

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Jenis Konstruksi Perkerasan

Berdasarkan bahan pengikatnya, konstruksi perkerasan jalan dibedakan menjadi 3 bagian (Sukirman, 1999):

1. Konstruksi perkerasan lentur (*Flexible Pavement*) adalah lapisan yang berada di atas tanah dasar dan menggunakan aspal untuk bahan pengikatnya. Lapisan – lapisan tersebut berfungsi menerima beban lalu lintas dan menyebarkan ke lapisan bawahnya.
2. Konstruksi perkerasan kaku (*Rigid Pavement*) adalah perkerasan kaku yang menggunakan semen sebagai bahan pengikatnya. Dapat berupa plat beton menggunakan tulangan maupun tidak menggunakan tulangan. Terletak di atas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah.
3. Konstruksi perkerasan komposit (*Composite Pavement*) adalah kombinasi perkerasan lentur dan perkerasan kaku. Umumnya perkerasan kaku dibawah perkerasan lentur.

2.2. Jenis Lapisan Penutup

2.2.1. Lapis Tipis Aspal Pasir (Latsir)

Latasir adalah lapisan penutup yang terdiri dari aspal dan pasir. Lapisan ini bergradasi menerus, lalu di campur, dihamparkan dan dipadatkan. Latasir memiliki tebal 1 – 2 cm setelah pemadatan. Fungsi lapisan ini sebagai lapis aus, penutup dan membuat permukaan jalan menjadi rata. Latasir digunakan untuk jalan yang intensitas lalu lintas dan volume kendaraan yang rendah. Lapisan ini biasa digunakan pada perumahan, komplek, dan pemukiman.

2.2.2. Lapisan Tipis Aspal Beton (Lataston)

Lataston adalah lapisan penutup yang terdiri dari campuran aspal dengan kadar yang lumayan tinggi, lebih tinggi dari laston. Dalam pengerjaan pengaspalan jalan lataston disebut juga sebagai *hot rolled sheets*. Kadar aspal yang tinggi pada lapisan ini berfungsi agar lapisan tersebut memiliki fleksibilitas dan kawatetan yang tinggi. Lataston terdiri dari 2 macam yaitu lataston lapis pondasi dan lataston lapis permukaan.

2.2.3. Lapisan Aspal Beton (Laston)

Laston adalah campuran aspal keras dan agregat yang dicampur, dihamparkan dan dipadatkan pada suhu dan kondisi tertentu. Lapisan Laston terdiri dari beberapa campuran yaitu lapisan *wearing course* (AC – WC) dan lapis pengikat *binder course* (AC – BC) dan laston lapis pondasi *base* (AC – Base).

Lapisan dari atas hingga kebawah:

1. Bagian paling atas lapisan *wearing course* (AC – WC).
2. Bagian tengah lapisan *binder course* (AC – BC).
3. Bagian paling dasar adalah lapis pondasi *base* (AC – Base).

2.3. Jenis Lapis Perkerasan Lentur

Dalam dunia konstruksi perkerasan lentur terdiri dari beberapa lapisan-lapisan tanah yang telah dipadatkan. Lapisan ini berfungsi menerima beban dan meneruskan penyebaran beban ke lapisan bawahnya. Lapisan lentur tersebut terdiri dari:

1. lapisan permukaan (*Surface Course*).
2. lapisan pondasi atas (*Base Course*).
3. lapisan pondasi bawah (*Sub – Base Course*).
4. lapisan tanah dasar (*Sub – Grade*).

2.4. Material Perkerasan Lentur

Material perkerasan lentur terdapat 2 dalam campuran penggunaannya, yaitu agregat dan aspal. Material utama dalam perkerasan lentur adalah agregat dan aspal berguna sebagai bahan pengikat. Pada penelitian ini mencampurkan *Polypropylene fiber* untuk mengurangi penggunaan aspal dan membantu sebagai bahan pengikat agregat.

2.4.1. Aspal

Aspal adalah material berwarna hitam pekat yang didapatkan dari penyulingan minyak bumi. Aspal merupakan bahan yang didapatkan dari hasil tambang dan tidak dapat diperbarui. Aspal bersifat padat pada suhu ruang dan cair pada panas dan suhu tertentu. Penggunaan aspal umumnya kurang dari 10% dari berat total atau 1,0% - 15% dari volume (Sukirman, 1999). Cara menentukan kadar aspal penggunaan RAP yang telah memiliki kandungan aspal adalah sebagai berikut:

Tabel 2.1

Perhitungan aspal baru penggunaan RAP

Bahan	Kadar Aspal terhadap Berat Total Campuran
% Aspal baru, P_{nb}	$\frac{(100^2 - rP_{RAP-b})P_b}{100(100 - P_{RAP-b})} - \frac{(100 - r)P_{RAP-b}}{100 - P_{RAP-b}}$
% RAP, P_{RAP}	$\frac{100(100 - r)}{100 - P_{RAP-b}} - \frac{(100 - r)P_b}{100 - P_{RAP-b}}$
% Agregat baru, P_{ns}	$r - \frac{rP_b}{100}$
Total	100
% Aspal baru dan/atau bahan peremaja (<i>recycling agent</i>) terhadap aspal total, R	$\frac{100P_{nb}}{P_b}$

Sumber : Pusat Litbang Jalan dan Jembatan (2018)

Keterangan :

 P_{RAP} = Presentase campuran bekas dalam campuran daur ulang; P_b = Kadar aspal dalam campuran daur ulang (%); P_{RAP-b} = Kadar aspal campuran bekas (%); P_{nb} = Tambahan aspal dan-atau bahan tambah (*recycling agent*) dalam campuran daur ulang; P_{ns} = Presentase agregat tambahan (agregat baru atau agregat bekas); r = Presentase agregat baru dan-atau agregat bekas terhadap agregat total dalam campuran daur ulang; R = Presentase aspal baru dan/atau bahan tambah terhadap berat total aspal dalam campuran daur ulang.

2.4.2. Agregat

Agregat adalah batuan yang tersusun dari mineral padat berukuran besar. Agregat disebut juga batu pecah atau kerikil. Agregat secara umum dikatakan formasi kulit bumi yang padat dan keras. Komponen utama dalam pembuatan jalan beraspal adalah agregat yang mengandung 90% - 95% dari berat keseluruhan atau 75% - 85% dari jumlah volume total. Agregat memiliki berbagai macam ukuran, dapat disesuaikan dengan kebutuhan.

2.4.3. Plastik

Plastik memiliki berbagai macam jenis antara lain seperti *Polyethylene Terephthalate* (PETE), *Low Density Polyethylene* (LDPE), *High Density Polyethylene* (HDPE), Polypropylene (PP), Polyvinyl Chloride (PVC), *Polystyrene* (PS), dan *Others*. Plastik memiliki banyak sifat seperti ringan, daya tahan yang baik, kedap air, murah, tidak cepat rusak, tahan terhadap bakteri, dan jamur (Itsmis, 2019). Penggunaan plastik untuk campuran aspal dapat meningkatkan beban maksimum, daya tarik, daya tekan dan daya lekat antar agregat lebih baik.

2.4.4. Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)

Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) adalah hasil dari limbah konstruksi yang berasal dari bongkaran jalan beraspal yang tidak digunakan lagi. RAP digunakan untuk mengganti agregat baru untuk meningkatkan mutu dan mengurangi limbah konstruksi.

2.5. Lapis Penutup AC – BC (*Asphalt Concrete – Binder Course*)

Lapisan AC – BC merupakan 1 dari 3 lapisan penutup permukaan jalan beraspal. AC – BC terlatak di bagian tengah antara AC – WC dan AC – Base. Lapisan – lapisan tersebut dibedakan berdasarkan besar agregat dan bahan pengisi (*filler*). Ukuran agregat maximum untuk lapisan AC – BC adalah 25,4 mm (Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan, Divisi VI Perkerasan Beraspal, Dep. PU, 2018).

Tabel 2.2. Pengujian Agregat Kasar

Pengujian		Metode Pengujian	Nilai	
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan	natrium sulfat	SNI 3407:2008	Maks. 12%	
	magnesium sulfat		Maks. 18%	
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran AC Modifikasi dan SMA	SNI 2417:2008	100 putaran	Maks. 6%
			500 putaran	Maks. 30%
	Semua jenis campuran beraspal bergradasi lainnya		100 putaran	Maks. 8%
			500 putaran	Maks. 40%
Kelekatan agregat terhadap aspal		SNI 2439:2011	Min. 95%	
Butir pecah pada agregat kasar	SMA	SNI 7619:2012	100/90	
	Lainnya		95/90	

Tabel 2.2. Pengujian Agregat Kasar (lanjutan)

Pengujian		Metode Pengujian	Nilai
Partikel pipih dan lonjong	SMA	SNI 8287:2016	Maks. 5%
	Lainnya	Perbandingan 1 : 5	Maks. 10%
Material lolos ayakan No.200		SNI ASTM C117:2012	Maks. 1%

Sumber: Pusat Litbang Jalan dan Jembatan (2018)

Tabel 2.3. Pengujian Agregat Halus

Pengujian	Metode Pengujian	Nilai
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min. 50%
Agregat lolos ayakan No. 200	SNI ASTM C117:2012	Maks. 10%

Sumber: Pusat Litbang Jalan dan Jembatan (2018)

Tabel 2.4. Persyaratan Gradasi Campuran Aspal

Ukuran Ayakan		Persen Berat Lolos Terhadap Total Agregat dalam Campuran	
		BC atau BC Modifikasi	
1½"	37,5		
1"	25	100	
¾"	19	90 - 100	
½"	12,5	75 - 90	
3/8"	9,5	66 - 82	
No.4	4,75	46 - 64	
No.8	2,36	30 - 49	
No.16	1,18	18 - 38	
No.30	0,6	12 - 28	
No.50	0,3	7 - 20	
No.100	0,15	5 - 13	
No.200	0,075	4 - 8	

Sumber: Pusat Litbang Jalan dan Jembatan (2018)

Tabel 2.5. Persyaratan Aspal Keras Penetrasi 60/70

No.	Jenis Pengujian	Metode	Persyaratan
1	Penetrasi, 25 °C;100gr;5detik;0,1mm	SNI 2456:2011	60 - 70
2	Titik Lembek; °C	SNI 2434:2011	Min. 48
3	Titik Nyala; °C	SNI 2433:2011	Min. 232
4	Daktilitas 25 °C;cm	SNI 2432:2011	Min. 100
5	Berat jenis	SNI 2441:2011	Min. 1,0
6	Kelarutan dalam Tricholor Etylen; % berat	SNI 2438:2015	Min. 99
7	Penurunan Berat (dengan TFOT); % berat	SNI 06-2440-1991	Maks. 0,8
8	Penetrasi setelah penurunan berat; % asli	SNI 2456:2011	Min. 54
9	Daktilitas setelah penurunan berat; cm	SNI 2432:2008	Min. 50
10	Kadar paraffin;%	SNI 03-3639 - 2002	Maks. 2

Sumber: Pusat Litbang Jalan dan Jembatan (2018)

Tabel 2.6. Ketentuan Sifat-sifat Campuran Laston Modifikasi (AC – Mod)

Sifat - Sifat Campuran		Laston Modifikasi		
		Lapis Aus	Lapis Antara	Fondasi
Jumlah Tumbukan per Bidang		75		112
Rasio Partikel Lolos Ayakan 0,075mm dengan Kadar Aspal Efektif	Min.	0,6		
	Maks.	1,6		
Rongga dalam Campuran (%)	Min.	3		
	Maks.	5		
Rongga dalam Agregat (VMA) %	Min.	15	14	13
Rongga Terisi Aspal %	Min.	65	65	65
Stabilitas Marshall (kg)	Min.	1000		2250
Pelelehan (mm)	Min.	2		3
	Maks.	4		6
Stabilitas Marshall sisa (%) setelah Perendaman selama 24 jam, 60°C	Min.	90		
Rongga dalam Campuran (%) pada Kepadatan Membal (refusal)	Min.	2		

Sumber: Pusat Litbang Jalan dan Jembatan (2018)

2.6. Polypropylene Fiber (PP – Fiber)

Serat yang berasal dari plastik *Polypropylene – Fiber* yang biasa digunakan untuk botol minum maupun kemasan makanan yang dapat digunakan berulang – ulang. *Polypropylene – Fiber* merupakan salah satu jenis polimer yang mampu menahan beban namun tetap elastis. *Polypropylene – Fiber* mempunyai sifat tahan karat, kuat terhadap regangan, dan ringan. Sangat baik untuk penyusutan jangka pendek maupun penyusutan jangka panjang. Titik leleh *Polypropylene – Fiber* yang cukup tinggi yaitu 160°C dan mudah cepat mengeras. Berbentuk serabut tipis berukuran 6 mm hingga 40 mm. Titik leleh yang cukup tinggi dapat membuat serat *Polypropylene – Fiber* mudah digunakan dalam campuran aspal emulsi dingin maupun campuran aspal *hotmix*.

2.7. Pengujian Marshall Test

Terdapat berbagai macam pengujian kinerja aspal padat salah satunya adalah pengujian *Marshall Test*. *Marshall Test* di temukan pertama kali oleh *Bruce Marshall* dan dilanjutkan oleh *U.S. Corps Engineer* (Patmadjaja, 2011). Alat *Marshall* adalah alat tekan yang menggunakan cincin penguji (*Proving ring*) berkapasitas 22,2 kN (= 5000 lbf) dan *flowmeter*. Tujuan pengujian menggunakan metode *Marshall* adalah mengetahui stabilitas dan *flow* dari campuran aspal. Pemadatan tiap benda uji sebanyak 75 kali tumbukan. Benda uji yang telah dibuat kemudian disimpan di udara terbuka selama 1 hari penuh. Benda uji di timbang dalam keadaan kering, dalam air, dan kering permukaan. Kemudian perendaman ke alat pemanas air dan dilakukan selama 30 menit untuk mendapatkan stabilitas dan *flow* dari hasil pengujian *Marshall*.

Menurut *Asphalt Institue* (1997), ada beberapa parameter – parameter yang akan digunakan dalam pengujian lapis AC-BC adalah sebagai berikut:

1. Void In Mix (VIM)

VIM adalah volume rongga yang terletak di antara butir – butir agregat yang diselimuti aspal dalam campuran beton aspal padat. (*Void In Mix*).

$$VIM(\%) = 1 - \frac{D_d}{S_{gmix}} \times 100\%$$

D_d = Massa jenis *Dry Bulk/Density*. (gr/cm^3)

VIM : Volume rongga yang terletak di antara butir-butir agregat yang diselimuti aspal dalam campuran beton aspal padat. (%)

S_{gmix} : Berat jenis campuran. (gr/cm^3)

2. *Void In Mineral Aggregate* (VMA)

VMA adalah volume rongga yang terletak antara butir agregat campuran dalam beton aspal padat, termasuk aspal yang mengisi (*Void In Mineral Agregat*).

Perhitungan ditentukan dari persentase berat agregat

$$VMA = (100 - (\frac{G_{mb}}{G_{sb}} \times \frac{100}{100+P_b})) \text{cm}^3$$

$$\text{Aspal Padat} = 100 \text{ cm}^3$$

Sehingga:

$$VMA = (100 - (\frac{G_{mb}}{G_{sb}} \times \frac{100}{100+P_b}))\%$$

Keterangan:

VMA : Volume rongga atau *Void in Mineral Aggregate*. (%)

G_{sb} : Berat Jenis *Bulk* agregat dari aspal padat. (gr/cm³)

G_{mb} : Berat Jenis bulk campuran beton padat. (gr/cm³)

P_b: Kadar aspal, terhadap berat agregat. (%)

3. *Void Filled With Bitumen* (VFB)

VFB adalah jumlah aspal yang mengisi rongga berat atau sama dengan presentase dari volume yang terisi aspal.

$$VFB = \frac{(VMA - VIM)}{VMA} \% \text{ dari VMA}$$

Keterangan:

VMA : Volume rongga atau *Void in Mineral Aggregate*. (%)

VIM : Volume rongga beton aspal padat.

VFB : *Void Filled with Bitumen*.

4. *Marshall Quotient* (MQ) didapatkan dari stabilitas dibagi dengan *flow*.

$$MQ = \frac{\text{Stabilitas}}{\text{Flow}}$$

Keterangan:

MQ = *Marshall Quotient*. (kg/mm)

2.8. Penelitian Relevan

Penggunaan *Polypropylene fiber* pada lapisan AC – BC dengan kadar 0,0%, 1,0%, 2,0%, 3,0%, 4,0%, 5,0% mendapatkan kadar aspal optimum yaitu 6,025%, 6,125%, 6,2%, 6,2%, 6,35%, dan 6,25%. Nilai stabilitas akan mulai naik saat penambahan dengan PP – *Fiber* 1,0% dan stabilitas tertinggi pada kadar PP – *Fiber* 3,0% dan setelah itu mengalami penurunan saat 4,0% dan 5,0%. Nilai *Marshall Quotient* menurun VFA juga mengalami penurunan seiring dengan

penambahan kadar PP – *Fiber*. Nilai *flow*, VIM, dan VMA mengalami kenaikan seiring penambahan PP – *Fiber* namun pada saat penambahan 3,0% - 5,0% VMA tidak memenuhi spesifikasi Bina Marga. Menurut penelitiannya Kadar *Polypropylene fiber* yang paling optimum adalah 1,35% dari berat aspal (Setiawan, Subarkah 2018).

Penambahan limbah plastik *Polyethylene terephthalate* (PE), *Low Density Polyethylene* (LDPE), dan *Polypropylene* (PP). Pada penelitian ini menggunakan 3 jenis limbah plastik dan menggunakan kadar 0,5%, 2,0%, dan 4,0%. Dapat meningkatkan stabilitas hingga mencapai 36%, sehingga ketahanan lapisan AC – WC lebih baik dari pada campuran normal. Penambahan limbah plastik seiring dengan meningkatnya jumlah akan menurunkan nilai *flow*. Penambahan limbah plastik 2,0% dan 4,0% pada lapisan laston memenuhi spesifikasi Bina Marga (Dwi, Samsul 2018).

Penggunaan RAP pada tahun 2015 mencapai 47% hingga dengan 50% di provinsi tertentu. Berdasarkan penelitian laboratorium di Jepang terbukti memberikan hasil yang sama dengan penambahan – penambahan aditif tertentu (West. R. C., dan Copeland. A., 2015). Di Amerika pada tahun 2015 menggunakan RAP > 20% pada campuran aspal panas di 27 negara bagian. Terdapat di negara bagian tertentu menggunakan RAP 10% - 19%. (Hansen & Copeland, 2015)

Pada penelitian-penelitian sebelumnya dapat disimpulkan penggunaan RAP paling efektif adalah 60%, penggunaan RAP di Jepang mencapai 47% - 50%. Dari penelitian penambahan berbagai macam plastik, plastik PP adalah plastik paling baik dari segi ketahanan karena stabilitas yang di dapatkan lebih tinggi dibandingkan jenis plastik lain. Kadar PP – *fiber* paling optimum adalah 1,35% dari jumlah aspal. Penambahan plastik yang berlebih membuat ruang di antara agregat semakin sempit sehingga pada suhu tertentu aspal penertrasi sehingga membuat kualitas jalan beraspal menurun. Semakin banyak penggunaan RAP maka Kadar Aspal Optimum (KAO) akan semakin rendah karena RAP terdapat kadar aspal, semakin sedikit penggunaan RAP Kadar Aspal Optimum (KAO) yang diperlukan semakin tinggi.