

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Penelitian Terdahulu**

Penelitian ini dikembangkan dengan menggunakan beberapa referensi yang berhubungan dengan obyek pembahasan. Penggunaan referensi ini ditujukan untuk memberikan batasan-batasan sistem yang nantinya dapat dikembangkan lebih lanjut. Dengan mengacu kepada referensi yang digunakan diharapkan pengembangan sistem nantinya dapat membuat suatu sistem baru yang belum ada pada referensi sebelumnya.

Fauzie Nursandah, Moch. Zaenuri (2019) melakukan penelitian tentang pemanfaatan getah karet (lateks) pada campuran aspal AC-WC sebagai bahan tambah dengan kadar 3%, 5%, 7%, 9%, dan 11% dari total berat aspal dan menggunakan lateks dari Nganjuk.

Andi Afriaziz, Nusa Sebayang, Ester Priskasari (2019) tentang pengaruh penambahan karet alam pada campuran aspal beton lapis aus dengan *filler fly ash* dengan menggunakan variasi kadar aspal 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, dan 7% dan didapatkan Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 6% kemudian divariasikan dengan kadar karet alam sebesar 6%, 7%, 8%, 9%, dan 10%. Semua hasil pengujian pada KAO sebesar 8% memenuhi persyaratan spesifikasi AC-WC yang telah ditetapkan oleh peraturan Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga 2018.

Barkah Wahyu Yudianto dan Mochamad Isa Faisal (2020) tentang perubahan karakteristik aspal karet pen 60/70 dengan substansi getah karet alam Pangkalan Balai, Sumatera Selatan dengan kadar karet alam 0%, 2,5%, 5%, dan 7,5% dari nilai pengujian disimpulkan bahwa kadar getah karet alam 5% memenuhi spesifikasi aspal modifikasi.

Pramono, Karminto, Sophia Ayu Lestari (2020) tentang pengaruh penggunaan getah karet terhadap stabilitas *Marshall* pada campuran *AC-Base* dengan variasi getah karet 0%, 2%, 4% dan 6% terhadap berat aspal serta kadar aspal yang direncanakan adalah 4%, 4,5%, 5%, 5,5% dan 6%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa campuran *AC-Base* dengan penambahan getah karet sebanyak 4%

memenuhi persyaratan.

Joti Asri, Febrina Dian Kurniasari, Bunyamin (2022) melakukan penelitian tentang pemanfaatan getah karet untuk substitusi aspal modifikasi lapisan AC-WC dengan metode basah dengan persentase getah karet 3%, 6%, 9%, 12%, 15%. Diperoleh substitusi terbaik adalah presentase getah karet 6% dengan kadar aspal 5,50%.

## **2.2 Aspal**

Aspal adalah material yang berwarna hitam atau coklat tua dan berfungsi sebagai bahan pengikat, pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat, sebagian besar terbentuk dari unsur hidrokarbon yang disebut bitumen, sehingga seringkali aspal disebut pula bituminous material. Bitumen 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. Bitumen dapat berupa aspal, tar, atau pitch. Aspal dapat diperoleh di alam ataupun merupakan residu dari pengilangan minyak bumi, tar adalah hasil kondensat dalam destilasi destruktif dari batubara, minyak bumi, kayu, atau material organik lainnya, sedangkan pitch diperoleh sebagai residu dari destilasi fraksional tar.

Tar dan pitch tidak diperoleh di alam, namun merupakan produk kimiawi. Dari ketiga jenis bitumen tersebut di atas, hanya aspal yang umum digunakan untuk sebagai bahan pembentuk perkerasan jalan, sehingga seringkali bitumen disebut sebagai aspal. Aspal bersifat termoplastis yaitu mencair jika dipanaskan dan kembali membeku jika temperatur turun. Sifat ini digunakan dalam proses konstruksi perkerasan jalan. Banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 4 - 10% berdasarkan berat campuran, atau 10 - 15% berdasarkan volume campuran (Tondi, 2020).

### **2.2.1 Jenis-Jenis Aspal**

Berdasarkan sumbernya jenis aspal terdiri dari (PUSBIN KPK PU, 2005):

#### **1. Aspal Alam**

Aspal alam terbentuk bilamana minyak mentah bumi naik ke permukaan bumi

melalui celah-celah kulit bumi. Akibat sinar matahari dan angin maka minyak ringan dan gas menguap dan meninggalkan residu yang plastis dan hitam disebut aspal. Kebanyakan aspal alam bercampur-baur dengan mineral seperti lempung tanah, pasir sampai kerikil yang terbawa saat minyak bumi mengalir ke cekungan permukaan bumi. Aspal alam terdapat di Trinidad, Venezuela dan pulau Buton.

## 2. Aspal Minyak (*Petroleum Asphalt*)

Dari hasil destilasi minyak mentah bumi akan diperoleh berbagai jenis minyak seperti: bensin, solar, minyak tanah, dsb. Residu dari hasil destilasi ini adalah aspal, namun aspal ini masih lunak yaitu mempunyai penetrasi sekitar 300. Setelah melalui proses semi *blown* baru diperoleh aspal penetrasi 60/70 dan aspal keras (*asphalt cement*) jenis lainnya.

Adapun jenis aspal berdasarkan jenisnya (PUSBIN KPK PU, 2005) yakni:

### 1. Aspal Keras

Aspal keras adalah aspal yang dalam temperatur kamar berbentuk padat dan keras. Aspal jenis ini dirancang dengan memilih penetrasi, kekerasan yang sesuai untuk pelaksanaan, iklim dan jenis lalu lintas, dari suatu perkerasan. Penetrasi adalah masuknya jarum standar dengan beban 100 gram (termasuk berat jarum), dalam temperatur 25°C selama 5 detik. Contoh: Pen 40/50; Pen 60/70. Semakin rendah nilai penetrasinya semakin keras aspalnya. Aspal minyak diperoleh dari penyulingan minyak mentah bumi dengan penguapan dan destilasi dalam berbagai tahap kondensasi. Aspal keras berbeda dengan aspal cair di mana aspal keras harus dipanaskan untuk mencapai kondisi mencair sedangkan aspal cair sudah dalam kondisi cair pada temperatur kamar sehingga diperlukan bahan pelarut untuk aspal cair.

### 2. Aspal Cair

Terdapat 3 jenis aspal cair yaitu:

#### a. Aspal cair penguapan lambat (*slow curing liquid asphalt*)

Aspal cair jenis ini berupa residu yang mengandung sedikit minyak berat atau campuran antara aspal jenis ini berupa residu yang mengandung sedikit minyak berat atau campuran antara aspal keras dengan minyak residu. Untuk

mencapai kelecakan (*workability*) yang lebih baik maka aspal jenis ini harus dipanaskan dan umumnya digunakan untuk campuran dingin. Contoh: SC-800.

b. Aspal cair penguapan sedang (*medium curing liquid asphalt*)

Aspal cair jenis ini diperoleh dengan mencairkan aspal keras dengan minyak tanah. Aspal jenis ini sudah berbentuk cair dalam temperatur kamar dan umumnya digunakan untuk *prime coat*. Contoh: MC-250.

c. Aspal cair penguapan cepat (*rapid curing liquid asphalt*)

Aspal cair jenis ini diperoleh dengan mencairkan aspal keras dengan bensin bensin. Karena penguapan bensin jauh lebih cepat dari minyak tanah maka aspal cair ini dikenal dengan nama aspal cair penguapan cepat. Umumnya digunakan untuk *tack coat*. Contoh: RC-70.

Angka yang lebih tinggi menunjukkan aspal cair lebih kental, misalnya RC-250 lebih kental dari RC-70, angka ini menunjukkan syarat viskositas kenematik minimum dari aspal cair tersebut.

### 3. Aspal Emulsi

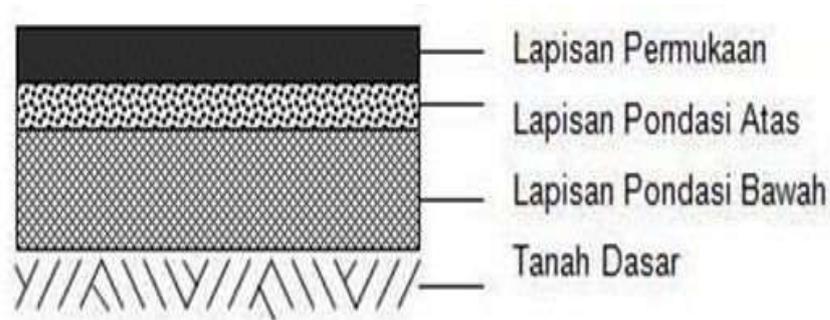
Jika air dicampur dengan minyak maka keduanya akan memisah. Agar tercampur dalam suspensi maka diperlukan bahan ketiga seperti sabun yang ditambahkan untuk memperlambat pemisahan. Dalam hal yang sama, aspal keras dan air dicampur dengan menggunakan bahan pengemulsi untuk memperlambat pemisahan. Terdapat banyak bahan pengemulsi baik organik maupun anorganik seperti lempung koloidal, silika yang dapat maupun yang tidak dapat dilarutkan, sabun, minyak sayur sulfonat. Jika aspal emulsi *breaks up* atau *sets up*, maka air mengalir atau menguap meninggalkan aspal. Penanganan aspal emulsi harus diperhatikan khusus agar reaksi dini akibat tekanan, panas atau dingin yang berlebihan tidak terjadi. Kecepatan reaksi sangat ditentukan oleh jumlah dan jenis bahan pengemulsi yang digunakan.

## 2.3 Lapisan-Lapisan Aspal Beton

Spesifikasi laston dibagi menjadi beberapa bagian yaitu (Bina Marga Devisi 6, 2018):

1. Laston sebagai lapisan aus, dikenal dengan nama AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*), diameter butir maksimal 19,0 mm, bertekstur halus.
2. Laston sebagai lapisan antara/pengikat, dikenal dengan nama AC-BC (*Asphalt Concrete - Binder Course*), diameter butir maksimal 25,4 mm bertekstur sedang.
3. Laston sebagai lapisan pondasi, dikenal dengan nama AC-Base (*Asphalt Concrete - Base*), diameter butir maksimal 37,5 mm, bertekstur kasar.

Setiap jenis lapisan aspal beton masing-masing memiliki ketentuan ketebalan.



Gambar 2.1 Lapisan Aspal Beton  
(<https://dpupr.grobogan.go.id>)

#### 2.4 Lapisan *Asphalt Concrete - Wearing Course* (AC-WC)

Beton aspal adalah jenis perkerasan jalan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal, dengan atau tanpa bahan tambahan. Material-material pembentuk beton aspal dicampur di instalasi pencampur pada suhu tertentu, kemudian diangkut ke lokasi, dihamparkan dan dipadatkan. Suhu pencampuran ditentukan berdasarkan jenis aspal yang akan digunakan.

Salah satu produk campuran aspal yang kini banyak digunakan oleh Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah adalah AC-WC (*Asphalt Concrete - Wearing Course*) atau Lapis Aus Aspal Beton. Penggunaan AC-WC yaitu untuk lapis permukaan (paling atas) dalam perkerasan dan mempunyai tekstur yang paling halus dibandingkan dengan jenis laston lainnya.

Tabel 2.1 Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Laston (AC)

Sifat - Sifat Campuran		Laston		
		Lapis Aus	Lapis Antara	Fondasi
Jumlah tumbukan per bidang		75		112
Rasio partikel lolos ayakan 0,075 mm dengan kadar aspal efektif	Min.	0,6		
	Maks.	1,2		
Rongga dalam campuran (%)	Min.	3,0		
	Maks.	5,0		
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min.	15	14	13
Rongga terisi Aspal (%)	Min.	65	65	65
Stabilitas <i>Marshall</i> (kg)	Min.	800		1800
Pelelehan (mm)	Min.	2		3
	Maks.	4		6
Stabilitas <i>Marshall</i> sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C	Min.	90		
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (refusal)	Min.	2,0		

(Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018)

## 2.5 Kadar Aspal Rencana

Parameter dan formula untuk menganalisa campuran aspal panas adalah sebagai berikut:

### 1. Berat Jenis *Bulk* Beton Aspal Padat ( $G_{mb}$ )

Berat Jenis *Bulk* dari Beton Aspal Padat ( $G_{mb}$ ) dapat diukur dengan mempergunakan hukum Archimedes, yaitu:

$$G_{mb} = \frac{\text{berat benda uji kering}}{\text{berat benda uji kering permukaan jenuh} - \text{berat benda uji dalam air}} \dots\dots(2.1)$$

Catatan : untuk keperluan praktis nilai ini adalah juga berat isi campuran

### 2. Berat Jenis Maksimum Beton Aspal yang Belum Dipadatkan ( $G_{mm}$ )

Berat jenis maksimum dari campuran beton aspal yang belum dipadatkan ( $G_{mm}$ ) adalah berat jenis campuran beton aspal tanpa ada udara, yang diperoleh dari pemeriksaan di laboratorium.

$$G_{mm} = \frac{100}{\frac{P_s}{G_{se}} + \frac{P_b}{G_b}} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana:

- $G_{mm}$  = Berat jenis maksimum campuran  
 $P_b$  = Jumlah aspal, % terhadap total berat campuran  
 $P_s$  = Jumlah agregat, % terhadap total berat campuran  
 $G_b$  = Berat jenis aspal  
 $G_{se}$  = Berat jenis efektif agregat

### 3. Perhitungan Jumlah Kadar Aspal yang Terserap

$$P_{ba} = 100 \frac{G_{se} - G_{sb}}{G_{sb} \cdot G_{se}} G_b \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana:

- $P_{ba}$  = aspal yang terserap, % berat terhadap berat agregat  
 $G_{se}$  = berat spesifik agregat  
 $G_{sb}$  = berat jenis *bulk* agregat  
 $G_b$  = berat spesifik aspal

### 4. Perhitungan Efektif Jumlah Aspal dalam Campuran

$$P_{be} = P_b - \frac{P_{ba}}{100} P_s \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana:

- $P_{be}$  = jumlah aspal efektif, % terhadap total berat campuran  
 $P_b$  = jumlah aspal, % terhadap total berat campuran  
 $P_{ba}$  = aspal yang diserap, % berat terhadap berat agregat  
 $P_s$  = jumlah agregat, % terhadap total berat campuran

### 5. Volume Pori dalam Agregat Campuran (VMA)

Volume pori dalam agregat campuran (VMA = *Voids in the mineral aggregate*), adalah banyaknya pori diantara butir-butir agregat di dalam beton aspal padat, dinyatakan dalam persentase.

Jika komposisi campuran ditentukan berdasarkan Berat Total Campuran

$$VMA = 100 - \frac{G_{mb} \cdot P_s}{G_{sb}} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana:

$G_{mb}$  = berat jenis *bulk* campuran

$P_s$  = jumlah agregat, % terhadap total berat campuran

$G_{sb}$  = berat jenis efektif agregat

Jika komposisi campuran ditentukan sebagai persentase dari berat total agregat.

$$VMA = 100 - \frac{G_{mb}}{G_{sb}} \times \frac{100}{100 + P_{as}} \quad \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana:

VMA = volume pori antara agregat di dalam beton aspal padat, % dari volume *bulk* beton aspal padat

$G_{mb}$  = berat jenis *bulk* campuran

$P_{as}$  = jumlah aspal, % berat terhadap total berat campuran

$G_{sb}$  = berat jenis efektif agregat

#### 6. Volume Pori dalam Beton Aspal Padat (VIM)

Banyaknya pori yang berada dalam beton aspal padat (VIM) adalah banyaknya pori diantara butir-butir agregat yang diselimuti aspal. VIM dinyatakan dalam persentase terhadap volume beton aspal padat. Dasar perhitungan berdasarkan volume beton aspal padat = 100 cm<sup>3</sup>.

$$VIM = \left( 100 \times \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}} \right) \quad \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana:

$G_{mm}$  = berat jenis maksimum campuran

$G_{mb}$  = berat jenis *bulk* campuran

#### 7. Volume Pori Antara Butir Agregat Terisi Aspal (VFA)

Banyaknya pori-pori antara butir agregat (VMA) di dalam beton aspal padat, yang terisi oleh aspal, dinyatakan sebagai VMA. Persentase pori antara butir agregat yang terisi aspal dinamakan VFA. Jadi, VFA adalah bagian dari VMA yang terisi oleh aspal, tidak termasuk di dalamnya aspal yang terabsorpsi oleh masing-masing butir agregat. Dengan demikian, aspal yang mengisi VFA inilah yang merupakan persentase volume beton aspal padat yang menjadi film atau

selimut aspal. Dasar perhitungan dilakukan berdasarkan volume beton aspal padat = 100 cm<sup>3</sup>.

$$VFA = \frac{100 (VMA - VIM)}{VMA} \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana:

VFA = volume pori antara butir agregat yang terisi aspal % dari VMA

VMA = volume pori antara butir agregat di dalam beton aspal padat, % dari volume beton *bulk* beton aspal padat

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

#### 8. Berat Jenis *Bulk* Agregat Campuran ( $G_{sb}$ )

Agregat yang digunakan untuk membentuk beton aspal padat, memiliki gradasi tertentu yang biasanya diperoleh dari pencampuran beberapa fraksi agregat yang tersedia di lokasi. Masing-masing agregat mempunyai berat jenis yang berbeda sehingga untuk menghitung berat beton aspal padat dibutuhkan berat jenis agregat campuran.

$$G_{sb} = \frac{100}{\left(\frac{P_1}{G_1} + \frac{P_2}{G_2} + \dots + \frac{P_n}{G_n}\right)} \dots\dots\dots(2.9)$$

Jika:

$P_1, P_2, \dots, P_n$  = persentase berat tiap jenis agregat

$G_{sb}$  = berat jenis *bulk* agregat campuran

$G_1, G_2, \dots, G_n$  = spesifikasi berat tiap jenis agregat

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

Berat jenis maksimum dari beton aspal yang belum dipadatkan,  $G_{mm}$  dapat ditentukan di laboratorium. Dasar perhitungan dilakukan berdasarkan berat beton aspal belum dipadatkan = 100 gram.

Jadi:

$$G_{se} = \frac{100}{\left(\frac{P_1}{G_{e1}} + \frac{P_2}{G_{e2}} + \dots + \frac{P_n}{G_{en}}\right)} \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana:

$P_1, P_2, \dots, P_n$  = persentase berat tiap jenis agregat

$G_{se}$  = berat jenis efektif agregat

$G_1, G_2, \dots, G_n$  = spesifikasi berat tiap jenis agregat

## 2.6 Agregat

Agregat adalah material granular, misalnya pasir, kerikil, batu pecah, dan kerak tungku pijar, yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk suatu beton atau adukan semen hidrolik (SNI 03-2847-2002).

### 2.6.1 Agregat Kasar

Spesifikasi umum agregat kasar adalah (bina marga, 2018):

1. Fraksi agregat kasar untuk rancangan campuran adalah yang tertahan ayakan No. 4 (4,75 mm) yang dilakukan secara basah dan harus bersih, keras, awet dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dkehendaki lainnya dan memenuhi ketentuan yang diberikan pada tabel 2.2.
2. Fraksi agregat kasar harus dari batu pecah mesin dan disiapkan dalam ukuran nominal sesuai dengan jenis campuran yang direncanakan.
3. Agregat kasar harus mempunyai angularitas seperti yang disyaratkan dalam tabel 2.2. Angularitas agregat kasar didefinisikan sebagai persen terhadap berat agregat yang lebih besar dari 4,75 mm dengan muka bidang pecah satu atau lebih berdasarkan uji SNI 7619:2012.
4. Fraksi agregat kasar harus ditumpuk terpisah dan harus dipasok ke instalasi pencampur aspal dengan menggunakan pemasok penampung dingin (*cold bin feeds*) sedemikian rupa sehingga gradasi gabungan agregat dapat dikendalikan dengan baik.

Tabel 2.2 Ketentuan-Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian		Metoda Pengujian	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap Larutan	natrium sulfat	SNI 3407:2008	Maks. 12 %
	magnesium sulfat		Maks. 18 %
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran AC Modifikasi dan SMA	100 putaran	Maks. 6 %
		500 putaran	Maks. 30 %
	Semua jenis campuran beraspal bergradasi	100 putaran	Maks. 8 %
		500 putaran	Maks. 40 %
Kelekatan agregat terhadap Aspal		SNI 2439:2011	Min. 95 %
Butir Pecah pada agregat kasar	SMA	SNI 7619:2012	100/90
	Lainnya		95/90
Partikel pipih dan lonjong	SMA	ASTM D4791-10 Perbandingan 1 : 5	Maks. 5%
	Lainnya		Maks. 10%
Material lolos ayakan No. 200		SNI ASTM C 117:2012	Maks. 1 %

(Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018)

### 2.6.2 Agregat Halus

Spesifikasi umum agregat halus adalah (bina marga, 2018):

1. Agregat halus dari sumber bahan manapun, harus terdiri dari pasir atau hasil pengayakan batu pecah dan terdiri dari bahan yang lolos ayakan No. 4 (4,75 mm).
2. Fraksi agregat halus pecah mesin dan pasir harus ditempatkan terpisah dari agregat kasar.
3. Agregat pecah halus dan pasir harus ditumpuk terpisah dan harus dipasok ke instalasi campuran aspal dengan menggunakan pemasok penampung dingin

(*cold binfeeds*) yang terpisah sehingga gradasi gabungan dan presentase pasir di dalam campuran dapat dikendalikan dengan baik.

4. Pasir alam dapat digunakan dalam campuran AC sampai suatu batas yang tidak melampaui 15% terhadap berat total campuran.

Agregat halus harus merupakan bahan yang bersih, keras, bebas dari lempung, atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya. Batu pecah halus harus diperoleh dari batu yang memenuhi ketentuan mutu.

Tabel 2.3 Ketentuan-Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Metoda Pengujian	Nilai
Nilai Setara Pasir	SNI 03-4428-1997	Min. 50 %
Uji Kadar Rongga Tanpa Pemadatan	SNI 03-6877-2002	Min. 45
Gumpalan Lempung dan Butir-butir Mudah Pecah dalam Agregat	SNI 03-4141-1996	Maks. 1 %
Agregat Lolos Ayakan No. 200	SNI ASTM C117: 2012	Maks. 10 %

(Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018)

### 2.6.3 Gradasi Agregat

Gradasi atau susunan butir adalah distribusi dari ukuran agregat. Distribusi ini bervariasi dan dapat dibedakan menjadi tiga yaitu gradasi sela (*gap grade*), gradasi menerus (*continous grade*) dan gradasi seragam (*uniform grade*). Untuk mengetahui gradasi tersebut dilakukan pengujian melalui analisa ayak sesuai dengan Standar Nasional Indonesia.

MHB atau biasa disebut modulus halus butir adalah jumlah persen tertinggal kumulatif pada tiap-tiap ayakan dari suatu seri ayakan yang ukuran lubangnya berbanding dua kali lipat, dimulai dari ayakan lubang 0,15 mm, dibagi 100. Makin besar nilai MHB suatu agregat berarti semakin besar butiran agregatnya (semakin kasar). MHB pasir sebagai agregat halus berkisar antara 1,50 sampai 3,80, kerikil 5,0 sampai 8,0. Sedangkan MHB campuran agregat halus dan kasar sebesar 5,0 sampai 6,0.

Gradasi adalah distribusi partikel-partikel berdasarkan ukuran agregat yang saling mengisi sehingga terjadinya suatu ikatan yang saling mengunci (Bukhari, 2007).

Tabel 2.4 Batas Gradasi Agregat Halus (*British Standard*)

Lubang Ayakan (mm)	Berat butir yang lewat ayakan dalam persen			
	Zona I	Zona II	A Zona III	Zona IV
10	100	100	100	100
4.8	90-100	90-100	90-100	95-100
2.4	60-95	75-200	85-100	95-100
1.2	30-70	55-90	75-100	90-100
0.6	15-34	35-59	60-79	80-100
0.3	5-20	8-30	12-40	15-50
0.15	0-10	0-10	0-10	0-15

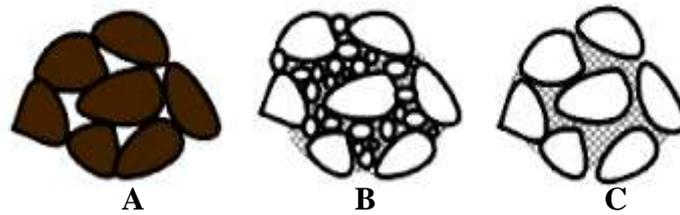
(Sumber: Tri Mulyono, 2004)

Keterangan:

- Daerah gradasi I = Pasir Kasar
- Daerah gradasi II = Pasir Agak Kasar (tidak halus dan tidak kasar)
- Daerah gradasi III = Pasir Agak Halus
- Daerah gradasi IV = Pasir Halus

Gradasi agregat dapat dibedakan menjadi (Sukirman, 2003):

- a. Gradasi seragam (*uniform graded*) adalah agregat dengan ukuran yang hampir sama/sejenis. Gradasi seragam disebut juga gradasi terbuka (*open graded*) karena hanya mengandung sedikit agregat halus sehingga terdapat banyak ruang/rongga kosong antara agregat. Agregat dengan gradasi seragam akan menghasilkan lapisan perkerasan dengan sifat permeabilitas tinggi, stabilitas kurang, berat volume kecil.
- b. Gradasi rapat (*dense graded*) merupakan campuran agregat kasar dan halus dalam porsi yang berimbang sehingga dinamakan juga agregat bergradasi baik (*well graded*).
- c. Gradasi buruk/jelek (*poorly graded*) merupakan campuran agregat yang tidak memenuhi dua kategori di atas. Gradasi ini disebut juga gradasi senjang dan akan menghasilkan lapisan perkerasan yang mutunya terletak antara kedua jenis di atas.



Gambar 2.2 Macam-Macam Gradasi Agregat  
(<https://slideplayer.info>)

Tabel 2.5 Gradasi Agregat Gabungan untuk Campuran Aspal

Ukuran Ayakan (mm)	% Berat yang Lolos Terhadap Total Agregat dalam Campuran								
	Latasir (SS)		Lastaston (HRS)				Laston (AC)		
			Gradasi Senjang		Gradasi Semi Senjang				
	Kelas A	Kelas B	WC	Base	WC	Base	WC	BC	Base
37,5									100
25								100	90-100
19	100	100	100	100	100	100	100	90-100	76-90
12,5			90-100	90-100	87-100	90-100	90-100	75-90	60-78
9,5	90-100		75-85	65-90	55-88	55-70	77-90	66-82	52-71
4,75							53-69	46-64	35-54
2,36		75-100	50-72	35-55	50-62	32-44	33-53	30-49	23-41
1,18							21-40	18-38	13-30
0,600			35-60	15-35	20-45	15-35	14-30	12-28	10-22
0,300					15-35	5-35	9-22	7-20	6-15
0,150							6-15	5-13	4-10
0,075	10-15	8-13	6-10	2-9	6-10	4-8	4-9	4-8	3-7

(Sumber: Spesifikasi Umum Divisi VI, Bina Marga, 2010)

## 2.7 Bahan Pengisi (*Filler*) untuk Campuran Beraspal

Spesifikasi umum bahan pengisi (*filler*) adalah (bina marga,2018):

1. Bahan pengisi yang ditambahkan (*filler added*) dapat berupa debu batu kapur (*limestone dust*), atau debu kapur padam atau debu kapur magnesium atau dolomit yang sesuai dengan AASHTO M303-89 (2014), atau semen atau abu

terbang tipe C dan F yang sumbernya disetujui oleh Pengawas Pekerjaan. Bahan pengisi jenis semen hanya diizinkan untuk campuran beraspal panas dengan bahan pengikat jenis aspal keras Pen 60/70.

2. Bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan dan bila diuji dengan pengayakan sesuai SNI ASTM C136:2012 harus mengandung bahan yang lolos ayakan No. 200 (75 *micron*) tidak kurang dari 75% terhadap beratnya.
3. Bahan pengisi yang ditambahkan (*filer added*), untuk semen harus dalam rentang 1% sampai dengan 2% terhadap berat total agregat dan untuk bahan pengisi lainnya harus dalam rentang 1% sampai dengan 3% terhadap berat total agregat. Khusus untuk *Stone Matrix Asphalt* (SMA) tidak dibatasi kadarnya tetap tidak boleh menggunakan semen.

## 2.8 Getah Karet (Vulutex)

Getah karet alam dapat diperoleh dari tanaman *Hevea Brasiliensis* yang menghasilkan getah karet berupa cairan berwarna putih ketika permukaan kulit pohonnya disadap. Getah karet merupakan emulsi kompleks yang mengandung protein, alkaloid, pati, gula, (poli) terpena, minyak, tannin, resin dan gom. Pada banyak tumbuhan karet biasanya berwarna putih, namun ada juga yang berwarna kuning, jingga, atau merah (Promono dkk, 2020).

Vulutex adalah partikel karet alam yang didispersi dalam air dan telah dijual secara komersial. Bentuknya terkonsentrasi menjadi bahan padat (karet dan non karet) biasanya dengan kadar 55%. Kadar air dalam produk vulutex adalah sebesar 40 – 43%. Material penyusun Vulutex selain lateks karet alam adalah 0,2 – 0,6% ammonia dan 2 – 3% surfaktan (Balai Penelitian Teknologi Karet, 2019).



Gambar 2.3 Vulatex  
(<https://plantage.id/>)

## 2.9 Karakteristik *Marshall*

Karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh campuran aspal beton panas adalah sebagai berikut:

### 1. Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan suatu campuran aspal untuk menerima beban sampai terjadi kelelahan plastis yang dinyatakan dalam satuan kilogram atau *pound*. Kelelahan plastis artinya keadaan di mana material tidak mampu kembali ke bentuk semula, misalkan plastik yang ditarik tidak dapat kembali ke keadaan semula, berbeda dengan karet yang jika ditarik kemudian dilepaskan akan kembali ke bentuk semula. Nilai stabilitas ini diperoleh dari hasil pembacaan langsung pada alat *Marshall Test* sewaktu pengujian *Marshall*. Nilai yang terbaca tersebut kemudian dikoreksi dengan faktor koreksi terhadap alat *Marshall* yang dipakai dan faktor koreksi volume benda uji.

### 2. *Flow*

*Flow* atau bisa disebut kelelahan adalah perubahan bentuk plastis suatu campuran aspal yang terjadi akibat beban sampai batas runtuh yang dinyatakan dalam mm atau 0,1". Nilai *flow* juga diperoleh dari hasil pembacaan pada alat *Marshall Test* sewaktu melakukan pengujian *Marshall*.

3. *Void in Mix* (VIM)

VIM adalah volume total udara yang berada di antara partikel agregat yang terselimuti aspal dalam suatu campuran yang telah dipadatkan, dan dinyatakan dalam persen *volume bulk*.

4. *Void in Mineral Aggregate* (VMA)

VMA adalah volume rongga yang terdapat diantara butir-butir agregat dari suatu campuran beraspal yang telah dipadatkan, termasuk di dalamnya adalah rongga udara dan rongga yang terisi aspal efektif, VMA dinyatakan dalam % volume.

5. *Void Filled with Bitumen* (VFB)

VFB adalah bagian dari volume rongga di dalam agregat atau *Void in Mineral Aggregate* (VMA) yang terisi aspal efektif, dinyatakan dalam % volume.

6. Indeks Kekuatan Sisa (IKS)

Indeks kekuatan sisa dianalisis dari data-data hasil pengujian terhadap sifat- sifat mekanik benda uji (stabilitas dan *flow*) dibagi dalam 2 kelompok. Kelompok 1 diuji stabilitas *Marshall* nya dengan peredaman air pada suhu 60° selama waktu T1 dan kelompok kedua diuji setelah peredaman pada suhu 60° selama T2.