

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Landasan Teori**

##### **2.1.1. Jalan**

Jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel (Peraturan Pemerintah Nomor 34 Tahun 2006). Dapat disimpulkan jika jalan merupakan prasarana transportasi meliputi segala bagiannya serta berada dipermukaan, diatas, dan dibawah tanah sebagai lalu lintas kendaraan darat. Sedangkan pendefinisian jalan terdapat beberapa macam menurut jenisnya, sebagai berikut.

##### **2.1.1.1. Jalan Menurut Sistem Jaringan**

Mengutip dari Peraturan Pemerintah Nomor 34 Tahun 2006, mengenai jalan menurut sistem jaringannya, yaitu:

1. .Sistem jaringan jalan primer merupakan sistem jaringan jalan dengan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk pengembangan semua wilayah ditingkat nasional, dengan menghubungkan semua simpul jasa distribusi yang berwujud pusat-pusat kegiatan.
2. Sistem jaringan jalan sekunder merupakan sistem jaringan jalan dengan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk masyarakat di dalam kawasan perkotaan.

### **2.1.1.2. Jalan Menurut Fungsinya**

Mengutip dari Peraturan Pemerintah Nomor 34 Tahun 2006, mengenai jalan menurut fungsinya, yaitu:

1. Jalan arteri merupakan jalan umum yang berfungsi melayani dengan ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rerata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara berdaya guna.
2. Jalan kolektor merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan pengumpul atau pembagi dengan ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rerata sedang, dan jumlah jalan masuk dibatasi.
3. Jalan lokal merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan setempat dengan ciri perjalanan jarak dekat, dan kecepatan rerata rendah.
4. Jalan lingkungan merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan lingkungan dengan ciri perjalanan jarak dekat, dan kecepatan rerata rendah.

### **2.1.1.3 Jalan Menurut Statusnya**

Menurut yang dikutip dari Peraturan Pemerintah Nomor 34 Tahun 2006, jalan menurut statusnya, yaitu:

1. Jalan nasional merupakan jalan arteri dan jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan antar ibukota provinsi, dan jalan strategis nasional serta jalan tol.
2. Jalan provinsi merupakan jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primeryang menghubungkan ibukota provinsi dengan ibukota kabupaten/kota, atau antar ibukota kabupaten/kota, dan jalan strategis provinsi.

3. Jalan kabupaten merupakan jalan lokal dalam sistem jaringan jalan primeryang menghubungkan ibukota kabupaten dengan ibukota kecamatan, antaribukota kecamatan, ibukota kabupaten dengan pusat kegiatan lokal, antarpusat kegiatan lokal, serta jalan umum dan sistem jaringan sekunder dalamwilayah kabupaten, dan jalan strategis kabupaten.
4. Jalan kota merupakan jalan umum dalam sistem jaringan jalan sekundayang menghubungkan antar pusat pelayanan dalam kota, menghubungkan pusat pelayanan dengan persil, menghubungkan antar persil, serta menghubungkan antar pusat pemukiman yang berada di dalam kota.e.Jalan desa merupakan jalan umum yang menghubungkan kawasan dan atauantar pemukiman di dalam desa, serta jalan lingkungan.

### **2.1.2. Perkerasan Jalan**

Perkerasan jalan adalah upaya yang dilakukan dalam rangka melapisi jalan dengan berbagai komposisi campuran agar dapat menopang beban yang berlalu di atasnya. Menurut Tenriajeng (2002) dalam bukunya menjelaskan bahwa perkerasan jalan adalah campuran antara agregat yang digunakan untuk melayani beban lalu lintas. Agregat yang dipakai: batu pecah, batu belah, batu kali, hasil samping peleburan baja. Bahan ikat yang digunakan: aspal, semen, tanah liat. Dan Menurut Sukirman (2003) perkerasan jalan adalah lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, yang berfungsi memberikan pelayanan kepada transportasi, dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti. Sedangkan menurut Saodang (2005), struktur perkerasan merupakan gabungan dari komposisi bahan, yang masing-masing

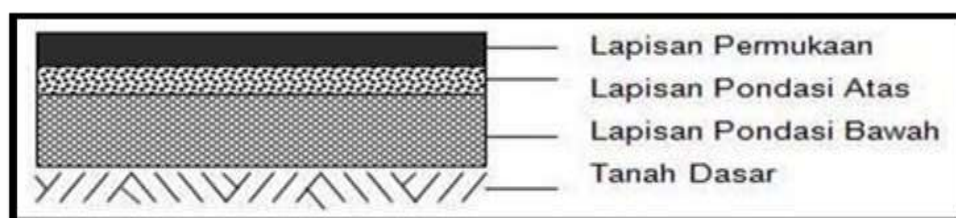
berbeda elastisitasnya. Dari ketiga definisi tersebut dapat dinyatakan jika perkerasan jalan adalah lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan yang terdiri dari campuran agregat yang masing-masing beda elastisitasnya untuk melayani beban lalu lintas.

### 2.1.2.1. Jenis-Jenis Perkerasan Jalan

Dari yang dikutip dari Sukirman & Silvia (1999), menyebutkan konstruksi jalan berdasarkan bahan pengikatnya, yaitu antara lain:

#### 1. Konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*)

Konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*) adalah lapis perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan ikat antar material. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan meneruskan serta menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar. Perkerasan lentur (*flexibel pavement*) merupakan perkerasan yang terdiri atas beberapa lapis perkerasan. Susunan lapisan perkerasan lentur secara ideal antara lain lapis tanah dasar (*subgrade*), lapisan pondasi bawah (*subbase course*), lapisan pondasi atas (*base course*), dan lapisan permukaan (*surface course*). Susunan perkerasan jalan yang digunakan pada umumnya terdiri dari 3 (tiga) lapisan diatas tanah dasar (*sub grade*) seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.1. Susunan Perkerasan Lentur

Sumber: Bina marga no.03/MN/B/1983

#### 1) Lapisan Permukaan (*Surface Course*)

Lapisan permukaan adalah bagian perkerasan yang terletak pada bagian paling atas dari struktur perkerasan lentur. Lapisan permukaan terdiri dari dua lapisan yakni :

- a. Lapisan teratas disebut lapisan penutup (*Wearing course*)
- b. Lapisan kedua disebut lapisan pengikat (*Blinder Course*)

Perbedaan antara lapisan penutup dan lapisan pengikat hanyalah terletak pada komposisi campuran aspalnya, dimana mutu campuran pada lapisan penutup lebih baik daripada lapisan pengikat. Lapisan aspal merupakan lapisan yang tipis tetapi kuat dan bersifat kedap air.

Adapun fungsi dari lapisan permukaan tersebut adalah :

- 1) Sebagai bagian dari perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban-beban roda kendaraan yang melintas di atasnya.
- 2) Sebagai lapisan kedap air untuk melindungi badan jalan dari kerusakan akibat cuaca.
- 3) Sebagai lapisan aus (*Wearing Course*).
- 4) Sebagai lapisan yang menyebarkan beban ke bagian bawah (struktural), sehingga dapat dipikul oleh lapisan yang mempunyai daya dukung lebih jelek.

Bahan untuk lapis permukaan umumnya sama dengan bahan untuk lapis pondasi dengan persyaratan yang lebih tinggi. Penggunaan bahan aspal diperlukan agar lapisan dapat bersifat kedap air, disamping itu bahan aspal sendiri memberikan bantuan tegangan tarik, yang berarti mempertinggi daya dukung lapisan terhadap beban roda. Pemilihan bahan untuk lapis permukaan perlu mempertimbangkan

kegunaan, umur rencana serta pentahapan konstruksi agar dicapai manfaat sebesar-besarnya dari biaya yang dikeluarkan.

#### 2) Lapisan Pondasi Atas (*Base Course*)

Lapisan pondasi atas adalah bagian dari perkerasan terletak antara lapisan permukaan dan lapisan pondasi bawah. Adapun fungsi dari lapisan pondasi atas adalah :

- a. Sebagai bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban rodadan menyebarkan beban ke lapisan dibawahnya.
- b. Sebagai lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawah.
- c. Sebagai bantalan terhadap lapisan permukaan.

#### 3) Lapisan Pondasi Bawah (*Sub Base Course*)

Lapisan pondasi bawah adalah bagian perkerasan yang terletak antara lapisan pondasi atas dan lapisan tanah dasar (*sub grade*). Adapun fungsi dari lapisan pondasi bawah adalah :

- a. Sebagai bagian dari perkerasan untuk menyebarkan beban roda ke tanahdasar.
- b. Untuk mencapai efisiensi penggunaan material yang relatif murah agar lapisan diatasnya dapat dikurangi ketebalannya, untuk menghemat biaya.
- c. Sebagai lapisan peresapan, agar air tanah tidak mengumpul pada pondasi.
- d. Sebagai lapisan pertama agar pekerjaan dapat berjalan lancar.
- e. Sebagai lapisan untuk mencegah partikel-partikel halus dari tanah dasarnaik kelapisan pondasi atas.

#### 4) Lapisan Tanah Dasar (*Sub Grade*)

Lapisan tanah dasar adalah merupakan tanah asli, tanah galian atau tanah

timbunan yang merupakan dasar untuk perletakan bagian-bagian perkerasan jalan. Kekuatan dan keawetan dari konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung dari sifat dan daya dukung tanah dasar. Umumnya persoalan tentang tanah dasar adalah:

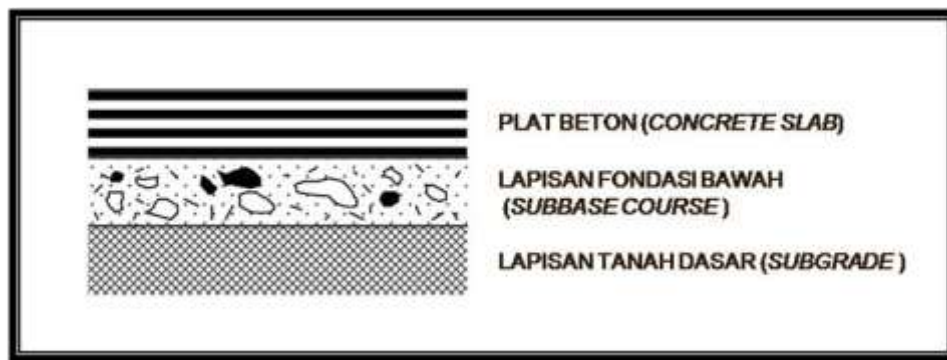
- a. Perubahan bentuk tetap (deformasi) permanen dari macam tanah tertentu akibat beban lalu lintas.
- b. Sifat mengembang dan menyusut dari tanah tertentu akibat perubahan kadar air yang terkandung didalamnya
- c. Daya dukung tanah dasar yang tidak merata dan sukar ditentukan secara pasti pada daerah dan macam tanah yang berbeda sifat dan kedudukannya atau akibat pelaksanaannya
- d. Perbedaan penurunan akibat terdapatnya lapisan-lapisan tanah lunak dibawah tanah dasar akan mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk tetap.

Kriteria tanah dasar (*sub grade*) yang perlu dipenuhi adalah :

- a. Kepadatan lapangan tidak boleh kurang dari 95% kepadatan kering maksimum dan 100% kepadatan kering maksimum untuk 30 cm langsung dibawah lapis perkerasan.
  - b. Air Voids setelah pemadatan tidak boleh lebih dari 10% untuk timbunan tanah dasar dan tidak boleh lebih dari 5% untuk lapisan 60 cm paling atas
  - c. Pemadatan dilakukan bila kadar air tanah berada dalam rentang kurang 3% sampai lebih dari 1% dari kadar air optimum (AASHTO T99).
2. Kontruksi Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*).

Konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*) adalah lapis perkerasan yang

menggunakan semen sebagai bahan ikat antar materialnya. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan diatas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas dilimpahkan ke pelat beton, konstruksi ini jarang digunakan karena biaya yang cukup mahal, tetapi biasanya digunakan pada proyek-proyek jalan layang.



Gambar 2.2. Susunan Perkerasan Kaku

Sumber: Bina marga no.03/MN/B/1983

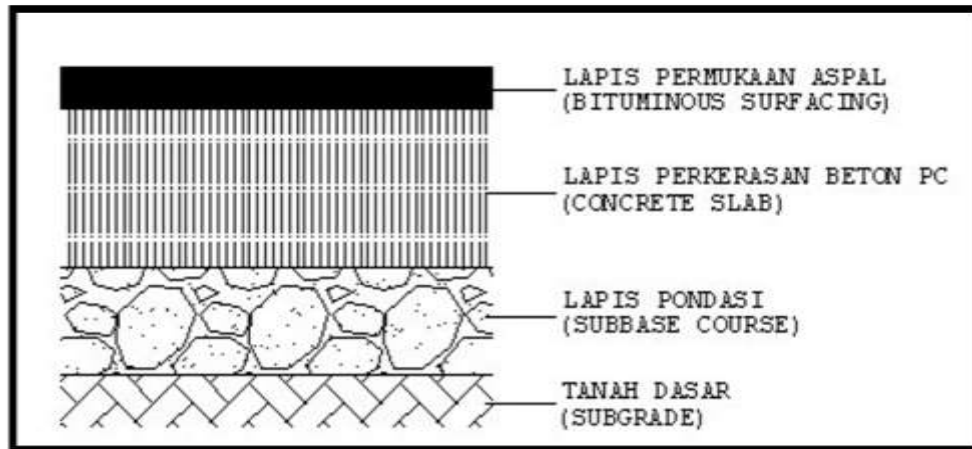
Karena beton akan segerah mengeras setelah dicor, dan pembuatan beton tidak dapat menerus, maka pada perkerasan ini terdapat sambungan-sambungan beton atau joint. Pada perkerasan ini juga slab beton akan ikut memikul beban roda, sehingga kualitas beton sangat menentukan kualitas pada *rigid pavement*.

### 3. Konstruksi perkerasan komposit (*composite pavement*).

Perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur dapat berupa perkerasan lentur diatas perkerasan kaku. Perkerasan komposit merupakan gabungan konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*) dan lapisan perkerasan lentur (*flexible pavement*) di atasnya, dimana kedua jenis perkerasan ini bekerja sama dalam memikul beban lalu lintas. Untuk ini maka perlu ada persyaratan



ketebalanperkerasan aspal agar mempunyai kekakuan yang cukup serta dapat mencegah retak refleksi dari perkerasan beton di bawahnya.



Gambar 2.3. Susunan Perkerasan Komposit

*Sumber: Bina marga no.03/MN/B/1983*

Perbedaan utama antara perkerasan kaku dan lentur diberikan pada Tabel 2.1 dibawah ini.

Tabel 2.1. Perbedaan antara perkerasan lentur dan perkerasan kaku.

No.	Perbedaan	Perkerasan lentur	Perkerasan kaku
1.	Bahan Pengikat	Aspal	Semen
2.	Repetisi Beban	Timbul Rutting (lendutan pada jalur roda)	Timbul retak-retak pada permukaan
3.	Penurunan Tanah Dasar	Jalan bergelombang (mengikuti tanah dasar)	Bersifat sebagai balok diatas perletakan

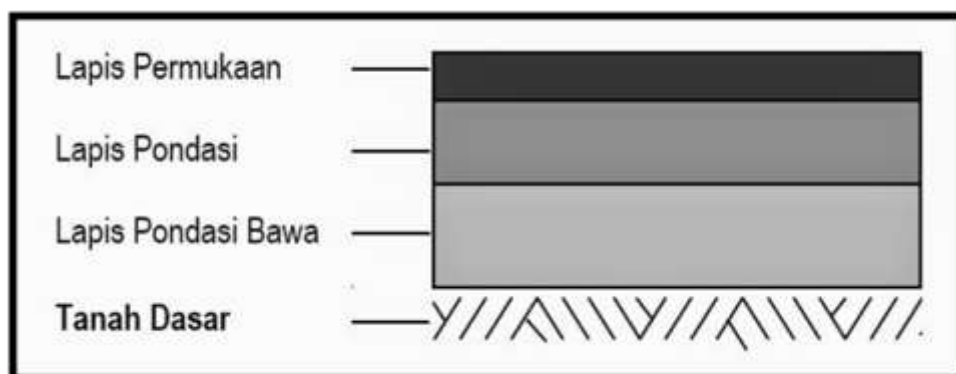
4.	Perubahan Temperature	Modulus kekakuan berubah. Timbul tegangan dalam yang kecil	Modulus kekakuan tidak berubah. Timbul tegangan dalam yang besar
----	--------------------------	---	--

Sumber : Sukirman, S., (1992), *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Penerbit Nova, Bandung.

#### 2.1.2.2. Lapisan Perkerasan

Lapisan perkerasan adalah sebuah lapisan perkerasan pada jalan yang berfungsi menyalurkan beban atau melayani beban lalu lintas ke tanah dasar. Lapisan konstruksi perkerasan secara umum yang biasa digunakan di Indonesia menurut Sukirman (1999) terdiri dari :

- Lapisan permukaan (*surface course*).
- Lapisan pondasi atas (*base course*).
- Lapisan pondasi bawah (*sub-base course*).
- Lapisan tanah bawah (*sub-grade*).



Gambar 2.4. Bagian Lapisan Konstruksi Perkerasan Jalan

Sumber: Bina marga no.03/MN/B/1983

1. Lapisan Permukaan (*surface course*).

Lapisan permukaan adalah lapisan yang terletak paling atas yang berfungsi sebagai lapis perkerasan penahan beban roda, lapis kedap air, lapis aus dan lapisan yang menyebarkan beban ke lapisan bawah. Jenis lapisan permukaan yang umum digunakan di Indonesia adalah lapisan bersifat non structural dan bersifat structural.

2. Lapisan Pondasi Atas (*base course*).

Lapisan pondasi atas adalah lapisan perkerasan yang terletak diantara lapisan pondasi bawah dan lapisan permukaan yang berfungsi sebagai penahangaya lintang dari beban roda, lapisan peresapan dan bantalan terhadap lapisan permukaan.

3. Lapisan Pondasi Bawah (*subbase course*).

Lapisan pondasi bawah adalah lapisan perkerasan yang terletak antara lapisan pondasi atas dan tanah dasar. Fungsi lapisan pondasi bawah yaitu:

- a) Bagian dari konstruksi perkerasan untuk menyebarkan beban roda ke tanah dasar.
- b) Efisiensi penggunaan material.
- c) Mengurangi tebal lapisan di atasnya yang lebih mahal.
- d) Lapis perkerasan.
- e) Lapisan pertama agar pekerjaan dapat berjalan lancar.
- f) Lapisan untuk partikel-partikel halus dari tanah dasar naik ke lapisan pondasi atas.

#### 4. Lapisan Tanah Dasar

Lapisan tanah dasar adalah tanah permukaan semula, permukaan tanah galian ataupun tanah timbunan yang dipadatkan dan merupakan permukaan dasar untuk perletakan bagian-bagian perkerasan yang lain. Ditinjau dari muka tanah asli, maka tanah dasar dibedakan atas :

- a) Lapisan tanah dasar berupa tanah galian.
- b) Lapisan tanah dasar berupa tanah timbunan.
- c) Lapisan tanah dasar berupa tanah asli.

#### **2.1.2.3. Lapisan Beraspal**

Dikutip dari Departemen Pekerjaan Umum Spesifikasi 2010 divisi 6 Revisi 3, menuangkan bahwa jenis-jenis campuran beraspal terdiri dari :

##### 1. Lapis Tipis Aspal Pasir *Sand Sheet See* Kelas A dan B

Lapis Tipis Aspal (Latasir) yang selanjutnya disebut SS, terdiri dari dua jenis campuran, SS-A dan SS-B. Pemilihan SS-A dan SS-B tergantung pada tebal nominal minimum. Latasir biasanya memerlukan penambahan filler agar memenuhi kebutuhan sifat-sifat yang disyaratkan.

##### 2. Lapisan Tipis Aspal Beton *Hot Rolled Sheed*, HRS

Lapisan Tipis Aspal Beton (Lataston) yang selanjutnya disebut HRS, terdiri dari dua jenis campuran, HRS Pondasi (*HRS-Base*) dan HRS Lapisan Aus (*HRS Wearing Crouse, HRS-WC*) dan ukuran maksimum agregat masing-masing campuran adalah 19 mm. HRS-Base mempunyai proporsi fraksi agregat kasar lebih besar daripada HRS-WC.

### 3. Lapisan Aspal Beton *Asphalt Concrete (AC)*

Lapisan Aspal Beton (Laston) yang selanjutnya disebut AC, terdiri dari tiga jenis campuran, AC Lapisan Aus (AC-WC), AC Lapisan Antara (*AC-Binder Crouse, AC-BC*), dan AC Lapisan Pondasi (*AC-Base*) dan ukuran maksimum agregat masing-masing campuran adalah 19 mm, 25.4 mm, 37.5mm. Setiap jenis campuran AC yang mengandung bahan aspal polymeratau aspal dimodifikasi dengan aspal alam disebutmasing-masing sebagai *AC-WC Modified, AC-BC Modified, dan AC-Base Modified*.

Adapun tebal nominal minimum beserta dengan simbol untuk masing-masing lapisan beraspal telah ditentukan dan tercantum pada tabel :

Tabel.2.2 Spesifikasi Lapisan Aspal Beton Menurut Bina Marga 2010

<b>Jenis Campuran</b>		<b>Simbol</b>	<b>Tebal Nominal Minimum (cm)</b>
Latasir Kelas A		SS-A	1,5
Latasir Kelas B		SS-A	2,0
Lataston	Lapisan Aus	HRS-WC	3,0
	Lapisan Pondasi	HRS-Base	3,5
Laston	Lapisan Aus	AC-WC	4,0
	Lapisan Antara	AC-BC	6,0
	Lapisan Pondasi	AC-Base	7,5

*Sumber : Bina Marga 2010*

Tabel 2.3. Ketentuan Sifat Aspal Beton (AC Mod) Menurut Bina Marga 2010.

Sifat Campuran		Nilai
Jumlah Tumbukan		75 kali
Stabilitas	Min.	2500 Kg
Pelelehan	Min	2 mm
	Max.	4 mm

Sumber : Bina Marga 2010

### 2.1.3. Aspal Beton

#### 2.1.3.1. Pendefinisian Aspal Beton

Beton Aspal (Hotmix) yaitu sejenis perkerasan fasilitas jalan terdiri atas campuran agregat, dengan dan tanpa bahan tambahan. Material-material beton aspal dicampur pada suhu tertentu, kemudian diangkut, dan dihamparkan, kemudian dipadatkan. Suhu akan ditentukan berdasarkan jenis aspal yang digunakan (Silvia Sukirman, 2003). Pada pencampuran, aspal harus dipanaskan demi memperoleh tingkat keenceran (*viskositas*) tinggi agar didapat mutu baik dan kemudahan pada saat pelaksanaan. Pemilihan jenis aspal ditentukan atas dasar iklim, kepadatan lalu lintas hingga jenis konstruksi yang digunakan.

Salah satu produk campuran beton aspal yang banyak dipakai adalah *Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)*/ Lapis Aus Aspal Beton. AC-WC merupakan salah satu dari beberapa macam campuran lapis aspal beton antara lain AC-Base, AC-BC, dan AC-WC. Beberapa jenis *Asphalt Concrete* tersebut adalah spesifikasi campuran beraspal yang disempurnakan oleh Bina Marga bersama-sama dengan Pusat Litbang Jalan. Dalam perencanaan spesifikasi baru menggunakan pendekatan

kepadatan absolut. Penggunaan AC-WC adalah untuk lapis permukaan, dalam perkerasan dan memiliki tekstur yang paling lembut aadri jenis *Asphalt Concrete* lainnya. Ada tujuh karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh beton aspal yaitu antara lain stabilitas, keawetan, kelenturan atau fleksibilitas, ketahanan terhadap kelelahan, ketahanan geser, kedap air dan kemudahan pelaksanaan. Di bawah ini adalah penjelasan dari ketujuh karakteristik tersebut: (Silvia sukirman,2003).

1. *Stabilitas*

yaitu kekuatan campuran aspal sebagai penahan deformasi yang diakibatkan beban tetap dan berulang-ulang tanpa mengalami keruntuhan dan keretakan pad jalan dengan volume lalu lintas yang tinggi .

2. *Durabilitas*

Yaitu ketahanan campuran aspal dari pengaruh cuaca, air, perubahan suhu, maupun keausan akibat gesekan roda kendaraan pada campuran aspal.

3. *Fleksibilitas* (kelenturan)

yaitu kemampuan lapisan aspal agar mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas berulang tanpa mengalami retak.

4. *Kekesatan* (*skid resistance*)

Yaitu kemampuan perkerasan aspal menyajikan permukaan yang cukup melekat sehingga kendaraan yang melaluinya tidak slip, baik diwaktu hujan maupun kering.

5. *Kedap air* (*impremeabilitas*)

Yaitu kemampuan beton aspal untuk tidak kemasukan air maupun udara.

6. *Ketahanan leleh* (*fatigue resistance*)

yaitu kemampuan aspal beton untuk menahan beban berulang.

### 7. *Workabilitas*

yaitu kemudahan campuran aspal dalam pelaksanaan.

Dari sifat aspal beton, tidak akan semua didapat pada satu campuran. Karena beberapa sifat aspal beton terdapat yang kontras, maka itu sebabnya sifat-sifat itu yang digunakan untuk membedakan karakteristik campuran pada aspal beton.

#### 2.1.3.2. Bahan Campuran Beton Aspal

Campuran beton aspal ialah pengkombinasian material bitumen dengan agregat yang merupakan permukaan perkerasan yang biasa dipergunakan akhir-akhir ini. Karakteristik campuran aspal diperoleh dari berbagai analisis hasil perancangan serta pengujian yang dilaksanakan saat pencampuran dan pemadatan. Material aspal dipakai pada semua jenis jalan, merupakan bagian dari lapis beton aspal jalan kelas 1 hingga kebawah. Material bitumen adalah hidrokarbon yang bisa larut dalam karbon disulfat. (Rian Putrowijoyo,2006).

Tabel 2.4. Ketentuan sifat-sifat Campuran Beton Aspal

Sifat-sifat Campuran		<i>Asphalt Concrete</i>					
		WC		BC		Base	
		Halus	Kasar	Halus	Kasar	Halus	Kasar
Kadar aspal efektif	Min.	5,1	4,3	4,3	4	4	3,5
Penyerapan aspal, %	Maks.	1,2					
Jumlah tumbukan perbidang		75				112 <sup>(1)</sup>	
Rongga dalam campuran (VIM) % (2)	Min.	3					
	Maks.	5					
Rongga dalam agregat (VMA) %	Min.	15		14		13	
Rongga terisi aspal (VFB) %	Min.	65		63		60	

Tabel 2.4. Lanjutan



Stabilitas Marshall, Kg	Min.	800	1800 <sup>(1)</sup>
Pelelehan, mm	Min.	3	4,5 <sup>(1)</sup>
<i>Marshall Quotient</i> , kg/mm	Min.	250	300
Stabilitas <i>Marshall</i> sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C <sup>(3)</sup>	Min.	90	
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (refusal) <sup>(4)</sup>	Min.	2	

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Divisi 6 Perkerasan Aspal

Tabel 2.5. Ketentuan sifat-sifat Campuran Beton Aspal Dengan Asbuton

Sifat-sifat Campuran		<i>Asphalt Concrete</i>		
		WC	BC	Base
		Mod	Mod	Mod
Penyerapan aspal, %	Maks.	1,7		
Jumlah tumbukan perbidang		75	112	
Rongga dalam campuran (VIM) %	Min.	3,5		
	Maks.	5,5		
Rongga dalam agregat (VMA) %	Min.	15	14	13
Rongga terisi aspal (VFB) %	Min.	65	63	60
Stabilitas Marshall, Kg	Min.	1000		1800
Pelelehan, mm	Min.	3		5
<i>Marshall Quotient</i> , kg/mm	Min.	300		500
Stabilitas <i>Marshall</i> sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C	Min.	80		
Rongga dalam campuran pada kepadatan membal (refusal),%	Min.	2,5		

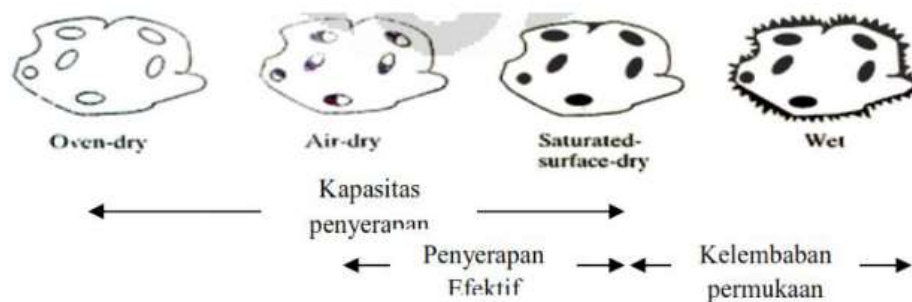
Sumber: Pedoman Pemanfaatan Asbuton Departemen Pekerjaan Umum Bina Marga, 2006.

### 1. Agregat

Menurut Silvia Sukirman (2003) agregat merupakan butiran-butiran batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lain, baik yang berasal dari alam maupun buatan yang berbentuk mineral padat berupa ukuran besar maupun kecil atau fragmen-fragmen. Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan, yaitu 90–95% agregat berdasarkan persentase berat, atau 75–85% agregat berdasarkan

persentase volume. Dengan demikian kualitas perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain.

Sifat agregat merupakan salah satu penentu kemampuan perkerasan jalan memikul beban lalu lintas dan daya tahan terhadap cuaca. Butiran agregat dapat menyerap air dan menahan lapisan air tipis dipermukaannya. Berdasarkan kemampuan tersebut, agregat dapat dibagi kedalam 4 kondisi kelembaban seperti terlihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5. Kondisi kelembaban agregat

Sumber: Gloria patricia manurung, Universitas Indonesia, 2012.

Keterangan:

1. *Oven-dry* (OD), partikel tidak lagi memiliki kelembaban karena proses pemanasan oven pada suhu  $100\pm 5^{\circ}\text{C}$  sampai berat tetap. Seluruh pori tidak berisi.
2. *Air-dry* (AD), seluruh partikel air telah dihilangkan dari permukaan agregat, akan tetapi bagian dalam butiran terisi air sebagian.
3. *Saturated-surface-dry* (SSD). Seluruh pori partikel telah terisi air, dengan permukaan yang kering.
4. Basah, seluruh pori agregat dan permukaannya dilapisi oleh air.

Berdasarkan gambar 2.5. disimpulkan jika penyerapan agregat adalah jumlah maksimum air yang dapat diserap partikel agregat, yang dihasilkan dari persamaan sebagai berikut:

$$\text{Penyerapan Agregat Kasar} = \frac{Bj - Bk}{Bk} \times 10\%$$

$$\text{Penyerapan Agregat Halus} = \frac{Bs}{(B + Bs - Bt)} \times 10\%$$

Keterangan:

B: Berat piknometer + air (gram)

Bt: Berat piknometer + benda uji + air (gram)

Bs: Berat sample (gram)

Bj: Berat sample kering permukaan jenuh (SSD)

Bk: berat sample kering oven

Pemeriksaan berat jenis agregat berdasarkan perbandingan berat karena lebih teliti, yang selanjutnya hasil dari pengukuran berat jenis tersebut digunakan sebagai perencanaan campuran agregat dengan aspal. Adapun macam-macam dari berat jenis agregat sebagai berikut:

1. Berat Jenis Curah (*Bulk Specific Gravity*)

Adalah berat jenis yang diperhitungkan terhadap seluruh volume pori yang ada, berat jenis curah dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Berat Jenis } Bulk \text{ agregat kasar} = \frac{Bk}{Bj - Ba}$$

$$\text{Berat Jenis } Bulk \text{ agregat halus} = \frac{Bk}{B + Bs - Bt}$$

Keterangan:

Bk: Berat benda uji kering oven(gram)

Bs: Berat sample (gram)

Bt:Berat piknometer + benda uji + air (gram)

Bj: Berat sample kering permukaan jenuh/SSD (gram)

Ba: Berat uji kering permukaan jenuh didalam air (gram)

## 2. Berat jenis Kering permukaan jenuh (SSD)

Adalah berat jenis yang memperhitungkan volume pori yang hanya diresapi oleh aspal ditambah dengan volume partikel, yang dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Berat jenis SSD agregat kasar} = \frac{Bj}{Bj - Ba}$$

$$\text{Berat jenis SSD agregat halus} = \frac{Bs}{B + Bs - Bt}$$

Keterangan:

Bs: Berat sample (gram)

B: Berat piknometer + air (gram)

Bt:Berat piknometer + benda uji + air (gram)

Bj: Berat sample kering permukaan jenuh/SSD (gram)

Ba: Berat uji kering-permukaan jenuh didalam air (gram)

## 3. Berat jenis semu

Adalah berat jenis yang memperhitungkan volume partikel saja tanpa memperhitungkan volume pori yang dapat dilewati air. Persamaan yang digunakan dalam perhitungan berat jenis semu sebagai berikut:

$$\text{Berat Jenis Semu agregat kasar} = \frac{Bk}{Bk - Ba}$$

$$\text{Berat Jenis Semu agregat halus} = \frac{Bk}{B + Bk - Bt}$$

Keterangan:

Bk: Berat benda uji kering oven(gram)

B: Berat piknometer + air (gram)

Bt: Berat piknometer + benda uji + air (gram)

Bj: Berat sample kering permukaan jenuh/SSD (gram)

Ba: Berat uji kering-permukaan jenuh didalam air (gram)

Berikut adalah klasifikasi serta syarat agregat kasar, halus maupun filler yang dapat digunakan dalam campuran aspal:

a. Agregat kasar

Fraksi agregat kasar untuk rancangan adalah yang tertahan saringan No. 4 (4,75mm) dan haruslah bersih, keras, awet dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya dan memenuhi persyaratan pada tabel 2.6.

Tabel 2.6. Persyaratan Agregat Kasar

Jenis Pemeriksaan	Metode Pengujian	Persyaratan
Berat Jenis <i>Bulk</i>	SNI 03-1969-1990	Min. 2,5
Berat Jenis SSD		
Berat Jenis Semu		
Penyerapan, %	SNI 03-1969-1990	Maks. 3%
Abrasi dengan mesin <i>Los Angeles</i>	SNI 03-2417-2008	Maks.40%
Material lolos Saringan No.200	SNI 03-1968-1990	Maks 1%

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Devisi 6 Perkerasan Aspal

b. Agregat halus

Agregat halus dari sumber bahan manapun, yang terdiri dari pasir dan terdiri dari bahan lolos saringan No.4 (4,75 mm) serta tertahan saringan No.200 (0,075) sesuai SNI 03-6819-2002. Agregat halus harus memenuhi ketentuan pada Tabel 2.

Tabel 2.7. Persyaratan Agregat Halus

Jenis Pemeriksaan	Metode Pengujian	Persyaratan
Berat Jenis <i>Bulk</i>	SNI 03-1969-1990	Min. 2,5
Berat Jenis SSD		
Berat Jenis Semu		
Penyerapan, %	SNI 03-1969-1990	Maks. 3%
Kadar Lempung	SNI 03-4142-2008	Maks 1%

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Divisi 6 Perkerasan Aspal

c. Bahan pengisi (*Filler*)

Filler sebagai bahan pengisi dapat menggunakan debu, semen, fly ash atau mineral yang berasal dari asbuton dan sumbernya disetujui oleh direksi pekerjaan. *Filler* harus memenuhi ketentuan sebagaimana ditunjukkan pada tabel 2.8.

Tabel 2.8. Persyaratan *Filler*

No	Jenis Pemeriksaan	Metode Pengujian	Persyaratan
1	Lolos saringan no.200 (0,075 mm)	SNI 03-1968-1990	Min 75%
2	Berat Jenis	SNI 03-2531-1991	3,0-3,2

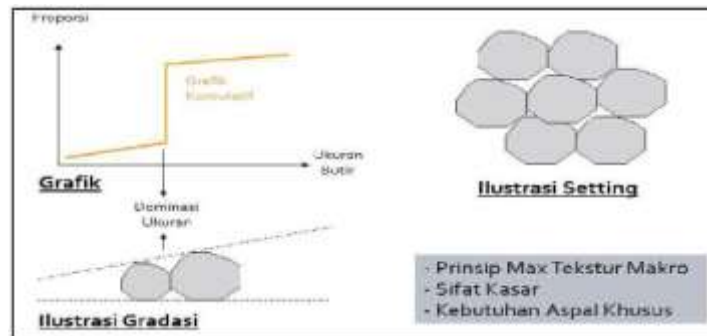
Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Divisi 6 Perkerasan Aspal

d. Gradasi Agregat

Menurut silvia sukirman, 2003 gradasi agregat adalah susunan butir agregat sesuai ukurannya. Ukuran butir agregat didapat melewati pemeriksaan analisa saringan. Yang dibedakan menjadi 3 macam distribusi, yaitu:

## 1. Gradasi Seragam

Agregat ini mempunyai senggang atau pori-pori pada antar butir yang cukup luas, sehingga sering disebut agregat bergradasi terbuka. Ilustrasi dari agregat bergradasi seragam, sebagai berikut:

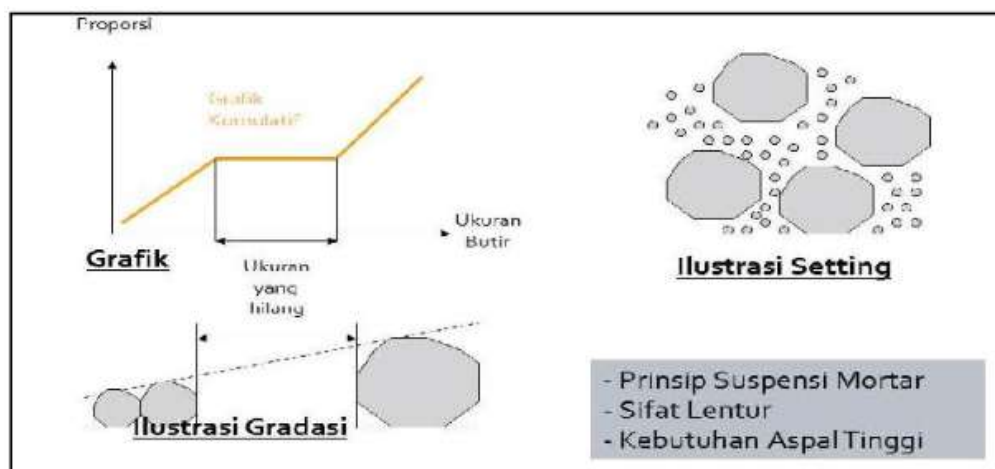


Gambar 2.6. Ilustrasi Gradasi Seragam

Sumber: <http://www.gloopic.net/berita/idtsvA9u3xt15VQF>

## 2. Gradasi Senjang

Gradasi senjang merupakan gradasi dengan agregat yang tidak memiliki ukuran yang tak sama rata dan memiliki sela. Berikut ilustrasi dari agregat bergaradasi senjang.

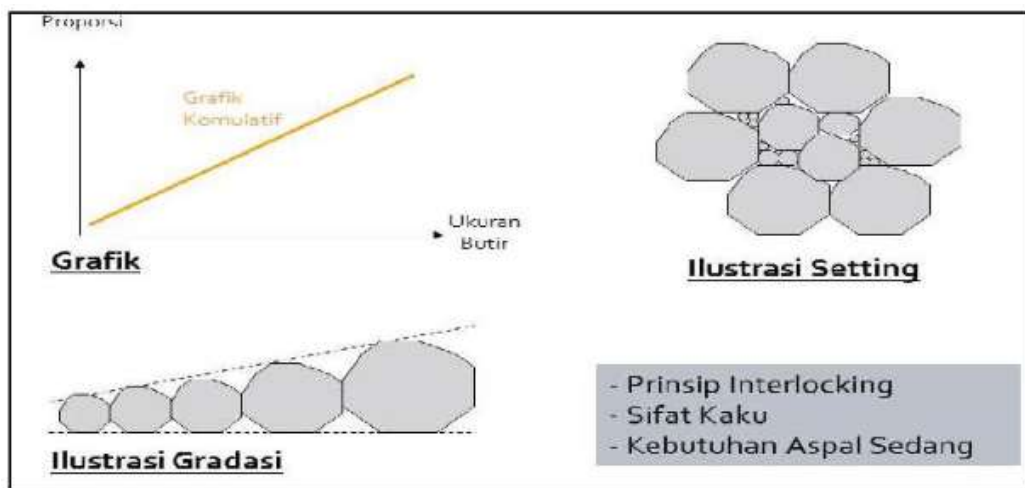


Gambar 2.7. Ilustrasi Gradasi Senjang

Sumber: <http://www.gloopic.net/berita/idtsvA9u3xt15VOF>

### 3. Gradasi menerus

Gradasi menerus merupakan gradasi dengan agregat yang semua ukuran butirnya ada dan terdistribusi dengan baik. Agregat ini lebih sering digunakan dalam lapis perkerasan lentur. Untuk mendapatkan pori yang kecil dan kemampuan yang tinggi sehingga terjadi *interlocking* yang baik. Berikut ilustrasi dari agregat bergradasi menerus.



Gambar 2.8. Ilustrasi Gradasi Menerus

Sumber: <http://www.gloopic.net/berita/idtsvA9u3xt15VOF>

Dalam campuran aspal, gradasi agregat menentukan rongga campuran. Rongga dari campuran yang tidak terisi agregat disebut VMA (*Void in mineral aggregate*) (*The Asphalt Institute*). Rongga sebagian akan dimampatkan oleh aspal pada campuran beraspal, sehingga jumlah rongga udara yang tersisa otomatis ditentukan dari VMA. Persentase minimum rongga dalam agregat bagi ukuran maksimum agregat pada suatu campuran agregat dapat dilihat pada tabel 2.9.

Tabel 2.9. Gradasi Agregat Untuk Campuran AC-WC



Ukuran Ayakan		% Berat yang Lolos Terhadap Total Agregat Dalam Campuran					
ASTM	(mm)	Asphalt Concrete					
		Gradasi Halus			Gradasi Kasar		
		WC	BC	Base	WC	BC	Base
1½"	37,5	-		100	-	-	100
1"	25	-	100	90-100	-	100	90-100
¾"	19	100	90-100	73-90	100	90-100	73-90
½"	12,5	90-100	74-90	61-79	90-100	71-90	55-76
3/8"	9,5	72-90	64-82	47-67	72-90	58-80	45-66
No.4	4,75	54-69	47-64	39,5-50	43-63	37-56	28-39,5
No.8	2,36	39,1-53	34,6-49	30,8-37	28-39,1	23-34,6	19-26,8
No.16	1,18	31,6-40	28,3-38	24,1-28	19-25,6	15-22,3	12-18,1
No.30	0,6	23,1-30	20,7-28	17,6-22	13-19,1	10-16,7	7-13,6
No.50	0,3	15,5-22	13,7-20	11,4-16	9-15,5	7-13,7	5-11,4
No.100	0,15	9-15	4-13	4-10	6-13	5-11	4,5-9
No.200	0,075	4-10	4-8	3-6	4-10	4-8	3-7

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2010.

## 2. Aspal

Aspal merupakan material semen hitam, padat atau agak padat dalam konsistensinya adalah bitumen yang didapat secara alamiah atau dihasilkan dengan penyulingan minyak (*Petroleum*). Aspal adalah koloida yang rumit dari material *hydrocarbon* yang terbuat dari *Asphaltenes, resindanoil*. Putrowijoyo Rian (2006) mengatakan, Aspal biasanya berasal dari destilasi minyak mentah tersebut, namun aspal ditemukan sebagai bahan alam (missal: asbuton), dimana sering juga disebut mineral.

Aspal keras dengan penetrasi rendah dipergunakan pada cuaca panas atau lalu lintas dengan volume tinggi, sedangkan aspal semen penetrasi tinggi digunakan untuk cuaca dingin atau lalu lintas dengan volume rendah. Aspal untuk lapis beton harus memenuhi beberapa syarat sebagaimana tercantum pada tabel 2.10.

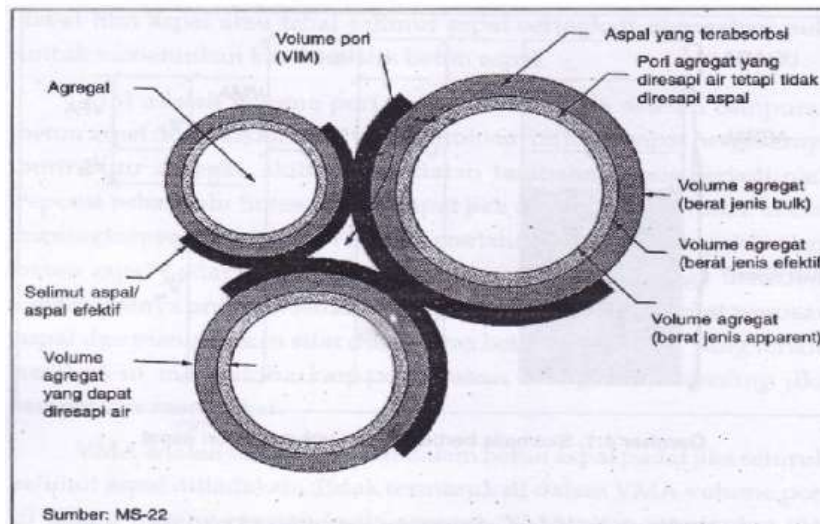
Tabel 2.10. Persyaratan Aspal Keras Penetrasi 60/70

No	Jenis Pengujian	Metoda	Persyaratan
		Pengujian	Pen 60/70
1	Penetrasi pada 25 °C (0,1 mm)	SNI 06-2456-1991	60 – 79
2	Titik Lembek (°C)	SNI 06-2434-1991	48-58
3	Titik Nyala (°C)	SNI-06-2433-1991	Min. 200
4	Daktilitas pada 25 °C (cm)	SNI 06-2432-1991	Min. 100
5	Berat jenis	SNI 06-2441-1991	Min. 1,0

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Devisi 6 Perkerasan Aspal

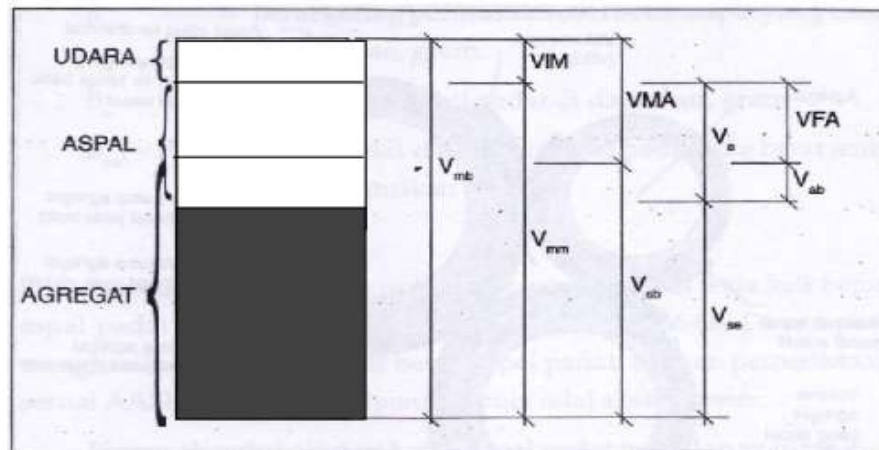
Fungsi aspal pada material perkerasan adalah:

- Bahan pengikat material agregat
- Bahan pengisi rongga butiran antar agregat dan pori-pori yang ada di dalam butiran agregat tersebut.



Gambar 2.9. Rongga Dalam Campuran  
Sumber: Silvia sukirman, 2003

Rongga dalam campuran biasa dikenal dengan VIM (*Void in mix*). VIM merupakan rongga dalam campuran yang tidak terisi agregat maupun aspal (*The Asphalt Institute*). Rongga udara yang terbentuk dalam campuran aspal dapat dilihat pada Gambar 2.9. dijabarkan skemanya pada gambar 2.10.



Gambar 2.10. Skema Proporsi Rongga Dalam Campuran Aspal  
 Sumber: Silvia Sukirman, 2003

$V_{mb}$  = volume bulk dari campuran beton aspal padat

$V_{sb}$  = volume agregat, adalah volume bulk dari agregat (volume bagian masif + pori yang ada di dalam masing)

$V_{se}$  = volume agregat, adalah volume efektif dari pori yang tidak terisi aspal di dalam masing

$VMA$  = volume pori di antara butir agregat di dalam beton aspal padat

$V_{mm}$  = volume tanpa pori dari beton aspal padat

$VIM$  = volume pori dalam beton aspal padat

$V_a$  = volume aspal dalam beton aspal padat

$VFA$  = volume pori beton aspal yang terisi oleh aspal

$V_{ab}$  = volume aspal yang terabsorpsi ke dalam agregat dari beton aspal.

Menurut Saodang (2005) dalam bukunya, berdasarkan cara memperolehnya aspal digolongkan menjadi dua jenis, yaitu:

- a. Aspal Minyak (*Petroleum Asphalt*)

Merupakan bentuk padat atau semi-padat sebagai cikal bakal bitumen yang diperoleh dari penirisan minyak. Aspal minyak dibedakan menjadi:

1) Aspal Keras-panas (*Asphaltic-Cement, AC*)

Aspal ini berbentuk padat pada temperatur ruang. Di Indonesia aspal sement, dibedakan dari nilai penetrasi (40/50, 60/70, 85-100). Aspal dengan penetrasi rendah digunakan didaerah cuaca panas atau lalu lintas dengan volume tinggi, sedangkan aspal dengan penetrasi tinggi digunakan di temperatur bercuaca dingin atau lalu lintas dengan volume rendah.

2) Aspal dingin-cair *Cut-black Asphalt*

Aspal ini digunakan dalam keadaan cair dan dingin. Aspal dingin adalah campuran pabrik antara aspal panas dengan bahan pengencer dari hasil penyulingan minyak bumi. Berdasarkan bahan pengencer dan kemudahan menguap, bahan pelarutnya, aspal dingin dibedakan menjadi:

A) RC (*Rapid Curing*) : Bahan pengencer bensin dengan RC0 sampai RC5

B) MC (*Medium Curing*) : Bahan pengencer minyak tanah (kerosin) dengan MC0 sampai MC5.

C) SC (*Slow Curing*) : Bahan pengence solar dengan SC0 sampai SC5.

3) Aspal Emulasi *Emulsion Asphalt*

Disediakan dalam bentuk emulsi, dapat digunakan dalam keadaan dingin.

Dibedakan menjadi dua jenis emulsi:

A) *Kationik* (aspal emulsi asam), emulsi bermuatan arus listrik positif.

B) *Anionik* (aspal emulsi alkali), emulsi bermuatan arus listrik negatif.

b. Aspal Batu Buton

Aspal ini merupakan aspal alam yang terjadi, karena adanya minyak bumi yang mengalir keluar melalui retak-retak kulit bumi. Setelah minyak menguap, maka tinggal aspal yang melekat pada batuan yang dilalui dan mengendap seiring dengan berjalannya waktu. Kadar aspal pada aspal batu buton berkisar antara 10% - 25%, sedikit rendah dibandingkan aspal dari sumber lainnya. Sebagai bahan pelunak biasanya digunakan flux oil, sebanyak 3% - 4% berat total.

#### **2.1.4. Perencanaan Campuran**

Untuk mendapatkan campuran yang ideal dan memberikan kinerja perkerasan yang optimal maka sebelum membuat campuran diperlukan perencanaan campuran untuk menentukan komposisi masing-masing bahan penyusun campuran agar diperoleh campuran beraspal yang memenuhi spesifikasi antara lain :

- a. Pada penelitian ini gradasi campuran agregat yang digunakan adalah gradasi campuran AC-WC. Perencanaan campuran beraspal AC-WC ini dilakukan dengan mengambil batas atas dan batas tengah dari setiap persen berat lolos saringan, sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 2010.
- b. Melakukan analisa perhitungan komposisi yang ideal dan memenuhi persyaratan spesifikasi. Komposisi didapat dari hasil *trial and error* dan didasarkan pada nilai spesifikasi pada campuran beraspal tipe AC-WC. Berikut cara menghitung perkiraan awal kadar aspal optimum (Pb) dengan persamaan sebagai berikut :

$$Pb = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\% FF) + \text{Konstanta}$$

(Sumber: Sudarman (2020)).

Keterangan:

Pb : Kadar aspal tengah/ideal, persen terhadap berat campuran

CA : Persen agregat tertahan saringan No.8 (2,36 mm)

FA : Persen agregat lolos saringan No.8 (2,36 mm) dan tertahan saringan No.200 (0,075 mm)

Filler : Persen agregat minimal 75 % lolos No.200 (0,075 mm)

K : Nilai Konstanta untuk besar nilai konstanta diperkirakan antara 0,5 sampai 1,0 untuk Laston.

- c. Hasil perhitungan nilai Pb dibulatkan, perkiraan nilai Pb sampai 0,5% terdekat. Contohnya jika hasil perhitungan diperoleh 5,95% maka dibulatkan menjadi 6%.
- d. Setelah proses analisa didapatkan komposisi masing-masing fraksi agregat, kemudian dilanjutkan proses pengayakan agregat sesuai dengan nomor saringan yang dibutuhkan, dan sesuai berat yang telah kita hitung dari proses analisa.

#### **2.1.5. Sifat Volumetrik Campuran Aspal Beton**

Kinerja aspal beton sangat ditentukan oleh volumetrik campuran aspal beton padat yang terdiri dari:

##### **1. Berat Isi (*Density*)**

Berat isi merupakan perbandingan antara berat terhadap volume campuran yang menunjukkan tingkat kepadatan dari campuran yang telah dilakukan pemadatan. Semakin tinggi tingkat kepadatan dari suatu perkerasan maka

kekuatan dari perkerasan untuk menahan beban juga semakin baik, sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$D = \frac{\text{Berat Kering}}{\text{Isi Benda Uji}} \dots\dots\dots(\text{Sumber: Sudarman (2020)}).$$

Keterangan :

D = Density

SSD = Berat Kering permukaan

Dalam air = Berat dalam Air

Berat kering = Berat sebelum direndam

Isi Benda Uji = SSD – Dalam Air

## 2. VMA

*Void Mineral of Agregat (VMA)* merupakan ruang antara partikel material dalam perkerasan beraspal, termasuk juga volume aspal dan rongga. Adapun persamaanya sebagai berikut

$$VMA = 100 - \left[ \frac{((100-KA) \times \text{Berat isi benda uji})}{BJ \text{ efektif Agregat}} \right]$$

(Sumber: Sudarman (2020)).

Keterangan:

VMA = Rongga terhadap agregat

KA = Kadar Aspal

## 3. VIM

*Void in the Mix (VIM)*.VIM menunjukkan presentase rongga dalam campuran. Nilai VIM berpengaruh terhadap keawetan dari campuran aspal agregat,

semakin tinggi nilai VIM menunjukkan semakin besar rongga dalam campuran sehingga campuran bersifat porous. Adapun persamaannya sebagai berikut:

$$VMA = 100 - \left[ \frac{100 \times \text{berat isi benda uji}}{BJ \text{ benda uji}} \right]$$

(Sumber: Sudarman (2020)).

Keterangan:

VIM = Rongga udara campuran, persen total campuran.

#### 4. VFA

*Void Filled With Asphalt* (VFA). VFA adalah rongga terisi aspal pada campuran setelah mengalami proses pemadatan yang dinyatakan dalam persen terhadap rongga antar butiran agregat (VMA), sehingga antara nilai VMA dan VFA mempunyai kaitan yang sangat erat. Adapun persamaannya sebagai berikut:

$$VFA = \frac{100 \times (VMA + VIM)}{VMA}$$

(Sumber: Sudarman (2020))

Keterangan:

VFA = Rongga terisi aspal

VMA = Rongga diantara mineral agregat, persen volume bulk

VIM = Rongga udara campuran, persen total campuran.

#### 5. Berat Jenis (Specific Gravity)

Berat jenis yang diuji terdiri dari tiga jenis yaitu berat jenis bulk (*dry*), berat jenis bulk campuran (*density*), berat jenis maksimum (*theoritis*). Perbedaan ketiga istilah ini disebabkan karena perbedaan asumsi kemampuan agregat menyerap air dan aspal.



### 1) Berat Jenis Bulk Agregat

Berat jenis bulk adalah perbandingan antara berat bahan di udara (termasuk rongga yang cukup kedap dan yang menyerap air) pada satuan volume dan suhu tertentu dengan berat air suling serta volume yang sama pada suhu tertentu pula. Karena agregat total terdiri dari atas fraksi-fraksi agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi yang masing-masing mempunyai berat jenis yang berbeda maka berat jenis bulk (Gsb) agregat total dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$BJ \text{ Bulk} = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{\frac{P_1}{G_1} + \frac{P_2}{G_2} + \dots + \frac{P_n}{G_n}}$$

(Sumber: Sudarman (2020))

Keterangan:

Bj Bulk = Berat jenis bulk total agregat

P1, P2... Pn = Persentase masing-masing fraksi agregat

G1, G2... Gn = Berat jenis bulk masing-masing fraksi agregat.

### 2) Berat Jenis Efektif Agregat

Berat jenis efektif adalah perbandingan antara berat bahan di udara (tidak termasuk rongga yang menyerap aspal) pada satuan volume dan suhu tertentu dengan berat air destilasi dengan volume yang sama dan suhu tertentu pula, yang dirumuskan:

$$BJ \text{ Eff Agg} = \frac{100 - KA}{\frac{100}{G_{mm}} - \frac{KA}{Bj \text{ Asp}}}$$

(Sumber: Sudarman (2020))

Keterangan:

Bj Eff Agg = Berat jenis efektif agregat

KA = Kadar Aspal

Gmm = Berat jenis maksimum campuran, rongga udara 0 (Nol)

### 3) Berat Jenis Maksimum Campuran

Berat jenis maksimum campuran untuk masing-masing kadar aspal dapat dihitung dengan menggunakan berat jenis efektif (Gse) rata-rata sebagai berikut:

$$Gmm = \frac{100}{\frac{100-KA}{Bj\ eff} + \frac{KA}{Bj\ Asp}}$$

(Sumber: Sudarman (2020))

Keterangan:

Gmm = Berat jenis maksimum campuran, rongga udara 0 (Nol)

KA = Kadar aspal berdasarkan berat jenis maksimum

Bj Eff = Berat jenis efektif agregat

Bj Asp = Berat jenis aspal

### 4) Penyerapan Aspal

Penyerapan aspal dinyatakan dalam persen terhadap berat agregat total tidak terhadap campuran yang dirumuskan sebagai berikut:

$$Abs\ Asp = 100 \times \frac{Bj\ Eff\ Agg - Bj\ Bulk}{Bj\ Eff\ Agg \times Bj\ Bulk} \times Bj\ Asp$$

(Sumber: Sudarman (2020))

Keterangan:

Abs Asp = Penyerapan aspal, persen total agregat

Bj Bulk = Berat jenis bulk agregat

Bj eff Agg = Berat jenis efektif agregat

Bj As p= Berat jenis aspal

### 5) Kadar Aspal Efektif

Kadar efektif campuran beraspal adalah kadar aspal total dikurangi jumlah aspal yang terserap oleh partikel agregat. Kadar aspal efektif ini akan menyelimuti permukaan agregat bagian luar yang pada akhirnya menentukan kinerja perkerasan aspal. Kadar aspal efektif ini dirumuskan sebagai berikut :

$$PbE = KA \times \frac{100-KA}{100} \times Abs Asp$$

(Sumber: Sudarman (2020))

Keterangan:

Pbe = Kadar aspal efektif, persen total agregat

KA = Kadar aspal persen terhadap berat total campuran

Abs Aspl = Penyerapan aspal, persen total agregat.

## **2.1.6. Limbah Putung Rokok**

### **2.1.6.1. Definisi Limbah Putung Rokok**

Sampah/Limbah menurut UU No. 18 Tahun 2008 Tentang Pengelolaan Sampah disebutkan bahwa sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia dan atau proses alam yang berbentuk padat. Menurut SNI 19-2454-2002, sampah adalah limbah yang bersifat padat terdiri dari zat *organik* dan zat *anorganik* yang dianggap tidak berguna lagi dan harus dikelola agar tidak membahayakan lingkungan dan melindungi investasi pembangunan. Dapat disimpulkan jika sampah/limbah adalah sisa kegiatan sehari-hari masyarakat yang bersifat padat dan terdiri dari zat *organis* maupun *anorganis* yang dapat membahayakan lingkungan. Menurut Drastinawati & Irianty (2013) Puntung rokok merupakan limbah sisa dari kegiatan merokok. Karena perokok sering membuang puntungnya sembarangan maka limbah tersebut akan banyak terdapat dilingkungan sehingga dapat merusak

keindahan lingkungan. Menurut (Fifi Yarni, 2015 yang dihimpun dari Purnama, E. B, 2018), Puntung rokok merupakan limbah yang jarang orang banyak tahu mengenai dampak yang ditimbulkannya pada lingkungan. Jumlah orang merokok di dunia sangat banyak, sehingga jumlah puntung rokok yang dibuang ke lingkungan juga sangat banyak. Dari berbagai informasi yang telah dihimpun dapat dikatakan jika limbah puntung rokok adalah sisa penggunaan rokok yang berpotensi untuk merusak lingkungan yang harus dikelola agar tidak berdampak buruk pada lingkungan.

#### **2.1.6.2. Zat Yang Terkandung Pada Puntung Rokok**

Dihimpun dari (Fifi Yarni, 2015 yang dihimpun dari Purnama, E. B, 2018), dia menyebutkan Di dalam puntung rokok terkandung *DDT, Vinyl chloride, Karbon monoksida, Polonium 210, nikotin* dan masih banyak lagi zat berbahaya lainnya. Amri Aji, dkk (2015) menambahkan beberapa kandungan-kandungan zat yang ada dalam puntung rokok itu antara lain:

##### **a. Nikotin**

Nikotin bersifat racun bagi saraf dan dapat membuat seseorang menjadi rileks dan tenang, serta dapat menyebabkan kegemukan sehingga dapat menyebabkan penyempitan pembuluh darah. Efeknya adalah ketagihan bagi perokok. Kadar nikotin 4-6 mg yang diisap oleh orang dewasa setiap hari sudah dapat membuat seseorang ketagihan. Di Amerika Serikat, rokok putih yang beredar di pasaran memiliki kadar 8-10 mg nikotin per batang, sementara di Indonesia kadar nikotin mencapai 17 mg per batang.

##### **b. Timah Hitam (Pb)**

Kandungan timah hitam yang dihasilkan oleh sebatang rokok sebesar 0,5µg, sementara ambang batas bahaya timah hitam yang masuk ke dalam tubuh adalah 20 µg per hari. Jika seorang perokok aktif mengisap rokok rata-rata 10 batang per hari, berarti orang tersebut sudah menghisap timah lebih di atas ambang batas, diluar kandungan timah lain seperti udara yang dihisap setiap hari, makanan dan lain sebagainya.

c. Gas Karbon Monoksida (CO)

Gas karbon monoksida dihasilkan dari pembakaran yang tidak sempurna, yang tidak berbau. Karbon monoksida memiliki kecenderungan yang kuat untuk berikatan dengan hemoglobin dalam sel-sel darah merah. Seharusnya, hemoglobin ini berikatan dengan oksigen yang sangat penting untuk pernapasan sel-sel tubuh, tapi karena gas CO lebih kuat daripada oksigen, maka gas CO ini merebut tempatnya disisi hemoglobin. Kadar gas CO dalam darah bukan perokok kurang dari 1 persen, sementara dalam darah perokok mencapai 4–15 persen.

d. Tar

Tar adalah zat yang bersifat karsinogen, sehingga dapat menyebabkan iritasi dan kanker pada saluran pernapasan bagi seorang perokok. Pada saat rokok dihisap, tar masuk ke dalam rongga mulut sebagai uap padat. Setelah dingin, akan menjadi padat dan membentuk endapan berwarna coklat pada permukaan gigi, saluran pernapasan, dan paru-paru. Pengendapan ini bervariasi antara 3-40 mg per batang rokok, sementara kadar tar dalam rokok berkisar 24–45 mg. Tar ini terdiri dari lebih dari 4000 bahan kimia yang mana 60 bahan kimia di antaranya bersifat karsinogenik.

### **2.1.6.3. Dampak Buruk Limbah Putung Rokok**

Limbah putung rokok dapat kita lihat dimana-mana, masih banyak masyarakat yang belum memahami tentang bahaya limbah putung rokok yang mereka buang untuk kesehata maupun lingkungan. Dihimpun dari (National Geographic Indoensia yang terbit 15 Agustus 2019), menyebutkan beberapa dampak dan bahaya yang disebabkan limbah putung rokok, antara lain:

1. Puntung rokok terdiri dari ribuan serat selulosa asetat, yang meskipun dapat terurai secara biologis, membutuhkan waktu bertahun-tahun untuk terurai.
2. Filter rokok bekas juga mengandung ribuan bahan kimia yang dapat membunuh tanaman, serangga, tikus, jamur, dan makhluk hidup lainnya. Bahkan, beberapa bahan kimia dalam filter rokok bekas dikenal sebagai karsinogen, senyawa penyebab kanker.
3. Menelan puntung rokok dapat menyebabkan muntah hingga kejang pada manusia. Lindi dari puntung rokok bisa beracun bagi organisme air seperti bakteri, krustasea, cacing, dan ikan.
4. Puntung rokok bisa mempengaruhi pertumbuhan tanaman, studi lain menemukan bahwa asap dapat mengancam hal yang sama pada tumbuhnya tanaman.

Haidar, dkk (2012) menambahkan Banyaknya limbah puntung rokok dapat menyebabkan pencemaran lingkungan yang dapat menyebabkan ikan-ikan mati karena adanya zat berbahaya pada puntung rokok contohnya nikotin. Bahaya dari nikotin dijelaskan oleh fakta bahwa 4 cc nikotin dapat membunuh seekor kelinci besar. Dari beberapa dampak yang disebutkan terkait putung rokok, dapat

disimpulkan, jika limbah putung rokok dibiarkan atau tidak dikelola, dipastikan limbah putung rokok akan merusak lingkungan serta dapat berdampak buruk bagi kesehatan.

### **2.1.7. Uji Marshall**

Metode Marshall ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik dari suatu perkerasan lentur. Metode marshall ini terdiri dari Uji Marshall dan Parameter marshall yaitu sebagai berikut :

#### **1. Uji Marshall**

Rancangan campuran berdasarkan metode Marshall ditemukan oleh Bruce Marshall, dan telah distandarisasi oleh ASTM ataupun AASHTO melalui beberapa modifikasi, yaitu ASTM D 1559-76, atau AASHTO T-245-90. Prinsip dasar metode Marshall adalah pemeriksaan stabilitas dan kelelahan (*flow*), serta analisis kepadatan dan pori dari campuran padat yang terbentuk. Alat Marshall merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan *proving ring* (cincin penguji) berkapasitas 22,2 KN (5000 lbs) dan flowmeter. Proving ring digunakan untuk mengukur nilai stabilitas, dan flowmeter untuk mengukur kelelahan plastis atau flow. Benda uji Marshall berbentuk silinder berdiameter 4 inchi (10,2 cm) dan tinggi 2,5 inchi (6,35 cm). Prosedur pengujian Marshall mengikuti SNI 06-2489-1991, atau AASHTO T 245-90, atau ASTM D 1559-76. (Sepriskha Diansari, 2016).

#### **2. Parameter Pengujian Marshall**

Berikut adalah parameter-parameter pengujian marshall :

##### **a. Densitas (Berat Isi)**

Densitas merupakan perbandingan antara berat terhadap volume campuran yang menunjukkan tingkat kepadatan dari campuran yang telah dilakukan pemadatan. Semakin tinggi tingkat kepadatan dari suatu perkerasan maka kekuatan dari perkerasan untuk menahan beban juga semakin baik.

b. Kepadatan rongga dalam agregat (VMA)

Rongga pada campuran agregat adalah rongga antar butiran agregat dalam campuran aspal yang sudah dipadatkan serta aspal efektif yang dinyatakan dalam persentase volume total campuran.

c. Rongga terisi aspal (VFA)

VFA adalah persen rongga yang terdapat diantara partikel agregat VMA yang terisi oleh aspal, tetapi tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat.

d. Rongga dalam campuran (VIM)

*Void In Mix* atau disebut juga rongga dalam campuran digunakan untuk mengetahui besarnya rongga campuran dalam persen. Rongga udara yang dihasilkan ditentukan oleh susunan partikel agregat dalam campuran serta ketidakteraturan bentuk agregat.

e. 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 (Mohamad Aqif, 2012).



Tabel 2.11. Rasio Koreksi Stabilitas

No.	Volume Benda Uji	Angka Koreksi
1	471-482	1,14
2	483-495	1,09
3	496-508	1,04
4	509-522	1,0
5	523-535	0,96
6	536-546	0,93
7	547-559	0,89
8	560-573	0,86
9	574-585	0,83
10	586-598	0,81
11	599-610	0,78
12	611-625	0,76

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Divisi 6 Perkerasan Aspal.

f. Flow

Seperti halnya cara memperoleh nilai stabilitas seperti di atas 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 (Mohamad Aqif, 2012).

g. Hasil Bagi Marshall

Hasil bagi Marshall/ *Marshall Quotient* (MQ) merupakan hasil pembagian dari stabilitas dengan kelelehan. Sifat Marshall tersebut dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$MQ \frac{S}{F} \dots\dots\dots(Sumber: Mohamad Aqif, 2012)$$

Keterangan:

MQ: Marshall Quotient, (kg/mm)

S: Marshall Stability(kg)

F: Flow Marshall, (mm) (Mohamad Aqif, 2012)

## 2.2. Penelitian Terdahulu

1. Penelitian yang dilakukan oleh Khairani, C., Saleh, S. M., & Sugiarto, S. (2018) dengan judul penelitian “Uji Marshall Pada Campuran Asphalt Concrete Binder Course (Ac-Bc) Dengan Tambahan Parutan Ban Bekas” yang dalam penelitiannya membahas parutan ban karet bekas sebagai bahan pengganti agregat pada campuran AC-BC. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh substitusi tambahan ban karet bekas sebagai bahan pengganti agregat. Tahapan awal penelitian adalah mencari Kadar Aspal Optimum (KAO), kemudian dilakukan penambahan parutan ban karet bekas sebagai bahan pengganti agregat mulai dari 0%, 1%, 2%, 3%, 4% dan 5% terhadap berat campuran. Dari hasil penelitian menunjukkan penambahan persentase parutan ban bekas mempengaruhi nilai parameter Marshall, terutama nilai stabilitas, VIM dan VMA pada kadar aspal 5,285%. Nilai stabilitas tertinggi didapat pada campuran 2% parutan ban bekas yaitu 1128,48 Kg. Nilai VIM tertinggi ada pada campuran 5% parutan ban bekas yaitu

16,94%. Nilai VMA tertinggi ada pada campuran 5% parutan ban bekas yaitu 27,88% dan nilai flow tertinggi ada pada campuran 5% parutan ban bekas yaitu 4,97 mm. Namun pada nilai MQ kenaikan dan penurunan yang terjadi sangat besar. Nilai Density dan VFA tidak terjadi perubahan yang besar untuk semua substitusi variasi parutan ban. Untuk nilai durabilitas campuran AC-BC dengan variasi parutan ban yang memenuhi persyaratan > 90% hanya pada pemakaian parutan ban 1%.

2. Penelitian oleh Nursandah, F., & Zaenuri, M. (2019). Dengan judul “Penelitian penambahan karet alam (lateks) pada campuran laston ac-wc terhadap karakteristik Marshall” yang membahas karakteristik pada laston AC-WC pada nilai KAO dengan penambahan variasi lateks 3%, 5%, 7%, 9%, dan 11% dari total berat aspal pada benda uji. Pengujian menggunakan alat uji Marshall didapat nilai KAO sebesar 6,20% .dari 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. 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.
3. Penelitian oleh Anam, S., & Pratikto, H. (2018). Berjudul “Pengujian Perkerasan Aspal Porus Dengan Penambahan Tread Ban Bekas Pada Uji Marshall” yang membahas tapak ban bekas yang gunakan sebagai media untuk meningkatkan komponen perkerasan aspal dalam penyusunan penelitian berikut ini. Dari penelitian yang telah dilakukan dengan parameter volumetrik dan Marshall, perkerasan aspal tanpa penambahan tapak ban bekas

menunjukkan perhitungan VMA 17,44%, VIM 5,14%, VFB 67,27%, Stabilitas 1217kg, Flow 3 mm, dan MQ 434 kg/mm. Penambahan tapak ban 10% menunjukkan perhitungan VMA 16,1%, VIM 3,4%, VFB 64,82%, Stabilitas 1145kg, Flow 3mm, dan MQ 398 kg/mm. Pada pengujian campuran AC-BC dengan penambahan tapak ban bekas menggunakan metode Marshall, didapatkan hasil bahwa tapak ban bekas layak sebagai bahan aditif pada campuran aspal porus, hal tersebut berdasarkan spesifikasi umum Divisi Bina Marga 2010 6 di trotoar jalan.

4. Penelitian yang dilakukan NurLaily, I., & Rahardjo, B. (2017). Berjudul “Pengaruh Lama Perendaman Air Hujan terhadap Kinerja LASTON (AC-WC) Berdasarkan Uji Marshall” dengan pembahasan karakteristik bahan penyusun campuran laston (AC-WC) dan (b) Mengetahui pengaruh lama perendaman air hujan terhadap kinerja laston (AC-WC) berdasarkan uji Marshall. Hasil penelitian ini menunjukkan (a) karakteristik bahan penyusun campuran laston (AC-WC) memenuhi syarat yang ditentukan dalam spesifikasi , (b) hasil pengujian pengaruh lama perendaman air hujan diperoleh nilai stabilitas terus mengalami penurunan; nilai kelelahan plastis (flow) mengalami peningkatan; nilai Marshall Quotient konsisten mengalami penurunan; nilai VIM terus meningkat; nilai VMA terus mengalami peningkatan dan nilai VFB menurun secara konsisten.
5. Penelitian oleh Abidin, Z., Bunyamin, B., & Kurniasarir, F. D. (2021). Dengan judul “Uji Marshall Pada Campuran AC-WC Dengan Substitusi Filler” dengan pembahasan pengaruh Parameter Marshall terhadap penggunaan filler ACT

yang disubstitusikan ke dalam PC dengan komposisi 0% ACT: 100% PC, 20% ACT : 80% PC, 50% ACT : 50% PC, 80% ACT : 20% PC, dan 100% ACT :0% PC terhadap campuran AC–WC. Jumlah benda uji yang direncanakan dalam penelitian ini adalah 66 benda uji. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah Bina Marga 2010 Revisi 4 Tahun 2018. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa semua komposisi telah memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 4 2018, komposisi terbaik substitusi filler ACT dan PC diperoleh pada persentase 20% ACT dan 80% PC pada kadar aspal 5,00% , nilai stabilitas yaitu 1323,01 kg dengan nilai VIM 3,66% VMA 15,91% VFA 76,99 dan MQ 508,68 kg/mm.

6. Penelitian dari Putra, K. H., & Wahdana, J. (2019) dengan judul “Studi Eksperimental Penambahan Limbah Keramik Sebagai Agregat Halus Pada Campuran Laston (Ac-Wc) Terhadap Karakteristik Uji Marshall” dengan pembahasan pengaruh penambahan limbah keramik dalam campuran tersebut terhadap karakteristik uji marshall dan berapa kadar optimum penambahan limbah keramik. Penelitian ini mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2018. Langkah awal dalam penelitian ini adalah pembuatan benda uji tanpa limbah keramik dengan kadar aspal 5.3%, 5.8%, dan 6.3% kemudian dilakukan uji Marshall sehingga didapatkan nilai KAO (Kadar Aspal Optimum) yaitu sebesar 5.8%. Selanjutnya pembuatan benda uji dengan penambahan limbah keramik akan menggunakan KAO. Dari pengujian Marshall yang telah dilakukan, hasil yang memenuhi seluruh spesifikasi adalah pada penambahan kadar limbah keramik sebesar 25% dimana diperoleh nilai

VIM sebesar 4.09%, nilai VMA sebesar 15.52%, VFB sebesar 73.65%, nilai flow sebesar 2.50 mm, nilai stabilitas sebesar 1299.83 kg dan nilai Marshall Quotient sebesar 519.93 kg/mm. Kata Kunci: laston AC – WC, agregat halus limbah keramik, karakteristik uji marshall.

7. Penelitian oleh Biosta, A. (2020) berjudul “Pengaruh Penambahan Filler Kaca Pada Campuran Ac-Wc Terhadap Karakteristik Uji Marshall” dengan pembahasan pengaruh penggantian limbah kaca sebagai filler terhadap campuran aspal AC-WC terhadap karakteristik marshall. Hasil analisa nilai marshall dengan kadar filler kaca 0 %, 25 %, 50 %, 75 % dan 100 % pada campuran AC-WC menunjukkan nilai VMA, VIM, Flow cenderung mengalami kenaikan sedangkan nilai Density, VFA, Stability dan MQ cenderung mengalami penurunan seiring bertambahnya kadar filler kaca. Dengan kesimpulan (1) Kadar aspal optimum yang didapatkan untuk campuran aspal panas lapisan aus AC-WC yaitu 6%. Kadar aspal optimum ini didapat berdasarkan nilai karakteristik Marshall yang memenuhi spesifikasi. (2) Pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa campuran dengan kadar filler 50% merupakan campuran terbaik karena memiliki nilai parameter marshall yang optimal. (3) Jumlah limbah kaca yang dibutuhkan pada campuran AC-WC per m<sup>3</sup> adalah sebanyak 2,18 kg.
8. Penelitian oleh Aris, M., Sukowati, D. G., & Sitorus, W. P. (2020). Berjudul “Analisa Perbandingan Nilai Uji Marshall Pada Lapis Aspal Beton (Laston) Dengan Menggunakan Material PT. Pro Intertech Indonesia Dengan Material Batu Kapur” dengan bahasan nilai uji marshall bila menggunakan batu kapur

dan membandingkannya dengan material PT. Pro Intrtech Indonesia yang berada di sorong (saoka). Untuk mengetahui perbandingan nilai uji marshall, maka perlu dilakukan penelitian dengan cara menguji kedua jenis material tersebut dengan menggunakan variasi 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, 6,5%. Material yang diuji pada penelitian ini adalah material PT. Pro Intertech Indonesia yang berada di saoka dan material batu kapur yang berada di quarry ayawasi di daerah maybrat. Dari hasil penelitian diperoleh Perbandingan atau selisih dari pengujian marshall AC-WC di atas adalah sebagai : Kadar Aspal Optimum sebesar 0,05 %, Stabilitas sebesar 136 kg, Flow sebesar 0,6 mm, VIM sebesar 0,1 %, VFA sebesar 0,5 %, Marshal Quotient sebesar 170 Kg/mm, VMA sebesar 0,2 %, Density sebesar 0,025. Adapun nilai uji marshall kedua material tersebut masih memenuhi spesifikasi yang disyaratkan pada Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2010 Revisi 3.

9. Penelitian oleh Permana, A. 2017. Dengan judul penelitian Karakteristik Marshall Pada Campuran Aspal Beton Menggunakan Daspal Sebagai Bahan Pengikat membahas mengenai karakteristik marshall pada campuran laston (AC) dengan bahan pengikat damar aspal (daspal) modifikasi yang terbuat dari material getah damar, minyak goreng, fly-ash, dan lateks, berupa nilai rongga dalam agregat, rongga dalam campuran, rongga terisi daspal, stabilitas, kelelahan, marshall quotient, kadar daspal optimum dan membandingkannya dengan persyaratan tes marshall yang diterbitkan oleh bina marga tahun 1987 dan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 (Revisi 3). Penelitian ini menggunakan metode eksperimental di laboratorium dengan benda uji

yang terbuat dari campuran laston (AC) dengan bahan pengikat damar aspal (daspal) modifikasi yang terbuat dari material getah damar, minyak goreng, fly-ash, dan lateks, dan campuran gradasi agregat no VII SNI 03-1737-1989. Pengujian ini menggunakan 15 benda uji yang terbagi dalam 5 kadar daspal yakni kadar daspal 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, dan 7%,. Setiap kadar daspal menggunakan 3 buah benda uji. Pengujian dilakukan dengan menggunakan alat uji marshall untuk mendapatkan nilai kelelahan dan stabilitas yang selanjutnya dapat dicari nilai kadar daspal optimum. Hasil analisis terhadap campuran laston (AC) dengan bahan pengikat damar aspal (daspal) modifikasi yang terbuat dari material getah damar, minyak goreng, fly-ash, dan lateks didapatkan kadar daspal optimum pada kadar daspal 5,242% sehingga diperoleh nilai VIM sebesar 2,474%, VMA sebesar 12,828%, VFB sebesar 80,758%, kepadatan sebesar 2,401%, stabilitas sebesar 1181,564 kg, flow sebesar 4,603mm, dan MQ sebesar 268,847 kg/mm.

10. Penelitian oleh Intanti, E. Y. R., & Lubis, Z. (2018). Berjudul “Serat Eceng Gondok Sebagai Bahan Alternatif Admixture Pada Laston Tipe Xi Sni 03-1737-1989 Ditinjau Terhadap Nilai-Nilai Uji Marshall” dengan bahasan menambah bahan campuran aspal panas yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas hasil campuran. Bahan yang dipilih adalah eceng gondok alami. Metode yang digunakan adalah trial and error dengan mengacu pada SNI 03-1737-1989. Variasi yang digunakan adalah 2%, 4%, 6%, 8% dan 10% dari berat aspal, kadar aspal yang digunakan adalah 5,72 %. Dari 5 variasi campuran yang digunakan pada Lapisan Beton Aspal Tipe XI diperoleh hasil bahwa kadar



serat eceng gondok yang memiliki skor terbaik dan memenuhi spesifikasi SNI 03-1737-1989 berada pada persentase 6% yang diperoleh dari perhitungan data menggunakan grafik dan model regresi dimana Stabilitas Marshall sebesar 644,46 Kg, flow 3,39 mm, VMA (rongga pada agregat mineral) sama dengan 13,83 %, VFWA (rongga terisi aspal) sebesar 65,35%, VIM (void dalam campuran) sebesar 2,52 %, berat jenis 2,31 gr/cc, dan Marshall Quotient sebesar 164,03 Kg/mm.

11. Penelitian Madyani, H. D. (2020). Dengan judul “Pengaruh Penggunaan Filler Abu Batu Apung Terhadap Kinerja Campuran Stone Matrix Asphalt (Sma) Dengan Uji Marshal” dengan pembahasan pengaruh penggunaan batu apung dalam campuran perkerasan Stone Matrix Asphalt (SMA). Pengujian dilakukan dalam 2 tahap yaitu, pengujian benda uji dengan filler abu batu yang dilakukan untuk mendapatkan nilai KAO dan pengujian benda uji dengan variasi filler abu batu apung untuk menghasilkan karakteristik campuran Marshall serta nilai kadar filler batu apung optimum untuk melihat kekuatan campuran terhadap kemungkinan masuknya air, maka dilihat nilai IKS pada 60 menit dan 24 jam. Hasil pengujian tahap 1 didapat nilai KAO sebesar 7.2%, selanjutnya pada nilai KAO tersebut didapat nilai kadar filler batu apung optimum 52%. Nilai kadar filler batu apung optimum untuk perendaman 60 menit berada pada nilai IKS 91% dan perendaman 24 jam berada pada nilai IKS 83%. Nilai tersebut memenuhi syarat nilai IKS yaitu >75%. Kata kunci: Batu Apung, Filler, Stone Matrix Asphalt (SMA) dan Marshall Test.

12. Penelitian dari Rahmawati, A. (2017). Berjudul “Perbandingan Penggunaan Polypropilene (PP) dan High Density Polyethylene (HDPE) pada campuran Laston\_WC” membahas pengaruh pemanfaatan limbah plastik PP dan HDPE sebagai campuran pada beton aspal (Laston\_WC) dengan menggunakan parameter Marshall. Parameter Marshall yang digunakan yaitu stabilitas, flow, VIM, VMA, VFA dan MQ. Prosentase PP dan HDPE yang digunakan sebagai campuran aspal sebesar 0%, 2%, 4% dan 6% dari berat aspal yang digunakan. Hasil uji Marshall menunjukkan bahwa nilai stabilitas, flow, VFA dan MQ memiliki kecenderungan mengalami peningkatan dengan bertambahnya prosentase kadar PP dan HDPE yang digunakan. Tetapi, nilai VIM dan VMA memiliki kecenderungan menurun dengan bertambahnya prosentase PP dan HDPE. Hal ini dapat dilihat bahwa pengaruh penambahan PP pada campuran aspal beton akan memberikan nilai karakteristik Marshall yang lebih baik dari campuran aspal beton dengan HDPE.
13. Penelitian oleh Fasdarsyah, F., & Mukhlis, M. (2016). Berjudul “Pengaruh Penambahan Filler Granit Dan Keramik Pada Campuran Laston Ac-Wc Terhadap Karakteristik Uji Marshall” membahas penggunaan campuran filler abu keramik maupun abu granit adalah  $p_b = 5,5\%$  dengan rentang kadar aspal rencana 4%, 4,5%, 5%, 5,5% dan 6%. Setelah dilakukan uji Marshall dengan kadar aspal rencana, seluruh sifat Marshall pada uji standar 2x75 tumbukan telah memenuhi spesifikasi yang disyaratkan. Hasil yang diperoleh adalah kepadatan dan stabilitas Marshall dengan abu granit memiliki nilai lebih tinggi dari pada campuran dengan abu keramik. Pada seluruh rentang kadar aspal,

nilai flow campuran dengan filler abu keramik lebih tinggi dari pada campuran dengan filler abu granit, Nilai tertinggi pada abu keramik sebesar 6,63 mm, sedangkan abu granit sebesar 4,87 mm. Marshall Quotient untuk kedua jenis filler, nilai terendah terjadi pada kadar aspal tertinggi (25%) yaitu sebesar 396 kg/mm untuk filler abu keramik dan pada kadar aspal (5 %) yaitu sebesar 452 kg/mm untuk filler abu granit. Filler abu granit memiliki nilai VFA lebih tinggi daripada abu keramik, namun nilai VMA lebih rendah. Sedangkan nilai Rongga udara dalam campuran (VIM), filler abu keramik lebih tinggi dari pada abu granit.

14. Penelitian, Bowoputro, H., Djakfar, L., & Kusumaningrum, R. (2017). Berjudul “Pengaruh Penambahan Serbuk Kayu Jati Terhadap Karakteristik Marshall Pada Campuran Aspal Porus” dengan pembahasan pengaruh penambahan serbuk kayu jati terhadap nilai Marshall yang ada pada campuran aspal porus. Penggunaan serbuk kayu jati ini juga dapat mengurangi jumlah limbah serbuk kayu yang ada. Variasi yang dilakukan pada penelitian ini adalah variasi kadar serbuk kayu jati dan variasi suhu perendaman. Variasi kadar serbuk kayu jati sebesar 4%, 5% dan 6% sedangkan variasi suhu perendaman 45°C, 60°C dan 75°C. Jumlah benda uji untuk mencari KAO yang dibuat sebanyak 9 buah benda uji. Benda uji Marshall Immersion sebanyak 9 buah benda uji. Penelitian ini menggunakan metode analisis ANOVA Dua Arah. Hasil uji statistik menunjukkan bahwa tidak ada pengaruh dari penambahan serbuk kayu jati terhadap nilai Marshall pada campuran aspal porus.

15. Penelitian oleh Hakim, N. M. I. (2019). Berjudul “Pengaruh Filler Serbuk Arang Tempurung Kelapa Terhadap Campuran Laston Ac-Wc Dengan Tambahan Limbah Botol Plastik Pada Aspal Pen 60/70 Menggunakan Sistem Warm Mix Dengan Metode Uji Marshall & Wheel Tracking” membahas campuran AC-WC dengan penambahan variasi kadar aspal dan variasi filler serta tambahan limbah botol plastik terhadap campuran beraspal yang dilakukan di Laboratorium UPT PPP DPU DKI Jakarta, Jakarta Timur didapatkan kadar aspal optimum filler semen portland yaitu 6,028 %, kadar filler optimum tanpa tambahan limbah botol plastik perendaman 30 menit yaitu 2,645 %, kadar filler optimum tanpa tambahan limbah botol plastik perendaman 24 jam yaitu 2,180 %, kadar filler optimum dengan tambahan limbah botol plastik perendaman 30 menit yaitu 2,325 %, kadar filler optimum dengan tambahan limbah botol plastik perendaman 24 jam yaitu 2,270 %. Limbah botol plastik dapat meningkatkan nilai stabilitas pada campuran Warm Mix. Hasil pengujian stabilitas dinamis dengan menggunakan alat Wheel Tracking pada penelitian ini bahwa campuran Laston AC–WC menggunakan tambahan limbah botol plastik dengan filler serbuk arang tempurung kelapa lebih besar nilai DS (Dinamis Stabilitas) yaitu sebesar 443,7 lintasan/mm tanpa menggunakan tambahan limbah botol plastik sebesar 286,4 lintasan/mm. Kata Kunci: Laston AC-WC, Warm Mix, Marshall Test, Wheel Tracking, Limbah Botol Plastik, Serbuk Arang Tempurung Kelapa.
16. Penelitian oleh Candra, A. I., dkk. (2019). Dengan judul Pemanfaatan Limbah Puntung Rokok Filter Sebagai Bahan Campuran Beton Ringan Berpori yang

membahas mengenai penggunaan limbah ini sebagai pengganti agregat kasar secara menyeluruh perlu diadakan penelitian yaitu besarnya kuat tekan yang di hasilkan dengan penggantian agregat kasar dari limbah puntung rokok tersebut, job mix yang digunakan sesuai SNI K-125 dengan mengganti sepenuhnya agregat kasar dengan limbah puntung rokok, job mix untuk  $1\text{m}^3$  beton terdiri dari semen 276Kg, air 214 liter, puntung rokok 148,62 Kg, dan pasir sebanyak 828 Kg. Dari penelitian di atas diperoleh nilai kuat tekan pada umur beton 28 hari tertinggi mencapai K-115,56 yang berarti telah mencapai target untuk paving beton sebesar K-100. Sedangkan untuk nilai absorsinya cukup tinggi dari pengujian berturut-turut selama  $\frac{1}{4}$  jam, 1 jam, 4 jam, dan 24 jam di hasilkan nilai rata-rata sebesar 0,116 liter, 0,269 liter, 0,374 liter, 0,699 liter. Hasil penelitian dari berat jenis beton dengan agregat kasar limbah puntung rokok mencapai rata-rata  $1831,11\text{ Kg/m}^3$ , untuk penelitian angka pori di hasilkan nilai rata-rata mencapai 0,2854, selanjutnya hasil nilai porositas diperoleh rata-rata mencapai 0,222016.

17. Penelitian oleh Lizar, L. (2017). Dengan judul “Analisis Pengaruh Perbedaan Sumber Fly Ash dan Bottom Ash Terhadap Karakteristik Perkerasan Lentur” dengan pembahasan pengaruh perbedaan sumber fly ash dan bottom ash terhadap karakteristik perkerasan lentur. Fly ash dan bottom ash akan dimanfaatkan sebagai bahan filler dengan persentase 7% dari berat total campuran. pengujian menunjukan bahwa secara keseluruhan karakteristik material dasar yang digunakan dalam penelitian ini telah memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI). Penggunaan filler fly ash dan bottom ash dapat

meningkatkan nilai stabilitas benda uji, peningkatan nilai stabilitas rata-rata sebesar 25% dari benda uji yang menggunakan filler abu batu. Jumlah fly ash dan bottom ash yang dapat diserap pada tahun 2016 untuk 3 provinsi adalah 23,87% dari total limbah yang dihasilkan.

18. Penelitian oleh Wilis, A. R., & Risdianto, Y. (2018). Berjudul “Pengaruh Penambahan Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) dan Lawele Granular Asphalt (LGA) Sebagai Bahan Substitusi Agregat Pada Campuran Beton Aspal Wearing Course (AC-WC) Dengan Fly Ash Sebagai Filler” dengan pembahasan pengaruh penambahan Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) dan Lawele Granular Asphalt (LGA) sebagai bahan substitusi agregat terhadap karakteristik Marshall dari campuran panas aspal wearing course (AC-WC). Metode penelitian yang digunakan adalah analisis deskriptif kuantitatif. Teknik pengumpulan data yang didapat melalui proses pengujian di laboratorium. Data tersebut dianalisis untuk mendapatkan kesimpulan yang menjadi tujuan dalam penelitian ini. Hasil penelitian menunjukkan substitusi gradasi RAP dan LGA diantara substitusi agregat kasar (10-15mm), agregat sedang (5-10mm) dan agregat halus (0-5mm) yang dapat digunakan pada campuran beraspal panas dengan hasil yang terbaik terletak pada substitusi agregat sedang (5-10mm) sebesar 21% dengan nilai stabilitas 1208,64 kg untuk RAP dan 23% dengan nilai stabilitas 1645 kg untuk RAP+LGA. Pengaruh penambahan RAP+LGA sebagai bahan substitusi agregat terhadap karakteristik Marshall memiliki hasil yang lebih baik dibandingkan dengan penambahan RAP saja.

19. Penelitian oleh Tarmizi, T., Saleh, S. M., & Isya, M. (2018). Berjudul “Pengaruh Substitusi Semen Portland Dan Fly Ash Batubara Pada Filler Abu Batu Terhadap Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC)” dengan pembahasan parameter Marshall material Basalt dengan variasi filler abu Batu Basalt-Semen Portland (PC) dan abu Batu Basalt- Fly Ash batubara sehingga diketahui pengaruh pencampuran dan pemadatan terhadap parameter Marshall dengan menggunakan aspal Pen.60/70 pada beton aspal (AC-BC). Dari hasil penelitian diketahui bahwa penggunaan Semen Portland dan abu fly ash batubara sebagai filler dapat mempengaruhi parameter Marshall dan nilai durabilitas campuran beton aspal (AC-BC). Penggunaan Semen Portland (PC) pada variasi filler stabilitasnya meningkat, sedangkan penggunaan Fly Ash batubara pada variasi filler nilai stabilitasnya turun . Nilai stabilitas dengan penggunaan 0% Semen Portland (PC) - 6% abu Batu Basalt , 2% Semen Portland (PC) - 4% abu Batu Basalt, 4% Semen Portland - 2% abu Batu Basalt dan 6% Semen Portland (PC) - 0% abu Batu Basalt masing-masing 1542,04 kg, 1648,44 kg, 1708,68 kg dan 1754,48 kg. Nilai durabilitas juga terjadi peningkatan dengan bertambahnya persen kadar Semen Portland (PC) yaitu masing-masing 80,07%, 81,38%, 83,44% dan 85,53%. Sedangkan pada penggunaan abu Fly Ash batubara sebagai filler terjadi penurunan stabilitas dimana pada penggunaan 0% abu Fly Ash batubara- 6% abu Batu Basalt, 2% abu Fly Ash batubara - 4% abu Batu Basalt , 4% abu Fly Ash batubara- 2% abu Batu Basalt dan 6% abu Fly Ash batubara- 0% abu Batu Basalt diperoleh stabilitas masing-masing 1542,33 kg, 1453,82 kg, 1344,49 kg dan 1288,87 kg.

Nilai durabilitas terjadi penurunan dengan bertambahnya persen kadar abu Fly Ash batubara yaitu masing-masing 85,32%, 84,09%, 83,16% dan 80,52%. Penggunaan filler Semen Portland (PC) maupun Fly Ash Batubara memenuhi semua parameter Marshall kecuali durabilitasnya yang tidak tercapai.

20. Penelitian yang dilakukan Safriani, M., & Febrianti, D. (2018). Dengan judul “ Analisis Pengaruh Penggunaan Abu Sabut Kelapa Sebagai Filler Pada Campuran Aspal Retona Blend” yang membahas pengaruh penggunaan abu sabut kelapa sebagai bahan pengisi campuran aspal Retona Blend 55 dan abu sabut kelapa dapat digunakan sebagai bahan pengisi pengganti campuran jalan raya atau tidak. Metode dalam penelitian ini menggunakan eksperimen laboratorium. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar sifat fisik memenuhi persyaratan spesifikasi yang ditentukan. Pemeriksaan sifat fisik aspal Retona Blend 55 yang meliputi pemeriksaan berat jenis, penetrasi, daktilitas, dan titik lembek menunjukkan bahwa aspal tersebut dapat digunakan untuk memenuhi persyaratan yang ditetapkan. Komposisi campuran yang memberikan hasil terbaik adalah dengan komposisi campuran dengan menggunakan abu sabut kelapa sebagai bahan pengisi sebesar 4,5% dengan aspal optimum sebesar 6,25%. Penggunaan aspal optimum 6,25% menghasilkan nilai stabilitas 1295,47 kg, flow plastis 4,0 mm, MQ 328,51 kg, densitas 2,21 g/cm<sup>3</sup>, VIM 5,43%, VMA 17,89%, VFB 70,17%. Nilai-nilai tersebut telah sesuai dengan standar spesifikasi Departemen Pekerjaan Umum.