

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Perkembangan teknologi transportasi di Indonesia dewasa ini, khususnya konstruksi jalan telah mengalami perkembangan yang cukup pesat. Sebagai salah satu prasarana transportasi yang sangat *vital* guna memperlancar hubungan antar daerah serta pengembangan suatu wilayah, maka pembangunan prasarana transportasi jalan merupakan sektor pembangunan yang diprioritaskan. Hal ini dibuktikan dengan banyaknya anggaran nasional yang terserap ke sektor ini, baik untuk pembangunan jalan baru, peningkatan jalan maupun pemeliharaan jalan. Efektifitas dan efisiensi dana yang ditanamkan dalam bentuk perkerasan lentur, antara lain tergantung pada ketepatan campuran aspal yang digunakan, dengan kondisi tropis Indonesia. Ada beberapa jenis kerusakan dominan yang dialami perkerasan lentur pada iklim tropis, yaitu retak (*cracking*), gelombang, alur (*rutting*), dan *bleeding*. Untuk itu dalam hal pemilihan dan perencanaan campuran aspal, harus mendapat perhatian agar perkerasan lentur yang telah dilaksanakan dapat digunakan atau melayani beban lalu lintas sesuai umur rencana.

Salah satu bagian dari perkerasan lentur (*flexible pavement*) adalah lapis permukaan (*surface course*) yang memiliki beberapa jenis lapis, baik yang bersifat struktural maupun non struktural. Lapis struktural berfungsi sebagai lapisan yang mendukung dan menyebarkan beban lalu lintas yang diterima oleh perkerasan, baik beban vertikal (beban kendaraan) maupun beban horizontal (gaya rem). Persyaratan yang dituntut adalah kuat (mampu memikul beban tanpa terjadi berbagai kerusakan seperti degradasi dan desintegrasi), kaku, stabil pada saat dilalui kendaraan serta mempunyai daya tahan terhadap penggelinciran yang cukup tinggi. Lapis non struktural berfungsi sebagai lapis kedap air, yang berguna untuk mencegah masuknya air ke dalam lapis perkerasan dibawahnya, lapis aus sebagai akibat gesekan rem kendaraan yang dapat diganti dengan yang baru (*overlay*). Salah satu jenis lapis yang umum dipakai di Indonesia adalah *Hot*

penutup yang terdiri dari campuran antara agregat bergradasi senjang (*gap graded*), bahan pengisi (*filler*) dan aspal keras dengan perbandingan tertentu yang dicampur dan dipadatkan dalam keadaan panas (*hot mix*). Tebal padat antara 2,5-3 cm.

Karakteristik campuran *HRS* dengan gradasi senjang mempunyai rongga dalam campuran yang cukup besar sehingga tingkat stabilitas rendah, kekakuan kurang tetapi dengan rongga yang cukup besar *HRS* akan menyerap aspal dalam jumlah yang cukup banyak, sehingga *HRS* memiliki tingkat fleksibilitas yang tinggi, durabilitas serta impermeabilitas yang lebih baik.

B. Rumusan Masalah

Banyak faktor penyebab terjadinya kerusakan pada jalan-jalan di Indonesia. Dari aspek teknis antara lain mutu aspal yang dipakai kurang sesuai dengan rencana jalan dalam melayani lalu lintas dan jumlah lalu lintas yang cukup tinggi disertai dengan beban kendaraan yang melebihi kapasitas dukung jalan. Dari aspek non teknis misalnya suhu udara, kondisi Indonesia yang beriklim tropis suhu udara relatif tinggi. *HRS* dengan kandungan aspal yang banyak akan sangat dipengaruhi oleh suhu udara. Oleh karena itu perlu adanya usaha untuk meningkatkan mutu aspal. Untuk meningkatkan mutu aspal, saat ini sudah ada berbagai macam bahan tambah. Pada penelitian ini akan digunakan parutan karet ban sebagai bahan tambah. Penggunaan campuran antara aspal dan parutan karet ban diharapkan dapat meningkatkan sifat-sifat aspal, antara lain tahan oksidasi, tahan terhadap suhu tinggi (cuaca panas), tahan deformasi pada suhu tinggi, dan dapat meningkatkan daya lekat aspal terhadap agregat yang pada akhirnya dapat memperpanjang usia pelayanan jalan (*life time*). Disamping itu pemanfaatan sisa

1. Bagaimana cara membuat dan memperbaiki kualitas beton dengan masalah

C. Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah :

1. Mengetahui *void in mix (VIM)* dan *void filled with asphalt (VFA)* campuran *Hot Rolled Sheet-Wearing Course* pada kondisi tanpa parutan karet ban dan dengan parutan karet ban.
2. Mengetahui nilai stabilitas, kelelahan plastis (*flow*) dan *Marshall Quotient* campuran *Hot Rolled Sheet-Wearing Course* pada kondisi tanpa parutan karet ban dan dengan parutan karet ban.
3. Mengetahui kadar aspal optimum campuran *Hot Rolled Sheet-Wearing Course* pada kondisi tanpa parutan karet ban dan dengan parutan karet ban.

D. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat merekomendasikan penggunaan parutan karet ban bekas sebagai bahan tambah dalam meningkatkan mutu perkerasan lentur jalan. Dengan demikian penelitian ini dapat memberikan manfaat untuk kepentingan pembangunan di bidang infrastruktur khususnya dalam bidang teknik sipil.

E. Lingkup Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Perkerasan Jalan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UMY, dengan batasan-batasan masalah sebagai berikut :

1. Material yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari :
 - a. Aspal keras penetrasi 60/70 produksi PT. Pertamina.
 - b. Agregat kasar, agregat halus dari *stock pile* PT. Suradi Sejahtera Raya.
 - c. *Filler* dari Universitas Gadjah Mada.
 - d. Parutan karet ban yang digunakan diperoleh dari bengkel vulkanisir ban 'Tamansari'.

2. Parutan karet ban menggunakan gradasi tipe 1 berdasarkan petunjuk dari *Asphalt Rubber Design and Construction Guidelines, Volume I-Design Guidelines by R.G. Hicks*.
3. Kadar parutan karet ban digunakan sebesar 21% dan 22% terhadap berat aspal.
4. Tidak membahas komposisi kimia dari parutan karet ban, pengujian hanya sebatas pengujian berat jenis.
5. Tinjauan terhadap *Hot Rolled Sheet-Wearing Course* didasarkan pada hasil uji Marshall (parameter Marshall). Dari parameter Marshall tersebut dijadikan indikator dalam menentukan karakteristik *Hot Rolled Sheet-Wearing Course* ditinjau dari karakteristik campuran beton aspal.

F. Keaslian Penelitian

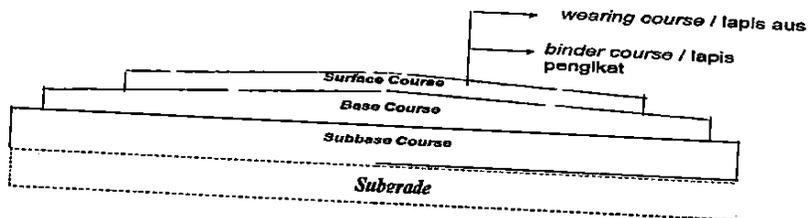
Sugiyanto (2008) melakukan penelitian menggunakan serbuk ban bekas sebagai pengganti dari sebagian material agregat halus saringan No. 50 pada campuran *Hot Rolled Asphalt*. Perbedaannya pada penelitian ini, pemakaian serbuk ban bekas akan dianalisis saringan untuk mendapatkan gradasinya sesuai dengan pedoman dari *Asphalt Rubber Design and Construction Guidelines, Volume I-Design Guidelines by R.G. Hicks* sebelum digunakan sebagai bahan tambah dari aspal pada campuran *Hot Rolled Sheet-Wearing Course*. Dengan demikian penelitian semacam ini belum pernah dibahas dan diteliti oleh peneliti

BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

A. Perkerasan Lentur

Menurut Sukirman (1999) konstruksi perkerasan lentur terdiri dari beberapa lapisan, antara lain:

1. Lapisan permukaan (*surface course*)
2. Lapisan fondasi atas (*base course*)
3. Lapisan fondasi bawah (*subbase course*)
4. Lapisan tanah dasar (*subgrade course*)



Gambar 2.1 Lapisan Perkerasan Lentur

Lapisan permukaan merupakan bagian yang terbebani secara langsung oleh kendaraan sehingga harus memiliki stabilitas yang tinggi untuk menahan beban roda selama masa pelayanan. Selain itu juga harus kedap air sehingga lapisan di atasnya tidak melemahkan lapisan di bawahnya. Untuk dapat memenuhi fungsi tersebut maka perlu menggunakan bahan pengikat aspal sehingga dapat menghasilkan lapisan yang kedap air, mempunyai stabilitas tinggi, dan tahan lama. Lapisan dengan bahan pengikat aspal dinamakan perkerasan lentur.

Salah satu jenis dari lapisan ini adalah *Hot Rolled Sheet* atau Lapis Tipis Aspal Beton (Lataston). Jenis ini biasa digunakan sebagai lapis penutup memiliki stabilitas sedang, dan kedap air karena menggunakan kadar aspal yang tinggi.

B. *Hot Rolled Sheet* / Lataston

Perkerasan jalan merupakan suatu lapisan yang diletakkan di atas tanah dasar yang telah mengalami pemadatan. Lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan di bawahnya.

Perkerasan dengan mempergunakan aspal sebagai bahan pengikat disebut perkerasan lentur. Salah satu bagian dari perkerasan lentur adalah lapis permukaan.

Hot Rolled Sheet (HRS) atau Lapis Tipis Aspal Beton (Lataston) adalah salah satu jenis beton aspal campuran panas. Susunan agregatnya bergradasi senjang dimana ada satu bagian fraksi yang tidak terdapat dalam campuran atau hanya sedikit sekali. *HRS* mempunyai dua macam campuran, yaitu *HRS* untuk lapis permukaan/aus *Hot Rolled Sheet-Wearing Course (HRS-WC)* tebal nominal minimum adalah 3 cm dan *HRS* untuk lapis fondasi *Hot Rolled Sheet-Base (HRS-Base)* tebal nominal minimum adalah 3,5 cm (Sukirman, 2003). Ukuran maksimum agregat masing-masing campuran adalah 19 mm.

C. Bahan Penyusun *Hot Rolled Sheet*

Pada prinsipnya bahan penyusun suatu perkerasan lentur adalah agregat, aspal, *filler*, dan zat aditif. Bahan – bahan dasar tersebut harus memenuhi criteria standar yang telah ditetapkan oleh Bina Marga. Hal ini dimaksudkan untuk menghindari adanya kegagalan konstruksi yang disebabkan oleh bahan penyusun perkerasan.

1. Agregat

Agregat adalah sekumpulan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lainnya baik merupakan hasil alam atau buatan (Hermanus, 2001). Menurut Sukirman (2003) agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan, yaitu 90-95% agregat berdasarkan persentase berat atau 75-85% agregat berdasarkan presentase volume. Dengan demikian keawetan, daya dukung dan kualitas perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain. Sifat agregat yang menentukan kualitasnya sebagai material perkerasan jalan adalah gradasi, kebersihan, kekerasan dan ketahanan agregat, bentuk butir, tekstur dan kapasitas kemampuan untuk menyerap air, berat jenis dan daya

Sifat dan kualitas agregat menentukan kemampuannya dalam memikul beban lalu lintas. Agregat dengan kualitas dan sifat yang baik dibutuhkan untuk lapisan permukaan yang langsung memikul beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan di bawahnya. Sifat agregat yang menentukan kualitasnya sebagai bahan konstruksi perkerasan jalan dapat dikelompokkan menjadi 3 kelompok yaitu:

a. Kekuatan dan keawetan (*strength and durability*) lapisan perkerasan dipengaruhi oleh:

- 1) Gradasi
- 2) Ukuran maksimum
- 3) Kadar lempung
- 4) Kekerasan dan ketahanan
- 5) Bentuk butir
- 6) Tekstur permukaan

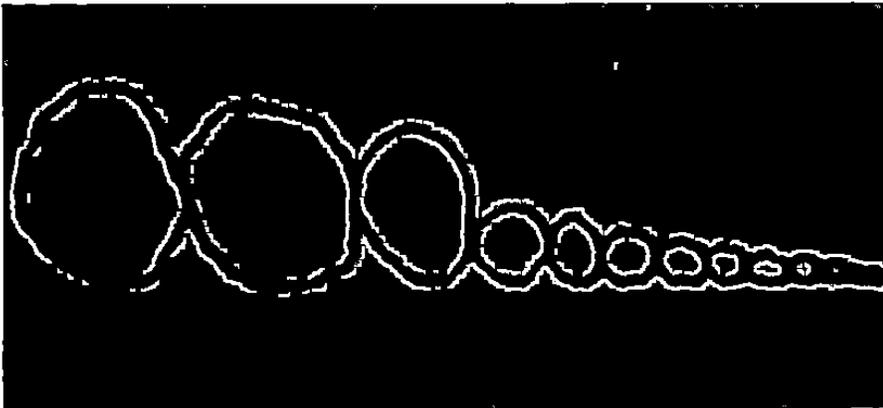
b. Kemampuan dilapisi aspal dengan baik, dipengaruhi oleh:

- 1) Porositas
- 2) Kemungkinan basah
- 3) Jenis agregat

c. Kemudahan dalam pelaksanaan dan menghasilkan lapisan yang nyaman dan aman, dipengaruhi oleh:

- 1) Tahanan geser (*skid resistance*)
- 2) Campuran yang memberikan kemudahan dalam pelaksanaan

Agregat yang digunakan dalam lapisan HRS WC adalah agregat dengan gradasi senjang, yaitu agregat yang distribusi ukuran butirnya tidak menerus, atau ada bagian ukuran yang tidak ada, jika ada hanya sedikit saja. Perhatikan Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Ilustrasi Rentang Ukuran Butir pada Gradasi Senjang
 Sumber: Sukirman 2003, *Beton Aspal Campuran Panas*.

Spesifikasi agregat yang disyaratkan untuk campuran HRS-WC dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Spesifikasi Pengujian Agregat Kasar dan Agregat Halus

No	Jenis Pemeriksaan	Standar Rujukan	Persyaratan		Satuan
			Agregat kasar	Agregat halus	
1.	Keausan agregat	SNI 03-2417-1991	Maks 40		%
2.	Berat jenis semu	SNI 03-1969-1990 SNI 03-1970-1990	Min 2,5	Min 2,5	
3.	Absorpsi air	SNI 03-1969-1990 SNI 03-1970-1990	Maks 3	Maks 3	%

Sumber : Depkimpraswil, 2002

Persyaratan agregat HRS WC telah disesuaikan dengan spesifikasi yang dikeluarkan oleh Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah (2004), yang ditunjukkan dalam persen lolos terhadap berat agregat. Untuk campuran HRS disyaratkan agar minimum 80% lolos saringan saringan

0,075 mm. Spesifikasi tersebut dapat dilihat

Tabel 2.2. Spesifikasi Gradasi HRS WC

Ukuran Saringan		% Lolos
No.	Bukaan (mm)	
3/4"	19	100
1/2"	12,5	90-100
3/8"	9,5	75-85
No.8	2,36	50-72
No.30	0,600	35-60
No.200	0,075	6-12

Sumber: Depkimpraswil, 2002

2. Aspal

Aspal adalah material berwarna hitam atau coklat tua, pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat, dan bersifat termoplastis. Jadi aspal akan mencair jika dipanaskan sampai temperatur tertentu, dan kembali membeku jika temperatur turun. Bersama dengan agregat, aspal merupakan material pembentuk campuran perkerasan jalan. Banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 4-10% berdasarkan berat campuran. Fungsi aspal pada konstruksi jalan adalah untuk mengikat butiran batu, melindungi masuknya air ke dalam batu (Mario, 2002).

Menurut Sukirman (2003) aspal yang digunakan sebagai material perkerasan jalan berfungsi sebagai :

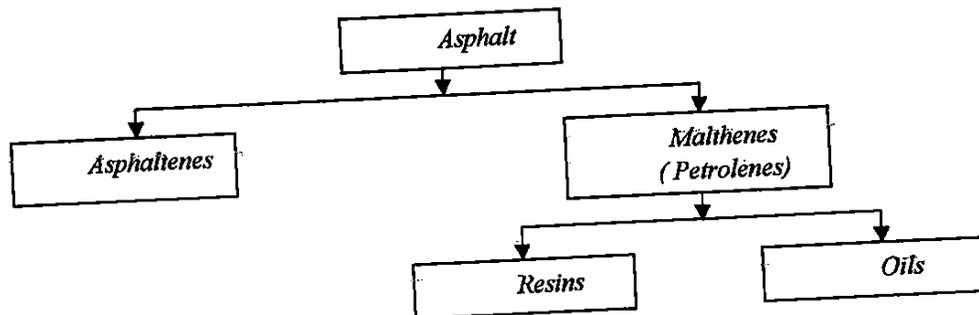
- a. Bahan pengikat, memberi ikatan yang kuat antara aspal dan agregat dan antara sesama aspal.
- b. Bahan pengisi, mengisi rongga antar butir agregat dan pori-pori yang ada di dalam butir agregat itu sendiri.

Untuk dapat memenuhi kedua fungsi aspal itu dengan baik, maka aspal haruslah memiliki sifat adhesi dan kohesi yang baik, serta pada saat pelaksanaan memiliki kekentalan tertentu.

Berdasarkan cara memperolehnya aspal dibedakan atas aspal buatan dan aspal alam. Aspal yang digunakan untuk campuran HRS merupakan aspal buatan hasil residu dari destilasi minyak bumi, sering juga disebut

Aspal Keras (Aspal Keras). Berdasarkan aspal keras dapat dilakukan

berdasarkan nilai penetrasinya, umumnya dipergunakan aspal keras dengan penetrasi 60/70. Aspal keras bersifat mengikat agregat, memberikan lapisan yang kedap terhadap air, serta tahan terhadap pengaruh asam, basa dan garam. Sehingga dengan menggunakan aspal sebagai bahan pengikat dapat memberikan lapisan yang kedap air dan tahan terhadap pengaruh cuaca serta reaksi kimia lainnya.



Gambar 2.3. Komposisi Susunan Aspal
Sumber: Robert F.I. dkk 1991

Sebelum aspal digunakan dalam suatu campuran, terlebih dahulu dilakukan pengujian untuk mengetahui persyaratan yang ditentukan dalam spesifikasi. Spesifikasi pengujian aspal dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3. Spesifikasi Pengujian Aspal Keras Penetrasi 60/70

No	Jenis Pemeriksaan	Standar Rujukan	Persyaratan		Satuan
			Min	Maks	
1.	Penetrasi (25 °C, 5 detik)	SNI 06-2456-1991	60	79	0,1 mm
2.	Titik lembek	SNI 06-2434-1991	48	58	°C
3.	Titik nyala dan titik bakar	SNI 06-2433-1991	200		°C
4.	Daktilitas (25°C, 5 cm/menit)	SNI 06-2432-1991	100		cm
5.	Penurunan berat (163°C, 5 jam)	SNI 06-2440-1991	0,4		% berat
6.	Berat jenis (25°C)	SNI 06-2441-1991	1		gr/cc
7.	Kelarutan dalam CCl ₄	AASHTO T-44-90	99		% berat

Sumber : Depkimpraswil, 2002

3. *Filler*

Filler adalah bahan pengisi rongga dalam campuran yang berbutir halus yang lolos saringan No. 30 dimana persentase berat yang lolos saringan No. 200 minimum 65% (SKBI-2.4.26.1987). Fungsi *filler* pada perkerasan ialah untuk meningkatkan stabilitas dan mengurangi rongga udara dalam campuran. Menurut Sukirman (2003) *filler* dapat menggunakan debu batu kapur atau abu terbang, semen portland, abu tanur semen atau material non plastis lainnya, asalkan bagian yang lolos saringan No. 200 sama atau lebih banyak dari 75% terhadap beratnya.

Sebagai bagian dari agregat, *filler* akan mengisi rongga-rongga dan menambah bidang kontak antara butiran agregat sehingga akan meningkatkan kekuatan campuran. Bila dicampur dengan aspal maka *filler* akan membentuk bahan pengikat yang berkonsistensi tinggi, sehingga mengikat butiran agregat secara bersama-sama.

D. *Asphalt Rubber*

Asphalt rubber adalah campuran berupa 18-22% parutan karet ban dan aspal keras yang direaksikan pada suhu pencampuran (149-163°C) sebelum dicampurkan dengan agregat. Waktu yang diperlukan untuk proses pencampuran *asphalt rubber* minimal 45 menit pada suhu pencampuran. Ada 2 tipe gradasi parutan karet ban yang digunakan (Hicks, 2002). Untuk gradasi tipe 1 distribusi ukuran parutan karet ban lebih banyak unsur halus, sedangkan gradasi tipe 2 parutan karet ban distribusi ukuran lebih banyak unsur kasar. Sehingga waktu yang diperlukan untuk proses pencampuran gradasi tipe 1 lebih cepat daripada gradasi tipe 2. Gradasi parutan karet ban tipe 1 dan tipe 2 dapat dilihat pada tabel 2.4. Parutan karet ban yang digunakan harus bebas dari material kontaminasi misal kawat, serat dan sampah lainnya. Parutan karet ban yang digunakan

Tabel 2.4. Gradasi Tipe 1 dan Tipe 2 Parutan Karet Ban

Ukuran Saringan		% Lolos	
No. Saringan	Bukaan (mm)	Tipe 1	Tipe 2
No. 8	2,36	-	100
No. 10	2,00	100	98-100
No. 16	1,18	75-100	45-75
No. 30	0,600	25-100	2-20
No. 50	0,300	0-45	0-6
No. 100	0,150	0-10	0-2
No. 200	0,075	0	0

Sumber : Hicks, 2002 dalam *Asphalt Rubber Design And Construction Guidelines, Volume I – Design Guidelines*.

Menurut Tjitjik (2007) dalam penelitian peningkatan kinerja campuran beraspal dengan karet alam dan karet sintetis, disebutkan bahwa penambahan karet alam maupun karet sintetis menurunkan nilai penetrasi aspal yang hampir sama. Namun mempunyai perbedaan titik lembek yang cukup besar dimana aspal plus karet alam menghasilkan titik lembek 52,2°C, sedangkan aspal plus karet sintetis menghasilkan titik lembek 61,8 °C. Penurunan berat karena pemanasan aspal plus karet sintetis lebih kecil dari pada penurunan berat aspal plus karet alam. Hal ini disebabkan dalam karet alam mengandung air sehingga pada pemanasan airnya akan menguap. Oleh karena itu aspal plus karet sintetis lebih stabil, lebih tahan terhadap pelapukan dibandingkan dengan aspal plus karet alam, sehingga diperkirakan umur pelayanannya (*life time*) lebih lama dari aspal plus karet alam.

Dari hasil pengujian Marshall menunjukkan bahwa campuran beraspal dengan karet sintetis relatif sama dengan campuran beraspal dengan karet alam, namun stabilitas lebih rendah dibandingkan dengan aspal plus karet alam dan mempunyai karakteristik lebih baik ditinjau dari *VIM* dan *VFA* yang lebih tinggi dari aspal konvensional. *VMA* relatif sama, namun nilai *VIM* aspal plus karet sintetis (sebesar 3,01%) lebih kecil dari pada aspal plus karet alam (sebesar 4,8%) dan aspal konvensional (sebesar 3,11%), sehingga diperkirakan akan lebih tahan terhadap pelapukan. Pada penelitian dengan *VIM* yang lebih kecil, sinar matahari

akan lebih susah menembus dibandingkan dengan campuran yang mempunyai *VIM* lebih besar, sehingga perkerasan akan lebih tahan terhadap oksidasi. Dengan demikian umur pelayanan perkerasan jalan akan lebih lama.

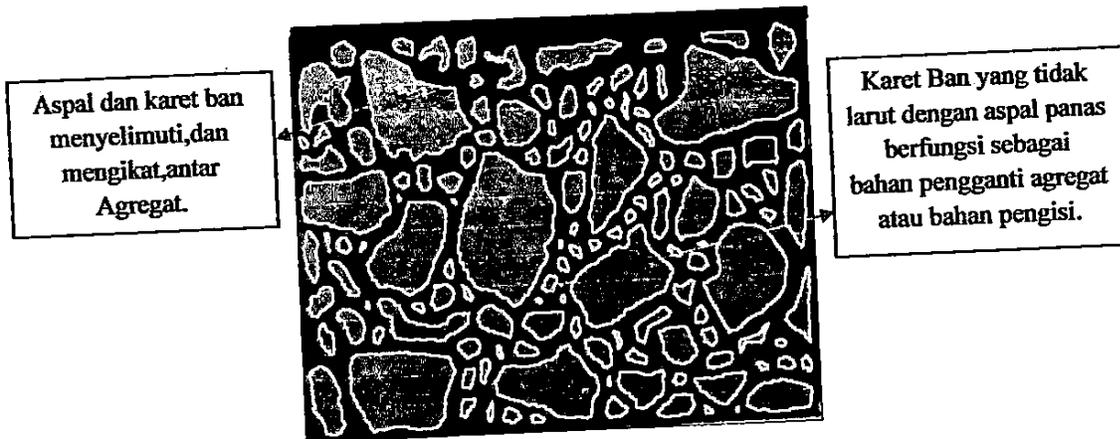
Menurut Sugiyanto (2008) penggunaan serbuk ban bekas sebagai pengganti dari sebagian material agregat halus saringan No. 50 pada campuran *Hot Rolled Asphalt* mampu menambah ketahanan campuran *Hot Rolled Asphalt* terhadap air sehingga dapat mengurangi kerusakan jalan. Dari hasil uji Marshall (parameter Marshall) untuk campuran *HRA*, campuran *HRA+50%* serbuk ban bekas dan campuran *HRA+100%* serbuk ban bekas sebagai pengganti agregat halus saringan No. 50 dapat dilihat pada tabel 2.5.

Tabel 2.5. Hasil Uji Marshall (Parameter Marshall)

Parameter Marshall	Terpenuhi Pada Kadar Aspal			Satuan
	<i>HRA</i>	<i>HRA+50%</i> serbuk ban bekas	<i>HRA+100%</i> serbuk ban bekas	
VIM	6,50 - 7,50	6,50 - 7,75	6,00 - 7,00	%
VMA	6,00 - 8,00	6,00 - 8,00	6,00 - 8,00	%
<i>Flow</i>	6,00 - 7,10	6,00 - 7,60	6,00 - 6,95	%
MQ	7,00 - 8,00	7,00 - 8,00	7,05 - 8,00	%

Sumber : Sugiyanto, 2008 dalam Jurnal Teknik Sipil Fakultas Sains dan Teknik UNSOED Purwokerto, Kajian Karakteristik campuran *Hot Rolled Sheet Asphalt* Akibat Penambahan Limbah Serbuk Ban Bekas.

Nilai stabilitas maksimum untuk campuran *HRA* sebesar 1400 kg, campuran *HRA+50%* serbuk ban bekas sebagai pengganti dari agregat halus tertahan saringan No. 50 sebesar 1245 kg dan campuran *HRA+100%* serbuk ban bekas sebagai pengganti agregat halus tertahan saringan No. 50 sebesar 1425 kg. Kadar aspal optimum untuk campuran *HRA* sebesar 7,10%, campuran *HRA+50%* serbuk ban bekas pengganti agregat halus tertahan saringan No. 50 sebesar 7,30% dan

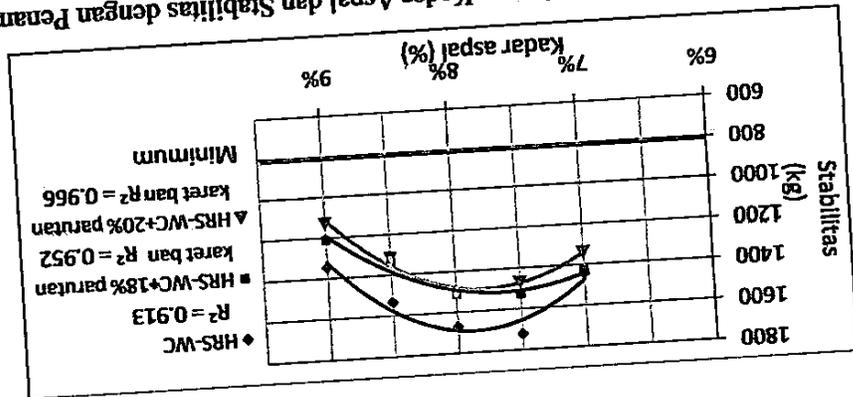


Gambar 2.4 Aspal dan Karet Ban dalam Beton Aspal Campuran Panas
 Sumber : Sugiyanto (2008), *Penggantian sebagian Agregat pada Saringan No. 50 dengan Serbuk Ban Bekas pada Campuran Hot Rolled Asphalt.*

Menurut Sabban (2009) pengaruh penambahan parutan karet ban dengan penambahan 18% dan 20% gradasi tipe 1 untuk campuran dengan 18% parutan karet ban bekas, nilai stabilitas maksimum terjadi pada kadar aspal 7,5% sebesar 1527,959 kg. Untuk campuran dengan 20% parutan karet ban bekas, nilai stabilitas maksimum terjadi pada kadar aspal 8% sebesar 1511,430 kg. Nilai stabilitas untuk campuran HRS-WC lebih tinggi bila dibandingkan dengan campuran HRS-WC+parutan karet ban bekas. Sedangkan nilai *flow* yang terjadi pada campuran HRS-WC+18% parutan karet ban bekas pada kadar aspal 9% sebesar 4,850 mm. Untuk campuran HRS-WC nilai *flow* sangat tinggi, sedangkan pada campuran HRS-WC+18% dan HRS-WC+20% parutan karet ban bekas nilai *flow* rendah. Hal ini menunjukkan bahwa parutan karet ban bekas mampu menurunkan nilai *deformasi* dari campuran. Perhatikan gambar grafik parameter marshall hasil pengujian untuk campuran aspal dengan penambahan 18% dan 20% parutan karet ban gradasi tipe 1 dibawah ini.

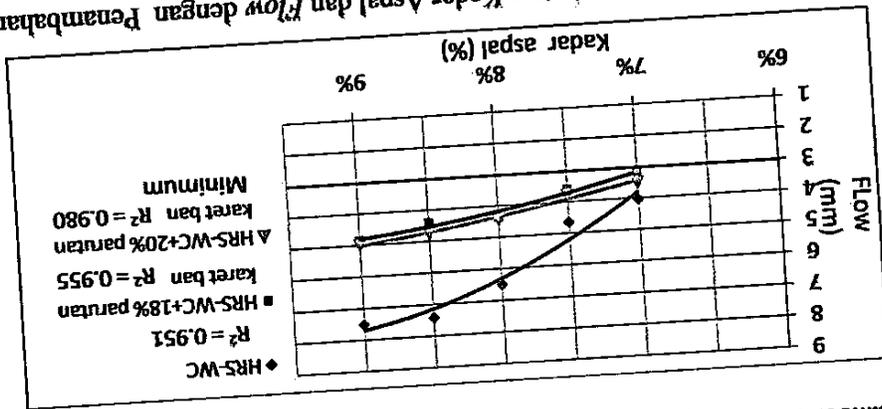
Gambar 2.5. Hubungan Antara Kadar Aspal dan Stabilitas dengan Penambahan 18% dan 20% Parutan Karet Ban Gradasi Tipe 1.

Sumber : Sabban (2009)



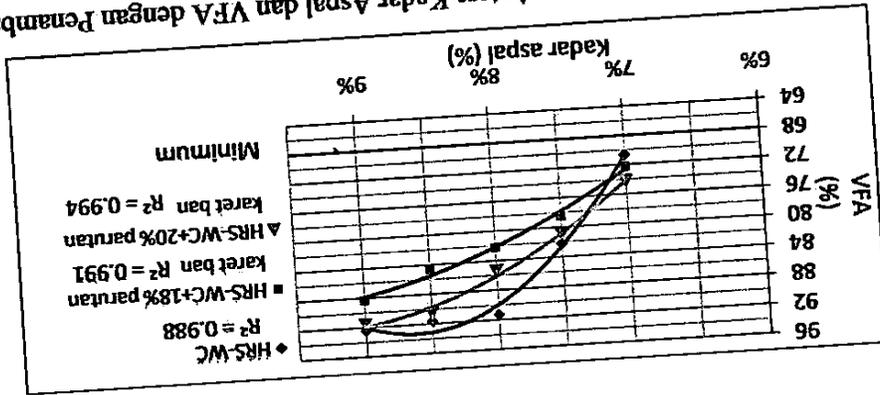
Gambar 2.6. Hubungan Antara Kadar Aspal dan Flow dengan Penambahan 18% dan 20% Parutan Karet Ban Gradasi Tipe 1.

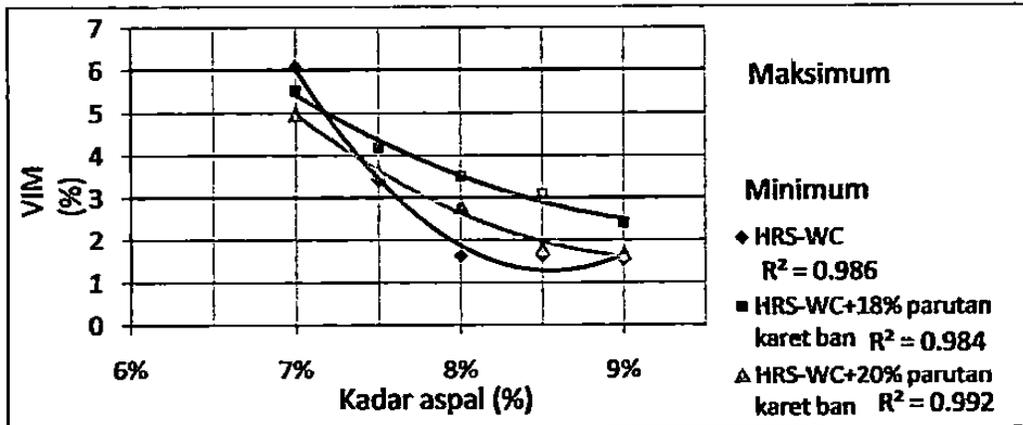
Sumber : Sabban (2009)



Gambar 2.7. Hubungan Antara Kadar Aspal dan VFA dengan Penambahan 18% dan 20% Parutan Karet Ban Gradasi Tipe 1.

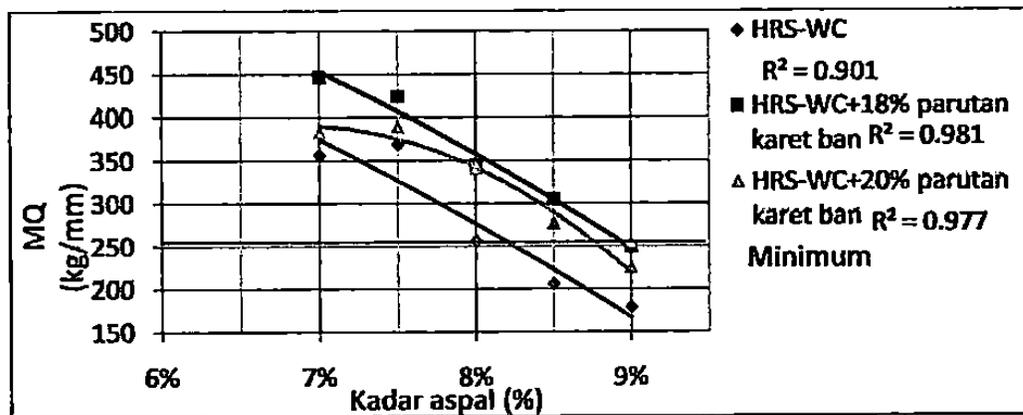
Sumber : Sabban (2009)





Gambar 2.8. Hubungan Antara Kadar Aspal dan VIM dengan Penambahan 18% dan 20% Parutan Karet Ban Gradasi Tipe 1.

Sumber : Sabban (2009)



Gambar 2.9. Hubungan Antara Kadar Aspal dan MQ dengan Penambahan 18% dan 20% Parutan Karet Ban Gradasi Tipe 1.

Sumber : Sabban (2009)

Berdasarkan hasil penelitian, gambar grafik diatas menunjukkan bahwa campuran *HRS WC* dengan parutan karet ban bekas dapat menurunkan nilai *flow*. Hal ini menunjukkan bahwa parutan karet ban bekas dapat mengurangi deformasi benda uji. Sehingga campuran tidak bersifat terlalu plastis dan mudah berubah bentuk apabila terkena beban. Selain itu juga nilai *VIM* dapat meningkat dan nilai *VFA* menurun sehingga dapat mengurangi kemungkinan terjadinya *bleeding*. Untuk *Marshall Quotient* penambahan ban bekas dapat dapat menerima beban

E. Parameter Marshall

Uji Marshall digunakan untuk mengetahui kinerja beton aspal. Tujuannya adalah untuk memastikan suatu campuran beton aspal memenuhi persyaratan-persyaratan yang sudah ditetapkan. Parameter yang didapatkan dari hasil uji Marshall antara lain (Sukirman, 2003) :

1. Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan maksimum beton aspal menerima beban sampai terjadi kelelahan plastis, dinyatakan dalam kg. Pengukuran stabilitas dengan uji Marshall diperlukan untuk mengetahui kekuatan tekan geser dari sampel yang ditahan dua sisi kepala penekan. Dengan nilai stabilitas yang cukup tinggi diharapkan perkerasan dapat menahan beban lalu lintas tanpa terjadi kehancuran geser.

2. *Flow* atau Kelelahan

Flow adalah besarnya penurunan yang terjadi akibat adanya pembebanan yang bekerja secara vertical di atasnya (beban lalu lintas) yang dinyatakan dalam mm. Parameter *flow* diperlukan untuk mengetahui deformasi vertikal campuran saat dibebani hingga hancur (pada stabilitas maksimum). *Flow* akan meningkat seiring meningkatnya kadar aspal. *Flow* merupakan indikator lentur.

3. *Void In Mix (VIM)*

VIM adalah volume rongga yang masih tersisa setelah campuran beton aspal dipadatkan, dinyatakan dalam %. *VIM* ini dibutuhkan untuk tempat bergesernya butir-butir agregat, akibat pemadatan tambahan yang terjadi oleh repetisi beban lalu lintas atau tempat jika aspal menjadi lunak akibat meningkatnya temperatur. *VIM* yang terlalu kecil akan mengakibatkan beton aspal mengalami *bleeding* jika temperatur meningkat. *VIM* yang terlalu besar

berakibat meningkatnya proses oksidasi aspal yang dapat mempercepat penuaan aspal dan menurunkan durabilitas.

4. *Voids Filled with Asphalt (VFA)*

VFA adalah persentase volume aspal yang dapat mengisi rongga yang ada dalam campuran, dinyatakan dalam %. Parameter *VFA* diperlukan untuk mengetahui apakah perkerasan memiliki keawetan dan tahan air yang cukup memadai.

5. *Marshall Quotient (MQ)*

MQ adalah hasil bagi dari stabilitas dengan *flow* yang dipergunakan untuk pendekatan terhadap tingkat kekakuan atau kelenturan campuran, dinyatakan dalam kg/mm. Nilai *MQ* yang tinggi menunjukkan nilai kekakuan lapis keras tinggi. Lapis keras yang mempunyai nilai *MQ* yang terlalu tinggi akan mudah terjadi retak-retak akibat repetisi beban lalu lintas. Sebaliknya nilai *MQ* yang terlalu rendah menunjukkan campuran terlalu fleksibel yang mengakibatkan perkerasan mudah berubah bentuk bila menahan beban kendaraan.

Setiap campuran beton aspal memiliki persyaratan-persyaratan yang berkaitan dengan parameter Marshall. Persyaratan campuran untuk *HRS-WC* dapat dilihat pada tabel 2.6.

Tabel 2.6. Persyaratan Sifat Campuran untuk *HRS-WC*

No.	Sifat-sifat campuran	Persyaratan		Satuan
		Min	Maks	
1.	Rongga dalam campuran (<i>VIM</i>)	3,0	6,0	%
2.	Rongga dalam agregat (<i>VMA</i>)	18		%
3.	Rongga terisi aspal (<i>VFA</i>)	68		%
4.	Stabilitas	800		kg
5.	Kelelehan / <i>flow</i>	3,0		mm
6.	<i>Marshall Quotient</i>	250		kg/mm

F. Karakteristik Campuran Beton Aspal

Karakteristik campuran dari lapis perkerasan dipengaruhi oleh susunan dan kualitas dari bahan-bahan penyusunnya. Selain itu proses pelaksanaan dalam pengerjaannya juga dapat mempengaruhi kualitas campuran. Adapun karakteristik yang harus dimiliki oleh beton aspal adalah :

1. Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan lapis perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk permanen seperti gelombang, alur ataupun *bleeding*. Stabilitas tergantung dari gesekan internal dan kohesi. Gesekan internal dapat berasal dari kekasaran permukaan dari butir-butir agregat, luas bidang kontak antar butir atau bentuk butir, gradasi agregat, kepadatan campuran dan tebal film aspal. Stabilitas terbentuk dari kondisi gesekan internal yang terjadi di antara butir-butir agregat, saling mengunci dan mengisi butir-butir agregat, dan masing-masing butir saling terikat akibat gesekan antar butir dan adanya aspal.

Kohesi adalah gaya ikat aspal yang berasal dari daya lekatnya, sehingga mampu memelihara tekanan kontak antar butir agregat. Daya kohesi terutama ditentukan oleh penetrasi aspal, perubahan viskositas akibat temperatur, tingkat pembebanan, komposisi kimiawi aspal, efek dari waktu dan umur aspal. Sifat rheologi aspal menentukan kepekaan aspal untuk mengeras dan rapuh, yang akan mengurangi daya kohesinya (Sukirman, 2003).

2. Durabilitas

Durabilitas atau keawetan adalah kemampuan beton aspal menerima repetisi beban lalu lintas seperti berat kendaraan dan gesekan antara roda kendaraan dengan permukaan jalan, serta menahan keausan akibat pengaruh cuaca dan iklim, seperti udara, air atau perubahan temperatur. Durabilitas beton aspal dipengaruhi oleh tebalnya film atau selimut aspal, banyaknya pori dalam campuran, kepadatan dan kedap airnya campuran. Selimut aspal yang

sehingga kemampuannya menahan keausan semakin baik. Tetapi semakin tebal selimut aspal, maka semakin mudah terjadi *bleeding* yang mengakibatkan jalan semakin licin (mengurangi *skid resistance*). Besarnya rongga yang tersisa dalam campuran setelah pemadatan, mengakibatkan durabilitas menurun. Semakin besar rongga yang tersisa semakin tidak kedap air dan semakin banyak udara di dalam beton aspal, yang menyebabkan semakin mudahnya selimut aspal beroksidasi dengan udara dan menjadi getas, dan durabilitasnya menurun (Sukirman, 2003).

3. Fleksibilitas

Fleksibilitas atau kelenturan pada lapisan perkerasan adalah kemampuan lapisan untuk dapat mengikuti deformasi yang terjadi akibat repetisi beban lalu lintas tanpa timbulnya retak dan perubahan volume.

Fleksibilitas yang tinggi dapat diperoleh dengan :

- a. Penggunaan agregat bergradasi senjang sehingga diperoleh *VMA* yang besar.
- b. Penggunaan aspal lunak (aspal dengan penetrasi tinggi).
- c. Penggunaan aspal yang cukup banyak sehingga diperoleh *VIM* yang kecil (Sukirman, 1999).

4. *Fatigue Resistance*

Fatigue resistance atau ketahanan terhadap kelelahan adalah kemampuan beton aspal menerima lendutan berulang akibat repetisi beban, tanpa terjadinya kelelahan berupa alur dan retak. Hal ini dapat tercapai jika mempergunakan kadar aspal yang tinggi (Sukirman, 2003).

5. *Skid Resistance*

Skid resistance atau kekesatan/tahanan geser adalah kemampuan permukaan beton aspal terutama pada kondisi basah, memberikan gaya gesek

6. Impermeabilitas

Impermeabilitas atau kedap air adalah kemampuan beton aspal untuk tidak dapat dimasuki air ataupun udara ke dalam lapisan beton aspal. Air dan udara dapat mengakibatkan percepatan proses penuaan aspal dan pengelupasan *film*/selimut aspal dari permukaan agregat. Jumlah rongga yang tersisa setelah beton aspal dipadatkan dapat menjadi indikator kedap air. Tingkat impermeabilitas beton aspal berbanding terbalik dengan tingkat durabilitasnya (Sukirman, 2003).

7. *Workability*

Workability atau mudah dilaksanakan adalah kemampuan campuran beton aspal untuk mudah dihamparkan dan dipadatkan. Tingkat kemudahan dalam pelaksanaan menentukan tingkat efisiensi pekerjaan. Faktor yang mempengaruhi tingkat kemudahan dalam proses penghamparan dan pemadatan adalah viskositas aspal, kepekaan aspal terhadap perubahan temperatur, gradasi serta kondisi agregat (Sukirman, 2003).

G. Rancangan Campuran Berdasarkan Metode Marshall

Rancangan campuran berdasarkan metode Marshall ditemukan oleh Bruce Marshall, dan telah distandarisasi oleh SNI 06-2489-1991 atau AASHTO T-245-90. Prinsip dasar dari metode Marshall adalah pemeriksaan stabilitas dan kelelahan, serta analisis kepadatan dan pori dari campuran padat yang terbentuk. Langkah-langkah rancangan campuran Marshall adalah :

1. Mempelajari spesifikasi gradasi agregat campuran yang diinginkan dari spesifikasi campuran.
2. Merancang proporsi dari masing-masing fraksi agregat yang tersedia untuk mendapatkan agregat campuran dengan gradasi sesuai butir 1. Rancangan dilakukan berdasarkan gradasi dari masing-masing fraksi agregat yang akan dicampur. Berdasarkan berat jenis masing-masing fraksi agregat dan proporsi

3. Menentukan kadar aspal total dalam campuran. Kadar aspal total dalam campuran beton aspal adalah kadar aspal efektif yang membungkus atau menyelimuti butir-butir agregat, mengisi rongga antara agregat, ditambah dengan kadar aspal yang akan meresap masuk ke dalam rongga masing-masing butir agregat.
Untuk agregat bergradasi senjang digunakan kadar aspal antara 7-9% berdasarkan berat kering agregat, agar menghasilkan selimut aspal yang tebal yang dapat mengikat agregat (Hicks, 2002).
4. Membuat benda uji. Untuk mendapatkan kadar aspal optimum dibuat benda uji dengan 5 variasi kadar aspal dengan interval 0,5%. Masing-masing kadar aspal dibuat 3 benda uji. Benda uji disiapkan pula untuk menentukan berat jenis maksimum campuran beton aspal yang belum dipadatkan (G_{mm}) sesuai AASHTO T 209-90.
5. Melakukan uji Marshall untuk mendapatkan stabilitas dan kelelahan benda uji mengikuti prosedur SNI 06-2489-1991 atau AASHTO T-245-90. Penimbangan yang dibutuhkan berkaitan dengan perhitungan sifat volumetrik campuran, dilakukan sebelum uji Marshall.
6. Menghitung parameter Marshall yaitu *VIM*, *VMA*, *VFA*, stabilitas, *flow* dan *Quotient Marshall* sesuai parameter yang ada pada spesifikasi campuran.
7. Menggambarkan hubungan antara kadar aspal dan parameter Marshall.
8. Dengan mempergunakan grafik dapat ditentukan nilai kadar aspal optimum, yaitu dengan menempatkan batas-batas spesifikasi campuran pada grafik tersebut. Kadar aspal optimum adalah nilai tengah dari rentang kadar aspal yang memenuhi spesifikasi campuran.

H. Perhitungan dalam Campuran

1. Berat jenis bulk campuran

Berat jenis bulk campuran dapat diukur dengan rumus 3.1

$$G_{mb} = \frac{B_k}{B_{ssd} - B_a} \dots\dots\dots(3.1)$$

Keterangan:

- G_{mb} = berat jenis bulk dari beton aspal padat (gr/cc)
 B_k = berat kering beton aspal padat (gr)
 B_{ssd} = berat kering permukaan beton aspal padat (gr)
 B_a = berat beton aspal padat dalam air (gr)
 $B_{ssd} - B_a$ = volume bulk dari beton aspal padat, jika berat jenis air diasumsikan = 1

2. Berat jenis maksimum campuran yang belum dipadatkan

Berat jenis maksimum campuran yang belum dipadatkan adalah berat jenis campuran beton aspal tanpa pori/udara. Secara teoritis berat jenis maksimum dapat dihitung dengan rumus:

$$G_{mm} = \frac{100}{\frac{P_s}{G_{se}} + \frac{P_a}{G_a}} \dots\dots\dots(3.2)$$

Keterangan:

- G_{mm} = berat jenis maksimum dari beton aspal padat (gr/cc)
 P_s = kadar aspal terhadap berat beton aspal padat (%)
 P_a = kadar agregat terhadap berat beton aspal padat (%)
 G_a = berat jenis aspal (gr/cc)
 G_{se} = berat jenis efektif agregat (gr/cc)

Berat jenis efektif agregat tidak terdapat pada manual AASHTO ataupun ASTM. Umumnya berat jenis efektif agregat diasumsikan sama dengan nilai rata-rata dari berat jenis *bulk* dan berat jenis semu (Sukirman, 2003).

3. Rongga dalam agregat campuran (VMA)

$$VMA = 100 - \frac{G_{mb} \times P_s}{G_s} \dots\dots\dots(3.3)$$

Keterangan:

- VMA = volume pori antara agregat campuran (%)
 G_{mb} = berat jenis bulk dari beton aspal padat (gr/cc)
 P_s = kadar aspal terhadap berat beton aspal padat (%)
 G_s = berat jenis agregat (gr/cc)

4. **Rongga dalam campuran (VIM)**

$$VIM = 100 \times \left(\frac{G_{mm} \times G_{mb}}{G_{mm}} \right) \dots\dots\dots(3.4)$$

Keterangan:

- VIM = volume pori dalam beton aspal padat (%)
 G_{mb} = berat jenis bulk dari beton aspal padat (gr/cc)
 G_{mm} = berat jenis maksimum dari beton aspal padat (gr/cc)

5. **Rongga terisi aspal (VFWA)**

$$VFWA = \frac{100(VMA - VIM)}{VMA} \dots\dots\dots(3.5)$$

Keterangan:

- VFWA = volume pori antara butir agregat terisi aspal (%)
VIM = volume pori dalam beton aspal padat (%)
VMA = volume pori antara agregat campuran (%)

6. **Kadar Aspal Optimum**

Kadar aspal optimum merupakan nilai tengah dari rentang kadar aspal yang memenuhi semua spesifikasi dari beberapa parameter Marshall di atas dengan kenaikan $\pm 0,5\%$.