

## **BAB II.**

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

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

##### **2.1.1. Penelitian Terdahulu tentang Aspal *Retona Blend 55* dan Abu Terbang (*Fly Ash*) Batubara**

Chaira dkk. (2016) melakukan penelitian menggunakan cangkang dan serat sawit sebagai bahan bakar dapur tungku tanur dengan temperatur 500° - 700°C nantinya akan menjadi limbah tanur berupa kerak tanur cangkang sawit. Dari hasil pengujian parameter Marshall untuk campuran *Asphalt Concrete – Wearing Course* dengan variasi pencampuran material kerak tanur cangkang sawit dan material batu pecah pada kadar aspal optimum pada rendaman 30 menit dengan variasi 25% / 75%, 50% / 50%, 75% / 25 %, 100% / 0% semuanya memenuhi persyaratan. Sedangkan untuk nilai durabilitas untuk semua variasi memenuhi syarat yaitu >80%. Pada penelitian ini penggunaan abu terbang batubara sebagai bahan pengganti sebagian *filler* pada campuran AC-WC menggunakan bahan pengikat Aspal *Retona Blend 55* sedangkan pada penelitian Pengaruh Penggunaan Limbah Kerak Tanur Cangkang Sawit dengan Bahan Pengikat *Retona Blend 55* terhadap Campuran Laston AC-WC (Chaira dkk, 2016) menggunakan limbah kerak tanur cangkang sawit sebagai bahan pengganti sebagian *filler*.

Fasdarsyah dkk. (2014) melakukan studi jenis *filler* yang digunakan berupa abu batu, abu granit, dan abu keramik sebagai pembandingnya terhadap campuran AC-WC untuk mengetahui berapa besar pengaruh terhadap karakteristik hasil uji marshall dengan variasi campuran 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25% untuk *filler* granit dan *filler* keramik. Hasil dari penelitian ini adalah nilai parameter marshall yang telah memenuhi syarat Bina Marga 2010 untuk granit pada variasi campuran 5% dan 10%, sedangkan untuk keramik pada variasi campuran 5%, penggunaan bahan pengganti sebagian variasi *filler* yang digunakan merupakan abu terbang batubara dengan menggunakan bahan pengikat berupa Aspal *Retona Blend 55* dan pada penelitian yang dilakukan oleh Fasdarsyah dkk menggunakan abu batu, abu granit,

dan abu keramik dengan menggunakan bahan pengikat berupa aspal minyak penetrasi.

Fatmawati (2013) melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengkaji ulang perilaku aspal campuran panas AC-WC yang menggunakan Aspal Penetrasi 60/70 dengan variasi temperatur rendaman yang dibuat agar memenuhi persyaratan. Metodologi penelitian ini menggunakan metode marshall yang mengacu pada *American Association of State Highway and Transportation Official (AASHTO, 1998 a, b)* dan Spesifikasi Bina Marga 2010, penggunaan aspal yang digunakan menggunakan Aspal Retona Blend 55 dan temperatur pada saat perendaman yaitu 60°C sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Fatmawati (2013) menggunakan bahan pengikat aspal penetrasi 60/70 dan dengan variasi temperatur rendaman 60°C, 65°C, 70°C, 75°C, dan 80°C.

Gunadi dkk. (2013) melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengkaji sifat plastik untuk dijadikan sebagai pengganti sebagian agregat alam. Plastik yang digunakan menggantikan agregat kasar dan variasi plastik yang digunakan adalah 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50% terhadap berat agregat. Hasil dari penelitian ini adalah nilai stabilitas yang memenuhi spesifikasi adalah variasi 40% dan 50%. Untuk nilai flow sendiri semakin besar seiring dengan makin besarnya kadar variasi plastik. Sedangkan untuk nilai *Marshall Quotient* semua kadar variasi plastik tidak memenuhi Peraturan Bina Marga (2010). Nilai VITM semakin besar seiring dengan bertambahnya kadar variasi plastik, namun nilai tersebut tidak memenuhi spesifikasi karena nilai-nilainya melebihi batas maksimum yang dianjurkan. Nilai VMA sama seperti nilai VITM untuk semua variasi tidak memenuhi spesifikasi karena nilainya telah melebihi dari batas maksimum yang dianjurkan penggunaan variasi *Fly Ash* Batubara yang berasal dari hasil pembakaran batubara pada PLTU sebagai bahan pengganti sebagian *Filler* dan menggunakan bahan pengikat berupa Aspal Retona Blend 55 dan pada penelitian ini menggunakan plastik bekas HDPE (*High Density Polyethelene*) yang berasal dari ember bekas dan wadah – wadah produk non pangan dan bahan pengikat yang digunakan berupa aspal penetrasi 60/70 .

Mansyur dkk. (2012) melakukan penelitian dengan menggunakan kapur sebagai bahan aditif yang diharapkan dapat meningkatkan karakteristik dari

campuran AC-WC dan hasil pengujiannya dapat dijadikan referensi kapur digunakan sebagai bahan aditif untuk campuran aspal. Variasi kadar kapur yang digunakan adalah 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25%. Hasil dari penelitian yang dilakukan adalah kadar kapur yang terbaik berada pada variasi 15% dalam campuran AC-WC yang meningkatkan nilai stabilitas untuk penelitian ini tidak menggunakan kapur sebagai bahan tambah, tetapi menggunakan *Fly Ash* Batubara sebagai bahan pengganti sebagian *filler* dan menggunakannya bahan pengikat berupa Aspak Retona Blend 55 sedangkan penelitian yang dilakukan menggunakan kapur yang didapat dari pengrajin kapur padam dan menggunakan bahan pengikat berupa aspla penetrasi 60/70.

Marpaung dkk. (2004) melakukan studi dengan menggunakannya Retona (*Refined Buton Asphalt*) sebagai bahan tambah yang diharapkan dapat meningkatkan kinerja suatu perkerasan yang dapat ditentukan dengan menggunakan pengujian Marshall. Kadar Retona yang digunakan adalah 0,5%, 1%, 1,5%, dan 2% dari berat total agregat kering. Bahan pengikat yang digunakan adalah aspal minyak dengan penetrasi 80. Hasil dari penelitian ini pun kadar yang memenuhi spesifikasi Bina Marga adalah pada kadar variasi 0,5% digunakannya Aspal Retona Blend 55 sebagai bahan pengikat, bukan lagi sebagai bahan tambah dan menggunakan *Fly Ash* batubara sebagai bahan pengganti sebagian *filler* sedangkan penelitian Studi Karakteristi Campuran Beton Aspal Menggunakan Bahan Tambah Retona (Marpaung dkk, 2004) menggunakan Retona sebagai bahan tambah, menggunakan abu batu sebagai bahan pengisinya, dan menggunakan bahan pengikat aspal minyak penetrasi 80.

Misbah dan Firdaus (2014) melakukan penelitian menggunakan campuran Aspal Asbuton berbutir atau *Buton Granular Asphalt* yang dihamparkan, dicampur, dan dipadatkan dalam temperatur yang panas dan juga untuk mengetahui perbandingan antara aspal penetrasi 60/70 dengan ditambahkannya Aspal Buton berbutir dengan kadar variasi 2,5%, 3%, dan 5%. Untuk nilai stabilitas dengan benda uji yang diberi tambahan Aspal Buton berbutir untuk semua kadar variasi mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya kadar variasi Aspal Buton berbutir. Nilai *Flow* dengan benda uji yang di tambahkan kadar Aspal Buton berbutir mengalami penurunan, tetapi untuk variasi kadar 2,5% masih memenuhi

spesifikasi, tetapi untuk 3% dan 5% tidak memenuhi. Untuk nilai MQ dan VFB pada semua variasi kadar Aspal Buton berbutir mengalami kenaikan, dan untuk kadar 3% dan 5% kenaikan cukup tinggi. Nilai VMA dan VITM semua kadar variasi mengalami penurunan jika dibandingkan dengan campuran yang tidak ditambahkan Aspal Buton berbutir dan tidak ditambahkan Aspal Buton berbutir melainkan menggunakan bahan pengikat Aspal Retona Blend 55 dan bahan pengganti sebagian *filler* menggunakan *Fly Ash* Batubara sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Misbah dan Firdaus (2014) menggunakan aspal buton berbutir (BGA) penetrasi 20/25 sebagai bahan tambah dan menggunakan aspal penetrasi 60/70 sebagai bahan pengikat.

Nofrianto (2014) melakukan studi untuk mengetahui perbandingan antara Aspal Buton Retona Blend 55 dengan Aspal Penetrasi 60/70 dengan pengujian karakteristik Marshall. Untuk Aspal Buton Retona Blend 55 memiliki kelebihan yaitu memiliki stabilitas yang tinggi. Dari hasil pengujian pun Asbuton memiliki stabilitas yang lebih baik, sama seperti parameter yang lainnya Asbuton memiliki nilai yang lebih baik menggunakan bahan pengganti sebagian yaitu berupa *filler* dan tidak menggunakan perbandingan dengan aspal penetrasi 60/70 sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Nofrianto (2014) menggunakan *filler* berupa abu batu dan menggunakan aspal penetrasi 60/70 sebagai perbandingan.

Permana dkk. (2017) melakukan penelitian menggunakan kapur sebagai *filler* dengan kadar variasi 2%, 3%, dan 4% yang diharapkan dapat menambah nilai durabilitas dari lapis aspal beton. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan dengan metode karakteristik Marshall stabilitas campuran yang menggunakan kapur sebagai *filler* memiliki nilai yang lebih tinggi jika di bandingkan dengan campuran yang tidak menggunakan *filler* penggunaan bahan pengikat Aspal Retona Blend 55 dan penggunaan *filler Fly Ash* Batubara sebagai bahan pengganti sebagian *filler* dari campuran sedangkan penelitian Characteristic Asphalt Concrete Wearing Course (ACWC) Using Variation Lime Filler (Permana dkk, 2017) menggunakan kapur sebagai bahan pengganti sebagian *filler* dan menggunakan aspal penetrasi 60/70 sebagai bahan pengikat.

Thanaya dkk. (2016) melakukan penelitian menggunakan bahan lateks dengan kadar variasi 2%, 4%, 6%, 8% dan 10% dari total berat bahan pengikat

berupa aspal penetrasi 60/70 diuji dengan karakteristik Marshall. Dari hasil pengujian aspal dengan penambahan lateks dengan kadar variasi 4% memenuhi semua spesifikasi dan tidak menggunakan lateks sebagai bahan tambah, tetapi menggunakan *filler Fly Ash* Batubara sebagai bahan pengganti sebagian *filler* dan menggunakan Aspal Retona Blend 55 sebagai bahan pengikat sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Thanaya dkk (2016) menggunakan lateks sebagai bahan tambah dan menggunakan aspal penetrasi 60/70 sebagai bahan pengikat.

## **2.2. Dasar Teori**

### **2.2.1. Perkerasan Jalan**

Perkerasan jalan merupakan suatu struktur yang diperuntukan melindungi tanah dasar dari beban roda kendaraan yang lewat secara berlebihan. Perkerasan (*pavement*) sendiri mempunyai fungsi untuk melindungi tanah dasar (*subgrade*) dan semua lapisan pembentuk perkerasan agar semua lapisan tidak mengalami tegangan dan regangan yang melebihi batas normal yang disebabkan oleh beban lalu lintas. Perkerasan jalan sendiri dapat dibedakan menjadi :

1. Perkerasan Kaku (*rigid pavement*) atau perkerasan beton (*concrete pavement*). Perkerasan kaku tersusun dari beberapa komponen penting seperti tanah dasar, lapis pondasi bawah (*subbase course*) dan plat beton semen Portland dengan atau tanpa tulangan. Perkerasan kaku cocok diperuntukan pada jalan raya dengan beban lalu lintas yang tinggi/berat dan dengan kecepatan tinggi.
2. Perkerasan Lentur (*flexible pavement*) atau perkerasan aspal (*asphalt pavement*). Perkerasan lentur umumnya tersusun dari lapis permukaan aspal yang berada di atas lapis pondasi dan lapis pondasi bawah granuler yang dihamparkan di atas tanah dasar. Perkerasan aspal merupakan campuran agregat batu pecah, pasir, material pengisi, dan aspal, yang dihamparkan dan dipadatkan (Hardiyatmo, 2015)
3. Perkerasan Komposit merupakan perkerasan yang menggabungkan antara *flexible pavement* dan perkerasan beton semen portland. Perkerasan komposit terdiri dari lapis beton aspal (*asphalt concrete, AC*) yang berada diatas perkerasan beton semen portland atau lapis pondasi yang dirawat (Hardiyatmo, 2015).

### 2.2.2. Perkerasan Kaku

Kaku (*rigid pavement*) atau pekerasan beton (*concrete pavement*). Perkerasan kaku tersusun dari beberapa komponen penting seperti tanah dasar, lapis pondasi bawah (*subbase course*) dan plat beton semen Portland dengan atau tanpa tulangan. Perkerasan kaku cocok diperuntukan pada jalan raya dengan beban lalu lintas yang tinggi/berat dan dengan kecepatan tinggi. Perkerasan kaku pun mempunyai beberapa kelebihan dibanding dengan perkerasan lentur, salah satunya adalah perkerasan kaku lebih baik dalam menahan beban lalu lintas yang tidak diharapkan dan tahan terhadap tumpahan bahan bakar minyak di area industri. Tetapi perkerasan kaku pun memiliki beberapa kekurangan, salah satunya adalah setelah pengecoran plat beton jalan tidak bisa langsung digunakan untuk lalu lintas karena beton cor tersebut harus menunggu sampai batas waktu yang relatif lama sampai kekuatan beton yang direncanakan tercapai.

### 2.2.3. Perkerasan Lentur

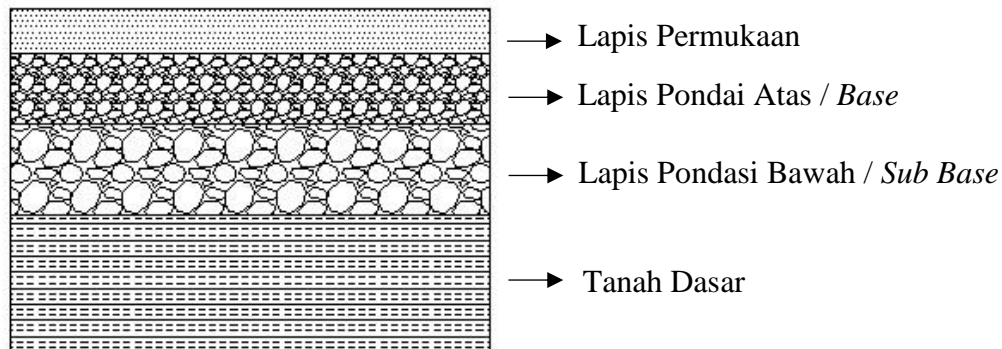
Perkerasan Lentur (*flexible pavement*) atau perkerasan aspal (*asphalt pavement*). Perkerasan lentur umumnya tersusun dari lapis permukaan aspal yang berada di atas lapis pondasi dan lapis pondasi bawah granuler yang dihamparkan di atas tanah dasar. Perkerasan aspal merupakan campuran agregat batu pecah, pasir, material pengisi, dan aspal, yang dihamparkan dan dipadatkan. Pada perkerasan lentur memiliki beberapa lapisan, diantaranya adalah sebagai berikut :

#### 1. Lapisan permukaan (*surface course*)

Lapis permukaan atau *surface course* adalah lapisan paling atas dari perkerasan lentur yang terletak di atas lapis pondasi (Hardiyatmo, 2015). Pada lapis permukaan sendiri biasanya terdapat penyusun beberapa lapisan diantaranya adalah

- a. Lapis aus atau (*wearing course*) merupakan lapisan paling atas (jika tanpa *seal coat*) dari perkerasan dan biasanya lapisan ini berupa beton aspal bergradasi padat (Hardiyatmo, 2015). Lapis aus biasanya lapisan yang kedap air, memiliki daya tahan terhadap gelincir, dan memiliki tingkat halus yang tinggi.

- b. Lapis pengikat (*binder course*) juga disebut lapis pondasi aspal (*asphalt base course*) adalah lapisan campuran aspal panas yang diletakan tepat dibawah lapis aus (Hardiyatmo, 2015).



Gambar 2.1 Lapisan perkerasan lentur (Hardiyatmo, 2015).

## 2. Lapisan pondasi atas (*base course*)

Lapis pondasi atau *base course* adalah lapisan yang berada di bawah lapisan permukaan. Lapis pondasi terletak di atas lapis pondasi bawah atau jika lapis pondasi bawah tidak digunakan di atas tanah dasar, dan biasanya lapis pondasi terdiri dari material agregat seperti batu pecah, sirtu, terak pecah (*crushed lag*) atau campuran-campuran material tersebut (Hardiyatmo, 2015). Lapis pondasi pun memiliki beberapa fungsi, diantaranya sebagai berikut :

- a. Mendistribusikan tekanan yang dihasilkan dari beban lalu lintas agar lapis tanah dasar tidak mengalami beban yang berlebih.
- b. Menambah kekuatan dari sistem perkerasan itu sendiri supaya beban lalu lintas didapat bisa tersebar dengan baik.

## 3. Lapisan pondasi bawah (*subbase course*)

Lapis pondasi bawah atau biasa disebut *subbase course* lapisan perkerasan yang diatas lapisan tanah dasar (Hardiwiyono, 2013). Maksud dari menggunakannya lapis pondasi bawah adalah untuk mempertebal lapisan dalam sistem perkerasan yang bertujuan untuk menyebarkan beban lalu lintas yang diterima dari lapis permukaan ke lapis tanah dasar lebih baik agar tidak menahan beban yang berlebih tetapi dengan penggunaan biaya yang lebih murah. Lapis pondasi bawah pun digunakan bila kualitas lapis tanah dasar buruk. Menurut Hardiyatmo (2015), fungsi dari lapis pondasi bawah adalah :

- a. Sebagai bagian dari struktur perkerasan untuk mendukung dan menyebarkan beban kendaraan
  - b. Untuk efisiensi penggunaan material, agar lapisan-lapisan yang lain dapat dikurangi ketebalannya, sehingga dapat menghemat biaya
  - c. Untuk mencegah material tanah dasar masuk ke dalam lapis pondasi atas.
4. Lapisan tanah dasar (*sub grade*)

Lapisan tanah dasar atau *sub grade* adalah lapis permukaan tanah asli yang memiliki fungsi sebagai tempat penghamparan lapisan-lapisan perkerasan dan mendukung sistem perkerasan jalan yang berada di atasnya. Menurut Hardiwiyono (2013), lapisan tanah dasar dapat berupa tanah asli yang dipadatkan jika tanah aslinya baik, atau tanah urugan yang didatangkan dari tempat lain atau tanah yang distabilisasi, dan tanah dasar dapat dibedakan atas:

- a. Lapisan tanah dasar, tanah galian
- b. Lapisan tanah dasar, tanah urugan
- c. Lapisan tanah dasar, tanah asli

#### **2.2.4. Perkerasan Komposit**

Perkerasan Komposit merupakan perkerasan yang menggabungkan antara *flexible pavement* dan perkerasan beton semen portland. Perkerasan komposit terdiri dari lapis beton aspal (*asphalt concrete, AC*) yang berada diatas perkerasan beton semen portland atau lapis pondasi yang dirawat (Hardiyatmo, 2015). Perkerasan komposit biasanya mempunyai tingkat kenyamanan yang lebih unggul di bandingkan dengan tipe perkerasan kaku atau *rigid pavement*.

#### **2.2.5. Aspal**

Aspal dapat didefinisikan sebagai material yang bisa didapat langsung dari alam maupun pengolahan lanjutan dari minyak bumi yang memiliki warna hitam kecoklatan yang apabila berada pada suhu ruangan akan menjadi padat maupun semi padat. Aspal menjadi material padat maupun semi padat jika berada di temperatur ruang antara 25-30°C dan akan menjadi sedikit melunak atau mencair apabila berada pada suhu yang tinggi. Karena itulah aspal sendiri memiliki sifat *thermoplastic*. Menurut Sukirman (1999), *hydrocarbon* adalah bahan dasar utama dari aspal yang umum disebut bitumen, sehingga aspal sering juga disebut bitumen.



Sebagai salah satu material konstruksi perkerasan lentur, aspal merupakan salah satu komponen kecil, umumnya hanya 4-10% berdasarkan berat atau 10-15% berdasarkan volume, tetapi merupakan komponen yang relatif mahal (Sukirman, 1999).

Aspal sendiri berdasarkan tempat mendapatkannya dibedakan menjadi aspal alam dan aspal minyak. Aspal minyak bisa di dapat dari residu hasil pengolahan minyak bumi. Tidak seperti aspal minyak yang membutuhkan pengolahan yang cukup banyak, jika aspal alam bisa didapat langsung dari alam tanpa pengolahan yang banyak dan bahkan biasanya terdapat di permukaan tanpa harus melakukan penggalian. Aspal alam ada yang diperoleh dari di gunung-gunung seperti aspal buton, dan ada pula yang diperoleh di danau seperti di Bermudez, Trinidad yang merupakan aspal alam terbesar di dunia berupa aspal danau (*Trinidad Lake Asphalt*) (Sukirman, 2003).

#### **2.2.6. Aspal Buton**

Di Indonesia terdapat sumber daya alam berupa aspal alam yang terkenal dengan nama Aspal batu buton atau biasa disebut asbuton, dan aspal buton pun berasal dari Pulau Buton, Sulawesi Tenggara. Aspal ini merupakan campuran antara bitumen dengan bahan mineral lainnya dalam bentuk batuan, karena aspal buton merupakan bahan alam maka kadar bitumen yang dikandungnya sangat bervariasi dari rendah sampai tinggi, dan berdasarkan kadar bitumen yang di kandungannya aspal buton dapat dibedakan atas B10, B13, B20, B25, dan B30 (aspal buton B10 adalah aspal buton dengan kadar bitumen rata-rata 10%) (Sukirman, 1999). Menurut Sukirman (2003), untuk mengatasi bervariasinya kadar bitumen yang di kandung dalam aspal buton, maka asbuton mulai diproduksi dalam berbagai bentuk di pabrik pengolahan asbuton dan produk asbuton dapat dibagi menjadi 2 kelompok yaitu :

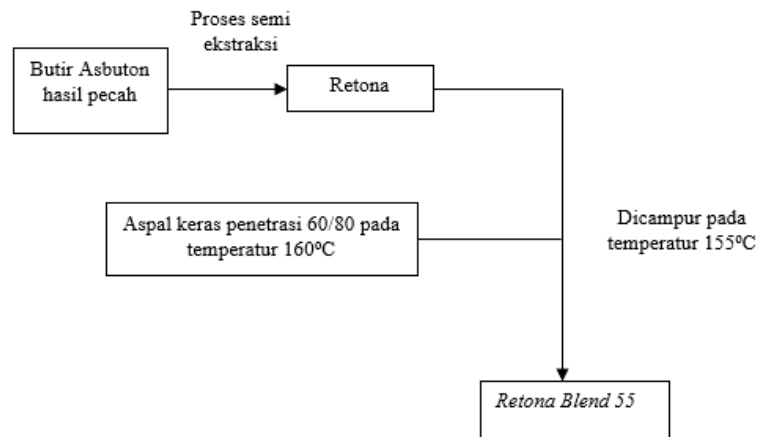
1. Produk asbuton yang masih mengandung material *filler*, seperti asbuton kasar, asbuton halus, asbuton mikro, dan *butonite mastic asphalt*
2. Produk asbuton yang telah dimurnikan menjadi aspal murni melalui proses ekstraksi atau proses kimiawi.

### 2.2.7. Aspal Retona Blend 55

Aspal *Retona (Refine Buton Aspal)* merupakan aspal pengolahan campuran dari hasil olahan semi ekstraksi Aspal Buton dengan Aspal Minyak penetrasi 60/80. Dalam pembuatan *Aspal Retona Blend 55* dilakukan secara fabrikasi yang mencampurkan asbuton butir yang telah diekstraksi dengan aspal minyak penetrasi 60/80 pada suhu 155°C dan campuran beraspal panas yang memakai *Aspal Retona Blend 55* lebih diutamakan untuk melapis ruas – ruas jalan yang memiliki suhu perkerasan beraspal tinggi untuk memenuhi kebutuhan lalu lintas yang berat dan padat yaitu dengan beban lalu lintas rencana > 10.000.000 ESA atau LHR > 2000 kendaraan per hari dengan jumlah kendaraan truk lebih dari 15% (Nofrianto, 2014). Proses ekstraksi merupakan suatu proses yang mempergunakan pelarut pada batu aspal kemudian pelarut tersebut diuapkan. Dalam penggunaan *Retona* diharuskan terlebih dahulu dicampur dengan aspal murni sebelum bisa digunakan. Campuran beraspal panas dengan Asbuton adalah campuran pengikat jenis bitumen asbuton murni (asbuton modifikasi) atau aspal keras penetrasi 60 atau penetrasi 80 dengan agregat yang pencampurannya menggunakan asbuton butir yang pembuatannya dilakukan secara fabrikasi.

Dalam Marpaung (2004) penggunaan *Retona* sebagai modifier memiliki beberapa keunggulan, diantaranya sebagai berikut:

1. Dapat menambah durabilitas dan umur pelayanan.
2. Dapat menambah nilai dari stabilitas, keretakan, dan kelelahan campuran.
3. Dapat meningkatkan sifat kohesi dan adesi campuran.



Gambar 2.2 Pembuatan Aspal *Retona Blend 55* (Nofrianto, 2014)

Dari gambar dapat dilihat bahwa butir asbuton yang didapat pertama diekstraksi terlebih dahulu lalu hasilnya berupa aspal retona. Setelah menjadi aspal retona, maka dicampur dengan aspal penetrasi 60/80 dengan suhu pencampuran 155°C dan didapatlah Aspal *Retona Blend 55*.

### 2.2.8. *Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC)*

*Asphalt Concrete* (beton aspal) adalah jenis perkerasan jalan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal, dengan atau tanpa bahan tambahan (Sukirman, 2003). Lapis aspal beton yang secara umum digunakan secara luas diberbagai negara direncanakan untuk memperoleh kepadatan yang tinggi, nilai struktural tinggi dan kadar aspal yang rendah (Suhardi dkk., 2016). Beton aspal pun dibentuk oleh material-material yang dicampur di instalasai pencampur dengan suhu yang telah ditentukan, 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 dikenal dengan nama *hotmix*.

*Asphalt Concrete* atau yang lebih dikenal dengan sebutan Lapis Aspal Beton (Laston), menurut Bina Marga (2010), berdasarkan fungsinya dapat diklasifikasikan menjadi :

1. *Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC)*. *Wearing Course* atau yang dikenal dengan lapis aus merupakan lapisan yang berada diatas lapis pondasi.

*Asphalt Concrete – Wearing Course* memiliki fungsi sebagai lapis permukaan yang tahan akan gaya geser, tekanan roda, cuaca, dan memberikan lapisan kedap air yang dapat melindungi lapisan yang berada di bawahnya.

2. *Asphalt Concrete – Binder Course (AC-BC)*. *Binder Course* atau biasa yang disebut dengan lapis pengikat antara lapis permukaan dengan lapis pondasi. AC-BC mempunyai fungsi sebagai lapis pengikat.
3. *Asphalt Concrete – Base (AC-Base)*, yang mempunyai fungsi sebagai lapis pondasi.

*Asphalt Concrete – Wearing Course* sendiri terdiri dari bahan penyusun berupa aspal dan agregat dimana agregat tersebut disusun oleh filler, agregat halus, dan agregat kasar.

Menurut Sukirman (2003), karakteristik campuran yang harus dimiliki beton aspal adalah sebagai berikut :

1. Stabilitas merupakan kemampuan dari perkerasan jalan untuk menanggung beban lalu lintas tanpa adanya perubahan bentuk fisik permanen seperti gelombang. Tinggi rendahnya nilai dari stabilitas sendiri dipengaruhi oleh faktor gesekan internal antara butir agregat dan daya ikat dari aspal itu sendiri.
2. Durabilitas merupakan kemampuan dari beton aspal menerima beban lalu lintas secara berulang seperti menahan keausan akibat pengaruh iklim dan cuaca serta berat kendaraan dan gesekan antara roda kendaraan dan permukaan jalan. Faktor yang mempengaruhi durabilitas adalah kepadatan, tebalnya selimut atau film aspal, dan kedap terhadap air.
3. Kelenturan merupakan kemampuan untuk menyesuaikan diri akibat dari pergerakan konsolidasi atau penurunan dari lapis pondasi atau tanah dasar beton aspal tanpa adanya kerusakan seperti retak. Penurunan bisa terjadi dikarenakan repetisi beban lalu lintas.
4. Ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*) merupakan kemampuan dari beton aspal untuk menerima lendutan berulang akibat beban lalu lintas berulang 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) merupakan kemampuan beton aspal untuk tidak dimasuki udara atau air kedalam lapisan beton aspal karena udara dan air akan mempercepat proses oksidasi atau penuaan aspal yang akan berakibat pengelupasan selimut aspal dari permukaan agregat.
7. *Workability* adalah kemampuan dari beton aspal untuk mudah atau tidaknya saat pengerjaan penghamparan dan pemadatan.

### 2.2.9. Bahan Penyusun *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC)

Campuran *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC) tersusun oleh material-material yang mudah didapat, diantaranya :

#### 1. Agregat

Agregat adalah material paling banyak dari campuran aspal beton yang terdiri sekitar 90% - 95% dari berat total campuran atau jika dari volumenya sekitar 75% - 85%. Maka dari 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 merupakan salah satu material penyusun campuran *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC). Agregat halus yang digunakan haruslah agregat yang kuat, bersih, tidak basah maupun lembab, dan tidak menggumpal dengan tanah dan tidak boleh mengandung lumpur. Agregat halus yang digunakan harus sesuai dengan Spesifikasi Bina Marga (2010).ditunjukkan 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 60%
Angularitas dengan uji kadar rongga	SNI 03-6877-2002	Min 45%

### b. Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan untuk campuran *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC) merupakan agregat yang tertahan saringan dengan diameter 4,75 mm atau saringan no.4. Agregat yang dimasukkan ke dalam campuran haruslah agregat batu pecah kuat, tidak menggumpak dengan tanah, dan tidak basah maupun lembab. Untuk agregat halus dan agregat kasar disarankan menggunakan dari sumber yang sama agar campuran menjadi seragam. Tabel 2.2 menunjukkan spesifikasi yang harus dipenuhi agar agregat kasar bisa digunakan dalam campuran.

Tabel 2.2 Spesifikasi 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	Maks. 8%
		500 putaran	Maks. 40%
Kelekatan agegat 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%

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

Bahan pengisi atau yang biasa disebut *filler* adalah agregat halus yang telah lolos saringan dengan diameter 0,075 mm atau saringan no. 200 yang biasanya dapat berupa debu, semen *Portland*, abu terbang, dan lain – lain. *Filler* yang akan digunakan haruslah *filler* yang baik, tidak basah maupun lembab. *Filler* dalam

campuran berfungsi untuk mengisi ruang kosong yang tidak terisi oleh aspal agar bidang kontak dalam campuran antar butir agregat meningkat sehingga kualitas campuran akan menjadi lebih baik. *Filler* yang digunakan harus yang terbebas dari gumpalan – gumpalan atau bahan lain yang mengganggu.

## 2. Aspal

Aspal dapat didefinisikan sebagai material yang bisa didapat langsung dari alam maupun pengolahan lanjutan dari minyak bumi yang memiliki warna hitam kecoklatan yang apabila berada pada suhu ruangan akan menjadi padat maupun semi padat. Aspal menjadi material padat maupun semi padat jika berada di temperatur ruang antara 25-30°C dan akan menjadi sedikit melunak atau mencair apabila berada pada suhu yang tinggi. Karena itulah aspal sendiri memiliki sifat *thermoplastic*. Menurut Sukirman (1999), *hydrocarbon* adalah bahan dasar utama dari aspal yang umum disebut bitumen, sehingga aspal sering juga disebut bitumen. Sebagai salah satu material konstruksi perkerasan lentur, aspal merupakan salah satu komponen kecil, umumnya hanya 4 - 10% berdasarkan berat atau 10-15% berdasarkan volume, tetapi merupakan komponen yang relatif mahal (Sukirman, 1999).

Aspal sendiri mempunyai fungsi sebagai bahan pengikat antar material yang ada di dalam campuran. Kadar aspal sendiri sangat mempengaruhi dari kualitas campuran itu sendiri. 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*. Oleh sebab maka diperlukan pengujian kadar aspal optimum atau KAO agar kadar aspal dalam campuran tidaklah terlalu banyak maupun terlalu sedikit sehingga campuran tidak mudah mengalami *bleeding* ataupun *cracking*. Aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah Aspal Asbuton Modifikasi. Dalam Tabel 2.3 menunjukkan spesifikasi dalam penggunaan Aspal Asbuton Modifikasi.

Tabel 2.3 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
8	Berat Jenis (25°C)	SNI 2441 : 2011	>1,0	gr/cc	>1,0	>1,0
9	Stabilitas penyimpanan perbedaan titik lembek	ASTM D 5976 part 6.1	-	°C	<2,2	<2,2
10	Partikel yang lebih halus dari 150 micron Pengujian Residu hasil TFOT (SNI-03-6835-2002)	-	-	% berat		Min 95
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	AASHTO T 301-98	-	% berat	>60	

### 2.2.10. Metode Pengujian Material

Dalam pembuatan benda uji campuran, material yang digunakan tidaklah sembarangan melainkan harus memenuhi spesifikasi, oleh karena perlu dilakukannya pengujian material penyusun campuran di antaranya :

#### 1. Agregat Halus

Agregat halus merupakan salah satu material penyusun campuran *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC). Agregat halus yang digunakan haruslah agregat yang kuat, bersih, tidak basah maupun lembab, dan tidak menggumpal



dengan tanah. Metode pengujian yang dilakukan sesuai dengan BSN (2008a). Pengujian yang harus dilakukan antara lain :

a. Berat Jenis Curah Kering

Cara perhitungan berat jenis curah kering ( $S_d$ ) dihitung dengan cara persamaan sebagai berikut :

$$\text{Berat Jenis Curah Kering} = \frac{A}{(B+S-C)} \dots\dots\dots (2.1)$$

dengan,

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 jenuh kering permukaan (gram)

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

$$\text{Berat jenis curah kering} = \frac{S_1 \left(\frac{A}{S}\right)}{0,9975(R_2 - R_1)} \dots\dots\dots (2.2)$$

dengan,

A = berat benda uji kering oven (gram)

R<sub>1</sub> = pembacaan awal posisi air pada labu Le Chatelier

R<sub>2</sub> = pembacaan akhir posisi air pada labu Le Chatelier

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

S<sub>1</sub> = berat benda uji kondisi jkp yang dimasukkan ke labu (gram)

b. Berat Jenis Curah (Jenuh Kering Permukaan)

Cara perhitungan berat jenis dalam basis jenuh ( $S_s$ ) dihitung dengan cara persamaan sebagai berikut :

$$\text{Berat Jenis Curah} = \frac{S}{(B+S-C)} \dots\dots\dots (2.3)$$

dengan,

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 kering dihitung dengan persamaan :

$$\text{Berat jenis curah kering} = \frac{S_1 \left(\frac{A}{S}\right)}{0,9975(R_2 - R_1)} \dots\dots\dots (2.4)$$

dengan,

$R_1$  = pembacaan awal posisi air pada labu Le Chatelier

$R_2$  = pembacaan akhir posisi air pada labu Le Chatelier

$S_1$  = berat benda uji kondisi jkp yang dimasukkan ke labu (gram)

#### d. Berat Jenis Semu

Cara perhitungan berat jenis semu ( $S_a$ ) dihitung dengan cara persamaan sebagai berikut :

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

dengan,

$A$  = 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)

#### e. Penyerapan Air

Dalam perhitungan persentase penyerapan air ( $S_w$ ) ini sesuai BSN (2008a) dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Penyerapan air} = \left[ \frac{S-A}{A} \right] 100\% \dots\dots\dots (2.6)$$

dengan,

$A$  = berat benda uji kering oven (gram)

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

## 2. Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan untuk campuran *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC) merupakan agregat yang tertahan saringan dengan diameter 4,75 mm atau saringan nomer 4. Agregat yang dimasukkan ke dalam campuran haruslah agregat batu pecah kuat, tidak menggumpak dengan tanah, dan tidak basah maupun lembab. Oleh karena maka diperlukan pengujian terhadap agregat kasar untuk memastikan agregat tersebut telah memenuhi spesifikasi, berikut merupakan pengujian agregat kasar :

a. Berat Jenis Curah Kering

Dalam perhitungan berat jenis curah kering ( $S_d$ ) ini sesuai BSN (2008b) dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Berat Jenis Curah Kering} = \frac{A}{(B-C)} \dots \dots \dots (2.7)$$

dengan,

A = berat benda uji kering oven (gram)

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

C = Berat Benda Uji dalam air (gram)

b. Berat Jenis Curah (Jenuh Kering Permukaan)

Dalam perhitungan berat jenis curah kering permukaan ( $S_s$ ) ini sesuai BSN (2008b) dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Berat Jenis Curah (Jenuh Kering Permukaan)} = \frac{B}{(B-C)} \dots \dots \dots (2.8)$$

dengan,

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

C = berat benda uji dalam air (gram)

c. Berat Jenis Semu

Dalam perhitungan berat jenis semu ( $S_a$ ) ini sesuai BSN (2008b) dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Berat Jenis Semu} = \frac{A}{(A-C)} \dots \dots \dots (2.9)$$

dengan,

A = berat benda uji kering oven (gram)

C = berat benda uji dalam air (gram)

d. Penyerapan Air

Dalam perhitungan persentase penyerapan air ( $S_w$ ) ini sesuai BSN (2008b) dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Penyerapan air} = \frac{B-A}{A} \times 100\% \dots \dots \dots (2.10)$$

dengan,

A = berat benda uji kering oven (gram)

- B = berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan di udara (gram)  
 e. Keausan Agregat dengan mesin Los Angeles

Keausan Agregat dengan mesin *Los Angeles* adalah pengujian untuk mengetahui angka keausan yang dinyatakan dengan perbandingan antara berat bahan aus terhadap berat semula dalam persen. Pengujian ini dilakukan sesuai dengan BSN (2008c) tentang cara uji keausan dengan mesin abrasi *Los Angeles*. Untuk menghitung keausan agregat maka digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Keausan} = \frac{a-b}{a} \times 100\% \dots\dots\dots (2.11)$$

dengan,

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

### 3. Aspal

Aspal memiliki fungsi sebagai bahan pengikat antar butir agregat yang berada dalam campuran. Bahan pengikat yang digunakan pun harus memenuhi spesifikasi, oleh karena itu dilakukan pengujian berikut :

#### a. Penetrasi

Pengujian penetrasi dilakukan untuk mengetahui keras atau lunaknya suatu aspal pada suhu yang diketahui. Metode pengujian penetrasi dilakukan sesuai dengan metodologi BSN (2011a). Semakin besar nilai penetrasi maka semakin lunak aspal tersebut. Aspal dengan nilai penetrasi yang besar biasa digunakan pada jalan daerah dingin atau dengan beban lalu lintas yang tidak terlalu berat. Sebaliknya semakin kecil nilai penetrasi maka semakin keras aspal tersebut. Aspal dengan nilai penetrasi kecil biasa dipakai pada daerah panas atau dengan beban lalu lintas yang tinggi. Spesifikasi untuk penetrasi Aspal Asbuton Modifikasi telah tercantum pada Tabel 2.3.

#### b. Berat Jenis

Pengujian berat jenis aspal dilakukan dengan menggunakan alat timbangan dan piknometer dan pengujian dilakukan sesuai dengan BSN (2011b). Berikut merupakan cara menghitung berat jenis aspal :

$$\text{Berat Jenis} = \frac{(C-A)}{[(B-A)-(D-C)]} \dots\dots\dots (2.12)$$

dengan,

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 mencari berat isi benda uji maka digunakan persamaan :

$$\text{Berat isi} = \text{Berat jenis} \times W_T \dots\dots\dots (2.13)$$

dengan,

$W_T$  = berat isi air pada temperatur pengujian

#### c. Daktilitas

Pengujian daktilitas dilakukan untuk mengetahui seberapa plastiskah aspal yang digunakan dalam penelitian. Pengujian daktilitas sendiri mengacu pada BSN (2011c). Pengujian ini dilaksanakan pada temperatur 25°C dengan cara memasukan aspal kedalam bak yang tersapat mesin pengujian daktilitas, lalu aspal tersebut ditarik hingga batas plastis aspal tersebut sebelum putus. Mesin pengujian daktilitas memiliki kecepatan 50 milimeter per menit  $\pm$  2,5 milimeter. Sesuai dengan Tabel 2.3 untuk Aspal Asbuton Modifikasi sendiri memiliki spesifikasi nilai daktilitas diatas 100 centimeter.

#### d. Titik Lembek

Pengujian titik lembek aspal dengan alat *ring and ball* (cincin dan bola) bertujuan untuk mengetahui titik lembek bahan pengikat yang biasanya memiliki nilai antara 30°C hingga 157°C. Pengujian titik lembek memiliki peran penting dalam persyaratan aspal dan untuk mengetahui sifat fisik dari aspal yang akan digunakan dalam campuran yang dapat mengindikasikan suatu bahan pengikat akan menjadi lunak pada perubahan suhu pada perkerasan. Pengujian yang dilakukan sesuai dengan BSN (2011d).

#### e. Kehilangan Berat Minyak dan Aspal

Pengujian kehilangan berat minyak dan aspal merupakan pengujian yang dilakukan dengan cara selisih antara berat sebelum dan sesudah aspal dipanaskan yang dinyatakan dalam satuan persen dari berat semula. Pengujian kehilangan berat minyak dan aspal sendiri bertujuan untuk mengetahui dari sifat fisis aspal setelah dipanaskan dalam *hot mix* atau pencampuran panas selama di AMP (*Asphalt Mixing*

*Plant*) yang berada pada temperatur 163°C. Cara menguji kehilangan berat minyak sesuai dengan BSN (1991), yaitu sebagai berikut :

$$\text{Penurunan berat} = \frac{A-B}{A} \times 100\% \dots\dots\dots (2.14)$$

dengan,

A = berat benda uji semula

B = berat benda uji setelah pemanasan

### 2.2.11. Campuran Metode Marshall

Untuk menguji campuran dengan menggunakan metode marshall maka ada langkah – langkah yang dilakukan agar sesuai dengan metodologi yang dijelaskan dalam BSN (2004). Dengan menggunakan metode marshall maka terdapat parameter yang dapat diketahui yang bisa dibuat sebagai acuan dari kualitas suatu campuran. Parameter yang dapat diketahui dengan melakukan pengujian metode marshall antara lain nilai *flow*, stabilitas, density, VMA, VITM, dan VFWA. Tetapi untuk melakukan perhitungan marshall maka diperlukan beberapa data seperti perhitungan berat jenis. Berikut ini merupakan cara perhitungan berat jenis antara lain :

#### 1. Berat Jenis Semu (*Apparent Specific Gravity*)

Berat jenis semu merupakan konsep jika bagian yang bisa diresapi oleh air dan volume partikel yang diperhitungkan maka disebut berat jenis semu. Dalam perhitungan berat jenis ini dianggap jika aspal dapat meresapi seluruh partikel yang dapat diresapi, berikut merupakan perhitungannya :

$$G_{sa \text{ total agregat}} = \frac{P_1+P_2+P_3\dots+P_n}{\frac{P_1}{G_{sa1}} + \frac{P_2}{G_{sa2}} + \frac{P_3}{G_{sa3}} \dots + \frac{P_n}{G_{san}}} \dots\dots\dots (2.15)$$

dengan,

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

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

$G_{sb1}, G_{sb2}, G_{sbn}$  = Berat jenis kering masing-masing agregat 1, 2, 3.. n gr/cc)

$G_{sa1}, G_{sa2}, G_{san}$  = Berat jenis semu masing-masing agregat 1, 2, 3..n (gr/cc)

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

#### 2. Berat Jenis Kering (*Bulk Specific Gravity*)

Pada situasi yang sebenarnya aspal yang digunakan sebagai bahan pengikat campuran hanya akan mengisi sebagian pori yang dapat diisi oleh air. Oleh karena

itu disarankan untuk menggunakan berat jenis efektif. Berikut ini merupakan cara perhitungan untuk mencari berat jenis efektif :

$$G_{se \text{ total agregat}} = \frac{G_{sb} - G_{sa}}{2} \dots\dots\dots (2.17)$$

$$G_{se \text{ total agregat}} = \frac{P_{mm} - P_b}{\frac{P_{nn} - P_b}{G_{mm}} + \frac{P_b}{G_b}} \dots\dots\dots (2.18)$$

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)

$G_{se1}, G_{se2} \dots G_{sen}$  = Berat jenis efektif dari masing-masing agregat 1, 2, 3... 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 (%)

### 2.2.12. Karakteristik Marshall

Kualitas suatu campuran aspal dipengaruhi oleh banyak hal, diantaranya dipengaruhi oleh kualitas material penyusunnya, pengerjaan dalam pembuatan campuran dan dipengaruhi oleh parameter dalam karakteristik Marshall. Parameter karakteristik Marshall diantaranya kepadatan (*Density*), stabilitas (*Stability*), kelelahan plastis (*Flow*), *MQ*, *VFWA*, *VMA*, dan *VITM*. Perhitungan untuk parameter karakteristik Marshall sendiri tercantum pada BSN (2003) sebagai berikut :

#### 1. Kepadatan (*Density*)

Kepadatan atau yang biasa disebut *Density* merupakan berat dari campuran per satuan volumenya. Kepadatan suatu campuran bisa dipengaruhi oleh banyaknya kadar aspal yang digunakan, kualitas dari material yang digunakan, banyak atau sedikitnya tumbukan yang dilakukan, maupun variasi dari bahan penyusunnya. Semakin padat suatu campuran maka semakin tinggi nilai stabilitas campuran tersebut dan campuran tersebut menjadi lebih mampu untuk menahan beban lalu lintas yang tinggi dan menjadi semakin kedap terhadap air. Cara menghitung nilai kepadatan suatu campuran adalah sebagai berikut :

$$Gmb = \frac{W_{mp}}{\frac{W_{mssd}}{\gamma_w} - \frac{W_{mv}}{\gamma_w}} \dots\dots\dots (2.19)$$

dengan,

- Gmb = 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. Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas merupakan suatu kemampuan campuran untuk menerima beban berulang (repetisi) hingga ke titik maksimum plastis campuran tersebut sampai campuran tersebut kelelahan tanpa mengalami perubahan bentuk fisik yang permanen seperti retak (*cracking*), bleeding, alur, maupun bergelombang. Cara menghitung untuk mendapatkan nilai stabilitas benda uji adalah sebagai berikut :

$$O = q \times \text{kalibrasi } proving \text{ ring} \times \text{koreksi tebal benda uji} \dots\dots\dots (2.20)$$

dengan,

- O = stabilitas (kg)
- q = nilai pembacaan arloji

## 3. Kelelahan Plastis (*Flow*)

*Flow* atau yang biasa disebut sebagai pelelehan merupakan perubahan fisik atau besar kecilnya nilai deformasi yang diakibatkan oleh beban yang diterima campuran sampai titik keruntuhannya. Nilai pelelehan didapat dari arloji *flow meter* dan dalam arloji tersebut dinyatakan dalam milimeter (mm). Jika pada saat pengujian arloji menunjukkan nilai *flow* yang rendah maka itu berarti benda uji sedikit getas, sebaliknya jika nilai *flow* yang ditunjukkan arloji tinggi maka benda uji menjadi lebih plastis.

## 4. Marshall Quotient (MQ)

MQ atau *Marshall Qoutient* merupakan rasio antara stabilitas dengan kelelahan yang digunakan untuk indikator kaku apa tidaknya campuran (Sukirman, 2003). Jika suatu campuran memiliki kekakuan yang tinggi maka nilai MQ (*Marshall Qoutient*) campuran tersebut tinggi begitu juga sebaliknya, apabila kekakuan dari suatu campuran memiliki nilai yang rendah atau fleksibel maka nilai MQ (*Marshall Qoutient*) campuran akan rendah. Faktor-faktor yang berpengaruh



terhadap besar kecilnya nilai MQ (*Marshall Quotient*) adalah pembagian agregat, kadar aspal, kohesi, energi pemadatan, dan suhu pemadatan. Cara untuk menghitung Marshall Quotient (MQ) dapat menggunakan persamaan berikut :

$$MQ = \frac{MS}{MF} \dots\dots\dots(2.21)$$

dengan,

MQ = *Marshall Quotient* (kg/mm)

MS = *Marshall Stability* (kg)

MF = *Flow Marshall* (mm)

#### 5. Rongga dalam Agregat (*Voids in the Mineral Agregate, VMA*)

VMA atau *Voids in the Mineral Aggregate* merupakan banyaknya volume pori antara butir agregat dalam campuran aspal beton yang telah dipadatkan dan dinyatakan dalam presentase dari volume keseluruhan aspal beton. Untuk mencari nilai *Rongga dalam Agregat* (*Voids in the Mineral Agregate, VMA*) maka dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$VMA = 100 \frac{G_{mb} \times P_s}{G_{sb}} \dots\dots\dots(2.22)$$

dengan,

VMA = *Voids mineral aggregate* (%)

G<sub>b</sub> = Berat jenis agregat (gr/cc)

G<sub>mb</sub> = Berat jenis curah campuran padat (gr/cc)

P<sub>s</sub> = Persen agregat terhadap berat total campuran (%)

#### 6. Rongga yang Terisi oleh Aspal (*Voids Filled with Asphalt, VFWA*)

VFWA atau *Voids Filled with Asphalt* merupakan jumlah volume pori dari campuran aspal beton tersebut yang terisi oleh bahan pengikat aspal. *Rongga yang Terisi oleh Aspal* (*Voids Filled with Asphalt, VFWA*) sendiri mempunyai fungsi untuk menyelimuti butir agregat pada campuran beton aspal supaya butir-butir tersebut dapat saling mengikat satu sama lain. Untuk mencari nilai *Rongga yang Terisi oleh Aspal* (*Voids Filled with Asphalt, VFWA*) dapat menggunakan persamaan berikut :

$$VFWA = 100 \times \frac{VMA - VITM}{VMA} \dots\dots\dots(2.23)$$

dengan,

VFWA = rongga terisi aspal (%)

VMA = rongga diantara mineral agregat (%)

VITM = rongga di dalam campuran (%)

#### 7. Rongga dalam Campuran (*Voids in the Mix*, VITM)

VITM atau *Voids In The Mix* merupakan jumlah banyak sedikitnya pori yang berada diantara butir agregat yang telah diselimuti oleh aspal dengan satuan persen terhadap volume dari campuran aspal beton yang telah dipadatkan. Nilai VITM yang sangat besar dapat mengakibatkan kurang kedapnya campuran dari air sehingga dapat mempercepat dari umur campuran tersebut. Cara untuk menghitung nilai *Rongga dalam Campuran* (*Voids in the Mix*, VITM) bisa menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{VITM} = 100 \times \frac{G_{mm} \times G_{mb}}{G_{mm}} \dots\dots\dots(2.24)$$

dengan,

VITM = kadar rongga terhadap campuran (%)

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

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

#### 2.2.13. Kadar Aspal Optimum

Kadar Aspal Optimum merupakan kadar aspal yang memberikan nilai stabilitas tertinggi terhadap campuran diiringi dengan persyaratan yang lainnya terpenuhi. Besarnya kadar aspal optimum pun berbeda-beda tergantung dari material yang dipakai seperti agregat dan aspal, dan juga dari gradasi si agregat tersebut. Kadar aspal optimum harus memenuhi nilai-nilai karakteristik marshall seperti nilai VFWA (*Voids Filled with Asphalt*), VMA (*Voids in the Mineras Aggregate*), kelelahan plastis (*Flow*), kerapatan (*Density*), VITM (*Voinds In The Mix*), MQ (*Marshall Quotient*), dan stabilitas. Dan oleh karena itu maka perlu digambarkan terlebih dahulu grafik hubungan antara variasi kadar *Fly Ash* Batubara dengan parameter – parameter karakteristik Marshall.

Untuk campuran *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC) Harus memenuhi spesifikasi yang telah tercantum pada Spesifikasi Bina Marga (2010) yang terlampir pada Tabel 2.4.

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

Sifat - Sifat Campuran	<i>Asphalt Concrete (AC)</i>			
		Lapis Aus	Lapis Antara	Pondasi
Rasio partikel lolos ayakan 0,075 mm dengan kadar aspal efektif	Min.	1,0	1,0	1,0
	Maks.	1,4	1,4	1,4
Jumlah Tumbukan perbidang	-	75	75	112
Rongga dalam campuran	Min.	3,0	3,0	3,0
	Maks.	5,0	5,0	5,0
Rongga dalam agregat (VMA)	%	Min. 15	14	13
Rongga Terisi Aspal	%	Min. 65	65	65
Stabilitas Marshall	Kg	Min. 800	800	1800
Pelelehan	Min.	2	2	3
	Maks.	4	4	6
Stabilitas Marshall sisa setelah rendaman selama 24 jam, 60 °C	%	Min. 90	90	90
Rongga dalam campuran pada kepadatan membal (refusal)	%	Min. 2	2	2