

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah lapisan perkerasan yang berada di antara lapisan tanah dan roda kendaraan, yang bertujuan untuk memberikan Pelayanan kepada sarana transportasi dengan masa selama pelayanannya memikul beban lalu lintas secara aman dan nyaman agar tidak terjadinya kerusakan yang berarti. Agar perkerasan jalan tersebut mempunyai mutu dan daya dukung yang memadai (Sukirman, 2003).

Terdapat beberapa perkerasan jalan yaitu perkerasan kaku (*Rigid Pavement*) yaitu menggunakan semen atau sering disebut jalan beton dan perkerasan lentur (*Flexible Pavement*) yaitu lapisan aspal, perkerasan ini sering juga digunakan karena kemampuan untuk menyesuaikan diri dengan ketika terjadinya pergerakan tanah dan pada beban kendaraan yang melewati jalan tersebut.

2.2 Lapisan Aspal Beton (AC-WC)

Lapisan aspal beton (Laston) adalah beton aspal yang di buat dari agregat bergradasi menerus dicampur aspal, dihampar dan dipadatkan dalam suhu panas dengan temperature tertentu yang pada umumnya digunakan untuk di jalan-jalan dengan mempunyai beban lalu lintas yang berat (Sukirman, 2003). Adapun Laston terdapat tiga macam campuran, yaitu Laston lapis aus AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*), Laston lapis pengikat AC-BC (*Asphalt Concrete-Binder Course*), dan Laston lapis pondasi AC-Base (*Asphalt Concrete-Base*).

Laston AC-BC dan AC-Base adalah lapisan perkerasan yang berada dibawah lapisan aus, tidak langsung ber kontak dengan roda kendaraan dan cuaca, tapi berfungsi untuk memikul beban lalu lintas dan mendistribusikannya ke lapis pondasi, maka dari itu harus memiliki stabilitas untuk memikul beban lalu lintas tersebut.

Sedangkan pada Laston sebagai lapis aus (*Wearing Course*) adalah lapisan perkerasan yang langsung berhubungan dengan roda kendaraan, dengan menggunakan aspal sebagai bahan pengikat sehingga menghasilkan lapisan yang

kedap air, mempunyai stabilitas yang tinggi, dan memiliki daya tahan, tetapi karena hal tersebut yang seringnya berkontak dengan roda kendaraan dan cuaca yang hujan dan panas mengakibatkan lapisan paling atas cepat menjadi aus dan rusak, sehingga lapisan tersebut disebut lapisan aus (Sukirman, 2010).

Ketentuan sifat-sifat campuran aspal panas berdasarkan pedoman pelaksanaan lapis campuran beraspal panas untuk tipe Asphalt Concrete-Wearing Course yaitu yang tertera pada Tabel 2.1 dibawah ini.

Tabel 2. 1 Ketentuan Sifat Campuran Laston

Sifat-sifat Campuran		Laston		
		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 (VIM) (%)	Min		3	
	Maks		5	
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	Min	15	14	13
Rongga terisi aspal (VFA) (%)	Min		65	
Stabilitas marshall (kg)	Min		800	1800
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 : Spesifikasi Umum Bina Marga Divisi 6, 2018)

Gambar 2. 1 Struktur Perkerasan Jalan Lentur



(Sumber : Manual Desain Perkerasan Jalan Bina Marga, 2013)

2.3 Material Penyusun Perkerasan Jalan

Bahan utama penyusun perkerasan jalan adalah agregat, aspal, dan bahan pengisi (*filler*). Untuk mendapatkan hasil yang baik dan berkualitas dalam menghasilkan perkerasan jalan, maka bahan-bahan tersebut harus memiliki kualitas yang baik juga.

2.4 Agregat

Agregat adalah suatu kumpulan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir, batu sungai serta mineral lain, yang berasal dari alam atau buatan yang bentuknya mineral padat dan ukurannya besar, kecil-kecil maupun fragmen-fragmen. (Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton, SKBI-3,4.26.1987).

Adapun fungsi agregat dari dalam campuran aspal ialah sebagai kerangka yang memberikan stabilitas campuran bila dilakukan dengan alat pemadat yang tepat. Agregat sebagai komponen utama atau kerangka dari lapisan perkerasan jalan yaitu mengandung 90% – 95% agregat berdasarkan persentase berat atau 75% – 85% agregat berdasarkan persentase volume. (Sukirman, 2007).

(Sukirman, 2003) membedakan agregat menjadi: Agregat kasar, adalah agregat dengan ukuran butir lebih besar dari saringan No.4 (= 4,75 mm) dan lebih kecil dari ayakan 1½ inci. Agregat halus, adalah agregat dengan ukuran butir lebih halus dari saringan No.4 (= 4,75 mm) dan maksimum yang lolos ayakan No.200 (=0,075 mm) adalah 10%. Bahan pengisi (*filler*), adalah bagian dari agregat halus yang lolos saringan No. 200 (= 0,075 mm) minimum 75%.

Pada pemeriksaan fisik agregat ialah pemeriksaan berat jenis yang terbagi dalam tiga kondisi kelembaban agregat yaitu BJ curah atau Bulk, Bj SSD, dan BJ Semu. Pemeriksaan berat jenis agregat didasarkan pada perbandingan berat karena lebih teliti, yang nantinya hasil yang diperoleh dari pengukuran berat jenis tersebut digunakan sebagai perencanaan campuran agregat dengan aspal.

Adapun macam-macam dari berat jenis agregat sebagai berikut:

- a) Berat Jenis Curah (*Bulk Specific Gravity*)

Merupakan berat jenis yang diperhitungkan pada seluruh volume pori yang terdapat berat jenis curah dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Berat jenis Bulk agregat kasar} = \frac{Bk}{Bj - Ba} \times 10\% \dots \dots \dots (2.1)$$

$$\text{Berat jenis Bulk agregat halus} = \frac{Bk}{B + Bs - Bt} \times 10\% \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan :

B = Berat piknometer berisi air, (gram)

Bk = Berat benda uji kering oven, (gram)

Bs = Berat sample, (gram)

Bt = Berat piknometer uji dan air, (gram)

Bj = Berat sampel kering permukaan jenuh, (gram)

Ba = Berat uji kering permukaan jenuh dalam air, (gram)

b) Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (SSD)

Merupakan berat jenis yang menghitung volume pori yang diresapi oleh aspal yang ditambah dengan volume partikel, dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Berat jenis SSD agregat kasar} = \frac{Bj}{Bj - Ba} \times 10\% \dots \dots \dots (2.3)$$

$$\text{Berat jenis SSD agregat halus} = \frac{Bs}{B + Bs - Bt} \times 10\% \dots \dots \dots (2.4)$$

Keterangan :

B = Berat piknometer berisi air, (gram)

Bk = Berat benda uji kering oven, (gram)

Bs = Berat sample, (gram)

Bt = Berat piknometer uji dan air, (gram)

Bj = Berat sampel kering permukaan jenuh, (gram)

Ba = Berat uji kering permukaan jenuh dalam air, (gram)

c) Berat Jenis Semu

Merupakan berat jenis yang menghitung volume partikel saja tanpa memperhitungkan volume pori yang dilewati air, dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Berat jenis Semu agregat kasar} = \frac{Bk}{Bk - Ba} \times 10\% \dots \dots \dots (2.5)$$

$$\text{Berat jenis Semu agregat halus} = \frac{Bk}{B + Bk - Bt} \times 10\% \dots \dots \dots (2.6)$$

Keterangan :

B = Berat piknometer berisi air, (gram)

Bk= Berat benda uji kering oven, (gram)

Bs= Berat sample, (gram)

Bt = Berat piknometer uji dan air, (gram)

Bj = Berat sampel kering permukaan jenuh, (gram)

Ba= Berat uji kering permukaan jenuh dalam air, (gram)

Pemeriksaan lain terhadap agregat adalah kekuatan. Kekuatan diperlukan agar menghindari kerusakan partikel selama proses pemadatan campuran aspal panas dan juga saat menerima beban kendaraan. Solusi yang dapat dipergunakan pada saat kekuatan agregat bernilai kecil yaitu menggunakan agregat bergradasi rapat. Agregat ini juga harus tahan terhadap keausan/abrasi yang di akibatkan dari beban lalu lintas. Ketahanan terhadap keausan menunjukkan kekerasan butiran agregat. Tes terhadap keausan dilakukan dengan tes abrasi Los Angeles (SNI 03- 2417-1991). Batas keausan maksimum berdasarkan tes abrasi dengan mesin Los Angeles adalah 40 %. (Fithra, 2018)

2.4.1 Klasifikasi dan Persyaratan Agregat

Berdasarkan klasifikasi dan persyaratan agregat kasar dan agregat halus. Maka digunakan untuk campuran aspal adalah:

a. Agregat Kasar

Fraksi agregat kasar untuk rancangan yang tertahan saringan No.4 (4,75 mm) dan harus bersih, awet, keras, dan juga bebas dari lempung atau bahan yang tidak sesuai klasifikasi dan memenuhi persyaratan.

Tabel 2. 2 Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian		Standar	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan natrium dan magnesium sulfat	Natrium Sulfat	SNI 3407:2008	Maks. 12%
	Magnesium Sulfat		Maks. 18%
Abrasi dengan mesin <i>Los Angles</i>	Campuran AC	100 putaran	Maks. 6%
	modifikasi	500 putaran	Maks. 30%
	Semua Campuran	100 putaran	Maks. 8%
	aspal bergradasi lainnya	500 putaran	Maks. 40%
Kelekatan Agregat terhadap aspal		SNI 2439:2011	min. 95%
Butiran pecah pada agregat kasar		SNI 7619:2012	95/90*
Partikel pipih dan lonjong		SNI 8287:2016 (1: 5)	Maks. 10%
Material lolos ayakan No.200		SNI ASTM C117 : 2012	Maks 1%

(Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga Divisi 6, 2018)

b. Agregat Halus

Agregat halus terdiri dari pasir atau penyaringan batu pecah dan terdiri dari bahan yang lolos saringan No.4 (4,75 mm) dan tertahan saringan No,200 (0,075) yang sesuai dengan SNI 03-6819-2002. Adapun agregat halus fungsi utamanya yaitu untuk menyediakan stabilitas dan mengurangi deformasi permanen yang berasal dari perkerasan melalui keadaan saling mengunci dan terjadinya gesekan antar butiran.

Tabel 2. 3 Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai Setara Pasir	SNI 03-4428-1997	Min 60%
Angularitas dengan uji rongga udara	SNI 03-6877-2002	Min 45
Gumpalan Lempung dan butiran-butiran mudah pecah	SNI 03-4141: 1996	Maks. 1%
Material Lolos Ayakan No.200	SNI ASTM C117:2012	Maks. 10%

(Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga Divisi 6, 2018)

2.4.2 Bahan Pengisi (*Filler*)

Bahan pengisi yang dapat menggunakan debu, batu kapur, debu kapur padam, semen, atau mineral lainnya yang berasal dari asbuton yang disetujui sumbernya oleh direksi pekerjaan. Bahan pengisi jenis semen hanya diizinkan untuk campuran beraspal panas dengan bahan pengikat jenis aspal keras pen 60-70.

Bahan Pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan dan bila diuji dengan pengayakan sesuai SNI ASTM C136: 2012 harus megandung bahan yang lolos ayakan No.200 (0,075). Untuk semen harus dalam rentang antara 1% sampai 2% terhadap berat total agregat dan untuk bahan pengisi lainnya harus dalam rentang antara 1% sampai 3% terhadap berat total agregat. (Spesifikasi Umum Bina Marga Divisi 6, 2018)

Fungsi *filler* ini ialah untuk saling mengikat diantara agregat agar membentuk suatu kesatuan yang solid dan kokoh yang kemudian diikat oleh aspl sesuai proporsi.

2.4.3 Gradasi Agregat

Gradasi Agregat merupakan distribusi ukuran butiran dari agregat baik agregat kasar dan halus yang dinyatakan dalam persentase terhadap total beratnya (Fannisa H. dan Wahyudi M, 2010). Dapat dibedakan menjadi tiga macam, yaitu :

1. Gradasi Seragam

Gradasi seragam dikarenakan mempunyai ukuran agregat yang hampir seragam atau hampir sama. Sering juga disebut agregat yang bergradasi terbuka disebabkan mempunyai pori antar butir yang cukup besar.

2. Gradasi Senjang

Gradasi senjang dikarenakan agregat yang tidak mempunyai ukuran yang tidak sama rata dan memiliki sela dan juga memiliki rongga yang lebih banyak karena gradasi senjang tidak memiliki gradasi dengan ukuran yang medium.

3. Gradasi Menerus

Gradasi menerus dikarenakan semua agregat ukuran butirnya ada dan terdistribusi dengan baik. Pada lapisan perkerasan lentur agregat ini lebih sering digunakan.

Dalam campuran aspal, gradasi agregat menentukan untuk rongga dalam campuran. Rongga dalam campuran yang tidak ditempati oleh agregat disebut dengan VMA (*Void in mineral aggregate*) (*The Asphalt Institute*). Rongga ini sebagian diisi dengan aspal pada campuran aspal. Sehingga VMA secara tidak langsung menentukan jumlah rongga udara yang tersisa. Tabel 2.5 menunjukkan persyaratan gradasi agregat campuran. (Sukirman, 2003).

Tabel 2. 4 Gradasi Agregat Campuran AC-WC

Ukuran Ayakan (mm)	Lapisan Aspal beton (Laston)		
	AC-WC	AC-BC	AC-Base
37,5	-	-	100
25	-	100	90-100
19	100	90-100	76-90
12,5	90-100	75-90	60-78
9,5	77-90	66-82	52-71
4,75	53-69	46-64	35-54
2,36	33-53	30-49	23-41
1,18	21-40	18-38	13-30
0,6	14-30	12-28	10-22
0,3	9-22	7-20	6-15
0,15	6-15	5-13	4-10
0,075	4-9	4-8	3-7

(Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga Divisi 6, 2018)

2.5 Aspal

Menurut Sukirman (2003), aspal adalah bahan yang pada suhu ruang berbentuk padat, dan bersifat *termoplastis*, aspal akan meleleh saat dipanaskan sampai suhu tertentu dan membeku kembali jika suhu turun, bersamaan dengan agregat, aspal merupakan material pembentuk campuran perkerasan jalan.

Aspal adalah bahan bitumen yang telah digunakan dari dulu, hingga saat ini aspal digunakan untuk jenis-jenis pekerjaan perkerasan, atap, pipa dan lain-lain. Aspal mempunyai sifat melekat atau pengikat (*adhesive*), berwarna hitam atau coklat tua, pada suhu ruang berbentuk padat sampai agak padat. Jika aspal yang

dipanaskan hingga suhu tertentu dapat menjadi lunak atau cair sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan aspal beton.

Aspal adalah material yang pada suhu ruang berbentuk padat hingga agak padat, dan bersifat *termoplastis*. Oleh karena itu, aspal akan meleleh saat dipanaskan sampai suhu tertentu, dan membeku kembali pada suhu tertentu. Banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 4-10% berdasarkan berat campuran, atau 10-15% berdasarkan volume campuran. (Sukirman, 2003).

2.5.1 Jenis-Jenis Aspal

Menurut Sukirman (2006), dari berdasarkan tempat perolehnya, aspal dibedakan yang terdiri dari aspal alam dan aspal minyak. Aspal alam yang dijumpai di alam dan dipergunakan sebagaimana diperolehnya atau dengan pengolahan, sedangkan aspal minyak ialah aspal dari residu pengilangan minyak bumi.

a. Deposit Alam

Deposit alam merupakan aspal yang ditemu di alam, berbentuk aspal alam maupun batuan. Batuan aspal ialah batuan yang didalamnya terkandung aspal dan dipergunakan seadanya juga diolah terlebih dahulu.

Indonesia memiliki batuan aspal (*natural rock asphalts*) di pulau Buton, yang dikenal dengan nama Asbuton (Aspal batu buton). Asbuton adalah campuran antara bitumen dengan bahan mineral lainnya berupa dalam bentuk batuan. Dikarenakan asbuton adalah material yang ditemukan begitu saja di alam, maka dari itu kadar yang terkandung dalam bitumen tersebut sangat bervariasi dari rendah sampai tinggi. Adapaun cara untuk mengatasi hal tersebut dengan diproduksinya asbuton dalam berbagai bentuk di pabrik pengolahan. Produk asbuton dapat dibagi menjadi dua kelompok yaitu :

1. Produk asbuton yang di dalamnya masih terkandung material filler, seperti asbuton halus, asbuton kasar, *butonate mastic asphat*, dan asbuton mikro.
2. Produk asbuton yang telah dimurnikan menjadi aspal murni melalui proses ekstraksi atau proses kimiawi.

b. Aspal Minyak

Aspal minyak merupakan aspal dari residu destilasi minyak bumi. Setiap minyak bumi dapat menghasilkan residu jenis *asphalt base crude oil* yang mengandung banyak aspal, *paraffin base crude oil* yang mengandung banyak paraffin, serta *base crude oil* yang banyak mengandung campuran antara aspal dan paraffin. Untuk perkerasan jalan biasanya menggunakan jenis aspal minyak *asphalt base crude oil*.

Aspal minyak dapat dibedakan lagi menjadi :

- 1) Aspal padat, Aspal yang bentuknya padat atau semi padat pada suhu ruang, yang dikenal dengan nama semen aspal (*asphalt cement*).
- 2) Aspal cair (*cutback asphalt*), aspal yang bentuknya cair pada suhu ruang. Semen aspal yang dicairkan dengan bahan pencair dari hasil penyulingan minyak bumi seperti minyak tanah.
- 3) Aspal emulsi (*emulsified asphalt*), suatu campuran aspal dengan air dan bahan pengemulsi. Adapun aspal emulsi lebih cair dibandingkan dengan aspal cair, karena butir-butir aspal larut dalam air.

Tabel 2. 5 Spesifikasi Aspal Keras

No	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Tipe I Aspal Pen 60/70	Tipe II Aspal Modifikasi (PG-76)
1	Penetrasi pada 25°C	SNI 2456:2011	60-70	Dilaporkan
2	Titik Lembek (°C)	SNI 2434:2011	48	Dilaporkan
3	Daktilitas pada 25°C, (cm)	SNI 2432:2011	≥100	-
4	Titik Nyala (°C)	SNI 2433:2011	≥232	≥230
5	Berat Jenis	SNI 2441:2011	≥1,0	-

(Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga Divisi 6, 2018)

2.5.2 Aspal Karet Alam Padat (AKAP) PG-76

AKAP PG-76 atau disebut aspal karet alam padat *performance grade – 76* merupakan modifikasi ke dua dari sebelumnya yaitu *Standard Indonesian Rubber 20* yang divulkanisasi. Sebagai salah satu metode yang digunakan untuk mengklasifikasikan aspal berdasarkan kinerjanya. Aspal modifikasi setara PG-76

merupakan aspal yang sifatnya memenuhi aspal *performance grade -76* (Spesifikasi Khusus Internim Aspal Karet Alam Padat SKh-2.M.04).

Menurut Suroso (2007) menyampaikan bahwa pencampuran bahan antara karet alam dan aspal berfungsi untuk meningkatkan kinerja aspal antara lain sebagai mengurangi deformasi pada kekerasan, meningkatkan ketahanan terhadap keretakan dan juga meningkatkan kelekatan aspal terhadap agregat. Kebutuhan akan perkerasan jalan di Indonesia lebih condong kepada jenis perkerasan yang mudah, murah dan menguntungkan, yaitu jenis perkerasan lentur dengan aspal sebagai bahan utama dan bahan pengikat antar agregat. Untuk menjawab permasalahan kerusakan perkerasan jalan beraspal ini, diperlukan konversi atau perubahan penggunaan aspal dengan kualitas yang lebih.

Salah satunya adalah penggunaan aspal yang dimodifikasi dengan polimer, atau yang sering disebut aspal polimer. menurut Tuntiworawit (2005) mengatakan bahwa karet alam sebagai polimer alam berpotensi untuk digunakan sebagai bahan aditif aspal pengganti polimer sintesis impor.

2.5.3 Penelitian-Penelitian Terkait

Berikut ini merupakan beberapa penelitian sejenis atau penelitian terkait yang pernah dilakukan dan menjadi literatur dan referensi tambahan bagi penulis, yaitu :

1. Penelitian Gabriel, dkk, 2022, mengenai Batu Sungai Tiakka pada campuran Lastpn AC-BC dengan komposisi agregat kasar 42,45%, agregat halus 45,18%, dan filler (semen) 5,36% di dapat kadar aspal optimum sebesar 7%, dan parameter masrhall immersion didapatkan nilai indeks kekuatan sisa (IKS) sebesar 93,47% yang dimana telah memenuhi dari standar spesifikasi Umum Bina marga 2018.
2. Penelitian Afriaziz, dkk, 2019, mengenai Pengaruh penambahan karet alam yang jika semakin bertambahnya menyebabkan nilai flow yang semakin tinggi dan filler (abu terbang batu bara) yang menghasilkan nilai flow yang semakin rendah tiap penambahan kadarnya terhadap campuran aspal beton lapis aus didapatkan mengalami peningkatan pada nilai stabilitas sebesar 26,4%, *flow* sebesar 10,9%, VFA sebesar 3,1% dan *Marshall Quotient* sebesar

14,5%, sedangkan nilai VIM mengalami penurunan sebesar 11,75% dan VMA sebesar 2,55%.

3. Penelitian Nursandah & Zaenuri, 2019, mengenai penambahan karet alam (lateks) pada campuran laston AC-WC terhadap karakteristik marshall dengan komposisi agregat kasar 40%, agregat halus 60%, dan filler 5% didapatkan Nilai stabilitas 1349,63 kg, flow 3,49 mm, Marshall Quotient 397,78 kg/mm, dan VFB 72, 62 yang semakin tinggi, sedangkan Nilai VIM 4,35% dan VMA 16,39% yang cenderung rendah, maka dari data tersebut dihasilkan nilai stabilitas tertinggi dengan nilai 1349,63 kg yaitu dengan menggunakan lateks kadar 7% yang telah memenuhi spesifikasi.
4. Penelitian Nifre, dkk, 2022, mengenai penggunaan Batu Sungai Sadang Kecamatan Duampanua Kabupaten Pinrang dalam campuran lapisan AC-BC dengan metode *marshall* di dapat nilai stabilitas sebesar 1190,28% kg – 1545,08 kg, *flow* 2,35 mm – 3,85 mm, VIM 4,335 – 3,098%, VMA 14,64% - 18,26%, VFB 70,39% - 83,03% dan memenuhi spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018
5. Penelitian Rochaeti, dkk, 2019, mengenai karakteristik dari marshall campuran AC-WC dengan penambahan modifikasi karet alam padat sir 20 dengan penggunaan variasi kadar 7%, 9%, 11%, dan 13%, didapatkan KAO sebesar 6,25% dan kadar karet alam padat SIR 20 optimum yaitu pada variasi kada karet 9% dan juga memberikan pengaruh yang sesuai dengan harapan di beberapa parameter karakteristik aspal diantaranya stabilitas, kelelahan, dan rongga dalam campuran.

2.6 Beton Aspal

Beton aspal merupakan jenis perkerasan jalan yang terdiri dari suatu campuran agregat dan aspal secara homogen, dengan atau tanpa bahan tambahan. Bahan-bahan pembentuk beton aspal di campuran di tempat instalasi pencampur pada temperature suhu tertentu dan kemudian diangkut ke tempat lokasi, dihamparkan dan dipadatkan. (Sukirman, 2003).

2.6.1 Karakteristik Beton Aspal

Karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh beton aspal antara lain adalah:

1. *Stability*

Stability atau stabilitas adalah kekuatan campuran aspal untuk menahan deformasi dari tekanan beban terus menerus dan berulang tanpa terjadinya keruntuhan (*plastic flow*). Stabilitas berasal dari geseran antar butir, penguncian antar partikel dan daya rekat lapisan aspal yang baik. Karena stabilitas tinggi dapat dicapai dengan mengusahakan penggunaan anatar lain : agregat yang bergradasi rapat dan mempunyai ronggan antar butiran agregat (VMA) yang kecil. Spesifikasi campuran laston dapat dilihat pada tabel 2.7 berikut.

2. *Durability*

Durability merupakan ketahanan campuran aspal terhadap pengaruh cuaca, air, perubahan suhu, dan keusan gesekan roda kendaraan. Durabilitas beton aspal terpengaruhi dari tebalnya selimut aspal, banyak pori dalam campuran, kepadatan. Semakin besar pori yang tersisa menyebabkan semakin mudahnya selimut aspal beroksidasi dan durabilitas menurun. Untuk mencapai ketahanan yang tinggi maka dibutuhkan rongga dalam campuran (VIM) agar udara tidak masuk yang menyebabkan rapuh dan juga diperlukan (VMA) yang besar agar aspal dapat menyelimuti agregat dengan baik.

3. *Flexibilitas*

Flexibilitas merupakan kemampuan lapisan agar dapat mengikuti deformasi yang terjadi dari beban lalu lintas tanpa mengalami retak (*fatigue cracking*) maupun penurunan dari berat tanah timbunan yang dibuat di atas tanah asli. Agar tercapainya kelenturan yang tinggi dibutuhkan VIM yang kecil dan VMA yang besar, beserta pemakaian aspal dengan penetrasi tinggi ataupun menggunakan agregat dengan gradasi terbuka.

4. *Skid Resistance*

Skid Resistence merupakan kemampuan perkerasan aspal memberikan permukaan yang cukup kesat agar kendaraan yang melaluinya tidak terjadinya slip. Fakor-faktor agar menghasilkan kekesatan jalan dan juga mendapatkan stabilitas yang tinggi dengan memperhatikan kekasaran permukaan dari butir-butir agregat, gradasi agregat, kepadatan campuran, luas bidang kontak antar butir, dan juga tebal film aspal. Agar tercapainya kekesatan yang tinggi makam perlu kadar aspal yang tepat agar tidak terjadinya *bleeding*, dan penggunaan pada agregat kasar yang sesuai.

5. *Impremeabilitas*

Impremeabilitas adalah kemampuan dari beton aspal agar tidak terjadinya lapisan beton aspal yang dimasuki air maupun udara, Dikarenakan air dan udara dapat berakibat terjadinya percepatan proses penuaan aspal serta pengelupasan selimut aspal dari permukaan agregat. Tingkat *impremeabilitas* beton aspal berbanding terbalik dengan tingkat durabilitasnya.

6. *Fatigue Resistence*

Fatigue Resistence merupakan kemampuan aspal untuk mengalami beban berulang tanpa terjadi kelelahan berupa retak ataupun kerusakan alur (*rutting*).

7. *Workability*

Workability ialah kemudahan pada campuran aspal untuk diolah. Adapun faktor yang mempengaruhi *workability* antara lain gradasi pada agregat yang dimana agregat yang bergradasi lebih mudah dilakukan dan kandungan *filler*, dimana *filler* yang banya akan mempersulitnya pelaksanaan. (Fithra, 2018).

2.7 Pengujian Marshall

Pengujian kinerja beton aspal padat dilakukan menggunakan alat Marshall, merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan cincin penguji (*proving ring*) berkapasitas 50 KN dan *flowmeter*. *Proving ring* digunakan untuk mengukur nilai

stabilitas, sedangkan *flowmeter* digunakan untuk mengukur kelelahan plastis atau *flow*.

Parameter yang digunakan pada beton aspal :

- V_{mb} = volume bulk beton aspal padat
- VMA = volume rongga di antara butir agregat campuran, dalam beton aspal padat, termasuk yang terisi oleh aspal, (Void in the Mineral Aggregate)
- VIM = volume rongga beton aspal padat (Void In Mix)
- VFA = volume rongga beton aspal padat yang terisi oleh aspal (Volume of voids Filled with Asphalt)
- Stabilitas Marshall = Pengujian stabilitas adalah kemampuan maksimum beton aspal padat menerima beban sampai terjadi kelelahan plastis
- Kelelahan (*Flow*) = Pengujian kelelahan merupakan terjadinya besarnya perubahan bentuk plastis dari beton aspal padat di akibatkan adanya beban sampai batas keruntuhan. Flowmeter mengukur besarnya deformasi yang terjadi akibat beban. Kecenderungan bentuk lengkung hubungan antara kadar aspal dan flow akan terus meningkat dengan meningkatnya kadar aspal.
- *Marshall Quotient* = *Marshall Quotient* adalah hasil bagi Stabilitas Marshall dengan flow. Nilai flow menggambarkan nilai fleksibilitas dari campuran. Semakin besar nilai MQ maka campuran semakin kaku dan juga sebaliknya semakin kecil nilai MQ, maka campuran semakin lentur. Adapun Faktor-faktor yang mempengaruhi hasil bagi Marshall yaitu nilai stabilitas dan flow, penetrasi, viscositas aspal, kadar aspal campuran, bentuk dan tekstur permukaan agregat, gradasi agregat

Adapun perhitungan yang biasa digunakan pada campuran aspal beton adalah :

1) Berat Jenis Bulk Beton Aspal Padat (G_{mb})

Berat jenis *bulk* dari beton aspal padat (G_{mb}) mengukur dengan menggunakan hukum Archimedes, yaitu :

$$G_{mb} = \frac{B_k}{B_{ssd} - B_a} \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan :

G_{mb} = Berat jenis *bulk* dari beton aspal padat

B_k = Berat kering beton aspal padat, gram

B_{ssd} = Berat kering permukaan dari beton aspal padat, gram

B_a = Berat beton aspal padat di dalam air, gram

$B_{ssd} - B_a$ = Volume *bulk* beton aspal padat, jika berat jenis air diasumsikan

1

2) Berat Jenis Maksimum Beton Aspal Yang Belum Dipadatkan (G_{mm})

Berat jenis campuran beton aspal tanpa ada udara, yang didapatkan dari pemeriksaan di laboratorium.

$$G_{mm} = \frac{100}{\frac{P_s}{G_{se}} + \frac{P_b}{G_b}} \% \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan :

G_{mm} = Berat jenis maksimum campuran

P_b = Jumlah aspal, % terhadap total berat campuran

P_s = Jumlah agregat, % Terhadap total berat campuran

G_b = Berat Jenis aspal

G_{se} = Berat Jenis efektif agregat

3) Perhitungan Jumlah Aspal Yang Terserap

$$P_{ba} = 100 \frac{G_{se} - G_{sb}}{G_{sb} \cdot G_{se}} \cdot G_b \% \dots\dots\dots(2.9)$$

Keterangan :

P_{ba} = Aspal yang terserap, % berat terhadap agregat

G_{sb} = Berat jenis *bulk* agregat

G_{se} = Berat jenis spesifik agregat

G_b = Berat jenis aspal

4) Perhitungan Efektif Jumlah Aspal dalam Campuran

$$Pbe = \frac{Pba}{100} \cdot Ps \dots\dots\dots(2.10)$$

Keterangan :

- Pbe = Jumlah aspal efektif, % terhadap total berat campuran
- Pb = Jumlah aspal, % terhadap berat total campuran
- Pba = Aspal yang terserap, % berat terhadap berat agregat
- Ps = Jumlah agregat, % terhadap total berat campuran

5) Rongga di dalam campuran (VIM)

Void In the Mix merupakan banyaknya pori di antara butir-butir agregat yang diselimit aspal. VIM dinyatakan dalam persentase terhadap volume beton aspal padat.

$$VIM = 100 \times \frac{Gmm - Gmb}{Gmm} \dots\dots\dots(2.11)$$

Keterangan :

- VIM = Rongga di dalam campuran aspal, persen terhadap volume total campuran
- Gmm = Berat jenis maksimum campuran
- Gmb = Berat jenis *bulk* campuran

6) Rongga diantara mineral agregat (VMA)

Voids in the mineral aggregate merupakan banyaknya pori diantara butir-butir agregat di dalam beton aspal padat, dinyatakan dalam persentase

$$VMA = 100 - \frac{Gmb \times Ps}{Gsb} \dots\dots\dots(2.12)$$

Keterangan :

- Gmb = Berat jenis *bulk* campuran
- Gsb = Berat jenis afektif agregat
- Ps = Jumlah agregat, % terhadap total berat campuran

7) Rongga terisi aspal (VFA)

Void Filled with Asphalt merupakan bagian dari VMA yang terisi oleh aspal, namun tidak termasuk didalamnya aspal terabsorbsi oleh masing-

masng butir agregat. Maka VFA merupakan persentase volume beton aspal yang menjadi selimut aspal. Perhitungan dilakukan berdasarkan volume beton aspal padat.

$$VFA = \frac{100 (VMA - VIM)}{VMA} \dots\dots\dots(2.13)$$

Keterangan :

VFA = Pori antar butir agregat yang terisi aspal % dari VMA

VMA = Pori antar butir agregat di dalam beton aspal padat, % dari volume beton *bulk* aspal padat

VIM = Pori dalam beton aspal padat, % dari volume beton *bulk* beton aspal padat

8) Berat jenis *bulk* agregat campuran (Gsb)

Agregat untuk beton aspal padat memiliki gradasi tertentu yang diambil dari pencampuran beberapa fraksi agregat di lokasi, sehingga agregat mempunyai berat jenis yang berbeda, maka untuk menghitung beton aspal padat membutuhkan berat jenis agregat campuran.

$$VMA = \frac{100}{\left(\frac{P_1}{G_1} + \frac{P_2}{G_2} + \dots + \frac{P_n}{G_n}\right)} \dots\dots\dots(2.14)$$

Keterangan :

P1, P2, ..., Pn = Persentase berat tiap jenis agregat

G1, G2, ..., Gn = Spesifikasi berat tiap jenis agregat

9) Berat Jenis Efektif agregat campuran (Gse)

Berat jenis maksimum dari beton aspal yang belum dipadatkan, Gmm, dapat ditentukan di laboratorium.

$$VMA = \frac{100}{\left(\frac{P_1}{G_{e1}} + \frac{P_2}{G_{e2}} + \dots + \frac{P_n}{G_n}\right)} \dots\dots\dots(2.15)$$

Keterangan :

P1, P2, ..., Pn = Persentase berat tiap jenis agregat

Ge1, Ge2, ..., Gn = Spesifikasi berat tiap jenis agregat

