

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Perkerasan Jalan**

Perkerasan jalan adalah lapisan perkerasan yang terletak diantara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan yang berfungsi memberikan pelayanan kepada sarana transportasi, dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak ada kerusakan yang berarti (Sukirman, 2003). Perkerasan jalan berfungsi untuk meneruskan beban lalu-lintas ke lapis pondasi bawahnya untuk disalurkan ke tanah dasar. Menurut Sukirman (1999), berdasarkan bahan pengikatnya konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan atas:

1. Perkerasan lentur (*flexible pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.
2. Perkerasan kaku (*rigid pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan semen (*portland cement*) sebagai bahan pengikat. Plat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan di atas tanah dasar dengan atau tanpa lapisan fondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh plat beton.
3. Perkerasan komposit (*composite pavement*), yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur, dapat berupa perkerasan lentur di atas perkerasan kaku atau perkerasan kaku di atas perkerasan lentur.

#### **B. Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)**

Perkerasan lentur (*flexible pavement*) adalah perkerasan yang menggunakan bahan campuran beraspal sebagai lapis permukaan serta bahan berbutir sebagai lapisan dibawahnya. Perkerasan lentur menyalurkan beban langsung ke tanah dasar. Karena sifatnya yang lentur, perkerasan ini mudah terdeformasi dan tidak sekuat perkerasan kaku yang mampu menahan beban pada perkerasannya. Bagian-bagian dari perkerasan lentur dijelaskan sebagai berikut:

### 1. Tanah dasar (*subgrade*)

Tanah dasar adalah permukaan tanah asli, galian atau timbunan yang dipadatkan dan berfungsi sebagai perletakan dari bagian-bagian lapis perkerasan di atasnya. Kekuatan dan keawetan konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung dari sifat-sifat daya dukung tanah dasar antara lain:

- a. Sifat kembang susut akibat perubahan kadar air
- b. Daya dukung tanah yang tidak merata dan sulit ditentukan
- c. Penurunan akibat beban

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

Lapis pondasi bawah (*subbase course*) adalah bagian perkerasan yang terletak antara perkerasan atas dan tanah dasar. Material yang digunakan untuk lapisan pondasi bawah umumnya nilai CBR minimum 20 % dan indeks plastisitas ( $PI \leq 10$  %). Biasanya di Indonesia lapisan ini menggunakan lapisan pasir dan batu (sirtu) kelas A, B atau kelas C atau tanah lempung / kepasiran. Lapisan ini berfungsi untuk:

- a. Menyebarkan dan menyalurkan beban dari lapis pondasi atas ke tanah dasar
- b. Mencegah tanah dasar masuk kedalam lapis pondasi
- c. Sebagai lapisan pertama agar pelaksanaan dapat berjalan lancar
- d. Efisiensi penggunaan material dengan mengurangi lapisan di atasnya yang lebih mahal.

### 3. Lapis pondasi atas (*base course*)

Lapis pondasi atas (*base course*) adalah lapis perkerasan yang terletak antara lapis permukaan dengan lapis pondasi bawah. Lapisan ini menerima beban dari lapisan permukaan dan menyalurkannya ke lapisan pondasi bawah dan sebagai perletakan terhadap lapis permukaan. Syarat-syarat untuk material pondasi atas antar lain :

- a. Mutu bahan harus bagus agar tidak mengandung kotoran lumpur, bersisi tajam, dan kaku
- b. Susunan gradasi harus rapat yaitu butiran batuan harus saling mengisi antara butiran agregat sehingga rongga semakin kecil.

Material yang digunakan untuk lapisan pondasi atas haruslah awet dan kuat dan mempunyai nilai  $CBR \geq 50\%$  dari indeks plastisitas ( $PI \leq 4\%$ ).

#### 4. Lapis permukaan (*surface course*)

Lapis permukaan (*surface course*) adalah lapisan perkerasan yang terletak paling atas dan bersentuhan langsung dengan roda kendaraan. Fungsi utama dari lapisan ini adalah:

- a. Sebagai lapis aus, menerima gesekan akibat rem sehingga menjadi aus.
- b. Sebagai lapis kedap air, sehingga air tidak meresap ke lapisan dibawahnya
- c. Menahan dan menyebarkan beban roda ke lapisan bawahnya.



Gambar 2.1 Lapisan perkerasan lentur

### C. Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Perkerasan kaku merupakan perkerasan yang menggunakan semen sebagai bahan pengikat. Perkerasan kaku dapat menggunakan pelat beton dengan atau tanpa tulangan, dengan atau tanpa pondasi bawah yang diletakkan di atas tanah dasar. Perkerasan kaku umumnya dipakai pada jalan dengan kondisi lalu-lintas yang padat dan memiliki distribusi beban yang besar seperti jalan lintas antar provinsi, jalan layang / *fly over* maupun pada persimpangan bersinyal. Keunggulan dari perkerasan kaku dibandingkan dengan perkerasan lentur adalah beban lalu lintas ditopang langsung oleh perkerasan. Karena perkerasan bersifat kaku, beban yang diterima akan didistribusikan merata dan ditopang oleh perkerasan itu sendiri.

#### D. Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)

Perkerasan komposit adalah perkerasan lentur yang dikombinasi dengan perkerasan kaku. Perkerasan ini lebih cocok untuk muatan yang hampir statis, contohnya untuk kendaraan yang berjalan lambat dan tempat parkir. Perkerasan komposit dapat terdiri dari perkerasan lentur di atas perkerasan kaku atau perkerasan kaku di atas perkerasan lentur. Perkerasan ini dipakai untuk mendapatkan sifat antara perkerasan kaku dan perkerasan lentur

#### E. Aspal

Aspal merupakan material perekat (*cementitious*) berwarna hitam atau coklat tua dengan unsur utama bitumen. Aspal dapat diperoleh di alam maupun merupakan residu dari pengilangan minyak bumi. Aspal adalah material berbentuk padat sampai semi padat pada suhu ruang (25-30°C) dan menjadi lunak atau cair jika dipanaskan (bersifat termoplastis). Banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 4-10% berdasarkan berat campuran, atau 10-15% berdasarkan volume campuran (Sukirman, 2003).

Aspal terdiri dari senyawa hidrokarbon, nitrogen, dan logam lain sesuai jenis minyak bumi dan proses pengolahannya. Secara garis besar komposisi kimiawi dari aspal terdiri dari *asphaltenes*, *resins*, dan *oils*. *Asphaltenes* merupakan material berwarna hitam atau coklat tua yang tidak larut dalam *n-heptane*. *Asphaltenes* meyebar dalam *maltenes*, *maltenes* terdiri dari *resins* dan *oils* yang larut dalam *n-heptane* (Sukirman, 2003).

Sifat-sifat aspal yang perlu mendapat perhatian adalah sebagai berikut :

1. Sifat kimia, ditentukan berdasarkan kandungan *asphaltness* dan kandungan *maltness* (*resins*, *aromatics*, *saturates*).
2. Sifat fisik, yang ditentukan berdasarkan durabilitasnya (penetrasi, titik lembek, dan daktilitas), adhesi / kohesi, kepekaan terhadap perubahan temperatur dan pengerasan / penuaan.

Menurut Sukirman (1999) aspal sering digunakan sebagai material perkerasan jalan karena berfungsi sebagai :

1. Bahan pengikat, memberikan ikatan yang kuat antara aspal dan agregat dan antara sesama aspal.
2. Bahan pengisi, mengisi rongga antar butir agregat dan pori-pori yang ada di dalam butir agregat itu sendiri.

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

Beton aspal (*asphalt concrete*) adalah jenis perkerasan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal, dengan atau tanpa bahan tambahan. Material-material pembentuk beton aspal dicampur di instansi pencampur pada suhu tertentu, kemudian diangkut ke lokasi, dihamparkan, dan dipadatkan (Sukirman, 2003).

Beton aspal berdasarkan Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum 2010 (Revisi 3), lebih dikenal dengan istilah Lapis Aspal Beton (Laston). Berdasarkan fungsinya dapat diklasifikasikan menjadi :

1. *Asphalt Concrete- Wearing Course (AC-WC)*. *Wearing Course* atau lapis aus merupakan lapis diatas pondasi. AC-WC berfungsi sebagai lapis permukaan yang tahan cuaca, gaya geser dan tekanan roda serta memberikan lapis kedap air yang dapat melindungi lapis dibawahnya dari rembesan air.
2. *Asphalt Concrete- Binder Course (AC-BC)*. *Binder Course* atau lapis pengikat atau lapis antara merupakan lapis transisi antara lapis pondasi dengan lapis permukaan. AC-BC berfungsi sebagai lapis pengikat.
3. *Asphalt Concrete-Base (AC-Base)*. Berfungsi sebagai lapis pondasi jika dipergunakan pada pekerjaan peningkatan atau pemeliharaan jalan.

Setiap jenis campuran AC yang menggunakan aspal dimodifikasi dengan aspal alam disebut masing-masing sebagai *AC-WC Modified*, *AC-BC Modified*, dan *AC-Base Modified*. Bahan penyusun dari AC-WC yaitu aspal dan agregat, dimana agregat ini terdiri atas agregat kasar, agregat halus dan *filler*.

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

1. Stabilitas yaitu kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu-lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur, dan *bleeding*. Kebutuhan akan stabilitas sebanding dengan fungsi jalan, dan beban lalu-lintas

yang akan dilayani. Faktor yang mempengaruhi nilai stabilitas adalah gesekan internal antar butir agregat dan kohesi atau daya ikat aspal yang berasal dari daya lekatnya.

2. Keawetan atau durabilitas yaitu kemampuan beton aspal menerima repetisi beban lalu-lintas seperti berat kendaraan dan gesekan antara roda dan permukaan jalan, serta menahan keausan dari pengaruh cuaca dan iklim. Durabilitas dipengaruhi oleh tebalnya selimut aspal, pori dalam campuran, kepadatan, dan kedekatan terhadap air.
3. Kelenturan atau fleksibilitas yaitu kemampuan beton aspal untuk menyesuaikan diri akibat penurunan dan pergerakan dari pondasi atau tanah dasar tanpa terjadi retak. Fleksibilitas dapat ditingkatkan dengan menggunakan agregat bergradasi terbuka dengan kadar aspal tinggi.
4. Ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*) yaitu kemampuan beton aspal menerima lendutan berulang akibat repetisi beban tanpa terjadi kelelahan berupa alur atau retak.
5. Kekesatan/tahanan geser (*skid resistance*) yaitu kemampuan permukaan beton aspal terutama pada kondisi basah, memberikan daya gesek terhadap roda kendaraan sehingga tidak terjadi gelincir.
6. Kedap air (*impermeabilitas*) yaitu kemampuan beton aspal untuk tidak dimasuki air ataupun udara ke dalam lapisan beton aspal. Air dan udara dapat mengakibatkan percepatan proses penuaan aspal, dan pengelupasan selimut aspal dari permukaan agregat.
7. Mudah dilaksanakan (*workability*) yaitu kemampuan campuran beton aspal untuk mudah dihamparkan dan dipadatkan.

## G. Agregat

Agregat didefinisikan ASTM dalam Sukirman (2003) adalah suatu bahan yang terdiri dari mineral padat, berupa masa berukuran besar atau berupa fragmen-fragmen dan merupakan komponen utama dari lapis perkerasan 90-95% berat, atau 75 – 85% volume. Sehingga daya dukung, keawetan, dan kualitas lapis perkerasan ditentukan oleh sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain.

Sifat-sifat agregat menentukan kualitasnya sebagai material perkerasan jalan, sehingga harus memenuhi :

1. Ukuran butir maksimum dan gradasi

Semua lapisan perkerasan lentur membutuhkan agregat yang terdistribusi dari besar sampai kecil. Semakin besar ukuran maksimum partikel agregat yang digunakan semakin banyak variasi ukuran dari besar sampai kecil yang dibutuhkan. Batasan ukuran maksimum yang digunakan dibatasi oleh tebal lapisan yang diharapkan.

2. Kekuatan dan kekerasan

Agregat dapat mengalami degradasi, yaitu perubahan akibat pecahnya butiran – butiran agregat. Kehancuran agregat dapat disebabkan oleh proses mekanis, seperti gaya – gaya yang terjadi selama proses pelaksanaan perkerasan jalan (penimbunan, penghamparan, pemadatan), pelayanan terhadap beban lalu lintas dan proses kimiawi, seperti pengaruh kelembaban, kepanasan dan perubahan suhu sepanjang hari.

Faktor – faktor yang mempengaruhi tingkat degradasi yang terjadi sangat ditentukan oleh jenis agregat, gradasi campuran, ukuran partikel, bentuk agregat dan besarnya energi yang dialami oleh agregat tersebut.

Daya tahan agregat terhadap beban mekanis diperiksa dengan melakukan pengujian abrasi menggunakan alat abrasi *Los Angeles* sesuai dengan SNI-03-2417-1991. Gaya mekanis pada pemeriksaan dengan alat abrasi *Los Angeles* diperoleh dari bola – bola baja yang dimasukkan bersama dengan agregat yang hendak diuji.

3. Keawetan (*soundness*)

Keawetan adalah kemampuan bahan perkerasan untuk menahan keausan akibat pengaruh cuaca, yaitu air dan perubahan suhu, ataupun keausan akibat dari gesekan roda kendaraan, yang dapat mengakibatkan :

- a. Perubahan pada bahan pengikat (bitumen) dan mengelupasnya selaput bitumen dari agregat dan kehancuran agregat.

- b. Terjadinya oksidasi dan aspal menjadi rapuh.
- c. VMA (*Voids in Mineral Aggregate*) besar sehingga film aspal dapat dibuat tebal.
- d. Faktor yang dapat meningkatkan durabilitas adalah VITM (*Voids in the Mix*) yang kecil sehingga lapisan menjadi kedap air dan udara tidak masuk kedalam campuran.
- e. Jika VMA dan VITM dibuat kecil serta kadar aspal tinggi maka kemungkinan terjadinya *bleeding* cukup besar.
- f. Untuk mengatasinya dengan VMA besar menggunakan agregat bergradasi senjang *film* aspal yang tebal dapat menghasilkan beton aspal yang berdurabilitas tinggi tetapi kemungkinan *bleeding* menjadi besar.

#### 4. Bentuk butiran (*particle shape*)

Bentuk butiran mempengaruhi kestabilan perkerasan. Bentuk butiran menyudut akan mempunyai angka gesek dalam (*internal friction*) yang tinggi dan saling mengunci (*interlocking*) sehingga menambah kestabilan konstruksi lapis keras. Penggunaan agregat yang pipih dan panjang selain mengurangi kestabilan konstruksi juga menimbulkan segregasi selama proses pencampuran.

#### 5. Bentuk dan tekstur permukaan agregat (*surface texture*)

Bentuk dan tekstur mempengaruhi stabilitas dari lapisan perkerasan yang dibentuk oleh agregat tersebut. Partikel agregat dapat berbentuk bulat (*rounded*), lonjong (*elongated*), kubus (*cubical*), pipih (*flaky*) dan tak beraturan (*irregular*). Berdasarkan jenis permukaan, agregat dibedakan atas agregat yang permukaannya kasar (*rough*), agregat yang permukaannya halus (*smooth*), agregat yang permukaannya licin dan mengkilap (*glassy*), dan agregat yang permukaannya berpori (*porous*). Gesekan timbul terutama pada partikel-partikel yang permukaannya kasar seperti amplas. Sudut geser dalam antar partikel bertambah besar dengan semakin bertambah kasarnya permukaan. Selain itu agregat kasar lebih mampu menahan deformasi yang timbul akibat adanya gaya gesek ikatan antara aspal dan agregat. Agregat yang aus akibat pemindahan maupun penyimpanan material tidak layak digunakan karena bentuk dan texturnya menjadi halus.

## 6. Berat jenis

Berat jenis agregat adalah perbandingan antara berat volume agregat dengan berat dari volume air yang sama. Besarnya berat jenis agregat penting dalam perencanaan campuran agregat dengan aspal karena umumnya direncanakan berdasarkan perbandingan berat dan juga untuk menentukan banyak pori. Agregat dengan berat jenis yang kecil mempunyai volume yang besar sehingga dengan berat yang sama membutuhkan jumlah aspal yang lebih banyak. Disamping itu agregat dengan kadar pori besar membutuhkan jumlah aspal yang banyak.

## 7. Porositas

Semua agregat adalah porus. Keporusan agregat menentukan banyaknya zat cair yang diserap oleh agregat. Kemampuan agregat untuk menyerap air (aspal) adalah suatu informasi yang penting yang harus diketahui dalam pembuatan campuran beraspal. Jika daya serap tinggi akan menyebabkan aspal yang berda di permukaan agregat yang berguna untuk mengikat partikel agregat menjadi lebih sedikit sehingga akan menghasilkan *film* aspal yang tipis. Porositas agregat umumnya ditandai dengan jumlah air yang dapat diserap oleh agregat ketika direndam dalam air (Toruan, 2013).

## 8. Kebersihan permukaan

Kebersihan agregat ditentukan oleh banyaknya bahan *impurities* yang ada pada agregat seperti butiran yang lewat saringan no. 200, yaitu adanya lempung, lanau, ataupun adanya tumbuh-tumbuhan pada campuran agregat. Apabila agregat mengandung butiran halus melebihi dari ketentuan, akan menghasilkan beton aspal berkualitas rendah sebagai akibat dari butiran halus tersebut menghalangi ikatan aspal dengan agregat sehingga dapat berakibat nilai stabilitas rendah dan mudah lepasnya ikatan antara aspal dengan agregat. Untuk mengukur kebersihan agregat ini, dilakukan pengujian dengan metode *Sand Equivalent Test*.

## 9. Daya lekat terhadap aspal (afinitas agregat)

Kelekatan agregat terhadap aspal adalah kecenderungan agregat untuk menerima, menyerap dan menahan lapisan aspal. Afinitas agregat adalah

kecenderungan agregat untuk menerima dan menahan penyelimutan aspal. Daya lekat aspal terhadap agregat dipengaruhi oleh sifat agregat terhadap air. Agregat yang bersifat *hydrophobic* tidak mudah diresapi air atau terikat air, tetapi mudah terikat dengan aspal.

## H. Styrofoam

*Styrofoam* merupakan suatu bahan sintetis yang banyak digunakan sebagai bahan pengganjal pada kemasan/pengepakan barang-barang elektronik. Pada umumnya setelah tidak terpakai, *styrofoam* ini dibuang begitu saja ditempat sampah. Penumpukan limbah *styrofoam* di Tempat Pembuangan Akhir akan menimbulkan masalah yang baru, karena limbah ini sulit didaur ulang. *Styrofoam* adalah salah satu jenis polimer plastik yang bersifat termoplastik yang mana jika dipanaskan akan menjadi lunak dan mengeras kembali jika telah dingin. Bila dicampur dengan bensin, *styrofoam* akan melunak dan dapat berfungsi sebagai perekat. Selain itu juga memiliki sifat tahan terhadap asam, basa dan sifat korosif lainnya seperti garam dan memiliki sifat mudah larut dalam *hidrocarbon aromatic* (Giri, 2008).

Melihat adanya beberapa kelebihan yang dimiliki *styrofoam* dan aspal juga terdiri dari senyawa hidrokarbon, diharapkan *styrofoam* dapat digunakan sebagai alternatif bahan tambah pada campuran beton aspal yang dapat meningkatkan daya rekat antara agregat dan aspal sehingga dapat meningkatkan kualitas perkerasan *asphalt concrete*. *Styrofoam* juga memiliki titik leleh yang tinggi sehingga pencampurannya dengan aspal diharapkan dapat meningkatkan titik lembek aspal.

## I. Penggunaan *Styrofoam* sebagai Bahan Campuran dalam Aspal

Studi-studi mengenai perbandingan hasil parameter uji *Asphalt Concrete Wearing Coarse* modifikasi antara lain :

1. Saleh (2014) dalam penelitiannya yang berjudul “Karakteristik Campuran Aspal dengan Substitusi *styrofoam* pada aspal penentrasi 60/70” melakukan penelitian dengan penambahan limbah *styrofoam* untuk meningkatkan kualitas

aspal sebagai bahan pengikat beton aspal. Tujuan penelitiannya adalah untuk mengetahui karakteristik campuran aspal porus dengan substitusi *styrofoam* kedalam aspal penetrasi 60/70. Gradasi agregat yang digunakan adalah gradasi terbuka dengan kadar aspal 4,5%, 5%, 5,5%, 6% dan 6,5% sebelum substitusi *styrofoam*. Selanjutnya dilakukan pengujian dan perhitungan parameter *Marshall*, *Cantabo Loss (CL)*, dan *Asphalt Flow Down (AFD)* untuk mendapatkan KAO. Setelah KAO diperoleh, dibuat benda uji pada KAO dan variasi  $\pm 0,5$  dari nilai KAO dengan variasi substitusi *styrofoam* 5%, 7% dan 9%. Uji permeabelitas dan durabilitas pada kadar aspal terbaik. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh KAO sebesar 5,76% dan kadar aspal terbaik pada 6,26% dengan substitusi *styrofoam* 9%, dimana semua parameternya telah memenuhi spesifikasi yang ditentukan kecuali nilai stabilitas yang hanya 495,92 kg atau sedikit dibawah spesifikasi yang disyaratkan *Australian Asphalt Pavement Association* (1997) untuk lalu lintas sedang yaitu minimum 500 kg.

2. Asaryanti (2016) dalam penelitiannya yang berjudul “Pengaruh Limbah Padat *Styrofoam* dengan Variasi 0%, 2%, 4%, dan 6% pada Campuran AC-WC Ditinjau dari Karakteristik *Marshall*” melakukan penelitian dengan penambahan limbah *styrofoam* untuk meningkatkan kualitas aspal sebagai bahan pengikat beton aspal. Tujuan penelitiannya adalah untuk mengetahui kinerja campuran aspal dan *styrofoam* dengan metode *Marshall*. Aspal yang digunakan adalah penetrasi 60/70. Gradasi agregat yang digunakan adalah gradasi menerus dengan kadar aspal 5%, 5,5%, 6%, 6,5% dan 7%. Nilai KAO yang diperoleh adalah 6%. Dibuat benda uji pada KAO dengan variasi penambahan *styrofoam* 0%, 2%, 4%, dan 6%. Dari pengujian diperoleh hasil perubahan karakteristik *Marshall* yaitu nilai stabilitas semakin meningkat dengan bertambahnya kadar *styrofoam* dan memenuhi persyaratan minimal untuk stabilitas sebesar 1000 kg. Nilai kelelahan tertinggi 3,9 mm untuk kadar 0%, dan terendah adalah 2,46 untuk kadar 6%. VITM mengalami penurunan sebanding dengan penambahan kadar *styrofoam* pada kadar 6% diperoleh VITM 3,375%. Nilai VMA pada 0% kadar *styrofoam* sebesar 17,904, pada 2% kadar *styrofoam*, menjadi sebesar 17,706% dan untuk *styrofoam* 4% nilai VMA 17,52% dan kadar *styrofoam* 6% dengan nilai VMA sebesar 16,99%. Nilai

VFWA pada campuran dengan kadar *styrofoam* 0% sebesar 75,203%, pada 2% sebesar 76,227%, pada 4% sebesar 77,186% dan pada 6% sebesar 80,133%. Nilai MQ tertinggi terjadi pada campuran menggunakan 6% *styrofoam* sebesar 734,085 kg/mm, 4% *styrofoam* sebesar 510,302 kg/mm, 2% *styrofoam* sebesar 500,763 kg/mm dan untuk 0% *styrofoam* sebesar 405,246 kg/mm.

3. Soandrijanie (2011) dalam penelitiannya yang berjudul “Pengaruh *Styrofoam* terhadap Stabilitas dan Nilai *Marshall* Beton Aspal” melakukan penelitian dengan menggunakan kadar *styrofoam* 0%, 0,01%, 0,015%, 0,02%, 0,025% dan kadar aspal 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, 7% untuk mengetahui karakteristik *Marshall* berdasarkan spesifikasi Bina Marga 1987. Tujuan penelitiannya adalah untuk meningkatkan kualitas beton aspal sekaligus dapat mengurangi jumlah timbunan sampah. Hasil penelitian menunjukkan penambahan kadar *styrofoam* seiring dengan penambahan kadar aspal dapat menurunkan nilai stabilitas, sedangkan nilai *Marshall* mencapai optimal pada kadar aspal 6%. Campuran yang memenuhi syarat adalah komposisi *styrofoam* 0,01% dengan kadar aspal 5%.