

BAB II

STUDI LITERATUR

II.1 Aspal

Aspal adalah material yang bersifat visco-elastis dan memiliki ciri-ciri yang beragam mulai yang bersifat sangat lekat sampai yang bersifat elastis dimana hal ini tergantung dari waktu pembebanan. Kondisi batas pada kinerja campuran aspal secara umum dihubungkan dengan masa layanan pada suhu tinggi (30^0 sampai 60^0) atau pada suhu rendah ($< 5^0$ C). Pada suhu tinggi dan waktu pembebanan yang lama, campuran aspal akan mengalami masalah perubahan bebtuk gelombang, sedang pada temperatur yang sangat rendah atau waktu pembebanan yang singkat campuran aspal akan menjadi padat (getas) dan mengalami kerusakan pada lapisan permukaan Aspal merupakan residu dari pengilangan minyak. Falderika, 2014

Menurut Sukirman 2016, Aspal adalah zat perekat material (viscous cementitious material), berwarna hitam atau gelap, berbentuk padat atau semi padat, yang dapat diperoleh di alam ataupun sebagai hasil produksi. Sedangkan menurut Falderika, 2009 bitumen atau aspal adalah zat perekat material yang warna hitam atau gelap, memiliki bentuk padat atau semi padat, yang di dapat di alam ataupun sebagai hasil produksi. Bitumen bisa berupa aspal, tar, atau pitch.

Ada tiga tahap penting yang terjadi selama masa layanan dari aspal sebagai pengikat pada campuran aspal. Pertama untuk menyelimuti agregat, kedua sebagi pelumas pada saat penghamparan sehingga mudah dipadatkan, dan ketiga sebagai kinerja pelayanan dari lapis perkerasan dalam hubungan dengan kemampuan struktur perkerasan untuk menahn beban.

Beberapa jenis aspal yang umum digunakan di Indonesia adalah aspal dengan penetrasi 60/70 (aspal pen 60/70) dan penetrasi 80/100 (aspal pen 80/100) pada kebanyakan daerah (*Shell Bitumen, 1993*). Spesifikasi untuk aspal Pen 60/70 tercantum dalam **Tabel II.1**.

Tabel II.1 Persyaratan Aspal Keras

No	Jenis pengujian	Metode pengujian	Aspal PEN 60/70
1	Penetrasi 25° (dmm)	SNI 06-2456-2011	60-70
2	Viskositas (cSt)	SNI 06-6441-1991	> 300
3	Titik lembek, °C	SNI-06-2434-2011	≥ 48
4	Indeks penetrasi	-	≥ -1,0
5	Daktilitas pada 25°C, (cm)	SNI-06-2432-2011	≥ 100
6	Titik nyala (°C)	SNI-06-2433-2011	≥ 232
7	Kelarutan dalam toluene (%)	RSNI M-04-2004	≥ 99
8	Berat jenis	SNI 2441:2011	≥ 1,0
9	Stabilitas penyimpanan (°C)	ASTMD 5976 part 6.1	-

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum, 2018

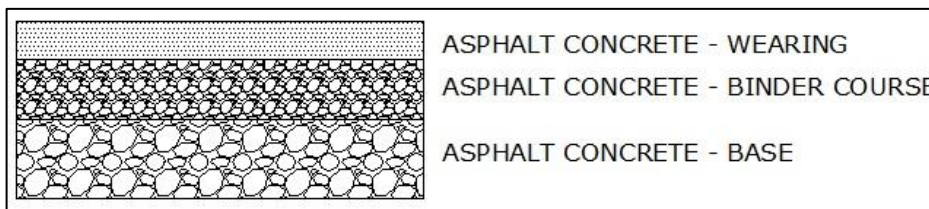
II.2 Asphalt Concrete Binder Course

Asphalt concrete – binder course adalah salah satu dari tiga macam campuran lapis aspal beton yaitu, AC-WC, AC-BC, dan AC-Base. Ketiga jenis laston tersebut merupakan konsep spesifikasi campuran beraspal yang telah disempurnakan oleh Bina Marga bersama-sama dengan Pusat Litbang Jalan (Affandi, 2009).

Lapis antara *Binder Course* merupakan bagian dari lapis permukaan yang terletak diantara lapis pondasi atas (*base course*) dengan lapis aus (*wearing course*).

Fungsinya adalah :

- a. mengurangi tegangan
- b. menahan beban paling tinggi akibat beban lalu lintas sehingga harus mempunyai kekuatan yang cukup.



Gambar 2. 1 Lapisan aspal beton

(sumber : Fitrah 2017)

II.3 Pengujian Marshall

Pengujian Marshall atau *Marshall Test* merupakan pengujian yang bertujuan menentukan ketahanan (stabilitas) terhadap kelelahan plastis (*flow*) dari suatu campuran aspal.

II.4 CaCO₃

Kalsium Karbonat adalah senyawa kimia dengan rumus kimia CaCO₃. Ini adalah zat yang umum ditemukan di batuan di semua bagian dunia. Dengan pesatnya perkembangan, material CaCO₃ telah digunakan sebagai bahan yang murah yang dapat dimodifikasi baik sebagai bahan aditif maupun sebagai filler. Seperti yang diketahui bahwa batu kapur mengandung sebagian besar mineral kalsium karbonat yaitu sekitar 95% . (Rusdi, R., Maryesri, M., & Zulharmitta, Z. 2017).



Gambar 2. 2 CaCO₃

(Sumber: Anwar Arham, 2017)

Batu kapur merupakan bahan alam yang banyak terdapat di Indonesia. Batu kapur adalah batuan padat yang mengandung banyak kalsium karbonat (Lukman et al., 2012). Mineral karbonat yang umum ditemukan berasosiasi dengan batu kapur adalah aragonite (CaCO₃), yang merupakan mineral metastable karena pada kurun waktu tertentu dapat berubah menjadi kalsit (CaCO₃) (Sucipto et al., 2007). Kalsium karbonat adalah mineral inorganik yang dikenal tersedia dengan harga murah secara komersial.

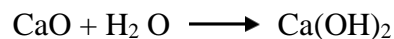
Sifat fisis kalsium karbonat seperti, morfologi, fase, ukuran dan distribusi ukuran harus dimodifikasi menurut bidang pengaplikasiannya. Bentuk morfologi dan fase kalsium karbonat (CaCO₃) terkait dengan kondisi sintesis seperti, konsentrasi reaktan, suhu, waktu aging dan zat adiktif alam (Kirboga dan Oner, 2013). Seperti yang diketahui bahwa batu kapur mengandung sebagian besar mineral kalsium

karbonat yaitu sekitar 95%. Kandungan kalsium karbonat ini dapat diubah menjadi kalsium oksida dengan kalsinasi sehingga lebih mudah dimurnikan untuk mendapatkan kalsiumnya (Gusti 2008).

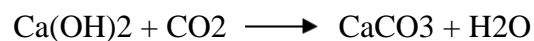
Di pasaran, kalsium karbonat dijual dalam dua jenis yang berbeda. Yang membedakan kedua jenis produk tersebut terletak pada tingkat kemurnian produk kalsium karbonat di dalamnya. Kedua jenis produk kalsium karbonat atau CaCO_3 yang dimaksud adalah *heavy and light types*. Kalsium karbonat *heavy type* diproduksi dengan cara menghancurkan batu kapur hasil penambangan menjadi powder halus, lalu disaring sampai diperoleh ukuran powder yang diinginkan. Selanjutnya tepung kalsium karbonat hasil penyaringan disimpan dalam silo-silo atau tempat penyimpanan yang berukuran besar sebelum dikemas. Sedangkan kalsium karbonat *light type* diperoleh setelah melalui proses produksi yang agak rumit, dibandingkan dengan *heavy type*. Pertama-tama batu kapur dibakar dalam tungku berukuran raksasa, untuk mengubah CaCO_3 menjadi CaO (*oksida kalsium*) dan gas karbon dioksida atau CO_2 .



Proses selanjutnya, CaO yang terbentuk kemudian dicampur dengan air dan diaduk. Maka terbentuklah senyawa kalsium hidroksida atau Ca(OH)_2 . Kalsium hidroksida yang telah terbentuk kemudian disaring untuk memisahkan senyawa-senyawa pengotor.



Ca(OH)_2 yang telah disaring kemudian direaksikan dengan CO_2 untuk membentuk CaCO_3 dan air, seperti ditunjukkan oleh persamaan reaksi berikut :



Endapan CaCO_3 hasil reaksi di atas kemudian disaring dan dikeringkan. Selanjutnya Kalsium hidroksida dihaluskan menjadi powder CaCO_3 .

II.5 Kadar Aspal Optimum (KAO)

Kadar Aspal Optimum (KAO) adalah nilai tengah dari rentan kadar aspal yang memenuhi semua spesifikasi campuran. Menurut spesifikasi umum Bina Marga

dalam perencanaan perkerasan jalan di syaratkan agar perkerasan yang dihasilkan memiliki stabilitas yang cukup baik tanpa mengabaikan *fleksibility*, *durability* dan kemudahan dalam pelaksanaan.

II.6 Pemeriksaan Karakteristik Bahan

Perancangan dan pengujian karakteristik campuran beraspal harus mengikuti standar/spesifikasi yang ada. Untuk Indonesia, standar/spesifikasi yang digunakan adalah spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

Rancangan pengujian didahului pengujian karakteristik bahan. Jika hasil pengujian tidak sesuai spesifikasi (berat jenis, keausan dan kelekatan) maka agregat tidak boleh digunakan juga jika karakteristik campuran tidak memenuhi spesifikasi maka campuran tersebut tidak boleh di produksi (kecuali dilakukan modifikasi dengan bahan tambah) jika memenuhi spesifikasi maka dilanjutkan dengan rancangan campuran.

II.6.1 Karakteristik Agregat

Agregat merupakan salah satu dari komponen utama pada campuran lapis perkerasan jalan raya. Dikarenakan agregat sangat menentukan kualitas, daya dukung, mutu dan keawetan suatu perkerasan maka pengujian terhadap agregat sangat diperlukan baik agregat kasar maupun agregat halus.

Pengujian labolatorium dan metoda standar yang dilakukan untuk agregat kasar dan agregat halus dapat dilihat pada tabel dibawah.

Tabel 2. 1 spesifikasi pengujian agregat

Agregat Kasar			
No	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Syarat
1	Analisa Saringan	SNI 03-1968-1990	-
2	Berat Jenis	SNI 1969:2008	Min 2,5
3	Penyerapan Air	SNI 1969:2008	Maks 3%
4	Keausan Agregat	SNI 2417:2008	Maks 40%
5	Indeks Kepipihan dan Kelonjongan	ASTM D-4791	Maks 10%
6	Kelekatan Agregat Terhadap Aspal	SNI 2439:2011	Min 95

Agregat Halus			
No	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Syarat
1	Analisa Saringan	SNI 03-1968-1990	-
2	Berat Jenis	SNI 1970:2008	Min 2,5
3	Penyerapan Air	SNI 1970:2008	Maks 3%

(sumber : Bina Marga 2010)

a. Analisa saringan (SNI ASTM C136:2012)

Standar rujukan/acuan pemeriksaan Analisa saringan agregat kasar dan agregat halus mengacu pada metode atau standar SNI ASTM C136:2012 tentang metode uji untuk analisis saringan agregat halus dan kasar.



Gambar 2. 3 Alat uji analisa saringan

(Sumber : Farhan 2019)

b. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat kasar (SNI 1969:2016)

Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat kasar mengacu pada standar rujukan SNI 1969:2016 tentang cara uji berat dan penyerapan air agregat kasar.



Gambar 2. 4 Alat uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar

(sumber : Yanisman, 2020)

c. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat halus (SNI 1970:2016)

Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat halus mengacu pada standar rujukan SNI 1970:2016 tentang cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus. Maksud dari pemeriksaan ini ialah menentukan nilai berat jenis dan penyerapan agregat kasar dan mengelompokkannya berdasarkan berat jenisnya.



Gambar 2. 5 Alat uji berat jenis dan penyerapan agregat halus

(sumber : yanisman 2020)

d. Pemeriksaan Berat Jenis Filler (SNI ASTM C136:2012)

Pengujian Berat Jenis Filler mengacu pada standar rujukan SNI ASTM C136: 2012 tentang metode uji untuk analisis saringan agregat halus dan agregat kasar. Maksud dari pengujian ini ialah dapat menentukan berat jenis Filler yang digunakan sebagai bahan pengisi campuran aspal.



Gambar 2. 6 piknometer

(sumber : yanisman 2020)

e. Pemeriksaan kadar lumpur dan *sand equivalent* (SNI 03-4428-1997)

Standar rujukan/acuan pemeriksaan kadar lumpur dan SE (*Sand Equivalent*) mengacu pada standar rujukan SNI 03-4428-1997 tentang metode pengujian agregat halus atau pasir yang mengandung bahan plastis dengan cara setara pasir. Maksud pemeriksaannya ialah untuk mengetahui tingkat presentase kadar lumpur dari suatu agregat halus.



Gambar 2. 7 alat uji sand equivalent

(sumber : yanisman 2020)

f. Pengujian keausan (*abration*) (SNI 2417:2008)

Pengujian Keausan (*Abration*) dengan Mesin Los Angeles mengacu kepada SNI 2417:2008 tentang cara uji keausan agregat dengan mesin abrasi los angeles. Tujuan dari percobaan ini untuk menentukan tingkat keausan agregat dengan menggunakan mesin los angeles dengan perbandingan berat benda yang lolos saringan No.12 (1,7) dengan berat semula, dalam %.



Gambar 2. 8 alat abrasi los angeles

(sumber : yanisman 2020)

g. Pemeriksaan partikel kepipihan dan kelonjongan (ASTM D-4791-10)

Pemeriksaan partikel kepipihan dan kelonjongan mengacu pada standar rujukan ASTM D – 4791-10 dengan perbandingan 1:5. Tujuan dari pemeriksaan ini ialah menentukan indeks kepipihan dan kelonjongan suatu agregat yang dapat digunakan dalam campuran beraspal yang dinyatakan dalam %.



Gambar 2. 9 alat uji kelonjongan dan kepipihan agregat

(sumber : yanisman 2020)

h. Pengujian kelekatan agregat (SNI 2439:2011)

Pengujian Kelekatan Agregat Terhadap Aspal mengacu kepada SNI 2439:2011 tentang cara uji penyelimutan dan pengelupasan pada campuran agregat-aspal. Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan kelekatan agregat terhadap aspal. Kelekatan agregat terhadap aspal ialah presentase luas permukaan batuan.

i. Pengujian agregat lolos ayakan No.200 / 0,075mm (SNI ASTM C117:2012)

Pengujian agregat lolos ayakan No.200 / 0,075 mm mengacu kepada SNI ASTM C117:2012 tentang metode uji bahan yang lebih halus dari saringan No.200 / 0,0075mm dalam agregat mineral dengan pencucian. Maksud pengujian yaitu bertujuan untuk mengukur persentase jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan 200/0,075 mm sehingga berguna bagi perencana dan pelaksana pembangunan jalan.

II.6.2 Karakteristik Aspal

a. Pengujian Penetrasi pada 25°C (SNI 2456:2011)

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah Pengujian Penetrasi pada 25°C (SNI 2456:2011) Maksud pengujian yaitu untuk menentukan tingkat kekerasan aspal yaitu dalamnya suatu jarum masuk ke dalam aspal pada suhu tertentu yang dibebani dengan beban tertentu selama waktu tertentu.



Gambar 2. 10 Alat uji penetrasi

(sumber : yanisman 2020)

b. Pengujian Titik Nyala ($^{\circ}\text{C}$) (SNI 2433:2011)

Pengujian Titik Nyala ($^{\circ}\text{C}$) (SNI 2433:2011), maksud pengujian yaitu untuk menentukan/mengetahui suhu dimana timbul nyala pada permukaan benda uji (aspal).

c. Pengujian Titik Lembek ($^{\circ}\text{C}$) (SNI 2434:2011)

Pengujian Titik Lembek ($^{\circ}\text{C}$) (SNI 2434:2011), maksud pengujian yaitu untuk menentukan/mengetahui suhu di mana aspal mulai lembek.



Gambar 2. 11 Alat uji titik lembek

(sumber : Agi Ferdiana,2013)

d. Pengujian Berat Jenis (SNI 2441:2011)

Pengujian Berat Jenis (SNI 2441:2011), Maksud pengujian yaitu untuk menentukan berat jenis aspal terhadap air suling.



Gambar 2. 12 Piknometer

(sumber : yanisman 2020)

e. Pengujian Daktilitas pada 250C (SNI 2432:2011)

Pengujian Daktilitas pada 250C (SNI 2432:2011), maksud pengujian yaitu untuk mengetahui kekenyalan aspal yang dinyatakan dengan panjang pemuluran aspal yang dapat tercapai hingga sebelum putus.



Gambar 2. 13 Alat uji daktilitas

(sumber : Agi Ferdiana,2013)

f. Pengujian Berat yang hilang (%) (SNI-06-2441- 1991)

Pengujian Berat yang hilang (%) (SNI-06-2441- 1991), maksud pengujian untuk mengetahui kehilangan minyak pada aspal akibat pemanasan yang berulang dan pengujian ini juga bertujuan untuk mengukur perubahan kinerja aspal akibat kehilangan berat.

II.7 Perancangan Campuran

Perencanaan campuran Laston AC-BC yang digunakan berdasarkan metode grafis dan analitis yaitu dengan menggunakan tabel batasan spesifikasi gradasi campuran lalu menentukan gradasi ideal yaitu nilai tengah dari masing-masing batasan spesifikasi gradasi. Selanjutnya menghitung proporsi dari setiap fraksi yaitu fraksi-fraksi halus dan fraksi filler serta kebutuhan aspal campuran. Terakhir gradasi campuran digambar dalam bentuk grafis gradasi untuk melihat apakah setiap proporsi gradasi campuran masih masuk dalam batasan gradasi sesuai Spesifikasi Umum 2018.

II.7.1 Perkiraan Kadar Aspal

Komposisi umum suatu campuran terdiri dari agregat, aspal dan filler, dimana ketiga unsur tersebut harus memenuhi ketentuan dari sifat-sifat suatu campuran yang disyaratkan. Untuk perkiraan awal kadar aspal rancangan diperoleh dengan menggunakan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018

Setelah semua bahan yang diperlukan memenuhi spesifikasi tahapan selanjutnya adalah menghitung kadar aspal acuan.

Perhitungan kadar aspal acuan :

$$Pb = 0,035(\%CA) + 0,045(\%FA) + 0,18(\%Filler) + K$$

Keterangan :

Pb : Kadar aspal perkiraan

CA : Agregat kasar tertahan saringan No. 8

FA : Agregat halus lolos saringan No. 200

Filler : Agregat halus lolos saringan No. 200

K : Konstanta : 0,5 – 1

3) hitung perkiraan awal kadar aspal rencana;
 $P_b = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%FF) + \text{konstanta}$
 dengan :
 P_b = Perkiraan Kadar aspal rencana awal
 CA = Agregat kasar
 FA = Agregat halus
 FF = Bahan pengisi
 Konstanta = Kira-kira 0,5 – 1 untuk Laston dan 1 –2 untuk Lataston

Gambar 2. 14 rumus perkiraan bitumen.

(Sumber : RSNI – M – 01 – 2003)

II.8 Pengujian Marshall

Pengujian Marshall dilakukan untuk mengetahui nilai stabilitas dan kelelahan (flow), serta analisa kepadatan dan pori dari campuran padat yang terbentuk. Dalam hal ini benda uji atau briket beton aspal padat dibentuk dari gradasi agregat campuran tertentu, sesuai spesifikasi campuran. Sebelum membuat briket campuran aspal beton maka perkiraan kadar aspal optimum dicari dengan menggunakan rumus pendekatan

Pengujian Marshall untuk mendapatkan stabilitas dan kelelahan (flow) benda uji mengikuti prosedur SNI 06-2489-1991 AASHTO T245-90. Stabilitas adalah kemampuan suatu campuran aspal untuk menerima beban sampai terjadi kelelahan plastis yang dinyatakan dalam kg atau pound. Nilai ini diperoleh dengan mengalikan nilai jarum pada arloji penunjuk stabilitas pada alat uji Marshall dengan faktor kalibrasi alat dan faktor korelasi benda uji. Nilai yang diperoleh ini akan menunjukkan kekuatan struktural suatu campuran aspal yang dipengaruhi oleh kandungan aspal, susunan gradasi, dan kualitas agregat dalam campuran. Kelelahan adalah perubahan bentuk suatu campuran aspal yang terjadi akibat adanya beban sampai batas runtuh yang dinyatakan dalam mm atau 0,01 inch. Pengukuran kelelahan plastis dilakukan bersamaan dengan pengukuran stabilitas dimana nilai kelelahan dibaca pada arloji pada saat benda uji mengalami keruntuhan .

Parameter Marshall yang dihitung antara lain: VIM, VMA, VFA, berat volume, dan parameter lain sesuai parameter yang ada pada spesifikasi campuran. Setelah semua parameter briket didapat, maka digambar grafik hubungan kadar aspal dengan parameternya yang kemudian dapat ditentukan kadar aspal optimumnya.

Secara garis besar pengujian Marshall meliputi: persiapan benda uji, penentuan berat jenis bulk dari benda uji, pemeriksaan nilai stabilitas dan flow, dan perhitungan sifat volumetrik benda uji. Pada persiapan benda uji, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan antara lain :

1. Jumlah benda uji yang disiapkan.
2. Persiapan agregat yang akan digunakan.
3. Penentuan temperatur pencampuran dan pemadatan.
4. Persiapan campuran aspal beton.
5. Pemadatan benda uji.
6. Persiapan untuk pengujian Marshall.



Gambar 2. 15 Alat uji marshall

(sumber : yanisman 2020)

Jumlah benda uji yang disiapkan ditentukan dari tujuan dilakukannya uji Marshall tersebut. AASHTO menetapkan minimal 3 buah benda uji untuk setiap kadar aspal yang digunakan. Agregat yang akan digunakan dalam campuran dikeringkan di dalam oven pada temperatur 105-110°C. Setelah dikeringkan agregat dipisahkan sesuai fraksi ukurannya dengan menggunakan saringan. Temperatur pencampuran bahan aspal dengan agregat adalah temperatur pada saat aspal mempunyai viskositas kinematis sebesar 170 ± 20 centistokes, dan temperature pemadatan adalah temperatur pada saat aspal mempunyai nilai viskositas kinematis sebesar 280 ± 30 centistokes.

II.9 Marshall Immersion

Immersion Test atau uji perendaman Marshall bertujuan untuk mengetahui perubahan karakteristik dari campuran akibat pengaruh air, suhu, dan cuaca. Pengujian ini prinsipnya sama dengan pengujian Marshall standar, hanya waktu perendaman di dalam waterbath yang berbeda. Menurut AASHTO T.165-74 atau ASTM D.1075-54 (1969) ada dua metode uji perendaman Marshall (*Immersion Test*) yaitu uji perendaman selama 4 x 24 jam dengan suhu $\pm 50^\circ \text{C}$ dan uji perendaman selama 1 x 24 jam dengan suhu $\pm 60^\circ \text{C}$. Pada penelitian ini dipakai metode uji perendaman (Marshall) 24 jam dalam suhu konstan 60°C sebelum pembebanan diberikan.

Hasil perhitungan Indeks Kekuatan Sisa Marshall (*Marshall Index of Retained Strength*) adalah perbandingan antara stabilitas Marshall benda uji setelah perendaman 24 jam (S2) yang dibandingkan dengan stabilitas benda uji campuran standar (S1) yang dinyatakan dalam persen. Kehilangan stabilitas yang terjadi akibat perendaman merupakan ukuran ketahanan terhadap pengaruh air. Seperti tercantum pada Persamaan di bawah ini.

$$\text{Index of Retained Strength} = \frac{S_2}{S_1} \times 100\%$$

dengan :

S1 = stabilitas standar

S2 = stabilitas setelah direndam selama 24 jam

Apabila indeks tahanan campuran lebih atau sama dengan ($\geq 90\%$), campuran tersebut dapat dikatakan memiliki tahanan yang cukup baik dari kerusakan akibat pengaruh air, suhu, dan cuaca.

II.10 Perhitungan Dalam Marsall Test

Dasar perhitungan yang menjadi acuan dalam penganalisan data yaitu mengacu pada SNI 06-2489-1991 dan *The Asphalt Institute* sebagai berikut:

1. Berat Jenis Aspal

Pemeriksaan berat jenis aspal di laboratorium (*Specific Gravity Test*) adalah perbandingan antara berat aspal dan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu (25° C atau 15,6° C). Pengujian ini diperlukan pada saat pelaksanaan untuk konversi dari berat ke volume atau sebaliknya.

$$\text{Berat Jenis} = \frac{(C - A)}{(B - A) - (D - C)} \quad (2.1)$$

Keterangan:

A : massa piknometer dan penutup

B : massa piknometer dan penutup berisi air

C : massa piknometer, penutup dan benda uji

D : massa piknometer, penutup, benda uji dan air

2. Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat

Agregat total terdiri atas fraksi-fraksi agregat kasar, agregat halus, dan bahan pengisi (*filler*) yang masing-masing mempunyai berat jenis yang berbeda, baik berat jenis kering dan berat jenis semu. Penyerapan terhadap air dan berat jenis efektifnya juga berbeda antara agregat kasar dan agregat halus.

a. Agregat Kasar

1) Berat jenis kering

2) Berat jenis semu

$$S_d = \frac{A}{(B - C)} \quad (2.2)$$

$$S_a = \frac{A}{(A - C)} \quad (2.3)$$

3) Penyerapan air

$$S_w = \left[\frac{B - A}{A} \times 100\% \right] \quad (2.4)$$

4) Berat jenis efektif

$$B.J.Efektif = \frac{S_a + S_d}{2} \quad (2.5)$$

Keterangan:

S_d : Berat Jenis Kering

S_a : Berat Jenis Semu

S_w : Penyerapan Air

A : Berat benda uji kering oven

B : Berat benda uji jenuh kering permukaan

C : Berat benda uji dalam air

b. Agregat Halus

1) Berat jenis kering

$$S_d = \frac{Bk}{(B + SSD - Bt)} \quad (2.6)$$

2) Berat jenis semu

$$S_a = \frac{Bk}{(B + Bk - Bt)} \quad (2.7)$$

3) Penyerapan air

$$S_w = \frac{SSD - Bk}{Bk} \times 100\% \quad (2.8)$$

4) Berat jenis efektif

Keterangan :

$$B.J. Efektif = \frac{S_a + S_d}{2} \quad (2.9)$$

S_d : Berat Jenis Kering

S_a : Berat Jenis Semu

S_w : Penyerapan Air

Bk : Berat pasir kering

B : Berat piknometer + air

Bt : Berat piknometer + pasir + air

SSD : Berat pasir kering permukaan

3. Rongga dalam Agregat (VMA)

Rongga antar mineral agregat (VMA) adalah ruang rongga diantara pertikel agregat pada suatu perkerasan, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat). VMA dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$VMA = 100 - \frac{(100 - \%aspal) \times \text{berat volume b.u}}{B.J. Agregat} \quad (2.10)$$

Keterangan:

VMA : Rongga udara pada mineral agregat (%)

%Aspal : Kadar aspal terhadap campuran (%)

B.J. Agregat : Berat jenis efektif

4. Rongga dalam Campuran (VIM)

Rongga udara dalam campuran (VIM) dalam campuran perkerasan beraspal terdiri atas ruang udara diantara partikel agregat yang terselimuti aspal.

Volume rongga udara dalam campuran dapat ditentukan dengan rumus berikut:

$$VIM = 100 - \frac{100 \times \text{berat volume b.u}}{B.J. maksimum teoritis} \quad (2.11)$$

Berat jenis maksimum teoritis:

$$BJ = \frac{100}{\frac{\%agr}{B.J. Agr} + \frac{\%aspal}{B.J. Aspal}} \quad (2.12)$$

Keterangan:

VIM : Rongga udara pada campuran setelah pemadatan (%)

B.J. Teoritis : Berat jenis campuran maksimum teoritis setelah pemadatan (gr/cc)

5. Rongga terisi Aspal (VFA)

Rongga terisi aspal atau *Volume of voids Filled with Asphalt* (VFA) adalah persen rongga yang terdapat diantara partikel agregat (VMA) yang terisi oleh

aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

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

Keterangan:

VFA : Rongga udara terisi aspal (%)

VMA : Rongga udara pada mineral agregat (%)

VIM : Rongga udara pada campuran setelah pemadatan (%)

6. Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan lapis keras dalam menahan beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk yang permanen, dinyatakan dalam satuan kilogram (kg). Pengukuran stabilitas dengan *Marshall test* diperlukan untuk mengetahui kekuatan tekan geser dari sampel yang ditahan dua sisi kepala penekan, dengan nilai stabilitas yang cukup tinggi diharapkan perkerasan dapat menahan beban lalu lintas tanpa terjadi kehancuran geser.

Nilai stabilitas diperoleh berdasarkan nilai masing-masing yang ditunjukkan oleh jarum arloji. Hasil pembacaan pada arloji stabilitas harus dikalikan dengan nilai kalibrasi proving ring yang digunakan pada *Marshall*. Pada penelitian ini, alat *Marshall* yang digunakan mempunyai nilai kalibrasi proving ring sebesar 15,9. Selanjutnya, nilai tersebut juga harus disesuaikan dengan angka koreksi terhadap ketebalan benda uji.

7. Kelelehan (*Flow*)

Nilai *flow* ditunjukkan oleh jarum arloji pembacaan *flow* pada alat *Marshall*. Untuk arloji pembacaan *flow*, nilai yang didapat sudah dalam satuan mm, sehingga tidak perlu dikonversi lebih lanjut.

8. *Marshall Quotient*

Marshall Quotient dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$MQ = \frac{MS}{MF} \quad (2.24)$$

Keterangan:

MQ : *Marshall Quotient* (kg/mm)

MS : *Marshall Stability* (kg)

MF : *Flow Marshall* (mm)

II.11 Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Kadar Aspal Optimum didapatkan dari nilai tertinggi dari grafik hubungan stabilitas, kepadatan campuran yang dipadatkan dengan kadar aspal. Kadar Aspal Optimum sesuai dengan fungsi campuran Laston AC-BC yaitu kedap air maka yang memiliki rongga dalam campuran atau void in mixture (VIM) terbesar karena jika tahan terhadap perendaman maka VIM yang kecil akan lebih tahan jika terendam.

II.12 Hubungan Kadar Aspal Terhadap Void In Mixture (VIM)

Semakin tinggi kadar aspal yang digunakan maka nilai VIM semakin kecil begitu pula sebaliknya, apabila kadar aspal yang digunakan semakin kecil maka nilai VIM akan semakin besar, hal ini karena aspal berfungsi sebagai pengikat dan pengisi rongga di dalam campuran beraspal.

II.13 Hubungan Kadar Aspal Terhadap Stabilitas

Penggunaan kadar aspal yang sedikit dalam campuran AC-BC akan menghasilkan selimut aspal yang tipis pada permukaan agregat yang mengakibatkan ikatan antar

agregat (Interlocking) menjadi lemah sehingga stabilitas campuran kecil, tetapi jika aspal bertambah lagi maka ikatan antar agregat menjadi kuat/stabilitas campuran besar.

II.14 Hubungan Aspal Terhadap Void In Mineral Aggregate (VMA)

Dari regresi hubungan kadar aspal terhadap VMA semakin banyak aspal yang di gunakan maka rongga dalam agregat yang terisi aspal semakin besar sehingga nilai VMA akan meningkat. Hal ini dipengaruhi oleh suhu pemadatan yang berkurang sebelum aspal sempat mengisi rongga-rongga pada partikel agregat, sehingga selimut aspal akan menjadi tebal. karena fungsi aspal selain menyelimuti agregat (aspal efektif) juga berfungsi untuk mengisi rongga diantara agregat dan dalam partikel agregat.

II.15 Hubungan Aspal Terhadap Flow

Penggunaan aspal dalam campuran beraspal kecil maka ikatan antar agregatnya berkurang yang menyebabkan kelelahan besar, kemudian jika penggunaan aspal bertambah lagi maka selimut aspal menjadi lebih tebal yang mengakibatkan kekuatan campuran berkurang tetapi kelelahan bertambah besar, yang artinya kekuatan campuran/stabilitas akan berbanding terbalik dengan kelelahan campuran atau flow.

II.16 Hubungan Aspal Terhadap Void Filled By Bitumen (VFB)

Penggunaan kadar aspal yang sedikit mengurangi nilai VFB, karena penurunan kadar aspal dalam campuran menyebabkan rongga-rongga dalam campuran semakin sedikit terisi aspal. Begitupun sebaliknya penggunaan kadar aspal yang banyak memperbesar VFB.

II.17 Studi Terdahulu

Adapun studi terdahulu yang sudah meneliti lebih awal mengenai pengujian Marshall. Dari studi terdahulu tersebut digunakan sebagai studi literatur yang nantinya dapat dijadikan perbandingan pada skripsi ini. Berikut ini merupakan studi terdahulu yang diambil diantaranya :

1) Penggunaan Agregat Sungai Batu Tiakka' pada Campuran AC-BC

Pengujian yang dilakukan oleh Gabriel Pabia Palimbunga, Rais Rachman, dan Alpius pada bulan juni 2020 menguji tentang campuran *asphalt concrete binder course* yang menggunakan agregat sungai batu tiakka sebagai bahan campurannya.

Dari pengujian tersebut diambil kesimpulan karakteristik agregat yang berasal dari sungai batu tiakka kecamatan saluputti untuk campuran AC-BC memenuhi standar spesifikasi umum Bina Marga 2018.

2) Penggunaan Batu Sungai Seriti Kabupaten Luwu pada Campuran AC-BC

Pengujian yang dilakukan oleh Ivon Tambing, Louise Elizabeth Radjawane, dan Alpius pada bulan maret 2021 menguji tentang campuran *asphalt concrete binder course* yang menggunakan batu gunung barani sebagai bahan campurannya.

Dari pengujian tersebut diambil Karakteristik agregat, karakteristik aspal penetrasi 60/70 dan berat jenis filler dari Gunung Barani Kelurahan Manggau, telah memenuhi spesifikasi untuk campuran AC-BC.

3) Pemanfaatan Batu Gunung Posi'padang Balla Kabupaten Mamasa

Pengujian yang dilakukan oleh Archimedes Salmon, Alpius, dan Charles Kamba pada bulan juni 2020 menguji tentang campuran *asphalt concrete binder course* yang menggunakan agregat batu gunung Posi'padang balla kabupaten Mamasa sebagai bahan campurannya.

Dari pengujian tersebut diambil kesimpulan karakteristik agregat yang berasal dari Gunung Posi'padang Balla Kabupaten Mamasa, serta aspal penetrasi 60/70 untuk campuran LASTON AC-BC memenuhi standar Bina Marga.

4) Pengaruh penggunaan kapur sebagai bahan pengisi (*filler*) terhadap karakteristik campuran beton aspal lapis aus (AC-WC)

Pada penelitian yang dilakukan oleh andri dan kawan – kawan pada tahun 2012, batu kapur dipilih sebagai bahan pengisi atau filler dengan menggunakan metode pengujian marshall dan lapisan yang dipilih adalah *asphalt concrete – binder course* (AC-BC). Hasil dari pengujian tersebut mendapatkan bahwa agregat batu kapur sebagai agregat sub standar dapat digunakan dalam perkerasan campuran beraspal panas.

5) Penelitian menggunakan batu gamping sebagai agregat kasar dan filler pada aspal campuran AC-BC

Penelitian yang dilakukan oleh Moch Zaenuri, Romadhon, dan April Gunarto pada tahun 2018 dengan metode pengujian marshall menggunakan batu gamping sebagai agregat kasar dan juga filler mendapatkan hasil bahwa batu gamping layak digunakan sebagai agregat kasar maupun sebagai filler.

6) Uji marshall pada campuran asphalt concrete binder course dengan tambahan parutan ban bekas

Pada 2018 dilakukan pengujian marshall oleh Cut Khairani dan kawan – kawan dengan menggunakan parutan ban bekas sebagai bahan tambah, lapisan perkerasan yang digunakannya adalah AC-BC. Pengujian ini mendapatkan hasil bahwa penggunaan parutan ban bekas untuk bahan tambah pada campuran AC-BC tidak memenuhi spesifikasi, maka parutan ban bekas tidak bisa digunakan.

7) Pemanfaatan Agregat Sungai Wanggar Kabupaten Nabire Sebagai Bahan Campuran AC-WC dan AC-BC

Pengujian yang telah dilakukan oleh Irianto dan kawan – kawan pada tahun 2019 dimana bahan tambah yang digunakan adalah agregat sungai wanggar dari kabupaten Nabire pada lapisan AC-BC dan AC-WC, mendapatkan hasil agregat yang berasal dari sungai Wanggar Kabupaten Nabire untuk campuran Laston AC-WC dan AC-BC memenuhi standar Bina Marga

8) Penggunaan kapur maruni (CaCO_3) sebagai bahan pengisi (filler) pada campuran aspal panas hrs-wc

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Domingus Sikku pada tahun 2019 menggunakan CaCO_3 dengan persentase penggunaan 0%, 25%, 50%, 75%, 100% pada Campuran HRS-WC dengan pengujian marshall dan kuat tarik tidak langsung mendapatkan hasil bahwa penggunaan CaCO_3 dapat digunakan dengan persentase optimum penambahan di 50%

9) Kinerja campuran ac-wc dengan menggunakan agregat dari batu kapur

Pengujian yang dilakukan pomantow dan kawan – kawan pada tahun 2019 dengan menggunakan agregat dari batu kapur dengan persentase penggunaan 0%, 25%,

50%, 75%, sebagai bahan tambah pada lapisan AC-WC dengan metode pengujian marshall dan kuat tarik tidak langsung. Dari pengujian yang telah mereka lakukan didapati hasil bahwa penggunaan batu kapur berpengaruh pada kualitas campuran yaitu fleksibilitas, stabilitas, durabilitas dan juga density.

Tabel 2. 2 Studi terdahulu

No.	Tahun	Judul Penelitian	Objek Penelitian	Metode	Hasil Penelitian	GAP Analysis	
						Penelitian terdahulu	Penelitian Penulis
1	2012	Pengaruh penggunaan kapur sebagai bahan pengisi (<i>filler</i>) terhadap karakteristik campuran beton aspal lapis aus (AC-WC)	Campuran AC-WC dengan batu kapur dari Sulawesi Utara	pengujian marshall	agregat batu kapur sebagai agregat sub standar dapat di gunakan dalam perkerasan campuran beraspal panas	objek penelitian terhadap laston AC-WC	campuran AC-BC dengan CaCO ₃ (0%, 30%, 50%, 70%, dan 100%) dengan metode Marshall dan Marshall Immersion
2	2018	penelitian menggunakan batu gamping sebagai agregat kasar dan filler pada aspal campuran AC-BC	batu gamping sebagai agregat kasar dan filler	pengujian marshall	batu gamping layak sebagai agregat kasar dan filler	menggunakan batu gamping sebagai agregat kasar dan filler	
3	2018	uji marshall pada campuran asphalt concrete binder course dengan tambhan parutan ban bekas	parutan ban bekas sebagai bahan tambah	pengujian marshall	Penggunaan parutan ban bekas sebagai pengganti bahan agregat tidak memenuhi spesifikasi	menggunakan parutan ban bekas sebagai bahan tambah	
4	2019	Pemanfaatan Agregat Sungai Wanggar Kabupaten Nabire Sebagai Bahan Campuran AC-WC dan AC-BC	agregat sungai wanggar sebagai ahan campuran	pengujian marshall	agregat yang berasal dari Sungai Wanggar Kabupaten Nabire untuk campuran Laston AC-WC dan AC-BC memenuhi standar Bina Marga.	menggunakan agregat sungai wanggar sebagai bahan campuran AC-WC dan AC-BC	
5	2019	Penggunaan kapur maruni (caco ₃) sebagai bahan pengisi (<i>filler</i>) pada campuran aspal panas hrs-wc	Campuran HRS-WC dengan CaCO ₃ (0%, 25%, 50%, 75%, 100%)	Marshall dan Kuat Tarik Tidak Langsung	penggunaan CaCo ₃ sebanyak 50% terhadap filler memperbaiki kinerja Campuran	objek penelitian terhadap laston HRS-WC, dan metode pengujian kuat tarik tidak langsung	

No.	Tahun	Judul Penelitian	Objek Penelitian	Metode	Hasil Penelitian	Gap Analysis	
						Penelitian terdahulu	Penelitian penulis
6	2019	Kinerja campuran ac-wc dengan menggunakan agregat dari batu kapur	Campuran AC-WC dengan Batu Kapur (0%, 25%, 50%, 75%)	Marshall dan Kuat Tari Tidak Langsung	batu kapur berpengaruh nyata terhadap kualitas campuran, yaitu: nilai stabilitas, fleksibilitas, durabilitas, densitas.	objek penelitian terhadap laston AC-WC	campuran AC-BC dengan CaCO ₃ (0%, 30%, 50%, 70%, dan 100%) dengan metode Marshall dan Marshall Immersion
7	2020	Studi Karakteristik Campuran AC-BC Berdasarkan Limbah Kantong Plastik Sebagai Bahan Tambah	limbah kantong plastik sebagai bahan tambah	pengujian marshall	bahan tambah kantong plastik memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018	menggunakan limbah kantong plastik sebagai bahan tambah	
8	2020	ABU KULIT PINANG SEBAGAI PENGANTI FILLER PADA CAMPURAN AC-BC	abu kulit pinang sebagai pengganti filler pada campuran AC-BC	pengujian marshall	Nilai marshall quotient yang terlalu tinggi dapat menyebabkan campuran menjadi kaku dan memiliki fleksibilitas yang rendah sehingga perkerasan mudah retak dan sebaliknya.	menggunakan abu kulit pinang sebagai pengganti filler	

No.	Tahun	Judul Penelitian	Objek Penelitian	Metode	Hasil Penelitian	Gap Analysis	
						Penelitian terdahulu	Penelitian penulis
9	2020	Pemanfaatan Batu Gunung Posi'padang Balla Kabupaten Mamasa Sebagai Campuran AC-BC	batu gunung posi'padang sebagai campuran	pengujian marshall	agregat yang berasal dari Gunung Posi'padang untuk campuran LASTON AC-BC memenuhi standar Bina Marga.	menggunakan agregat yang berasal dari gunung posi'padang balla	campuran AC-BC dengan CaCO ₃ (0%, 30%, 50%, 70%, dan 100%) dengan metode Marshall dan Marshall Immersion
10	2020	Penggunaan Agregat Sungai Batu Tiakka' pada Campuran AC-BC	agregat dari sungai batu tiakka'	pengujian marshall	Karakteristik agregat yang berasal dari Sungai Batu Tiakka Kecamatan Saluputti untuk campuran AC-BC memenuhi Standar Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.	menggunakan agregat dari batu sungai tiakka'	
11	2020	pemanfaatan material plastik pp (poypropilene) dan material RAP (eclaimed asphalt pavement) terhadap campuran laston AC-BC dengan parameter marshall	material plastik pp (polypropilene) dan material RAP	pengujian marshall	Penambahan kadar plastik PP menyebabkan peningkatan terhadap kekuatan campuran. Nilai stabilias meningkat	material plastik pp (polypropilene) dan material RAP sebagai bahan tambah	