

KAJIAN KARAKTERISTIK CAMPURAN HOT ROLLED ASPHALT AKIBAT PENAMBAHAN LIMBAH SERBUK BAN BEKAS

Gito Sugiyanto

Program Studi Teknik Sipil Jurusan Teknik Fakultas Sains dan Teknik UNSOED Purwokerto
Jl. Kampus No. 1, Grendeng, Purwokerto Utara, Banyumas, Jawa Tengah 53122
email : gito_98@yahoo.com

ABSTRAK

Hampir 99 % perkerasan jalan lentur di Indonesia terbuat dari campuran beraspal. Kerusakan perkerasan jalan pada umumnya adalah retak dan deformasi permanen.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis karakteristik campuran *Hot Rolled Asphalt* (HRA) yang mengandung butiran/serbuk ban bekas dan membandingkan dengan campuran beraspal tanpa serbuk ban bekas. Campuran yang digunakan dalam penelitian ini adalah HRA dengan batas tengah gradasi nomor campuran IV dalam persyaratan Bina Marga.

Berdasarkan analisis *Marshall* diperoleh kadar aspal optimum campuran tanpa ban bekas adalah 7,10%, campuran dengan 50% serbuk ban bekas sebagai pengganti agregat pada fraksi No. 50 memiliki kadar aspal optimum 7,30% dan campuran dengan 100% serbuk ban bekas sebagai pengganti agregat pada fraksi No. 50 memiliki kadar aspal optimum 7,00%. Hasil pengujian *Marshall Immersion* menunjukkan indeks perendaman campuran *hot rolled asphalt* dengan 50% serbuk ban bekas sebagai pengganti sebagian agregat pada fraksi No. 50, memiliki nilai yang terbesar yaitu 96,42%. Campuran optimum diperoleh pada campuran yang mengandung serbuk ban bekas sebagai pengganti fraksi No. 50 sebanyak 50%.

Kata kunci : *hot rolled asphalt, serbuk ban bekas, marshall immersion*

ABSTRACT

Almost 99% of flexible pavement in Indonesia are made of asphalt mixed. The generally damage of road construction is crack and permanent deformation.

The objective of this research is to analyse characteristics of a Hot Rolled Asphalt (HRA) wearing course which has been modified with scrapped rubber tire, and to compare them with those of the conventional mixture (without scrapped rubber tire). The mixture in this research is HRA with the middle of gradation at no. IV in Bina Marga Specification.

Marshall analysis showed that the mix without scrapped rubber tire has an optimum asphalt content of 7.10%, the mix containing 50% substitution of aggregate at fraction of No. 50 has an optimum asphalt content of 7.30% and the mix containing 100% substitution of aggregate at fraction of No.50 has an optimum asphalt content of 7.00%. The result of marshall immersion test indicated index of retained strength (IRS) of hot rolled asphalt mixtures which contents of 50% as substitution of aggregate at fraction of No. 50 is 96.42. The optimum mixture is the mixture which is containing scrapped rubber tire as substitution of aggregate at fraction of No. 50 is 50%.

Keywords : hot rolled asphalt, scrapped rubber tire, marshall immersion

1. PENDAHULUAN

Jalan raya merupakan prasarana transportasi yang berperan strategis dalam bidang sosial, ekonomi, budaya dan hankam. Jalan melayani 80-90% dari seluruh angkutan barang dan orang. Sehingga pembangunan prasarana transportasi jalan raya merupakan sektor pembangunan yang diprioritaskan, terbukti dengan banyaknya anggaran nasional yang terserap ke sektor ini baik untuk pembangunan konstruksi jalan baru maupun pemeliharaan jalan.

Dampak dari kegiatan ini adalah meningkatnya kebutuhan aspal dan agregat alam baik agregat kasar/agregat halus. Kebutuhan aspal mencapai 600.000 ton pertahun diimport yang mengakibatkan berkurangnya devisa dan ketersediaan agregat juga makin berkurang (Sjahdanulirwan, 2007).

Penggunaan ban bekas sebagai bahan tambah (*additive*) aspal telah diteliti oleh *US Department of Transportation Federal Highway Administration* di Amerika sejak tahun 1986. Hasilnya penggunaan ban hasil parutan ban bekas mampu mereduksi kerusakan pada perkerasan lentur yang diakibatkan oleh faktor cuaca dan lalu lintas (AASHTO, 1982). Penggunaan parutan ban bekas sangat cocok digunakan pada daerah beriklim panas (Kennedy, 2000). *Road Research Centre, Ministry of Public Works* di Kuwait menyatakan penambahan 2% lateks dan 5% parutan ban bekas terhadap aspal dapat mencegah terjadinya retak-retak, *bleeding* dan memperkecil terjadinya pelepasan butir pada permukaan perkerasan lentur.

1.1. Tujuan

Kajian ini bertujuan untuk :

1. Mencari kadar aspal optimum campuran *hot rolled asphalt* pada kondisi tanpa serbuk ban bekas dan dengan serbuk ban bekas sebagai material agregat halus.
2. Menentukan nilai stabilitas dan kelelahan plastis (*flow*) campuran *hot rolled asphalt* pada kondisi tanpa serbuk ban bekas dan dengan serbuk ban bekas.
3. Mengetahui indeks kekuatan sisa/*retained strength index*/indeks perendaman campuran

1.2. Ruang Lingkup

Kajian ini dibatasi pada ruang lingkup sebagai berikut :

1. Penelitian melalui pengujian di laboratorium, tidak menguji di lapangan.
2. Pada penelitian ini hanya satu gradasi agregat yang diselidiki yaitu batas tengah gradasi nomor campuran IV dalam persyaratan Bina Marga.
3. Material yang digunakan dalam campuran *hot rolled asphalt* terdiri dari:
 - a) Aspal keras penetrasi 60/70.
 - b) Agregat kasar dan agregat halus dari daerah Gunungkidul, Yogyakarta.
 - c) Bahan pengisi : semen *Portland* Tipe I Semen Tiga Roda PT. Indocement.
 - d) Serbuk ban bekas yang digunakan sebagai pengganti dari sebagian material agregat halus fraksi No. 50 (0,279 mm) diperoleh dari pabrik vulkanisir ban di Purwokerto.
4. Pengujian meliputi pengujian *Marshall*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Penggunaan ban bekas pada campuran beton aspal mampu meningkatkan ketahanan terhadap deformasi permanen akibat jejak roda. (Kurniati, 2004). Penambahan bahan tambah seperti serbuk ban bekas ke dalam campuran aspal dapat memberikan daya tahan yang lebih baik terhadap suhu tinggi maupun beban, dibandingkan dengan aspal tanpa penambahan bahan tambah. Penambahan bahan tambah pada aspal dapat memberikan indikasi untuk memperbaiki ketahanan geser pada suhu tinggi sehingga mencegah terjadinya kerusakan (Aprina, 2005).

Pada aspal dapat ditambahkan beberapa aditif untuk berbagai keperluan. Polimer karet yang ada di ban bekas kendaraan telah digunakan sebagai aditif untuk meningkatkan kekuatan ikatan aspal dengan agregat. Ini berarti sekaligus juga memecahkan masalah lingkungan, ban bekas tidak dibakar percuma. Berkaitan dengan isu lingkungan, beberapa negara sudah menjalankan daur ulang aspal, jalan aspal yang rusak tidak ditambal dengan aspal baru tetapi dengan daur ulang aspal (Ismunandar, 2006). Penambahan kadar serbuk ban bekas sampai $\pm 3\%$ pada beton aspal menghasilkan kinerja yang lebih baik daripada campuran beton aspal terutama untuk kondisi temperatur di atas $30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Menurut Sugiyanto (2008) penggantian sebagian agregat pada fraksi No. 50 dengan serbuk ban bekas mampu menambah ketahanan campuran *hot rolled asphalt* terhadap air sehingga dapat mengurangi kerusakan jalan.

3. ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian Agregat Kasar dan Agregat Halus

Agregat kasar dan agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini adalah batu pecah. Batasan gradasi agregat mengikuti spesifikasi Bina Marga SKBI 2.4-26.1987, gradasi No. IV untuk lapis permukaan darai campuran beton aspal. Hasil pengujian agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 1. Sedangkan dari pengujian agregat halus diperoleh nilai berat jenis antara 2,50 sampai dengan 3,00.

Tabel 1 Hasil Pengujian Agregat Kasar

No.	Uraian	Metode Tes	Satuan	Spesifikasi		Hasil
				Min.	Maks.	
1.	<i>Aggregat impact value</i>	BS-812	%	-	30	15,62
2.	Abrasi Los Angeles	SNI-03-2417-1991	%	-	40	22,79
3.	Indeks kepipihan	SNI-M-25-1991-03	%	-	25	24,67
4.	Indek kelonjongan	SNI-M-25-1991-03	%	-	25	23,97
5.	Pelapukan MgSO_4	SNI-06-2456-1991-03	%	-	18	8,29
6	Kelekatan aspal	SNI-03-2439-1991	%	95	-	97,50

3.2. Hasil Pengujian *Filler* dan Serbuk Ban Bekas

Hasil pengujian berat jenis *filler* berdasarkan metode pengujian BS 812 part:1975 diperoleh hasil 2,95. Sedangkan pengujian berat jenis serbuk ban bekas diperoleh hasil 0,971.

3.3. Hasil Pengujian Aspal

Aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah aspal penetrasi 60/70 produksi Pertamina. Pada penelitian ini sifat-sifat aspal ditentukan pada pengujian kondisi asal dan sesudah kehilangan berat. Hasil pengujian aspal dapat dilihat pada Tabel 2.

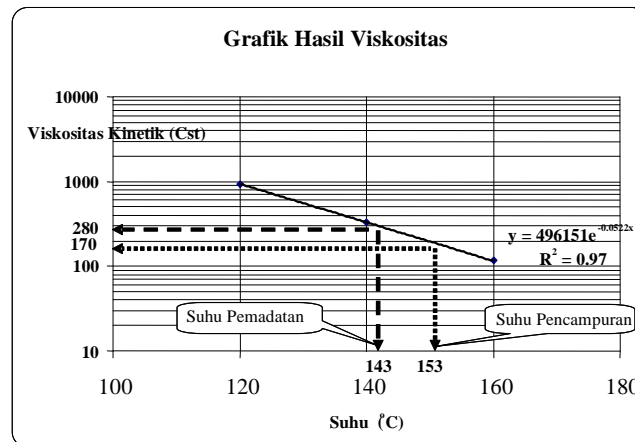
Tabel 2 Hasil Pengujian Aspal Penetrasi 60/70

Jenis pengujian	Metode pengujian	Persyaratan Penetrasi 60/70		Satuan	Hasil
		Min	Maks		
Penetrasi	SNI 06-2456-1991	60	79	0,1 mm	65,87
Titik nyala	SNI 06-2433-1991	200	-	⁰ C	331
Titik bakar	SNI 06-2433-1991	200	-	⁰ C	338
Titik lembek	SNI 06-2434-1991	48	58	⁰ C	48,27
Kelarutan	AASHTO T-44-98	99	-	% berat	99,47
Kehilangan berat	SNI 06-2440-1991	-	0,8	% berat	0,006
Daktilitas	SNI 06-2432-1991	100	-	Cm	> 100
Berat jenis suhu 25 ⁰ C	SNI 06-2441-1991	1	-	-	1,033

Nilai viskositas kinematik dari aspal yang diperoleh dari pengujian viskositas dapat dilihat pada Tabel 3, sedangkan grafik hubungan antara viskositas kinematik aspal penetrasi 60/70 dengan suhu dapat dilihat pada Gambar 1.

Tabel 3 Hasil Pengujian Viskositas Kinematik

No.	Suhu (⁰ C)	Waktu Aliran (detik)	Viskositas Kinematik (cSt)
1.	120	432,65	943,177
2.	140	150,78	328,700
3.	160	53,54	116,717



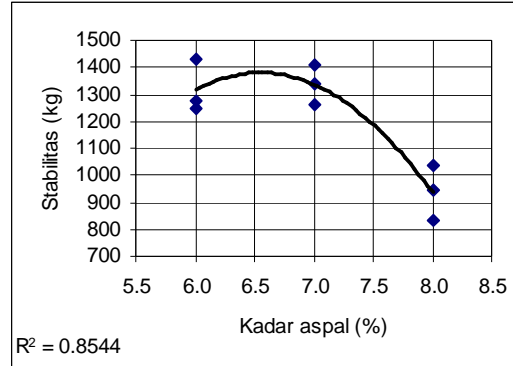
Gambar 1. Hubungan antara Viskositas Kinematik aspal Penetrasi 60/70 dengan Suhu

3.4. Hasil Pengujian *Marshall*

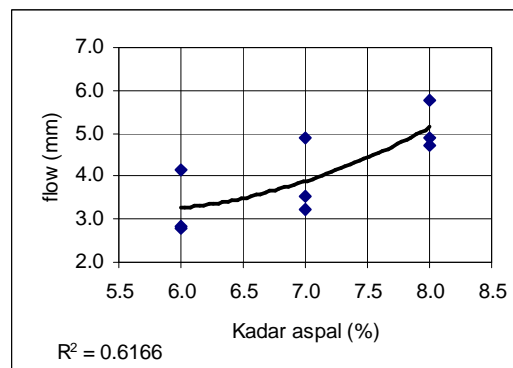
Metode *Marshall* digunakan untuk menentukan kadar aspal optimum. Tiga contoh benda uji disiapkan untuk setiap kadar aspal dengan batasan kadar aspal dari 6,0% sampai dengan 8,0% dengan kenaikan setiap 1%. Adapun parameter yang digunakan dalam penentuan kadar aspal optimum berdasarkan standar Bina Marga adalah stabilitas, kelelahan, *Marshall Quotient* (MQ), rongga udara dalam campuran (VIM) dan rongga dalam agregat (VMA). Kadar aspal optimum merupakan nilai tengah dari batas atas dan batas bawah kadar aspal yang memenuhi kelima parameter tersebut.

Hubungan antara masing-masing parameter *Marshall* tersebut terhadap kadar aspal untuk campuran tanpa ban bekas, campuran dengan 50% pengganti agregat pada fraksi No. 50 dan campuran dengan 100% pengganti agregat pada fraksi No. 50 serta penentuan kadar aspal optimum dapat dilihat pada Gambar 2 sampai dengan Gambar 19.

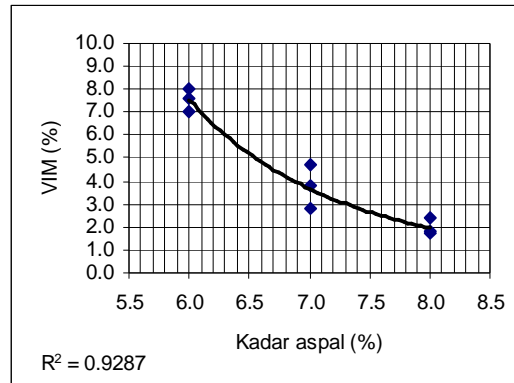
Standar uji *Marshall* yang digunakan adalah standar Bina Marga dimana parameter *Marshall* yang diuji meliputi : stabilitas, *flow*, VIM, VMA dan *Marshall Quotient*. Kelima parameter tersebut digunakan untuk mencari kadar aspal optimum.



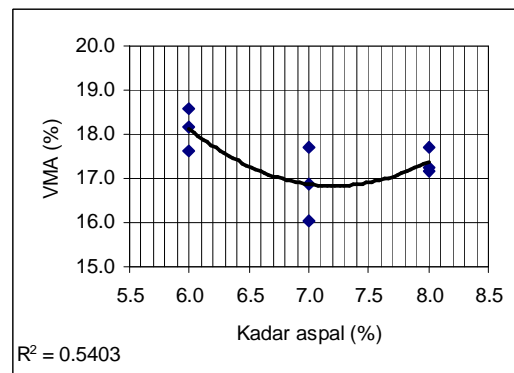
Gambar 2. Hubungan Kadar Aspal dan Stabilitas untuk Campuran tanpa Serbuk Ban Bekas



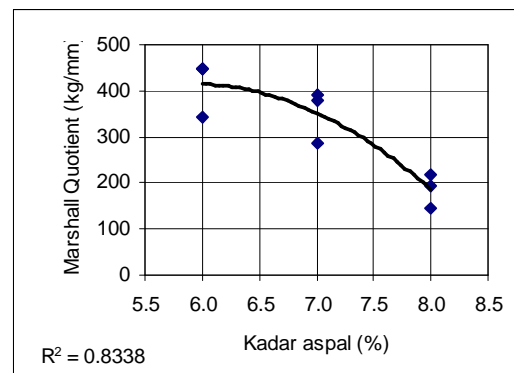
Gambar 3. Hubungan Kadar Aspal dan *Flow* untuk Campuran tanpa Serbuk Ban Bekas



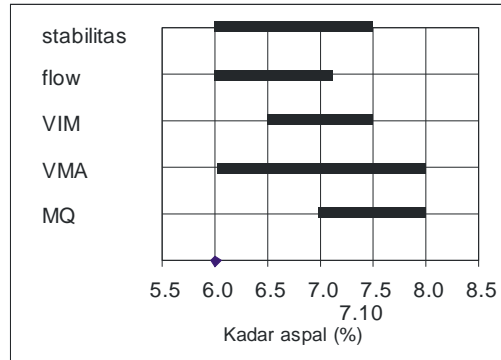
Gambar 4. Hubungan Kadar Aspal dan VIM untuk Campuran tanpa Serbuk Ban Bekas



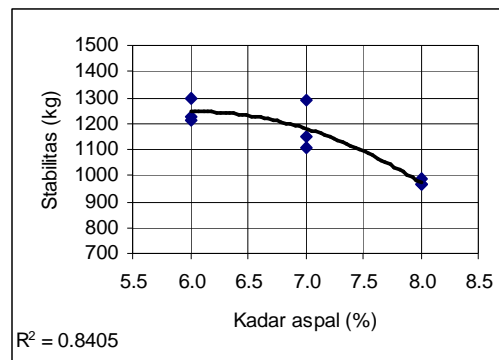
Gambar 5. Hubungan Kadar Aspal dan VMA untuk Campuran tanpa Serbuk Ban Bekas



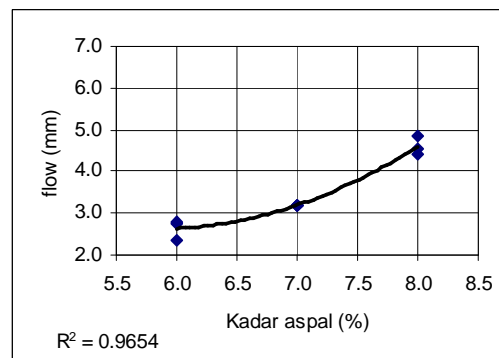
Gambar 6. Hubungan Kadar Aspal dan *Marshall Quotient* untuk Campuran tanpa Serbuk Ban Bekas



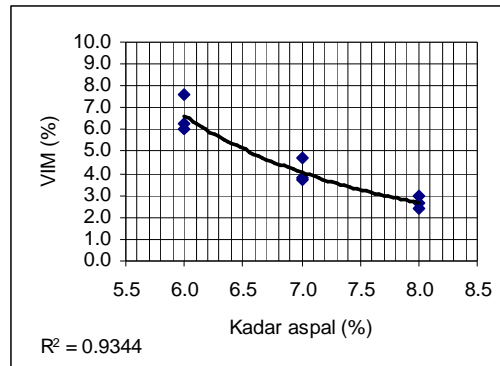
Gambar 7. Penentuan Kadar Aspal Optimum untuk Campuran tanpa Serbuk Ban Bekas



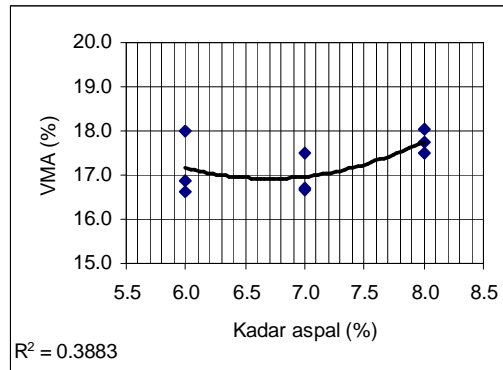
Gambar 8. Hubungan Kadar Aspal dan Stabilitas untuk Campuran 50% Serbuk Ban Bekas Pengganti Agregat Fraksi No. 50



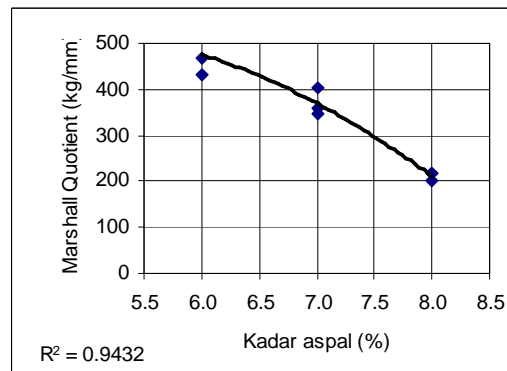
Gambar 9. Hubungan Kadar Aspal dan Flow untuk Campuran 50% Serbuk Ban Bekas Pengganti Agregat Fraksi No. 50



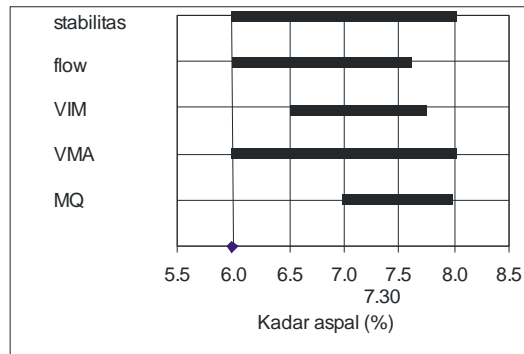
Gambar 10. Hubungan Kadar Aspal dan VIM untuk Campuran 50% Serbuk Ban Bekas Pengganti Agregat Fraksi No. 50



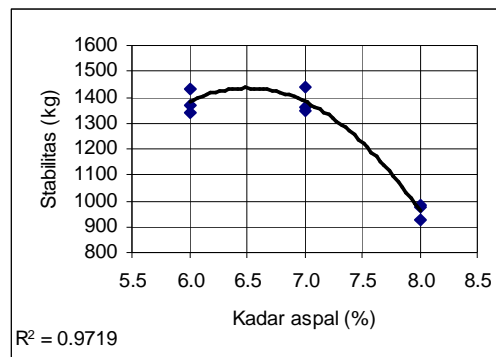
Gambar 11. Hubungan Kadar Aspal dan VMA untuk Campuran 50% Serbuk Ban Bekas Pengganti Agregat Fraksi No. 50



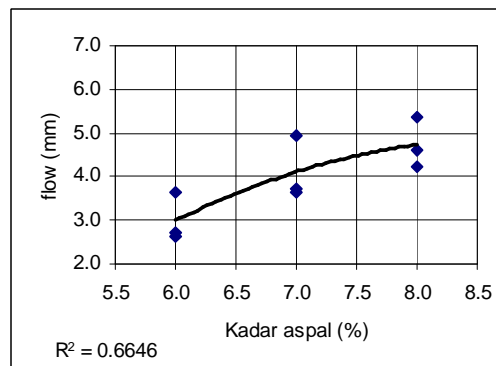
Gambar 12. Hubungan Kadar Aspal dan Marshall Quotient untuk Campuran 50% Serbuk Ban Bekas Pengganti Agregat Fraksi No. 50



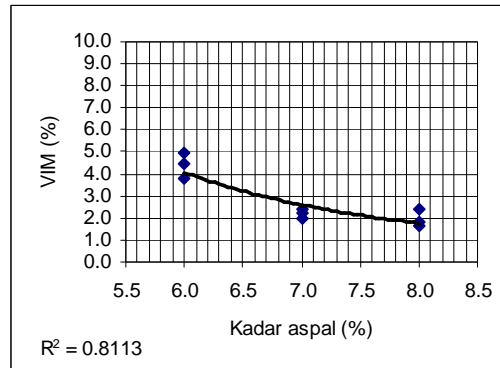
Gambar 13. Penentuan Kadar Aspal Optimum untuk Campuran 50% Serbuk Ban Bekas Pengganti Agregat Fraksi No. 50



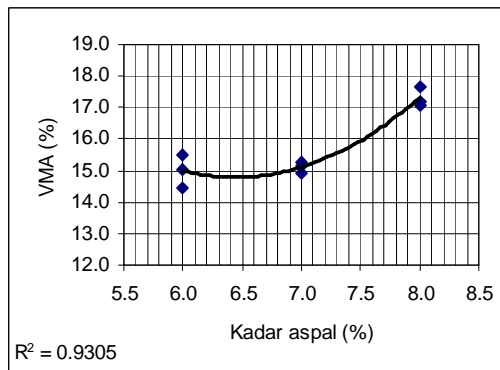
Gambar 14. Hubungan Kadar Aspal dan Stabilitas untuk Campuran 100% Serbuk Ban Bekas Pengganti Agregat Fraksi No. 50



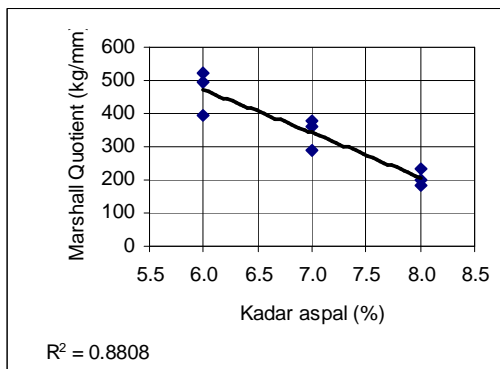
Gambar 15. Hubungan Kadar Aspal dan Flow untuk Campuran 100% Serbuk Ban Bekas Pengganti Agregat Fraksi No. 50



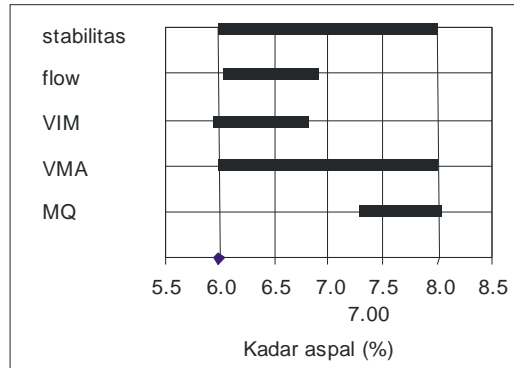
Gambar 16. Hubungan Kadar Aspal dan VIM untuk 100% Serbuk Ban Bekas Pengganti Agregat Fraksi No. 50



Gambar 17. Hubungan Kadar Aspal dan VMA untuk Campuran 100% Serbuk Ban Bekas Pengganti Agregat Fraksi No. 50



Gambar 18. Hubungan Kadar Aspal dan Marshall Quotient untuk Campuran 100% Serbuk Ban Bekas Pengganti Agregat Fraksi No. 50



Gambar 19. Penentuan Kadar Aspal Optimum untuk Campuran 100% Serbuk Ban Bekas Pengganti Agregat Fraksi No. 50.

3.4.1. Pengujian *Marshall* untuk Campuran Tanpa Ban Bekas

Hasil pengujian *Marshall* untuk campuran tanpa ban bekas diperoleh bahwa kadar aspal yang memenuhi semua kriteria perencanaan adalah 7,10%. Nilai stabilitas minimum sebesar 550 kg terpenuhi oleh semua kadar aspal. Nilai stabilitas maksimum terjadi pada kadar aspal 6,50% sebesar 1.400 kg, menurun lagi pada kadar aspal 6% sebesar 1.316 kg dan pada kadar aspal 8% sebesar 939 kg.

Kelelahan plastis terpenuhi dari kadar aspal 6,0% sampai dengan kadar aspal 7,10%. Nilai kelelahan pada kadar aspal di atas 7,10% lebih dari 4 mm sehingga tidak memenuhi persyaratan yang diijinkan oleh Bina Marga yaitu 2-4 mm. Nilai VIM terpenuhi pada kadar aspal 6,50% sampai dengan 7,50% sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan oleh Bina Marga (3-5%). Nilai VIM cenderung menurun dengan bertambahnya kadar aspal. Apabila nilai VIM di atas 5% maka campuran kemungkinan besar akan rapuh, keretakan dini, *ravelling* dan *stripping*. Apabila nilai VIM di bawah 3% dapat dikatakan sangat kritis terhadap deformasi permanen.

Nilai VMA untuk campuran tanpa serbuk ban bekas cenderung turun dengan semakin besarnya kadar aspal tetapi masih di atas batas syarat minimum yang ditetapkan oleh Bina Marga (minimum 15%). Nilai VMA yaitu persentase rongga dalam agregat, nilai ini dibatasi oleh ukuran nominal agregat yang digunakan, untuk campuran beton aspal No. IV, ukuran nominal agregat yang digunakan adalah sebesar ½". *Marshall Quotient* adalah perbandingan antara stabilitas dengan kelelahan. *Marshall quotient* yang diijinkan oleh Bina Marga antara 200-350 kg/mm. *Marshall quotient* terpenuhi pada kadar aspal 7,00% sampai dengan 8,00%.

3.4.2. Pengujian *Marshall* untuk Campuran dengan 50% Serbuk Ban Bekas Sebagai Pengganti Agregat pada Fraksi No. 50

Berdasarkan pengujian *Marshall* untuk campuran dengan 50% serbuk ban bekas sebagai pengganti agregat pada fraksi No. 50 diperoleh bahwa kadar aspal yang memenuhi semua kriteria perencanaan sesuai parameter *Marshall* yaitu 7,00% - 7,60%.

Dengan penambahan kadar aspal, maka stabilitas yang diperoleh cenderung semakin menurun seiring dengan penambahan kadar aspal berikutnya. Nilai stabilitas maksimum untuk campuran dengan 50% serbuk ban bekas sebagai pengganti agregat pada fraksi No. 50 terjadi pada kadar aspal 6,00% sebesar 1.245 kg lebih rendah bila dibandingkan dengan campuran tanpa ban bekas (1.400 kg). Namun, nilai stabilitas tersebut masih melewati batas minimum stabilitas yang ditetapkan oleh Bina Marga yaitu 550 kg. Nilai kelelahan terpenuhi pada kadar

aspal 6% sampai 7,60%. Nilainya semakin besar seiring dengan bertambahnya kadar aspal tetapi masih memenuhi kriteria yang disyaratkan oleh Bina Marga yaitu antara 2-4 mm.

Nilai rongga dalam campuran (VIM) untuk campuran dengan 50% serbuk ban bekas sebagai pengganti agregat pada fraksi No. 50 terpenuhi pada kadar aspal 6,50% sampai dengan 7,75%, yaitu sesuai dengan standar Bina Marga sebesar 3-5%. Nilai VMA cenderung turun dengan semakin bertambahnya kadar aspal tetapi masih di atas batas syarat minimum yang ditetapkan oleh Bina Marga yaitu minimum 15%. Nilai *Marshall quotient* terpenuhi pada kadar aspal 7,00% sampai dengan 8,00%. *Marshall quotient* cenderung turun seiring dengan penambahan kadar aspal.

3.4.3. Pengujian *Marshall* untuk Campuran dengan 100% Serbuk Ban Bekas Sebagai Pengganti Agregat pada Fraksi No. 50

Berdasarkan pengujian *Marshall*, untuk campuran dengan 100% serbuk ban bekas sebagai pengganti agregat pada fraksi No. 50 diperoleh bahwa kadar aspal yang memenuhi semua kriteria perencanaan sesuai parameter *Marshall* yaitu 6,95% - 7,05%.

Untuk campuran dengan 100% serbuk ban bekas pengganti agregat pada fraksi No. 50 nilai stabilitas maksimum terpenuhi pada kadar aspal 6,55% sebesar 1.425 kg lebih tinggi bila dibandingkan dengan campuran tanpa ban bekas (1.400 kg) dan campuran dengan 50% serbuk ban bekas pengganti agregat pada fraksi No. 50 (1.245 kg)

Nilai kelelahan pada kadar aspal 6,0% sampai dengan 6,95% kurang dari 4 mm yang berarti masih memenuhi spesifikasi yang diijinkan oleh Bina Marga yaitu antara 2-4 mm. Nilai VIM terpenuhi pada kadar aspal 6,00% sampai dengan 7,00%.

Nilai VMA untuk campuran dengan 100% serbuk ban bekas sebagai pengganti agregat pada fraksi No. 50 cenderung naik seiring dengan penambahan kadar aspal tetapi masih di atas batas syarat minimum yang ditetapkan oleh Bina Marga yaitu minimum 15%. Nilai *Marshall quotient* terpenuhi dari kadar aspal 7,05% sampai 8,00%. *Marshall quotient* cenderung turun seiring dengan penambahan kadar aspal.

Dari analisis tersebut di atas, maka diperoleh bahwa kadar aspal optimum untuk masing-masing campuran seperti pada Tabel 4.

Tabel 4 Kadar Aspal Optimum untuk masing-masing Campuran

No.	Jenis campuran <i>hot rolled asphalt</i>	Kadar aspal optimum
1.	0 % serbuk ban bekas	7,10 %
2.	50 % serbuk ban bekas pada fraksi No. 50	7,30 %
3.	100 % serbuk ban bekas pada fraksi No. 50	7,00 %

3.5. Hasil Pengujian *Marshall Immersion*

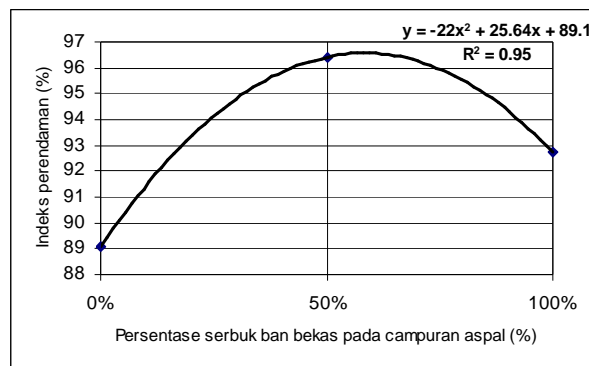
Setelah kadar aspal optimum dari masing-masing campuran diperoleh, maka dilakukan pengujian *Marshall Immersion* yang terbagi menjadi dua kelompok, yaitu kelompok pertama direndam selama 30 menit pada suhu 60°C dan kelompok kedua direndam selama 24 jam pada suhu 60°C kemudian dilakukan pengujian *Marshall*.

Dengan membandingkan stabilitas perendaman selama 24 jam (S_2) dengan stabilitas perendaman selama 30 menit (S_1), maka diperoleh nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS) atau *Retained Strength Index* (RSI) untuk masing-masing campuran. Hasil dari pengujian perendaman *Marshall* ini dapat dilihat pada Tabel 5, sedangkan hubungan antara setiap jenis tipe campuran dengan indeks perendaman pada Gambar 20.

Tabel 5. Hasil Pengujian *Marshall Immersion*

No.	Tipe campuran	Kadar aspal optimum (%)	Stabilitas standar (30 menit, 60°C) (kg)	Stabilitas rendaman (24 jam, 60°C) (kg)	Indeks perendaman > 75 (%)
1.	0 % serbuk ban bekas	7,10	1.436,51	1.280,00	89,10
2.	50 % serbuk ban bekas pada fraksi No. 50	7,30	965,22	930,66	96,42
3.	100 % serbuk ban bekas pada fraksi No. 50	7,00	885,94	821,66	92,74

Ketahanan campuran tanpa serbuk ban bekas sebesar 89,10% lebih kecil dibandingkan campuran dengan menggunakan 50% serbuk ban bekas sebagai pengganti agregat pada fraksi No. 50 yaitu 96,42% dan 100% serbuk ban bekas sebagai pengganti agregat pada fraksi No. 50 sebesar 92,74% tetapi masih lebih besar dari yang disyaratkan oleh Bina Marga yaitu 75%.



Gambar 20. Hubungan antara % Serbuk Ban Bekas pada Campuran Aspal dengan Indeks Perendaman

Indeks perendaman untuk campuran tanpa serbuk ban bekas lebih kecil (89,10%) bila dibandingkan dengan campuran yang menggunakan 50% serbuk ban bekas sebagai pengganti agregat pada fraksi No. 50 sebesar 96,42% dan campuran yang menggunakan 100% serbuk ban bekas sebagai pengganti agregat pada fraksi No. 50 sebesar 92,74%.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari studi ini sebagai berikut :

- Kadar aspal optimum untuk campuran *hot rolled asphalt* tanpa serbuk ban bekas 7,10%, campuran dengan 50% serbuk ban bekas pengganti agregat pada fraksi No. 50 yaitu 7,30% dan campuran dengan 100% serbuk ban bekas sebagai pengganti agregat pada fraksi No. 50 sebesar 7,00%.
- Nilai stabilitas maksimum campuran tanpa serbuk ban bekas sebesar 1.400 kg, campuran dengan 50% serbuk ban bekas sebesar 1.245 kg dan untuk campuran dengan 100% serbuk ban bekas sebesar 1.425 kg.

- c. Nilai kelelahan plastis tanpa serbuk ban bekas terjadi pada kadar aspal 6,0% sampai dengan 7,10%, campuran dengan 50% serbuk ban bekas terjadi pada kadar aspal 6,0% - 7,60% dan untuk campuran dengan 100% serbuk ban bekas terjadi pada kadar aspal 6,00% - 6,95%.
- d. Indeks perendaman campuran tanpa serbuk ban bekas adalah 89,10% sedangkan untuk campuran dengan 50% dan 100% serbuk ban bekas sebagai pengganti agregat pada fraksi no 50 berturut-turut adalah 96,42% dan 92,74%.

DAFTAR PUSTAKA

- American Associate of State Highway and Transportation Officials, 1982. *Standard Specifications for Transportation Materials of Sampling and Testing*. Part 2, Washington DC.
- Aprina, Wiwin dan Silfiani, 2005, *Karakteristik Marshall dan Evaluasi kadar Aspal Optimum Campuran Hot Rolled Sheet dengan Serbuk Ban Bekas Sebagai Bahan Tambah*, Skripsi, Program Strata 1, Program Studi Teknik Sipil ITB.
- Asphalt Institute, 1991. *Manual Series No. 2 (MS-2) Asphalt Concrete and Other Hot-Mix Types*.
- Bina Marga, 1987. *Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (Laston) untuk Jalan Raya*, SKBI-2.4.26.1987, UDC:625.75(02).Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Ismunandar, 2006, *Kimia Aspal*, Harian Kompas Jumat 7 april 2006.
- Kennedy, T.W., 2000, Characterization of Asphalt Pavement Material Using The Indirect Tensile Strength, *Proceeding Association of Asphalt Paving Technology*, Volume 46, Page 132-150, San Antonio, Texas, USA.
- Kurniati, Nelly, 2004, *Karakteristik Campuran Beton Aspal dengan Substitusi Ban Bekas Sebagai Agregat*, Tesis Magister. Program Studi Teknik Sipil Bidang Rekayasa Transportasi, Institut Teknologi Bandung.
- Sugiyanto, Gito, 2008, *Kajian Pemanfaatan Limbah Serbuk Ban Bekas sebagai Material Agregat Halus pada Campuran Hot Rolled Asphalt untuk Menurangi Kerusakan Jalan*, *Laporan hasil Penelitian DIPA II 2007*, Fakultas Sains dan Teknik Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto.
- Sjahdanulirwan, M., 2007, *Pemanfaatan Teknologi dalam Peningkatan Peranan Teknik Sipil*, *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil 2007*, Universitas Kristen Maranatha, Bandung.