

## **BAB II**

### **STUDI PUSTAKA**

#### **II.1 Aspal**

Aspal merupakan suatu bahan yang berbentuk padat atau setengah padat berwarna hitam sampai coklat gelap, bersifat perekat (*cementious*) yang akan melembek dan meleleh bila dipanasi. Aspal tersusun dari sebagian besar bitumen yang keseluruhannya terdapat dalam bentuk padat atau setengah padat yang dihasilkan dari alam atau hasil pemurnian minyak bumi, atau merupakan campuran dari bahan bitumen dengan minyak bumi atau derivatnya (C Yutomo, 2019).

Aspal merupakan salah satu komponen kecil yang dipakai dalam proses konstruksi karena umumnya penggunaan aspal pada perkerasan hanya 4 – 10 % berdasarkan berat berat dan 10 – 15 % berdasarkan volume. Jika pada lapisan perkerasan menggunakan aspal dengan mutu yang baik sebagai bahan pengikat dapat memberikan lapisan kedap air dan tahan terhadap pengaruh cuaca.

Terdapat beberapa jenis aspal yang dapat digunakan dalam pekerasan jalan, berikut beberapa jenis aspal:

##### **II.1.1 Aspal Alam**

Aspal alam adalah aspal yang berasal langsung dari alam tanpa melewati serangkaian proses pengolahan yang rumit. Aspal alam yang berbentuk batuan bisa diperoleh di Pulau Buton, Sulawesi Tenggara. Aspal alam yang bersifat plastis bisa ditemukan di Danau Pitch, Republik Trinidad. Sedangkan aspal yang memiliki wujud berada disekitar perairan segitita Bermuda. Berbeda dengan segitiga Bermuda yang mengandung aspal murni, kandungan aspal yang terdapat di Pulau Buton dan Danau Pitch tidak murni dan tercampur drngan material yang lain.

##### **II.1.2 Aspal Buatan**

Aspal buatan adalah aspal yang terbuat dari minyak bumi yang diproses dengan Metode yang tertentu yang relative rumit. Proses pembuatan aspal biasa

dilaksanakan di satu industry khusus pembuatan aspal. Biasanya ada jenis aspal buatan yang sering digunakan di Indonesia antara lain:

1. Aspal Keras adalah aspal yang mempunyai tingkat kekerasan yang tinggi. Penetrasi dari aspal keras berkisar antara 60-80. Aspal keras ini biasanya digunakan untuk campuran hotmix perkerasan jalan aspal
2. Aspal Cair adalah aspal yang berbentuk cair. Aspal cair juga berfungsi sebagai bahan perkerasan jalan meliputi lapis resap pengikat.
3. Aspal Emulsi  
Aspal yang berbentuk keras yang dipersiapkan ke dalam air atau aspal cair yang dikeraskan memakai bahan pengemulsi. Hasil dari proses tersebut adalah mengandung muatan listrik positif, listrik negatif, serta tidak bermuatan listrik. Kelebihan aspal emulsi dari aspal yang lain adalah mudah digunakan, memiliki daya ikat yang baik dan tahan terhadap cuaca.

### **II.1.3 Pengujian Pada Aspal**

Aspal adalah material yang sangat rentan akan temperatur, dimana ketika aspal berada pada suhu yang tinggi maka aspal akan melunak atau meleleh begitupun Ketika suhu berada di titik rendah maka aspal akan mengeras. Menurut Sukirman (2003), kepekaan aspal terhadap temperature akan menjadi dasar perbedaan umur aspal menjadi keras. Parameter pengukur kepekaan aspal terhadap temperature adalah indeks penetrasi ( $PI = penetration\ index$ ). Berikut ini penjelasan mengenai pengujian terhadap aspal antara lain:

1. Pengujian Penetrasi  
Pengujian penetrasi atau pengujian kekerasan aspal perlu dilakukan untuk mengetahui kekuatan aspal dalam mengikat agregat. Penetrasi merupakan kedalaman yang dapat dicapai oleh suatu jarum standar (berdiameter 1 mm) pada suhu 25°C dan diberikan beban sebesar 100gram selama 5 detik yang dinyatakan dalam 0,1 mm.
2. Pengujian titik lembek aspal  
Penentuan titik lembek pada aspal bertujuan untuk mengetahui ketahanan aspal terhadap temperature maksimumnya. Pengujian titik lembek dilakukan

menggunakan bola baja dengan berat tertentu yang disimpan di atas lubang cincin yang telah diisi aspal, lalu dilakukan penambahan temperature pada aspal sehingga kita dapat mengetahui titik lembeknya dengan jatuhnya bola baja yang berada di atas aspal.

3. Pengujian daktilitas

Pengujian daktilitas bertujuan untuk mengetahui sifat kohesi aspal dengan cara mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik antara dua cetakan yang terisi aspal keras sebelum putus dengan suhu dan kecepatan tertentu.

4. Pemeriksaan titik nyala dan titik bakar aspal

Pengujian titik nyala dan titik bakar pada aspal berguna untuk mengetahui temperature dimana aspal mulai menyala dan temperature dimana aspal mulai terbakar.

a. Titik nyala adalah suhu pada saat terlihat nyala singkat kurang dari 5 detik dipermukaan aspal

b. Titik bakar adalah suhu pada saat terlihat nyala sekurang-kurangnya 5 detik pada permukaan aspal

5. Pengujian berat jenis

Berat jenis aspal atau ter adalah perbandingan antara berat aspal atau ter terhadap berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu, yaitu dilakukan dengan cara menggantikan berat air dengan berat aspal atau ter dalam wadah yang sama. Berat jenis aspal sangat tergantung pada nilai penetrasi dan suhu dari bitumen itu sendiri. Pengujian berat jenis aspal ini bertujuan untuk mengukur berat jenis aspal dengan menggunakan piknometer serta berdasarkan berat diudara dengan berat di dalam air.

6. Pengujian viskositas

Tingkat material aspal dan suhu yang digunakan sangat tergantung pada kekentalannya. Kekentalan aspal sangat bervariasi tergantung pada suhu aspal itu sendiri. Adapun tujuan dari pengujian viskositas aspal ini untuk menentukan suhu optimum pada campuran dan pemadatan aspal.

## **II.2 Aspal Porus**

Aspal porus adalah campuran beraspal yang didesain mempunyai pororitas lebih tinggi dibandingkan jenis perkerasan yang lain, sifat porus diperoleh karena campuran aspal porus menggunakan proporsi agregat halus lebih sedikit dibandingkan campuran jenis yang lain. Kandungan rongga/pori dalam jumlah yang besar, diharapkan menghasilkan kondisi permukaan agak kasar, sehingga akan mempunyai tingkat kekesatan yang tinggi. Selain itu pori yang tinggi diharapkan dapat berfungsi sebagai saluran air didalam campuran. Pengaliran air terlaksana lewat permukaan dan oleh lapisan itu sendiri, yakni melalui pori – pori yang dimilikinya. Pori – pori yang terdapat didalam campuran memungkinkan air dapat langsung meresap kedalam lapisan, mengalir menuju ke bagian tepi badan jalan dan kemudian masuk ke saluran samping. Adanya pori – pori inilah yang menyebabkan air hujan dapat masuk kedalam tanah sehingga limpasan air hujan yang dihasilkan lebih sedikit daripada perkerasan konvensional.

### **II.2.1 Lapisan Pororitas**

#### **1. Lapisan permukaan**

Perkerasan porus memiliki lapisan permukaan yang terdiri atas ikatan antar agregat seragam diantara terdapat rongga antar agregat tersebut. Rongga sebagai tempat lewatnya air tersebut menempati kurang lebih dari 40% dari volume base. Aspal yang digunakan memiliki nilai penetrasi 50/60 hingga 85/100. Proporsi aspal yang digunakan sebesar 5.5% hingga 6% dari saluran berat total perkerasan. Lapisan permukaan ini merupakan lapisan yang mengalami kontak langsung dengan ban kendaraan dan berfungsi untuk menahan beban roda serta menyebarkan beban ke lapisan dibawahnya sehingga beban – beban tersebut dapat dipikul oleh lapisan lain. Fungsi dari lapisan permukaan ini sebagai berikut:

- a. Menahan beban roda selama masa layan
- b. Lapis perkerasan penahan beban roda, dengan persyaratan harus mempunyai stabilitas tinggi untuk menahan beban roda selama masa pelayanan.
- c. Lapis aus, lapisan yang langsung menerima gesekan akibat rem kendaraan sehingga mudah menjadi aus.

- d. Lapisan yang menyebarkan beban ke lapisan bawah sehingga dapat dipikul oleh lapisan lain.
2. Lapisan *Base*

Lapisan pondasi terletak tepat dibawah lapisan permukaan sehingga berfungsi menahan beban yang berat sehingga dibutuhkan material yang berkualitas tinggi dan pelaksanaan yang benar. Lapisan *base* juga berfungsi untuk menyebarkan gaya dari beban roda ke lapisan bawahnya dan sebagai bantalan lapisan permukaan. Pada perkerasan porus lapisan pondasi terdiri atas batu pecah dengan gradasi yang seragam dan memiliki rongga hanya pengurangan agregat halus, karena lapisan ini tidak hanya di desain untuk menahan beban kendaraan, tetapi juga mampu melewatkan air hingga meresap ke dalam tanah.
3. Lapisan Tanah Dasar

Tanah dasar perkerasan porus harus memiliki permeabilitas yang tinggi dan tidak bersifat ekspansif sehingga kadar air dalam tanah akan tetap terjaga walaupun dalam keadaan basah. Tanah dasar harus dapat mengalirkan air dengan cepat sehingga tetap dapat menahan beban kendaraan yang melintas.



Gambar II. 1 Aspal Porus

Sumber: Alpa

## II.2.2 Kelebihan dan Kekurangan

Kelebihan dan kekurangan dalam penggunaan aspal porus, yaitu:

1. Kelebihan penggunaan Aspal Porus menurut Herman (2017)

- a. Mengurangi efek akibat genangan air apabila permukaan aspal terkena hujan.
  - b. Mengurangi efek percikan dan semprot (splash and spray) ketika kendaraan melewati permukaan aspal.
  - c. Mengurangi efek silau.
  - d. Meningkatkan keselamatan berkendara di jalan sehingga meminimalisir intensitas kecelakaan yang tinggi.
  - e. Pengurangan kebisingan
  - f. Memperkecil masalah dengan es pada saat musim hujan.
2. Kekurangan penggunaan Aspal Porus menurut Mayuni (2020)
    - a. Memiliki stabilitas rendah yang membuka peluang deformasi yang lebih besar.
    - b. Campuran cenderung mengalami tekanan yang tinggi akibat dari kadar rongga yang tinggi, sehingga membuka peluang terjadinya *rutting*.

### **II.3 Agregat**

Agregat merupakan material yang berasal dari batu alam atau material yang berasal dari hasil pabrik. Agregat adalah bahan penting yang digunakan untuk konstruksi jalan raya dan digunakan sebagai bahan campuran beraspal, mortar atau beton. Agregat yang paling ideal adalah agregat yang memiliki ukuran dan gradasi yang baik, kuat, keras, bersudut, berbentuk kubus, permukaan yang bersih, kasar dan tidak mengikat air. Maksimum penyerapan air oleh agregat yaitu 3% (Palimbunga, 2022)

Menurut ukuran butiran agregat, umumnya agregat digolongkan menjadi dua yaitu agregat kasar dan agregat halus.

### II.3.1 Agregat Kasar

Agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 4.75 mm sampai 40 mm (No. 1 ½ inci). Fungsi agregat kasar dalam campuran aspal adalah selain memberikan stabilitas dalam campuran juga sebagai pengisi mortar sehingga campuran menjadi ekonomis.



Gambar II. 2 Agregat Kasar  
Sumber: Alpa

### II.3.2 Agregat Halus

Agregat halus yaitu terdiri dari partikel – partikel yang bersih, keras, tidak mengandung lempung atau bahan lain yang tidak seharusnya ada pada agregat halus. Agregat halus dapat meningkatkan stabilitas campuran dengan penguncian antara butiran, agregat halus juga mengisi ruang antar butir.



Gambar II. 3 Agregat Halus  
Sumber: Alpa

## II.8 Jenis – Jenis Agregat

Dalam sebuah agregat terdapat beberapa jenis – jenis agregat yang dibedakan sesuai dengan proses terbuatnya atau munculnya material tersebut, pengolahan agregat itu sendiri dan ukuran butirannya. Berikut adalah beberapa jenis agregat yang dikelompokkan berdasarkan proses, pengolahan dan ukurannya:

### 1. Agregat Beku

Agregat beku adalah agregat yang berasal dari magma yang mendingin llau terjadilah pembekuan. Agregat beku ini umumnya terbentuk akibat dari gunung meletus yang menghasilkan magma lalu magma tersebut terkena suhu udara dengan temperatur rendah sehingga membuat magma tersebut menjadi beku, umumny pada agregat beku ini ada dua jenis yang dihasilkan agregat halus dan agregat kasar, dimna untuk agregat halus yang dihasilkan seperti batu apung, *basalt*, *pumice*, *obisidian* dan *andesit*. Adapun untuk agregat kasarnya berupa *gabbro*, *syenit* dan *diorite*.

### 2. Agregat Sedimen

Agregat sedimen merupakan agregat yang berasal dari campuran mineral, sisa – sisa hewan dan tanaman yang mengalami pengendapan dan membeku. Menurut sukirman (2003), berdasarkan prosesnya agregat sedimen bisa dibedakan berdasarkan proses pembentukkannya. Berikut beberapa proses pembentukan yang terjadi:

- a. Agregat sedimen yang dibentuk dengan proses mekanik seperti breksi, konglomerat, batu pasir, batu lempung. Agregat ini banyak mengandung silika.
- b. Agregat sedimen yang dibentuk dengan proses organis, seperti batu gamping, batu bara dan opal.
- c. Agregat sedimen yang dibentuk dengan proses kimiawi seperti batu gamping, garam, *gips*, dan *flint*.

### 3. Agregat Metamorfik

Agregat metamorfik merupakan agregat yang mengalami proses perubahan bentuk akibat adanya tekanan dan temperatur kulit bumi.

### 4. Agregat Siap Pakai

Agregat yang siap pakai merupakan agregat yang dapat dipergunakan dalam proses perkerasan jalan dengan menggunakan bentuk dan ukuran yang didapatkan langsung dari alam tanpa dilakukan proses pengolahan terlebih dahulu. Agregat ini terbentuk melalui proses erosi dan degradasi.

#### 5. Agregat Yang Perlu Diolah

Agregat ini merupakan agregat yang berasal dari gunung yang masih mempunyai bentuk massif atau berupa batuan besar sehingga diperlukannya pengolahan pemecahan batu terlebih dahulu lalu diaplikasikan pada proses perkerasan jalan.

### II.4 Bahan pengisi (*Filler*)

*Filler* atau bahan pengisi didefinisikan sebagai fraksi debu mineral yang lolos saringan no. 200 (0.075 mm) tidak kurang dari 75% beratnya bisa berupa debu kapur, debu dolomit atau semen Portland. *Filler* harus dalam keadaan kering dengan kadar air maksimum 3% dari berat total agregat. *Filler* berfungsi dalam campuran untuk memodifikasi agregat halus sehingga berat jenis campuran meningkat dan jumlah aspal yang diperlukan untuk mengisi rongga akan berkurang dan bila dicampur dengan aspal, *filler* akan membentuk bahan pengikat yang berkonsisten tinggi sehingga mengikat butiran agregat secara bersama – sama. Penambahan *filler* pada aspal akan mengikat konsistensi aspal

### II.5 $\text{SiO}_2$

Silika ( $\text{SiO}_2$ ) adalah suatu mineral yang penyusun utamanya berupa *silicon* dioksida ( $\text{SiO}_2$ ). Silika tersusun dari dua unsur yang terdiri dari silikon (Si) dan oksigen (O<sub>2</sub>) dimana keduanya merupakan unsur yang paling banyak di Alam.



Gambar II. 4 Silika ( $\text{SiO}_2$ )

Sumber: Alpa

Diperkirakan 60% dari kerak bumi ini tersusun dari silika. Silika yang ada di bumi ini biasanya ditemukan dalam bentuk silikat. Silika terdiri dari berbagai bentuk yaitu silika *kristalin*, silika *mikrokristalin*, silika *vitreous*, dan silika *amorf*. Berdasarkan struktur molekulnya dibagi menjadi dua bagian yaitu silika kristalin dan silika *amorf*. Silika kristalin adalah silika yang susunan molekulnya membentuk pola tertentu, sedangkan silika *amorf* adalah silika yang susunan molekulnya tidak teratur (Trianasari, Manurung, dan Karo 2017).

Salah satu cara untuk memperoleh silika dari suatu bahan alam adalah dengan menggunakan metode ekstraksi. SiO<sub>2</sub> memiliki sifat konduktor, memiliki ketahanan terhadap oksidasi dan degresi termal yang baik, biasanya SiO<sub>2</sub> ini digunakan sebagai bahan pembuatan keramik. Secara teoritis, unsur SiO<sub>2</sub> mempunyai sifat menambah kekuatan lentur adonan keramik dan produk keramik. Akibat adanya proses penguapan dari proses pembakaran maka dengan leburan SiO<sub>2</sub> rongga kosong menjadi lebih rapat (Nura Yuliasdini, 2019).

## **II.6 Gradasi**

Pembagian butir (gradasi) agregat adalah distribusi butir – butir agregat dengan ukuran tertentu yang diperoleh dari hasil analisis saringan dengan menggunakan satu set saringan yang dinyatakan dalam persentase lolos, atau persentase tertahan, di hitung berdasarkan berat agregat. Gradasi mempengaruhi sifat dari campuran aspal panas, meliputi kekakuan, stabilitas, durabilitas, permeabilitas, workabilitas, kekesatan, dan ketahanan terhadap kerusakan.

Gradasi menentukan besarnya rongga atau pori yang mungkin terjadi dalam campuran agregat. Distribusi butiran agregat dengan ukuran tertentu yang dimiliki oleh suatu campuran menentukan jenis gradasi agregat. Gradasi agregat dapat dikelompokkan dalam 3 jenis, yaitu:

### **1. Gradasi Menerus (*Continuous Graded*)**

Gradasi menerus atau biasa disebut gradasi rapat yaitu ukuran butir agregat dimana rongga antar butiran besar diisi butiran yang lebih kecil lagi, atau gradasi yang mempunyai ukuran butiran dari terbesar hingga terkecil. Biasanya disebut juga gradasi padat atau gradasi baik karena memadat

akibat saling mengisi dan mengunci. Campuran agregat bergradasi rapat akan menghasilkan lapis perkerasan dengan stabilitas tinggi, kurang kedap air, sifat drainase buruk, dan berat volume besar.

### 2. Gradasi Tunggal (*Single Graded*)

Gradasi tunggal atau gradasi seragam adalah butiran agregat yang mayoritas satu ukuran, biasanya masih terdapat sedikit butiran halus yang ikut terbawa sehingga tidak dapat mengisi rongga antar agregat. Gradasi ini tidak rawan terhadap *segregasi* dan umumnya merupakan produk crusher yang dapat dengan mudah diatur proposisinya untuk mencapai gradasi yang diinginkan. Campuran agregat ini mempunyai pori yang cukup besar, sehingga sering disebut juga agregat bergradasi terbuka. Campuran agregat bergradasi tunggal atau seragam akan menghasilkan lapis perkerasan dengan sifat permeabilitas tinggi, stabilitas kurang, dan volume kecil.

### 3. Gradasi Senjang (*Gap Graded*)

Gradasi yang memiliki ukuran butiran agregat yang sedemikian hingga tidak ada, atau hampir tidak ada suatu rentang ukuran. Perbedaan material untuk ukuran butiran menengah yang berukuran jika dibawah 10% baru disebut gradasi senjang. Campuran bergradasi senjang akan menghasilkan lapis perkerasan yang mutunya terletak antara kedua jenis diatas.

Gradasi ditentukan dari analisis saringan dengan menggunakan satu set saringan sesuai dengan spesifikasi gradasi campuran, saringan yang paling besar diletakkan paling atas dan saringan yang paling kecil diletakkan paling bawah.

## **II.7 Kinerja Perkerasan**

Kinerja perkerasan merupakan fungsi dari kemampuan relatif dari perkerasan untuk melayani lalu lintas dalam suatu periode tertentu. Kinerja perkerasan jalan ditentukan berdasarkan persyaratan kondisi fungsional dan kondisi struktural (Sasuwuk dkk, 2019).

### 1. Kinerja Fungsional

Kinerja fungsional menyangkut kerataan, kekesatan permukaan perkerasan. Kinerja perkerasan lentur secara fungsional dapat dinyatakan dalam Indeks

Permukaan (IP) / *Present Serviceability Index* dan Indeks kondisi jalan (RCI) / *Road Condition Index* (Sasuwuk dkk, 2019).

## 2. Kinerja Struktural

Kondisi struktural menyangkut kekuatan atau daya dukung perkerasan, sedangkan dalam melayani beban dan volume lalu lintas digunakan untuk membantu dalam penentuan penanganan dalam kegiatan penyelenggaraan jalan (Hicks and Mahoney, 1981) (dalam (Sasuwuk dkk,2019).

Adapun perbedaannya kinerja struktural meliputi keamanan atau kekuatan perkerasan yang berasal dari penilaian kerusakan seperti rusaknya struktur perkerasan atau gangguan dari satu atau lebih komponen perkerasan yang sangat penting yang berakibat ketidakmampuan menopang beban diatas permukaan. Sedangkan kinerja perkerasan fungsional dinyatakan dengan indeks permukaan (IP) atau *present serviceability index* dan indeks kondisi jalan atau *road condition index* (RCI) yang berasal dari ketidakmampuan perkerasan berfungsi tanpa menyebabkan ketidaknyamanan bagi penumpang atau tanpa menyebabkan tekanan tinggi didalam pesawat atau kendaraan yang melewati diatasnya, berhubungan dengan kekasaran.

## II.8 Pengujian Marshall

Pengujian marshall dilakukan selain untuk mendapatkan nilai stabilitas dan kelelahan (*low*) pengujian Marshall juga dilakukan agar dapat mengetahui hasil kepadatan dan pori dari campuran padat yang terbentuk agar kemudian bisa di analisa lebih lanjut. Dalam hal ini benda uji atau briket beton aspal padat dibentuk dari gradasi agregat campuran tertentu sesuai dengan spesifikasi campuran yang ada. Sebelum membuat briket campuran perkerasan maka perkiraan kadar aspal optimumnya (KAO) dicari dengan menggunakan rumus pendekatan.

Dalam pengujian Marshall di butuhkan alat Marshall itu sendiri yang merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan proving ring (cincin penguji) berkapasitas 22.2 KN (5000 lbs) dan *flowmeter*. Proving ring digunakan untuk mengukur nilai stabilitas, dan *flowmeter* untuk mengukur kelelahan plastis atau *flow*. Benda uji Marshall berbentuk silinder dengan diameter 4 inchi (10.2 cm) dan tinggi 2.5 inchi (6.35 cm).

Dalam pengujian Marshall meliputi beberapa tahapan pengujian seperti persiapan benda uji, penentuan berat jenis bulk dari benda uji, pemeriksaan nilai stabilitas dan flow dan perhitungan sifat volumetarik benda uji. Berikut beberapa hal-hal yang perlu diperhatikan dalam persiapan benda uji:

1. Jumlah benda uji yang disiapkan
2. Persiapan agregat yang akan digunakan
3. Penentuan temperatur pencampuran dan pemadatan
4. Persiapan campuran aspal
5. Pemadatan benda uji
6. Persiapan untuk pengujian marshall Jumlah benda uji yang disiapkan ditentukan dari tujuan dilakukannya pengujian tersebut

Jumlah benda uji yang disiapkan ditentukan dari tujuan dilakukannya pengujian tersebut. Untuk AASHTO sendiri menetapkan minimal 3 buah benda uji untuk setiap kadar aspal yang digunakan. Adapun untuk agregatnya sendiri harus dikeringkan didalam oven dengan temperatur  $105^{\circ}$  -  $110^{\circ}\text{C}$ . Setelah pengeringan agregat dilakukan selanjutnya pemisahan agregat sesuai dengan fraksinya masing-masing dengan menggunakan saringan. Temperatur pencampuran bahan aspal dengan agregat adalah temperatur pada saat aspal mempunyai viskositas kinematis sebesar  $170 \pm 20$  centistokes, dan temperatur pemadatan adalah temperatur pada saat aspal mempunyai nilai viskositas kinematis sebesar  $280 \pm 30$  centistokes. Karena tidak diadakan pengujian viskositas kinematik aspal maka secara umum ditentukan suhu pencampuran berkisar antara  $145^{\circ}\text{C}$  -  $155^{\circ}\text{C}$ , sedangkan suhu - pemadatan antara  $110^{\circ}\text{C}$  -  $135^{\circ}\text{C}$ .

Pengujian Marshall pada campuran AC-WC gradasi kasar digunakan untuk mencari data dari persyaratan campuran dan memperoleh hasil perhitungan akhir dari sifat-sifat Marshall seperti:

1. Void In Mix (VIM)  
*Void in mix* yaitu perbandingan presentase volume rongga terhadap volume total campuran padat atau nilai yang menunjukkan banyaknya rongga dalam suatu campuran yang dinyatakan dalam persen (%) *Void Filled with Asphalt* (VFWA)

2. Void Filled with Asphalt  
*Void filled with asphalt* adalah nilai yang menunjukkan besarnya rongga yang terisi oleh aspal yang dinyatakan dalam persen (%)
3. Voids in Mineral Aggregate  
Kekosongan dalam agregat mineral adalah nilai yang menunjukkan besarnya volume pori di antara butir-butir agregat di dalam campuran. Nilai VMA dinyatakan dalam persen (%).
4. Kelelehan (flow)  
Kelelehan yaitu menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada suatu lapisan perkerasan akibat menahan beban yang diterima.
5. Stabilitas  
Stabilitas merupakan kemampuan lapisan perkerasan untuk menerima beban lalu lintas tanpa terjadinya perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur ataupun *bleeding*.
6. Hasil Bagi Marshall (MQ)  
Marshall Quotient (MQ) yaitu hasil bagi dari stabilitas dan *flow*, yang digunakan sebagai indikator kelenturan yang potensial terhadap keretakan  
Nilai *Marshall Quotient* dinyatakan dalam kg/mm.

## **II.9 Pengujian Permeabilitas**

Pengujian permeabilitas merupakan pengujian yang bertujuan untuk mengetahui besaran nilai kecepatan aliran air secara vertikal pada benda uji Marshall campuran beraspal porus. Nilai dari permeabilitas sendiri merupakan perbandingan antara tinggi air yang melalui benda uji dengan lamanya waktu pengaliran. Permeabilitas memiliki tujuan dimana suatu campuran beraspal porus mempunyai kemampuan menyerap dan mengalirkan air.



Gambar II. 5 Alat Uji Permeabilitas  
 Sumber: AVR Sihombing dkk, 2022

$$K = 2.3 \frac{aL}{At} \times \left[ \log\left(\frac{h_1}{h_2}\right) \right] \quad \text{II. 1}$$

Dimana:

- K : Koefisien permeabilitas air (cm/dt)
- L : Tebal spesimen (cm)
- A : Luas potongan melintang tabung (cm<sup>2</sup>)
- T : Waktu yang dibutuhkan untuk mengalirkan air dari h1 ke h2 (s)
- h1 : Tinggi batas air paling atas pada tabung (cm)
- h2 : Tinggi batas air paling bawah pada tabung (cm)

### II.10 Studi Terdahulu

Studi terdahulu merupakan beberapa hasil penelitian yang digunakan untuk mempelajari lebih lanjut dan berkenaan dengan pembahasan pada skripsi ini. Dibawah ini adalah studi terdahulu yang diambil diantaranya:

#### 1. Efek Waktu Milling Silika Abu Sekam Padi sebagai Filler Aspal Pen 60/70 terhadap Sifat Fisis dan Sifat Termal

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui peningkatan sifat termoplastis aspal dengan penambahan bahan lain seperti silika sebagai filler. Komposisi paduan aspalpen60 /70 dengan filler S0 dan S15 dibuat dengan perbandingan sebesar 1:2. Sampel dibuat dalam bentuk pellet. Kemudian,

sampel dilakukan pengujian kapasitas panas dan kalor jenis dan daya serap air menggunakan alat uji Differential Scanning Calorimetry (DSC). Sedangkan, pengujian porositas menggunakan metode Archimedes. Hasil uji porositas untuk sampel S0 dan S15 sebesar 6,0% dan 10,7%. Hasil pengujian daya serap air untuk S0 dan S15 sebesar 5,3% dan 10,2%. Sedangkan, hasil uji termal meliputi kalor jenis dan kapasitas panas menunjukkan nilai kalor jenis S0 dan S15 sebesar 7 J/kgK dan 1 J/kgK dan kapasitas panas S0 dan S15 sebesar  $151,2 \times 10^{-5}$  J/K dan  $23,4 \times 10^{-5}$  J/K. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa silika abu sekam padi hasil milling atau dengan variasi waktumilling dapat diaplikasikan sebagai filler aspal penetrasi 60/70 untuk meningkatkan sifat fisik dan sifat termal.

## **2. Pengaruh Substitusi Styrofoam Pada Campuran Aspal Porus dan Serbuk Arang Tempurung Kelapa Sebagai Filler**

Pada penelitian ini, *Styrofoam* digunakan sebagai bahan substitusi aspal dan serbuk arang tempurung kelapa sebagai filler. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kadar aspal optimum dan pengaruh campuran aspal porus yang menggunakan styrofoam sebagai bahan substitusi aspal dan serbuk arang tempurung kelapa sebagai filler. Metode yang digunakan yaitu Australian Asphalt Pavement Association (AAPA). Untuk penentuan KAO mensyaratkan tiga parameter yaitu cantabro loss, asphalt flow down dan void in mix dengan variasi kadar aspal yaitu 4,5%; 5%; 5,5% dan 6%. Setelah diperoleh nilai KAO selanjutnya dibuat benda uji dari nilai KAO dengan variasi *styrofoam* 7%, 9% dan 11% terhadap berat aspal serta penggunaan filler kombinasi serbuk arang tempurung kelapa dan abu batu sebesar 50%: 50% dan 75%: 25% dari berat total filler. Dari hasil penelitian diperoleh KAO sebesar 5,58%. Hasil pengujian menunjukkan nilai VIM semakin menurun, semakin besar substitusi *styrofoam* dan serbuk arang tempurung kelapa maka semakin kecil nilai pori-pori udara dalam campuran karena telah diisi oleh aspal dan mineral halus lainnya. Sedangkan nilai AFD semakin menurun seiring bertambahnya persen *styrofoam* dan serbuk arang tempurung kelapa sehingga menyebabkan tingkat pemisahan aspal dalam campuran semakin kecil dan juga mempengaruhi nilai permabilitas

dimana kecepatan aliran air dari permukaan ke bawah tidak terlalu cepat maupun lambat.

### **3. Pemanfaatan Bubuk Silika Terhadap Hasil Stabilitas dan Flow Pada Laston AC-BC.**

Pada penelitian yang dilakukan kali ini dengan adanya bahan adictive yakni bubuk silicasebagai material perkerasan jalan campuran beraspal, guna mengetahui kelayakan penggunaan limbah tak terpakai ini. Metode Penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental di laboratorium. Kinerja campuran beraspal ditentukan berdasarkan daya dukung campuran berdasarkan parameter stabilitas dan volumetrik dengan metode Marshall (SNI 06- 2489-1991) dengan 30 benda uji dari penambahan bubuk silica sejumlah 3%, 5%, 7%, 10% dan 12%  $\hat{A}$  dari berat benda uji dengan kadar aspal 4%, 5%, 6%, 7% dan 8%. Setelah serangkaian uji laboratorium didapatkan kandungan kadar aspal optimum pada penambahan kombinasi bubuk silica3% sebesar 6%. Dengan rincian hasil rata-rata nilai Stabilitas 1186kg, Flow 4,17mm, dan MQ 286 kg/mm.

### **4. Penambahan Abu Ampas Tebu dan Serat Sabut Kelapa Terhadap Aspal Porus**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik campuran aspal porus terhadap penambahan filler Abu Ampas Tebu (AAT) dan serat sabut kelapa. Syarat – syarat karakteristik dan metode pengujian aspal porus, berdasarkan spesfikasi Australian Asphalt Pavement Association (AAPA). Penentuan kadar aspal optimum (KAO) berdasarkan AAPA dan diperoleh menggunakan parameter yaitu: Cantabro Loss (CL), Void In Mix (VIM), dan Asphalt Flow Down (AFD) denan menggunakan variasi kadar aspal 4%, 4,5%, 5%, 5,5%, 6% dengan syarat hasil KAO berkisar antara 4 – 6%. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh nilai KAO sebesar 5% kemudian dibuat benda uji berdasarkan nilai KAO dengan penambahan filler AAT dengan variasi 0%, 3%, 5%, 7%, 9%, dan serat sebut kelapa dengan kadar 2% dan panjang 2 cm. dari pengujian menggunakan bahan tambah, diperoleh hasil dengan nilai VIM menurun dan Nilai MQ meningkat serta nilai stabilitas semakin meningkat dengan nilai tertinggi pada kadar AAT

9% sebesar 688.17 Kg dengan nilai flow mengalami penurunan 11% dengan nilai 3.17 mm.

Tabel II. 1 Resume Jurnal Penelitian Terdahulu

No	Tahun	Judul Penelitian	Parameter	Bahan Tambah	Hasil Penelitian	Gap analisis	
						Penelitian Terdahulu	Penelitian penulis
1	2021	Efek Waktu Milling Silika Abu Sekam Padi sebagai Filler Aspal Pen 60/70 terhadap Sifat Fisis dan Sifat Termal	Uji pororitas daya serap air dan Uji Termal	Silika Abu Sekam Padi	Abu Sekam Padi meningkatkan sifat fisik dan sifat termal.	Bahan tambah yang digunakan yaitu silika abu sekam padi	Bahan tambah yang digunakan yaitu silika
2	2020	Pengaruh Subtitusi Styrofoam Pada Campuran Aspal Porus dan Serbuk Arang Tempurung Kelapa Sebagai Filler	Uji Marshall Uji Cantabro Loss Asphalt Flow Down	Silika Serbuk Arang Tempurung	Hasil dari pengujian menunjukkan bahwa nilai VIM dan nilai AFD semakin menurun dan juga mempengaruhi nilai Permeabilitas	Bahan tambah yang digunakan yaitu silika serbuk arang tempurung	Bahan tambah yang digunakan yaitu silika
3	2019	Pemanfaatan Bubuk Silika Terhadap Hasil Stabilitas dan Flow Pada Laston AC-BC	Uji Marshall	Bubuk Silika	Hasil dari pengujian menunjukkan bahwa penambahan bubuk silika dapat mengurangi nilai stabilitasnya	Bahan tambah yang digunakan yaitu bubuk silika	Bahan tambah yang digunakan yaitu silika
4	2022	Penambahan Abu Ampas Tebu dan Serat Sabut Kelapa Terhadap Aspal Porus	Cantabro Loss (CL), Void In Mix (VIM), dan Asphalt Flow Down (AFD)	Silika Abu Ampas Tebu (AAT) dan serat sabut kelapa	Hasil dengan nilai VIM menurun dan Nilai MQ meningkat serta nilai stabilitas semakin meningkat dengan nilai tertinggi pada kadar AAT	Bahan tambah yang digunakan yaitu silika Abu Ampas Tebu (AAT) dan serat sabut kelapa	Bahan tambah yang digunakan yaitu silika