada penelitian ini variasi persentase *styrofoam* yang digunakan sebesar 7% dan 9%.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik campuran aspal porus yang menggunakan BGA sebagai bahan substitusi agregat halus dan *styrofoam* substitusi aspal penetrasi 60/70. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai KAO untuk campuran aspal porus adalah 5,76%. Nilai KAO tersebut divariasikan menjadi 3 kadar aspal yaitu KAO dan KAO $\pm 0,5\%$ dengan substitusi variasi persentase BGA dan *styrofoam*. Diperoleh nilai stabilitas tertinggi pada substitusi 6% BGA dan 7% *styrofoam* sebesar 1008,94 kg dan substitusi 8% BGA dan 9% *styrofoam* sebesar 1141,96 kg, dimana keduanya memenuhi spesifikasi nilai stabilitas untuk lalu lintas ringan sampai sedang yaitu minimum 550 kg.

Nilai *density* pada substitusi 6% BGA dan 7% *styrofoam* sebesar 2,072 gr/cm³ dan mengalami penurunan pada substitusi 8% BGA dan 9% *styrofoam* sebesar 2,066 gr/cm³. Nilai kadar rongga dalam campuran (VIM) pada substitusi 6% BGA dan 7% *styrofoam* sebesar 18,73% dan mengalami peningkatan pada substitusi 8% BGA dan 9% *styrofoam* sebesar 20,12%, dimana keduanya memenuhi spesifikasi yang disyaratkan yaitu 18-23%. Nilai *flow* pada substitusi 6% BGA dan 7% *styrofoam* sebesar 4,00 mm dan substitusi 8% BGA dan 9% *styrofoam* sebesar 3,15 mm.

Nilai *Marshall Quotient* pada substitusi 6% BGA dan 7% *styrofoam* sebesar 263,58 kg/mm dan substitusi 8% BGA dan 9% *styrofoam* sebesar 513,94 kg/mm. Nilai CL pada substitusi 6% BGA dan 7% *styrofoam* sebesar 34,68% dan substitusi 8% BGA dan 9% *styrofoam* sebesar 30,25% (tidak memenuhi spesifikasi yang disyaratkan AAPA (2004)). Sedangkan nilai AFD pada substitusi 6% BGA dan 7% *styrofoam* sebesar 0,26% dan mengalami penurunan pada substitusi 8% BGA dan 9% *styrofoam* sebesar 0,21% (memenuhi spesifikasi yang disyaratkan AAPA yaitu maks. 0,3%). Dari hasil penelitian substitusi BGA dan *styrofoam* diperoleh KAO terbaik pada kadar aspal 5,76% dengan substitusi (8% BGA dan 9% *styrofoam*) dimana semua nilai karakteristik campuran aspal porus telah memenuhi spesifikasi yang disyaratkan AAPA (2004).

2. TINJAUAN KEPUSTAKAN

2.1 Material Aspal Porus

2.1.1 Agregat

Agregat didefinisikan secara umum sebagai formasi kulit bumi yang keras dan padat. Agregat merupakan material berbutir yang keras, memiliki gradasi berbagai jenis butiran, baik agregat alam maupun agregat yang dipecahkan. Agregat merupakan komponen utama pada lapisan perkerasan jalan, dimana lapisan perkerasan jalan mengandung 90% - 95% agregat berdasarkan persentase berat 75% - 85% agregat berdasarkan persentase volume dikutip dari Sukirman[2].

Pada umumnya agregat yang digunakan dalam campuran beraspal berupa agregat kasar, agregat halus, serta abu batu (*filler*), untuk memberikan stabilitas dalam campuran serta sebagai pengisi sehingga campuran menjadi ekonomis.

2.1.2 Aspal

Aspal merupakan material viscous elastis yang perilakunya bergantung pada temperatur dan lamanya pembebanan. Aspal berdasarkan jenisnya dapat dibedakan atas: aspal emulsi, aspal cair, dan aspal semen. Aspal semen (aspal keras) banyak tipe, ditentukan berdasarkan nilai penetrasi. Aspal penetrasi 40-50 adalah aspal yang paling keras dan aspal penetrasi 200-300 adalah aspal yang terluak. Jenis aspal yang umum digunakan di Indonesia adalah aspal dengan penetrasi 60-70 dan penetrasi 80-100 dikutip dari Sukirman[3].

2.1.3 Aspal Modifikasi

Aspal modifikasi polimer adalah aspal yang dibuat dengan mencampur aspal keras dengan suatu bahan tambah. Penambahan ini dimaksudkan untuk memperbaiki sifat-sifat fisis aspal antara lain penetrasi, kekentalan (viskositas) dan titik lembek. Salah satu alternatif bahan tambah untuk aspal modifikasi adalah dengan pemanfaatan bahan-bahan yang dapat dijadikan sebagai bahan tambah, diantaranya adalah dengan pemanfaatan material sisa/limbah seperti *styrofoam* dikutip dari Fazillah[4].

2.2 Campuran Aspal Porus

Campuran aspal porus merupakan generasi baru dalam perkerasan lentur, yang membolehkan air meresap ke dalam lapisan atas (*wearing course*) secara vertikal dan horizontal. Lapisan aspal porus ini dapat meningkatkan kontak antara ban luar lalu lintas dengan permukaan jalan dalam berbagai kondisi cuaca. Selain itu, dapat mengurangi percikan air oleh ban lalu lintas, kesilauan akibat sinar lampu lalu lintas pada malam hari, serta mereduksi kebisingan. Spesifikasi aspal porus yang dikutip dari *Australian Asphalt Pavement Association* (2004) disajikan pada Tabel 1 di bawah ini:

Tabel 1 Spesifikasi Aspal Porus

| No. | Kriteria Perencanaan | Nilai |
|-----|----------------------------------|-----------|
| 1. | Uji cantabro (%), tak terkondisi | Maks. 25 |
| 2. | Uji asphalt flow down (%) | Maks. 0,3 |
| 3. | Stabilitas Marshall (kg) | Min. 550 |
| 4. | Kelelehan plastis (mm) | 2 – 6 |
| 5. | Kadar rongga udara (%) | 18 – 23 |
| 6. | Kekakuan Marshall (kg/mm) | Maks. 400 |
| 7. | Jumlah tumbukan perbidang | 75 |

Sumber : *Australian Asphalt Pavement Association* (2004)

2.3 Buton Granular Asphalt (BGA)

BGA merupakan aspal buton yang digunakan sebagai additive dalam campuran aspal. Bahan BGA, melalui PT. Summitama Intinusa menyebutkan produk aspal alam yang siap pakai dengan mutu yang terjaga serta telah diproses sedemikian rupa sehingga bitumennya keluar ke permukaan butiran.

PT. Summitama Intinusa (2006) melaporkan hasil pengujian karakteristik untuk BGA tipe 15/25 sebagaimana disajikan pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2 Pengujian Karakteristik Buton Granular Asphalt (BGA)

| No. | Karakteristik | BGA Tipe | Syarat |
|-----|--|----------|---------|
| 1. | Kadar aspal dalam asbuton; (%) | 26,32 | 23 – 27 |
| 2. | Kadar mineral; (%) | 73,68 | |
| 3. | Pen. Bitumen (25 °C; 5 detik; 0,1 mm) | 16 | 10 – 18 |
| 4. | Titik lembek bitumen; °C | 86 | |
| 5. | Daktilitas bitumen (25 °C; 5 cm/detik) | 8,5 | |
| 6. | Titik nyala; °C | | |
| | - Asli | 168 | |
| | - Bitumen | 198 | |
| 7. | Berat jenis | | |
| | - Asli | 1,78 | |
| | - Bitumen | 1,055 | |
| | - Mineral | 2,289 | |
| 8. | Gradasi ekstraksi (% lolos) | | |
| | - No.8 | 100 | |
| | - No.16 | 99,63 | |
| | - No.30 | 87,34 | |
| | - No.50 | 54,84 | |
| | - No.100 | 36,58 | |
| | - No.200 | 100 | |

Sumber : PT. Summitama Intinusa (2006)

2.4 Styrofoam

Styrofoam merupakan kumpulan zat *Phasticier*, *Seng* dan Senyawa *Butadien* yang telah mengalami proses polimerisasi, dimana Senyawa *Butadien* ini akan membentuk *Polibutadiena* (karet sintesis). *Styrofoam* atau *polistirena* merupakan plastik yang terdiri dari monomer-monomer sirena yang berbahan dasar minyak bumi. *Styrofoam* merupakan salah satu polimer plastik yang memiliki sifat termoplastik, yaitu menjadi lunak jika dipanaskan dan mengeras kembali setelah dingin. Selain itu *styrofoam* juga memiliki sifat tahan terhadap asam, basa dan sifat korosif lainnya. Dengan penggunaan bahan tambah (*additive*) *styrofoam* yang sulit terurai dan didaur

ulang akan mendukung gerakan ramah lingkungan karena dapat mengurangi pencemaran lingkungan.

2.5 Karakteristik Campuran Aspal Porus

Gradasi adalah distribusi partikel-partikel berdasarkan ukuran agregat yang saling mengisi sehingga terjadinya suatu ikatan yang saling mengunci (*interlocking*) dikutip dari Bukhari[5]. Karakteristik campuran dari lapisan perkerasan dipengaruhi oleh susunan dan kualitas dari bahan-bahan penyusunnya. Adapun karakteristik yang disyaratkan untuk campuran aspal porus yang merupakan parameter Marshall adalah kepadatan (*density*), stabilitas dan *flow*, rongga di dalam campuran (*Voids In Mixture*), Marshall Quotient (*MQ*), permeabilitas dan keawetan (*durability*).

Tipikal gradasi agregat aspal porus sebagaimana yang dikutip dari AAPA (2004) disajikan pada Tabel 3 berikut:

Tabel 3 Tipikal Nilai Gradasi Agregat Aspal Porus Lolos Saringan

| Diameter Saringan (mm) | % Berat Yang Lolos | |
|------------------------|---------------------|---------------------|
| | Agregat Maks. 10 mm | Agregat Maks. 14 mm |
| 19,0 | 100 | 100 |
| 13,2 | 100 | 85 – 100 |
| 9,5 | 85 – 100 | 45 – 70 |
| 6,7 | 35 – 70 | 25 – 45 |
| 4,75 | 20 – 45 | 10 – 25 |
| 2,36 | 10 – 20 | 7 – 15 |
| 1,18 | 6 – 14 | 6 – 12 |
| 0,600 | 5 – 10 | 5 – 10 |
| 0,300 | 4 – 8 | 4 – 8 |
| 0,150 | 3 – 7 | 3 – 7 |
| 0,075 | 2 – 5 | 2 – 5 |
| Kadar aspal | 5,0 – 6,5 | 4,5 – 6,0 |

Sumber : AAPA (2004)

2.6 Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) Campuran Aspal Porus

Penentuan KAO campuran aspal porus dalam penelitian ini menggunakan metode Australia. AAPA (2004) menyebutkan penentuan KAO dengan metode ini hanya mensyaratkan tiga parameter yaitu voids in mix, *cantabro loss* dan *asphalt flow down*. Nilai spesifikasi penentuan KAO metode Australia disajikan pada Tabel 4 berikut:

Tabel 4 Spesifikasi Penentuan KAO Metode Australia

| No. | Spesifikasi | Syarat |
|-----|---------------------------------------|----------|
| 1. | <i>Cantabro loss</i> (%) | Maks 25% |
| 2. | <i>Asphalt flow down</i> (AFD) (%) | Maks 0,3 |
| 3. | Kadar rongga dalam campuran (VIM) (%) | 18 – 23 |

Sumber : AAPA (2004)

3. METODE PENELITIAN

Pada bagian ini akan diuraikan tahapan-tahapan dan proses pengujian dimulai dari persiapan bahan, pengujian sifat-sifat fisis bahan yang akan digunakan, analisa saringan agregat, pembuatan serta pengujian benda uji dan pada akhir bab akan disajikan pengolahan dan analisis data.

3.1 Metode Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini akan dilakukan pengumpulan data yang mendukung proses penelitian, antara lain adalah data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang diperlukan sebagai pendukung utama dalam suatu penulisan laporan. Data ini diperoleh dari hasil pengujian sifat-sifat fisis agregat, sifat-sifat fisis aspal, analisa saringan, pengujian Marshall, pengujian *Cantabro Loss* (CL) dan pengujian *Asphalt Flow Down* (AFD) berdasarkan metode Australia. Sedangkan data sekunder merupakan data pendukung data primer yang diperlukan dalam suatu penelitian. Adapun data sekunder dapat berupa data-data penelitian terdahulu yaitu data pemeriksaan sifat-sifat fisis BGA.

3.2 Penentuan Variasi Penggunaan BGA dan Styrofoam

BGA yang digunakan dalam penelitian ini adalah tipe 15/25 yang diproduksi oleh PT. Jiangquan. BGA dalam penelitian ini sebagai bahan substitusi pada campuran aspal, yaitu agregat halus. Bahan BGA yang masih berbentuk bongkahan terlebih dahulu ditumbuk/dihancurkan dan diayak sesuai ayakan agregat halus yang lolos saringan No.8 (2,36 mm) dan tertahan saringan No.200 (0,075 mm).

Penentuan variasi persentase BGA yaitu 0%, 6% dan 8% serta *styrofoam* sebagai bahan substitusi ke dalam aspal penetrasi 60/70, dilakukan dengan beberapa variasi persentase yaitu sebesar 0%, 7% dan 9%. *Styrofoam* terlebih dahulu dipotong-potong sebelum dicampurkan ke dalam aspal penetrasi 60/70. Pada penelitian ini variasi persentase BGA dan *styrofoam* mengacu pada penelitian terdahulu Aquina[6] dan Rahmadi[7] dilakukan dengan beberapa variasi sebagai bentuk dari metode empiris.

3.3 Penentuan Variasi Penggunaan BGA dan Styrofoam

Penentuan kadar aspal ditentukan berdasarkan pada nilai tengah AAPA (2004). Untuk ukuran agregat maksimum 14 mm yaitu antara 4,5% - 6,0% dari total berat campuran, sehingga nilai tengah kadar aspal tersebut adalah 5,25%. Variasi yang digunakan sebanyak 5 variasi kadar aspal yang masing-masing berbeda 0,5%. Variasi kadar aspal yang dipilih dari nilai kadar aspal tengah. Jika kadar aspal tengah/ideal adalah a%, maka variasi kadar aspal adalah (a - 1)%, (a - 0,5)%, a%, (a + 0,5)%, dan (a + 1)%. Sehingga variasi kadar aspal yang diambil untuk pembuatan benda uji adalah 4,25%; 4,75%; 5,25%; 5,75% dan 6,25% terhadap berat total campuran.

3.4 Pembuatan Benda Uji untuk Penentuan KAO

Kadar aspal yang digunakan untuk pembuatan benda uji pada penelitian ini yaitu 4,25%; 4,75%; 5,25%; 5,75% dan 6,25% terhadap berat total campuran tanpa variasi BGA dan *styrofoam*. Setiap variasi kadar aspal dibuat 3 (tiga) benda uji, sehingga jumlah benda uji masing-masing menjadi 15 buah benda uji untuk pengujian Marshall, pengujian *Cantabro Loss*, dan pengujian *Asphalt Flow Down*. Rancangan jumlah benda uji keseluruhan untuk campuran aspal porus tanpa substitusi BGA pada agregat halus dan substitusi *styrofoam* pada aspal penetrasi 60/70 disajikan pada Tabel 5 berikut:

Tabel 5 Jumlah Benda Uji Kondisi Normal (tanpa substitusi BGA dan Styrofoam)

| Kadar Aspal | Jumlah benda uji kondisi normal | | |
|------------------|---------------------------------|---------------|-------------------|
| | Marshall | Cantabro Loss | Asphalt Flow Down |
| 4,25 | 3 Buah | 3 Buah | 3 Buah |
| 4,75 | 3 Buah | 3 Buah | 3 Buah |
| 5,25 | 3 Buah | 3 Buah | 3 Buah |
| 5,75 | 3 Buah | 3 Buah | 3 Buah |
| 6,25 | 3 Buah | 3 Buah | 3 Buah |
| Jumlah benda uji | 15 Buah | 15 Buah | 15 Buah |
| | 45 Buah | | |

3.5 Pembuatan Benda Uji dengan Substitusi BGA dan Styrofoam

Rancangan jumlah benda uji dengan substitusi BGA dan *styrofoam* disajikan pada Tabel 6 berikut:

Tabel 6 Jumlah Benda Uji Dengan Campuran Aspal Berupa BGA (Substitusi Agregat Halus) dan Styrofoam (Substitusi Aspal Pen 60/70)

| Kadar BGA | Kadar Styrofoam | Kadar Aspal (%) | Jumlah benda uji (Buah) | | |
|-------------------|-----------------|-----------------|-------------------------|-------------------|-----------------------|
| | | | Uji Marshall | Uji Cantabro Loss | Uji Asphalt Flow Down |
| 6 | 7 | KAO - 0,5 | 3 Buah | 3 Buah | 3 Buah |
| | | KAO | 3 Buah | 3 Buah | 3 Buah |
| | | KAO + 0,5 | 3 Buah | 3 Buah | 3 Buah |
| 8 | 9 | KAO - 0,5 | 3 Buah | 3 Buah | 3 Buah |
| | | KAO | 3 Buah | 3 Buah | 3 Buah |
| | | KAO + 0,5 | 3 Buah | 3 Buah | 3 Buah |
| Total | | | 18 Buah | 18 Buah | 18 Buah |
| Total Keseluruhan | | | 54 Buah | | |

Berdasarkan nilai KAO yang diperoleh pada kondisi normal, agregat dan gradasi yang sama juga

dibuat 3 (tiga) benda uji untuk pengujian Marshall, *cantabro loss* dan *asphalt flow down* untuk masing-masing variasi persentase BGA (6% dan 8%) dan *styrofoam* (7% dan 9%) yang akan dicampur menjadi campuran aspal porus. Pengujian ini dilakukan pada nilai KAO dan KAO $\pm 0,5$ untuk diperoleh kadar aspal terbaik.

3.6 Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Penentuan KAO campuran aspal porus dalam penelitian ini menggunakan metode Australia. AAPA (2004) menyebutkan penentuan KAO dengan metode ini hanya mensyaratkan tiga parameter yaitu VIM, *cantabro loss* (ketahanan terhadap pelepasan butir) dan *asphalt flow down* (aliran aspal ke bawah).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pemeriksaan laboratorium terhadap sifat-sifat fisis agregat batu pecah yang berasal dari mesin *Stone Crusher* PT. Ayu Lestari Indah yang berlokasi di Kecamatan Indrapuri Kabupaten Aceh Besar Provinsi Aceh, akan disajikan dalam bentuk Tabel. Pemeriksaan sifat fisis ini meliputi pemeriksaan berat jenis, penyerapan, berat isi, keausan, indeks kepipihan, indeks kelonjongan, dan pemeriksaan tumbukan. Dari hasil pemeriksaan sifat-sifat fisis agregat yang digunakan telah memenuhi syarat, kecuali nilai indeks kepipihan dan kelonjongan yang berada diatas 10% yaitu sebesar 17,18% dan 15,80% tetapi di dalam AASHTO (1993) menyatakan bahwa syarat untuk nilai indeks kepipihan dan kelonjongan yaitu sebesar Maks. 25%. Sehingga agregat ini dapat digunakan untuk campuran beton aspal. Hasil Pemeriksaan Sifat-Sifat Fisis Agregat dapat dilihat pada Tabel 7 dibawah ini:

Tabel 7 Hasil Pemeriksaan Sifat-Sifat Fisis Agregat

| No. | Sifat-sifat Fisis yang Diperiksa | Satuan | Hasil | Persyaratan |
|-----|----------------------------------|--------------------|-------|-------------|
| 1. | Berat Jenis | - | 2,775 | Min. 2,5 |
| 2. | Penyerapan | % | 1,119 | Maks. 3 |
| 3. | Berat Isi | Kg/cm ³ | 1,656 | Min. 1 |
| 4. | Keausan | % | 15,00 | Maks. 40 |
| 5. | Indeks Kepipihan | % | 17,18 | Maks. 10 |
| 6. | Indeks Kelonjongan | % | 15,38 | Maks. 10 |
| 7. | Tumbukan (<i>Impact</i>) | % | 8,94 | Maks. 30 |

Hasil pemeriksaan sifat-sifat fisis aspal penetrasi 60/70 dengan dan tanpa substitusi *styrofoam* disajikan pada Tabel 8 berikut ini :

Tabel 8 Hasil Pemeriksaan Sifat-Sifat Fisis Aspal Penetrasi 60/70 dengan dan tanpa substitusi *Styrofoam*

| No. | Kadar <i>Styrofoam</i> | Satuan |
|-----|------------------------|--------|
|-----|------------------------|--------|

| | Sifat-sifat Fisis Aspal yang Diperiksa | Kadar Aspal (%) | | | Spec. Pen 60-70 | Spec. Polimer | |
|---|--|-----------------|-------|-------|-----------------|---------------|---------|
| | | 0% | 7% | 9% | | | |
| 1 | Berat Jenis | 1,03 | 1,027 | 1,025 | ≥ 1 | ≥ 1 | - |
| 2 | Penetrasi | 65,00 | 59,00 | 57,00 | 60-70 | Min. 50 | (0.1mm) |
| 3 | Daktilitas | 130,0 | 90,33 | 76,67 | ≥ 100 | ≥ 50 | cm |
| 4 | Titik Lembek | 49,50 | 53,50 | 54,50 | ≥ 48 | ≥ 53 | °C |

Dari hasil pemeriksaan memperlihatkan bahwa aspal tersebut dapat digunakan karena memenuhi persyaratan yang ditetapkan.

Hasil pengujian Marshall, *Cantabro Loss*, dan *Asphalt Flow Down* untuk penentuan KAO dengan variasi kadar aspal sebesar 4,25%; 4,75%; 5,25%; 5,75%; dan 6,25% menggunakan gradasi terbuka. Adapun parameter-parameter Marshall yaitu : *density*, VIM, stabilitas, *flow*, dan *Marshall Quotient*. Rekapitulasi hasil pengujian Marshall, *Cantabro Loss*, dan *Asphalt Flow Down* dengan variasi kadar aspal disajikan pada Tabel 9 berikut :

Tabel 9 Rekapitulasi Hasil Pengujian Marshall, CL, dan AFD dengan Variasi Kadar Aspal Penetrasi 60/70 tanpa substitusi BGA dan *styrofoam*

| No. | Karakteristik Campuran | Kadar Aspal (%) | | | | | Spesifikasi AAPA (2004) |
|-----|-------------------------------|-----------------|--------|--------|--------|--------|-------------------------|
| | | 4,25 | 4,75 | 5,25 | 5,75 | 6,25 | |
| 1. | Stabilitas (Kg) | 292,16 | 319,73 | 245,31 | 231,00 | 226,81 | Min. 550 |
| 2. | Flow Plastis (mm) | 3,60 | 3,40 | 4,03 | 4,70 | 4,73 | 2 - 6 |
| 3. | MQ (Kg/mm) | 81,43 | 94,13 | 60,86 | 49,44 | 47,88 | Maks. 400 |
| 4. | Density (gr/cm ³) | 1,96 | 1,97 | 1,98 | 1,99 | 2,00 | - |
| 5. | VIM (%) | 24,06 | 23,06 | 22,00 | 21,08 | 20,04 | 18- 23 |
| 6. | CL (%) | 35,07 | 30,12 | 21,09 | 12,60 | 8,33 | Maks. 25 |
| 7. | AFD (%) | 0,09 | 0,19 | 0,22 | 0,25 | 0,31 | Maks. 0,3 |

Hubungan antara kadar aspal dengan parameter Marshall, CL dan AFD dianalisis dengan analisis regresi untuk menentukan KAO campuran aspal. Analisis regresi yang sesuai untuk penyebaran data pada penelitian ini yaitu regresi non linier. Adapun hasil analisis regresi parameter Marshall, CL dan AFD disajikan pada Tabel 10 berikut:

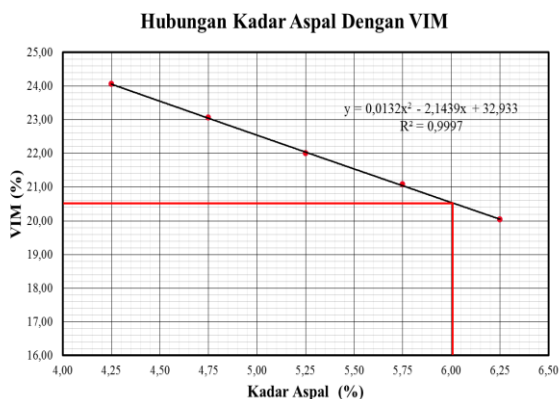
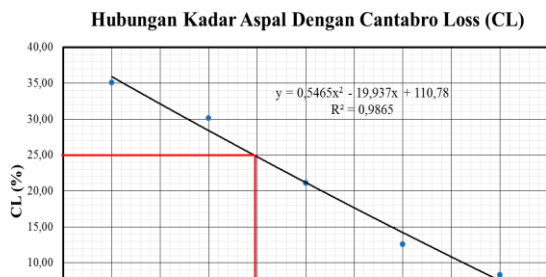
Tabel 10 Rekapitulasi Hasil Analisis Regresi untuk 0% BGA dan *Styrofoam*

| No. | Karakteristik Campuran | Persamaan Regresi KAO = 5,76% | Nilai |
|-----|------------------------|-------------------------------------|---------|
| 1 | Density | $y = -0,0007x^2 + 0,0271x + 1,8559$ | 1,989 |
| 2 | Stabilitas | $y = -0,9699x^2 - 33,702x + 467,15$ | 240,848 |
| 3 | Flow | $y = 0,1429x^2 - 0,7867x + 4,2144$ | 4,424 |
| 4 | Marshall Quotient | $y = -1,91x^2 - 2,3037x + 132,44$ | 55,801 |
| 5 | VIM | $y = 0,0132x^2 - 2,1439x + 32,933$ | 21,022 |
| 6 | Cantabro Loss | $y = 0,5465x^2 - 19,937x + 110,78$ | 14,074 |
| 7 | Asphalt Flow Down | $y = -0,019x^2 + 0,3011x - 0,8346$ | 0,269 |

Penentuan kadar aspal optimum campuran aspal porus dalam penelitian ini menggunakan metode AAPA (2004), dimana menyebutkan penentuan KAO dengan metode ini hanya mensyaratkan tiga parameter yaitu VIM, *Cantabro Loss* (CL) dan *Asphalt Flow Down* (AFD). Perencanaan kadar aspal dilakukan dengan menyesuaikan kadar aspal berdasarkan persyaratan VIM, *cantabro loss* (CL) dan *asphalt flow down* (AFD). Grafik hubungan kadar aspal dengan VIM, CL dan AFD diperoleh, maka nilai KAO berdasarkan metode *Australian Asphalt Pavement Association* (AAPA) yaitu sebesar 5,76%.

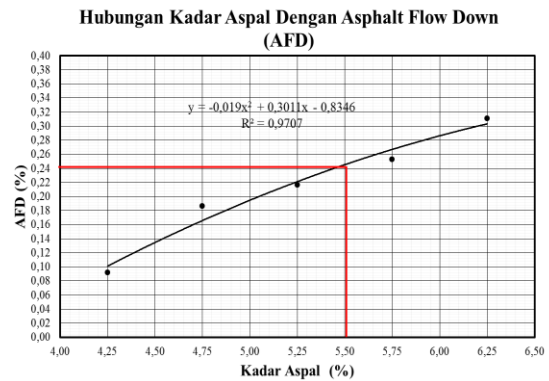
Untuk grafik penentuan KAO pada campuran aspal porus terhadap tiga parameter yang disyaratkan dapat dilihat pada Gambar 1 berikut ini :

Untuk Nilai CL = 25%, diperoleh Kadar Aspal



Minimum (Bc. Min) = 4,98%

Untuk Nilai VIM = 20,5%, diperoleh Kadar Aspal Maksimum (Bc. Max) = 6,05%. Dan Rerata Nilai Bc. Min dan Bc. Max diperoleh KAO sementara = 5,52%



Untuk KAO sementara = 5,52%, maka didapat Nilai AFD Y = 0,245%. Jadi diperoleh KAO sebesar 5,76%

Gambar 1. Grafik Penentuan KAO Pada Kondisi Normal

Rekapitulasi hasil pengujian karakteristik campuran aspal porus dengan variasi kadar aspal pada substitusi BGA 6% dan *styrofoam* 7% disajikan pada Tabel 11 berikut :

Tabel 11 Rekapitulasi Hasil Pengujian Pada Substitusi BGA 6% dan Styrofoam 7%

| No. | Karakteristik Campuran | Kadar Aspal (%) | | | Spesifikasi AAPA (2004) |
|-----|-------------------------------|-----------------|--------|--------|-------------------------|
| | | 5,26 | 5,76 | 6,26 | |
| 1. | Stabilitas (Kg) | 1008,94 | 942,97 | 892,63 | Min. 550 |
| 2. | Flow Plastis (mm) | 3,83 | 4,00 | 3,43 | 2 – 6 |
| 3. | MQ (Kg/mm) | 263,58 | 237,95 | 262,48 | Maks. 400 |
| 4. | VIM (%) | 18,43 | 18,73 | 17,30 | 18 – 23 |
| 5. | Density (gr/cm ³) | 2,072 | 2,048 | 2,069 | - |
| 6. | Cantabro Loss (%) | 30,91 | 34,68 | 28,04 | Maks. 25 |
| 7. | Asphalt Flow Down (%) | 0,26 | 0,14 | 0,24 | Maks. 0,3 |

Rekapitulasi hasil pengujian karakteristik campuran aspal porus dengan variasi kadar aspal pada substitusi BGA 8% dan *styrofoam* 9% disajikan pada Tabel 12 berikut :

Tabel 12 Rekapitulasi Hasil Pengujian Pada Substitusi BGA 8% dan Styrofoam 9%

| No. | Karakteristik Campuran | Kadar Aspal (%) | | | Spesifikasi AAPA (2004) |
|-----|-------------------------------|-----------------|---------|--------|-------------------------|
| | | 5,26 | 5,76 | 6,26 | |
| 1. | Stabilitas (Kg) | 1108,53 | 1141,96 | 857,42 | Min. 550 |
| 2. | Flow Plastis (mm) | 2,43 | 3,15 | 3,07 | 2 – 6 |
| 3. | MQ (Kg/mm) | 513,94 | 368,25 | 279,81 | Maks. 400 |
| 4. | VIM (%) | 18,67 | 20,12 | 18,82 | 18 – 23 |
| 5. | Density (gr/cm ³) | 2,066 | 2,013 | 2,030 | - |

| | | | | | |
|----|-----------------------|-------|-------|-------|-----------|
| 6. | Cantabro Loss (%) | 30,25 | 19,20 | 23,41 | Maks. 25 |
| 7. | Asphalt Flow Down (%) | 0,20 | 0,17 | 0,21 | Maks. 0,3 |

Hal-hal yang dibahas pada sub bab ini sesuai dengan hasil yang diperoleh dari penelitian dan hasil pengolahan data terhadap karakteristik campuran aspal porus. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh kadar aspal optimum terbaik pada 5,76% dengan substitusi BGA 8% dan *styrofoam* 9%, dimana semua parameternya telah memenuhi spesifikasi yang disyaratkan AAPA (2004).

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil pengujian parameter Marshall, CL, dan AFD diperoleh kadar aspal optimum (KAO) sebesar 5,76%, tanpa substitusi BGA dan *styrofoam*.
2. Nilai kadar aspal optimum terbaik diperoleh pada 5,76% dengan substitusi 8% BGA dan 9% *styrofoam*, dimana sudah memenuhi semua spesifikasi yang disyaratkan *Australian Asphalt Pavement Association* (2004).
3. Semakin besar variasi persentase BGA dan *styrofoam* nilai stabilitas campuran juga semakin meningkat. Pada kadar aspal optimum terbaik 5,76 % dengan substitusi 8% BGA dan 9% *styrofoam*, nilai stabilitas diperoleh sebesar 1141,96 kg dimana sudah memenuhi spesifikasi yang disyaratkan AAPA (2004) untuk lalu lintas ringan sampai sedang yaitu minimum 550 kg.
4. Nilai kadar rongga dalam campuran semakin besar seiring dengan semakin besar kadar BGA dan *styrofoam*, sebaliknya semakin kecil kadar aspal semakin kecil nilai kadar rongga. Nilai VIM pada kadar aspal optimum terbaik diperoleh sebesar 20,12 %.
5. Peningkatan variasi kadar aspal menyebabkan nilai *cantabro loss* semakin menurun yang artinya ketahanan campuran tersebut terhadap pelepasan butiran semakin besar. Nilai *cantabro loss* pada kadar aspal optimum terbaik diperoleh sebesar 19,20 %.
6. Peningkatan kadar aspal menyebabkan nilai *asphalt flow down* semakin menurun dengan tingkat pemisahan dalam campuran semakin kecil. Nilai AFD pada kadar aspal optimum terbaik diperoleh sebesar 0,17% dan sudah memenuhi batas yang disyaratkan AAPA (2004) yaitu $\leq 0,30\%$.

5.2 Saran

1. Pada penelitian ini menggunakan ukuran gradasi rencana maksimum 14 mm, disarankan pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan menggunakan ukuran gradasi maksimum 10 mm.
2. Penelitian selanjutnya disarankan dapat menggunakan substitusi bahan alam yang berbeda

seperti abu serabut kelapa, abu tempurung kelapa sehingga dapat diketahui kinerja dari campuran aspal porus.

3. Pada penelitian ini dilakukan substitusi terhadap aspal penetrasi 60/70 dan agregat halus, disarankan pada penelitian selanjutnya menggunakan substitusi terhadap filler pada campuran aspal porus.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ridho, Alfian Noor., 2012, *Perencanaan Campuran Aspal Porus terhadap Karakteristik Marshall dan Kuat Tarik Tidak Langsung dengan Serbuk Ban Bekas sebagai Pengganti Agregat Halus*, Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- [2] Sukirman, S., 2003, *Beton Aspal Campuran Panas*, Penerbit Granit, Bandung.
- [3] Sukirman, S., 1999, *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Penerbit Nova, Bandung.
- [4] Fazillah, Nur., 2014, *Pengaruh Substitusi Styrofoam Pada Pengujian Marshall & Asphalt Flow Down Terhadap Karakteristik Campuran Aspal Porus*, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala.
- [5] Bukhari, dkk., 2007, *Rekayasa Bahan dan Tebal Perkerasan*, Fakultas Teknik, Universitas Syia Kuala.
- [6] Aquina, H., 2014, *Karakteristik Campuran Aspal Porus dengan Substitusi Styrofoam pada Aspal Penetrasi 60/70*, Tesis, Magister Teknik Sipil, Universitas Syiah Kuala.
- [7] Rahmadi, 2018, *Evaluasi Karakteristik Marshall Campuran AC-WC dengan Menggunakan BGA dan ACKS sebagai Bahan Substitusi*, Tesis, Magister Teknik Sipil, Universitas Syiah Kuala.
- [8] AASTHO 1993, *Guide for Design of Pavement Structures*, AASHTO, Washington, DC.
- [9] Australian Asphalt Pavement Association, 2004, *Open Graded Asphalt Design Guide*, Australia.
- [10] PT. Summitama Intinusa, 2006, *Laporan Hasil Pengujian Rancangan Campuran Kerja AC-Wearing*, Departemen Pekerjaan Umum Badan Penelitian dan Pengembangan Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan, Bandung.

