

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Jalan

Jalan adalah seluruh bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, dan atau air, serta diatas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori dan jalan kabel (Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2009).

B. Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan merupakan campuran antara agregat dan bahan ikat yang digunakan untuk melayani beban lalu lintas. Agregat yang dipakai antara lain adalah batu pecah, batu belah, batu kali dan hasil samping peleburan baja. Sedangkan bahan ikat yang dipakai antara lain adalah aspal, semen, dan tanah liat. Berdasarkan bahan pengikatnya, konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan atas:

1. Konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikatnya. Lapisan-lapisan perkerasan bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.
2. Konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan semen (*Portland Cement*) sebagai bahan pengikatnya. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan di atas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh pelat beton.
3. Konstruksi perkerasan komposit (*composite pavement*), yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur dapat berupa perkerasan lentur di atas perkerasan kaku, atau perkerasan kaku di atas perkerasan lentur.

C. Karakteristik Campuran

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. Menurut Silvia Sukirman (2003), terdapat tujuh karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh beton aspal adalah stabilitas, keawetan, kelenturan atau fleksibilitas, ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*), kekesatan permukaan atau ketahanan geser (*skid resistance*), kedap air dan kemudahan pelaksanaan (*workability*). Di bawah ini adalah penjelasan ketujuh karakteristik tersebut :

1. Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas adalah kemampuan lapis perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk permanen seperti gelombang, alur ataupun *bleeding* (Sukirman,1999). Kebutuhan akan stabilitas sebanding dengan fungsi jalan dan beban lalu lintas yang dilayani. Jalan yang melayani volume lalu lintas tinggi dan mayoritas kendaraan berat membutuhkan perkerasan jalan dengan stabilitas tinggi. Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai stabilitas beton aspal adalah :

- a. Gesekan internal yang dapat berasal dari kekasaran permukaan butir-butir agregat, luas bidang kontak antar butir atau bentuk butir, gradasi agregat, kepadatan campuran dan tebal film aspal.
- b. Kohesi yang merupakan gaya ikat aspal yang berasal dari daya lekatnya, sehingga mampu memelihara tekanan kontak antar butir agregat.

2. Durabilitas (*Durability*)

Durabilitas lapis keras jalan adalah kemampuan untuk mencegah terjadinya perubahan pada bitumen, kehancuran agregat, dan mengelupasnya selaput aspal pada batuan agregat. Faktor eksternal yang mempengaruhi durabilitas adalah cuaca, air, suhu udara dan keausan akibat gesekan dengan roda kendaraan.

3. Fleksibilitas (*Flexibility*)

Adalah kemampuan beton aspal untuk menyesuaikan diri akibat penurunan (konsolidasi/*settlement*) dan pergerakan dari pondasi atau tanah dasar, tanpa terjadi retak. Penurunan terjadi akibat repetisi beban lalu lintas, ataupun

penurunan akibat berat sendiri tanah timbunan yang dibuat di atas tanah asli. Fleksibilitas dapat ditingkatkan dengan mempergunakan agregat bergradasi terbuka dengan kadar aspal yang tinggi.

4. Ketahanan terhadap Kelelahan (*Fatigue Resistance*)

Fatigue resistance adalah kemampuan beton aspal menerima lendutan berulang kali akibat repetisi beban, tanpa terjadinya kelelahan berupa alur dan retak. Hal ini dapat tercapai jika mempergunakan kadar aspal yang tinggi.

5. Kekesatan (*Skid Resistance*)

Skid resistance adalah kemampuan beton aspal terutama pada kondisi basah, memberikan gaya gesek pada roda kendaraan sehingga roda kendaraan tidak tergelincir ataupun slip. Faktor-faktor untuk mendapatkan kekesatan jalan sama dengan untuk mendapatkan stabilitas yang tinggi, yaitu kekasaran permukaan dari butir-butir agregat, luas bidang kontak antar butir atau bentuk butir, gradasi agregat, kepadatan campuran, dan tebal film aspal.

6. *Workability*

Workability adalah kemampuan campuran beton aspal untuk mudah dihamparkan dan dipadatkan. Kemudahan pelaksanaan menentukan tingkat efisiensi pekerjaan. Faktor kemudahan dalam proses penghamparan dan pemadatan adalah viskositas aspal, kepekatan aspal terhadap perubahan temperatur dan gradasi serta kondisi agregat.

7. Impermeabilitas (*Impermeability*)

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 selimut aspal dari permukaan agregat.

D. Lapis Aspal Beton (Laston)

Lapis aspal beton adalah Lapisan pada konstruksi jalan raya, yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang bergradasi menerus (*well graded*) dicampur, dihamparkan dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu. Jenis dari agregat yang digunakan terdiri dari agregat kasar, agregat halus, dan filler, sedangkan aspal yang digunakan sebagai bahan pengikat untuk lapis aspal

beton harus terdiri dari salah satu aspal keras penetrasi 40/50, 60/70, dan 80/100 yang seragam, tidak mengandung air bila dipanaskan sampai suhu 175°C tidak berbusa dan memenuhi persyaratan sesuai dengan yang ditetapkan. Pembuatan lapis aspal beton dimaksudkan untuk mendapatkan suatu lapisan permukaan atau lapis antara (binder) pada perkerasan jalan yang mampu memberikan sumbangan daya dukung yang terukur serta berfungsi sebagai lapisan kedap air yang dapat melindungi konstruksi dibawahnya (Bina Marga,1987).

Bina Marga (2010) menyebutkan bahwa jenis campuran Laston mempunyai 3 macam campuran yaitu :

1. Laston sebagai lapisan aus, dikenal dengan nama *AC-WC (Asphalt Concrete-Wearing Course)*. Tebal nominal minimum adalah 4 cm.
2. Laston sebagai lapisan pengikat, dikenal dengan nama *AC-BC (Asphalt Concrete-Binder Course)*. Tebal nominal minimum adalah 6 cm.
3. Laston sebagai lapisan pondasi, dikenal dengan nama *AC-Base (Asphalt Concrete-Base)*. Tebal nominal minimum *AC-Base* adalah 7,5 cm.

Sebagai lapis permukaan perkerasan jalan, Laston (AC) mempunyai nilai struktur, kedap air, dan mempunyai stabilitas tinggi. Ketentuan sifat-sifat campuran beraspal panas menurut Spesifikasi Bina Marga 2010 untuk Laston (AC) bergradasi kasar.

Tabel 2.1. Ketentuan Sifat – Sifat Campuran Lapis Aspal Beton (Laston)

Sifat – Sifat Campuran		Laston		
		WC	BC	Base
Jumlah tumbukan per Bidang		75		112
Penyerapan Aspal (%)	Mak	1,2		
Rongga dalam Campuran (VIM),%	Min	3		
	Mak	5		
Rongga dalam Agregat (VMA),%	Min	15	14	13
Rongga terisi Aspal (VFB),%	Min	65	63	60

Tabel 2.1. Lanjutan

		Laston	
Stabilitas Marshall,Kg	Min	800	1500
	Mak	-	-
Pelelehan,mm	Min	3	5
Marshall quotient,kg/m m	Min		300
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C pada VIM=7%	Min	80	
Rongga dalam Campuran pada kepadatan membal (<i>refusal</i>),%	Min	2,5	

Sumber : SNI 03-1737-1989

E. Bahan Penyusun Laston

Bahan penyusun konstruksi perkerasan jalan terdiri dari agregat – agregat kasar dan agregat halus, *filler* dan aspal. Berikut adalah bahan penyusun konstruksi perkerasan jalan yang digunakan yaitu :

1. Aspal

Aspal adalah material termoplastik yang akan menjadi keras atau lebih kental jika temperatur berkurang dan akan lunak atau lebih cair jika temperatur bertambah. Sifat ini dinamakan kepekaan terhadap perubahan temperatur, yang dipengaruhi komposisi kimiawi aspal walaupun mungkin mempunyai nilai penetrasi atau viskositas yang sama pada temperatur tertentu. Aspal yang mengandung lilin lebih peka terhadap temperatur dibandingkan dengan aspal yang tidak mengandung lilin. Kepekaan terhadap temperatur akan menjadi dasar perbedaan umur aspal untuk menjadi retak ataupun mengeras. Bersama

dengan agregat, aspal merupakan material pembentuk campuran perkerasan jalan (Sukirman, 2003).

Aspal atau bitumen merupakan material bersifat viskos atau padat, berwarna hitam atau coklat, mempunyai daya lekat, mengandung bagian utama yaitu hidrokarbon yang dihasilkan dari residu minyak bumi atau kejadian alami dan terlarut dalam karbondisulfida. Fungsi aspal adalah sebagai bahan pengikat aspal dan agregat atau antara aspal itu sendiri, juga sebagai pengisi rongga pada agregat. Daya tahannya (*durability*) berupa kemampuan aspal mempertahankan sifat aspal akibat pengaruh cuaca dan tergantung pada sifat campuran aspal dan agregat. Sedangkan sifat adhesi dan kohesi yaitu kemampuan aspal mempertahankan ikatan yang baik. Sifat bersifat lunak / cair apabila temperaturnya bertambah.

Secara umum aspal dapat diklasifikasikan berdasarkan asal dan proses pembentukannya :

a. Aspal alamiah

Aspal alamiah berasal dari berbagai sumber, seperti pulau trinidad dan pulau Buton di Indonesia mengandung bahan organik dan zat – zat anorganik yang tidak dapat larut.

b. Aspal batuan

Aspal batuan adalah endapan alamiah batu kapur atau batu pasir yang didapatkan dengan bahan berbitumen. Aspal ini terjadi di berbagai bagian di Amerika Serikat.

c. Aspal minyak bumi

Adapun jenis aspal yang merupakan buatan hasil sulingan minyak bumi :

1). Aspal keras (*Asphalt Cement*)

Aspal keras merupakan aspal hasil destilasi yang bersifat viskoelastis sehingga akan melunak dan mencair bila mendapat cukup pemanasan dan akan mengeras pada saat penyimpanan (suhu kamar). Aspal keras/panas (*asphalt cement, AC*) adalah aspal yang digunakan dalam keadaan cair dan panas untuk pembuatan *Asphalt concrete*. Di Indonesia, aspal yang biasa digunakan adalah aspal penetrasi 60/70 atau penetrasi 80/100.

2). Aspal cair (*Cut Back Asphalt*)

Adalah campuran antara aspal keras dengan bahan pencair dari hasil penyulingan minyak bumi. Maka cut back asphalt berbentuk cair dalam temperatur ruang. Aspal cair digunakan untuk keperluan lapis resap pengikat (*prime coat*).

3). Aspal emulsi

Aspal emulsi adalah suatu campuran aspal dengan air dan bahan pengemulsi. Pada proses ini partikel-partikel aspal padat dipisahkan dan dispersikan dalam air.

Berikut ini adalah Tabel yang berisi spesifikasi dari aspal keras penetrasi 60/70 yang sering digunakan dalam pelaksanaan perkerasan di Indonesia.

Tabel 2.2. Spesifikasi aspal keras penetrasi 60/70

No	Jenis Pengujian	Metode	Persyaratan
1	Penetrasi, 25°C, 100 gr, 5 detik; 0,1 mm	SNI 06-2456-1991	60 – 70
2	Viskositas 135°C	SNI 06-6441-1991	385
3	Titik Lembek; °C	SNI 06-2434-1991	≥ 48
4	Daktalitas pada 25°C	SNI 06-2432-1991	≥ 100
5	Titik Nyala (°C)	SNI 06-2433-1991	≥ 232
6	Kelarutan dalam <i>Toluene</i> , %	ASTM D 5546	≥ 99
7	Berat Jenis	SNI 06-2441-1991	≥ 1,0
8	Berat yang Hilang, %	SNI 06-2441-1991	≥ 0,8

Sumber : Dokumen Pelelangan Nasional Pekerjaan Jasa Pelaksanaan Konstruksi BAB VII Spesifikasi Umum 2010 Devisi 6 Tabel 6.3.2.5

2. Agregat

Agregat adalah partikel-partikel butiran mineral yang digunakan dengan kombinasi berbagai jenis bahan perekat membentuk massa beton atau sebagai bahan dasar jalan, *backfill*, dan lainnya (Atkins, 1997). Sifat-sifat agregat galian yang dihasilkan, tergantung dari jenis batuan asal. Ada 3 jenis batuan asal, yaitu batuan beku, *sedimen* dan *metamorf*.

Secara umum agregat yang digunakan dalam campuran dibagi atas dua fraksi, yaitu :

a. Agregat Kasar

Fraksi agregat kasar untuk rancangan campuran adalah yang tertahan ayakan No. 8 (2,36) yang dilakukan secara basah dan harus bersih, keras, awet,

dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya dan memenuhi ketentuan. Agregat yang digunakan dalam lapisan perkerasan jalan ini adalah agregat yang memiliki diameter agregat antara 2,36 mm sampai 19 mm.

Berikut ini adalah Tabel yang berisi spesifikasi dari ketentuan agregat kasar.

Tabel 2.3. Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian		Standar	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan natrium dan magnesium sulfat		SNI 3407 : 2008	Maks. 12 %
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran AC bergradasi kasar	SNI 2417 : 2008	Maks. 30 %
	Lainya		
Kelekatan agregat terhadap aspal		SNI 03-2439-1991	Min. 95 %
Angularitas (kedalaman dari permukaan < 10 cm)		Dot's Pennsylvania Test Method, PTM No.621	95/90
Angularitas (kedalaman dari permukaan \geq 10 cm)			80/85
Partikel Pipih dan Lonjong		ASTM D4791 Perbandingan 1 : 5	Maks. 10 %
Partikel Pipih dan Lonjong		SNI 03-4142-1996	Maks. 1 %

Sumber : Dokumen Pelelangan Nasional Pekerjaan Jasa Pelaksanaan Konstruksi BAB VII Spesifikasi Umum 2010 Devisi 6 Perkerasan Aspal

b. Agregat Halus

Agregat halus adalah material yang lolos saringan no. 8 (2,36 mm) dan tertahan saringan no. 200 (0,075 mm).

Tabel 2.4. Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min 50% untuk SS, HRS dan AC bergradasi Halus Min 70% untuk AC bergradasi kasar
Material Lolos Ayakan No. 200	SNI 03-4428-1997	Maks. 8%
Kadar Lempung	SNI 3428 : 2008	Maks 1%
Angularitas (kedalaman dari permukaan < 10 cm)	AASHTO TP-33 atau	Min. 45
Angularitas (kedalaman dari permukaan 10 cm)	ASTM C1252-93	Min. 40

Sumber : Dokumen Pelelangan Nasional Pekerjaan Jasa Pelaksanaan Konstruksi BAB VII Spesifikasi Umum 2010 Devisi 6 Tabel 6.3.2.(2a)

c. Gradasi Agregat Gabungan

Gradasi agregat gabungan untuk campuran aspal, ditunjukkan dalam persen terhadap berat agregat dan pengisi harus memenuhi batas-batas yang disyaratkan dalam Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 (Revisi 3). Adapun gradasi agregat gabungan yang digunakan untuk campuran Laston (AC-WC) ditunjukkan pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5. Gradasi Agregat Gabungan Campuran Laston (AC-WC)

Ukuran Saringan		% Berat Yang Lolos terhadap Total Agregat dalam Campuran			% Tertahan
Inch	Mm	Batas Atas	Batas Tengah	Batas Bawah	
1"	25				
¾"	19	100	100	100	0
½"	12,5	100	95	90	5
3/8"	9,5	90	83,5	77	16,5
#4	4,75	69	61	53	39
#8	2,36	53	43	33	57
#16	1,18	40	30,5	21	69,5
#30	0,600	30	22	14	78
#50	0,300	22	15,5	9	84,5
#100	0,150	15	10,5	6	89,5
#200	0,075	9	6,5	4	93,5
Pan					

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga Edisi 2010 (Revisi 3)

F. *Steel Slag*

Steel slag merupakan sisa pemurnian baja dari dapur tinggi yang berbentuk kubikal tidak teratur. Kementerian Lingkungan Hidup menyatakan dengan tegas bahwa limbah *slag* baja masih termasuk dalam limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) sesuai Peraturan Pemerintah No 85/1999.

Steel Slag yang digunakan pada penelitian ini berasal dari CV. Bonjour Jaya. CV. Bonjour Jaya telah melakukan pengujian TCLP *Steel Slag*. Pengujian TCLP *Steel Slag* dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6. Hasil Pengujian TCLP *Steel Slag*

Parameter	Metode	TCLP (mg/L)		
		Sample	PP18/99 PP85/99	USEPA
Arsen (As)	AAS/Hydride	0,013	5	5
Barium (Ba)	AAS	1,001	100	100
Boron (B)	AAS	0,144	500	-
Cadmium (Cd)	AAS	0,022	1	1
Chromium (Cr)	AAS	0,031	5	5
Copper (Cu)	AAS	0,011	10	-
Lead (Pb)	AAS	0,599	5	5
Mercury (Hg)	AAS/Hg Analyzer	0,00012	0,2	0,2
Selenium (Se)	AAS	0,008	1	1
Silver (Ag)	AAS	<0,001	5	5
Zinc (Zn)	AAS	0,923	50	-

Sumber : Pemanfaatan *Steel Slag* Baja untuk Teknologi Jalan Ramah Lingkungan, 2011

Melihat dari hasil uji TCLP *steel slag* untuk semua kandungan logam berat masih di bawah baku mutu standar Lingkungan Hidup Peraturan Pemerintah nomor 85 tahun 1999. Uji TCLP ini memberikan gambaran kemungkinan terburuk terjadinya pencemaran limbah yang dibuang pada lahan terbuka. Secara Peraturan Lingkungan (PP 85 tahun 1999) hasil uji lingkungan *Slag* Baja masih dikategorikan tidak berbahaya.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan di Pusat Litbang Prasarana Transportasi Badan Litbang Pekerjaan Umum, agregat *steel slag* memenuhi persyaratan agregat standar dimana berat jenis *steel slag* lebih tinggi dari pada agregat standar, sehingga menyebabkan volume pekerjaan lebih kecil dari pada standar, untuk itu dilakukan upaya pencampuran sebagian agregat *steel slag* dengan bahan lainnya. Pencampuran ini akan menurunkan berat jenis campuran,

sehingga volume pekerjaan akan tercapai, dan kekuatan campuran perkerasan lebih baik.

Steel slag adalah batuan kasar berbentuk kubikal tidak teratur. Batuan ini terbentuk dari mineral-mineral yang digunakan sebagai pemurnian baja dari dapur tinggi. Pemrosesan *steel slag* adalah proses pelaburan baja yang mengakibatkan terbentuknya *steel slag* dibagian atas, kemudian *steel slag* dialirkan dan ditampung dalam *slag pot* pada kondisi cair. Dalam waktu 5 menit *steel slag* membeku. Agar terbentuk serpihan, *steel slag* yang terhampar disemprot dengan air. Perubahan suhu yang mendadak membuat *steel slag* pecah, kemudian *steel slag* yang berbentuk serpihan dimasukkan ke dalam *processing plant* agar menjadi granular.

Batuan *steel slag* lebih berat dari batuan gunung. Batuan *steel slag* yang berbentuk granular berongga jika terisi oleh filler dan aspal akan bereaksi secara kimia maupun secara fisik sehingga ikatan antar batuan *steel slag* akan lebih kuat, jika dipadatkan tahan terhadap pergeseran bila ditekan dengan tekanan berat. Selain itu batuan *steel slag* mempunyai bentuk kasar yang dan berlubang-lubang (porous) akan memberikan ikatan yang lebih baik. *Steel slag* juga lebih tahan terhadap reaksi kimia dan perubahan suhu, karena logamnya telah dikeluarkan melalui pembakaran yang tinggi pada dapur tinggi lebih kurang 1600° C (Anshari, 1998).

G. Penelitian Sebelumnya

Studi-studi mengenai pemanfaatan *steel slag* di bidang teknik sipil, antara lain:

1. Rahman (2016) melakukan penelitian tentang pengaruh penggunaan *steel slag* sebagai pengganti agregat kasar tertahan saringan ukuran $\frac{3}{8}$ " terhadap karakteristik *marshall* pada campuran AC-WC. Penelitian ini menggunakan metode *marshall* dan variasi *steel slag* yang digunakan adalah 0%, 25%, 50%, 75% dan 100%. Dari penelitian ini diketahui bahwa penambahan *steel slag* sebagai bahan pengganti agregat menyebabkan nilai stabilitas semakin tinggi dari campuran normal.

2. Hartati dan Fristin (2009) melakukan penelitian tentang pengaruh *steel slag* sebagai pengganti agregat kasar pada campuran aspal beton terhadap workabilitas dan durabilitas. Penelitian ini menggunakan metode *Marshall* dan variasi *steel slag* yang digunakan adalah 0%, 25%, 50%, 75% dari seluruh campuran agregat kasar. Dari penelitian ini diketahui bahwa semakin tinggi kandungan *steel slag* sebagai agregat kasar dalam suatu campuran, maka semakin rendah workabilitasnya sedangkan nilai durabilitas akan naik dengan adanya penambahan kadar *slag*.