

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

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

Perkerasan jalan adalah suatu lapisan yang terletak diatas tanah dasar, yang telah mengalami pemadatan dan mempunyai fungsi untuk mendukung lalu lintas. Beban lalu lintas kemudian disebarkan ke badan jalan, sehingga tanah dasar tidak menerima beban yang lebih besar dari pada daya dukung tanah dasar yang diijinkan. 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 aspal sebagai bahan pengikat. Struktur perkerasan lentur dikonstruksi baik untuk jalan yang melayani beban lalu lintas ringan sampai sedang, seperti jalan perkotaan, jalan dengan *sytem utilitas* terletak dibawah perkerasan jalan, perkerasan bahu jalan, atau perkerasan dengan konstruksi bertahap.

Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapis permukaan, lapis pondasi atas, lapis pondasi bawah dan tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkannya ke

lapisan di bawahnya. Muatan yang terjadi pada setiap lapisan berbeda-beda dan semakin kebawah semakin kecil dikarenakan adanya sifat penyebaran gaya. Lapisan permukaan harus mampu menerima seluruh jenis gaya yang bekerja, oleh karena itu terdapat perbedaan syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh masing-masing lapisan. Adapun jenis Lapis perkerasaan yang tersusun yaitu sebagai berikut:

#### 1. Lapis Permukaan (*Surface Course*)

Lapis Permukaan (*Surface Course*) adalah lapisan perkerasaan yang paling atas dan lapisan yang bersentuhan langsung dengan beban roda kendaraan. Selain memiliki stabilitas yang tinggi dan kedap air, lapis permukaan ini dapat menambah daya tahan perkerasaan terhadap penurunan mutu, sehingga secara keseluruhan menambah masa pelayanan dari konstruksi perkerasaan. Lapis permukaan ini memiliki fungsi utama sebagai berikut :

- a. Lapis perkerasaan penahan beban roda, lapisan mempunyai stabilitas tinggi untuk menahan beban roda selama masa pelayanan.
- b. Lapis aus (*wearing course*), lapisan yang langsung menderita gesekan akibat rem kendaraan sehingga mudah menjadi aus.
- c. Lapis kedap air, sehingga air hujan yang jatuh di atas lapis permukaan tidak meresap ke lapis dibawahnya yang berakibat rusaknya struktur perkerasaan jalan dan air mengalir ke saluran disamping jalan.
- d. Lapis yang menyebarkan beban ke lapisan bawah, Sehingga dapat dipikul oleh lapisan lain yang punya daya dukung lebih jelek.

#### 2. Lapis Pondasi Atas (*Base Course*)

Lapis Pondasi Atas (*Base Course*) adalah lapisan perkerasaan yang terletak antara lapis pondasi bawah dan permukaan. Karena tepat dibawah permukaan perkerasaan, maka lapis ini menerima pembebanan yang berat. Material yang digunakan untuk lapisan ini diharuskan material dengan kualitas yang tinggi sehingga kuat untuk menahan beban yang direncanakan.

Lapisan Pondasi Atas berfungsi sebagai berikut :

- a. Bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda dalam menyebarkan beban ke lapisan bawahnya.
- b. Pemikul beban vertikal dan horizontal
- c. Bantalan terhadap lapisan permukaan
- d. Lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawah

Syarat-syarat untuk material pondasi atas antar lain :

- a. Mutu bahan harus sebaik mungkin dimana tidak mengandung kotoran lumpur, besi tajam dan kaku
- b. Susunan gradasi harus merupakan susunan yang rapat, artinya butiran batuan harus mempunyai susunan gradasi yang saling mengisi antara butiran agregat kasar, agregat sedang, dan agregat halus sehingga rongga semakin kecil.
- c. Material yang digunakan untuk lapisan pondasi atas haruslah awet dan kuat dan untuk lapis pondasi atas tanpa bahan pengikat umumnya menggunakan material dengan CBR  $> 50\%$  dari indeks plastisitas (PI)  $< 4\%$ .

### 3. Lapis Pondasi Bawah (*Subbase Course*)

Lapis Pondasi Bawah (*Subbase Course*) adalah bagian perkerasan yang terletak antara perkerasan atas dan tanah dasar. Dengan demikian jenis Lapisan ini merupakan pondasi yang mendukung perkerasan atas dan lapisan permukaan. Fungsi *Subbase Course* adalah :

- a. Sebagai bagian dari konstruksi perkerasan yang menyebarkan beban-beban roda ke tanah dasar.
- b. Untuk mencegah partikel-partikel halus dari tanah dasar naik ke lapis pondasi atas.
- c. Sebagai lapis peresapan agar air tanah tidak mengumpul pada pondasi maupun tanah dasar.
- d. Untuk memudahkan pekerjaan awal atau membuat jalan sementara.

Material yang digunakan untuk lapisan pondasi bawah mempunyai CBR 20 % dan Plastisitas Indeks (PI)  $\leq$  10 %. Biasanya di Indonesia lapisan ini memakai lapisan pasir dan batu (Sirtu) kelas A, B atau kelas C atau tanah lempung / kepasiran. Selain itu juga dapat pula digunakan stabilitas agregat atau tanah dengan semen atau kapur.

#### 4. Tanah Dasar (*Subgrade*)

Tanah dasar adalah permukaan galian tanah yang berasal dari lokasi itu sendiri atau didekatnya, yang telah dipadatkan sampai tingkat kepadatan tertentu sehingga mempunyai daya dukung yang baik serta berkemampuan mempertahankan perubahan volume selama masa pelayanan, walaupun terdapat perbedaan kondisi lingkungan dan jenis tanah setempat. Tanah dasar merupakan dasar untuk peletakan bagian-bagian perkerasan yang lainnya. Kekuatan dan keawetan dari konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung dari sifat dan daya dukung tanah dasar. Sehingga tanah dasar ini menentukan tebal tipisnya lapisan tanah di atasnya. Untuk menentukan kekuatan tanah dasar biasanya dipakai cara CBR (*California Bearing Ratio*). Sistem klasifikasi yang umum dipakai pada jalan raya adalah UNIFIED dan AASTHO system, sedang untuk lapangan terbang digunakan FAA system.

Kekuatan dan keawetan konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung dari sifat-sifat daya dukung tanah dasar. Masalah-masalah yang sering ditemui menyangkut tanah dasar adalah sebagai berikut :

- a. Perubahan bentuk tetap (deformasi permanen) akibat beban lalu lintas.
- b. Sifat mengembang dan menyusutnya tanah akibat perubahan kadar air
- c. Daya dukung tanah yang tidak merata akibat adanya perbedaan sifat-sifat tanah pada lokasi yang berdekatan atau akibat kesalahan pelaksanaan yang mengakibatkan kepadatan yang kurang baik

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

*Asphalt Concrete* adalah campuran bergradasi menerus dari mineral agregat, pengisi dan bahan aspal yang membentuk struktur saling kunci. Struktur saling kunci antar agregat ini adalah penyumbang utama terhadap kekuatan dan kinerja dari bahan digunakan (Laitinen 1998)

*Asphalt concrete* berdasarkan Bina Marga Kementrian Pekerjaan Umum 2010 (Revisi 3), lebih dikenal dengan istilah Lapis Aspal Beton (Laston). Berdasarkan fungsinya, aspal beton atau *Asphalt concrete* 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-BC)*. 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*.

### D. Aspal

Aspal didefinisikan sebagai material berwarna hitam atau coklat tua, pada temperatur ruang terbentuk padat sampai agak padat, dimana jika dipanaskan maka aspal dapat masuk kedalam pori-pori agregat ataupun pada perkerasan macadam (Sifat termoplastis). Sebagai salah satu material kontruksi perkerasan lentur, aspal merupakan salah satu komponen kecil, umumnya hanya 4-10% berdasarkan berat atau 10-15% berdasarkan berat volume, tetapi merupakan komponen yang relatif mahal. (Sukirman,S., 2003)

Aspal pada lapis keras jalan berfungsi sebagai bahan ikat antara agregat untuk membentuk campuran yang kompak, sehingga akan membentuk kekuatan yang lebih besar dari masing-masing agregat. Aspal adalah bahan yang padat sampai semi padat dalam suhu ruang. Aspal mempunyai sifat *adhesiv* yang kuat, kedap air, awet terhadap serangan asam, alkali, dan garam. Kerbs dan Walker (1971) menyatakan bahwa aspal keras adalah aspal yang digunakan dalam keadaan cair apabila dipanaskan pada suhu tertentu dan pada temperatur 25°C - 30 °C berbentuk padat.

Aspal terbuat dari minyak mentah, melalui proses penyulingan atau dapat ditemukan dalam kandungan alam sebagai bagian dari komponen alam yang ditemukan bersama-sama material lain. Aspal dapat pula diartikan sebagai bahan pengikat pada campuran beraspal yang terbentuk dari senyawa-senyawa kompleks seperti Asphaltene, Resins dan Oils. Aspal mempunyai sifat visco-elastis dan tergantung dari waktu pembebanan. ( Sukirman 1999)

Dalam campuran berbahan pengikat aspal, selain agregat, sifat aspal sangat menentukan kinerja dari campuran tersebut. Sifat-sifat aspal yang perlu mendapat perhatian adalah sebagai berikut :

1. Sifat kimia, ditentukan berdasarkan kandungan *asphaltness* dan kandungan *malthness (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 :

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

## E. Agregat

Agregat atau batuan didefinisikan secara umum sebagai formasi kulit bumi yang keras dan *solid*. ASTM (1974) mendefinisikan batuan sebagai suatu bahan yang terdiri dari mineral padat, berupa masa berukuran besar ataupun berupa fragmen-fragmen.

Agregat merupakan komponen utama dari lapisan perkerasan jalan yang mengandung 90% - 95% agregat berdasarkan persentase berat atau 75% - 85% agregat berdasarkan persentase volume. Dengan demikian, daya dukung, keawetan, dan mutu perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain. (Sukirman 1999)

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

a. 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.

b. Kekuatan dan kekerasan

Agregat dapat mengalami degradasi, yaitu perubahan degradasi 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.

c. 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 :

- 1) Perubahan pada bahan pengikat (bitumen) dan mengelupasnya selaput bitumen dari agregat dan kehancuran agregat
- 2) Faktor yang dapat mempengaruhi durabilitas adalah VITM (Voids in Mix) kecil sehingga lapisan menjadi kedap air dan udara tidak masuk kedalam campuran
- 3) Terjadinya oksidasi dan aspal menjadi rapuh
- 4) VMA (Voids in Mineral Aggregate) besar sehingga film aspal dapat dibuat tebal
- 5) Jika VMA dan VITM dibuat kecil serta kadar aspal tinggi maka kemungkinan terjadinya bleeding cukup besar
- 6) Untuk mengatasinya dengan VMA besar menggunakan agregat bergradasi senjang film aspal yang tebal dapat menghasilkan beton aspal yang berdurabilitas tinggi tetapi kemungkinan terjadinya bleeding menjadi besar.

d. Bentuk butiran (*Particle shape*)

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.



e. 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 ampelas. Sudut geser dalam antar partikel bertambah besar dengan semakin bertambah kasarnya permukaan. Selain itu agregat kasar lebih mampu menahan deformasi yang timbul dan agregat dengan ikatan antara aspal

f. 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.

g. 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 L. Armin 2013)

h. 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 tumubuh-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.

i. 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 berupa *diroit*, *andesit* merupakan *hydro pobic* yaitu agregat yang mudah diresapi air, hal ini mengakibatkan agregat tersebut tak mudah terikat air, tetapi mudah terikat dengan aspal.

## F. Styrofoam

*Styrofoam* merupakan suatu bahan sintetis yang lebih dikenal dengan nama gabus putih. *Styrofoam* 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* (Dharma 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*.

### **G. Desain Campuran Metode *Marshall***

Konsep metode *Marshall* untuk rancangan campuran perkerasan dirumuskan oleh Bruce Marshall dan kemudian dikembangkan oleh *The US Army Corp Enginee*. (Lavin, 2003) melanjutkan penelitian dengan intensif dan mempelajari hal-hal yang ada kaitannya, meningkatkan dan menambah kelengkapan pada prosedur pengujian *Marshall* dan akhirnya mengembangkan rancangan campuran pengujian ini, yang telah distandarisasikan di dalam ASTM D-1559. Dua sifat yang diperoleh dengan metode *Marshall* adalah stabilitas (*stability*) dan kelelahan (*flow*) . Perbandingan antara stabilitas dan kelelahan dikenal dengan *Marshall Quotient* (MQ) dan juga akan diperoleh kepadatan (*density*), analisis rongga (*voids analysis*) yang dilakukan dengan pengukuran terhadap benda uji dan menghasilkan parameter kepadatan (*density*), *Void Mineral Aggregate* (VMA), *Void in The Mix Aggregate* (VITM), dan *Voids Filled with Asphalt* (VFWA).

### **H. Penggunaan *Styrofoam* Sebagai Bahan Campuran dalam Aspal**

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

1. Sofyan M. 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. Dalam tujuan penelitiannya adalah untuk mengetahui karakteristik campuran aspal porous 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 permeabilitas 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. Hesty Aquina (2014) dalam penelitiannya yang berjudul “ Pengaruh Substitusi *styrofoam* kedalam aspal penetrasi 60/70 terhadap karakteristik campuran aspal” memodifikasi sifat fisik dan kimia aspal dengan material tambahan, diantaranya dengan material tambahan yaitu *styrofoam* dan untuk material lainnya yaitu aspal penetrasi 60/70 dan agregat. Untuk penentuan kadar aspal optimum (KAO) berdasarkan metode Australia dengan parameter nilai *Cantabro loss (CL)*, *Asphalt Flow Down (AFD)* dan *Void in mix (VITM)*. Gradasi mengikuti gradasi terbuka dengan kadar aspal 4,5%, 5%, 5,5%, 6% dan 6,5% tanpa variasi penggunaan *styrofoam*. Selanjutnya dilakukan pengujian dan perhitungan Marshall, CL dan 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 permeabilitas dan durabilitas pada kadar aspal terbaik. Berdasarkan penelitian diperoleh KAO sebesar 5,76% dan kadar aspal terbaik pada 6,26% dengan substitusi *styrofoam* 9%, dimana semua parameter nya telah memenuhi

spesifikasi yang ditentukan kecuali nilai stabilitas yang belum memenuhi yang disyaratkan *Australian Asphalt Pavement Association* (1997) untuk lalu lintas sedang yaitu minimum 500 kg.

Stabilitas tertinggi diperoleh pada kadar aspal terbaik yaitu sebesar 492,92 kg. Untuk kadar rongga dalam campuran (VITM) turun dengan perubahan yang relatif kecil (berkisar 13,79%-10,06%). Pada kadar aspal terbaik diperoleh nilai CL sebesar 15,27%, nilai AFD sebesar 0,23%, permeabilitas diperoleh sebesar 0,1447 cm/detik dan nilai durabilitas  $\leq 90\%$  yaitu sebesar 80,613%.