

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu ini menjadi salah satu acuan penulis dalam melakukan penelitian sehingga penulis dapat mengkaji penelitian yang dilakukan. Berikut merupakan penelitian terdahulu berupa beberapa jurnal ataupun literatur terkait dengan penelitian yang dilakukan penulis.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No	Nama Penelitian	Judul Penelitian	Metode Yang Diterapkan	Hasil Penelitian
1.	Susanto (2019)	Pemanfaatan Karet Alam Pada Campuran Beraspal AC-WC.	Metode yang digunakan adalah eksperimen dengan pengujian laboratorium dan penerapan di lapangan. Penambahan karet alam yaitu 5%, 7%, 9%, dan 11%.	pengujian marshall, campuran dengan aspal karet mempunyai nilai stabilitas yang lebih tinggi, yaitu 1100kg berbanding 1188kg, 1299kg, dan 1297kg. ketahanan deformasi, yaitu meningkatkan nilai stabilitas dinamis yaitu 529 lintasan/mm berbanding 1041, 2135, dan 2864 lintasan/mm serta menurunkan kecepatan deformasi yaitu 0,079mm/menit berbanding

				<p>0,040mm/menit, 0,020mm/menit, 0,010mm/menit.</p> <p>Hasil uji modulus resilent menunjukkan aspal karet lebih tahan terhadap perubahan temperatur bila dibandingkan dengan aspal Pen. 60. Kadar paling efektif karet alam adalah 7% terhadap aspal Pen 60.</p>
2.	Nursandah dan Zaenuri (2019)	<p>Penelitian Penambahan Karet Alam (LATEKS) Pada Campuran Laston AC-WC Terhadap Karakteristik Marshall.</p>	<p>penelitian ini meliputi persiapan, pelaksanaan dan analisa data. Melakukan pengujian agregat, uji aspal penetrasi 60/70, uji kadar karet alam, uji <i>marshall</i>. dengan penambahan variasi lateks 3%, 5%, 7%, 9%, dan 11% dari total berat aspal pada benda uji.</p>	<p>Didapat nilai KAO sebesar 6,20%.</p> <p>campuran laston AC-WC dengan variasi lateks 7% terhadap total berat aspal pada benda uji dimana semua perhitungan dan penelitian menggunakan alat uji marshall memenuhi.</p> <p>Didapat nilai stabilitas 1349,63 kg, nilai Flow 3,49 mm, nilai MQ 397,78 kg/mm, nilai VIM 4,35 %, nilai VMA 16,39 %, nilai VFB 72,62.</p>

## B. Bahan Campuran Aspal

Campuran aspal panas adalah adalah suatu campuran perkerasan jalan lentur yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, *filler*, dan bahan pengikat aspal dengan perbandingan perbandingan tertentu dan dicampurkan dalam kondisi panas. di Indonesia jenis campuran aspal panas yang lazim digunakan antara lain : Aspal beton, *Hot Rolled Sheet* (HRS), dan *Split Mastic Asphalt* (SMA).

Pada tahun 1999, Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah tentang pedoman teknik campuran beraspal yang kemudian diikuti dengan dikeluarkannya spesifikasi baru Beton Aspal Panas pada tahun 2001. Semua campuran dirancang dalam spesifikasi tersebut untuk menjamin bahwa asumsi rancangan yang berkenaan dengan kadar aspal yang cocok, rongga udara, stabilitas, kelenturan dan keawetan ketebalan terpenuhi.

Berikut adalah beberapa jenis campuran aspal yang masuk dalam spesifikasi campuran beraspal di Indonesia.

### 1. Latasir (*Sand Sheet*) Kelas A dan B

Campuran-campuran ini ditujukan untuk jalan dengan lalu lintas ringan, khususnya pada daerah dimana agregat kasar sulit diperoleh. Pemilihan kelas A atau B terutama tergantung pada gradasi pasir yang digunakan. Campuran latasir biasanya memerlukan penambahan *filler* agar memenuhi kebutuhan sifat-sifat yang disyaratkan.

Campuran ini mempunyai ketahanan yang rendah terhadap alur (*rutting*), oleh sebab itu tidak boleh digunakan dengan lapisan yang tebal, pada jalan dengan lalu lintas berat dan pada daerah tanjakan.

## 2. Lataston (HRS)

Lataston (*Hot Roller Sheet*) mempunyai persyaratan kekakuan yang sama dengan tipikal yang disyaratkan untuk aspal beton konvensional (AC) yang bergradasi menerus. Lataston terdiri dari dua macam campuran, yaitu :

- Lataston Lapis Pondasi (HRS - *Base*)
- Lataston Lapis Permukaan (HRS - *Wearing Course*) dan ukuran maksimum agregat masing-masing campuran adalah 19 mm.

## 3. Laston (AC)

Laston (Lapis Aspal Beton) lebih peka terhadap variasi kadar aspal maupun variasi gradasi agregat daripada Lataston (HRS). Aspal Beton (AC) terdiri dari tiga macam campuran, yaitu :

- Laston sebagai lapisan aus, atau AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*), dengan ukuran maksimum agregat 19 mm.
- Laston sebagai lapisan antara, atau AC-BC (*Asphalt Concrete-Binder Course*), dengan ukuran maksimum agregat 25,4 mm.
- Laston sebagai lapisan pondasi, atau AC-Base (*Asphalt Concrete-Base*), dengan ukuran maksimum agregat 37,5mm.

## 1. Agregat

Agregat adalah sekumpulan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lainnya berupa hasil alam atau buatan (Departemen Pekerjaan Umum – Direktorat Jendral Bina Marga. 1998).

Agregat atau batu atau granular material adalah material berbutir yang keras dan kompak. Istilah agregat mencakup antara lain batu bulat, batu pecah, abu batu, dan pasir. Agregat mempunyai peranan yang sangat penting dalam prasarana transportasi, khususnya dalam hal ini pada perkerasan jalan. Daya dukung perkerasan jalan ditentukan sebagian besar oleh karakteristik agregat yang digunakan. Pemilihan agregat yang tepat dan memenuhi persyaratan akan sangat menentukan dalam keberhasilan pembangunan atau pemeliharaan jalan. (Buku 1: Petunjuk umum, Manual Pekerjaan Campuran Beraspal Panas).

Dari beberapa pendapat di atas, maka dapat diartikan bahwa agregat sebagai suatu kumpulan butiran batuan yang berukuran tertentu yang diperoleh dari hasil alam langsung maupun dari pemecahan batu besar ataupun agregat yang disengaja dibuat untuk tujuan tertentu.

Beberapa tipikal ketentuan penggunaan dalam penggambaran agregat menurut Harold N. Atkins, (1997) adalah sebagai berikut :

- a. *Fine Aggregate (sand size/ukuran pasir)* : Sebagian besar partikel agregat berukuran antara 4,75mm (no.4 *sieve test*) dan 75  $\mu$  m (no.200 *sieve test*).

- b. *Coarse Aggregate (gravel size/ukuran kerikil)* : Sebagian besar agregat berukuran lebih besar dari 4,75mm (no.4 *sieve test*).
- c. *Pit run* : agregat yang berasal dari pasir atau *gravel pit* (biji kerikil) yang terjadi tanpa melewati suatu proses atau secara alami.
- d. *Crushed gravel : pit gravel* (kerikil dengan pasir atau batu bulat) yang mana telah didapatkan dari salah satu alat pemecah untuk menghancurkan banyak partikel batu yang berbentuk bulat untuk menjadikan ukuran yang lebih kecil atau untuk memproduk lapisan kasar (*rougher surfaces*).
- e. *Crushed rock* : agregat dari pemecahan batuan. Semua bentuk partikel tersebut bersiku-siku/tajam (*angular*), tidak ada bulatan dalam material tersebut.
- f. *Screenings* : kepingan-kepingan dan debu atau bubuk yang merupakan produksi dalam pemecahan dari batuan (*bedrock*) untuk agregat.
- g. *Concrete sand* : pasir yang (biasanya) telah dibersihkan untuk menghilangkan debu dan kotoran.
- h. *Fines* : endapan lumpur (*silt*), lempung (*clay*) atau partikel debu lebih kecil dari 75  $\mu$  m (no.200 *sieve test*), biasanya terdapat kotoran atau benda asing yang tidak diperlukan dalam agregat.

Sifat dan kualitas agregat menentukan kemampuannya dalam memikul beban lalu lintas karena dibutuhkan untuk lapisan permukaan yang langsung memikul beban di atasnya dan menyebarkannya ke lapisan di bawahnya.

Sifat agregat yang menentukan kualitasnya sebagai bahan konstruksi perkerasan jalan dapat dikelompokkan menjadi 3 (tiga) kelompok yaitu:

1. Kekuatan dan keawetan (*strength and durability*) lapisan perkerasan dipengaruhi oleh gradasi, ukuran maksimum, kadar lempung, kekerasan dan ketahanan (*toughness and durability*) bentuk butir serta tekstur permukaan.
2. Kemampuan dilapisi aspal dengan baik, yang dipengaruhi oleh porositas, kemungkinan basah dan jenis agregat yang digunakan.
3. Kemudahan dalam pelaksanaan dan menghasilkan lapisan yang nyaman dan aman, yang dipengaruhi oleh tahanan geser (*skid resistance*) serta campuran yang memberikan kemudahan dalam pelaksanaan (*bituminous mix workability*).

**a. Agregat Halus**

Agregat halus adalah suatu bahan yang digunakan untuk campuran aspal, agregat halus dapat berupa pasir alam sebagai hasil disintegrasi alam dari batuan-batuan atau berupa pasir yang dihasilkan dari alat-alat pemecah batu (*stone crusher*).

Agregat halus adalah material yang pada prinsipnya lewat saringan #8 dan tertahan #200, agregat halus juga harus bersih dari lumpur dan bukan bahan organik. Fungsi utama agregat halus adalah sebagai berikut:

1. Mendukung stabilitas dan mengurangi deformasi permanen dari campuran melalui ikatan (*interlicking*) dan gesekan antar partikel.
2. Menambah stabilitas dari campuran dengan memperkokoh sifat saling mengunci dari agregat kasar dan juga untuk mengurangi rongga udara agregat kasar.
3. Semakin kasar tekstur permukaan agregat halus akan menambah stabilitas campuran dan menambah kekasaran permukaan.

**b. Agregat Kasar**

Agregat kasar adalah suatu bahan yang digunakan untuk campuran aspal, agregat kasar dapat berupa kerikil atau splite sebagai hasil disintegasi alam dari batuan-batuan atau berupa batuan yang dihasilkan dari alat-alat pemecah batu (*stone crusher*). Agregat kasar bergradasi baik yaitu agregat yang ukuran butirannya terdistribusi merata dalam satu rentang ukuran butirnya dan fraksi yang tertahan pada saringan #8. Fungsi agregat kasar adalah sebagai berikut:

1. Memberikan stabilitas dalam campuran panas aspal, sebagai pengisi volume mortal sehingga campuran menjadi ekonomis dan meningkatkan ketahanan terhadap kelelahan.
2. Untuk mengunci masing-masing agregat kasar dari tahanan gesek terhadap suatu aksi perpindahan.

### c. Bahan Pengisi(*Filler*)

Bahan pengisi (*filler*) yaitu material yang lolos saringan #200 dan termasuk kapur hidrat, abu terbang, abu batu, dan Portland semen. *Filler* dapat berfungsi untuk mengurangi kepekaan terhadap temperature serta mengurangi jumlah hingga udara dalam campuran, namun jumlah *filler* harus dibatasi pada suatu batas yang menguntungkan.

Terlampau tinggi kasar *filler* maka cenderung menyebabkan campuran menjadi getas dan akibatnya akan mudah retak akibat beban lalulintas. Pada sisi lain kadar *filler* yang terlampau rendah menyebabkan campuran menjadi lembek pada temperatur yang relatif tinggi. Jumlah *filler* ideal antara 0,6 sampai 1,2. Fungsi *filler* dalam campuran aspal adalah sebagai berikut:

1. Sebagai modifikasi dari gradasi pasir yang menimbulkan kepadatan campuran dengan lebih banyak titik kontak antara butiran partikel, hal ini akan mengurangi jumlah aspal yang akan mengisi rongga-rongga yang tersisa dalam campuran.
2. Suatu cara yang baik untuk mempengaruhi kinerja *filler* dengan mempertimbangkan proporsi yang menguntungkan dari komposisi agregat halus, *filler* dan aspal dalam mortal, selanjutnya sifat-sifat mortal ini tergantung pada sifat asli dari pasir, jumlah takaran dalam campuran aspal serta viskositas pada atau bahan pengikat yang digunakan.

## 2. Aspal

Aspal adalah material semen hitam, padat atau setengah padat dalam konsistensinya di mana unsur pokok yang menonjol adalah bitumen yang terjadi secara alam atau yang dihasilkan dengan penyulingan minyak (*Petroleum*). Aspal Petroleum dan aspal liquid adalah material yang sangat penting (Putrowijoyo, 2006).

Menurut *The Asphalt Institute Superpave (1999) Series No.1 (SP-1)*, tonase dari produksi aspal setiap tahunnya bertambah terus-menerus mulai dari 3 juta ton pada tahun 1926 meningkat menjadi 8 juta ton pada tahun 1946, kemudian terjadi peningkatan secara drastis pada tahun 1964 yaitu sebanyak 24 ton. Aspal adalah sistem koloida yang rumit dari material *hydrocarbon* yang terbuat dari *Asphaltenes*, *resin* dan *oil*.

Aspal dibuat dari minyak mentah (*crude oil*) dan secara umum berasal dari sisa organisme laut dan sisa tumbuhan laut dari masa lampau yang tertimbun oleh dan pecahan batu batuan. setelah berjuta juta tahun material organis dan lumpur terakumulasi dalam lapisan lapisan setelah ratusan meter, beban dari beban teratas menekan lapisan yang terbawah menjadi batuan sedimen. Sedimen tersebut yang lama kelamaan menjadi atau terproses menjadi minyak mentah senyawa dasar *hydrocarbon*. Aspal biasanya berasal dari destilasi minyak mentah tersebut, namun aspal ditemukan sebagai bahan alam (misal : asbuton), dimana sering juga disebut mineral (*Shell Bitumen*, 1990).

Fungsi aspal adalah sebagai bahan pengikat aspal dan agregat atau antara aspal itu sendiri, juga sebagai pengisi rongga pada agregat. Daya tahannya (*durability*) berupa kemampuan aspal mempertahankan sifat aspal akibat pengaruh cuaca dan tergantung pada sifat campuran aspal dan agregat.

Sedangkan sifat adhesi dan kohesi yaitu kemampuan aspal mempertahankan ikatan yang baik. Sifat kepekaan terhadap temperaturnya aspal adalah material termoplastik yang bersifat lunak / cair apabila temperaturnya bertambah.

### **3. Lateks**

Lateks adalah getah kental yang didapat dari bidang sadap pohon karet. Getah ini belum mengalami penggumpalan dengan bahan tambah seperti serum Lateks atau tanpa bahan pemantap (zat antikoagulan).

Lateks merupakan emulsi kompleks yang mengandung protein, alkaloid, pati, gula, (poli) terpena, minyak, tanin, resin dan gom. Pada banyak tumbuhan lateks biasanya berwarna putih, namun ada juga yang berwarna kuning, jingga, atau merah.

Susunan bahan lateks dapat dibagi menjadi dua komponen, pertama adalah bagian yang mendispersikan atau memancarkan bahan-bahan yang terkandung secara merata yang disebut serum. Bahan-bahan bukan karet yang terlarut dalam air, seperti protein, garam-garam mineral, enzim dan lainnya termasuk ke dalam serum.

Komponen kedua adalah bagian yang didispersikan, terdiri dari butir-butir karet yang dikelilingi lapisan tipis protein. Bahan bukan karet yang jumlahnya relatif kecil juga mempunyai peran penting dalam mengendalikan kestabilan sifat lateks dan karetnya.

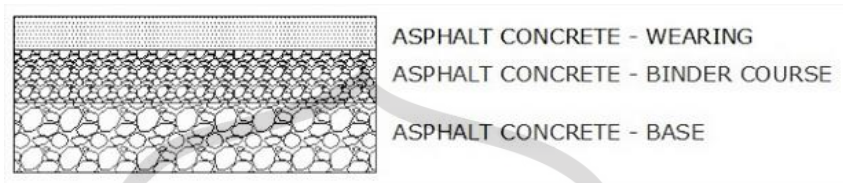
Getah karet memiliki beberapa keunggulan, seperti daya elastis yang baik, plastisitas yang tinggi, mudah dalam pengolahannya, harga yang ekonomis dibandingkan harga aspal, tidak mudah aus (tidak mudah habis karena gesekan) dan tidak mudah panas. Selain itu, getah karet alami juga memiliki daya tahan yang tinggi terhadap keretakan, tahan hentakan yang berulang-ulang, serta daya lengket yang tinggi terhadap berbagai bahan. Sehingga getah karet dapat menambah stabilitas pada perkerasan jalan (Ferdilla,dkk, 2018).

### **C. Karakteristik Campuran Aspal Lapis AC-WC (*Asphalt Concrete - Wearing Course*)**

*Asphalt Concret – Wearing Course* adalah lapisan perkerasan yang terletak paling atas dan berfungsi sebagai lapis aus. Walaupun bersifat non structural, AC-WC dapat menambah daya tahan perkerasan terhadap penurunan mutu sehingga secara keseluruhan menambah masa pelayanan dari konstruksi perkerasan. AC-WC mempunyai tekstur yang paling halus dibandingkan dengan jenis laston lainnya.

Di Indonesia, Aspal beton (*Asphalt Concrete* atau AC) yang disebut juga dengan Laston (Lapisan Aspal Beton) merupakan lapis permukaan struktural atau lapis pondasi atas. Aspal beton terdiri dari tiga macam lapisan,

yaitu Laston Lapis Aus ( *Asphalt Concrete-Wearing Course* atau AC-WC), Laston Lapis Permukaan Antara (*Asphalt Concrete - Binder Course* atau AC-BC) dan Laston Lapis Pondasi (*Asphalt Concrete- Base* atau AC-Base).



Gambar 2.1 Konstruksi LASTON AC-WC, AC-BC, dan AC-Base

Penggunaan AC-WC yaitu untuk lapis permukaan (paling atas) dalam perkerasan dan mempunyai tekstur yang paling halus dibandingkan dengan jenis laston lainnya. Pada campuran laston yang bergradasi menerus tersebut mempunyai sedikit rongga dalam struktur agregatnya dibandingkan dengan campuran bergradasi senjang. Hal tersebut menyebabkan campuran AC-WC lebih peka terhadap variasi dalam proporsi campuran.

Tipe perkerasan ini adalah celah agregat dan aspal sebagai bahan pengikat pada temperatur tertentu. Berdasarkan fungsinya aspal pasir dapat di klasifikasikan juga sebagai berikut:

1. Sebagai lapis permukaan yang tahan terhadap cuaca, gaya geser dan tekanan roda dan memberikan lapis kedap air yang dapat melindungi lapis dibawahnya dari rembesan air.
2. Sebagai lapis pondasi atas.
3. Sebagai lapis pembentuk pondasi, jika dipergunakan pada pekerjaan peningkatan dan pemeliharaan jalan.

Sesuai fungsinya maka lapis aspal beton atau perkerasan lentur mempunyai kandungan agregat dan aspal yang berbeda. Sebagai lapis pondasi, maka kadar aspal yang dikandungnya haruslah cukup sehingga dapat memberikan lapis yang kedap air. Agregat yang dipergunakan agak kasar jika dibandingkan dengan aspal beton yang berfungsi sebagai lapis aus atau lapisan permukaan.

Gradasi agregat dinyatakan dalam persentase berat masing-masing contoh yang lolos pada saringan tertentu. Persentase ini ditentukan dengan menimbang agregat yang lolos atau tertahan pada masing-masing saringan. (Buku 1: Petunjuk umum, Manual Pekerjaan Campuran Beraspal Panas)

Penentuan distribusi ukuran agregat akan mempengaruhi kekakuan jenis campuran aspal. Gradasi rapat akan menghasilkan campuran dengan kekakuan yang lebih besar dibandingkan gradasi terbuka. Dari segi kelelahan, kekakuan adalah suatu hal yang penting karena akan mempengaruhi tegangan dan regangan yang diderita campuran beraspal panas akibat beban dinamik lalu lintas. (Utomo, R. Antarikso, 2008).

Diperlukan pemeriksaan laboratorium mengenai mutu dari agregat itu sendiri. Dengan demikian agregat yang akan dipakai dalam penelitian dapat memenuhi persyaratan yang sesuai dengan syarat yang ditentukan. Sifat agregat memberikan pengaruh yang penting pada campuran beton aspal. Sifat agregat tersebut antara lain adalah gradasi. Gradasi adalah pembagian ukuran agregat.

Gradasi agregat dapat dibedakan menjadi 3 (tiga) macam, yaitu:

1. Gradasi seragam (*uniform gradation*)

Adalah gradasi dengan ukuran butir yang hamper sama.

2. Gradasi baik (*well gradation*)

Adalah agregat yang ukuran butir dari besar ke kecil dengan porsi yang hampir seimbang.

3. Gradasi senjang (*gap gradation*)

Adalah gradasi dimana ada bagian tertentu yang dihilangkan sebagian. Agregat yang digunakan harus memenuhi persyaratan.

**D. Karakteristik Campuran Beraspal**

Menurut Sukirman (2003) menjelaskan bahwa lapis aspal beton (Laston) digunakan untuk jalan-jalan dengan beton lalu lintas berat, laston juga dikenal dengan nama AC (*Asphalt Concret*). Ada tujuh karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh aspal beton sebagai berikut :

1. Tahan terhadap tekanan (*stability*)

Tahan terhadap tekanan adalah kemampuan dari suatu perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk atap seperti gelombang, alur dan *bleending*. Jalan yang melayani volume lalu lintas yang tinggi dan dominan terdiri dari kendaraan berat, membutuhkan suatu perkerasan jalan dengan stabilitas yang tinggi. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi nilai stabilitas aspal beton adalah gesekan internal dan kohesi.

## 2. Keawetan (*durability*)

Keawetan yaitu kemampuan beton aspal untuk menerima repetisi beban lalu lintas seperti berat kendaraan dan gesekan antara roda kendaraan dan permukaan jalan, serta untuk menahan keausan akibat pengaruh cuaca dan iklim, seperti udara, air atau perubahan temperatur. Durabilitas beton aspal dipengaruhi oleh tebalnya film atau selimut aspal, banyaknya pori dalam campuran, kemampuan dan kedap airnya campuran. Semakin tebal film aspal akan mengakibatkan mudah terjadi *bleeding* yang akan menyebabkan jalan semakin licin.

## 3. Kelenturan (*flexibility*)

Kelenturan pada lapisan perkerasan adalah kemampuan lapisan perkerasan untuk dapat mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas berulang tanpa timbulnya retak dan perubahan volume.

## 4. Kekesatan (*Skid Resistance*)

Tahanan geser adalah kesesatan yang diberikan oleh perkerasan sehingga kendaraan tidak mengalami slip baik diwaktu hujan (basah) maupun di waktu kering. Kekesatan dinyatakan dengan koefisien gesek antara permukaan jalan dengan roda kendaraan.

## 5. Ketahanan Kelelahan (*Fatigue Resistance*)

Ketahanan kelelahan adalah ketahanan dari lapis aspal beton dalam menerima beban berulang tanpa terjadinya kelelahan yang berupa alur (*rutting*) dan retak.

## 6. Kedap Air

Kemampuan beton aspal untuk tidak dapat dimasuki air ataupun udara lapisan beton aspal. Air dan udara dapat mengakibatkan percepatan proses penuaan aspal dan pengelupasan selimut aspal dari permukaan agregat.

## 7. Kemudahan Pelaksanaan (*Workability*)

Kemudahan pelaksanaan adalah mudahnya suatu campuran untuk dihampar dan dipadatkan sehingga diperoleh hasil yang memenuhi kepadatan yang diharapkan. *Workability* ini dipengaruhi oleh gradasi agregat.

Ketujuh sifat campuran aspal beton ini tidak mungkin dapat dipenuhi sekaligus oleh satu campuran. Dalam perancangan tebal perkerasan harus diperhatikan sifat-sifat aspal beton yang dominan lebih diinginkan untuk menentukan jenis beton aspal yang dipilih. Jalan yang melayani lalu lintas ringan seperti mobil penumpang sepantasnya lebih memilih jenis beton aspal yang mempunyai sifat durabilitas dan fleksibilitas yang tinggi dari pada memilih jenis beton aspal dengan stabilitas tinggi (leily, 2012)

## E. Kadar Aspal Rencana

Untuk menjamin kadar aspal, rongga udara, stabilitas, kelenturan dan keawetan dapat terpenuhi pembuatan rancangan campuran harus mengikuti ketentuan spesifikasi yang sudah ditentukan. Pengujian campuran di laboratorium harus dilaksanakan dalam tiga langkah dasar yaitu :

1. Memperoleh gradasi agregat yang sesuai.
2. Membuat campuran rencana.
3. Memperoleh persetujuan campuran rencana sebagai rencana campuran kerja.

Perkiraan awal kadar aspal optimum dapat direncanakan setelah dilakukan pemilihan dan pengabungan pada agregat. Sedangkan perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$P_b = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%Filler) + K \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan :

$P_b$  = Kadar aspal rencana awal, % terhadap berat campuran.

$CA$  = persen berat material yang tertahan saringan no.8 (agregat kasar) terhadap berat total campuran.

$FA$  = Persen berat material yang lolos saringan no.8 dan tertahan no. 200 (agregat halus) terhadap berat total campuran.

$F$  = persen berat material yang lolos saringan no. 200 (Filler) Terhadap total campuran.

$K$  = Konstanta berkisar antara 0,5 – 1,0

## F. Analisis Perhitungan Data

### 1. Berat Jenis *Bulk* Agregat Campuran

Agregat yang digunakan untuk membentuk aspal padat, memiliki gradasi tertentu yang mempunyai berat jenis berbeda, sehingga untuk menghitung berat aspal padat dibutuhkan berat jenis agregat campuran, Jika :

$B$  = Berat campuran agregat pembentuk aspal padat.

$B_1, B_2, B_3, \dots, B_n$  = Berat masing-masing fraksi agregat (fraksi 1 sampai dengan fraksi n).

$B$  =  $B_1 + B_2 + B_3 + \dots + B_n$

$P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$  = presentase Berat masing-masing fraksi terhadap berat total agregat campuran.

$B$  =  $P_1 B_1 + P_2 B_2 + P_3 B_3 + \dots + P_n B_n$

$V$  = Volume agregat campuran.

$V_1, V_2, V_3, \dots, V_n$  = Volume dari masing-masing fraksi agregat (fraksi 1 sampai dengan fraksi n).

$G_{ab}$  = Berat jenis *bulk* campuran.

$G_1, G_2, G_3, \dots, G_n$  = Berat jenis *bulk* dari masing-masing fraksi agregat (fraksi 1 sampai dengan fraksi n).

$$V = \frac{B}{G_{ab}} \text{ atau } G_{ab} = \frac{B}{V}$$

$$V_1 = \frac{p_1}{G_1} \cdot B, V_2 = \frac{p_2}{G_2} \cdot B$$

$$G_{ab} = \frac{P_1 \cdot B + P_2 \cdot B + P_3 \cdot B + \dots + P_n \cdot B}{\frac{p_1}{G_1} B + \frac{p_2}{G_2} B + \frac{p_3}{G_3} B + \dots + \frac{p_n}{G_n} B}$$

$G_{ab} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{\frac{p_1}{G_1} + \frac{p_2}{G_2} + \frac{p_3}{G_3} + \dots + \frac{p_n}{G_n}} \dots \dots \dots (2.2)$
--

## 2. Berat Jenis Efektif Agregat Campuran ( $G_{se}$ )

Dengan rumus :

$G_{se} = \frac{100 - P_a}{\frac{100}{G_{mm}} - \frac{P_a}{G_a}} \dots \dots \dots (2.3)$
---

Keterangan :

$G_{se}$  = Berat jenis efektif dari agregat pembentuk aspal padat.

$G_{mm}$  = Berat maksimum dari aspal yang belum dipadatkan.

$P_a$  = Kadar aspal terhadap berat aspal padat.

$G_a$  = Berat jenis aspal.

Nilai  $G_{se}$  umumnya konstan untuk agregat campuran, karena dipengaruhi oleh kemampuan aspal terabsorpsi ke dalam pori dari masing-masing butir agregat.

### 3. Kadar Aspal Yang Terabsorpsi ke dalam Pori Agregat ( $P_{ab}$ )

Banyaknya aspal yang terabsorpsi ke dalam pori butir-butir agregat yang dinyatakan sebagai presentase dari berat campuran agregat.

Dengan rumus :

$$P_{ab} = 100 \cdot G_a \dots \dots \dots (2.4)$$

Keterangan :

$P_{ab}$  = Kadar aspal yang terabsorpsi ke dalam pori butir-butir agregat, % dari berat agregat.

$G_a$  = Berat jenis aspal

### 4. Kadar Aspal Efektif yang Menyelimuti Agregat ( $P_{ae}$ )

Jumlah aspal yang dimasukkan ke dalam campuran aspal padat dikurangi bagian yang terabsorpsi ke dalam pori setiap butir agregat, dinyatakan sebagai presentase terhadap berat aspal padat.

Dengan rumus :

$$P_{ae} = P_a - \frac{P_{ab}}{100} \cdot P_s \% \dots \dots \dots (2.5)$$

Keterangan :

$P_{ae}$  = Kadar aspal efektif yang menyelimuti butir-butir agregat, %  
terhadap berat aspal padat.

$P_a$  = Kadar aspal terhadap berat beton aspal padat %.

$P_s$  = Kadar agregat, % terhadap berat aspal padat.

$P_{ab}$  = Kadar aspal yang terabsorpsi kedalam pori butir agregat, %  
Terhadap berat agregat.

### 5. *Void In The Mix* (VIM)

*Void In The Mix* (VIM) adalah volume pori/rongga di antara partikel agregat yang diselimuti aspal dalam campuran yang telah dipadatkan, yang dinyatakan dalam (%) terhadap volume total campuran.

Dengan rumus :

$$\text{Void In The Mix (VIM)} = \left(100 \times \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}}\right) \% \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan :

VIM = Volume pori di dalam aspal padat, % dari volume *bulk* aspal padat.

$G_{mm}$  = Berat jenis maksimum dari aspal yang belum dipadatkan.

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



Gambar 2.2 Ilustrator *Void In The Mix* (VIM)

## 6. *Void Mineral Aggregate (VMA)*

*Void Mineral Aggregate (VMA)* adalah ruang intergranular yang ditempati oleh aspal dan udara dalam campuran aspal yang dipadatkan. Dalam diagram komponen, ini adalah jumlah volume udara dan volume aspal efektif.

Dengan rumus :

$$\text{Void In Mineral Aggregate (VMA)} = \left(100 - \frac{G_{mb} - P_s}{G_{sb}}\right) \% \dots\dots\dots (2.7)$$

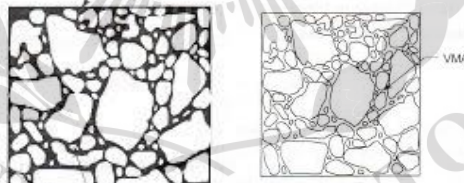
Keterangan :

VMA = Volume pori di dalam aspal padat, % dari volume *bulk* aspal padat.

G<sub>mb</sub> = Berat jenis *bulk* dari aspal padat.

P<sub>s</sub> = Kadar agregat, % terhadap berat aspal.

G<sub>sb</sub> = Berat jenis *bulk* dari agregat pembentuk aspal padat.



Gambar 2.3 Ilustrator *Void In Mineral Aggregate (VMA)*

## 7. *Void Filled With Asphalt (VFA)*

*Void Filled With Asphalt (VFA)* adalah volume pori aspal padat yang terisi oleh aspal volume film atau selimut beton. *Void Filled With Asphalt (VFA)* adalah bagian dari *Void In Mineral Aggregate (VMA)* yang terisi oleh aspal, tidak termasuk di dalam aspal yang terabsorpsi oleh masing-masing butir agregat. Jadi aspal yang mengisi *Void Filled With Asphalt*

(VFA) adalah aspal yang berfungsi untuk menyelimuti butir-butir agregat di dalam aspal padat, atau merupakan presentase volume aspal padat yang menjadi film atau selimut beton.

Dengan rumus :

$$\text{Void Filled With Asphalt (VFA)} = \frac{100 (VMA - VIM)}{VMA} \% \dots\dots\dots(2.8)$$

### G. Uji Marshall

Prinsip dasar dari metode *Marshall* adalah pemeriksaan stabilitas dan kelelahan (*flow*), serta analisis kepadatan dan pori dari campuran padat yang terbentuk. Dalam hal ini benda uji atau briket beton aspal padat dibentuk dari gradasi agregat campuran yang telah didapat dari hasil uji gradasi, sesuai spesifikasi campuran.

Pengujian *Marshall* untuk mendapatkan stabilitas dan kelelahan (*flow*) mengikuti prosedur SNI 06-2489-1991 atau AASHTO T245-90. Dari hasil gambar hubungan antara kadar aspal dan parameter *Marshall*, maka akan diketahui kadar aspal optimumnya.

Setelah pengujian *Marshall*, didapatlah hasilnya berupa nilai stabilitas dan *flow* kemudian data dianalisa dan diambil kesimpulan.

### H. Stabilitas

Nilai stabilitas diperoleh berdasarkan nilai masing-masing yang ditunjukkan oleh jarum dial. Untuk nilai stabilitas, nilai yang ditunjukkan pada jarum dial perlu dikonversikan terhadap alat *Marshall*. Selain itu pada umumnya alat *Marshall* yang digunakan bersatuan Lbf (pound force),

sehingga harus disesuaikan satuannya terhadap satuan kilogram. Selanjutnya nilai tersebut juga harus disesuaikan dengan angka koreksi terhadap ketebalan atau volume benda uji.

Stabilitas merupakan kemampuan lapis keras untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang bekerja di atasnya tanpa mengalami perubahan bentuk tetap seperti gelombang dan alur.

Nilai stabilitas dipengaruhi oleh bentuk, kualitas, tekstur permukaan dan gradasi agregat yaitu gesekan antar butiran agregat dan penguncian antar agregat, daya lekat dan kadar aspal dalam campuran. Penggunaan aspal dalam campuran akan menentukan nilai stabilitas campuran tersebut. Seiring dengan penambahan aspal di atas batas maksimum. Penambahan aspal di atas batas maksimum justru akan menurunkan stabilitas campuran itu sendiri sehingga lapis perkerasan menjadi kaku dan bersifat getas.

#### **I. Kelelehan (*Flow*)**

Nilai *flow* berdasarkan nilai masing-masing yang ditunjukkan oleh jarum dial. Hanya saja untuk alat uji jarum dial *flow* biasanya sudah dalam satuan mm (milimeter), sehingga tidak perlu dikonversikan lebih lanjut.

Kelelehan (*flow*) adalah besarnya deformasi vertikal benda uji yang terjadi pada awal pembebanan sehingga stabilitas menurun, yang menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada lapis perkerasan akibat menahan beban yang diterimanya. Deformasi yang terjadi erat kaitannya dengan sifat-sifat *Marshall* yang lain seperti stabilitas, VIM dan VFA.

Nilai VIM yang besar menyebabkan bekurangnya *interlocking resistance* campuran dan dapat berakibat timbulnya deformasi. Kerapatan campuran yang baik, kadar aspal yang cukup dan stabilitas yang baik akan memberikan pengaruh terhadap campuran beraspal.

#### J. Marshall Quotient (MQ)

Marshall Quotient adalah hasil dari nilai stabilitas yang dibagi dengan nilai flow.

Dengan rumus :

$$\text{MQ} = \frac{\text{MS}}{\text{MF}} \% \quad \dots\dots\dots (2.9)$$

Keterangan :

MS = *Marshall Stability*

MF = *Marshall Flow* (kelelehan)