

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

2.2.1. Penelitian Terdahulu tentang Pengaruh lateks terhadap aspal penetrasi 60/70

- a. Trisilvana dkk., (2014) melakukan penelitian dengan pencampuran aspal dan lateks yang bisa dijadikan sebagai solusi untuk jalan raya. 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. Hasil uji marshall didapatkan kadar aspal 4% dan kadar Lateks 2% dengan nilai stabilitas 616,39 kg, nilai *flow* 3mm, nilai *VIM* 21,5%, dan nilai *MQ* 212,8 kg/mm. Pada penelitian ini memakai aspal pertamina dengan penetrasi 60/70. Sedangkan pada penelitian Trisilvana dkk., (2015) memakai aspal porus. Pada penelitian ini zat additif menggunakan lateks cair sebagai campuran aspal pentrasi.
- b. Thanaya dkk. (2016) melakukan penelitian dengan menggunakan agregat yang digunakan dalam pengujian terdiri dari agregat kasar tertahan saringan nomer 4,75 mm, dan agregat halus lolos saring nomer 4,75 mm, tertahan saringan nomer 0,075 mm dan *filler* lolos saringan nomer 0,075 mm. Pada penelitian ini menngunkan lateks cair sebagai penambah campuran aspal, sedangkan Thanaya dkk. (2016) menggukan campuran aspal beton lapis aus dengan penambah lateks.
- c. Hermadi dan Ronny (2015) melakukan penelitian tentang penambahan lateks alam terhadap sifat reologi aspal, dengan membuat 4 jenis aspal yang dimodifikasi lateks alam KKK 60, yang masing-masing dengan proporsi lateks yang ditambahkan 0%, 1%, 3%, dan 5%, dari hasil tersebut menunjukkan bahwa penambahan lateks alam KKK 60 dapat meningkatkan reologi aspal sehingga lebih elastis, lebih kaku, lebih tahan terhadap *rutting*, dan tahan terhadap retak. Sedangkan pada

penelitian ini menggunakan menggunakan lateks cair sebagai penambah aspal, dengan kadar lateks 0%, 3%, 5%, dan 7%.

- d. Sai dan Gottala (2015) melakukan penelitian modifikasi aspal menggunakan karet balon, dengan variasi konsentrasi karet 1-7%. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa menambahkan karet balon sebanyak 7% dapat meningkatkan titik leleh dan viskositas. Sedangkan pada penelitian ini menggunakan lateks cair sebagai penambahan aspal dengan kadar lateks 0%, 3%, 5%, dan 7%.
- e. Adly (2016) melakukan penelitian tentang *styrofoam* sebagai pengganti aspal penetrasi 60/70 dengan kadar 0%, 6,5%, 7,5%, 8,5% dan 9,5% pada campuran AC-WC. Hasil penelitian mendapatkan kadar aspal optimum sebesar 5,5% dari hasil tersebut didapatkan kadar terbaik pada campuran kadar aspal dengan *styrofoam* 7,5% mendapatkan nilai VMA sebesar 17,21%, nilai VIM sebesar 4,89%, nilai VFA sebesar 71,66%, nilai stabilitas sebesar 1304,82 kg, nilai flow sebesar 1,68 mm, dan nilai MQ sebesar 925,30 kg/mm. Pada penelitian ini memakai Lateks sebagai bahan tambah pada campuran aspal dengan penetrasi 60/70 sedangkan pada penelitian Adly (2016) memakai *styrofoam* sebagai bahan pengganti aspal penetrasi 60/70.
- f. Wijaya dkk. (2016) melakukan penelitian dengan Pengujian persiapan material aspal, material aspal yang digunakan, yaitu agregat kasar, agregat halus, dan Aspal Pen 60/70, serta zat aditif lateks. Penambahan lateks sebesar 15%, 20%, dan 25%. Pada penelitian ini menggunakan bahan aditif lateks cair sebanyak 0%, 1%, 3%, dan 5% sebagai penambah campuran aspal.
- g. Ferdilla dkk. (2018) melakukan penelitian dengan penambahan lateks karet alam pada kursus peningkat beton aspal bertipe (AC – BC). Isi lateks yang digunakan sebagai substitusi bitumen adalah 0%, 4%, 6%, dan 8%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan lateks dapat menurunkan kadar aspal optimal dan meningkatkan kepadatan campuran. Pada penelitian ini menggunakan lateks sebagai penambah campuran aspal bertipe (AC – WC).

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Lateks Sebagai Bahan Penambah Aspal

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) (partikel karet) yang terurai pada media cair yang disebut serum (partikel non karet). Hal tersebut yang mengubah getah karet menjadi lateks alami yang kental (Wijaya dkk., 2016).

Wijaya dkk. (2016) menyebutkan 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.

Prastanto (2014) menyebutkan bahwa Karet alam yang merupakan polimer alami berpotensi digunakan sebagai bahan aditif aspal pengganti polimer sintesis impor, namun viskositas yang tinggi pada karet alam fasa padatan tergolong sulit untuk dicampurkan ke dalam aspal.

Karet alam digunakan secara luas dalam varietas aplikasi, karena sifat elastisnya yang luar biasa dan ketahanan retak yang baik yang timbul dari kemampuan untuk mengkristal saat peregranagan (Fu dkk., 2015)

Bedasarkan pengujian yang sebelumnya, kadar aspal optimum (KAO) adalah 5%. Kemudian pengujian dilakukan dengan persiapan material aspal berupa agregat halus, agregat kasar, aspal penetrasi 60/70 dan zat penambah berupa Lateks. Dalam hal ini lateks yang digunakan dalam pengujian berupa Lateks padat, kemudian lateks dipanaskan dalam suhu tertentu sampai Lateks mencair.

Amal (2011) menyebutkan bahwa lateks yang baik harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :

- a. Tidak terdapat kotoran atau benda-benda lain, seperti daun atau kayu.
- b. Tidak tercampur dengan bubuk Lateks, air ataupun serum Lateks.
- c. Warna putih dan berbau karet segar
- d. Mempunyai kadar karet kering 20 % sampai 28 %

2.2.2. Aspal

Aspal merupakan salah satu material pembentuk infrastruktur jalan juga merupakan salah satu bahan komposit yang biasa digunakan dalam proyek konstruksi seperti bangunan, jalan raya, bandara dan tempat parkir. Aspal merupakan material yang digolongkan sebagai pembentuk campuran perkerasan infrastruktur jalan (Siregar dkk., 2014). Dengan hal ini aspal yang sudah ditimbang sesuai dengan berat yang telah dihitung selanjutnya dipanaskan hingga cair. Suhu pencampuran yang digunakan adalah 160°C (Prastanto, 2014). Lateks dituang kedalam aspal yang telah cair sedikit demi sedikit sambil diaduk agar campuran aspal dan lateks homogen. Proses pencampuran dilakukan selama 20 menit (Shafii, 2012).

1. *Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC)*

Asphalt Concrete (beton aspal) adalah salah satu jenis perkerasan jalan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal, dengan atau tanpa adanya bahan tambahan (Sukirman, 2003). *Asphalt Concrete* atau yang lebih dikenal dengan sebutan lapisan aspal beton (laston), menurut Bina Marga (2010), berdasarkan fungsinya dapat diklasifikasikan menjadi :

- a. *Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC)*. *wearing course* atau yang biasa disebut dengan lapisan aus merupakan lapisan yang berada diatas lapis pondasi. Yang memiliki fungsi sebagai lapisan permukaan yang mampu menahan gaya geser, tekanan pada roda, cuaca, dan mampu meberikan lapisan kedap air yang dapat menahan lapisan yang berada dibawahnya.
- b. *Asphalt Concrete – Binder Course (AC-BC)*. *asphalt concrete – binder course* atau yang dikenal dengan lapisan pengikat antara lapisan permukaan dengan lapisan pondasi. AC-BC berperan sebagai lapisan pengikat.
- c. *Asphalt Concrete – Base (AC-Base)* dapat berfungsi sebagai lapis pondasi.

Bahan penyusun campuran *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)* Yang tersusun oleh material-material yang mudah didapatkan , antara lain :

1. Agregat

Agregat adalah material yang paling utama dari campuran aspal beton yang terdiri sekitar 90% - 95% dari berat total campuran itu sendiri. Oleh karena itu dalam campuran *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC) ditentukan oleh agregat yang digunakan baik atau buruk kualitasnya. Agregat yang digunakan dalam campuran *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC) antara lain :

a. Agregat halus

Agregat halus adalah salah satu material penyusun paling penting dalam campuran *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC). Agregat halus yang digunakan harus agregat yang kuat, bersih, tidak jenuh air, dan tidak ada lumpur yang mengendap. Agregat halus yang digunakan harus sesuai dengan standar Bina Marga (2010). Berikut spesifikasi agregat halus dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Spesifikasi Agregat Halus (Bina Marga, 2010)

Pengujian	Standar	Nilai
Agragat lolos ayakan no. 200	SNI ASTM C117:2012	Min 10%
Kadar lempung	SNI 03-4141-1996	Maks 1%
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Maks 6%
Angularitas dengan uji kadar rongga	SNI 03-6877-2002	Min 45%

b. Agregat kasar

Agregat kasar adalah material yang sangat penting dalam campuran *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC). Agregat kasar adalah agregat yang tertahan saringan dengan diameter 4,75 mm atau saringan no.4, agregat yang digunakan harus agregat yang kuat, bersih, tidak jenuh air, dan tidak ada lumpur yang mengendap. Untuk penggunaan agregat halus dan kasar disarankan menggunakan sumber yang sama agar campuran menjadi seragam dan se sesuai dengan standar Bina Marga (2010). Ditujukan pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 Spesifikasi Agregat Kasar (Bina Marga, 2010)

Pengujian		Standar	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan	natrium sulfat	SNI 3407 : 2008	Maks 12%
	magnesium sulfat		Maks 18%
Abrasi dengan mesin Los Angles	Campuran AC	100 putaran	Maks 6%
	Modifikasi	500 putaran	Maks 30%
	Semua jenis campuran	100 putaran	Maks 8%
	aspal bergradasi	500 putaran	Maks 40%
	lainnya		
kelekatan agregat terhadap aspal		SNI 2439 : 2011	min 95%
butir pecah pada Agregat Kasar		SNI 7619 : 2012	95/90
Partikel Pipih dan Lonjong		ASTM D4791 Perbandingan 1 : 5	Maks 10%
Material lolos ayakan No.200		SNI 03-4142-1996	maks 2%

c. Bahan pengisi (*filler*)

Bahan pengisi atau yang disebut *filler* berupa agregat halus yang lolos pada saringan dengan diameter 0,075 mm atau saringan no. 200 yang berupa debu, semen *Portland*, abu terbang, dan lain – lain. *Filler* digunakan haruslah *filler* yang baik, tidak basah maupun lembab. *Filler* dalam campuran ini berfungsi untuk mengisi rongga-rongga yang tidak terisi oleh aspal agar bidang kontak dalam campuran antar butir agregat meningkat sehingga kualitas campuran akan menjadi lebih baik. *Filler* yang digunakan juga harus terbebas dari gumpalan – gumpalan atau bahan lain yang mengganggu.

Sukirman (1999) menyatakan bahwa aspal bisa diartikan sebagai material yang bisa didapatkan langsung dari alam maupun pengolahan lanjutan dari minyak bumi yang memiliki warna hitam kecoklatan apabila berada pada suhu ruang antara 25°-30°C akan menjadi padat maupun semi padat dan akan menjadi sedikit melunak atau mencair apabila berada pada suhu yang tinggi. Karena itulah aspal sendiri memiliki sifat *thermoplastic*.

Aspal mempunyai sifat pengikat yang memberikan ikatan kuat antara aspal dan agregat dan sesama aspal, selain itu aspal juga berfungsi sebagai pengisi yang mengisi rongga antar butir agregat dan pori-pori agregat. Aspal pada pengujian ini menggunakan aspal penetrasi 60/70. Hal ini sering digunakan dalam proyek konstruksi jalan. Adapun persyaratan – persyaratan yang harus dilakukan dalam pengujian aspal penetrasi 60/70, berikut persyaratan aspal asbuton modifikasi pada Table 2.3.

Tabel 2.3 Persyaratan Nilai Pengujian Bahan Aspal Asbuton Modifikasi ((Bina Marga, 2010)

No	Jenis Pemeriksaan	Cara Pemeriksaan	Penetrasi 60/70	Tipe II Aspal dimodifikasi		
				A Asbuton yang diproses	B Elastomer Alam (<i>Latex</i>)	C Elastomer sintetis
1	Penetrasi 25°C (dmm)	SNI-06-2456-1991	60/70	Min 50	50-70	Min 40
2	Viskositas 135°C (cSt)	SNI-06-6441-2000	>300	385-2000	≤2000	<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

Tabel 2.4 Persyaratan Nilai Pengujian Bahan Aspal Asbuton Modifikasi ((Bina Marga, 2010) (lanjutan)

No	Jenis Pemeriksaan	Cara Pemeriksaan	Penetrasi 60/70	Tipe II Aspal dimodifikasi		
				A Asbuton yang diproses	B Elastromer Alam (<i>Latex</i>)	C Elastromer sintesis
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
Pengujian Residu hasil TFOT atau RTFOT :						
10	Berat yang hilang	SNI 06-2440-1991	≤0,8	≤0,8	≤0,8	≤0,8
11	Penetrasi pada 25°	SNI 06-2456-1991	≥54	≥54	≥54	≥54
12	Indeks Penetrasi		≥ -1,0	≥ 0,0	≥ 0,0	≥ 0,4

Adapun dalam penelitian ini aspal yang digunakan adalah aspal penetrasi 60/70, berikut persyaratan aspal penetrasi 60/70 dalam Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Persyaratan aspal penetrasi 60/70 (Bina Marga, 2010)

No	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Hasil	Satuan
1	Penetrasi pada suhu 25°C	SNI 2432:2011	60-70	0,1 mm
2	Titik lembek	SNI 2434:2011	≥ 48	°C
3	Daktalitas pada suhu 25°C	SNI 06-2432-1991	≥ 100	Cm
4	Berat Jenis	SNI 2441:2011	1,0	-
5	Kehilangan berat minyak	SNI 06-2440-1991	≤ 0,8	%

Dalam hal ini sifat-sifat aspal yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut:

1. Sifat fisik, ditentukan berdasarkan kohesi / adhesi, kepekaan terhadap perubahan temperature, durabilitasnya (penetrasi, titik lembek, dan daktalitas).

2. Sifat kimia, ditentukan berdasarkan kandungannya (kandungan *ashpaltness* dan kandungan *malthness*).

Setelah diketahui spesifikasi, dapat dilakukan pengujian diantaranya sebagai berikut:

a. Pentrasi Aspal

Menurut BSN (2011b), pengujian penetrasi aspal bertujuan untuk menentukan penetrasi bahan-bahan bitumen keras atau lunak (solid atau semisolid) pada suhu 25°C dengan beban 100 gram selama 5 detik dengan alat *penetrometer*. Dalam hal ini pembacaan jarum pada arloji penetrasi dinyatakan dengan satuan 0,1 mm. Untuk aspal penetrasi 60/70 yang digunakan disyaratkan berada pada rentang nilai 60 – 70 untuk aspal murni. Jika nilai penetrasi yang semakin besar maka aspal tersebut semakin lunak begitu sebaliknya. Nilai penetrasi aspal yang besar biasa digunakan pada daerah dengan suhu yang dingin atau dengan lalu lintas yang tidak berat, sebaliknya jika nilai penetrasi aspal yang semakin kecil biasa digunakan pada daerah dengan suhu yang panas atau dengan lalu lintas yang tinggi. Pada kondisi lain digunakan ketentuan berdsarkan Table 2.6.

Tabel 2 6 Penetrasi aspal 60 /70 (BSN, 2011b)

Temperatur (°C)	Berat total (gram)	Waktu (detik)
0	200	60
4	200	60
45	50	5
46,1	50	5

b. Titik Lembek

Menurut BSN (2011c), titik lembek merupakan pengujian dimna pada saat bola baja dengan berat tertentu, mendesak turun lapisan aspalyang tertahan dalam cincin, sehingga aspal menyentuh pelat dasar yang terletak dibawah cincin pada jarak 2,54mm dengan kecepatan pemanasan 5 °C per menit dengan cara *ring and ball*. Pengujian ini sangat penting dalam mengeahui sifat fisik suatu aspal dan juga dapat menentukan lunaknya suatu aspal pada

perubahan suhu. Untuk titik lembek aspal penetrasi 60 / 70 minimal 48 °C, prosedur pengujian ini mengikuti SNI 2434-2011.

c. Berat Jenis Aspal

Menurut BSN (2011a), pemeriksaan berat jenis aspal merupakan perbandingan antara berat aspal dan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu (25 °C atau 15,6 °C). berat jenis benda uji dihitung berdasarkan massa benda uji dan massa air yang dipindahkan oleh benda uji dalam piknometer. Massa aspal yang dimasukkan dalam piknometer minimal 4 gram. Berat jenis dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Berat jenis} = \frac{(C - A)}{[(B - A) - (D - C)]} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan:

A adalah massa piknometer dan penutup (gram)

B adalah massa piknometer dan penutup berisi air (gram)

C adalah massa piknometer, penutup dan benda uji (gram)

D adalah massa piknometer, penutup, benda uji dan air (gram)

Dalam menentukan berat benda uji digunakan persamaan:

$$\text{Berat isi} = \text{Berat isi} \times W_T \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan:

W_T adalah berat isi air pada temperature pengujian

d. Kehilangan berat minyak dan aspal

Menurut BNS (1991a) kehilangan berat minyak dan aspal merupakan pengujian untuk mengetahui stabilitas aspal setelah pemanasan. Selain itu juga pengujian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan sifat fisik aspal selama dalam pencampuran panas di *Asphalt Mixing Plant* (AMP) pada suhu 163°C. Pengujian ini dilakukan dengan cara mencari selisih antara berat semula dan berat setelah pemanasan pada tebal dan pada suhu tertentu, yang dinyatakan dalam satuan persen dari berat semula. Prosedur pengujian ini mengikuti SNI 06-2440-1991 dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Penurunan berat} = \frac{A - B}{B} \times 100\% \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan:

A = berat benda uji semula

B = berat benda uji setelah pemanasan

2.2.3. Analisis Material

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan analisis saringan yang selanjutnya digambarkan menggunakan grafik presentase ukuran butir agregat.

Sanchez dkk. (2014) menyebutkan untuk mengetahui nilai abrasi suatu campuran benda uji dengan material agregat adalah melakukan pengujian dengan perbandingan jumlah sebaran material agregat sebelum dilakukan pemberian beban dengan material yang selesai dilakukan pemberian beban / setelah pengujian.

Dalam analisis material yang digunakan pada benda uji yang sudah dicampurkan, material yang dipakai harus memenuhi spesifikasi yang sudah ditentukan, oleh karena itu harus dilakukan pengujian material-material yang digunakan sebagai penyusun suatu campuran.

Menurut Sukirman (1999) agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan, yaitu 90-95% agregat berdasarkan persentase berat, atau 75-85% agregat berdasarkan persentase volume.

Agregat yang digunakan diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Agregat Halus Agregat halus merupakan bahan material penyusun campuran *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC). Dalam bahan penyusun campuran *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC) yang digunakan harus kuat, tidak basah maupun lembab, dan tidak menggumpal dengan tanah. Prosedur pengujian ini mengikuti SNI 1970:2008.

Adapun pengujian yang dilakukan antara lain:

- a. Berat jenis curah kering

Dalam menentukan berat jenis curah kering (S_d) digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Berat jenis curah kering } (S_d) = \frac{A}{(B + S - C)} \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan:

- A = berat benda uji kering oven (gram)
- B = berat piknometer yang berisi air (gram)
- C = berat piknometer dengan benda (gram)
- S = berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan (gram)

b. Berat jenis curah (jenuh kering permukaan)

Dalam menentukan berat jenis curah (S_{sd}) digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Berat jenis curah } (S_{sd}) = \frac{S}{(B + S - C)} \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan:

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

C = berat benda uji dalam air (gram)

S = berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan (gram)

c. Berat jenis semu

Dalam menentukan berat jenis semu (S_a) digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Berat jenis semu } (S_a) = \frac{A}{(B + A - C)} \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan:

A = berat benda uji kering oven (gram)

B = berat piknometer yang berisi air (gram)

C = berat piknometer dengan benda uji air sampai batas pembacaan (gram)

d. Penyerapan air

Dalam menentukan persentase penyerapan air (S_w) digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Penyerapan air} = \left[\frac{S - A}{A} \right] \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan:

A = berat benda uji kering oven (gram)

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

2. Agregat Kasar

Agregat kasar merupakan bahan material penyusun campuran *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC). Ukuran agregat kasar yang digunakan merupakan agregat yang tertahan saringan nomer 4 atau saringan dengan diameter 4,75 mm. Dalam bahan penyusun campuran *Asphalt Concrete*

Wearing Course (AC-WC) yang digunakan harus kuat, bersih, tidak basah maupun lembab, dan tidak menggumpal dengan tanah. Prosedur pengujian ini mengikuti SNI 1969:2008

a. Berat jenis curah kering

Dalam menentukan berat jenis curah kering (S_d) digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Berat jenis curah kering } (S_d) = \frac{A}{(B-C)} \dots\dots\dots (2.8)$$

Keterangan:

- A = berat enda uji kering oven (gram)
- B = berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan di udara (gram)
- C = berat benda uji dalam air (gram)

b. Berat jenis curah (jenuh kering permukaan)

Dalam menentukan berat jenis curah (S_{sd}) digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Berat jenis curah } (S_{sd}) = \frac{B}{(B-C)} \dots\dots\dots (2.9)$$

Keterangan:

- B = berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan di udara (gram)
- C = berat benda uji dalam air (gram)

c. Berat jenis semu

Dalam menentukan berat jenis semu (S_a) digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Berat jenis semu } (S_a) = \frac{A}{(A-C)} \dots\dots\dots (2.10)$$

Keterangan:

- A = berat benda uji kering oven (gram)
- C = berat benda uji dalam air (gram)

d. Penyerapan air

Dalam menentukan persentase penyerapan air (S_w) digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Penyerapan air} = \left[\frac{B-A}{A} \times 100\% \right] \dots\dots\dots (2.11)$$

Keterangan:

- A = berat benda uji kering oven (gram)

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

e. Keausan Agregat Dengan Mesin *Los Angles*

Keausan agregat dengan mesin *los angles* merupakan pengujian untuk mengetahui ketahanan agregat kasar terhadap keausan dengan menggunakan mesin abrasi *los angles*. Dalam menentukan angka keausan yang dinyatakan dengan perbandingan antara berat semula dengan berat agregat setelah mengalami keausan dalam satuan persen. Pengujian keausan agregat dengan mesin *los angles* ini menggunakan standar dengan nilai persyaratan maksimum 40%. Prosedur pengujian ini mengikuti SNI 2417-2008 dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Keausan} = \frac{a-b}{a} \times 100\% \dots\dots\dots (2.12)$$

Keterangan:

a = berat benda uji semula (gram)

b = berat benda uji tertahan saringan No.12 (1,70mm) (gram)

2.2.4. Pengujian Marshall

Wijaya dkk. (2016) menyebutkan bahwa Peralatan *marshall* merupakan alat penguji campuran beraspal panas yang umum dilakukan untuk mengetahui kekuatan campuran beraspal panas yang digunakan untuk perkerasan lentur jalan raya. Indikator kekuatan campuran beraspal panas yang diuji dengan alat *marshall* harus memenuhi spesifikasi, seperti penyerapan aspal, stabilitas *marshall*, pelelehan (*flow*), *Marshall quotient*, stabilitas *marshall* sisa setelah perendaman selama 24 jam, rongga dalam campuran pada kepadatan membal (*refusal*).

Stabilitas merupakan kemampuan lapis perkerasan untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang bekerja di atasnya, mengalami perubahan bentuk seperti gelombang dan alur. Kestabilan yang terlalu tinggi menyebabkan lapisan itu menjadi kaku dan cepat mengalami retak, dan apabila volume antar agregat kurang maka kadar aspal yang dibutuhkan pun rendah. Hal ini akan mengakibatkan ikatan aspal mudah lepas sehingga durabilitasnya rendah (Yuliantari dkk., 2018). Adapun perhitungan yang diperlukan dalam pengujian *Marshall*:

1. Volum *Bulk*

Bulk Volume (cm³) = massa SSD – massa benda dalam air

2. Berat Jenis

Berat jenis berupa benda uji (gr/cm³) = massa benda uji kering *bulk volume*

3. Stabilitas

Stabilitas (kg) = pembacaan arloji tekan × angka kalibrasi cincin penguji × angka kolerasi beban