

## PEMANFAATAN STYROFOAM SEBAGAI BAHAN PERKERASAN BERASPAL

oleh :  
Agus Kurnia dan Jonbi

### Abstrak

Ketahanan perkerasan beton aspal terhadap beban lalu lintas dan temperatur sangat tergantung pada kualitas aspal sebagai pengikat dan kualitas agregat pembentuk campuran. Banyak usaha yang telah dilakukan untuk meningkatkan kualitas campuran beton aspal, salah satunya adalah penggunaan bahan tambah pada aspal. Pada penelitian ini, bahan tambah yang digunakan untuk melihat perubahan karakteristik aspal adalah material Styrofoam. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui karakteristik-karakteristik fisik aspal sebagai bahan pengikat yang ditambahkan Styrofoam. Penelitian telah dilakukan dengan mengambil skenario kadar Styrofoam adalah 0,5%, 1%, 1,5%, 2%, dan 2,5%. Pemeriksaan karakteristik Marshall meliputi Stability, Flow, Asphalt Content, VFA, VMA, Bulk Density, Marshall Questin, dan Return Marshall/sisa stabilitas marshal. Hasil penelitian ini mendapatkan bahwa parameter Marshall cenderung turun seiring bertambahnya kadar ii Styrofoam. Sementara nilai kelelahan cenderung meningkat seiring pertambahannya Styrofoam dalam aspal.

**Kata kunci:** Styrofoam, bahan pengikat aspal, bahan tambahan

### ABSTRACT

*Durability of asphalt concrete pavement to traffic load and temperature is very dependent on the quality of asphalt as a binder and the aggregate quality of mixture formation. Many efforts have been made to improve the quality of asphalt concrete mixtures, one of them is the use of substances added to the asphalt. In the study, the added materials that are used to seeing the changes the material characteristics of the asphalt is Styrofoam. The purpose of this research is to know the characteristics of the asphalt as a binder is added Styrofoam. Research has been done by taking a percentage of Styrofoam scenario are 0,5%, 1%, 1,5%, 2%, and 2,5%. Testing characteristics include the value of Stability, Flow, Asphalt Content, VFA, VMA, Bulk Density, Marshall Questin, and Return Marshall. The results of this study found that the parameter of marshall tend to decreases as the increasing levels of Styrofoam. While the flow value tend to increase as the increasing levels of Styrofoam in the asphalt.*

**Keywords:** Styrofoam, bitumen binder, additive material.

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang Masalah

Kemajuan teknologi di berbagai bidang kehidupan manusia dewasa ini telah mendorong perkembangan pengguna otomotif secara signifikan, sejalan dengan turut naiknya angka pertumbuhan penduduk. Kondisi tersebut menjadi tantangan tersendiri bagi pemerintah untuk menghadirkan fasilitas umum yang memadai, utamanya di daerah perkotaan sebagai jantung strategis aktivitas ekonomi dan sosial. Tuntutan kebutuhan ini juga ditekan oleh besarnya arus urbanisasi yang tercermin dari semakin banyaknya masyarakat yang tertarik untuk tinggal dan bekerja di perkotaan. Prasarana transportasi massal yang mampu melayani perpindahan massa dengan cepat dan nyaman sangat dibutuhkan kehadirannya di kota-kota besar. Pengoperasian beberapa ruas jalan tol baru di daerah-daerah yang sebelumnya tak terkoneksi dalam beberapa tahun terakhir, merupakan salah satu bukti pemenuhan kebutuhan tersebut. Namun kemajuan tersebut tidak hadir tanpa cela, jika melihat pada belum maksimalnya kondisi perkerasan struktur jalan di mana dengan mata telanjang pun masih terlihat kerusakan yang cukup signifikan sepanjang ruas – ruas jalan tol yang sudah dan sedang dioperasikan. Sebagai upaya pemeliharaan dan perbaikan perkerasan jalan-jalan, beberapa alternatif solusi telah dilakukan antara lain dengan pelapisan ulang dan perbaikan menggunakan campuran aspal dengan zat tambahan (seperti zat kimia) untuk meningkatkan kualitas

material jalan. Namun stagnansi perubahan yang terjadi sejauh ini memerlukan penelitian lebih lanjut terkait dengan material tambahan yang dapat meningkatkan mutu perkerasan jalan secara lebih efektif dan efisien. Pembangunan sarana prasarana transportasi jalan merupakan bagian yang sangat penting dalam pembangunan suatu wilayah. Jalan merupakan prasarana publik yang memiliki nilai strategis dan sudah seharusnya diletakkan pada posisi yang setara dengan prasarana strategis lain dalam perencanaan transportasi secara global. Di era desentralisasi, prasarana jalan biasanya berfungsi sebagai perekat kebutuhan bangsa dan negara dalam segala aspek. Pembangunan prasarana transportasi jalan dalam rangka meningkatkan pelayanan jasa transportasi harus dilakukan demi tercapainya tujuan kualitas jalan yang efisien, handal, berkualitas, aman, harga terjangkau, dan terkoneksi dengan pembangunan wilayah. Disamping itu, pembangunan prasarana jalan juga menjadi bagian dari suatu sistem distribusi yang mampu memberikan pelayanan dan manfaat bagi masyarakat luas, dan menghubungkan satu desa dengan lainnya secara memadai. Salah satu upaya menunjang pembangunan transportasi jalan tersebut, pemerintah telah mengeluarkan kebijakan mengenai rencana umum jaringan jalan nasional melalui keputusan Menteri Pekerjaan Umum Nomor: 369/KPTS/M/2005, tentang Rencana Umum Jaringan Jalan Nasional. Disebutkan bahwa rencana umum jaringan jalan nasional terdiri dari jaringan jalan nasional bukan

jalan tol dan jaringan jalan-jalan tol. Pembangunan jaringan jalan ini memiliki nilai ekonomi, nilai sosial dan nilai strategis yang menjadi segitiga nilai yang sangat dipertimbangkan dalam prosesnya. 3 Pembangunan jalan tol sangat diperlukan, terutama pada wilayah-wilayah yang telah tinggi tingkat perkembangannya. Penyelenggaraan jalan tol sebagai sarana publik dapat mewujudkan pemerataan pembangunan, menghadirkan keseimbangan dalam pembangunan wilayah, dan mewujudkan manifestasi baik dari pengelolaan dana pengguna jalan sebagai bagian yang tak terpisahkan.

#### **Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilakukan di laboratorium bahan jalan PT. JMTM Karawang Barat, dengan materi pengujian:

1. Melakukan persiapan pengujian analisa jaringan, berat jenis material agregat kasar dan perhitungan komposisi campuran.
2. Melakukan persiapan pembuatan benda uji Marshall untuk mendapatkan kadar aspal optimum tanpa penambahan bahan kimia.
3. Melakukan persiapan benda uji Marshall
4. Mengamati dan menganalisa perubahan sisa stabilitas dalam perendaman dengan temperature 60°C dengan variasi waktu 24 jam, 48 jam dan 72 jam.
5. Waktu penelitiannya dilakukan sebanyak 3x1 minggu dalam kurun waktu 1 bulan.

#### **Identifikasi Masalah**

Parameter yang dihasilkan dari pengujian Marshall ini antara lain:

1. Stabilitas atau kekuatan
2. Flow atau kelelahan
3. Density atau kepadatan
4. Rongga terisi aspal atau VFA
5. Rongga dalam campuran VIM f. Rongga di antara mineral agregate
6. Kadar aspal optimum
7. Stabilitas sisa Marshall 24 jam, 48 jam dan 72 jam
8. Pengujian cantabro untuk mengetahui kelekatan agregat terhadap keausan

#### **Pembatasan Masalah**

1. Menentukan kadar aspal optimum dengan metode Marshall
2. Uji Marshal standar dengan 2x75 tumbukan tanpa menggunakan bahan filler Styrofoam
3. Uji Marshal standar dengan 2x75 tumbukan dengan menggunakan bahan tambah filler Styrofoam
4. Uji durabilitas modifikasi dengan lama perendaman 24 jam, 48 jam dan 72 jam pada kadar optimum.

#### **Perumusan Masalah**

Di dalam laporan penelitian ini dilakukan dengan bertahap yaitu terdiri atas

1. Bagaimana menentukan sisa stabilitas Marshall campuran Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) tanpa filler Styrofoam biasa dengan perendaman 24 jam, 48 jam dan 72 jam direndam dengan suhu 60° C ?
2. Bagaimana menentukan sisa stabilitas Marshall campuran AC-WC dan Styrofoam dengan perendaman 24 jam, 48 jam dan 72 jam dengan suhu 60° C.

3. Bagaimana Menentukan nilai ketahanan kelekatan agregate dan aspal terhadap keausan.

### Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini antara lain untuk:

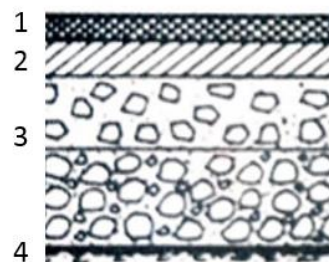
1. Menentukan sisa stabilitas Marshall campuran Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) tanpa filler Styrofoam biasa dengan perendaman 24 jam, 48 jam dan 72 jam direndam dengan suhu 60° C
2. Menentukan sisa stabilitas Marshall campuran AC-WC dan Styrofoam dengan perendaman 24 jam, 48 jam dan 72 jam dengan suhu 60° C.
3. Menentukan nilai ketahanan kelekatan agregate dan aspal terhadap keausan.

## LANDASAN TEORI

### Perkerasan Lentur

Perkerasan lentur adalah struktur perkerasan yang sangat banyak digunakan di Indonesia dibandingkan dengan dengan struktur perkerasan kaku. Hal ini dikarenakan lebih banyaknya tenaga pelaksana yang ahli dalam pembuatan konstruksi ini. Perkerasan lentur yang ideal harus terpelihara dengan baik, dari badan jalan sampai bahu dan saluran samping jalan harus terpelihara dengan baik. Semua bahan yang digunakan harus tahan lama agar struktur perkerasan ini berfungsi untuk waktu yang sangat lama. Lapisan permukaan dari struktur perkerasan ini merupakan campuran agregat yang bergradasi rapat dengan aspal atau disebut juga campuran beraspal. Kedua bahan ini dicampur dalam keadaan panas (hot mix) yang dihampar serta dipadatkan dalam

keadaan panas. Lapisan permukaan harus kedap air, dengan tampilan permukaan yang rata namun kelihatan kasar. Perkerasan lentur terdiri dari 3 lapisan utama, yaitu: lapis permukaan (surface course), lapis pondasi (base course), dan lapis pondasi bawah (subbase course). Ketebalan ketiga lapisan ini yang menjadi kekuatan dari perkerasan lentur.



Gambar 2.1. Struktur Lapisan Jalan

1. Lapisan permukaan
2. Lapisan permukaan atas
3. Lapisan permukaan bawah
4. Lapisan permukaan dasar

### Bahan Campuran Beton Aspal

Campuran aspal adalah kombinasi material bitumen dengan agregat yang merupakan permukaan perkerasan yang biasa dipergunakan akhir-akhir ini. Material aspal dipergunakan untuk semua jenis aspal jalan raya dan menggunakan salah satu bagian dari lapisan beton aspal jalan raya satu hingga di bawahnya. Material bitumen adalah hidrokarbon yang dapat larut dalam karbon disulfat. Material tersebut biasanya dalam keadaan baik pada suhu normal dan apabila terjadi pemanasan akan melunakkan atau berkurang kepadatannya. Ketika terjadi percampuran antara agregat bitumen yang kemudian dalam keadaan dingin, campuran tersebut akan mengeras dan akan mengikat agregat secara bersamaan dan

membentuk suatu lapis permukaan perkerasan (Harold N. Atkins, PE. 1997).

## **Material**

### **1. Agregat**

Agregat adalah sekumpulan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lainnya berupa hasil alam atau buatan (Departemen Pekerjaan Umum – Direktorat Jendral Bina Marga, 1998). Agregat adalah partikel mineral yang dikombinasi dengan berbagai macam material lain seperti bahan material semen untuk berbagai macam tujuan penggunaan seperti dalam pembentukan beton, lapis pondasi jalan, material pengisi dan lain-lain (Harold N. Atkins, PE. 1997). Sedangkan secara umum agregat didefinisikan sebagai formasi kulit bumi yang keras dan padat (Silvia Sukirman, 2003). Dari beberapa pendapat di atas, dapat diartikan bahwa agregat sebagai suatu kumpulan butiran batuan yang berukuran tertentu, yang diperoleh dari hasil alam langsung, pemecahan batu besar, atau sengaja dibuat untuk tujuan tertentu. Seringkali agregat diartikan pula sebagai suatu bahan yang bersifat keras dan kaku yang digunakan sebagai bahan pengisi campuran. Agregat dapat berupa butiran berbagai jenis butiran atau pecahan batuan, antara lain: pasir, kerikil, agregat pecah, abu/debu, dan lain-lain. Adapun sifat-sifat yang penting dari agregat yang dapat mempengaruhi kinerja perkerasan aspal adalah a) Gradasi dan bentuk butiran, b) Kekerasan, c) Tekstur Permukaan, d) Kebersihan, e) Penyerapan, f) Adhesi, dan g) Tahan lincir / kekesatan. Metode Sieve Analysis diperlukan untuk

membedakan agregat kasar dan halus dalam formulasi desain campuran.

### **2. Styrofoam**

Styrofoam adalah bahan atau material yang ditambahkan ke dalam aspal untuk memperkuat kelekatan antara aspal dan agregat, Dengan demikian dapat menghasilkan permukaan daya lekat tinggi. Styrofoam merupakan bahan kimia yang sangat sensitif. Selain harganya yang relatif murah, penambahan jumlahnya terhadap campuran beraspal sangat sedikit sekali tetapi dapat menghasilkan stabilitas yang cukup baik. Styrofoam merupakan sejenis plastic yang terbuat dari 90%-95% polistirena dan 5%-10% gas seperti n-butana atau n-petana, yang banyak digunakan sebagai pelindung dan peahen getaran barang-barang seperti elektronik. Penggunaan limbah sebagai bahan tambah alternative sangat menguntungkan bagi lingkungan terutama penggunaan limbah yang sangat sulit terurai seperti Styrofoam. Soandrijanie (2011) melakukan penelitian tentang penambahan Styrofoam pada aspal beton (lataston) yang mana Styrofoam divariasikan menjadi 0%, 0,01%, 0,015%, 0,02%, 0,025% dengan kadar aspal 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, dan 7%. Tetapi dari hasil pengujian Marshall tidak menggembirakan, penambahan kadar Styrofoam seiring dengan penambahan kadar aspal dapat menurunkan nilai stabilitas, dan nilai Marshall mencapai optimal pada kadar aspal 6%. Campuran yang memenuhi syarat adalah komposisi Styrofoam 0,01% dengan kadar aspal 5%. Tetapi hasil penelitian Mashuri dan Batti (2011) menunjukkan kebaikan penggunaan Styrofoam.

Dia menyatakan, Styrofoam memiliki kekuatan tarik sehingga dapat bekerja sebagai serat yang dapat meningkatkan kemampuan kekuatan khususnya elastisitas aspal. Saleh, dkk (2014) telah meneliti penggunaan Styrofoam pada perkerasan aspal porus. Berdasarkan hasil penelitiannya pada kadar aspal 6,25% dengan substitusi Styrofoam 9% semua parameternya telah memenuhi spesifikasi kecuali nilai stabilitas yang hanya 495,92 kg atau sedikit di bawah spesifikasi yang disyaratkan Australian Asphalt Pavement Association (1997) untuk lalu lintas sedang yaitu minimum 500 kg. Sehingga penelitian penggunaan Styrofoam dilanjutkan untuk jenis perkerasan AC-WC sehingga di samping menghasilkan perkerasan yang lebih stabil, juga dapat menjaga lingkungan dengan mengurangi jumlah limbah Styrofoam. Adapun manfaat dari Styrofoam adalah:

- Adhesion atau proses terciptanya chemical bond antarlapisan
- Meningkatkan ketahanan aspal terhadap air
- Meningkatkan pelapisan aspal dengan agregat dalam keadaan basah
- Meningkatkan ikatan atau bonding
- Memperpanjang umur jalan dan anti penuaan

### 3. Aspal

Aspal adalah material semen hitam, padat atau setengah padat dalam konsistensinya di mana unsur pokok yang menonjol adalah bitumen yang terjadi secara alami atau yang dihasilkan dengan penyulingan minyak (petroleum). Aspal petroleum dan aspal liquid adalah material yang sangat penting. Aspal merupakan sistem koloida yang rumit dari material hydrocarbon yang terbuat dari Asphaltenes, resin dan

oil. Material aspal berwarna coklat tua hingga hitam dan bersifat melekat, berbentuk padat atau semi padat dari yang didapat dari alam dengan penyulingan minyak (Krebs, RD & Walker, RD, 1971). Aspal dibuat dari minyak mentah (crude oil) dan secara umum berasal dari sisa organisme laut dan sisa tumbuhan laut dari masa lampau yang tertimbun oleh pecahan batu-batuan. Setelah berjuta-juta tahun lamanya, material organik dan lumpur terakumulasi dalam lapisan-lapisan setebal ratusan meter, di mana beban teratas menekan lapisan di bawahnya, dan lapisan terbawah menjadi batuan 12 sedimen. Sedimen tersebut yang lama kelamaan menjadi atau terproses menjadi minyak mentah senyawa dasar hydrocarbon. Aspal biasanya terproses dari destilasi minyak mentah tersebut, namun aspal ditemukan sebagai bahan alam (misal: asbuton) di mana sering juga disebut mineral (Shell Bitumen, 1990). Menurut Tonase dalam The Aspalt Institute Supervave (1999) Series No.1 (SP-1), produksi aspal bertambah terus mulai dari 3 juta ton di tahun 1926 meningkatkan menjadi 8 juta ton pada tahun 1946. Terjadi peningkatan secara dratis pada tahun 1964 sebanyak 24 juta ton.

### Karakteristik Beton Aspal

Menurut Silvia Sukirman (2003), terdapat tujuh karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh beton aspal, yaitu

1. stabilitas,
2. keawetan,
3. kelenturan atau fleksibilitas,
4. ketahanan terhadap kelelahan (fatigue resistance),

5. kekesatan permukaan atau ketahanan geser,
6. kedap air dan
7. kemudahan pelaksanaan (workability).

#### ***Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)***

Beton aspal adalah jenis perkerasan jalan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal dengan atau tanpa bahan tambahan. Material-material pembentuk beton aspal diinstalasi pencampur pada suhu tertentu, kemudian diangkut ke lokasi, dihamparkan dan dipadatkan. Suhu pencampuran ditentukan berdasarkan jenis aspal yang akan digunakan. Jika semen aspal, maka pencampuran umum Laston tersebut mestinya antara 145-155°C, sehingga disebut beton aspal campuran panas. Campuran ini dikenal dengan istilah *hotmix*. (Silvia Sukirman, 2003). Material utama penyusun suatu campuran aspal sebenarnya hanya dua macam, yaitu agregat dan aspal. Namun dalam pemakaiannya, aspal dan agregat bisa menjadi bermacam-macam, tergantung pada metode dan kepentingan yang dituju pada penyusunan suatu perkerasan. Salah satu produk campuran aspal yang kini banyak digunakan oleh Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah adalah Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC) / Lapis Aus Aspal Beton. AC-WC adalah salah satu dari tiga macam campuran lapis aspal beton yaitu AC-WC, ACBC dan AC-Base. Ketiga jenis Laston tersebut merupakan konsep spesifikasi campuran beraspal yang telah disempurnakan oleh Bina Marga bersama-sama dengan Pusat Litbang Jalan. Dalam perencanaan spesifikasi baru tersebut menggunakan

pendekatan kepadatan mutlak. Penggunaan AC-WC untuk lapis permukaan (paling atas) dalam perkerasan mempunyai tekstur yang paling halus dibandingkan dengan jenis laston lainnya. Pada campuran laston yang bergradasi menerus mempunyai sedikit rongga dalam struktur agregatnya dibandingkan laston bergradasi senjang. Hal tersebut menyebabkan campuran AC-WC lebih peka terhadap variasi dalam proporsi campuran. Gradasi agregat gabungan untuk campuran AC-WC yang mempunyai gradasi menerus ditunjukkan dalam persentasi berat agregat, harus memenuhi 16 spesifikasi.

#### **Ikatan Aspal dan Agregat**

Ikatan aspal beton pada dasarnya tergantung kohesi dan karakteristik perekat binder itu sendiri untuk menjaga keutuhannya. Maka ikatannya antara aspal dan agregat adalah penting, baik ikatan selama masa konstruksi ataupun selama masa pemeliharaan. Setiap hilangnya tingkat kinerja dari perkerasan, kekuatan dari campuran beton aspal adalah hasil dari perlawanan kohesif binder, perekatan aspal dan agregat serta gesekan antara partikel agregat. Dalam keadaan tertentu sebuah pengikat aspal akan terpisah dari agregat. Fenomena ini disebut juga dengan debonding, diakibatkan dari beban lalu lintas, aspal dan agregat karakteristik, serta kondisi lingkungan. Air adalah mekanisme yang biasanya memfasilitasi debonding, karena air selalu ada dalam bentuk apapun. Beberapa metode telah digunakan untuk membatasi kemungkinan pelepasan. Antara lain:

1. Penambahan Styrofoam dalam persentase kecil ke dalam campuran.
2. Precoating agregat dengan aspal beton sebelum produksi
3. Pemilihan penambahan mineral alam.
4. Mencuci, membuang, atau mencampur agregat.

Metode rancangan berdasarkan pengujian empiris terdiri dari 4 tahap, yaitu:

1. Menguji sifat agregat dan aspal yang digunakan sebagai bahan dasar campuran.
2. Rancangan campuran di labolatorium yang menghasilkan rumus campuran rancangan.
3. Kalibrasi hasil rancangan campuran ke instalasi pencampuran yang akan digunakan
4. Berdasarkan kedua tahap diatas, dilakukan percobaan produksi di instalasipencampuran, dilanjutkan dengan penghamparan dan pemadatan dari hasil campuran percobaan.

Rancangan campuran berdasarkan metode Marshall ditemukan oleh Bruce Marshall dan telah distandardisasikan oleh ASTM maupun AASTHO melalui beberapa modifikasi, yaitu ASTM D 1559-76 atau AASTHO T-245-90. Prinsip dasar dari metode marshall adalah pemeriksaan stabilitas dan arus (flow) serta analisis kepadatan dan pori dari campuran padat yang terbentuk. Langkah-langkah rancangan campuran metode Marshall adalah:

1. Mempelajari spesifikasi gradasi agregat campuran yang diinginkan dari spesifikasi campuran pekerjaan.

2. Merancang proporsi dari masing-masing fraksi agregat yang tersedia untuk mendapatkan cagregat campuran dengan gradasi sesuai butir
3. Menentukan kadar aspal total dalam campuran
4. Membuat benda uji atau bricket beton aspal
5. Melakukan penimbangan terhadap benda uji tersebut, dalam hal ini ada 3 macam penimbangan, yaitu ditimbang: dalam keadaan kering, dalam air, dalam keadaan basah (SSD).
6. Melakukan perendaman benda uji didalam water bath dengan suhu 60°C selama 30 menit.
7. Melakukan uji Marshall untuk mendapatkan stabilitas dan kelelahan (flow) benda ujih. Menghitung parameter Marshall yaitu AV, VMA, VFA,

Parameter yang digunakan dalam metode Marshall adalah:

1. Air Void (Pa) dalam campuran padat terdiri atas ruang-ruang kecil antara partikel agregat terselimuti aspal. Rongga udara dihitung dengan persamaan sebagai berikut: % *Rongga Udara (Pa)* =  $100(Gmm - Gmb) / Gmm$   
*Gmm* = Berat jenis maksimum campuran (tidak ada rongga udara)  
*Gmb* = Berat jenis curah campuran padat
2. VMA, rongga dalam agregat mineral adalah rongga antar partikel agregat pada campuran padat termasuk rongga udara dan kadar aspal efektif, dinyatakan dalam persen volume total. VMA dihitung berdasarkan berat jenis agregat curat (bulk) dan dinyatakan dalam presentase dari volume curah padat. Jika



komposisi campuran ditentukan sebagai persen berat dari campuran total, maka VMA dihitung dengan persamaan sebagai berikut:  $VMA = 100 - Gmm - Ps$   $Gsb$   $Gmb =$  Berat jenis curah campuran padat  $Ps =$  Agregat, persen berat total campuran  $Gsb =$  Berat jenis curah agregat. 2.10 Kepadatan (Density)  $Density = 100 GB R + 100 - B$   $Gsb B =$  Kadar aspal (%)  $R =$  Berat jenis aspal  $Gsb =$  Berat jenis curah agregat

3. VFA, adalah rongga udara terisi aspal merupakan persentase rongga antar agregat partikel (VMA) yang terisi aspal. VFA, tidak termasuk aspal yang terserap agregat, dihitung dengan persamaan sebagai berikut:  $VFA = 100(VMA - Pa)$   $VMA Pa =$  rongga udara dalam campuran padat, % dari total volume  $VMA =$  Rongga dalam agregat mineral
4. GMM adalah berat jenis maksimum dari campuran dengan perbedaan kadar aspal. Pada campuran dengan suatu agregat tertentu berat jenis maksimum GMM untuk kadar aspal yang berbeda diperlukan untuk menghitung persentase rongga udara masing-masing kadar aspal. Berat jenis maksimum dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :  $GMM = A A + D$



### Tahapan Penelitian

Pengujian ini menggunakan metode Marshall dengan membuat beberapa sampel percobaan campuran beraspal dengan kadar aspal optimum dan penambahan Styrofoam terhadap total aspal dengan perendaman 30 menit. Tahap berikutnya adalah

pembuatan benda uji untuk pengujian durabilitas sisa Marshall dengan peredaman 24 jam untuk benda uji menggunakan Styrofoam tanpa menggunakan bahan Styrofoam dan pembuatan benda uji untuk pengujian durabilitas sisa Marshall dengan perendaman 24 jam, 48 jam 28 dan 72 jam untuk benda uji yang menggunakan lime stone dan menggunakan bahan Styrofoam pada proses pembuatan benda uji diawali dengan penimbangan agregat 1200 gr kemudian agregat tersebut dimasukan ke dalam oven dengan suhu  $150^{\circ} C$  atau juga biasa dipanaskan dengan digoreng dengan suhu yang sama. Tahap berikutnya campurkan aspal ke dalam campuran agregat panas sebanyak kadar aspal optimum lalu kemudian diaduk sampai merata sambil dipanaskan sampai mencapai suhu  $135^{\circ} C - 150^{\circ} C$ .



Gambar 3.2 Penimbangan dan pencampuran Agregat, limbah Styrofoam dan Aspal



Gambar 3.3 Penimbangan dan pencampuran Agregat, limbah Styrofoam dan Aspal

Pada proses selanjutnya proses compact pada proses ini siapkan mold yang telah disusun pada alat mold yang telah disusun pada alat compact kemudian dituangkan campuran beraspal panas ke dalam mold. Siapkan mold yang telah disusun pada alat compact kemudian tuangkan campuran beraspal panas ke dalam mold



Gambar 3.4 Memasukan campuran beraspal ke dalam Mol

Lalu ditusuk memakai spatula sebanyak 25 tusukan kemudian ratakan untuk segera di compact sebanyak 2x75 tumbukan setelah proses compact atau penumbukan kemudian mold berisi campuran

aspal didinginkan, kemudian dikeluarkan dengan hati-hati dengan extruder, letakkan benda uji di tempat yang rata dan biarkan selama 24 jam, lalu ukur benda uji dengan  $\varnothing$  10 cm tinggi 6,35 cm  $\pm$  1,27 mm



Gambar 3.5 Proses Compact

Proses penimbangan benda uji dilakukan dengan 3 tahap penimbangan yang pertama benda uji ditimbang dalam kondisi udara yang kering. Kemudian benda uji ditimbang dalam air seperti terlihat gambar di bawah, benda uji dimasukkan ke dalam ember berisi air, tahap terakhir penimbangan benda uji dalam keadaan basah setelah direndam 30-40 menit atau dalam keadaan (SSD).



Gambar 3.6 Proses penimbangan benda uji Marshall

Setelah benda uji ditimbang dilakukan proses perendaman, proses perendaman yang dilakukan 30 menit pada suhu 60% C. Proses ini dilakukan untuk pengujian tanpa menggunakan bahan Styrofoam. Untuk proses selanjutnya perendaman dilakukan dengan durabilitas variasi 1x24 jam, 2x24 jam dan 3x24 jam dengan temperature 60°C untuk menganalisa perubahan sisa durabilitas atau uji durabilitas modifikasi ini untuk pengujian yang menggunakan bahan Styrofoam.



Gambar 3.7 Proses perendaman benda uji di dalam Waterbath

Selanjutnya pengujian Cantabro untuk mengetahui nilai ketahanan kelekatan agregat dan aspal terhadap keausan dengan menggunakan mesin Los Angeles dan diputar sebanyak 300 putaran. 5. Setelah benda uji dibuat kemudian dites dengan menggunakan metode marshall untuk mengetahui stabilitas dan flow kemudian menganalisa hasil tes marshall tersebut antara benda uji yang dibuat menggunakan Styrofoam tanpa bahan Styrofoam dan benda uji yang menggunakan Styrofoam

dengan menggunakan bahan Styrofoam. Pengujian ini dilakukan dengan kecepatan deformasi 51 mm per menit sampai terjadi runtuh. Berikut ini cara melakukan pengujian stabilitas dan flow:

1. Letakkan kepala penekanan (stability mould) ke dalam mesin penguji (stabilitas compression machine)
2. Pasang arloji pengukur alir (aspalt flow indicator) di atas salah satu batang penuntun, atur jarum penunjuk pada angka nol
3. Sebelum diberikan beban, kepala penekanan beserta nemda ujinya diletakkan sampai bagian atas menyentuh proving ring
4. \Atur jarum arloji tekan (dial indicator) pada kedudukan angka nol\Catat pembebanan maksimal (max stability) yang dicapai, koreksi dengan faktor pengali sesuai dengan table angka koreksi beban (stability)
5. \Catat nilai alir flow pada saat pembebanan maksimum tercapai

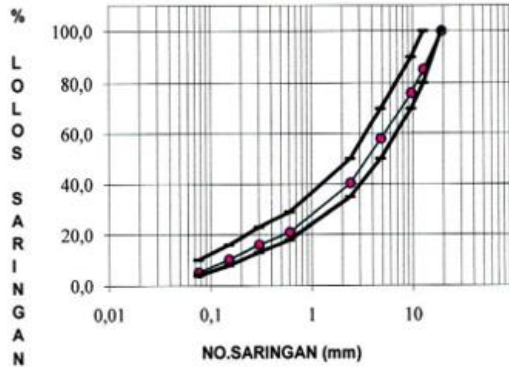
#### 4.1 Pengumpulan Data

Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium, didapatkan hasil uji coba Sieve Analysis agregat sebagai berikut:

Prosen Lolos (US Standard)		Gradasi Agregat Hasil pemeriksaan	Syarat
(ine)	(mm)		
3/4"	19,100	100,00	100
1/2"	12,700	85,27	80 - 100
3/8"	9,600	76,12	70 - 90
#4	4,800	58,07	50 - 70
#8	2,400	40,41	35 - 50
#30	0,600	21,09	18 - 29
#50	0,300	16,08	13 - 23
#100	0,150	10,19	8 - 16
#200	0,075	5,29	4 - 10

Tabel 4.1 Kombinasi Sieve Analysis Agregat IVB

Dengan penyebaran butir agregat yang terdapat pada grafik berikut:



Gambar 4.1 Grafik pembagian butir Sieve Analysis

Berdasarkan grafik pembagian butir pada grafik ini terlihat bahwa agregat yang digunakan termasuk dalam agregat bergradasi baik. Sedangkan untuk persentase gradasi agregat yang telah disaring dan persentase yang dipakai dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel berikut:

**COMBINE AGGREGATE GRADING**

ASTM	GRADING HOT BIN				COMBINE AGGREGATE GRADING HOT BIN AC-IVB											SPECIFICATION
	BIN-I	BIN-II	BIN-III	BIN-IV	FILLER	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	SELECTED	DAERAH LARANGAN
3/4"	100.00	100.00	100.00	100.00	100	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	98.50	100.00	100.00	100
1/2"	100.00	100.00	100.00	38.62	100	92.02	84.04	84.04	87.72	82.20	80.36	85.37	83.77	77.90	85.27	80-100
3/8"	100.00	100.00	94.72	4.23	100	86.23	73.99	74.31	79.84	69.91	68.72	76.12	74.62	64.73	76.12	70-90
#4	85.07	88.46	39.87	1.41	100	64.06	54.99	57.64	60.61	50.00	54.14	58.07	56.80	49.10	58.07	50-70
#8	76.93	25.12	17.41	0.00	100	36.74	29.12	33.72	39.59	34.79	28.30	40.41	39.25	28.62	40.41	35-50
#30	43.07	6.88	3.62	0.00	100	17.32	13.30	16.39	19.93	17.67	13.18	21.09	20.44	13.89	21.09	18-29
#50	32.36	4.60	2.43	0.00	100	13.02	0.00	12.36	15.05	13.39	9.93	16.08	15.59	10.51	16.08	13-23
#100	18.62	3.65	2.21	0.00	100	8.42	0.00	7.94	9.45	8.43	6.57	10.19	9.91	6.83	10.19	8-16
#200	7.69	2.07	1.57	0.00	100	4.40	0.00	4.12	4.37	4.29	3.56	5.29	5.17	3.63	5.29	4-10
PAN																
AGGREGATE HOT BIN RATIO	BIN-I					31%	22%	30%	39%	35%	22%	42%	40%	25%	41.5%	
	BIN-II					30%	30%	28%	21%	10%	33%	15%	16%	23%	16%	
	BIN-III					25%	21%	15%	19%	25%	12%	17%	17%	15%	17%	
	BIN-IV					13%	26%	26%	20%	29%	29%	24%	24%	36%	24%	
	FILLER					1%	1%	1%	1%	1%	1.5%	1.5%	1.5%	1%	1.5%	
TOTAT AGGREGATE SURFACE AREA (m <sup>2</sup> /Kg)						5.48	4.53	5.13	5.88	4.41	4.44	6.22	4.71	4.50	6.22	

Tabel 4.2 Kombinasi Gradasi Agregat IVB

Hasil Pengolahan Data Presentase agregat hot bin yang digunakan adalah: • Hot bin I : 41,5% • Hot bin II : 16% • Hot bin III : 17% • Hot bin IV : 24% • Filler : 1,5% 4.2.1 Benda Uji Menggunakan Lime Slone

(Kapur) Lime Stone atau kapur berfungsi sebagai agregat halus untuk bahan pengisi. I. Total benda uji yang dibuat ialah 1200 gram. Presentase pembagian proporsi tiap agregat ditunjukkan pada tabel di bawah ini:

No	Material	Proporsi Agregat dan Lime Stone 1%	Proporsi Agregat dan Lime Stone 1,5%	Proporsi Agregat dan Lime Stone 2%
1	Bin I	41.5%	41%	40,5%
2	Hin II	16%	16%	16%
3	Bin III	17%	17%	17%
4	Bin IV	24,5%	24,5%	24,5%
5	Filler	1%	1,5%	2%

Tabel 4.3 Kandungan agregat dan Lime Stone

Untuk mendapatkan proporsi agregat 1200 gram dapat dihitung dengan:  
 $Hot\ bin\ I = 0,145 \times 95\ 100 \times 1200 = 473,1$   
 $Hot\ bin\ II = 0,16 \times 95\ 100 \times 1200 = 182,4$   
 No Material Proporsi Agregat dan Lime Stone 1%  
 Proporsi Agregat dan Lime Stone 1,5%  
 Proporsi Agregat dan Lime Stone 2%  
 I Bin I 41,5% 41% 40,5%

2 Hin II 16% 16% 16% 3 Bin III 17%  
 17% 17% 4 Bin IV 24,5% 24,5%  
 24,5% 5 Filler 1% 1,5% 2% 39  
 $Hot\ bin\ III = 0,17 \times 95\ 100 \times 1200 = 192,8$   
 $Hot\ bin\ IV = 0,245 \times 95\ 100 \times 1200 = 279,3$   
 $Filler = 0,1 \times 95\ 100 \times 1200 = 11,4$   
 $Aspal = 0,05 \times 95\ 100 \times 1200 = 60$

No	Material	Kadar Aspal 5%	Kadar Aspal 5,5%	Kadar Aspal 6%	Kadar Aspal 6,5%	Kadar Aspal 7%
		(Gram)	(Gram)	(Gram)	(Gram)	(Gram)
1	Aspal	60	66	72	78	84
2	Hot bin 1	473,1	470,6	468,1	465,6	463,1
3	Hot bin 2	182,4	181,4	180,5	179,5	178,6
4	Hot bin 3	193,8	192,8	191,8	190,7	189,7
5	Hot bin 4	279,3	277,8	276,4	274,9	273,4
6	Filler	11,4	11,3	11,3	11,2	11,2
	Total	1200	1200	1200	1200	1200

Tabel 4.4 Agregat dengan Aspal (untuk Lime Stone 1%)

No	Material	Kadar Aspal 5%	Kadar Aspal 5,5%	Kadar Aspal 6%	Kadar Aspal 6,5%	Kadar Aspal 7%
		(Gram)	(Gram)	(Gram)	(Gram)	(Gram)
1	Aspal	60	66	72	78	84
2	Hot bin 1	467,4	464,9	462,5	460	457,6
3	Hot bin 2	182,4	181,4	180,5	179,5	178,6
4	Hot bin 3	193,8	192,8	191,8	190,7	189,7
5	Hot bin 4	279,3	277,8	276,4	274,9	273,4
6	Filler	17,1	17	16,9	16,8	16,7
	Total	1200	1200	1200	1200	1200

Tabel 4.5 Agregat dengan Aspal (untuk Lime Stone 1,5%)

No	Material	Kadar Aspal 5%	Kadar Aspal 5,5%	Kadar Aspal 6%	Kadar Aspal 6,5%	Kadar Aspal 7%
		(Gram)	(Gram)	(Gram)	(Gram)	(Gram)
1	Aspal	60	66	72	78	84
2	Hot bin 1	461,7	461,7	456,8	454,4	452
3	Hot bin 2	182,4	181,4	180,5	179,5	178,6
4	Hot bin 3	193,8	192,8	191,8	190,7	189,7
5	Hot bin 4	279,3	277,8	276,4	274,9	273,4
6	Filler	22,8	22,8	22,6	22,4	22,3
	Total	1200	1200	1200	1200	1200

Tabel 4.6 Agregat dengan Aspal (untuk Lime Stone 2%)

untuk campuran beraspal dengan kandungan Lime Stone 1%, 1,5% dan 2%. Didapat hasil kadar Aspal optimum beserta paramater – paramaterya sebagai berikut:

Tabel 4.9 Marshall properties campuran Aspal beton dengan

Compaction : 75 x 2 blow  
 Sg. Asphalt (R) :1.033  
 Sg.Aggregate (S) :2.561  
 Proving ring calibration :13.309 Lbs/10<sup>4</sup> inch

kandungan Lime Stone 1,5% dan kadar Aspal optimum 6,0% Marshall Propertis 2x75 Blow / Ac – Wc

Di bawah ini adalah table – table hasil uji dari benda uji dengan kadar Lime Stone 1,5% untuk mencari kadar Aspal optimumnya. MARSHALL TEST STABILITY TEST SHEET

Specimen No	Asphalt Content		Speciment			Weight(gr)		Bulk volume	bulk density	maximum theoretical	%vol total mix				Stability		DIAL	Flow (mm)	Marshall Quotient
	Weight (%)	Thickness (cm)	in air	SSD in air	in water	(cc)	(gr/cc)	density (gr/cc)	asphalt	aggregate	air void	%V.M.A	% Void Filled	Reading	Adjust	READING			
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	(P/Q) X 1.02		
1	6,0		1172	1185	668,7	516,3	2,270	100 B/R +(100 - B)/S	B X H / R	(100 - B) H / S	100 - J - K	J + L	100 X J / M	220	1328,00	14	3,566		
2			1186	1191	668	523,0	2,268							216	1251,00	14	3,566		
3			1180	1190	670	515,0	2,291							216	1304,00	14	3,566		
AVERAGE							2,276		13,222	83,169	3,609	16,831	78,555	1294,33			3,566	370	
1	6,0		1184,5	1192,5	670,3	522,2	2,268	2,345	13,165	83,138	3,697	16,862	78,074	185	1116,8	15	3,821		
2			1186,1	1191,3	670,2	521,1	2,276							185	1116,8	15	3,821		
3			1184	1189,5	664,5	525,0	2,255							190	1101,13	14	3,566		
AVERAGE						2,267							1111,58			3,736	304		
														RETAINED STABILITY SUHU 60 ° C 1X 24 JAM		=	1111,58	X 100% = 85,881%	

Tabel 4.10 Kombinasi Aspal AC-WC dengan kadar Aspal optimum 6%, Lime Stone 1,5%

Benda Uji Menggunakan Bahan Kimia Lime Stone dan Styrofoam Styrofoam berfungsi sebagai bahan penambah pada campuran beraspal, total berat benda uji yang dibuat ialah

1200 gram ditambah berat bahan kimia. Penambahan bahan kimia sesuai dengan persentase yang telah ditentukan.

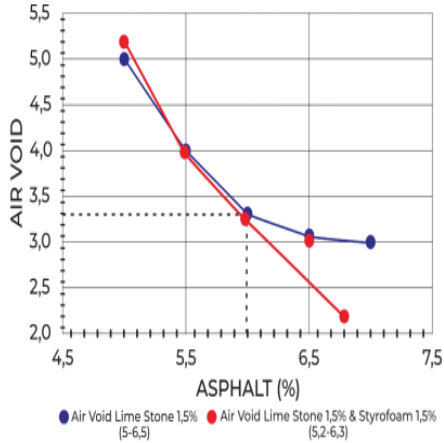
**MARSHALL TEST STABILITY TEST SHEET**

Compaction : 75 x 2 blow  
 Sg. Asphalt (R) :1.033  
 Sg.Aggregate (S) :2.561  
 Proving ring calibration :13.309 Lbs/10<sup>4</sup> inch

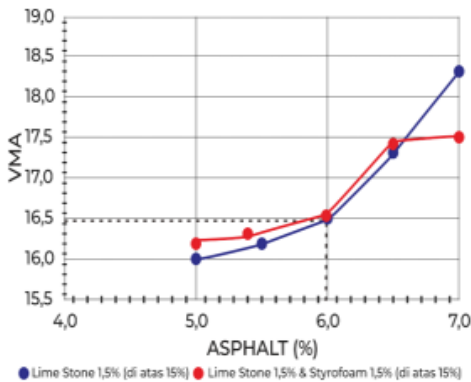
Specimen No	Asphalt Content		Speciment			Weight(gr)		Bulk volume	bulk density	maximum theoretical	%vol total mix				Stability		DIAL	Flow (mm)	Marshall Quotient		
	Weight (%)	Thickness (cm)	in air	SSD in air	in water	(cc)	(gr/cc)	density (gr/cc)	asphalt	aggregate	air void	%V.M.A	% Void Filled	Reading	Adjust	READING				(P/Q) X 1.02	
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	(P/Q) X 1.02				
1	5		1172,9	1177,1	669,4	507,7	2,310	100 B/R +(100 - B)/S	B X H / R	(100 - B) H / S	100 - J - K	J + L	100 X J / M	186	1077,95	11	2,802				
2			1171,9	1176,5	641,1	535,4	2,189							184	1110,79	12	3,056				
3			1185,8	1186,0	667,0	519,0	2,285							187	1128,90	12	3,056				
AVERAGE							2,384		10,945	83,882	5,173	16,118	67,906	1105,88			2,972	380			
1	5,5		1183,9	1192,1	670,2	521,9	2,261	2,352	13,213	83,494	3,293	16,506	80,049	212	1228,63	13	3,311				
2			1183,8	1190,2	667,3	522,9	2,264							217	1310,01	14	3,566				
3			1188,2	1191,3	670,9	520,4	2,283							217	1310,01	14	3,566				
AVERAGE						2,272	2,368	12,096	83,831	4,073	16,169	74,811	1282,88			3,481	452				
1	6		1191	1195,8	669,9	525,5	2,266	2,352	13,213	83,494	3,293	16,506	80,049	222	1286,58	14	3,566				
2			1194,9	1198,3	671,8	526,5	2,270							222	1286,58	14	3,566				
3			1195	1197,6	675,4	522,2	2,288							220	1274,99	14	3,566				
AVERAGE						2,275							1282,72			3,566	367				
1	6,5		1193,6	1200,9	673,5	527,4	2,263	2,320	15,281	82,428	2,191	17,572	87,533	224	1298,17	14	3,566				
2			1195,4	1197,1	671,9	525,2	2,276							216	1251,81	14	3,566				
3			1190,1	1200,7	672,3	528,4	2,252							210	1217,04	13	3,311				
AVERAGE						2,264							1255,68			3,481	368				
1	7		1196,9	1201,2	677,3	523,9	2,285	2,320	15,281	82,428	2,191	17,572	87,533	202	1134,09	15	3,821				
2			1197,0	1200,0	675,7	524,3	2,283							207	1199,65	15	3,821				
3			1199,0	1204,9	670,1	534,8	2,342							200	1159,08	15	3,821				
AVERAGE						2,270							1164,28			3,821	311				
														MIN 1109			MIN 14	75-82	MIN 1109	2-4	MIN 300

Tabel 4.21 Kombinasi variasi Aspal AC-WC dengan Filler Lime Stone 1,5% ditambah Styrofoam 1,5%

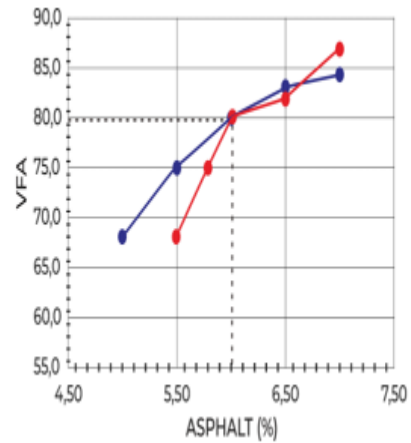
grafik perbandingan untuk mencari kadar aspal optimum



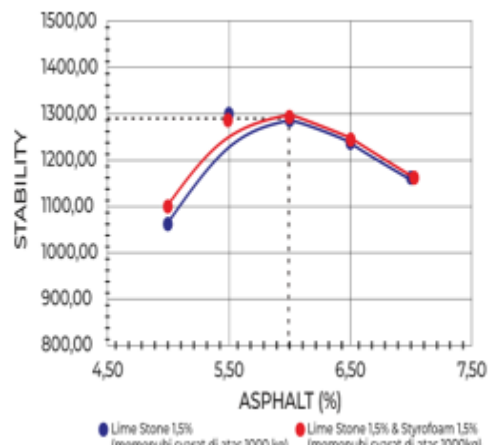
Pada grafik ini terlihat bahwa Air void pada benda uji aspal menggunakan lime stone 15% yang memenuhi syarat 5-6.5 dan pada benda uji aspal menggunakan benda uji lime stone 1.5 dan styroform 1,5% yang memenuhi syarat 5,2-6.3.



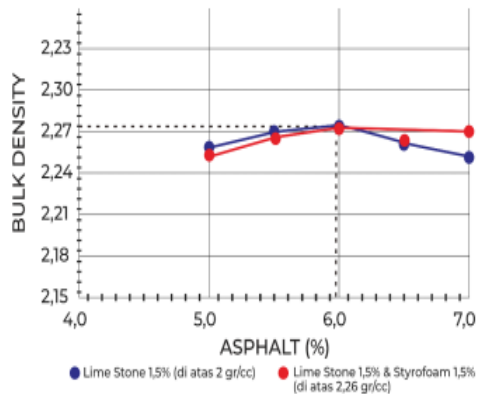
Pada grafik ini terlihat bahwa VMA pada benda uji aspal dengan lime stone 1.5% yang memenuhi syarat yaitu di atas 15% , dan styroform 1.5% yang memenuhi persyaratan yaitu diatas 15%



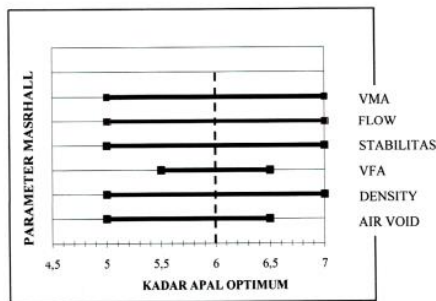
Pada grafik ini terlihat bahwa VFA pada benda uji aspal dengan lime stone 1.5% yang memenuhi syarat yaitu diatas 75% dan pada benda uji aspal menggunakan benda uji lime stone 1.5 dan styroform 1,5% yang memenuhi persyaratan yaitu diatas 75.4%



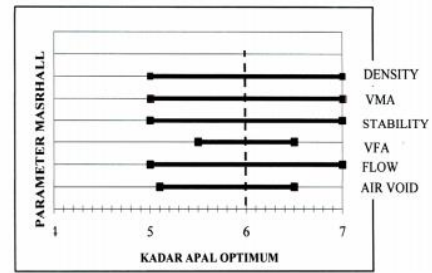
Pada grafik ini terlihat bahwa VFA pada benda uji aspal dengan lime stone 1.5% yang memenuhi syarat yaitu diatas 75% dan pada benda uji aspal menggunakan benda uji lime stone 1.5 dan styroform 1,5% yang memenuhi persyaratan yaitu diatas 75.4%



Pada grafik ini terlihat bahwa Bulk density pada benda uji aspal dengan lime stone 1.5% yang memenuhi syarat diatas 2 gr/cc dan pada benda uji aspal menggunakan benda uji lime stone 1.5 dan styroform 1,5% yang memenuhi persyaratan yaitu 2.26 gr/cc



Gambar 4.8 Kurva Gabungan dengan Lime Stone 1,5% Pada gambar ini seluruh grafik di atas digabungkan kemudian yang paling pendek di ambil rata – ratanya untuk menentukan kadar Aspal optimum dari benda uji Aspal menggunakan bahan tambahan Lime Stone 1,5%. Pada hasil kurva ini didapatkan kadar Aspal optimum 6,0%.



Gambar 4.9 Kurva Gabungan Aspal alami ditambah Lime Stone 1,5% dan Styrofoam 1,5% Pada gambar ini seluruh grafik di atas digabungkan kemudian yang paling pendek di ambil rata – ratanya untuk menentukan kadar Aspal optimum dari benda uji Aspal menggunakan bahan tambahan Lime Stone 1,5% dan Styrofoam 1,5%, pada hasil kurva ini didapatkan kadar Aspal optimum 6,0%. 4.3 Nilai Sisa Stabilitas Berdasarkan pengujian di laboratorium terhadap parameter Marshall seperti Stabilitas, Flow, Void Filled with Asphalt, Void in Total Mix untuk campuran aspal beton ripe TVR Non Styrofoam maupun yang ditambahkan Styrofoam tidak terdapat perbedaan yang signifikan walaupun terdapat peningkatan pada campuran aspal beton dengan Styrofoam. Penambahan Styrofoam pada campuran Aspal beton tipe IVB Asphalt Institute memberikan peningkatan nilai sisa Marshall dibandingkan dengan campuran aspal beton tanpa Styrofoam. Penyebabnya adalah terbentuknya ikatan yang lebih kuat antara agregat dan aspal dengan adanya penambahan Styrofoam, walaupun campuran tersebut telah direndam dengan air selama 24 jam, 48 jam dan 72 jam. Berikut tabel uji durabilitas sisa Marshall:



Di bawah ini adalah table-table hasil dari benda uji dengan Filler Lime Stone 1,5% dan aspal 6%.

**MARSHALL TEST STABILITY TEST SHEET**

Compaction : 75x2 blow  
 Sg. Asphalt (R) : 1.033  
 Sg. Aggregate (S) : 2.561  
 Proving Ring Calibration : 13.309 Lbs/10<sup>4</sup> inch

Uji Durabilitas direndam dengan suhu 60°C 24 jam

Specimen No.	Asphalt Content Weight (%)	Specimen Thickness (cm)	Weight (gr)			Bulk Volume (cc)	Bulk Density (gr/cc)	Max Theoretical Density (gr/cc)	% Vol Total Mix					Stability		DIAL	Flow (mm)	Marshall Quotient
			In air	SSD in air	In water				Asphalt	Aggregate	Air Void	% VMA	% Void Filled	Reading	Adjust (kg)			
			D	E	F				J	K	L	M	N	O	P			
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	READING	Q	$\left(\frac{Q}{L}\right) \times 1,02$
1	6,00		1192	1196,4	670,9	525,5	2,268	$\frac{100}{\frac{G}{F} + \frac{100-P}{S}}$	$\frac{B \times H}{R}$	$\frac{(100 - B)H}{S}$	100-J-K	J+L	$100 \times \frac{J}{M}$	204	1182,27	15	3,821	
2			1195,9	1199,3	672,8	672,8	2,271							205	1188,06	14	3,566	
3			1196	1198,2	674,2	674,2	2,282							210	1217,04	15	3,821	
AVERAGE						2,274	2,352	13,208	83,47	3,324	16,532	79,896	1195,79			3,736	327	
RETAINED STABILITY SUHU 60°C 1x24 JAM												-	$\frac{1195,79}{1300,00} \times 100\% = 91,98\%$					

Tabel 4.23 Kombinasi aspal AC-WC dengan kadar aspal optimum 6%, dan Filler Lime Stone 1,5% 24 jam

**MARSHALL TEST STABILITY TEST SHEET**

Compaction : 75x2 blow  
 Sg. Asphalt (R) : 1.033  
 Sg. Aggregate (S) : 2.561  
 Proving Ring Calibration : 13.309 Lbs/10<sup>4</sup> inch

Uji Durabilitas direndam dengan suhu 60°C 48 jam

Specimen No.	Asphalt Content Weight (%)	Specimen Thickness (cm)	Weight (gr)			Bulk Volume (cc)	Bulk Density (gr/cc)	Max Theoretical Density (gr/cc)	% Vol Total Mix					Stability		DIAL	Flow (mm)	Marshall Quotient
			In air	SSD in air	In water				Asphalt	Aggregate	Air Void	% VMA	% Void Filled	Reading	Adjust (kg)			
			D	E	F				J	K	L	M	N	O	P			
A	B	C	D	E <td>F</td> <td>G</td> <td>H</td> <td>I</td> <td>J</td> <td>K</td> <td>L</td> <td>M</td> <td>N</td> <td>O</td> <td>P <td>READING</td> <td>Q</td> <td><math>\left(\frac{Q}{L}\right) \times 1,02</math></td> </td>	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P <td>READING</td> <td>Q</td> <td><math>\left(\frac{Q}{L}\right) \times 1,02</math></td>	READING	Q	$\left(\frac{Q}{L}\right) \times 1,02$
1	6,00		1176,4	1181,1	665	516,1	2,279	$\frac{100}{\frac{G}{F} + \frac{100-P}{S}}$	$\frac{B \times H}{R}$	$\frac{(100 - B)H}{S}$	100-J-K	J+L	$100 \times \frac{J}{M}$	179	1080,61	16	4,075	
2			1190	1194,5	670	524,5	2,269							181	1048,97	15	3,821	
3			1196	1198,2	670	528,2	2,264							178	1031,59	18	4,585	
AVERAGE						2,271	2,352	13,190	83,35	3,460	16,650	79,217	1053,72			4,160	258	
RETAINED STABILITY SUHU 60°C 1x48 JAM												-	$\frac{1053,72}{1300,00} \times 100\% = 81,055\%$					

Tabel 4.24 Kombinasi aspal AC-WC dengan kadar aspal optimum 6%, dan Lime Stone 1,5% 48 jam

**MARSHALL TEST STABILITY TEST SHEET**

Compaction : 75x2 blow  
 Sg. Asphalt (R) : 1.033  
 Sg. Aggregate (S) : 2.561  
 Proving Ring Calibration : 13.309 Lbs/10<sup>4</sup> inch

Uji Durabilitas direndam dengan suhu 60°C 72 jam

Specimen No.	Asphalt Content Weight (%)	Specimen Thickness (cm)	Weight (gr)			Bulk Volume (cc)	Bulk Density (gr/cc)	Max Theoretical Density (gr/cc)	% Vol Total Mix					Stability		DIAL	Flow (mm)	Marshall Quotient
			In air	SSD in air	In water				Asphalt	Aggregate	Air Void	% VMA	% Void Filled	Reading	Adjust (kg)			
			D	E	F				J	K	L	M	N	O	P			
A	B	C	D	E <td>F</td> <td>G</td> <td>H</td> <td>I</td> <td>J</td> <td>K</td> <td>L</td> <td>M</td> <td>N</td> <td>O</td> <td>P <td>READING</td> <td>Q</td> <td><math>\left(\frac{Q}{L}\right) \times 1,02</math></td> </td>	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P <td>READING</td> <td>Q</td> <td><math>\left(\frac{Q}{L}\right) \times 1,02</math></td>	READING	Q	$\left(\frac{Q}{L}\right) \times 1,02$
1	6,00		1191,0	1200,0	674	526	2,264	$\frac{100}{\frac{G}{F} + \frac{100-P}{S}}$	$\frac{B \times H}{R}$	$\frac{(100 - B)H}{S}$	100-J-K	J+L	$100 \times \frac{J}{M}$	168	973,63	19	4,839	
2			1191,0	1198	672	526,0	2,264							160	927,27	17	4,330	
3			1195,0	1198	672	526,0	2,272							172	996,81	20	5,094	
AVERAGE						2,267	2,352	13,166	83,20	3,632	16,799	78,377	965,90			4,754	207	
RETAINED STABILITY SUHU 60°C 1x72 JAM												-	$\frac{965,90}{1300,00} \times 100\% = 74,300\%$					

Tabel 4.25 Kombinasi aspal AC-WC dengan kadar aspal optimum 6%, dan Lime Stone 1,5% 72 jam

**MARSHALL TEST STABILITY TEST SHEET**

Compaction : 75x2 blow  
 Sg. Asphalt (R) : 1.033  
 Sg. Aggregate (S) : 2.561  
 Proving Ring Calibration : 13.309 Lbs/10<sup>4</sup> inch

Uji Durabilitas direndam dengan suhu 60°C 24 jam

Specimen No.	Asphalt Content Weight (%)	Specimen Thickness (cm)	Weight (gr)			Bulk Volume (cc)	Bulk Density (gr/cc)	Max Theoretical Density (gr/cc)	% Vol Total Mix					Stability		DIAL	Flow (mm)	Marshall Quotient	
			In air	SSD in air	In water				Asphalt	Aggregate	Air Void	% VMA	% Void Filled	Reading	Adjust (kg)				
			D	E	F				J	K	L	M	N	O	P				
A	B	C	D	E <td>F</td> <td>G</td> <td>H</td> <td>I</td> <td>J</td> <td>K</td> <td>L</td> <td>M</td> <td>N</td> <td>O</td> <td>P <td>READING</td> <td>Q</td> <td><math>\left(\frac{Q}{L}\right) \times 1,02</math></td> </td>	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P <td>READING</td> <td>Q</td> <td><math>\left(\frac{Q}{L}\right) \times 1,02</math></td>	READING	Q	$\left(\frac{Q}{L}\right) \times 1,02$	
1	6,00		1184,5	1192,5	1192,5	670,3	522,2	2,268	$\frac{100}{\frac{G}{F} + \frac{100-P}{S}}$	$\frac{B \times H}{R}$	$\frac{(100 - B)H}{S}$	100-J-K	J+L	$100 \times \frac{J}{M}$	178	1074,57	15	3,821	
2			1186,1	1191,3	1191,3	670,2	521,1	2,276							179	1080,61	15	3,821	
3			1184	1189,5	1189,5	664,5	525,0	2,255							177	1068,53	14	3,566	
AVERAGE						2,267	2,352	13,165	83,19	3,642	16,807	78,328	1074,57			3,736	293		
RETAINED STABILITY SUHU 60°C 1x24 JAM												-	$\frac{899,10}{1255,00} \times 100\% = 85,62\%$						

Tabel 4.26 Kombinasi aspal AC-WC dengan kadar aspal optimum 6%, Lime Stone 1,5% dan Styrofoam 1,5% 24 jam

**MARSHALL TEST STABILITY TEST SHEET**

Compaction : 75x2 blow  
 Sg. Asphalt (R) : 1.033  
 Sg. Aggregate (S) : 2.561  
 Proving Ring Calibration : 13.309 Lbs/10<sup>4</sup> inch

Uji Durabilitas direndam dengan suhu 60<sup>0</sup>C 48 jam

Specimen No.	Asphalt Content Weight (%)	Specimen Thickness (cm)	Weight (gr)			Bulk Volume (cc)	Bulk Density (gr/cc)	Max Theoretical Density (gr/cc)	% Vol Total Mix			% VMA	% Void Filled	Stability		DIAL	Flow (mm)	Marshall Quotient	
			In air	SSD in air	In water				Asphalt	Aggregate	Air Void			Reading	Adjust (kg)				
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	READING	Q	$\left(\frac{P}{Q}\right) \times \frac{1}{1,02}$	
1	6,00		1180	1190	670	520,0	2,269	$\frac{100}{\frac{D}{G} + \frac{100-D}{S}}$	$\frac{B \times H}{R}$	$\frac{(100 - B) \times H}{S}$	100- J-K	J+L	$100 \times \frac{J}{M}$	163	984,01	16	4,075		
2			1172	1185	668,7	516,3	2,270							2,352236192	166	1002,13	15		3,821
3			1186	1191	668	523,0	2,268								161	971,94	18		4,585
AVERAGE							2,269	2,269	13,179	83,28	3,540	16,719	78,827		986,03		4,160	242	
													RETAINED STABILITY SUHU 60 <sup>0</sup> C		"	$\frac{986,03}{1255,00} \times 100\% = 78,56\%$			
													1x48 JAM						

Tabel 4.27 Kombinasi aspal AC-WC dengan kadar aspal optimum 6%, Lime Stone 1,5% dan Styrofoam 1,5% 48 jam

**MARSHALL TEST STABILITY TEST SHEET**

Compaction : 75x2 blow  
 Sg. Asphalt (R) : 1.033  
 Sg. Aggregate (S) : 2.561  
 Proving Ring Calibration : 13.309 Lbs/10<sup>4</sup> inch

Uji Durabilitas direndam dengan suhu 60<sup>0</sup>C 72 jam

Specimen No.	Asphalt Content Weight (%)	Specimen Thickness (cm)	Weight (gr)			Bulk Volume (cc)	Bulk Density (gr/cc)	Max Theoretical Density (gr/cc)	% Val Total Mix			% VMA	% Void Filled	Stability		DIAL	Flow (mm)	Marshall Quotient	
			In air	SSD in air	In water				Asphalt	Aggregate	Air Void			Reading	Adjust (kg)				
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	READING	Q	$\left(\frac{P}{Q}\right) \times \frac{1}{1,02}$	
1	6,00		1195,9	1197,9	670	527,9	2,265	$\frac{100}{\frac{D}{G} + \frac{100-D}{S}}$	$\frac{B \times H}{R}$	$\frac{(100 - B) \times H}{S}$	100- J-K	J+L	$100 \times \frac{J}{M}$	148	893,46	19	4,839		
2			1176,2	1180,8	66,5	515,8	2,280							2,352236192	150	905,54	17		4,330
3			1190,2	1193,7	669	524,7	2,268								155	898,29	20		5,094
AVERAGE							2,271	2,352	13,193	83,37	3,438	16,631	79,326		899,10		4,754	193	
													RETAINED STABILITY SUHU 60 <sup>0</sup> C		"	$\frac{899,10}{1255,00} \times 100\% = 71,64\%$			
													1x72 JAM						

Tabel 4.28 Kombinasi aspal AC-WC dengan kadar aspal optimum 6%, Lime Stone 1,5% dan Styrofoam 1,5% 72 jam

**MARSHALL TEST STABILITY TEST SHEET**

Specific Gravity AC (T) : 1.032  
 Bulk Sogr of Total Agg. : 2.551  
 Absorption (Pba) : 0.914  
 Calibration of Proving Ring (S) : 14.441

%	GMM T-209	Weight (gr)			Volume of Speciment	Bulk Sprg of Mix	Volume Mix			% VMA	% Void Filled	Stability			FLOW (mm) DIAL	Marshall Quotient	Corect Factor	
		In air	In water	SSD			Asphalt	Air Void	Agg.			Dial	Convers	Correct				
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	
AC by WT of Mix	MS-02	From Lab	From Lab	From Lab	E-D	$\frac{C}{F}$	$\frac{AxG}{T}$	$\frac{(B-G)}{B \times 100}$	100- J-K	$100 \times \frac{Gx(100-A)}{Gsb}$	$\frac{K-I}{Kx100}$	READ	MxS	NxR	READ	$\frac{O}{P}$		
1	6.00	1168.6	655.3	1171.7	516.4	2.263						82	1184	1184	3.3	359	1.00	
2	6.00	2.349	1167.4	654.4	1170.5	516.1	2.262					83	1155	1155	3.2	361	1.00	
3	6.00		1168.7	655.3	1171.3	516.0	2.265					83	1199	1199	3.4	353	1.00	
AVERAGE						2.263	13.16	3.65	83.19	16.60	78.03				1179	3.3	357	

Tabel 4.29 Percobaan kadar aspal optimum 6% dengan penambahan Lime Stone 1,5% dan Styrofoam 2%

**MARSHALL TEST STABILITY TEST SHEET**

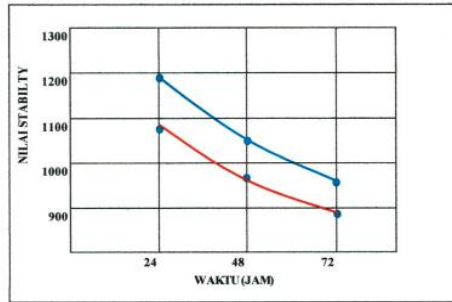
Specific Gravity AC (T) : 1.032  
 Bulk Sogr of Total Agg. : 2.551  
 Absorption (Pba) : 0.914  
 Calibration of Proving Ring (S) : 14.441

%	GMM T-209	Weight (gr)			Volume of Speciment	Bulk Sprg of Mix	Volume Mix			% VMA	% Void Filled	Stability			FLOW (mm) DIAL	Marshall Quotient	Corect Factor	
		In air	In water	SSD			Asphalt	Air Void	Agg.			Dial	Convers	Correct				
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	
AC by WT of Mix	MS-02	From Lab	From Lab	From Lab	E-D	$\frac{C}{F}$	$\frac{AxG}{T}$	$\frac{(B-G)}{B \times 100}$	100- J-K	$100 \times \frac{Gx(100-A)}{Gsb}$	$\frac{K-I}{Kx100}$	READ	MxS	NxR	READ	$\frac{O}{P}$		
1	6.50	1164.6	652.6	1167.2	514.6	2.263						82	1184	1184	3.3	359	1.00	
2	6.50	2.334	1167.4	654.0	1169.4	515.4	2.265					83	1155	1155	3.2	361	1.00	
3	6.50		1168.7	655.4	1170.3	516.9	2.260					83	1199	1199	3.4	353	1.00	
AVERAGE						2.263	14.25	3.06	82.69	17.07	82.09				1175	3.5	336	

Tabel 4.30 Percobaan kadar aspal optimum 6% dengan penambahan Lime Stone 1,5% dan Styrofoam 2,5%

Berdasarkan hasil penelitian terhadap campuran beraspal menggunakan Lime Stone 1,5% dan Styrofoam 1,5% dengan kadar aspal optimum 6% di bandingkan dengan menggunakan Lime Stone 1,5% dan

tanpa Styrofoam uji durabilitas dengan perendaman 24 jam, 48 jam dan 72 jam, maka didapat hasil sisa stabilitas seperti grafik di gambar 5.1



Gambar 4.10 Kurva sisa Stability  
Keterangan : = Nilai Stabilitas menggunakan Styrofoam = Nilai stabilitas tanpa Styrofoam

Dari grafik di atas terlihat hasil seperti dalam table di bawah ini:

Waktu (jam)	Menggunakan Styrofoam		Tanpa Styrofoam	
	Stabilitas (kg)	%	Stabilitas (kg)	%
24	1195	91,98	1074,57	85,62
48	1053	81,05	986,03	78,56
72	965	74,30	899,10	71,64

Tabel 4.31 Sisa stabilitas Marshall

### Uji Cantabro

Ketahanan kelekatan agregat dan aspal terhadap keausan dengan menggunakan mesin los angles.berikut adalah hasil perhitungan dari uji Cantabro.

Berat briquette sebelum diuji (a)	1196	1191	1194	Syarat
Berat briquette sebelum diuji (b)	986,7	971,6	980	
Kearausan A-B x 100%	17,50	18,42	17,91	25%
A				
AVERAGE				17,94

Tabel 4.32 Uji Cantabro tanpa Styrofoam

Berat briquette sebelum diuji (a)	1198	1193	1196	Syarat
Berat briquette sebelum diuji (b)	1053	1053	1053	
Kearausan A-B x 100%	12,10	11,75	12,01	25%
A				
AVERAGE				11,95

Tabel 4.33 Uji Cantabro dengan Styrofoam

Tabel 4.33 Uji Cantabro dengan Styrofoam Berdasarkan hasil penelitian terhadap campuran beraspal menggunakan Lime Stone dan Styrofoam serta campuran beraspal tanpa menggunakan Styrofoam didapat dari table ini terlihat campuran beraspal menggunakan Lime Stone 1,5% dan Styrofoam 1,5% menghasilkan ketahanan kelekatan agregat terhadap aspal mengalami keausan lebih rendah 11,95% dibandingkan dengan campuran beraspal tanpa menggunakan Styrofoam yaitu 17,94%.

Prosen Lolos (US Standard)		Gradasi agregat Hasil pemeriksaan	Syarat
(Inc)	(mm)		
3/4"	19,1	100	100
1/2"	12,7	85,17	80-100
3/8"	9,6	76,22	70-90
#4	4,8	59	50-70
#8	2,4	40,5	35-50
#30	0,6	21,15	18-29
#50	0,3	16,12	13-23
#100	0,15	10,2	8-16
#200	0,075	5,3	4-10

MARSHALL PROPERTIS 2X75 BLOW / AC - WC			
	HASIL PENGUJIAN		Syarat
	Tanpa Styrofoam	Dengan Styrofoam	
Marshall Stability	1255	1300	1000
Flow	3,31	3,5	2 - 4
Asphalt Content by Total Mix	6,0	6	Max 6,0
Voids Filled with Asphalt, VFA	80,96	79	75 - 82
Air Void	3,2	35	3 - 5
Void in Mineral	16,83	16,6	Min 15

Aggregate, VMA			
Bulk Density	2,27	2,27	0
Marshall Quentin	387	377	Min 300
Return Marshall	80	91,98	75

Tabel 4.34 Gradasi agregat hasil pemeriksaan

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

1. Pada campuran beraspal menggunakan Filler Lime Stone dengan persentasi 1%, 1,5% dan 2 % untuk stabilitas yang paling tinggi didapat pada persentasi 1,5% dengan kadar aspal optimum 6,0% yaitu 1255 kg.
2. Pada campuran beraspal menggunakan bahan tambah styrofoam dengan persentase 0,5%, 1% dan 1,5 %, 2%, dan 2,5% untuk stabilitas yang paling tinggi didapatkan pada persentase 1,5% dengan kadar aspal optimum 6,0% yaitu 1300 kg.
3. Pada campuran beraspal menggunakan Styrofoam 1,5% menghasilkan stabilitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanpa menggunakan styrofoam.

Penambahan styrofoam pada campuran beraspal beton tipe IVB Asphalt Institute dapat meningkatkan nilai sisa marshall setelah perendaman 24 jam mencapai 91,98% dari nilai marshall JMF 1300kg untuk perendaman 48 jam mencapai 81,06%, dan perendaman 72 jam mencapai 74,300% dari nilai Marshall JMF.

4. Untuk peredaman 48 jam sisa marshall yang tercapai 81,06% sama dengan nilai stabilitas spesifikasi 1000kg.
5. Hasil evaluasi dari uji cantabro campuran aspal yang menggunakan Styrofoam relatif lebih baik dan tahan terhadap instruksi dibandingkan dengan aspal beton tanpa menggunakan styrofoam.

### Saran-saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan kadar aspal dan kadar lime stone yang berbeda – beda dan penambahan styrofoam cukup dengan dikisaran 1,5% terhadap kadar aspal optimum, agar mendapat hasil yang maksimal.
2. Untuk pemakaian Styrofoam yang berlebihan tidak akan meningkatkan nilai stabilitas
3. Pemberian dosis styrofoam 1,5% terhadap kadar aspal optimum dapat diberikan dengan cara memasukannya ke dalam komposisi yang beda serta pemakaiannya harus dihabiskan.

## DAFTAR PUSTAKA

American Association of State Highway and Transfortasion Official (AASHTO)." AASHTO M17-83 Mineral Fillerfor Bituminous Paving Mixture", Washington, DC, 1986, p3.

Britis Standart Intitution."Spesificationfor

Agreregatesfrom Natural  
Source for Concrete"; BS  
812Part1, 1992, London, 1992,  
pl

Departemen Pekerjaan Umum,  
Direktorat Jenderal Bina Marga  
"Manual Pekerjaan Beraspal  
Panas", 2008.

Depatemen Pekerjaan Umun,  
Direktorat Jendral Bina  
Marga."Petunjuk Pelaksanaan  
Aspal Belon. (Laston}", 1983.

Robinson, ILL, Polymer in  
Asphalt.Tarmac. Ltd., UK,  
2004.

Witczak, Matthew W. Principles of  
Pavement Design, Wiley  
Publishing, United States, 1975