

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

2.2.1. Penelitian Terdahulu

Pataras dkk. (2017) meneliti tentang pemanfaatan karet mentah pada *flexible pavement* laston AC-WC dan laston HRS-WC hasilnya yaitu kadar aspal optimum 6,26% dan untuk penambahan karet diambil 5%, 10% dan 15% untuk campuran *Laston wearing course* (AC-WC). Campuran aspal menggunakan bahan karet 5% memiliki *marshall quotient* (MQ) sebesar 363,98 kg/mm, kadar aspal 5,5% memiliki *marshall quotient* (MQ) sebesar 359,39 kg/mm, 6% memiliki *marshall quotient* (MQ) sebesar 381,53 kg/mm, 6,5% memiliki *marshall quotient* (MQ) sebesar 353,33 kg/mm, 7% memiliki *marshall quotient* (MQ) sebesar 305,05 kg/mm, kadar aspal 6,25% dengan penambahan karet sebesar 5% dari kadar aspal memiliki *marshall quotient* (MQ) sebesar 594,52, kadar aspal 6,25% dengan penambahan karet sebesar 10% dari kadar aspal memiliki *marshall quotient* (MQ) sebesar 691,06, kadar aspal 6,25% dengan penambahan karet sebesar 15% dari kadar aspal memiliki *marshall quotient* (MQ) sebesar 752,88. memiliki *marshall quotient* (MQ) sebesar 363,98 kg/mm, kadar aspal 5,5% memiliki *marshall quotient* (MQ) sebesar 359,39 kg/mm, 6% memiliki *marshall quotient* (MQ) sebesar 381,53 kg/mm, 6,5% memiliki *marshall quotient* (MQ) sebesar 353,33 kg/mm, 7% memiliki *marshall quotient* (MQ) sebesar 305,05 kg/mm, kadar aspal 6,25% dengan penambahan karet sebesar 5% dari kadar aspal memiliki *marshall quotient* (MQ) sebesar 594,52, kadar aspal 6,25% dengan penambahan karet sebesar 10% dari kadar aspal memiliki *marshall quotient* (MQ) sebesar 691,06, kadar aspal 6,25% dengan penambahan karet sebesar 15% dari kadar aspal memiliki *marshall quotient* (MQ) sebesar 752,88.

Wijaya dkk. (2016) meneliti tentang pengaruh penambahan zat aditif lateks pada beton aspal terhadap stabilitas menggunakan aspal penetrasi 60/70 dengan kadar aspal yang digunakan 5,33% dengan pembagian kadar lateks 15%, 20%, dan 25%, dengan masing-masing benda uji dibuat sebanyak 5 buah dengan jumlah 15

benda uji. Hasilnya pengaruh yang diberikan lateks terhadap stabilitas cenderung baik karena stabilitas aspal mengalami kenaikan hingga 1.354,23 kg yang melebihi spesifikasi standar, yaitu sebesar 35,42% dan pengaruh yang diberikan lateks terhadap *flow* juga cenderung baik karena melebihi nilai standar. *Flow* yang dicapai 5,30 mm dimana spesifikasi standar adalah 76,67%, dan pengaruh yang diberikan lateks terhadap rongga pada campuran aspal sangat baik, dapat dilihat dari nilai VMA, yaitu turun 23,23% dari kadar lateks 15% - 25%, VIM turun 57,31% dari kadar lateks 15% - 25% dan VFA naik 47,94% dari kadar lateks 15% - 25%, pengaruh yang diberikan lateks terhadap density juga sangat baik karena kepadatan meningkat seiring bertambahnya kadar lateks. Nilai kepadatan paling tinggi yang didapatkan dari pengaruh lateks, yaitu 2,22 dimana spesifikasi standar adalah naik 11%, dan terhadap *Marshall Quotient* juga baik, meski dua kadar tidak masuk terhadap spesifikasi standar, namun seiring bertambahnya kadar lateks, *Marshall Quotient* mengalami peningkatan

Saleh dkk. (2014) melakukan penelitian karakteristik campuran aspal porus dengan substitusi *styrofoam* pada aspal penetrasi 60/70 dengan pembuatan benda uji untuk penentuan kadar aspal optimum (KAO) berdasarkan metode Australia dengan beberapa parameter yaitu; nilai *Cantabro Loss* (CL), *Asphalt Flow Down* (AFD) dan *voids in mix* (VIM). Gradasi agregat yang digunakan adalah gradasi terbuka dengan kadar aspal 4,5%; 5,0%; 5,5%; 6,0% dan 6,5% sebelum disubstitusi *styrofoam*. Selanjutnya dilakukan pengujian dan perhitungan parameter *Marshall*, CL dan AFD untuk mendapatkan KAO. Setelah KAO diperoleh, dibuat benda uji pada KAO dan variasi $\pm 0,5$ dari nilai KAO dengan variasi substitusi *styrofoam* 5%, 7% dan 9%. Uji permeabilitas dan durabilitas pada kadar aspal terbaik. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh KAO sebesar 5,76% dan kadar aspal terbaik pada 6,26% dengan substitusi *styrofoam* 9%, dimana semua parameter nya telah memenuhi spesifikasi yang ditentukan kecuali nilai stabilitas yang hanya 495,92 kg atau sedikit dibawah spesifikasi yang disyaratkan *Australian Asphalt Pavement Association* (1997) untuk lalu lintas sedang yaitu minimum 500 kg

Trisilvana dkk. (2014) melakukan penelitian pengaruh penambahan bahan alami lateks (getah karet) terhadap kinerja *marshall* aspal porus Penelitian dilakukan dengan menggunakan kadar aspal 4%, 5%, 6%, dan 7% dari berat benda

uji. Dan kadar lateks 0%, 2%, 3%, 4%, 5%, dan 6% dimana kadar lateks 0% dijadikan acuan untuk pengaruh kadar lateks terhadap campuran aspal porus. Dengan masing-masing varian dibuat 3 benda uji. Pelaksanaan penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Perkerasan Jalan Raya Pendidikan Teknik Sipil universitas Brawijaya. Tahapan pelaksanaan meliputi pemeriksaan aspal AC 60/70, pemeriksaan agregat (agregat halus dan agregat kasar), pembuatan benda uji campuran aspal porus dan karet lateks dan pengujian *Marshall*. Hasil uji kinerja karakteristik *marshall* yang optimum didapat pada kadar aspal 4% dan kadar lateks 2% dengan suhu perendaman 60°C dengan waktu perendaman selama 30 menit. Hasil yang didapatkan dari nilai Stabilitas 616,39 kg, nilai *Flow* (kelelehan) 3 mm, nilai *VIM* (*Void In Mix*) 21,5%, dan nilai *Marshall Quotient* (MQ) 212,8 kg/mm. Penambahan karet lateks berpengaruh terhadap nilai karakteristik *Marshall* Stabilitas, *VIM*, *Flow* dan MQ. Pengaruh suhu pada penambahan karet lateks terhadap aspal porus meningkatkan nilai karakteristik *marshall*. Pada kadar aspal 4,03% dan kadar lateks 6% mengalami peningkatan optimum dengan indeks kekuatan sisa 1,33% dan memenuhi syarat dimana tidak ada pengurangan lebih dari 25% dan memenuhi untuk syarat yang diisyaratkan. Pada penambahan bahan aditif lateks dengan aspal porus pada campuran aspal 4% dan lateks 2% mendapatkan nilai optimasi untuk nilai stabilitas yaitu 616,39 kg. Nilai optimasi ditentukan dari tinggi nilai stabilitas dengan kadar campuran aspal dan lateks terendah.

Faisal dkk. (2014) melakukan penelitian menggunakan ban dalam bekas kendaraan roda 4 sebagai bahan tambah terhadap campuran aspal dan material agregat *basalt*. Dari hasil pengujian parameter *marshall* untuk campuran beton AC-BC dengan variasi penambahan parutan ban dalam bekas kendaraan roda 4 sebesar 0%, 1%, 2%, 3%, 4% dan 5%. Semua variasi penambahan parutan ban dalam bekas kendaraan roda 4 dapat meningkatkan parameter *marshall*, terutama nilai stabilitas pada variasi 4% mempunyai stabilitas tertinggi yaitu 2512,04 Kg. Nilai *flow* mencapai nilai tertinggi pada 1% dengan nilai 4,3 mm dan nilai *Marshall quotient* tertinggi diperoleh pada 5 % yaitu 734,96 kg/mm. Nilai *VIM* terjadi penurunan nilai seiring dengan peningkatan persentase parutan ban dalam bekas kendaraan roda 4, sedangkan nilai *VMA* dan *VFB* terjadi peningkatan. Nilai durabilitas aspal beton

AC-BC dengan variasi persentase parutan ban dalam bekas kendaraan roda 4 tidak ada yang memenuhi persyaratan $\geq 90\%$. Pada penelitian ini penggunaan material AC-WC dan juga bahan tambah Lateks pada campuran aspal.

Thanaya dkk. (2016) meneliti tentang campuran aspal beton lapis aus (AC-WC) menggunakan aspal penetrasi 60/70 dengan penambahan lateks yaitu menggunakan agregat tertahan 4,75 mm, agregat halus lolos saringan no. 4,75 mm tertahan saringan nomor 0,075 mm dan *filler* lolos saringan nomor 0,075 mm dengan kadar aspal optimum ditambah lateks dengan variasi 4%, 6%, 8% dengan pemeriksaan yang dilakukan adalah pengujian penetrasi, titik nyala, titik lembek, dan daktilitas. Hasilnya yaitu penambahan lateks ke dalam campuran AC-WC menunjukkan nilai stabilitas *Marshall* yang semakin baik, nilai *flow* semakin tinggi, *Marshall Quotient* semakin baik, nilai VIM yang semakin rendah, nilai VMA yang semakin rendah serta nilai VFA yang semakin tinggi. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai stabilitas tertinggi diperoleh pada campuran dengan kadar lateks sampai 8% terhadap total perekat, adapun nilai stabilitas yang diperoleh sebesar 1658,00 kg.

Prastanto dkk. (2015) meneliti tentang aspal termodifikasi dengan karet alam terdepolimerisasi sebagai aditif yaitu aspal yang dimodifikasi dengan penambahan aditif karet alam terdepolimerisasi memiliki waktu pencampuran yang lebih cepat dari pada aditif karet alam biasa. Selain itu, nilai titik lembek, penetrasi, titik nyala dan % kehilangan berat dari aspal termodifikasi karet alam terdepolimerisasi masih memenuhi persyaratan aspal polimer. Penerapan teknologi ini dapat dilakukan dilapangan sesuai dengan hasil Uji Marshall memperlihatkan pada aspal termodifikasi dengan konsentrasi karet alam sebesar 5% dari aspal, telah memenuhi persyaratan SNI dan memiliki sifat yang lebih baik dari pada aspal tanpa aditif, dengan nilai stabilitas 1135,46 Kg, pelelehan 3,47 mm, stabilitas sisa setelah perendaman 91,78% dan hasil bagi *Marshall* 327,22 kg/mm. Teknologi ini perlu segera diaplikasikan dalam skala uji coba langsung di lapangan dengan bekerjasama dengan pihak operator pengaspalan jalan raya yang terkait.

Manalu dkk. (2016) meneliti tentang *open graded asphalt* (OGA) dengan bahan tambahan getah karet berdasarkan kadar aspal dan suhu rendaman yang ditinggikan yaitu didapatkan dari hasil Pengujian Marshall 1 diperoleh nilai kadar

aspal optimum (KAO) sebesar 5,25%, dengan KAO tanpa bahan tambah getah karet diperoleh nilai koefisien permeabilitas sebesar 0,1517 cm/dtk dan nilai uji abrasi sebesar 59,4982%. Kedua hasil pengujian tidak memenuhi persyaratan. Dari pengujian *Marshall* II, campuran menggunakan bahan tambah getah karet 2%, 4%, 6% dan 8% dari total campuran aspal dan agregat diperoleh nilai stabilitas tertinggi pada kadar 2% sebesar 1284,85 kg dan terendah pada kadar 8% sebesar 767,548 kg. Dengan penambahan bahan tambah getah karet diperoleh persen rongga udara dalam campuran (VIM) antara 6,3%–18,206% dan yang memenuhi persyaratan terdapat pada penambahan 2%, persen rongga terisi aspal (VFB) berkisar antara 35,274%–64,561%, nilai flow tertinggi pada kadar 8% sebesar 6,03 mm (tidak memenuhi) dan terkecil pada 2% sebesar 3,27 mm, dan kekakuan *Marshall* (MQ) tertinggi pada kadar 2% sebesar 396.072 kg/mm namun masih memenuhi persyaratan ≤ 400 kg/m

Sutanto dkk. (2018) meneliti tentang properti karet remah dan pengikat aspal modifikasi lateks menggunakan tes *superpave* yaitu pengikat yang dimodifikasi polimer telah digunakan sejak lama untuk meningkatkan kualitas aspal. Penelitian ini menyelidiki pengaruh karet remah dan lateks pada sifat pengikat bitumen. Karet remah dan lateks ditambahkan ke bitumen *grade* 60/70 kontrol. Empat proporsi berbeda dari karet remah dan lateks dipertimbangkan dalam penelitian ini: 0%, 4%, 6% dan 8% berat pengikat aspal. Efek karet remah dan lateks dievaluasi melalui uji penetrasi standar dan titik pelunakan serta uji *dynamic shear rheometer* (DSR). Rentang suhu 20 °C – 40 °C digunakan untuk pengujian reologi DSR. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan karet remah dan lateks mengarah ke peningkatan yang menjanjikan pada sifat pengikat. Penurunan penetrasi dan peningkatan suhu titik pelunakan diamati dengan penambahan baik remah karet atau lateks, ini menunjukkan peningkatan kekakuan dan ketahanan *rutting*. Analisis pada hasil DSR juga menunjukkan bahwa pengikat yang dimodifikasi memiliki ketahanan alur yang baik.

Menurut Siswanto (2017), meneliti tentang peningkatan ketahanan air pada lapangan pemakaian beton aspal menggunakan binder lateks-bitumen yaitu untuk menyelidiki efek air pada stabilitas *Marshall* dari aspal memakai beton saja (ACWC) dibuat dengan pengikat lateks-bitumen. Bitumen lateks dicampur dengan

agregat dan empat tingkat konten lateks diselidiki dalam penelitian ini, yaitu, masing-masing 0%, 2%, 4% dan 6% berat aspal. Proses basah digunakan dalam campuran campuran. Prosedur yang digunakan untuk mendapatkan isi pengikat yang optimal sesuai dengan prosedur *Marshall* (SNI 06-2489-1991). Enam spesimen *Marshall* pada kandungan pengikat optimal disiapkan untuk setiap campuran pengikat yang diselidiki. Tiga dari enam spesimen dari masing-masing kelompok diuji berdasarkan standar *Marshall*. Spesimen yang tersisa diuji dengan perendaman dalam rendaman pada suhu 60 °C selama 24 jam. Indeks *Marshall* stabilitas dipertahankan digunakan untuk mengevaluasi efek air pada stabilitas *Marshall* ACWC. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan hingga 4% lateks ke campuran ACWC meningkatkan stabilitas *Marshall* yang ditahan, sedangkan penambahan lateks di atas 4% menurunkan stabilitas tetap dari campuran. Penambahan 4% CRM secara signifikan meningkatkan stabilitas campuran dan merupakan campuran lateks - ACWC terbaik. Untuk menyelidiki efek air pada stabilitas *Marshall* dari aspal memakai beton saja (ACWC) dibuat dengan pengikat lateks-bitumen. Bitumen lateks dicampur dengan agregat dan empat tingkat konten lateks diselidiki dalam penelitian ini, yaitu, masing-masing 0%, 2%, 4% dan 6% berat aspal. Proses basah digunakan dalam campuran campuran. Prosedur yang digunakan untuk mendapatkan isi pengikat yang optimal sesuai dengan prosedur *Marshall* (SNI 06-2489-1991). Enam spesimen *Marshall* pada kandungan pengikat optimal disiapkan untuk setiap campuran pengikat yang diselidiki. Tiga dari enam spesimen dari masing-masing kelompok diuji berdasarkan standar *Marshall*. Spesimen yang tersisa diuji dengan perendaman dalam rendaman pada suhu 60⁰ C selama 24 jam. Indeks *Marshall* stabilitas dipertahankan digunakan untuk mengevaluasi efek air pada stabilitas *Marshall* ACWC. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan hingga 4% lateks ke campuran ACWC meningkatkan stabilitas *Marshall* yang ditahan, sedangkan penambahan lateks di atas 4% menurunkan stabilitas tetap dari campuran. Penambahan 4% CRM secara signifikan meningkatkan stabilitas campuran dan merupakan campuran lateks - ACWC terbaik.

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Lateks (Karet Alam)

Lateks merupakan bahan alami hasil dari sadapan pohon karet, lateks berbentuk getah dan memiliki daya elastis yang tinggi, lateks biasanya digunakan untuk bahan pembuatan benda yang memerlukan elastisitas tinggi, lateks mudah didapatkan di daerah-daerah yang memiliki perkebunan yang luas, seperti dipulau sumatra dan kalimantan, namun penghasil karet terbesar di Indonesia terdapat dipulau sumatra, selain suhu dan lingkungan yang memadai di sumatra juga masih banyak lahan-lahan yang dapat ditanami pohon karet. Pohon karet sendiri dapat hidup cukup lama dan dapat terus berproduksi menghasilkan getah karet sampai 25 tahun.

Wijaya dkk. (2016) lateks merupakan getah pohon karet yang cair dan berwarna putih pekat yang biasa digunakan dalam pembuatan karet gelang, sarung tangan medis, ban, dan kondom. Lateks memiliki fungsi sebagai bahan dasar pembuatan barang yang memerlukan durabilitas dan elastisitas tinggi. Selain itu, lateks juga memiliki kriteria bermutu baik, seperti: a. Tidak kotor/mengandung serpihan kayu, daun dan debu; b. Kadar karet kering berkisar antara 20% - 29%; c. Tidak tercampur dengan air; dan memiliki bau umum karet segar. Lateks selain kriteria tersebut dapat dikategorikan lateks yang tidak bermutu baik, lateks yang baik memiliki daya lekat seperti lem kayu yang memiliki kekentalan dan warna putih pekat. Lateks banyak digunakan pada produksi ban, karet gelang, dan juga barang yang dituntut memiliki kekuatan dan kelenturan yang baik. Lateks kebun adalah getah pohon *Hevea brasiliensis* berwarna putih, seperti susu, dan memiliki sifat-sifat koloid. Fasa terurai pada lateks berupa molekul hidrokarbon terdiri dari satuan *isoprena* (C_5H_8) membentuk *poliisoprena* (C_5H_8)_n (partikel karet) yang terurai pada media cair yang disebut serum (partikel non karet). Hal tersebut yang mengubah getah karet menjadi lateks alami yang kental. Pada kondisi baik, lateks *Hevea* mengandung: a. 37 % KKK terdiri dari molekul karet, protein, lipid, dan ion logam b. 53 % serum: air, garam anorganik, protein, asam amino, dan karbohidrat c. 10 % fraksi dasar terdiri dari protein, karet, pigmen, lipid, dan ion logam. Lateks kebun diolah lebih lanjut menjadi lateks pekat untuk pembuatan barang celup (balon, sarung tangan, kondom) atau dapat juga dimanfaatkan sebagai bahan baku

karet alam modifikasi fasa lateks, seperti karet berprotein rendah (*deproteinezed natural rubber*, DPNR), karet alam terepoksidasi (*epoxidized natural rubber*, ENR). Lateks dibutuhkan pada pembuatan barang yang memiliki durabilitas dan elastisitas yang baik. Oleh karena itu, lateks merupakan bahan yang dapat mendukung beton aspal. Hal lain tentang lateks kebun, yaitu lateks kebun yang digumpalkan digunakan untuk memproduksi karet mentah yang berkualitas lebih tinggi, seperti RSS dan *pale crepe*. Karet padat jenis ini dimanfaatkan di industri perekat, sepatu, dan selang.

2.2.2. Aspal

Aspal merupakan senyawa hidrokarbon berwarna coklat gelap atau hitam pekat yang dibentuk dari unsur-unsur *asphathenes*, *resins*, dan *oils*. Aspal pada lapis perkerasan berfungsi sebagai bahan ikat antara agregat, sebagai bahan pengikat agregat aspal juga sebagai bahan pengisi (*filler*) yaitu sebagai pengisi rongga antar agregat atau disebut pori-pori. Sifat aspal yaitu sebagai bahan yang kedap air dan teksturnya yang *flexible* atau mengikuti kontur yang ada. Aspal dikelompokkan berdasarkan tingkat penetrasi. (RSNI S-01-2003) dengan persyaratan sebagai berikut:

Tabel 2.1. Persyaratan Aspal Penetrasi 60/70 (RSNI S-01-2003)

No	Jenis Pengujian	Metode	Persyaratan
1.	Penetrasi, 25 °C, 100 gr	SNI 06-2456-1991	60 - 79
2.	Titik lembek : °C	SNI 06-2434-1991	48 –58
3.	Titik nyala: °C	SNI 06-2433-1991	Min. 200
4.	Berat Jenis	SNI 06-2441-1991	Min. 1,0
5.	Kelarutan dalam <i>Trichloro Ethylen</i>	SNI 06-2438-1991	Min. 99
6.	Penurunan Berat	SNI 06-2440-1991	Max. 0,8
7.	Penetrasi setelah penurunan berat	SNI 06-2456-1991	Min. 54

Tabel 2.2 Spesifikasi Aspal Asbuton Modifikasi (Bina Marga, 2010)

No	Jenis Pemeriksaan	Cara Pemeriksaan	Pene-trasi 60/7 0	Tipe II Aspal dimodifikasi		
				A	B	C
				Asbuton yang diproses	Elastromer Alam (<i>Latex</i>)	Elastromer sintesis
1	Penetrasi 25°C (dmm)	SNI-06-2456-1991	60/7 0	Min 50	50-70	Min 40
2	Viskositas 135°C (cSt)	SNI-06-6441-2000	>30 0	385- 2000	≤200 0	<3000
3	Titik Lembek (°C)	SNI 2434:1991	≥ 48	-	-	≥ 54
4	Indeks Penetrasi		≥ 1,0	≥ -0,5	≥ 0,0	≥ 0,4
5	Titik Nyala (°C)	SNI-06-2433-1991	≥232	≥232	≥232	≥232
6	Daktalitas (25°C, 5 cm/menit)	SNI-06-2432-1991	≥100	≥100	≥100	≥100
7	Kelarutan dalam Toluene	ASTM D5546	≥99	≥99	≥99	≥99
8	Berat jenis (25°C)	SNI-06-2441-1991	≥1,0	≥1,0	≥1,0	≥1,0
9	Stabilitas penyimpanan	ASTM D 5976 part 6.1	-	≤ 2,2	≤ 2,2	≤ 2,2

2.2.3. Agregat

1) Agregat Kasar

Agregat kasar merupakan kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batu atau berupa batu pecah yang didapatkan dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm–40 mm (*SNI 03-2834-1993*).

2) Agregat Halus

Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil desintegrasi alami dari batu atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5 mm (*SNI 03-2834-1993*) (*Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar*).

2.3. Pengujian campuran

2.3.1. Pengujian Penetrasi

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan penetrasi bahan-bahan bitumen keras atau lembek (*solid* atau *semi solid*) dengan memasukkan jarum penetrasi ukuran tertentu, beban dan waktu tertentu ke dalam bitumen pada suhu tertentu. Cara uji penetrasi ini dapat digunakan untuk mengukur keras atau lunak suatu jenis aspal. Nilai penetrasi yang tinggi (memiliki nilai yang besar) menunjukkan jenis aspal yang lebih lunak.

2.3.2. Pengujian Titik Lembek

Titik lembek ialah temperatur pada saat bola baja dengan berat tertentu, medesak turun lapisan aspal yang tertahan dalam cincin berukuran tertentu, sehingga aspal menyentuh pelat dasar yang terletak di bawah cincin pada jarak 25,4 mm, sebagai akibat kecepatan pemanasan tertentu. Angka titik lembek aspal yang berkisar 30°C sampai 157°C dengan cara Ring and Ball. Untuk aspal yang biasa digunakan pada perkerasan jalan, yaitu aspal penetrasi 60/70 mempunyai titik lembek minimal 48°C. Persyaratan nilai pengujian titik lembek untuk aspal keras ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Persyaratan aspal keras (SNI 2434-2011)

Jenis pemeriksaan	Cara pemeriksaan	Persyaratan				Satuan
		Pen 60/70		Pen 85/100		
		min	maks	min	maks	
Titik lembek	SNI 2434-2011	48	-	46	-	°C

2.3.3. Pengujian Daktilitas

Pengujian daktilitas aspal yaitu untuk menentukan keplastisan suatu aspal, apabila digunakan nantinya aspal tidak retak. Percobaan ini dilakukan dengan cara menarik benda uji berupa aspal dengan kecepatan 50 mm/menit pada suhu 25°C dengan dengan toleransi $\pm 5\%$. Sifat daktilitas dipengaruhi oleh sifat kimia aspal, yaitu susunan senyawa hidrokarbon yang dikandung oleh aspal tersebut. Standar regangan yang dipakai adalah 100 – 200 cm.

Pada pengujian daktilitas disyaratkan jarak terpanjang yang dapat ditarik antara cetakan yang berisi bitumen minimum 100 cm. Adapun tingkat kekenyalan dari aspal adalah :

- 1) < 100 cm = getas
- 2) 100 - 200 cm = plastis
- 3) > 200 cm = sangat plastis liat

2.3.4. Pengujian Berat Jenis

Berat jenis curah adalah suatu sifat yang pada umumnya digunakan dalam menghitung volume yang ditempati oleh agregat dalam berbagai campuran yang mengandung agregat, termasuk beton semen, beton aspal dan campuran lain yang diproporsikan atau dianalisis berdasarkan volume absolut.

1. Berat jenis curah kering (*Bulk Specific Gravity*)

Lakukanlah perhitungan berat jenis curah kering (S_d), pada temperatur air 23°C temperatur agregat 23°C dengan rumus berikut :

$$\text{Berat Jenis Curah Kering} = \frac{A}{(B-C)} \dots\dots\dots (2.1)$$

Ket :

A = berat benda uji kering oven (gram).

B = berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan di udara (gram).

C = berat benda uji dalam air (gram).

2. Berat jenis jenuh kering permukaan (*Saturated Surface Dry/SSD*)

Lakukanlah perhitungan berat jenis curah kering permukaan (S_s), pada temperatur air 23°C / temperatur agregat 23°C dalam basis jenuh kering permukaan dengan rumus berikut :

$$\text{Berat Jenis Jenuh Kering} = \frac{B}{(B-C)} \dots\dots\dots(2.2)$$

Ket :

B = berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan di udara (gram).

C = berat benda uji dalam air (gram).

3. Berat jenis semu (*Apparent Specific Gravity*)

Lakukanlah perhitungan berat jenis semu (S_a), pada temperatur air 23°C temperatur agregat 23°C dengan rumus berikut :

$$\text{Berat Jenis Curah Kering} = \frac{A}{(A-C)} \dots\dots\dots(2.3)$$

Ket :

A = berat benda uji kering oven (gram).

C = berat benda uji dalam air (gram).

4. Penyerapan air (*Absorption*)

Hitunglah persentase penyerapan air (S_w) seperti dengan cara :

$$\text{Penyerapan Air} = \left[\frac{B-A}{A} \times 100 \% \right] \dots\dots\dots(2.4)$$

Ket :

A = berat benda uji kering oven (gram).

B = berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan di udara (gram).

Persyaratan :

- Penyerapan air oleh agregat maksimum 3%.
- Berat jenis (*specific gravity*) agregat kasar dan halus tidak boleh berbeda lebih dari 0,2.

2.3.5. Pengujian *Marshall*

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan nilai stabilitas dan pelelehan(*flow*) suatu campuran beraspal.

1. Volume

$$Volume = a - b \dots\dots\dots(2.5)$$

Ket :

a = berat benda uji SSD (gram).

b = berat benda uji didalam air (gram).

2. Berat Volume

$$Berat Volume = \frac{a}{b} \dots\dots\dots(2.6)$$

Ket :

a = berat kering benda uji sebelum direndam (gram).

b = volume (cc).

3. Berat Jenis maksimum teoritis (gr/cc)

$$Berat Jenis = 100 \times \frac{\% agregat}{B.J agregat} + \frac{\% aspal}{B.J aspal} \dots\dots\dots(2.7)$$

4. Volume Aspal

$$Volume Aspal = \frac{a \times b}{B.J aspal} \dots\dots\dots(2.8)$$

Ket :

a = kadar aspal terhadap campuran (%).

b = berat volume (gr/cc).

5. Volume Agregat

$$Volume Agregat = \frac{(100-a) \times b}{B.J agregat} \dots\dots\dots(2.9)$$

Ket :

a = kadar aspal terhadap campuran (%).

b = berat volume (gr/cc).

6. Kadar Rongga Dalam Agregat (VMA)

$$Kadar Rongga Agregat = (100 - Volume agregat) \dots\dots\dots(2.10)$$

7. Rongga Terhadap Campuran (VIM)

$$\text{Rongga T. Campuran} = 100 - \frac{100 \times a}{b} \dots\dots\dots(2.11)$$

Ket :

a = berat volume (gr/cc).

b = berat Jenis maksimum teoritis (gr/cc).

8. Rongga yang Terisi Aspal (VFA)

$$\text{Rongga Terisi Aspal} = 100 \times \frac{a}{b} \dots\dots\dots(2.12)$$

Ket :

a = volume aspal

b = kadar rongga dalam agregat (VMA) (%)

9. Stabilitas

$$A = a \times b \dots\dots\dots(2.13)$$

Ket :

a = nilai pembacaan arloji stabilitas

b = kalibrasi *proving ring*

$$\text{Stabilitas} = A \times \text{Koreksi tebal benda uji} \dots\dots\dots(2.14)$$

10. Kepadatan (*density*)

$$\text{Gmb} = \frac{W_{mp}}{\frac{W_{mssd} - W_{mv}}{\gamma_w}} \dots\dots\dots(2.15)$$

Ket :

Gmb = berat volume benda uji (*density*) (gr/cc)

Wmp = berat kering benda uji sebelum direndam air (gram)

Wmssd = berat benda uji dalam keadaan jenuh air (gram)

Wmv = berat benda uji dalam air (gram)

γ_w = berat volume air (gr/cc)

11. Kelelehan (*Flow*)

Flow merupakan parameter penting dalam campuran aspal, yaitu semakin tinggi nilainya maka aspal mampu menahan beban di atasnya

12. Marshall Quotient (*MQ*)

$$MQ = \frac{MS}{MF} \dots\dots\dots (2.16)$$

Ket :

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

MS = Nilai *Marshall Stability* (kg)

MF = Nilai *Flow Marshall* (mm)