

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

2.2.1. Penelitian Terdahulu

Faisal dkk. (2014) melakukan penelitian menggunakan ban dalam bekas kendaraan roda 4 sebagai bahan tambah terhadap campuran aspal dan material agergat *basalt*. Dari hasil pengujian parameter *Marshall* untuk campuran beton AC-BC dengan variasi penambahan parutan ban dalam bekas kendaraan roda 4 sebesar 0%, 1%, 2%, 3%, 4% dan 5%. Semua variasi penambahan parutan ban dalam bekas kendaraan roda 4 dapat meningkatkan parameter *Marshall*, terutama nilai stabilitas pada variasi 4% mempunyai stabilitas tertinggi yaitu 2512,04 Kg. Nilai *Flow* mencapai nilai tertinggi pada 1% dengan nilai 4,3 mm dan nilai *Marshall quotient* tertinggi diperoleh pada 5 % yaitu 734,96 kg/mm. Nilai VIM terjadi penurunan nilai seiring dengan peningkatan persentase parutan ban dalam bekas kendaraan roda 4, sedangkan nilai VMA dan VFB terjadi peningkatan. Nilai durabilitas aspal beton AC-BC dengan variasi persentase parutan ban dalam bekas kendaraan roda 4 tidak ada yang memenuhi persyaratan $\geq 90\%$. Pada penelitian ini penggunaan material AC-WC dan juga bahan tambah Lateks pada campuran aspal sedangkan pada penelitian (Faisal dkk., 2014) karakteristik *Marshall* campuran aspal beton AC-BC menggunakan material agregat *basalt* dengan aspal pen. 60/70 dan tambahan parutan ban dalam bekas kendaraan roda 4 menggunakan parutan ban dalam bekas sebagai bahan tambah dalam campuran aspal.

Prastanto dkk. (2015) melakukan penelitian tentang karakteristik dan hasil uji *Marshall* aspal yang termodifikasi dengan karet alam terdepolimerisasi sebagai aditif yang diharapkan mendapatkan sifat perkerasan yang lebih baik yaitu mengurangi deformasi pada perkerasan dengan menggunakan karet alam SIR. Dari hasil pengujian ini didapatkan nilai penetrasi, titik lembek, titik nyala dan % kehilangan berat setelah pemanasan mendapatkan konsentrasi terbaik dalam memenuhi persyaratan SNI untuk aspal polimer. Pada penelitian ini penggunaan

bahan tambah Lateks cair pada campuran aspal sedangkan pada penelitian (Prastanto dkk., 2015) menggunakan karet alam SIR sebagai bahan aditif aspal

Ritongga dan Irfandi. (2016) melakukan penelitian tentang karet alam siklik terhadap rongga aspal modifikasi dan hasil dari pengujian berdasarkan sifat fisik aspal diperoleh data bahwa keseluruhan aspal modifikasi memenuhi persyaratan fisik aspal. Pada penelitian ini pengaruh *Marshall* dalam penggunaan lateks sebagai bahan tambah aspal sedangkan pada penelitian Ritongga dan Irfandi (2016) penggunaan karet alam siklik terhadap rongga aspal modifikasi

Djakfar dkk. (2016) melakukan penelitian tentang penambahan aditif terhadap kinerja campuran beraspal porous dan hasil pengujiannya dapat menjadi acuan bahan aditif yang dicampur pada aspal, terdapat dua jenis aditif yaitu *gilsonite* HMA modifier dan lateks yang dipilih. Dari hasil evaluasi menunjukkan bahwa penambahan aditif *gilsonite* memberikan kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan lateks walaupun menurunkan kemampuan permeabilitas campuran. Pada penelitian ini bahan aditif yang dipakai adalah lateks sebagai bahan tambah aspal sedangkan pada penelitian (Djakfar dkk., 2016) menggunakan *gilsonite* HMA midifier dan lateks yang dipilih.

Siswanto. (2017) melakukan penelitian tentang pengaruh air terhadap stabilitas *Marshall* pada aspal beton (AC-WC) dengan pengikat Lateks dengan masing 0%, 2%, 4% dan 6% berat aspal dengan hasil pengujian menunjukkan penambahan Lateks hingga 4% dapat meningkatkan stabilitas *Marshall* yang dipertahankan, sedangkan penambahan Lateks di atas 4% menurunkan stabilitas. Pada penelitian ini hanya melakukan penelitian tentang pengaruh *Marshall* sedangkan pada penelitian Siswanto (2017) melakukan penelitian tentang pengaruh air terhadap stabilitas *Marshall*.

Pangaraya (2015) melakukan penelitian tentang studi aplikasi modifikasi aspal starbit e-55 pada pembuatan aspal (AC-WC) dengan membandingkan aspal pertamina dengan penetrasi 60/70. Hasil pengujian menunjukkan bahwa aspal (AC-WC) starbit e-55 memiliki karakteristik yang lebih baik pada tingkat aspal optimal 5,7% dan aspal pertamina 6,4% pada penetrasi 60/70. Pada penelitian ini hanya memakai aspal pertamina dengan tambahan Lateks dengan tujuan menentukan

pengaruh *Marshall* sedangkan pada penelitian Pangaraya (2015) melakukan penelitian modifikasi aspal e-55 dengan perbandingan aspal pertamina.

Siregar dkk. (2016) melakukan penelitian tentang analisis rongga pada aspa iran penetrasi 80/100 termodifikasi dengan karet alam pada campuran (AC-WC). Hasil pengujian menunjukkan dengan ditambahkan kadar karet alam sebesar 0 phr, 2phr, 3phr, dan 4phr nilai dari VIM sebesar 5,275%, 5,048%, 5,383%, dan 6,192%. Nilai VMA sebesar 19,110%, 19,010%, 19,357%, 20,033%, dan 29,673%. dan VFA sebesar 72,369%, 73,477%, 72,189%, 69,089%, dan 66,616% terdapat pengaruh pada penambahan lateks pada aspal yang termodifikasi terhadap karakteristik aspal dan juga sifat volumetrik aspal. Pada penelitian ini memakai aspal pertamina dengan penetrasi 60/70 sedangkan pada peneitian (Siregar dkk., 2016) memakai aspal iran dengan penetrasi 80/100.

Siregar dkk. (2015) melakukan penelitian pembuatan dan karakterisasi modifikasi aspal penetrasi 60/70 dengan karet alam bandar betsy. Hasil pengujian menunjukkan kadar aspal 5%, 5,5%, dan 6% dengan penambahan karet alam 1phr, 2phr, 3phr, dan 4phr kemudian di uji densitas, stabilitas, dan *Flow* mendapatkan nilai maksimum densitas adalah 2,355 gr/cc untuk kadar aspal 6% pada penambahan 2phr karet alam, stabilitas 1,679 kg kadar aspal 5,5% penambahan 1phr karet alam, dan *Flow* 4,67 mm kadar aspal 6% pada penambahan 1phr karet alam. Dengan begitu aspal modifikasi dengan karet alam bandar betsy kekuatan optimum aspal diperoleh pada penambahan 1phr karet alam. Pada penelitian ini memakai karet alam pravulkanisasi dengan penambahan pada aspal penetrasi 60/70 dengan menentukan nilai dari *VIM*, *VMA*, *VFA*, stabilitas, *Flow*, dan *MQ* sedangkan pada penelitian (Siregar dkk., 2015) memakai karet alam bandar betsy sebagai bahan tambah campuran aspal dengan mencari nilai densitas, stablitas, dan *Flow*.

Trisilvana dkk. (2014) melakukan penelitian tentang pengaruh penambahan bahan alami Lateks (getah karet) terhadap kinerja aspal porus. Hasil pengujian menggunakan kadar aspal 4%, 5%, 6%, dan 7% dari berat benda uji dengan kadar Lateks 0%, 2%, 3%, 4%, 5%, dan 6% dimana kadar Lateks 0% menjadi acuan pengaruh kadar Lateks terhadap aspal porus. Hasil uji marshal didapatk kadar aspal 4% dan kadar Lateks 2% dengan nilai stabilitas 616,39 kg, nilai *Flow* 3mm, nilai VIM 21,5%, dan nilia *MQ* 212,8 kg/mm. Pada penelitian ini memakai aspal

pertamina dengan penetrasi 60/70 sedangkan pada penelitian (Trisilvana dkk., 2015) memakai aspal porus.

Adly. (2016) melakukan penelitian tentang *styrofoam* sebagai pengganti aspal penetrasi 60/70 dengan kadar 0%, 6,5%, 7,5%, 8,5% dan 9,5% pada campuran AC-WC. Hasil penelitian mendapatkan kadar aspal optimum sebesar 5,5% dari hasil tersebut didapatkan kadar terbaik pada campuran kadar aspal dengan *styrofoam* 7,5% mendapatkan nilai VMA sebesar 17,21%, nilai VIM sebesar 4,89%, nilai VFA sebesar 71,66%, nilai stabilitas sebesar 1304,82 kg, nilai *Flow* sebesar 1,68 mm, dan nilai MQ sebesar 925,30 kg/mm. Pada penelitian ini memakai Lateks sebagai bahan tambah pada campuran aspal dengan penetrasi 60/70 sedangkan pada penelitian Adly (2016) memakai *styrofoam* sebagai bahan pengganti aspal penetrasi 60/70.

Rosyad dkk. (2018) melakukan penelitian tentang analisis pengaruh penambahan limbah karet terhadap durabilitas dan flxibilitas aspal beton (AC-WC). Hasil dari penambahan campuran limbah karet dapat mempengaruhi fleksibilitas dan durabilitas pada aspal, nilai optima pada Stabilitas didapatkan pada persentase limbah karet sebesar 6% dengan nilai 93,68% dapa *Marshall* Quotien pada persenase limbah karet 6% dengan nilai 272,20kg/mm, jika dibandingkan dengan campuran aspal biasa mengalami penurunan, hal ini disebabkan karena banyaknya rongga pada benda uji yang dicampur dengan limbah karet. Pada penelitan ini hanya melakukan tentang pengaruh karakteristik *Marshall* sedangkan penelitian (Rosyad dkk., 2018) menganalisis pengaruh pengaruh limbah karet terhadap durabilitas dan fleksibilitas aspal beton (AC-WC).

Saleh. (2018) melakukan penelitian tentang pengaruh penggunaan zeolilit alam sebagai *filler* pada campuran AC-BC ditinjau dari nilai VITM. Hasil dari pengujian yang dilakukan dengan memakai benda uji menggunakan 5 variasi kadar filler, yaitu variasi 1(100% debu batu : 0% zaolit alam), variasi 2 (75% debu batu : 25% zaolit alam), variasi 3 (50% debu batu : 50% zeolit alam), variasi 4 (25% debu batu : 75% zaolit alam) dan variasi 5 (0% debu batu : 75% zeolit alam) setelah itu dari nilai KAO yang didapatkan dilakukan pengujian *Marshall* untuk mendapatkan nilai dari VITM dan mendapatkan kesimpulan bahwa semakin tinggi kadar aspal maka nilai dari VITM akan semakin menurun. Pada penelitian ini hanya memakai

debu batu sebagai *filler* sedangkan pada penelitian Saleh (2018) memakai zeolit alam sebagai pengganti *filler*.

2.2. Dasar Teori

Perkerasan jalan adalah suatu struktur untuk melindungi tanah dasar dari beban roda kendaraan yang lewat secara menerus dan berlebihan. Perkerasan (*pavement*) sendiri bertujuan untuk melindungi tanah dasar (*subgrade*) dan semua lapisan yang membentuk perkerasan agar semua lapisan tidak mengalami tegangan dan regangan yang melebihi batas wajar dikarenakan oleh beban lalu lintas. Perkerasan jalan sendiri dapat dibedakan menjadi :

1. *rigid pavement* atau yang biasa disebut perkerasan kaku adalah perkerasan yang tersusun dari beberapa elemen penting seperti tanah dasar, lapis pondasi bawah (*subbase course*) dan plat beton dengan atau tanpa tulangan. Perkerasan kaku baik digunakan pada jalan raya dengan beban lalu lintas yang tinggi/berat dan dengan kecepatan tinggi.
2. *flexible pavement* atau yang biasa disebut perkerasan lentur adalah perkerasan yang pada umumnya tersusun dari lapis permukaan aspal yang berada di atas lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah yang dihamparkan di atas tanah dasar (*subgrade*). Perkerasan lentur merupakan campuran agregat batu pecah, pasir, material pengisi, dan aspal, yang dihamparkan dan dipadatkan (Hardiyatmo, 2015).

2.2.1. Perkerasan kaku

rigid pavement atau yang biasa disebut perkerasan kaku adalah perkerasan yang tersusun dari beberapa elemen penting seperti tanah dasar, lapis pondasi bawah (*subbase course*) dan plat beton dengan atau tanpa tulangan. Perkerasan kaku baik digunakan pada jalan raya dengan beban lalu lintas yang tinggi/berat dan dengan kecepatan tinggi. Perkerasan kaku juga mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan dengan perkerasan lentur (*flexible pavement*), salah satunya ialah perkerasan kaku lebih tahan lama dalam menerima beban kendaran yang tinggi dan juga tidak memerlukan adanya *overlay* dalam waktu yang sebentar. Tetapi perkerasan kaku ini juga memiliki kekurangan yaitu dalam pembangunan perkerasan kaku membutuhkan biaya yang sangat besar dan juga dalam proses

penggunaan membutuhkan waktu yang relatif lama dikarenakan harus menunggu waktu agar perkerasan tersebut mencapai kekuatan yang diinginkan (Hardiyatmo, 2015).

2.2.2. Perkerasan lentur

flexible pavement atau yang biasa disebut perkerasan lentur adalah perkerasan yang pada umumnya tersusun dari lapis permukaan aspal yang berada di atas lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah yang dihamparkan di atas tanah dasar (*subgrade*). Perkerasan lentur merupakan campuran agregat batu pecah, pasir, material pengisi, dan aspal, yang dihamparkan dan dipadatkan (Hardiyatmo, 2015). Dan juga memiliki beberapa lapisan yaitu :

1. Lapisan tanah dasar (*sub grade*)

Sub grade atau yang biasa disebut lapisan tanah dasar adalah lapisan permukaan yang bertujuan sebagai tempat penghamparan lapisan perkerasan yang mendukung sistem perkerasan jalan yang berada di atasnya.

2. Lapisan tanah bawah (*subbase course*)

subbase course atau yang biasa disebut lapisan tanah bawah adalah lapisan yang berada di atas lapisan tanah dasar. Tujuannya adalah mempertebal lapisan dalam sistem perkerasan untuk menyebarkan beban lalu lintas yang diberikan dari lapis permukaan ke lapis tanah dasar agar mampu menahan beban yang berlebih dengan biaya yang lebih murah. Untuk lapisan tanah dasar yang buruk maka harus digunakan lapisan pondasi bawah. Menurut Hardiyatmo (2015), lapisan pondasi bawah memiliki beberapa fungsi yaitu :

- a. Salah satu bagian dari struktur perkerasan untuk membantu dalam menyebarkan beban kendaraan
- b. Dapat lebih efisien dalam penggunaan material, yang bertujuan lapisan-lapisan dapat berkurang ketebalannya, sehingga mampu menghemat dalam segi biaya
- c. Dapat menghalau material tanah dasar yang masuk ke dalam lapisan pondasi atas

3. Lapisan pondasi atas (*base course*)

Base course atau yang biasa disebut lapisan pondasi atas adalah lapisan yang berada di bawah lapisan permukaan dan diatas lapisan pondasi bawah dan biasanya lapisan pondasi atas terdiri dari beberapa material yaitu batu pecah, sirtu atau campuran-campuran material tersebut (Hardiyatmo, 2015). Lapisan pondasi atas juga mempunyai beberapa fungsi, sebagai berikut ini :

- a. Mengalokasikan tekanan yang berasal dari beban lalu lintas supaya lapisan tanah dasar tidak menerima beban yang berlebihan.
- b. Menambah kekuatan dari struktur perkerasan agar beban lalu lintas yang didapat mampu menyebar dengan baik.

4. Lapisan pondasi bawah (*subbase course*)

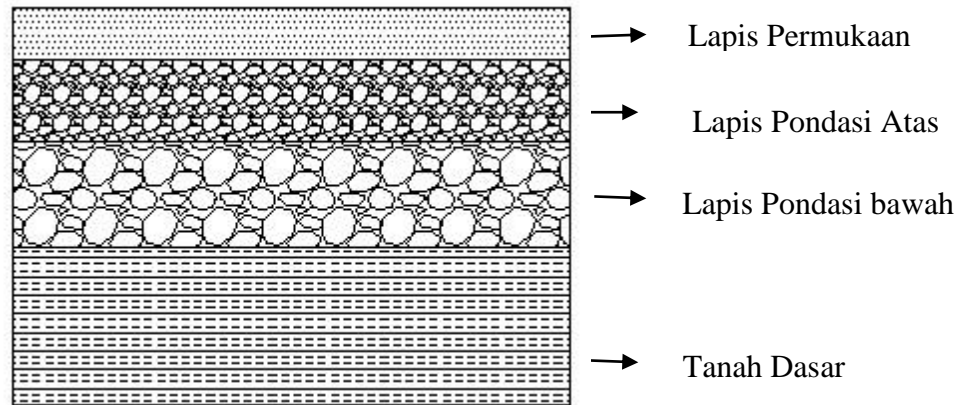
subbase course atau yang biasa disebut Lapisan pondasi bawah lapisan perkerasan yang dibawah lapisan pondasi atas (Hardiwiyo, 2013). Pengertian dari digunakan lapisan pondasi bawah adalah untuk mempertebal lapisan dalam sistem perkerasan dengan tujuan untuk menyebarkan beban lalu lintas yang diterima dari lapisan permukaan ke lapisan tanah dasar dengan lebih baik supaya tidak menahan beban yang berlebih tetapi dengan pengeluaran biaya yang lebih murah. Lapisan pondasi bawah juga digunakan bila kualitas lapisan tanah dasar buruk.

5. Lapisan permukaan (*surface course*)

surface course atau yang biasa disebut Lapisan permukaan adalah lapisan paling atas dari perkerasan lentur yang berada diatas lapisan pondasi (Hardiyatmo, 2015). Lapisan permukaan biasanya mempunyai lapisan penyusun yaitu :

- a. *Wearing course* atau yang biasa disebut lapisan aus adalah lapisan paling atas (tanpa *seal coat*) dari perkerasan itu sendiri dan juga lapisan aus biasanya berupa beton aspal yang bergradasi padat (Hardiyatmo, 2015). Lapisan aus berupa lapisan yang kedap air, daya tahan terhadap gelincir, dan tingkat kehalusan yang tinggi.

- b. *Binder course* atau yang biasa disebut lapisan pengikat adalah lapisan campuran aspal panas yang berada dibawah lapisan aus (Hardiyatmo, 2015)



Gambar 2.1 Lapisan perkerasan lentur (Hardiyatmo, 2015).

2.2.3. Aspal

Aspal material utama dalam perkerasan lentur yang biasa didapatkan langsung dari alam itu sendiri maupun dari pengolahan lanjutan dari minyak bumi apabila aspal berada pada kondisi suhu tinggi maka akan menjadi cair/lunak dan apabila pada suhu ruang antara 25° - 30° akan menjadi padat maupun semi padat karenanya aspal mempunyai sifat *thermoplastic*.

Aspal itu sendiri bisa dibedakan berdasarkan tempatnya berupa aspal alam dan aspal minyak. Aspal minyak berasal dari residu hasil pengolahan minyak bumi dan aspal alam tidak memerlukan pengolahan yang banyak seperti aspal minyak, aspal alam itu sendiri dapat diperoleh dari gunung-gunung seperti aspal buton, dan juga ada yang diperoleh dari danau seperti pada Bernudez, Trinidad yang merupakan aspal alam terbesar di dunia yang merupakan aspal danau (Sukirman, 2003)

2.2.4. Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC)

Asphalt Concrete (beton aspal) adalah salah satu jenis perkerasan jalan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal, dengan atau tanpa adanya bahan tambahan (Sukirman, 2003). Lapisan aspal beton yang sering digunakan secara luas diberbagai negara yang telah direncanakan untuk memperoleh kepadatan yang tinggi, nilai struktural tinggi dan juga kadar aspal yang rendah (Suhardi dkk., 2016). Beton aspal pun dibentuk oleh material-material yang dicampur dengan suhu yang

telah ditetapkan, kemudian dibawa ke lokasi, dihamparkan, dan dipadatkan. Suhu yang digunakan pada saat akan pencampuran umumnya adalah 145°C - 155°C , oleh karena itu dapat disebut beton aspal campuran panas atau yang biasa disebut dengan nama *hotmix*.

Asphalt Concrete atau yang lebih dikenal dengan sebutan lapisan aspal beton (*laston*), menurut Bina Marga (2010), berdasarkan fungsinya dapat diklasifikasikan menjadi :

1. *Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC)*. *wearing course* atau yang biasa disebut dengan lapisan aus merupakan lapisan yang berada diatas lapis pondasi. Yang memiliki fungsi sebagai lapisan permukaan yang mampu menahan gaya geser, tekanan pada roda, cuaca, dan mampu meberikan lapisan kedap air yang dapat menahan lapisan yang berada dibawahnya.
2. *Asphalt Concrete – Binder Course (AC-BC)*. *asphalt concrete – binder course* atau yang dikenal dengan lapisan pengikat antara lapisan permukaan dengan lapisan pondasi. AC-BC berperan sebagai lapisan pengikat
3. *Asphalt Concrete – Base (AC-Base)* dapat berfungsi sebagai lapis pondasi. Menurut Sukirman (2003), karakteristik campuran yang harus dimiliki beton aspal adalah sebagai berikut :
 1. Stabilitas adalah kemampuan perkerasan jalan untuk menahan beban lalu lintas tanpa adanya perubahan bentuk fisik permanen seperti gelombang. Tinggi dan rendahnya nilai stabilitas itu sendiri dipengaruhi oleh faktor gesekan internal antara butir agregat dan daya ikat dari aspal.
 2. Durabilitas adalah kemampuan dari beton aspal dapat menerima beban lalu lintas secara berulang seperti menahan keausan akibat pengaruh iklim, cuaca, berat kendaraan serta gesekan-gesekan antara roda kendaraan dengan permukaan jalan. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi durabilitas adalah kepadatan, tebalnya selimut atau film aspal, dan keendapan terhadap air.
 3. Kelenturan adalah kemampuan aspal untuk menyesuaikan diri akibat pergerakan konsolidasi atau penurunan dari lapisan pondasi atau tanah dasar

tanpa adanya kerusakan seperti retak. Penurunan dapat terjadi akibat repetisi beban lalu lintas.

4. Ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*) adalah kemampuan dari beton aspal untuk menerima lendutan berulang akibat beban lalu lintas yang berulang juga tanpa terjadinya kelelahan berupa retak atau alur .
5. Kekesetan adalah kemampuan dari beton aspal untuk memberikan gaya gesek yang cukup terhadap roda kendaraan yang melewati terutama pada kondisi basah sehingga kendaraan tidak tergelincir.
6. Kedap air (*impermeabilitas*) adalah kemampuan beton aspal untuk tidak dimasuki udara atau air kedalam lapisan beton aspal yang mengakibatkan udara dan air akan mempercepat proses oksidasi atau penuaan aspal dan akan terjadinya pengelupasan selimut aspal dari permukaan agregat.
7. *Workability* adalah kemampuan dari beton aspal dapat dengan mudah saat melakukan pengerjaan penghamparan dan pemadatan.

2.2.5. Bahan Penyusun Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)

Campuran *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC) Yang tersusun oleh material-material yang mudah didapatkan , antara lain :

1. Agregat

Agregat adalah material yang paling utama dari campuran aspal beton yang terdiri sekitar 90% - 95% dari berat total campuran itu sendiri. Oleh karena itu dalam campuran *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC) ditentukan oleh agregat yang digunakan baik atau buruk kualitasnya. Agregat yang digunakan dalam campuran *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC) antara lain :

a. Agregat halus

Agregat halus adalah salah satu material penyusun paling penting dalam campuran *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC). Agregat halus yang digunakan harus agregat yang kuat, bersih, tidak jenuh air, dan tidak ada lumpur yang mengendap. Agregat halus yang digunakan harus sesuai dengan standar Bina Marga (2010). Ditujukan pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Spesifikasi Agregat Halus (Bina Marga, 2010)

Pengujian	Standar	Nilai
Agregat lolos ayakan no. 200	SNI ASTM C117:2012	Min 10%
Kadar lempung	SNI 03-4141-1996	Maks 1%
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Maks 6%
Angularitas dengan uji kadar rongga	SNI 03-6877-2002	Min 45%

b. Agregat kasar

Agregat kasar adalah material yang sangat penting dalam campuran *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC). Agregat kasar adalah agregat yang tertahan saringan dengan diameter 4,75 mm atau saringan no.4, agregat yang digunakan harus agregat yang kuat, bersih, tidak jenuh air, dan tidak ada lumpur yang mengendap. Untuk penggunaan agregat halus dan kasar disarankan menggunakan sumber yang sama agar campuran menjadi seragam dan sesuai dengan standar Bina Marga (2010). Ditujukan pada Tabel 2.

Tabel 2.2 Spesifikasi Agregat Halus (Bina Marga, 2010)

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

c. Bahan pengisi (*filler*)

Bahan pengisi atau yang disebut *filler* berupa agregat halus yang lolos pada saringan dengan diameter 0,075 mm atau saringan no. 200 yang berupa debu, semen *Portland*, abu terbang, dan lain – lain. *Filler* digunakan haruslah *filler* yang baik, tidak basah maupun lembab. *Filler* dalam campuran ini berfungsi untuk mengisi rongga-rongga yang tidak terisi oleh aspal agar bidang kontak dalam campuran antar butir agregat meningkat sehingga kualitas campuran akan menjadi lebih baik. *Filler* yang digunakan juga harus terbebas dari gumpalan – gumpalan atau bahan lain yang mengganggu.

2. Aspal

Aspal diartikan sebagai material yang bisa didapatkan langsung dari alam maupun pengolahan lanjutan dari minyak bumi yang memiliki warna hitam kecoklatan apabila berada pada suhu ruang antara 25°-30°C akan menjadi padat maupun semi padat dan akan menjadi sedikit melunak atau mencair apabila berada pada suhu yang tinggi. Karena itulah aspal sendiri memiliki sifat *thermoplastic* (Sukirman, 1999).

Aspal itu sendiri mempunyai fungsi sebagai bahan pengikat antar material yang ada di dalam campuran. Kadar aspal juga sangat berperan penting untuk menentukan kualitas campuran perkerasan. Jika kadar aspal terlalu sedikit maka campuran itu akan mudah mengalami retak atau *cracking*. Tetapi sebaliknya jika kadar aspal dalam campuran terlalu banyak maka campuran akan mudah mengalami *bleeding*. Aspal modifikasi yang dipakai pada penelitian ini adalah aspal asbuton modifikasi. Dalam Tabel 2.2 menunjukkan spesifikasi dalam penggunaan aspal asbuton modifikasi.

Tabel 2.3 Spesifikasi Aspal Asbuton Modifikasi (Bina Marga, 2010)

No	Jenis Pemeriksaan	Cara Pemeriksaan	Penetrasi 60/70	Tipe II Aspal dimodifikasi		
				A Asbuton yang diproses	B Elastromer Alam (<i>Latex</i>)	C Elastromer sintetis
1	Penetrasi 25°C (dmm)	SNI-06-2456-1991	60/70	Min 50	50-70	Min 40
2	Viskositas 135°C (cSt)	SNI-06-6441-2000	>300	385-2000	≤2000	<3000

Tabel 2.3 Spesifikasi Aspal Asbuton Modifikasi (Bina Marga, 2010)
(lanjutan)

3	Titik Lembek (°C)	SNI 2434:1991	≥ 48	-	-	≥ 54
4	Indeks Penetrasi		≥ -1,0	≥ -0,5	≥ 0,0	≥ 0,4
5	Titik Nyala (°C)	SNI-06-2433- 1991	≥232	≥232	≥232	≥232
6	Daktalitas (25°C,5 cm/menit)	SNI-06-2432- 1991	≥100	≥100	≥100	≥100
7	Kelarutan dalam Toluene	ASTM D5546	≥99	≥99	≥99	≥99
8	Berat jenis (25°C)	SNI-06-2441- 1991	≥1,0	≥1,0	≥1,0	≥1,0
9	Stabilitas penyimpanan	ASTM D 5976 part 6.1	-	≤ 2,2	≤ 2,2	≤ 2,2
Pengujian Residu hasil TFOT atau RTFOT :						
10	Berat yang hilang	SNI-06-2440- 1991	≤0,8	≤0,8	≤0,8	≤0,8
11	Penetrasi pada 25°	SNI 06-2456- 1991	≥54	≥54	≥54	≥54
12	Indeks Penetrasi		≥ -1,0	≥ 0,0	≥ 0,0	≥ 0,4

2.2.6. Metode Pengujian Material

Pada saat menggunakan benda uji yang sudah dicampurkan, material yang dipakai tidak boleh sembarangan harus memenuhi spesifikasi yang sudah ditentukan, oleh karena itu harus dilakukannya pengujian material-material yang digunakan sebagai penyusun campuran diantaranya :

1. Aspal

Aspal yang baik adalah aspal yang berfungsi sebagai bahan pengikat antar butir agregat yang berada dalam campuran, aspal tersebut harus memenuhi spesifikasi, oleh karena itu harus dilakukan pengujian-pengujian berikut :

a. Penetrasi

Pengujian penetrasi adalah pengujian untuk mengetahui keras atau lunaknya suatu jenis aspal dengan memasukkan jarum penetrasi ukuran tertentu dan waktu tertentu kedalam aspal pada suhu tertentu. Metode pengujian ini dilakukan sesuai dengan SNI-06-2456-1991 adapun nilai penetrasi yang semakin besar maka aspal tersebut semakin lunak begitu

sebaliknya. Nilai penetrasi aspal yang besar biasa digunakan pada daerah dengan suhu yang dingin atau dengan lalu lintas yang tidak berat, sebaliknya jika nilai penetrasi aspal yang semakin kecil biasa digunakan pada daerah dengan suhu yang panas atau dengan lalu lintas yang tinggi. Spesifikasi penetrasi aspal asbuton modifikasi dapat dilihat pada Tabel 2.2

b. Berat jenis

Aspal pada perkerasan jalan adalah bahan pengikat agregat yang mutu dan jumlahnya menentukan keberhasilan suatu campuran beraspal. Salah satu jenis pengujian yang terdapat dalam persyaratan mutu aspal adalah berat jenis. Selain untuk memenuhi persyaratan aspal, berat jenis juga diperlukan pada saat pelaksanaan untuk konversi dari berat ke volume atau sebaliknya.

Pemeriksaan berat jenis aspal adalah perbandingan antara berat aspal dan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu (25°C atau 15,6°C) dengan menggunakan alat piknometer dan timbangan prosedur pemeriksaan mengikuti cara uji SNI-06-2441-1991.

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

Keterangan :

- A. = Massa Piknometer Dan Penutup
- B. = Massa Piknometer Dan Penutup Berisi Air
- C. = Massa Piknometer, Penutup Dan Benda Uji
- D. = Massa Piknometer, Penutup, Benda Uji Dan Air

Untuk menentukan berat isi benda uji maka digunakan persamaan :

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

Keterangan :

$$W_T = \text{berat isi air pada temperatur pengujian}$$

c. Titik Lembek

Pengujian titik lembek aspla dengan menggunakan alat *ring and ball* (cincin dan bola) bertujuan mengetahui titik lembek suatu aspal. Selain itu pengujian ini mempunyai peran yang sangat penting dalam mengetahui sifat fisik aspal yang digunakan dalam campuran benda uji dan juga dapat

menentukan suatu aspal akan menjadi lunak pada perubahan suhu pada perkerasan. Prosedur pengujian ini mengikuti SNI 2434:1991.

d. Kehilangan berat minyak dan aspal

Pengujian kehilangan berat minyak dan aspal adalah pengujian untuk mengetahui sifat fisis aspal setelah dipanaskan dalam hot mix yang berada pada temperatur 163°C. Pengujian ini dilakukan dengan cara mencari selisih antara berat semula dan setelah aspal dipanaskan yang dinyatakan dalam satuan persen dari berat semula. prosedur pengujian ini mengikuti SNI-06-2440-1991 dengan rumus sebagai berikut :

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

Keterangan :

A = Berat Benda Uji Semula

B = Berat Benda Uji Setelah Pemanasan

2. Agregat Halus

Agregat halus merupakan material penyusun campuran *Asphalt Concrete Wearing Course* atau yang biasa disebut (AC-WC). Agregat halus yang dipakai harus kuat, bersih, tidak basah maupun lembab, dan tidak menggumpal dengan tanah. Prosedur pengujian ini mengikuti SNI 1970:2008

Pengujian yang dilakukan antara lain :

a. Berat jenis curah kering

Cara menentukan berat jenis curah kering (S_d) digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Berat jenis curah kering} = \frac{A}{(B+S-C)} \dots\dots\dots 2.4$$

Keterangan :

A = Berat Benda Uji Kering Oven (gram)

B = Berat Piknometer Yang Berisi Air (gram)

C = Berat Piknometer Dengan Benda (gram)

S = Berat Benda Uji Kondisi Jenus Kering Permukaan (gram)

Jika abu Le Chatelier digunakan, maka berat jenis curah kering dihitung dengan persamaan :

Berat jenis curah kering

$$\text{Berat jenis curah kering} = \frac{S_1 \left(\frac{A}{S} \right)}{0,9975 (R_2 - R_1)} \dots\dots\dots 2.5$$

Keterangan :

A = Berat Benda Uji Kering Oven (gram)

R₁ = Pembacaan Awal Posisi Air Pada Labu Le Chatelier

R₂ = Pembacaan Akhir Posisi Air Pada Labu Le Chatelier

S = Berat Benda Uji Kondisi Jenuh Kering Permukaan (gram)

S₁ = Berat Benda Uji Jkp Yang Dimasukkan Ke Labu (gram)

b. Berat Jenis Curah (Jenuh Kering Permukaan)

Cara menentukan berat jenis curah (S_{sd}) digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Berat jenis curah} = \frac{S}{(B + S - C)} \dots\dots\dots 2.6$$

Keterangan :

B = Berat Benda Uji Kondisi Jenuh Kering Permukaan di udara (gram)

C = Berat Benda Uji Dalam Air (gram)

S = Berat Benda Uji Kondisi Jenuh Kering Permukaan (gram)

Jika labu Le Chatelier digunakan, maka berat jenis curah dihitung dengan persamaan :

$$\text{Berat jenis curah} = \frac{S_1}{0,9975 (R_1 - R_2)} \dots\dots\dots 2.7$$

Keterangan :

R₁ = Pembacaan Awal Posisi Air Pada Labu Le Chatelier

R₂ = Pembacaan Akhir Posisi Air Pada Labu Le Chatelier

S₁ = Berat Benda Uji Kondisi Jkp Yang Dimasukkan Ke Labu (gram)

c. Berat jenis semu

Cara menentukan berat jenis semu (S_a) digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{A}{(B + A - C)} \dots\dots\dots 2.8$$

Keterangan :

A = Berat Benda Uji Kering Oven (gram)

B = Berat Piknometer Yang Berisi Air (gram)

C = Berat Piknometer Dengan Benda Uji Dan Air Sampai Batas Pembacaan (gram)

d. Penyerapan air

Cara menentukan persentase penyerapan air (S_w) digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Penyerapan air} = \left[\frac{S-A}{A} \right] \dots\dots\dots 2.9$$

Keterangan :

A = Berat Benda Uji Kering Oven (gram)

S = Berat Benda Uji Kondisi Jenuh Kering Permukaan (gram)

3. Agregat Kasar

Agregat kasar merupakan material penyusun campuran *Asphalt Concrete Wearing Course* atau yang biasa disebut (AC-WC). Agregat kasar yang dipakai adalah agregat yang tertahan disaringan dengan diameter 4,75 mm atau saringan nomer 4. Agregat yang digunakan harus kuat, bersih, tidak basah maupun lembab, dan tidak menggumpal dengan tanah. Prosedur pengujian ini mengikuti SNI 1969:2008

a. Berat Jenis Curah Kering

Cara menentukan berat jenis curah kering (S_d) digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Berat Jenis Curah Kering} = \frac{A}{(B-C)} \dots\dots\dots 2.10$$

Keterangan :

A = Berat Benda Uji Kering Oven (gram)

B = Berat Benda Uji Kondisi Jenuh Kering Permukaan (gram)

C = Berat Benda Uji Dalam Air (gram)

b. Berat Jenis Curah (Jenuh Kering Permukaan)

Cara menentukan berat jenis curah (S_{sd}) digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Berat jenis curah (jenuh kering permukaan)} = \frac{B}{(B-C)} \dots\dots\dots 2.11$$

Keterangan :

B = Berat Benda Uji Kondisi Jenuh Kering Permukaan (gram)

C = Berat Benda Uji Dalam Air (gram)

c. Berat Jenis Semu

Cara menentukan berat jenis curah (S_{sd}) digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Berat jenis semu} = \frac{A}{(A - C)} \dots\dots\dots 2.12$$

Keterangan :

A = Berat Benda Uji Kering Oven (gram)

B = Berat Benda uji Dalam Air (gram)

d. Penyerapan air

Cara menentukan persentase penyerapan air (S_w) digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Penyerapan air} = \frac{B - A}{A} \times 100\% \dots\dots\dots 2.13$$

A = Berat Benda Uji Kering Oven (gram)

B = Berat Benda Uji Kondisi Jenuh Keirng Permukaan (gram)

e. Keausan Agregat Dengan Mesin *Los Angles*

Keausan agregat dengan mesin *los angles* adalah pengujian untuk mengetahui angka keausan yang dinyatakan dengan perbandingan antara berat semula dengan berat agregat setelah mengalami keausan dalam satuan persen. Selain itu juga pengujian ini bertujuan untuk menentukan daya tahan suatu agregat dengan standar maksimum 40%. Prosedur pengujian ini mengikuti SNI 2417-2008 dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Keausan} = \frac{a - b}{a} \times 100\% \dots\dots\dots 2.14$$

Keterangan :

a = berat benda uji semula (gram)

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

2.2.7 Campuran Dengan Menggunakan Metode *Marshall*

Pengujian campuran yang telah dipadatkan menggunakan metode *Marshall* dilakukan dengan cara yang sesuai standar SNI-06-2489-1991. Tujuan dari pengujian dengan metode *Marshall* untuk mendapatkan nilai *Flow*, Stabilitas, *Density*, VMA, VIM, dan VFA yang menjadi nilai acuan apakah bagus/tidak benda uji tersebut.

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*)

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

$$Gmb = \frac{Wmp}{\frac{Wmssd}{\gamma_w} \frac{Wmv}{\gamma_w}} \dots\dots\dots (2.15)$$

Keterangan,

- Gmb = berat volume benda uji (*density*) (gr/cc)
- Wmp = berat kering benda uji sebelum direndam air (gram)
- Wmssd = berat benda uji dalam keadaan jenuh air (gram)
- Wmv = berat benda uji dalam air (gram)
- γ_w = berat volume air (gr/cc)

2. VIM (*Voids In the Mix*)

VIM adalah rongga dalam 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 :

$$VIM = 100 \times \frac{Gmm \times Gmb}{Gmm} \dots\dots\dots (2.16)$$

Keterangan,

- VIM = kadar rongga terhadap campuran (%)
- Gmb = berat volume benda uji (gr/cc)
- Gmm = berat jenis maksimum teoritis (gr/cc)

3. VMA (*Voids In Mineral Agregat*)

VMA adalah rongga dalam agregat serta kandungan aspal efektif. VMA dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$VMA = 100 - \frac{Gmb \times Ps}{Gsb} \dots\dots\dots (2.17)$$

Keterangan,

VMA = *Voids In Mineral Agregat* (%)

Gb = Berat jenis agregat (gr/cc)

Gmb = Berat jenis curah campuran padat (gr/cc)

Ps = Persen agregat terhadap berat total campuran (%)

4. VFA (*Voids Filled with Asphalt*)

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

$$VFA = 100 \times \frac{VMA - VIM}{VMA} \dots\dots\dots (2.18)$$

Keterangan,

VFA = rongga terisi aspal (%)

VMA = rongga diantara mineral agregat (%)

VITM = rongga di dalam campuran (%)

5. Stabilitas

Stabilitas adalah nilai ketahanan dari suatu campuran untuk menahan beban sebelum mengalami perubahan bentuk. Stabilitas yang sangat tinggi dapat menyebabkan campuran menjadi kaku dan mudah mengalami keretakan serta dapat mengurangi volume rongga pada agregat sehingga membutuhkan kadar aspal yang sedikit dan menurunkan durabilitas campuran itu sendiri 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 bisa dihitung menggunakan rumus :

$$O = q \times \text{kalibrasi proving ring} \times \text{koreksi tebal benda uji} \dots\dots\dots (2.19)$$

Keterangan,

O = stabilitas (kg)

q = nilai pembacaan arloji

6. Kelelehan (*Flow*)

Kelelehan (*Flow*) adalah perubahan bentuk (*deformasi*) suatu campuran perkerasan setelah diberi beban dalam satuan milimeter. Kelelehan (*Flow*)

merupakan parameter untuk menentukan campuran perkerasan yang diuji getas atau lentur.

7. *Marshall Quotient (MQ)*

Marshall Quotient adalah 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 dapat mempengaruhi nilai *Marshall* adalah nilai stabilitas dan *Flow*, penetrasi, viscositas aspal, kadar aspal campuran, bentuk dan tekstur permukaan agregat, dan gradasi agregat (Misbah dan Firdaus, 2014). Perhitungan *Marshall Quotient* adalah :

$$MQ = \frac{MS}{MF} \dots\dots\dots (2.20)$$

Keterangan,

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

MS = Nilai *Marshall Stability* (kg)

MF = Nilai *Flow Marshall* (mm)

