

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI**

#### **2.1. Tinjauan Pustaka**

##### **2.1.1. Penelitian Terdahulu tentang Aspal Retona Blend 55 dan *Fly ash* Batubara untuk Campuran Beraspal**

Setiawan (2011) melakukan penelitian variasi kadar asbuton T15/25 sebesar 11,5%,12,5%,13,5% dan 14,5% dari total campuran. Hasil dipilih Asbuton karena kadar asbuton T15/25 memiliki kadar bitumen sebesar 23,40%. Aspal yang digunakan yaitu aspal minyak penetrasi 60/70 (AC 60/70) produksi Pertamina dan bahan Asbuton. Agregat yang digunakan 3/4 inch, 3/8 inch dan debu batu. Nilai *marshall* yang di dapat pada penambahan kadar asbuton butir 11,5% sampai 14,5%. Dan nilai optimumnya di dapat 12,1%.

Sukmana dkk. (2014) melakukan penelitian tentang karakteristik *Marshall* pada campuran lapis tipis campuran. Penelitian ini menguji pengaruh penggunaan aspal untuk lapis tipis dengan menggunakan Aspal Retona Blend 55 dan aspal penetrasi (Pen.60/70). Metode pelaksanaan penelitian dimulai dari persiapan bahan, pemeriksaan spesifikasi bahan , pembuatan benda uji, dan pengujian *Marshall* untuk menentukan hasil. Pada hasil pengujian *Marshall* didapatkan kadar aspal optimum pada retona sebesar 5,87% lebih banyak dibandingkan aspal penetrasi yang kadar aspal optimumnya lebih kecil yakni sebesar 5,80%. Hal ini karena aspal retona blend masih mengandung *filler* 2% lebih banyak dari aspal penetrasi, sifat *filler* yang cenderung menyerap aspal menyebabkan kadar penggunaan aspal retona lebih banyak. Pada nilai stabilitas aspal retona sebesar 525,61 Kg lebih kecil daripada aspal penetrasi sebesar 651,16 Kg karena aspal retona lebih lemah menerima beban jika dibandingkan dengan penggunaan aspal penetrasi. Sedangkan nilai *flow* pada aspal retona sebesar 2,11 mm, sedangkan pada aspal penetrasi sebesar 2,23 mm.

Nofrianto (2014) melakukan penelitian perbandingan antara aspal pen 60/70 dengan aspal buton Retona Blend 55 pen 40/60 yang hasilnya aspal buton Retona Blend 55 pen 40/60 memiliki stabilitas yang tinggi, untuk menjaga deformasi permanen, deformasi plastis dan keausan terhadap roda kendaraan karena filler

bersifat hydrophobic yang membuat air tidak merembes ke lapis pondasi perkerasan. Hasil penelitian untuk stabilitas Aspal Penetrasi 60/70 1058 kg, sedangkan Asbuton yaitu 1200 kg. Untuk VMA Aspal Buton 15,25 %, dan Aspal Pen 60/70 15,50 %. VFB Aspal Buton 65,00 % dan Aspal Penetrasi 60/70 sebesar 65,00 %. VITM Aspal Buton 5,24 %, dan Aspal Penetrasi 60/70 5,00 %. *Flow* Aspal Buton 4,40 mm dan Aspal Penetrasi 60/70 4,20 mm. *Marshall Quotient* (MQ) Aspal Buton 326 kg/mm dan Aspal Penetrasi 60/70 250 kg/mm. Pada campuran aspal penetrasi 60/70 dan aspal buton Retona Blend 55, nilai *density* meningkatkan hingga batas maksimum, penambahan diatas batas maksimum akan menurunkan nilai *density* yang akan mempengaruhi mutu campuran. Akan tetapi nilai stabilitasnya juga naik hal ini disebabkan rongga udara masih belum terpenuhi oleh aspal yang berfungsi sebagai untuk pengikat.

Setyawan dkk. (2014) melakukan penelitian aspal penetrasi 60/70 dan Aspal Retona Blend 55 kekuatannya lebih baik daripada penetrasi 60/70, karena kekuatan adesi dan kohesi tinggi. Semakin tinggi nilai kohesinya maka daya lekat antar agregat semakin kuat faktor yang mempengaruhi adalah nilai stabilitas dan *flow*. Benda uji menggunakan Aspal Retona Blend 55 pengujian kuat tekan bebas nilainya lebih besar 21,24% dibanding menggunakan aspal penetrasi 60/70. Aspal Retona Blend 55 memiliki nilai koefisien permeabilitas sebesar  $8,367 \times 10^{-4}$  cm/detik. Sehingga Aspal Retona Blend 55 tingkat kekedapan dengan air 30,53%.

Misbah dan Firdaus (2014) melakukan penelitian perbandingan antara aspal standar pen 60/70 dengan kadar aspal 6% dengan penambahan aspal buton berbutir kadar aspalnya 6%. Pengujianya asbuton di *hot mix* dengan dilakukan pemadatan 75 kali per bidang, setelah itu dilakukan pengujian *marshall*. Hasil pengujian dari hasil pemeriksaan yang telah dilakukan terhadap Aspal Asbuton Berbutir (BGA) Penetrasi 17, Titik Lembek sebesar 62.3 °C, Titik Nyala sebesar 288 °C, Penurunan Berat sebesar 0.02 %, Daktilitas sebesar > 140 cm dan Berat Jenis sebesar 1,044 gr/cc. Penambahan asbuton berbutir 2.5%, 3.0% dan 5% jika nilai *density* melebihi batas maksimum akan mempengaruhi mutu campuran.

Chaira dkk. (2016) membuat penelitian menggunakan campuran limbah kerak tanur sawit sebagai bahan ikat AC-WC dengan Aspal Retona Blend 55. Dilakukan penelitian ini dimaksud untuk mengetahui campuran asbuton dengan

material pengganti agregat halus. Pengujiannya dimulai dari persiapan bahan agregat kasar, limbah kerak tanur, Aspal Retona Blend 55, *filler*. Setelah di campur dipadatkan pengujian *marshall* dan mencari nilai KAO. Variasi campuran kerak tanur cangkang sawit dan material batu pecah memenuhi syarat >80% .

Yanti dkk. (2017) pada penelitiannya menggunakan *fly ash* untuk *filler* atau bahan pengisi pada campuran perkerasan AC-BC dengan tujuan mengetahui karakteristik *Marshall*. Dari hasil penelitian didapat kadar aspal optimum 5,6%, pada nilai stabilitas dan *Marshall Quotient* semakin tinggi sedangkan pada nilai *flow* semakin menurun.

Firdaus dkk. (2018) meneliti tentang penggunaan agregat yang berasal dari Kabupaten Simeuleu dengan bahan pengikat aspal penetrasi 60/70 dan Aspal Retona Blend 55. Metode yang digunakan adalah overlapping. Dari penelitian tersebut didapatkan hasil KAO pada campuran perkerasan AC-WC 100% retona blend sebesar 6,18%, 100% penetrasi sebesar 6,37%, 80% retona blend/20% penetrasi sebesar 6,20%, 65% retona blend/35% penetrasi sebesar 6,06%, 50% retona blend/50% penetrasi sebesar 6,06%. Pada pengujian ini nilai stabilitas aspal retona blend lebih besar dibandingkan dengan aspal penetrasi, sedangkan nilai *flow* Aspal Retona Blend 55 lebih rendah dibandingkan dengan aspal penetrasi, untuk nilai VIM dan *Marshall Quotient* pada Aspal Retona Blend 55 lebih besar dibandingkan aspal penetrasi.

Iqbal dkk. (2018) melakukan penelitian modifikasi pengaruh limbah PET dengan serbuk ban bekas kedalam aspal. Persentase pencampuran PET 25% + SBB 75%, PET 50% + SBB 50%, PET 75% + SBB 25% dengan pengujian parameter *Marshall*. Disini limbah PET berfungsi untuk meningkatkan titik leleh tetapi limbah PET tidak bersifat elastis. Metode pencampuran dilakukan pemanasan aspal murni selanjutnya di campur limbah plastik PET yang di hancurkan dengan ukuran 3 mm dan serbuk ban lolos saringan #50 dengan suhu lebih dari 150 °C . dan hasil dari KAO dengan parameter *marshall* di dapat 5,31%, nilai stabilitas juga lebih bagus jika di modifikasi dengan campuran limbah PET dari pada serbuk ban bekas.

Isnanda dkk. (2018) melakukan penelitian pengaruh plastik *polystyrene* serta penggunaan abu arang tempurung kelapa sebagai *filler* pada campuran AC-

WC. Pertama pengujian mencari nilai KAO setelah itu membuat benda uji dengan presentase 7%, 9%, dan 11% dari hasil yang di uji semakin tinggi nilai presentasinya semakin baik nilai stabilitasnya tetapi tidak memenuhi persyaratan  $\leq 90\%$ . Abu arang tempurung kelapa tidak lebih dari 6,45% yang lolos saringan 200, maka perlu dilakukan penumbukan untuk abu arang. Untuk pengujian marshall semakin besar presentasi pada plastik PS pecampuran AC-WC semakin besar nilai MQ, nilai VIM cenderung fluktuatif, sedangkan nilai *flow* dan VFA menurun.

## **2.2. Dasar Teori**

### **2.2.1. Jalan**

Jalan adalah salah satu prasarana transportasi di darat yang meliputi bagian badan jalan maupun bangunan pelengkap yang ada di jalan tersebut. Pada umumnya ruas jalan di Indonesia menggunakan perkerasan lentur, 90% dari seluruh panjang jalan yang ada (Isnanda dkk., 2018). Jalan adalah seluruh bagian Jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukan bagi lalu lintas umum, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan rel dan jalan kabel (Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan).

### **2.2.2. Perkerasan Jalan**

Perkerasan jalan adalah lapisan yang berada diantara lapisan tanah dasar (*subgrade*) dan pada roda kendaraan dengan fungsi untuk memberikan pelayanan pada sarana transportasi, dan selama umur rencana pelayanan yang diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti (Sukirman, 1999). Fungsi dari perkerasan jalan adalah sebagai penerus atau pendistribusi beban dari lalu-lintas yang ada diatas lapisan perkerasan jalan ke lapisan tanah dasar agar tidak mengalami tegangan dan regangan berlebih. Perbedaan konstruksi perkerasan jalan berdasarkan bahan pengikatnya :

#### **1. Perkerasan kaku (*rigid pavement*)**

Perkerasan kaku adalah perkerasan yang menggunakan bahan pengikat semen (*Portland cement*). Perkerasan kaku adalah perkerasan yang tersusun

dari plat beton yang menggunakan atau tanpa menggunakan tulangan pada konstruksinya. Pada perkerasan ini plat beton di letakkan pada lapisan tanah dasar (*subgrade*) maupun pada lapis pondasi bawah (*subbase course*). Perkerasan ini sangat berguna untuk jalan dengan kondisi lalu-lintas yang padat dan beban yang besar. Kelebihan dari penggunaan perkerasan ini adalah beban di tumpu oleh konstruksi perkerasan sendiri karena perkerasan bersifat kaku dan pendistribusian beban secara merata pada perkerasan ini.

## 2. Perkerasan lentur (*flexible pavement*)

Perkerasan lentur adalah lapisan yang menggunakan bahan pengikat aspal yang dicampur pada material agregat yang dihamparkan dan dipadatkan pada suhu tertentu. Perkerasan lentur terdiri dari lapisan-lapisan yang membantu menahan beban lalu-lintas yang melaluinya. Lapisan-lapisan pada perkerasan lentur terdiri sebagai berikut :

### 1. Lapisan tanah dasar (*subgrade*)

Lapisan tanah dasar adalah lapisan tanah asli, galian atau timbunan yang telah dipadatkan. Lapisan tanah dasar berfungsi sebagai alas lapisan-lapisan konstruksi perkerasan di atasnya. Kepadatan dari lapisan tanah dasar juga berpengaruh pada kekuatan dan keawetan konstruksi perkerasan di atasnya.

### 2. Lapis pondasi bawah (*subbase course*)

Lapis pondasi bawah biasanya tersusun dari material agregat yang sudah dihamparkan dan dipadatkan. Lapis pondasi bawah terletak di atas lapisan tanah dasar (*subgrade*) dan di bawah lapis pondasi atas (*base course*). Lapis pondasi bawah (*subbase course*) berfungsi sebagai berikut :

- a. Lapis untuk perlindungan lapisan tanah dasar dari pengaruh cuaca.
- b. Lapisan untuk peresapan agar air yang menyerap pada lapisan perkerasan tidak terkumpul pada lapis pondasi.

- c. Sebagai bagian konstruksi lapisan perkerasan untuk menahan beban lalu-lintas yang ada di atasnya.

3. Lapis pondasi atas (*base course*)

Lapis pondasi atas adalah lapisan yang berada diatas lapis pondasi bawah (*subbase course*) dan di bawah lapis permukaan (*surface course*). Lapis pondasi atas dapat berada diatas lapisan tanah dasar (*subgrade*) jika pada lapisan perkerasan tidak menggunakan lapis pondasi bawah (*subbase course*). Fungsi dari lapis pondasi atas adalah :

- a. Sebagai bantalan untuk lapis permukaan
- b. Sebagai lapisan penahan gaya lintang dari beban roda agar menyebarkan beban ke lapis di bawahnya.

4. Lapis permukaan (*surface course*)

Lapis permukaan adalah lapisan paling atas pada perkerasan lentur (*flexible pavement*). Lapis permukaan tersusun dari campuran material agregat dan bahan pengikat. Fungsi dari lapis permukaan adalah :

- a. Sebagai lapisan kedap air agar tidak meresap ke lapisan bawahnya.
- b. Sebagai lapis aus untuk menerima gesekan dari beban kendaraan yang melintas diatas permukaannya.
- c. Sebagai lapisan yang menahan dan menyebarkan beban lalu-lintas ke lapisan di bawahnya.

3. **Perkerasan komposit (*composite pavement*)**

Perkerasan komposit merupakan kombinasi antara perkerasan kaku (*rigit pavement*) dan perkerasan lentur (*flexible pavement*). Perkerasan komposit memiliki tingkat distribusi beban dan kenyamanan yang baik

dibandingkan dengan jenis perkerasan lain karena beban lalu-lintas ditumpu oleh dua jenis perkerasan yang saling bekerjasama menahan.

### **2.2.3. Aspal**

Aspal merupakan material termoplastik yang dapat berubah menjadi keras jika temperatur berkurang dan akan berubah cair atau lunak jika temperatur bertambah. Sifat ini yang dinamakan kepekaan aspal terhadap perubahan temperatur. Kepekaan aspal pada temperatur akan menjadi dasar acuan umur aspal menjadi mengeras atau retak. Selain agregat, aspal merupakan salah satu material pembentuk pada campuran perkerasan jalan (Sukirman, 1999).

Aspal atau bitumen adalah material yang bersifat padat atau viskos, dengan warna hitam atau coklat, memiliki daya lekat. Aspal berfungsi sebagai bahan pengikat pada lapis perkerasan dan juga sebagai pengisi rongga pada agregat. Banyak aspal pada campuran perkerasan biasanya antara 4%-10% berdasarkan dari berat atau 10%-15% berdasarkan volume dari campurannya.

Menurut Sukirman (1999) fungsi dari penggunaan aspal untuk campuran perkerasan jalan adalah :

- a. Bahan pengikat, memberikan ikatan kuat antara agregat dan aspal maupun antar aspal.
- b. Bahan pengisi, berfungsi mengisi rongga antar pori-pori dan butir agregat yang terdapat dalam butir agregat.

Jenis aspal dibedakan menurut tempat didapatkannya menjadi dua, yaitu aspal alam dan aspal buatan. Aspal buatan didapatkan dari hasil destilasi atau residu pengolahan minyak bumi dan membutuhkan bahan dan cara pengolahan yang cukup lama sehingga menghabiskan waktu dan biaya lebih besar. Sedangkan aspal alam didapatkan langsung tanpa pengolahan yang lama dan biasanya didapat dengan mudah dipermukaan danau. Aspal alam dapat diperoleh dari penggalian gunung-gunung yang terletak pada pulau Buton biasa disebut aspal buton, atau dari danau yang terletak di Bermudez, Trinidad yang biasa disebut aspal Trinidad.

#### **2.2.4. Asbuton**

Di Indonesia tepatnya pada pulau Buton, Sulawesi Tenggara terdapat tambang aspal alam dan biasa dikenal dengan sebutan aspal buton atau asbuton. Proses pembentukan asbuton dari minyak bumi yang mengalami tekanan sehingga terdorong ke permukaan melewati di antara batuan yang porous (Setiawan, 2011). Menurut Sukirman (1999) Asbuton adalah jenis aspal alam yang merupakan campuran dari bitumen dengan bahan mineral yang lainnya berbentuk batuan. Kadar bitumen yang terkandung dalam Asbuton bervariasi dari kadar rendah sampai kadar tinggi. Berdasarkan dari kadar bitumen yang terkandung pada aspal buton adalah B10, B13, B20, B25 dan B30. Kadar bitumen yang terkandung pada aspal butin B13 rata-rata 13%.

#### **2.2.5. Aspal Retona Blend 55**

Aspal Retona Blend 55 adalah produk olahan PT. Olah Bumi Mandiri dengan bahan baku aspal alam. Aspal Retona Blend 55 dihasilkan dari modifikasi antara campuran aspal minyak dengan pen 60 dan pen 80 dengan aspal buton hasil olahan cara semi ekstraksi (Chaira dkk., 2016).

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

Lapisan *asphalt concrete-wearing course* atau Lapis aus perkerasan atau Lapisan Beton Aspal adalah lapisan paling atas pada perkerasan jalan yang memiliki nilai struktural (Firdaus dkk., 2018). Berfungsi sebagai lapisan yang bergesekan langsung dengan roda kendaraan yang melintas. Lapis aus perkerasan terdiri dari agregat kasar, agregat halus, bahan pengisi (*filler*), dan aspal yang dicampur dengan suhu tertentu dan dipadatkan pada lapis pondasi atas pada perkerasan jalan yang telah dipersiapkan. Material agregat yang digunakan adalah agregat yang bergradasi menerus. Tebal permukaan lapis aus perkerasan biasanya sekitar 4 cm.

### 2.2.7. Agregat

Agregat adalah suatu material berbahan keras dan kaku. Agregat merupakan bahan dasar utama dalam perkerasan jalan. Agregat pada umumnya berupa pasir maupun batu pecah yang didapat secara alami maupun buatan. Kualitas dan kondisi jalan yang baik dipengaruhi oleh kualitas agregat, karena 90%-95% dari berat atau 75%-85% dari volume suatu campuran perkerasan adalah agregat.

Agregat memiliki sifat-sifat yang dapat menentukan kualitasnya untuk dijadikan bahan dasar perkerasan jalan, antara lain :

1. Bentuk butiran dan gradasi

Bentuk agregat sebagai bahan perkerasan jalan sangat mempengaruhi pada kestabilan jalan sendiri. Bentuk agregat bulat akan mudah mengalami deformasi. Berbeda dengan agregat dengan bentuk menyudut akan saling mengunci antar agregat dengan agregat lainnya, sehingga dapat menahan gesekan yang lebih besar. Gradasi agregat juga penting karena gradasi yang terdistribusi secara bervariasi akan lebih baik daripada gradasi yang senjang, itu disebabkan karena agregat saling mengisi rongga.

2. Tekstur dan kebersihan permukaan agregat

Tekstur permukaan agregat yang kasar akan berpengaruh pada ikatan antar agregat dalam campuran, tetapi tekstur yang halus pada permukaan agregat akan mempermudah dalam pengerjaan campuran. Perbedaan tekstur agregat sangat berpengaruh juga pada gesekan yang terjadi. Kebersihan permukaan agregat ditentukan dengan tidak ada material seperti lempung, lanau, maupun material organik lainnya. Jika agregat yang akan digunakan terkandung unsur organik maupun lempung melebihi dari yang ditentukan, maka agregat tersebut tidak layak untuk digunakan.

3. Kekuatan, kekerasan dan keawetan

Degradasi atau pecahnya butir-butir pada agregat dapat terjadi yang disebabkan oleh proses mekanis seperti beban lalu-lintas dan

proses kimiawi seperti kelembaban, perubahan suhu, dan panas. Jenis agregat adalah faktor yang berpengaruh pada keras dan kuatnya agregat dalam mencegah proses degradasi.

Ketahanan agregat dalam menahan proses mekanis dapat dilakukan dengan cara pengujian abrasi menggunakan alat uji abrasi *Los Angeles* berdasarkan BSN (2008a) sehingga dapat mengetahui sejauh mana kekuatan, kekerasan, dan keawetan agregat setelah diuji.

#### 4. Berat jenis dan porositas

Berat jenis adalah suatu perbandingan antara berat volume agregat dengan berat volume air. Kualitas agregat ditentukan dari berat jenisnya. Berat jenis berpengaruh pada perencanaan campuran dengan menentukan pori yang terdapat pada agregat tersebut. Berat jenis agregat yang besar memiliki volume pori yang kecil sehingga bahan pengikat yang digunakan akan semakin sedikit.

Porositas merupakan ketentuan dalam menentukan banyaknya zat cair yang dapat diserap oleh agregat. Daya serap yang tinggi sangat berpengaruh pada daya ikat partikel pada agregat semakin kecil sehingga mengakibatkan permukaan aspal yang tipis. Porositas agregat biasanya dapat diketahui melalui jumlah air yang terserap oleh agregat ketika direndam dalam air.

#### 5. Daya lekat agregat terhadap aspal

Daya lekat agregat terhadap aspal adalah kecenderungan agregat dalam menyerap, menerima, dan menahan penyelimutan aspal. Agregat bersifat *hydropobic* yaitu tidak mudah terikat air tapi mudah terikat aspal.

### **2.2.8. Fly ash batubara**

*Fly ash* batubara merupakan sisa-sisa dari pembakaran yang terdiri dari butir-butiran halus. Biasanya hasil dari pembakaran batubara. Abu terbang sudah sangat banyak dimanfaatkan dalam bidang konstruksi sebagai bahan penambah.

Pada konstruksi perkerasan *fly ash* batubara sangat cocok untuk bahan pengganti *filler* dikarenakan ukuran partikel dari *fly ash* sangat kecil sama dengan ukuran *filler* abu batu.

### 2.2.9. Bahan Penyusun Campuran Lapis Aus Perkerasan

#### 1. Aspal

Aspal atau bitumen adalah material yang bersifat padat atau viskos dengan warna hitam atau coklat, memiliki daya lekat. Aspal berfungsi sebagai bahan pengikat pada lapis perkerasan dan juga sebagai pengisi rongga pada agregat. Banyak aspal pada campuran perkerasan biasanya antara 4%-10% berdasarkan dari berat atau 10%-15% berdasarkan volume dari campurannya.

Kadar aspal berpengaruh pada kualitas perkerasan, jika kadar aspal terlalu sedikit maka perkerasan akan mengalami *cracking*, jika pada kadar aspal terlalu banyak maka akan mengakibatkan *bleeding*. Dalam penelitian ini digunakan jenis aspal asbuton modifikasi dengan spesifikasi yang terdapat pada Tabel 2.1 tentang spesifikasi aspal asbuton modifikasi.

Tabel 2.1 Spesifikasi Aspal Asbuton Modifikasi (Bina Marga, 2010)

No	Jenis Pemeriksaan	Cara pemeriksaan	Pene-trasi 60/70	Satuan	Tipe II Aspal yang dimodifikasi	
					A Elastomer Sintetis	B Asbuton yang diproses
1	Penetrasi (25°C, 5 detik)	SNI 06-2456-1991	60-70	0,1 mm	Min 40	Min 50
2	Viskositas Dinamis	SNI 06-6441-2000	160-240	60°C	320-480	240-360
3	Viskositas kinemis	SNI 06-6441-2000	>300	135°C	<3000	385-2000
4	Titik Lembek (ring ball)	SNI 2434:2011	>48	°C	> 54	> 53
5	Titik Nyala (Clev.Open cup)	SNI 2433 : 2011	>232	°C	>232	>232
6	Daktilitas (25°C, 5 cm/menit)	SNI 2432 : 2011	>100	% berat	>100	>100
7	Kelarutan dlm trichloethy	AASHTO 144-03	>99	% berat	>99	>99

Tabel 2.1 (Lanjutan)

No	Jenis Pemeriksaan	Cara pemeriksaan	Pene-trasi 60/70	Satuan	Tipe II Aspal yang dimodifikasi	
					A Elastomer Sintetis	B Asbuton yang diproses
8	Berat Jenis (25°C)	SNI 2441 : 2011	>1,0	gr/cc	>1,0	>1,0
9	Stabilitas penyimpanan perbedan titik lembek	ASTM D 5976 part 6.1	-	°C	<2,2	<2,2
10	Partikel yang lebih halus dari 150 micron (µm) (%)	-	-	% berat	-	Min 95
<b>Pengujian Residu hasil TFOT (SNI-03-6835-2002)</b>						
11	Berat yang hilang	SNI 06-2441-1991	<0,8	% berat	<0,8	<0,8
12	Viskositas dinamis	SNI 03-6441-2000	<800	°C	<1600	<1200
13	Penetrasi pada 25 °C	SNI 06-2456-1991	>54	% berat	>54	>54
14	Daktalitas pada 25 °C	SNI 2432 : 2011	>100	Cm	>25	>50
15	Keelastisan setelah pengembalian	AASTHO T 301-98	-	% berat	>60	

## 2. Agregat

Penggunaan agregat sangat penting untuk pembuatan lapis aus perkerasan, karena agregat memiliki persentase sebanyak 90%-95% dari berat dan 75%-85% dari volume dalam suatu campuran. Kualitas agregat sendiri juga berpengaruh pada kekuatan lapis aus perkerasan. Agregat yang digunakan terdiri dari 2 jenis, yaitu agregat kasar dan halus.

### A. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah agregat yang tertahan pada saringan No.4 (4,75 mm). Penggunaan agregat kasar pada campuran harus dalam kondisi bersih, kuat, kering, dan tidak ada lumpur. Agregat kasar harus memenuhi spesifikasi seperti pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Persyaratan pada agregat kasar (Bina Marga, 2010)

Pengujian		Standar	Nilai	
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan	natrium sulfat	SNI 3407:2008	Maks. 12%	
	magnesium sulfat		Maks. 18%	
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran AC Modifikasi	100 putaran	Maks. 6%	
		500 putaran	Maks. 30%	
	Semua jenis campuran aspal bergradasi lainnya	100 putaran	SNI 2417:2008	Maks. 8%
		500 putaran		Maks. 40%
Kelekatan agregat terhadap aspal	SNI 2439:2011	Min. 95%		
Butir Pecah pada Agregat Kasar	SNI 7619:2012	95/90		
Partikel Pipih dan Lonjong	ASTM D4791 Perbandingan 1:5	Maks. 10%		
Material lolos Ayakan No. 200	SNI 03-4142-1996	Maks. 2%		

#### B. Agregat halus

Agregat halus adalah agregat yang lolos pada saringan No.4 (4,75 mm). Penggunaan agregat halus pada campuran harus dalam kondisi bersih, kering, dan memiliki kandungan lumpur yang tidak melebihi dari yang ditentukan oleh spesifikasi. Agregat halus merupakan bahan yang berfungsi sebagai pengisi pada rongga-rongga yang terdapat pada campuran karena ukurannya lebih kecil dibandingkan agregat kasar. Agregat halus yang digunakan harus memenuhi spesifikasi seperti pada tabel 2.3.

Tabel 2.3 Persyaratan Agregat Halus (Bina Marga, 2010)

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai Setara Pasir	SNI 03-4428-1997	Min 60%
Angularitas dengan uji kadar rongga	SNI 03-6877-2002	Min 45%
Agregat lolos ayakan no.200	SNI ASTM C117:2012	Maks 10%
Kadar lempung	SNI 03-4141-1996	Max 1%

### C. *Filler*

*filler* adalah agregat halus yang lolos pada saringan No.200 atau dengan ukuran 0,075 mm. *Filler* biasanya berupa abu terbang, debu semen *Portland*, dan lain – lain. Fungsi *filler* yaitu mengisi kekosongan pada rongga-rongga campuran yang tidak terpenuhi oleh agregat halus maupun aspal, sehingga rongga pada campuran sedikit dan memiliki kepadatan sesuai spesifikasi.

## 2.2.10. Metode pengujian material

### 1. Aspal

Fungsi aspal adalah sebagai bahan pengikat pada campuran perkerasan jalan. Aspal yang akan digunakan harus diuji spesifikasinya terlebih dahulu agar memenuhi persyaratan yang ditentukan. Berikut pengujian pada aspal :

#### a. Berat jenis

Pengujian berat jenis bertujuan untuk mengetahui berat jenis aspal yang akan digunakan. Pengujian dilakukan dengan cara aspal yang akan diuji dimasukan kedalam piknometer dan dengan langkah pengujian sesuai pada BSN (2011a). Untuk mengetahui nilai berat jenis diperlukan perhitungan dengan rumus :

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

dengan,

C = massa piknometer, penutup, dan benda uji

A = massa piknometer dan penutup

B = massa piknometer berisi air dan penutup

D = massa piknometer, penutup, benda uji, dan air

Untuk mencari berat isi benda uji maka digunakan persamaan :

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

dengan,

$W_T$  = berat isi air pada temperatur pengujian

b. Penetrasi

Pengujian penetrasi dilakukan untuk mengetahui keras atau lunaknya aspal. Dengan pengujian penetrasi didapat hasil dari nilai penetrasi aspal yang akan digunakan sesuai spesifikasi berdasarkan jenis aspal tersebut. Pengujian dilakukan sesuai dengan BSN (2011b). Untuk spesifikasi yang digunakan untuk asbuton modifikasi adalah 50 sesuai pada tabel 2.1.

c. Daktilitas

Pengujian daktilitas bertujuan untuk mengetahui nilai keplastisan aspal dengan menggunakan alat uji daktilitas. Cara kerja alat uji daktilitas adalah dengan menarik aspal yang sudah dicetak dengan kecepatan 50 mm/menit pada suhu 25°C. Nilai daktilitas yang didapat pada pengujian ini adalah >50 cm sesuai pada tabel 2.1. Pengujian dilakukan berdasarkan pada BSN (2011c).

d. Titik lembek

Pemeriksaan titik lembek dilakukan pada suhu tertentu untuk mengetahui nilai titik lembek aspal. Pemeriksaan dilakukan dengan cara memanaskan dengan suhu tertentu aspal yang sudah dicetak di dalam cincin pada gelar ukur sampai menyentuh plat yang berada pada tengah-tengah gelas. Pengujian titik lembek dilakukan berdasarkan BSN (2011d).

e. Kehilangan berat minyak

Pengujian kehilangan berat minyak adalah untuk mengetahui perbedaan atau kehilangan berat aspal sebelum dipanaskan pada suhu tertentu dengan sesudah dipanaskan. Rumus perhitungan kehilangan berat minyak :

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

Dengan,

A = berat pada benda uji sebelum pengujian

B = berat pada benda uji setelah pengujian

## 2. Agregat

### A. Agregat kasar

Agregat kasar yang digunakan adalah agregat yang berasal dari hasil pecahan industri menggunakan mesin *stone crusher* dengan ukuran agregat antara 4,75 mm (No.4) sampai 40 mm (No.1 1/2). Pengujian agregat kasar meliputi :

#### a. Berat jenis agregat kasar dan penyerapan air

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berat jenis jenuh kering permukaan (*saturated surface dry (SSD)*), berat jenis curah kering (*bulk*), berat jenis semu (*apparent*), dan penyerapan air pada agregat kasar. Pengujian ini berdasarkan BSN (2008b).

#### 1) Berat jenis jenuh kering permukaan (*saturated surface dry (SSD)*) :

$$\text{Berat Jenis Jenuh Kering Permukaan} = \frac{B}{(B-C)} \dots(2.4)$$

dengan,

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

C = berat benda uji didalam air (gram)

#### 2) Berat jenis curah kering (*bulk*) :

$$\text{Berat Jenis Curah Kering} = \frac{A}{(B-C)} \dots\dots\dots(2.5)$$

dengan,

A = berat benda uji setelah kering oven (gram)

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

C = berat benda uji didalam air (gram)

3) Berat jenis semu (*apparent*)

$$\text{Berat Jenis Semu} = \frac{A}{(A-C)} \dots\dots\dots(2.6)$$

dengan,

A = berat benda uji setelah kering oven (gram)

C = berat benda uji didalam air (gram)

## 4) Penyerapan air pada agregat

$$\text{Penyerapan air} = \frac{B-A}{A} \times 100\% \dots\dots\dots(2.7)$$

dengan,

A = berat benda uji setelah kering oven (gram)

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

## b. Keausan agregat kasar

Keausan Agregat kasar adalah pengujian untuk mengukur keausan atau ketahanan agregat dalam menahan beban dari perputaran mesin abrasi *Los Angeles*. Pengujian ini berdasarkan dengan BSN (2008a). Cara menghitung keausan agregat digunakan rumus berikut :

$$\text{Keausan agregat} = \frac{a-b}{a} \times 100\% \dots\dots\dots(2.8)$$

dengan,

A = berat benda uji semula (gram)

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

## c. Analisis saringan

Analisis agregat di lakukan untuk menentukan distribusi gradasi butiran untuk campuran perkerasan. Perlunya pengujian analisis gradasi bertujuan untuk memperoleh komposisi agregat yang ideal sesuai dengan kebutuhan dan spesifikasi yang ditentukan. Pengujian analisis saringan berdasarkan BSN (2012).

## B. Agregat halus

Agregat halus merupakan pasir yang berasal dari hasil industri pemecah batu atau dari pasir yang melalui proses disintegrasi alami di alam. Agregat halus mempunyai ukuran butir terbesar 4,75 mm (No.4). Pengujian untuk agregat halus berdasarkan SNI 1970-2008 tentang pemeriksaan berat jenis dan penyerapan pasir. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian berat jenis agregat halus. Pengujian agregat halus meliputi :

### a. Berat jenis agregat halus dan penyerapan air

Tujuan pengujian ini untuk mengetahui berat jenis jenuh kering permukaan (*saturated surface dry (SSD)*), berat jenis curah kering (*bulk*), berat jenis semu (*apparent*), dan penyerapan air pada agregat halus. Pengujian ini berdasarkan BSN (2008c).

#### 1) Berat jenis jenuh kering permukaan (*saturated surface dry (SSD)*) :

$$\text{Berat Jenis Jenuh Kering Permukaan (Ss)} = \frac{S}{(B+S-C)} \dots (2.4)$$

dengan,

B = berat piknometer berisi air (gram)

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

C = berat benda uji dalam piknometer berisi air (gram)

#### 2) Berat jenis curah kering (*bulk*) :

$$\text{Berat Jenis Curah Kering (Sd)} = \frac{A}{(B+S-C)} \dots (2.5)$$

dengan,

A = berat benda uji kering oven (gram)

B = Berat Benda Uji kondisi jenuh kering permukaan di udara (gram)

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

C = berat benda uji dalam piknometer berisi air (gram)

3) Berat jenis semu (*apparent*)

$$\text{Berat Jenis Semu (Sa)} = \frac{A}{(B+A-C)} \dots\dots\dots(2.6)$$

dengan,

A = berat benda uji kering oven (gram)

B = Berat Benda Uji kondisi jenuh kering permukaan di udara (gram)

C = berat benda uji dalam piknometer berisi air (gram)

4) Penyerapan air pada agregat

$$\text{Penyerapan air (Sw)} = \frac{S-A}{A} \times 100\% \dots\dots\dots(2.7)$$

dengan,

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

A = berat benda uji kering oven (gram)

### 2.2.11. Metode pembuatan benda uji

Pembuatan benda uji dilakukan dengan cara memanaskan aspal dan agregat sesuai masing-masing kadar. Pencampuran dilakukan dengan cara diaduk secara merata antara aspal dan agregat pada suhu  $>140^{\circ}\text{C}$ . Benda uji yang sudah dicampur dimasukkan kedalam cetakan silinder dan ditumbuk setiap sisi sebanyak 75 kali (untuk lalu-lintas berat) pada suhu  $140^{\circ}\text{C}$ . Atur suhu benda uji agar mengikuti suhu ruangan dan keluarkan dari cetakan untuk di uji *Marshall* setelah 24 jam.

### 2.2.12. Metode pengujian campuran dengan metode *Marshall*

Metode pengujian Marshall menggunakan perencanaan campuran untuk aspal (Nofrianto, 2014). Digunakan untuk menentukan nilai pelelehan (*flow*) dan

stabilitas pada campuran. Stabilitas adalah kemampuan campuran aspal dalam menerima beban hingga mengalami pelelehan (*flow*) dalam satuan kilogram. Perubahan bentuk pada benda uji yang diakibatkan dari beban pengujian disebut pelelehan (*flow*) dinyatakan dalam mm. Pengujian ini menggunakan alat uji *Marshall* yang terdiri cincin penguji (*proving ring*) berkapasitas 2500 kg atau kapasitas 5000 kg yang dilengkapi arloji pengukur yang dipasang di bawah kepala penekan (*breaking head*). Pada pengujian *Marshall* terdapat parameter-parameter untuk mencari nilai dari *Quetiont Marshall*. Dengan menggunakan rumus untuk mencari nilai berat jenis dan volume pada campuran :

#### 1. Berat jenis kering (*bulk*)

Berat jenis kering (*bulk*) merupakan berat jenis yang menentukan seluruh volume pori yang ada pada benda uji yang dapat diresapi oleh air maupun tidak. Berikut rumus untuk menghitung berat jenis kering (*bulk*) dari total agregat yang dipakai :

$$Gsb_{\text{ total agregat}} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 \dots + P_n}{\frac{P_1}{Gsb_1} + \frac{P_2}{Gsb_2} + \frac{P_3}{Gsb_3} \dots + \frac{P_n}{Gsb_n}} \dots \dots \dots (2.8)$$

Dengan,

$Gsb_{\text{ total agregat}}$	= Berat jenis kering agregat gabungan (gr/cc)
$Gsb_1, Gsb_2, Gsb_n$	= Berat jenis kering masing-masing agregat 1,2,n(gr/cc)
$P_1, P_2, P_n$	= Persentase berat pada masing-masing agregat (%)

#### 2. Berat jenis semu agregat (*apparent specific gravity of aggregate*)

Berat jenis semu agregat (*apparent specific gravity of aggregate*) merupakan berat jenis yang menentukan seluruh volume pori yang dapat diresapi oleh air. Berikut adalah rumus untuk menghitung berat jenis semu agregat (*apparent specific gravity of aggregate*) :

$$G_{sa \text{ total agregat}} = \frac{P_1+P_2+P_3\dots+P_n}{\frac{P_1}{G_{sa1}} + \frac{P_2}{G_{sa2}} + \frac{P_3}{G_{sa3}} \dots + \frac{P_n}{G_{san}}} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dengan,

$G_{sb \text{ total agregat}}$  = Berat jenis kering pada agregat gabungan (gr/cc)

$G_{sa \text{ total agregat}}$  = Berat jenis semu pada agregat gabungan (gr/cc)

$G_{sb_1}, G_{sb_2}, G_{sb_n}$  = Berat jenis kering pada masing-masing agregat 1,2,n(gr/cc)

$G_{sa_1}, G_{sa_2}, G_{sa_n}$  = Berat jenis semu pada masing-masing agregat 1,2, n (gr/cc)

$P_1, P_2, P_n$  = Persentase berat pada masing-masing agregat (%)

### 3. Berat jenis efektif total agregat

Pada kondisi sebenarnya aspal pada campuran hanya dapat meresapi sebagian pori yang dapat di resapi oleh air. Maka dibutuhkan perhitungan untuk menghitung berat jenis efektif dari total agregat dengan persamaan :

$$G_{se \text{ total agregat}} = \frac{G_{sb} - G_{sa}}{2} \dots\dots\dots (2.10)$$

$$G_{se \text{ total agregat}} = \frac{\frac{P_{mm} - P_b}{P_{nn} + P_b}}{\frac{G_{mm}}{G_{mm} + G_b}} \dots\dots\dots (2.11)$$

Dengan,

$G_{sb}$  = Berat jenis kering/*bulk specific gravity* (gr/cc)

$G_{sa}$  = Berat jenis semu/*apparent specific gravity* (gr/cc)

$G_b$  = Berat jenis aspal (gr/cc)

$G_{se \text{ total agregat}}$  = Berat jenis efektif agregat gabungan (gr/cc)

$G_{se1}, G_{se2} \dots G_{se_n}$	= Berat jenis efektif dari masing-masing agregat 1,2,n
$G_{mm}$	= Berat jenis campuran maksimum teoritis setelah pemadatan (gr/cc)
$P_{mm}$	= Persen berat total campuran (=100)
$P_b$	= Persentase kadar aspal terhadap total campuran (%)

### 2.2.13. Karakteristik *Marshall*

Karakteristik campuran perkerasan dipengaruhi oleh bahan material penyusun yang digunakan serta pengerjaan campuran berpengaruh pada hasil dan kualitas campuran tersebut. Pada dasarnya campuran juga dipengaruhi oleh karakteristik volumetrik dan karakteristik *marshall* seperti :

#### 1. Kepadatan (*density*)

Kepadatan adalah berat pada campuran tiap satuan volume yang dipengaruhi oleh kadar aspal yang digunakan, kualitas bahan penyusun, komposisi campuran, dan cara penumbukan. Kepadatan adalah ukuran untuk menentukan sejauh mana campuran menahan beban pada lalu-lintas nantinya. Rumus kepadatan adalah :

$$G_{mb} = \frac{W_{mp}}{\frac{W_{mssd}}{\gamma_w} - \frac{W_{mv}}{\gamma_w}} \dots \dots \dots (2.12)$$

Keterangan,

$G_{mb}$  = berat volume benda uji (*density*) (gr/cc)

$W_{mp}$  = berat kering benda uji sebelum direndam air (gram)

$W_{mssd}$  = berat benda uji dalam keadaan jenuh air (gram)

$W_{mv}$  = berat benda uji dalam air (gram)

$\gamma_w$  = berat volume air (gr/cc)

#### 2. Rongga dalam campuran (VIM (*voids in the mixture*))

VIM merupakan persentase dari volume rongga yang ada pada campuran terhadap volume total campuran yang telah dipadatkan dalam satuan %. VIM digunakan untuk mengetahui rongga yang terdapat

pada campuran, rongga tersebut berfungsi sebagai tempat bergesernya agregat dalam campuran ketika menerima beban pemadatan. VIM diketahui melalui persamaan :

$$VIM = 100 \times \frac{G_{mm} \times G_{mb}}{G_{mm}} \dots\dots\dots(2.13)$$

Keterangan,

VIM = kadar rongga terhadap campuran (%)

$G_{mb}$  = berat volume benda uji (gr/cc)

$G_{mm}$  = berat jenis maksimum teoritis (gr/cc)

### 3. Rongga antara agregat (VMA(*Voids in mineral agregat*))

VMA merupakan persentase rongga antara agregat dalam campuran serta kandungan aspal efektif. VMA dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$VMA = 100 - \frac{G_{mb} \times P_s}{G_{sb}} \dots\dots\dots(2.14)$$

Keterangan,

VMA = *Voids mineral aggregate* (%)

$G_b$  = Berat jenis agregat (gr/cc)

$G_{mb}$  = Berat jenis curah campuran padat (gr/cc)

$P_s$  = Persen agregat terhadap berat total campuran (%)

### 4. Rongga yang terisi aspal (VFA(*voids filled with asphalt*))

VFA merupakan persentase yang didapat dari VMA yang telah terisi oleh aspal, tidak termasuk kedalam aspal yang diserap oleh agregat melainkan menyelimuti butir-butir agregat dalam campuran. Untuk menghitung VFA digunakan persamaan :

$$VFA = 100 \times \frac{VMA - VIM}{VMA} \dots\dots\dots(2.15)$$

Keterangan,

VFA = rongga terisi aspal (%)

VMA = rongga diantara mineral agregat (%)

VITM = rongga di dalam campuran (%)

### 5. Stabilitas

Stabilitas merupakan nilai ketahanan dari campuran untuk menahan beban sebelum mengalami perubahan pada bentuk. Stabilitas

yang terlalu tinggi dapat menyebabkan campuran menjadi kaku dan mudah atau cepat mengalami keretakan serta berkurangnya volume rongga pada agregat sehingga membutuhkan kadar aspal sedikit dan menurunkan durabilitas campuran karena lepasnya butir-butir agregat. Nilai stabilitas didapat dari hasil pembacaan pada arloji yang terletak pada alat uji *marshall* dan dikalikan dengan kalibrasi proving ring serta faktor koreksi tebal benda uji. Stabilitas dapat dihitung menggunakan rumus :

$$O = q \times \text{kalibrasi proving ring} \times \text{koreksi tebal benda uji} \dots (2.16)$$

Keterangan,

O = stabilitas (kg)

q = nilai pembacaan arloji

#### 6. Kelelehan (*flow*)

Kelelehan (*flow*) adalah perubahan bentuk (*deformasi*) setelah diberi beban dalam satuan milimeter. Kelelehan (*flow*) merupakan parameter untuk menentukan campuran yang diuji getas atau lentur.

#### 7. *Marshall Quotient (MQ)*

*Marshall Quotient* merupakan hasil bagi stabilitas dengan flow. Semakin besar nilai *Marshall Quotient* berarti campuran semakin kaku dan sebaliknya semakin kecil nilai *Marshall Quotient*, maka campuran semakin lentur. Faktor-faktor yang berpengaruh pada nilai *Marshall* adalah nilai stabilitas dan flow, penetrasi, viscositas aspal, kadar aspal campuran, bentuk dan tekstur permukaan agregat, gradasi agregat (Misbah dan Firdaus, 2014).

Perhitungan *Marshall Quotient* adalah :

$$\text{Marshall Quotient :MQ} = \frac{MS}{MF} \dots \dots \dots (2.17)$$

Dengan,

MQ = Nilai *Marshall Quotient* (kg/mm)

MS = Nilai *Marshall Stability* (kg)

MF = Nilai *Flow Marshall* (mm)

### 2.2.14. Kadar aspal optimum

Kadar Aspal Optimum adalah kadar aspal yang digunakan pada pengujian serta memenuhi spesifikasi dari seluruh hasil pengujian atau merupakan nilai tengah dari kadar aspal yang diuji dan memenuhi spesifikasi. Kadar aspal optimum ditentukan melalui pengujian *Marshall* atau metode *Asphalt Institute* (Sukmana, 2014). Nilai kadar aspal optimum pada campuran perkerasan berbeda beda, tergantung dari agrgegat, gradasi agregat, aspal dan jenis campuran itu sendiri. Pada campuran yang akan di uji *Marshall* harus sesuai persyaratan. Persyaratan spesifikasi campuran laston menurut Spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3 terdapat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Spesifikasi Campuran Asphalt Concrete Wearing Course (Bina Marga, 2010)

Sifat - Sifat Campuran		Asphalt Concrete (AC)		
		Lapis Aus	Lapis Antara	Pondasi
Rasio paryikel lolos ayakan 0,075 mm dengan kadar aspal efektif	Min.		1,0	
	Maks.		1,4	
Jumlah Tumbukan perbidang	-	-	75	112
Rongga dalam campuran	Min.		3,0	
	Maks.		5,0	
Rongga dalam agregat (VMA)	%	Min.	15	14
Rongga Terisi Aspal	%	Min.		65
Stabilitas Marshall	Kg	Min.	800	1800
		Min.	2	3
Pelelehan	mm	Maks.	4	6
		Min.		90
Stabilitas Marshall sisa setelah rendaman selama 24 jam, 60 °C	%	Min.		90
Rongga dalam campuran pada kepadatan membal (refusal)	%	Min.		2