

# ELASTICITY MODULUS AND ASPHALT CONCRETE PAVEMENT AGE AS FUNCTION OF DENSITY

## MODULUS ELASTISITAS DAN UMUR PERKERASAN JALAN BETON ASPAL SEBAGAI FUNGSI KEPADATAN

Sri Widodo<sup>1)</sup>, Ika Setyaningsih<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta e-mail : [swdd.ums@gmail.com](mailto:swdd.ums@gmail.com)

<sup>2)</sup>Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta e-mail : [ik4setiya@gmail.com](mailto:ik4setiya@gmail.com)

### ABSTRACT

The Poor control of density of asphalt pavement layers during construction, will lead to the variation of the density of the asphalt pavement. While the thin of pavement layer, it will undergo a great strain when receiving vehicle load and strain will disappear when the load the vehicle is passing. Repeated stretching process will speed up the asphalt pavement material fatigue. This research aims to produce a formula modulus of elasticity and the number of loading cycles as a function of density. Number of loading cycles is representative of the age of the pavement. The study was conducted by making asphalt concrete beam with width 63 mm, thickness 50 mm and length of 380 mm which has a density of 2.30 gr/cm<sup>3</sup>, 2.20 gr/cm<sup>3</sup>, and 2.08 gr/cm<sup>3</sup>. Specimens were then tested with a Beam Fatigue Apparatus at 25oC. The results showed that the greater the density, the greater the elastic modulus of the asphalt concrete and the more of the number of loading cycles that can be retained by the asphalt concrete. Formula modulus of elasticity as a function of density is expressed by the equation:  $y = 98x^4$ . Formula number of loading cycles as a function of density is expressed by the equation:  $y = 171x^7$ .

**Keywords:** asphalt concrete, density, modulus of elasticity, loading cycles

### ABSTRAK

Buruknya pengendalian kepadatan lapis perkerasan aspal saat pelaksanaan, akan menyebabkan bervariasinya kepadatan perkerasan aspal tersebut. Sedangkan lapis perkerasan yang terlalu tipis, akan mengalami regangan yang besar saat menerima beban kendaraan dan regangan akan hilang saat beban kendaraan tersebut lewat. Proses peregangan yang berulang ulang akan mempercepat kelelahan bahan perkerasan aspal tersebut. Penelitian ini bertujuan menghasilkan formula modulus elastisitas dan jumlah siklus pembebanan sebagai fungsi dari kepadatan. Jumlah siklus pembebanan merupakan perwakilan dari umur perkerasan jalan. Penelitian dilakukan dengan membuat balok beton aspal dengan ukuran lebar 63 mm, tebal 50 mm dan panjang 380 mm yang mempunyai variasi kepadatan 2,30 gr/cm<sup>3</sup>, 2,20 gr/cm<sup>3</sup>, dan 2,08 gr/cm<sup>3</sup>. Benda uji kemudian diuji dengan alat Beam Fatigue pada suhu 25oC. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar kepadatan maka akan semakin besar modulus elastisitas beton aspal dan semakin banyak jumlah siklus pembebanan yang dapat ditahan oleh beton aspal tersebut. Formula modulus elastisitas sebagai fungsi kepadatan dinyatakan dengan persamaan :  $y = 98x^4$ . Formula jumlah siklus pembebanan sebagai fungsi kepadatan dinyatakan dengan persamaan :  $y = 171x^7$ .

**Kata-kata kunci:** beton aspal, kepadatan, modulus elastisitas, siklus pembebanan

### PENDAHULUAN

Pengendalian kepadatan lapis perkerasan aspal yang digelar di lapangan merupakan hal sangat penting. Kepadatan lapis perkerasan aspal yang kurang memadai akan menyebabkan stabilitasnya menurun dan rongga dalam campuran menjadi besar. Hal ini akan berakibat umur lapis perkerasan aspal tersebut menjadi berkurang, dan bahkan bisa menimbulkan terjadinya kerusakan dini pada lapis perkerasan tersebut.

Lapis perkerasan yang terlalu tipis, saat menerima beban kendaraan akan mengalami regangan yang besar. Regangan akan hilang saat

beban kendaraan tersebut telah lewat. Proses peregangan yang berulang ulang akan mempercepat kelelahan bahan perkerasan aspal tersebut. Bahan perkerasan aspal yang sudah mengalami kelelahan menyebabkan sifat perkerasan aspal tersebut menjadi kurang elastis, sehingga akan menjadi mudah retak.

*Bitumen* sebagai bahan pengikat lapis perkerasan jalan merupakan bahan visco-elastis dan perubahan bentuknya jika menerima tegangan merupakan fungsi dari temperatur dan waktu pembebanan (Brown, 1990). Pada temperatur yang tinggi dan waktu pembebanan yang lama dia akan bersifat *viscous liquids*, sedangkan pada temperatur

rendah dan waktu pembebanan yang pendek dia akan bersifat elastis tetapi getas.

Lapisan perkerasan beton aspal saat menerima beban lalu lintas akan mengalami lendutan. Akan tetapi saat beban lalu lintas meninggalkan perkerasan beton aspal, lapisan beton aspal akan kembali ke posisi semula. Regangan akan terjadi secara berulang-ulang dan menyebabkan kelelahan (*fatigue*) pada lapisan beton aspal. Besarnya lendutan akan tergantung dari besarnya beban lalu lintas dan kekakuan campuran beton aspal. Sedangkan kekakuan campuran beton aspal akan tergantung dari temperatur dan waktu pembebanan.

Pada saat ini seluruh panjang jalan di Indonesia adalah sekitar 355.856 km yang terdiri dari jalan nasional 34.629 km, jalan provinsi 50.044 km, jalan kabupaten 245.253 km, jalan kota 23.469 km, dan jalan lainnya 773 km. Kondisi jalan tersebut tidak seluruhnya dalam kondisi baik. Jalan Nasional yang dalam kondisi baik hanya sekitar 52,2 %, sedangkan jalan kota dan kabupaten yang kondisinya baik hanya sekitar 22,48% (Ditjen Bina Marga, 2010). Melihat kondisi jalan tersebut di atas maka akan sangat berat bagi Bina Marga selaku pengelola jalan di Indonesia untuk memperbaiki kondisi jalan supaya tetap dalam kondisi baik. Dengan rata-rata biaya preservasi jalan sebesar 0,3 milyar/km, maka biaya preservasi jalan akan memakan biaya yang sangat besar.

Melihat kondisi jalan di Indonesia yang masih mengalami kerusakan, maka masih diperlukan inovasi teknologi di bidang perkerasan jalan yang lebih kuat dalam menahan beban lalu lintas dan gangguan cuaca. Dengan demikian penelitian untuk mengetahui pengaruh kepadatan dan regangan terhadap umur lapis perkerasan jalan beton aspal menjadi sangat penting. Hasil penelitian diharapkan akan menurunkan suatu formula jumlah siklus pembebanan sebagai fungsi dari kepadatan dan regangan, yang akan dapat digunakan dalam perencanaan tebal perkerasan jalan dengan metode analitis.

*Bitumen* merupakan bahan visco-elastis dan perubahan bentuknya jika menerima tegangan merupakan fungsi dari temperatur dan waktu pembebanan (Brown, 1990). Pada temperatur yang tinggi dan waktu pembebanan yang lama dia akan bersifat *viscous liquids*, sedangkan pada temperatur rendah dan waktu pembebanan yang pendek dia akan bersifat elastis tetapi getas.

Pada kasus bahan *visco elastis*, seperti bitumen, tegangan tarik ( $\sigma$ , yang bekerja pada waktu pembebanan ( $t$ ), menyebabkan regangan ( $\epsilon_t$ ). Modulus kekakuan ( $St$ ), pada waktu pembebanan ( $t$ ), didefinisikan sebagai perbandingan antara tegangan

yang bekerja dan regangan pada waktu pembebanan ( $t$ ) (persamaan 1) :

$$St = \frac{\dagger}{v_t} \quad (1)$$

Selanjutnya karena modulus elastisitas bitumen juga tergantung oleh temperatur ( $T$ ), konsekuensinya perlu untuk menyatakan kedua parameter waktu pembebanan dan temperatur ke dalam perhitungan modulus kekakuan seperti pada persamaan 2 :

$$S_{t,T} = \frac{\dagger}{v_{t \cdot T}} \quad (2)$$

*Fatigue* adalah fenomena kerusakan beton aspal akibat tegangan berulang yang besarnya umumnya kurang dari kuat tarik beton aspal. Hubungan antara jumlah pengulangan beban dengan regangan pada saat beton aspal mulai mengalami kerusakan ditunjukkan dengan persamaan 3 (Brown, 1990) :

$$N_f = C \times \left( \frac{1}{t} \right)^m \quad (3)$$

dengan :

$N_f$  = jumlah pengulangan beban saat terjadinya keretakan awal

$\epsilon_t$  = nilai maksimum regangan tarik yang bekerja pada bagian bawah lapis perkerasan aspal

$C, m$  = faktor yang besarnya tergantung pada komposisi dan sifat campuran

Rumus yang lain terkait hubungan antara pengulangan beban dengan regangan seperti ditunjukkan pada persamaan 4 (Huang, 2012) :

$$N_f = f_1 ( \epsilon_t )^{-f_2} (E)^{-f_3} \quad (4)$$

dengan :

$N_f$  = jumlah pengulangan beban saat terjadinya keretakan awal

$E$  = modulus elastisitas lapis perkerasan aspal

$\epsilon_t$  = nilai maksimum regangan tarik yang bekerja pada bagian bawah lapis perkerasan aspal

$f_1, f_2, f_3$  = konstanta yang ditentukan dari uji *fatigue* di laboratorium

Pengujian *fatigue* di laboratorium dapat menggunakan alat *Beam Fatigue* (AASHTO, 2008). Pengujian dilakukan sesuai AASHTO T 321-07 : *Determining the Fatigue Life of Compacted Hot Mix Asphalt (HMA) Subjected to Repeated Flexural Bending*. Benda uji berupa balok HMA berukuran lebar 63 mm, tinggi 50 mm, dan panjang 380 mm. Pengujian dapat dilakukan dengan pembebanan tegangan tetap (*controlled stress*) atau regangan tetap (*controlled strain*).

Pada pengujian dengan kontrol tegangan, benda uji diberi amplitudo tegangan yang tetap. Dengan tegangan tetap yang diberikan secara berulang, benda uji semakin lama menjadi lelah, sehingga regangannya menjadi semakin besar. Umur kelelahan merupakan jumlah pengulangan tegangan yang menyebabkan benda uji mengalami keruntuhan, yang ditunjukkan dengan regangan yang meningkat secara tajam.

Pada pengujian dengan control regangan, benda uji diberi amplitudo regangan yang tetap. Dengan pembebanan berulang yang memberikan regangan secara tetap, benda uji semakin lama menjadi lelah, sehingga tegangan yang dibutuhkan untuk memberikan regangan secara tetap menjadi semakin berkurang. Pengujian dengan model ini jarang sampai mencapai keruntuhan benda uji, sehingga umur kelelahan ditentukan merupakan jumlah pengulangan tegangan yang menyebabkan benda uji mengalami penurunan kekakuan sebesar 50% dari kekakuan awalnya (AASHTO, 2008).

Suroso (2008) mengadakan penelitian perkerasan jalan yang mengalami kerusakan retak. Penelitian dilaksanakan dengan cara mengambil contoh perkerasan aspal yang masih baik dan yang sudah rusak. Hasil penelitian Suroso (2008) terhadap karakteristik aspal yang ada dalam perkerasan menunjukkan bahwa : (1) Semakin kecil kadar aspal yang terdapat dalam beton aspal ternyata semakin kecil pula penetrasinya , berarti aspalnya semakin getas (2) Pada lokasi-lokasi yang mengalami kerusakan parah, penetrasi aspal tidak lebih dari 30, sehingga dapat dikatakan aspal telah mengalami pelapukan (3) Daktilitas aspalnya rata-rata kurang dari 85 cm untuk perkerasan jalan yang mengalami kerusakan, sedang untuk perkerasan jalannya masih baik rata-rata daktilitasnya masih di atas 100 cm

Pada penelitian Suroso ini, terlihat bahwa kerusakan dini lebih banyak disebabkan oleh berkurangnya penetrasi dan daktilitas aspal. Sebagai akibat dari pengurangan penetrasi dan daktilitas aspal menyebabkan campuran aspal menjadi kaku, sehingga kurang kuat mengimbangi lenturan yang terjadi pada lapis perkerasan akibat beban lalu lintas. Pada saat jalan mengalami pelenturan akan terjadi tegangan tarik pada bagian bawah lapisan beton aspal. Campuran aspal yang kaku saat menerima tegangan tarik bisa menjadi retak.

Taniguchi dkk.(2008) meneliti kerusakan retak memanjang pada jalan raya dengan menggunakan *CT Scanner*. Sampel diambil dari perkerasan beton aspal pada suatu jalan raya pada daerah dingin dan bersalju. Seksi jalan di lewati 2.500 kendaraan per hari dan dibuka pada tahun 1999. Jalan mempunyai struktur perkerasan *surface course* 4 cm, *binder course* 6 cm, dan *asphalt treated base* 8 cm.

Benda uji (*specimen*) diameter 10 cm tebal 3 cm disiapkan untuk pengujian *CT Scanner*. Setelah dilakukan analisis 3 dimensi terhadap sampel perkerasan yang mengalami retak, diketahui bahwa retak memanjang pada perkerasan aspal berkembang tidak dari bagian atas atau bawah perkerasan, akan tetapi berasal dari dalam perkerasan aspal yang kemudian berkembang ke arah atas dan bawah.

Pada tulisan ini akan disajikan hasil penelitian pengaruh kepadatan terhadap modulus elastisitas dan umur lapis perkerasan jalan raya. Umur lapis perkerasan jalan akan dinyatakan dengan jumlah siklus pembebanan yang menyebabkan lapis perkerasan tersebut mengalami pengurangan kekuatannya sampai sebesar 50% dari kekuatan awalnya. Pengujian *fatigue* di laboratorium dapat menggunakan alat *Beam Fatigue* (AASHTO, 2008). Pengujian dilakukan sesuai AASHTO T 321-07 : *Determining the Fatigue Life of Compacted Hot Mix Asphalt (HMA) Subjected to Repeated Flexural Bending*.

Penelitian dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta dan Laboratorium Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional IV di Cikampek. Bahan penelitian yang digunakan adalah agregat kasar, agregat halus, dan abu batu. Agregat kasar berasal dari Bawen diambil dari mesin pemecah batu milik CV Watu Agung Jaya yang berada di Bawen. Agregat halus dan abu berasal dari Klaten diambil dari mesin pemecah batu milik CV Dwi Manunggal yang berada di Karanganyar. Aspal yang digunakan adalah aspal keras penetrasi 60/70 produksi PT. Pertamina Cilacap yang dibeli dari toko besi dan bahan bangunan Dwi Jaya Surakarta. Agregat kasar, agregat halus, abu batu dan aspal penetrasi 60/70 dicampur untuk menghasilkan campuran *Asphalt Concrete Wearing Course* (ACWC) .

## **METODE PENELITIAN**

### **Bahan Penelitian**

Bahan penelitian yang digunakan adalah agregat kasar, agregat halus, dan abu batu. Agregat kasar berasal dari Bawen diambil dari mesin pemecah batu milik CV Watu Agung Jaya yang berada di Bawen. Agregat halus dan abu berasal dari Klaten diambil dari mesin pemecah batu milik CV Dwi Manunggal yang berada di Karanganyar. Aspal yang digunakan adalah aspal keras penetrasi 60/70 produksi PT Pertamina Cilacap yang dibeli dari toko besi dan bahan bangunan Dwi Jaya Surakarta.

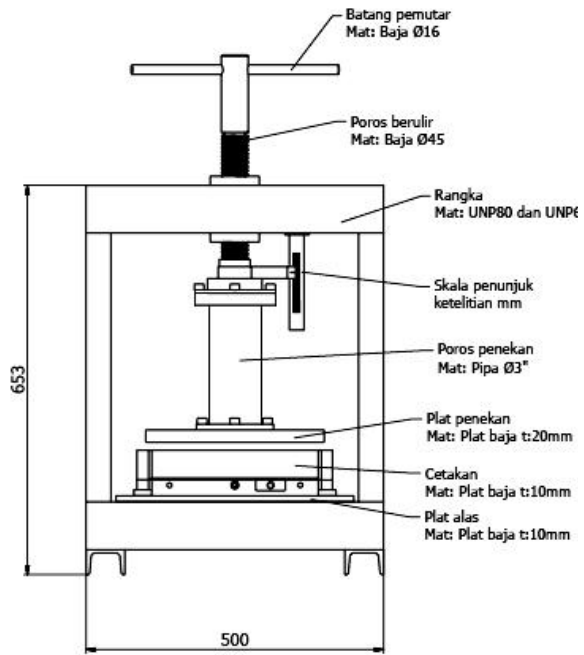
Agregat kasar, agregat halus, abu batu dan aspal penetrasi 60/70 dicampur untuk menghasilkan campuran *Asphalt Concrete Wearing Course* (ACWC). Adapun karakteristik ACWC sesuai dengan

ketentuan sifat-sifat campuran beton aspal dari Direktorat Jenderal Bina Marga 2010 adalah seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Ketentuan sifat-sifat campuran beton aspal

Sifat-sifat Campuran	Ketentuan
Kadar aspal efektif (%)	Min 5,1
Penyerapan aspal (%)	Maks. 1,2
Jumlah tumbukan per bidang	75
Rongga dalam campuran (%) <sup>(2)</sup>	Min. 3,5 Maks. 5
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min. 15
Rongga Terisi Aspal (%)	Min. 65
Stabilitas <i>Marshall</i> (kg)	Min. 800 Maks. -
Kelelahan (mm)	Min. 3
<i>Marshall Quotient</i> (kg/mm)	Min. 250
Stabilitas <i>Marshall</i> Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60 °C	Min. 90

Sumber : Ditjen. Bina Marga, 2010

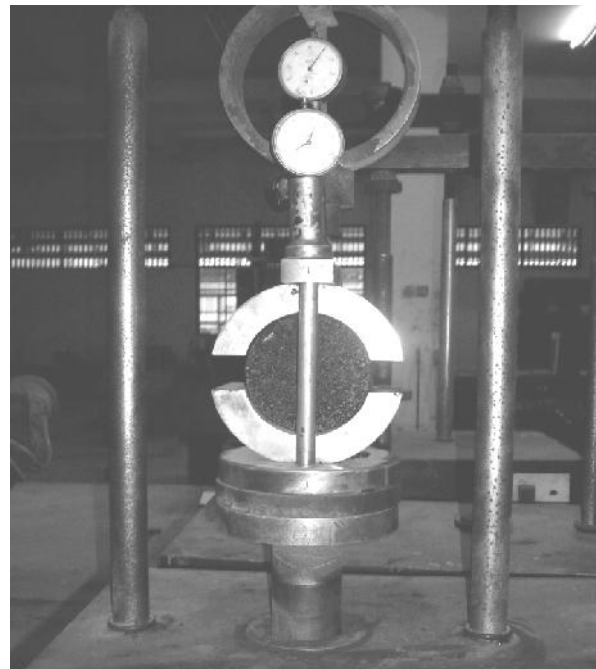


Gambar 1. Pencetak benda uji beton aspal

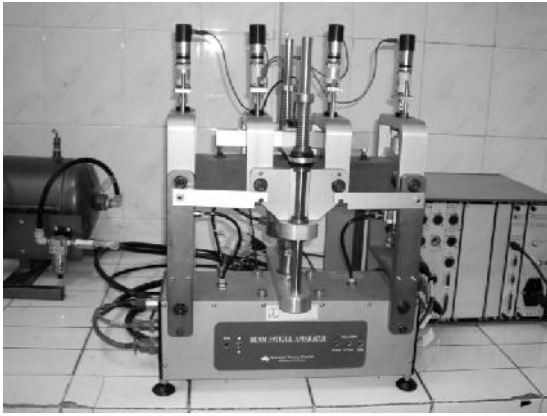
### Peralatan Penelitian

Peralatan utama yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Alat pencetak benda uji. Alat ini untuk mencetak benda uji berbentuk plat beton aspal dan balok beton aspal. Rencana ukuran 38 cm x 6,3 cm dengan tebal 5 cm untuk benda uji *Beam Fatigue Test*. Gambar 1. menunjukkan alat pencetak benda uji yang akan memadatkan benda uji dengan cara penekanan dengan sistem ulir sehingga kepadatan benda uji akan terkontrol.
2. *Marshall Test*. Seperti terlihat pada Gambar 2, alat ini digunakan untuk mengetahui karakteristik campuran beton aspal yang antara lain meliputi stabilitas, kelelahan, rongga dalam campuran, dan rongga terisi aspal. Karena karakteristik beton aspal sangat dipengaruhi oleh kadar aspal, maka dari hasil-hasil tes *Marshall* ini dirancang campuran aspal yang memberikan kadar aspal optimum.
3. *Beam Fatigue Test*. Seperti terlihat pada Gambar 3, alat ini untuk mencari nilai-nilai *tensile stress*, *tensile strain*, *flexural stiffness*, *modulus of elasticity*, dan *dissipated energy* dari bahan campuran aspal pada suatu siklus pembebanan. Nilai-nilai ini akan sangat tergantung dengan kelelahan bahan (*fatigue*) dalam menerima beban berulang. Alat ini dilengkapi dengan komputer yang dapat memberikan grafik hubungan antara jumlah siklus pembebanan dan kinerja bahan campuran aspal.



Gambar 2. Alat Marshall Test



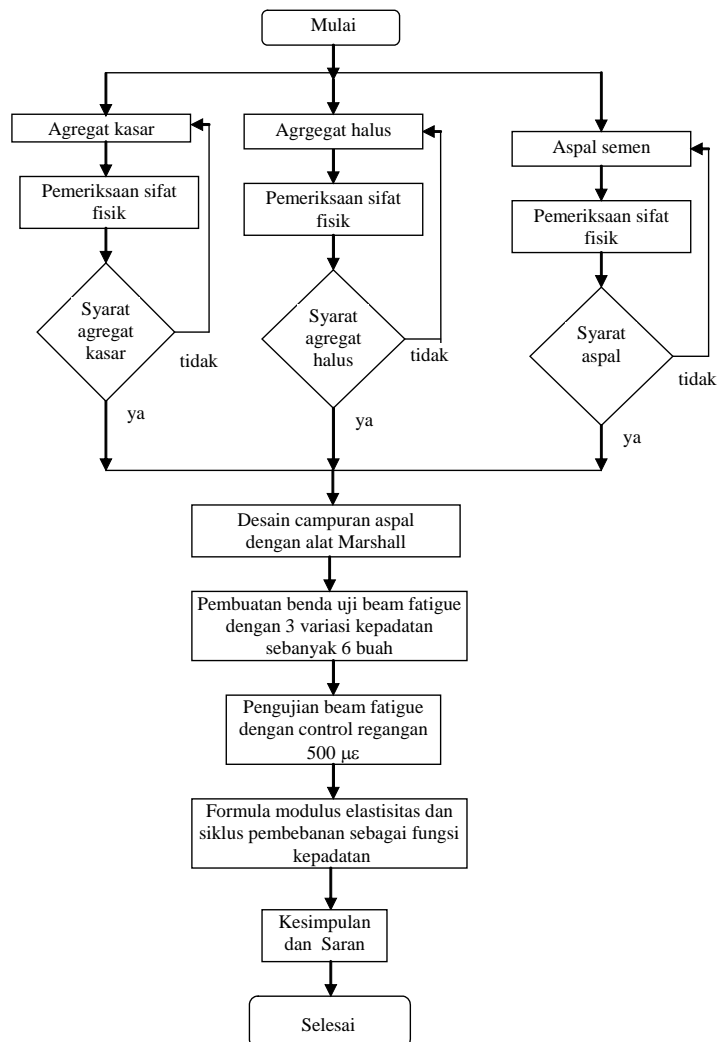
Gambar 3. Alat *Beam Fatigue Test*

Selain peralatan utama juga digunakan peralatan pendukung untuk mengukur dan mengumpulkan data, yang antara lain sebagai berikut :

1. Termometer, yaitu alat untuk mengukur temperatur agregat, aspal, dan campuran agregat dan aspal.
2. Timbangan, yaitu alat untuk mengukur berat agregat, aspal, dan benda uji campuran agregat dan aspal. *Proving ring*, dilengkapi dengan *micrometer dial* dengan ketelitian bacaan 0,0025 mm (0,0001 in) digunakan untuk membaca beban menerus
3. *Flowmeter*, digunakan untuk membaca pelelehan benda uji. *Flowmeter* harus dapat diatur ke bacaan nol saat mulai pengujian dan mempunyai ketelitian 0,25 mm.
4. Jangka sorong, untuk mengukur tebal atau diameter benda uji.

### Proses Jalannya Penelitian

Proses berlangsungnya penelitian mulai dari pengujian bahan baku sampai diperolehnya formula jumlah siklus pembebanan sebagai fungsi kepadatan dan regangan diperlihatkan seperti pada Gambar 4.

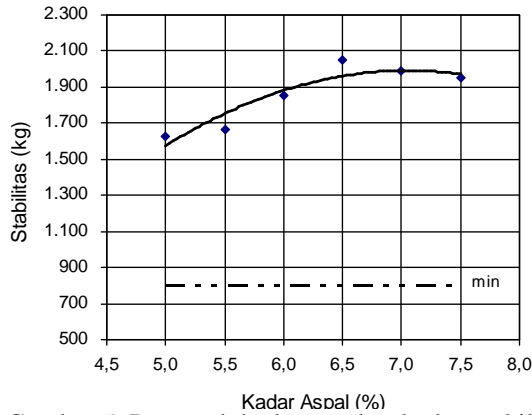


Gambar 4. Bagan alir penelitian

**HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**  
**Hasil Rancangan Campuran Asphalt Concrete Wearing Course (ACWC)**

Rancangan campuran *Asphalt Concrete Wearing Course* merupakan rancangan gradasi campuran agregat dan kadar aspal yang digunakan sebagai pedoman pembuatan campuran *Asphalt Concrete Wearing Course*. Gradasi campuran agregat pada penelitian ini menggunakan gradasi yang berada ditengah-tengah batas spesifikasi gradasi, sehingga pembuatan rancangan campuran hanya menentukan kadar aspal optimum yang menghasilkan karakteristik campuran aspal yang sesuai dengan spesifikasi karakteristik campuran ACWC.

Karakteristik campuran ACWC yang diperoleh dari pengujian Marshall adalah Stabilitas, Kelelahan, dan *Marshall Quotient*. *Marshall Quotient* merupakan hasil bagi Stabilitas dengan Kelelahan. Pengaruh kadar aspal terhadap Stabilitas, Kelelahan dan *Marshall Quotient* secara berturut-turut disajikan dalam Gambar 5, Gambar 6, dan Gambar 7.

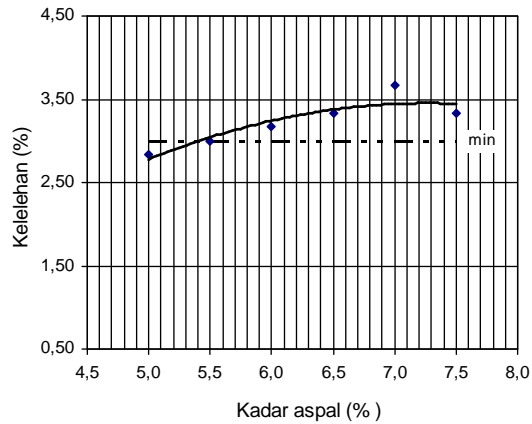


Gambar 5. Pengaruh kadar aspal terhadap stabilitas

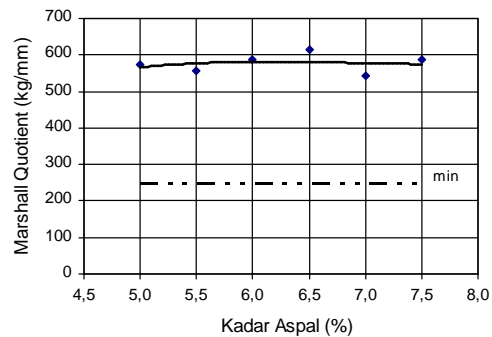
Dari Gambar 5. terlihat bahwa mulai kadar aspal 5% sampai dengan kadar aspal 7% stabilitas campuran ACWC mengalami kenaikan. Akan tetapi setelah kadar aspal 7 % penambahan kadar aspal selanjutnya menyebabkan menurunnya Stabilitas campuran ACWC. Namun demikian Stabilitas campuran ACWC yang dihasilkan dari semua kadar aspal memenuhi spesifikasi campuran ACWC. Karena Stabilitas yang dihasilkan semuanya lebih besar dari 800 kg. Stabilitas 800 kg merupakan batas bawah spesifikasi Stabilitas seperti yang tercantum dalam Tabel 1.

Kelelahan (*flow*) campuran ACWC mengalami kenaikan seiring dengan penambahan kadar aspal (Gambar 6.). Dari kadar aspal 5% sampai 5,4% nilai kelelahan kurang dari 3%, sehingga pada rentang kadar aspal ini campuran ACWC tidak dapat memenuhi batas minimum persyaratan kelelahan campuran ACWC. Akan tetapi mulai kadar aspal 5,4

%, kelelahan campuran ACWC dapat memenuhi spesifikasi kelelahan campuran ACWC yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga 2010.



Gambar 6. Pengaruh kadar aspal terhadap kelelahan

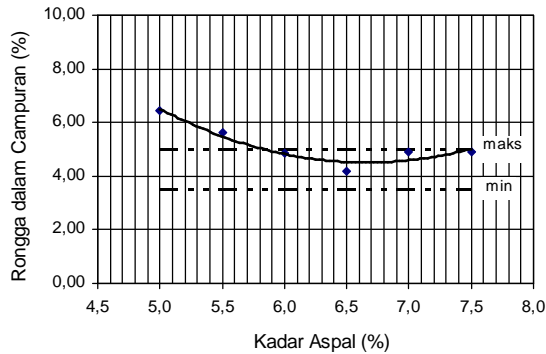


Gambar 7. Pengaruh kadar aspal terhadap *Marshall Quotient*

*Marshall Quotient* yang merupakan hasil bagi Stabilitas dengan Kelelahan. *Marshall Quotient* menunjukkan kekauan campuran aspal. Makin besar nilai *Marshall Quotient* campuran aspal akan semakin kaku. Sebaliknya makin kecil *Marshall Quotient* campuran aspal ini makin fleksibel. Akan tetapi jika nilai *Marshall Quotient* terlalu rendah, maka campuran aspal ini akan mudah mengalami perubahan bentuk akibat beban kendaraan. Dari hasil penelitian yang disajikan dalam Gambar 7, nilai *Marshall Quotient* boleh dikata konstan dengan nilai sekitar 575 kg/mm. Nilai *Marshall Quotient* ini cukup jauh diatas spesifikasi *Marshall Quotient* minimum campuran ACWC yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga 2010.

Sebelum benda uji ditest dengan alat Marshall, dilakukan analisis rongga yang terdapat di dalam benda uji campuran aspal. Hasil analisis rongga akan menghasilkan persen rongga dalam campuran,

rongga diantara agregat, dan rongga terisi aspal. Pengaruh kadar aspal terhadap karakteristik rongga yang ada dalam campuran seperti yang tersaji dalam Gambar 8, Gambar 9, dan Gambar 10.

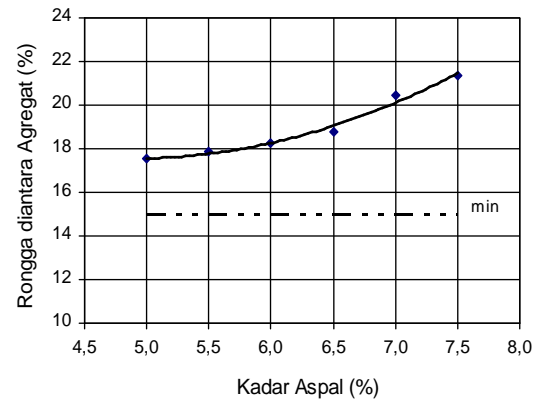


Gambar 8. Pengaruh kadar aspal terhadap rongga dalam campuran

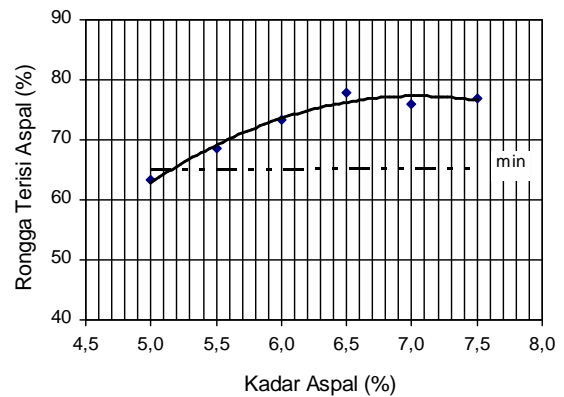
Rongga dalam campuran aspal merupakan merupakan salah unsur dalam campuran aspal panas. Unsur lainnya dalam campuran aspal panas adalah agregat dan aspal. Rongga dalam campuran aspal dapat menjadi indikasi kepadatan campuran aspal tersebut. Semakin kecil rongga yang ada dalam campuran aspal, campuran aspal tersebut semakin padat. Rongga dalam campuran aspal yang terlalu kecil akan menyebabkan sifat campuran aspal yang kaku sehingga campuran aspal mudah retak saat menerima beban yang berat. Rongga yang kecil juga tidak memberi ruang gerak aspal saat aspal tersebut meleleh pada suhu tinggi, sehingga akhirnya aspal muncul di permukaan jalan yang sering disebut *bleeding*. Rongga dalam campuran yang terlalu besar menyebabkan campuran aspal kurang stabil saat menerima beban. Rongga dalam campuran yang besar juga menyebabkan air mudah masuk ke dalam campuran aspal. Air akan menyebabkan aspal mengelupas dari agregat sehingga agregat terlepas dari campuran aspal, dan terjadi kerusakan lubang.

Gambar 8 memperlihatkan pengaruh kadar aspal terhadap rongga dalam campuran aspal. Dari kadar aspal 5% penambahan kadar aspal memperkecil rongga dalam campuran. Akan tetapi mulai kadar aspal 6,7% penambahan kadar aspal akan menambah rongga yang ada dalam campuran. Hal ini menunjukkan bahwa kadar aspal 6,7 % merupakan kadar aspal optimum yang menghasilkan kepadatan campuran aspal yang maksimum. Syarat rongga dalam campuran ACWC sesuai dengan spesifikasi Direktorat Jenderal Bina Marga 2010 adalah antara 3% sampai 5%. Dari Gambar 8 terlihat bahwa kadar aspal yang masih memenuhi syarat spesifikasi campuran ACWC adalah 5,8% sampai 7,5%.

Karakteristik rongga lainnya yang perlu dianalisis adalah rongga yang berada di antara agregat. Rongga di antara agregat menunjukkan ruangan yang dapat diisi oleh aspal sebagai bahan pengikat. Semakin besar rongga yang berada di antara agregat semakin besar aspal yang dapat ditampung dalam campuran aspal. Gambar 9 memperlihatkan pengaruh kadar aspal terhadap rongga yang ada dalam campuran ACWC. Rongga diantara agregat menurut spesifikasi Direktorat Jenderal Bina Marga 2010 untuk campuran ACWC minimal 15%. Berdasar Gambar 9 semua kadar aspal memenuhi syarat sebagai campuran ACWC.



Gambar 9. Pengaruh kadar aspal terhadap rongga di antara agregat

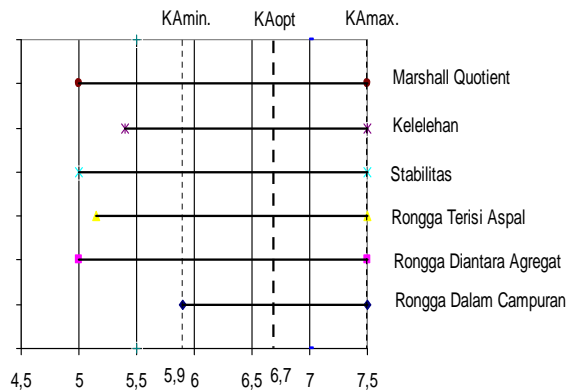


Gambar 10. Pengaruh kadar aspal terhadap rongga terisi aspal

Aspal yang mengisi rongga di antara agregat perlu dianalisis. Semakin besar rongga terisi aspal menunjukkan semakin banyak aspal yang ada dalam campuran aspal, yang berarti semakin baik aspal mengikat agregat. Gambar 10 menunjukkan pengaruh kadar aspal terhadap rongga terisi aspal. Semakin besar kadar aspal akan semakin besar pula rongga yang terisi aspal. Akan tetapi pada kadar aspal sekitar 7%, penambahan kadar aspal menyebabkan rongga

terisi aspal berkurang. Hal ini menunjukkan bahwa mulai kadar aspal ini tercapai kepadatan maksimum. Penambahan aspal selanjutnya tidak memperbesar kepadatan campuran aspal, akan tetapi penambahan aspal membuat campuran menjadi terlalu plastis sehingga campuran menjadi sulit dipadatkan. Akibatnya rongga yang ada di antara agregat tidak berkurang dan bahkan bisa membesar karena agregat seakan-akan menjadi mengambang. Besarnya rongga terisi aspal minimum adalah 65% (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2010). Dari Gambar 10 terlihat bahwa kadar aspal yang memenuhi syarat spesifikasi ACWC (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2010) adalah minimum 5,2%.

Rangkuman kadar aspal yang dapat memenuhi persyaratan karakteristik campuran aspal ACWC seperti ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Rangkuman kadar aspal yang menghasilkan karakteristik campuran aspal sesuai spesifikasi ACWC

Berdasar Gambar 11 dapat ditentukan bahwa kadar aspal 5,9% merupakan kadar aspal minimum dan kadar aspal 7,5% merupakan kadar aspal maksimum. Kadar aspal optimum merupakan rata-rata dari kadar aspal minimum dan kadar aspal maksimum yang nilainya adalah 6,7%.

### Hasil Pengujian *Beam Fatigue*

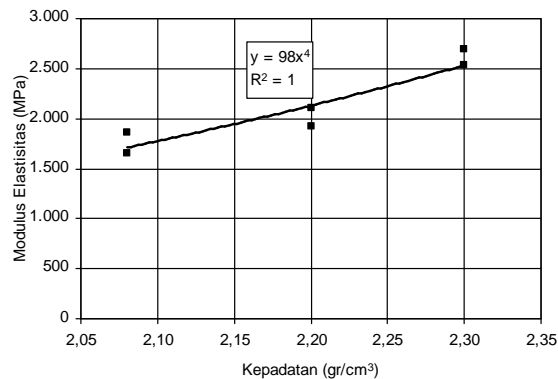
Pengujian *Beam Fatigue* dilaksanakan terhadap 6 buah benda uji dengan 3 variasi kepadatan. Masing-masing variasi kepadatan dibuat 2 buah benda uji. Pengujian dilakukan pada temperatur 25°C pada kontrol regangan 500  $\mu\epsilon$ . Hasil pengujian *beam fatigue* dapat dilihat pada Tabel 2. Modulus elastisitas yang dilaporkan adalah modulus elastisitas pada saat awal pembebanan. Modulus elastisitas akan menurun seiring dengan bertambahnya siklus pembebanan yang bekerja pada campuran beton aspal. Jumlah siklus pembebanan dihitung sejak awal

pembebanan sampai modulus elastisitas bahan perkerasannya bernilai setengah dari modulus elastisitas pada saat awal pembebanan. Jumlah siklus pembebanan ini akan ekuivalen dengan umur lapis perkerasan jalan.

Tabel 2. Hasil Pengujian *Beam Fatigue*

No.	Kepadatan (gr/cm <sup>3</sup> )	Modulus Elastisitas (Mpa)	Pembebanan (siklus)
1	2,30	2.534	42.180
2	2,30	2.695	59.150
3	2,20	2.108	35.900
4	2,20	1.921	57.090
5	2,08	1.651	26.270
6	2,08	1.863	24.450

Pengaruh kepadatan terhadap modulus elastisitas campuran ACWC disajikan dalam Gambar 12.

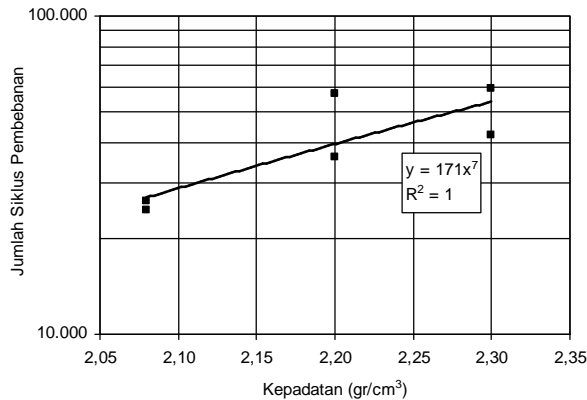


Gambar 12. Pengaruh kepadatan terhadap modulus elastisitas ACWC

Dari Gambar 12 terlihat bahwa semakin besar kepadatan campuran ACWC akan semakin meningkat modulus elastisitasnya. Kenaikan modulus elastisitas berbentuk power terhadap kepadatannya yang dinyatakan dengan persamaan :  $y = 98x^4$ , dengan y adalah modulus elastisitas dan x adalah kepadatan. Dari persamaan yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa penambahan kepadatan ACWC sangat berpengaruh terhadap penambahan modulus elastisitasnya. Pengaruh kepadatan terhadap jumlah siklus pembebanan campuran ACWC disajikan dalam Gambar 13. Dari Gambar 13 terlihat bahwa semakin besar kepadatan campuran ACWC jumlah siklus pembebanan yang dapat ditahan oleh campuran ACWC juga semakin bertambah. Kenaikan jumlah siklus pembebanan berbentuk power terhadap kepadatannya yang dinyatakan dengan persamaan :  $y = 171x^7$ , dengan y adalah jumlah siklus pembebanan dan x adalah kepadatan. Dari persamaan yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa penambahan



kepadatan akan sangat berpengaruh menambah kenaikan jumlah siklus pembebanannya melebihi pengaruhnya terhadap modulus elastisitas. Dengan demikian penambahan kepadatan *Asphalt Concrete Wearing Course* akan menambah keawetan bahan perkerasan aspal tersebut dalam menahan beban berulang.



Gambar 13. Pengaruh kepadatan terhadap Jumlah jumlah siklus pembebanan pada ACWC

## KESIMPULAN

Dari penelitian yang dilakukan terhadap *Asphalt Concrete Wearing Course (ACWC)* dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Makin padat campuran ACWC, modulus elastisitasnya semakin besar sesuai dengan persamaan :  $y = 98x^4$ , dengan y adalah modulus elastisitas dan x adalah kepadatan.
2. Makin padat campuran ACWC, akan menambah keawetannya yang ditunjukkan dengan bertambahnya jumlah siklus pembebanan yang dapat ditahan sesuai dengan persamaan :  $y = 171x^7$ , dengan y adalah jumlah siklus pembebanan dan x adalah kepadatan.

## SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh disarankan penelitian-penelitian lanjutan berikut ini perlu dilakukan :

1. Untuk menguji keandalan persamaan yang diperoleh perlu ditambahkan lagi jumlah benda uji yang diteliti agar syarat statistik dapat dipenuhi.
2. Perlu diteliti pengaruh parameter-parameter lain yang akan mempengaruhi umur perkerasan aspal, seperti misalnya temperatur dan besarnya regangan pada lapisan beton aspal akibat beban yang bekerja.

## DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO, 2008. *Standard Specifications for Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing, Part 2 : Tests*. AASHTO, Washington D.C.
- Brown, S., 1990. *The Shell Bitumen Handbook*. Shell Bitumen U.K.
- Direktorat Jenderal Bina Marga, 2010. *Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan Divisi 6 Perkerasan Beraspal*. Pusat Litbang Jalan dan Jembatan Badan Penelitian dan Pengembangan, Bandung
- Kim, Y.R., Park, H.M., Aragão, F.T.S., dan Lutif, J.E.S, 2009. "Effects of Aggregate Structure on Hot-Mix Asphalt Rutting Performance in Low Traffic Volume Local Pavements". *Construction and*
- Suroso, T.W., 2008. "Faktor-Faktor Penyebab Kerusakan Dini Pada Perkerasan Jalan". *Jurnal Jalan dan Jembatan*, Vol. 25 No.3, Bandung.
- Taniguchi, S., Nishizaki, I., dan Moriyoshi, A., 2008. "A Study of Longitudinal Cracking in Asphalt Pavement using CT Scanner". *Road Materials and Pavement Design*, Vol. 9, No. 3, pp 549-558, Lavoisier, Paris.
- Direktorat Jenderal Bina Marga, 2010. *Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan Divisi 6 Perkerasan Beraspal*. Pusat Litbang Jalan dan Jembatan Badan Penelitian dan Pengembangan, Bandung