

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Penelitian Terdahulu

Tabel 2.1. Penelitian terdahulu

| No. | Penulis                         | Judul   | Bahan   | Metodologi Penelitian    | Hasil Penelitian   |
|-----|---------------------------------|---|---|--------------------------|--|
| 1.  | Adelia Monita dan Medici        | Karakteristik Marshall Pada Campuran <i>Asphalt Concrete – Wearing Course</i> (AC-WC) Dengan Penambahan <i>Styrofoam</i>      | Aspal pertamina pen 60/70, <i>Styrofoam</i> kadar 6,5%, 6,75%, 7%, 7,25% dan 7,5% | Metode pencampuran basah | Kadar <i>Styrofoam</i> terbaik yaitu 6,5% dengan nilai Stabilitas = 1362,045 kg<br><i>Flow</i> = 3,44 mm<br>VIM = 4,96%<br>VMA = 15,02%<br>VFA = 67,8%<br>MQ = 416,338 kg/mm |
| 2.  | Emil Adly                       | <i>Styrofoam</i> sebagai Pengganti Aspal Penetrasi 60/70 dengan Kadar 0%, 6,5%, 7,5%, 8,5%, dan 9,5% pada Campuran AC-WC      | Aspal pen 60/70, agregat kasar, agregat halus, <i>Styrofoam</i>                   | Metode pencampuran basah | Kadar <i>Styrofoam</i> terbaik yaitu 7,5% dengan nilai Stabilitas = 1304,82 kg<br><i>Flow</i> = 1,68 mm<br>VIM = 4,89%<br>VMA = 17,21%<br>VFA = 71,66%<br>MQ = 925,30 kg/mm  |
| 3.  | Elsa Eka Putri dan Syamsuwirman | Tinjauan Substitusi <i>Styrofoam</i> pada Aspal Pen. 60/70 terhadap Campuran <i>Asphalt Concrete – Wearing Course</i> (AC-WC) | Aspal, agregat kasar, agregat halus, <i>Styrofoam</i> kadar 0%, 0,5%, 1% dan 1,5% | Metode pencampuran basah | Kadar <i>Styrofoam</i> terbaik yaitu 1,5% dengan nilai Stabilitas = 1140 kg<br><i>Flow</i> = 5,8 mm<br>VIM = 1,9%<br>VMA = 18,4%<br>VFA = 90%<br>MQ = 210 kg/mm              |

Lanjutan Tabel 2.1 Penelitian terdahulu

| No. | Penulis   | Judul   | Bahan   | Metodologi Penelitian               | Hasil Penelitian   |
|-----|---|---|---|-------------------------------------|--|
| 4.  | Febriana Dian Kurniasari, Ruslaini dan Herri Mahyar | Pemanfaatan Limbah <i>Styrofoam</i> untuk substitusi Aspal Pen.60/70 pada Laston dengan Metode Pencampuran Basah dan Kering | Aspal pen 60/70, agregat kasar, agregat halus, <i>Filler</i> semen portland dan limbah <i>Styrofoam</i> kadar 0%, 3%, 6%, 9%, 12% dan 15% | Metode Pencampuran Basah dan Kering | Kadar <i>Styrofoam</i> terbaik yaitu 1,5% dengan nilai Stabilitas = 1000,52 kg<br><i>Flow</i> = 3,13 mm<br>VIM = 4,89%<br>VMA = 17,56%<br>VFA = 72,29%<br>MQ = 323,78 kg/mm  |
| 5.  | Sarkis Enda Raya S, Priyo Pratomo, Dwi Herianto     | Variasi Temperatur Pencampuran Terhadap Parameter Marshall pada Campuran Lapis Aspal Beton                                  | Aspal, agregat kasar, agregat halus, <i>filler</i> (semen)  | Metode pencampuran basah            | Untuk campuran Laston AC-WC gradasi halus batas tengah dengan kadar aspal 5,7% variasi suhu pencampuran yang ideal berada pada suhu pencampuran 150°C-160°C. Sedangkan pada batas bawah dengan kadar aspal 6,8% suhu pencampuran antara 120°C-160°C tidak ada yang memenuhi syarat |

Lanjutan Tabel 2.1 Penelitian terdahulu

| No. | Penulis | Judul  | Bahan  | Metodologi Penelitian    | Hasil Penelitian   |
|-----|---------|--|--|--------------------------|--|
| 6.  | Mashuri | Karakteristik Aspal Sebagai Peningkat yang ditambahkan Styrofoam | Aspal pertamina pen 60/70, styrofoam kadar 0%, 2%, 4%, 6%, 8%, 10%, 12%, 14% dan 16% | Metode pencampuran basah | Kadar <i>styrofoam</i> yang masih memenuhi spesifikasi penetrasi aspal polimer 50-70 hanya hingga kadar 8%, di atas 8% sudah tidak memenuhi spesifikasi penetrasi aspal polimer. |

## 2.2 Aspal

Sukirman (1999) mendefinisikan aspal sebagai material yang memiliki warna hitam sampai coklat tua yang memiliki bentuk padat atau semi padat pada temperatur ruang. Aspal merupakan material yang termoplastis dimana pada temperatur tinggi akan mencair dan pada saat temperatur turun akan menjadi padat kembali.

### 2.2.1 Jenis-jenis Aspal

Menurut Soehartono (2015) berbagai jenis aspal diperjual belikan dengan kekhususan sifat masing-masing, dengan harga yang berbeda, sehingga pilihan bahan dan kesesuaian penggunaannya pun perlu dipelajari agar tidak berlebih dalam memilih kualitasnya yang akan berakibat pemborosan, tetapi jangan sampai pula menggunakan bahan yang kurang kualitasnya, yang akan menyebabkan kerusakan sebelum waktunya atau kerja yang tidak memuaskan.

Jenis-jenis aspal terdiri dari lima jenis, diantaranya sebagai berikut :

#### 1. Aspal Minyak

Aspal minyak (aspal semen/aspal kertas, bitumen, aspal baku) adalah kumpulan bahan-bahan tersisa dari proses destilasi minyak bumi di pabrik kilang minyak, bahan sisa yang dianggap sudah tidak bisa lagi diproses secara ekonomis untuk

dapat menghasilkan produk-produk yang dapat dijual seperti misalnya sejenis bahan bakar, bahan pelumas dan lainnya.

## 2. Aspal Emulsi

Aspal emulsi adalah aspal yang bercampur air (60-70%) dalam bentuk emulsi. Bergabungnya aspal dan air dimungkinkan karena adanya bahan tambah yang bersifat katalis. Penggunaan aspal emulsi biasanya untuk lapis beton aspal campuran dingin.

## 3. *Cut Back Asphalt*

*Cut Back Asphalt* adalah aspal yang dicairkan dengan cara ditambah pelarut dari keluarga hidrokarbon (minyak tanah/kerosin, bensin atau solar), biasanya dipakai untuk *tackcoat* atau *primecoat*. Saat ini untuk lapis ikat (*tackcoat*) mulai banyak menggunakan aspal emulsi dengan alasan bensin terlalu berbahaya karena sering terjadi kebakaran, kerosin atau solar sebagai pelarut sering tidak sempat menguap pada saatnya beton aspal harus digelar di atasnya, sehingga membuat lapisan di atasnya terkontaminasi dengan pelarut menjadi melunak dan menimbulkan perubahan bentuk (*deformasi*, *bleeding* dan licin).

## 4. Aspal Modifikasi

Aspal modifikasi adalah aspal minyak ditambah dengan bahan tambah/*additive* untuk meningkatkan kinerjanya. Di Indonesia kesadaran untuk menggunakan aspal modifikasi didasari oleh alasan yang lebih khusus, yaitu agar lebih tahan panas (meningkatkan titik leleh), lebih tahan beban (menaikkan kohesi), lebih lengket (menaikkan adhesi) agar agregat tidak mudah terurai dan lebih tahan ultraviolet agar tidak mudah menua (*ageing*).

## 5. Aspal Buton

Aspal buton adalah aspal alam yang terdapat di pulau Buton (ada dua lokasi tambang, yaitu Abungka dan Lawele), berupa batuan yang mengandung aspal yang ditemukan sejak tahun 1920, dengan cadangan lebih dari 600 juta ton. Di dunia dikenal juga dengan aspal Trinidad (*Trinidad Lake Asphalt*), aspal alam yang ditemukan di Venezuela yang telah dipasarkan ke seluruh dunia sejak abad ke-18, meskipun dalam jumlah yang tidak terlalu besar (kurang dari 30.000 ton pertahun).

### 2.2.2 Tes Standar Bahan Aspal

Tes standar bahan aspal adalah tes baku untuk menggolongkan aspal pada jenis atau kelas (*grade*) tertentu untuk memudahkan mengenal sifat-sifat dasarnya dan menetapkan cara kerja atau jenis konstruksi yang paling sesuai dalam rangka mengurangi risiko kegagalan (Soehartono, 2015).

Indonesia saat ini hanya menggunakan aspal penetrasi 60 yaitu semen aspal dengan nilai penetrasi antara 60 – 70. ASTM ataupun AASHTO membagi semen aspal ke dalam 5 kelompok jenis aspal, yaitu aspal 40-50, aspal 60-70, aspal 85-100, aspal 120-150, dan aspal 200- 300 (Sukirman, 2016). Spesifikasi dari masing-masing kelompok aspal tersebut seperti pada Tabel 2.2 berikut ini :

Tabel 2.2 Spesifikasi AASHTO untuk berbagai nilai penetrasi aspal

| Jenis aspal (sesuai penetrasi)       | 40-50 | 60-70 | 85-100 | 120-150 | 200-300 |
|--------------------------------------|-------|-------|--------|---------|---------|
| Penetrasi (25°C, 100gr, 5 det)       | 40-50 | 60-70 | 85-100 | 120-150 | 200-300 |
| Titik Nyala, cleaveland °C           | ≥ 235 | ≥ 235 | ≥ 235  | ≥ 220   | ≥ 180   |
| Daktilitas (25°C, 5 cm/men, cm)      | ≥ 100 | ≥ 100 | ≥ 100  | ≥ 100   | ≥ 100   |
| Solubilitas dlm CCl <sub>4</sub> , % | ≥ 99  | ≥ 99  | ≥ 99   | ≥ 99    | ≥ 99    |
| TFOT, 3,2 mm, 5 jam, 163 °C          |       |       |        |         |         |
| Kehilangan Berat, %                  | ≤ 0,8 | ≤ 0,8 | ≤ 1    | ≤ 1,3   | ≤ 1,5   |
| Penetrasi setelah kehilangan berat   | ≥ 58  | ≥ 54  | ≥ 50   | ≥ 46    | ≥ 40    |
| Daktilitas setelah kehilangan berat  |       | ≥ 50  | ≥ 75   | ≥ 100   | ≥ 100   |

(sumber : ASTM D946/D96M-09a)

### **2.2.3 Pengaruh Suhu terhadap Fungsi Aspal dalam Campuran**

Aspal mempunyai kepekaan terhadap perubahan suhu / temperatur, karena aspal adalah material yang termoplastis. Aspal akan menjadi keras atau lebih kental jika temperatur berkurang dan akan lunak atau cair bila temperatur bertambah. Setiap jenis aspal mempunyai kepekaan terhadap temperatur berbeda-beda, karena kepekaan tersebut dipengaruhi oleh komposisi kimiawi aspalnya, walaupun mungkin mempunyai nilai penetrasi atau viskositas yang sama pada temperatur tertentu (Sugiarto, 2016).

Menurut Soehartono (2015) sifat-sifat aspal dalam pencampuran antara lain:

#### **1. Kelengketan aspal**

Sifat lengket aspal (adhesi maupun kohesi) menjadi sangat penting pada iklim di Indonesia yang sangat panas dengan hujan deras. Sifat kohesi aspal akan melemah bila suhu naik. Secara visual, fungsi adhesi aspal terlihat sebagai lem yang mampu melekatkan butir-butir kecil batuan melekat di permukaan agregat yang lebih besar. Semakin kuat daya adhesi aspal, semakin menjamin batuan tidak akan terburai.

#### **2. Aspal sebagai bahan pengisi rongga**

Pada waktu aspal dalam keadaan cair, maka aspal akan mengalir pada rongga-rongga batuan mengisi celah yang kosong pada matrix batuan. Pada saat suhu menjadi dingin, maka aspal akan membeku menjadi “batu lunak” mengganjal rongga batuan sehingga batu-batu tetap pada tempatnya. Apabila suhu di atas perkerasan tersebut naik melebihi titik lembek aspal, maka “batu lunak” tersebut akan melunak kembali sehingga akan terjadi deformasi dan ketidakstabilan struktur.

#### **3. Aspal sebagai bahan pelicin**

Pada saat proses pemadatan aspal akan bersifat sebagai oli pelicin untuk memudahkan batuan bergerak ke ruang kosong hingga mencapai kepadatan yang diharapkan. Suhu yang terlalu tinggi akan menyebabkan batuan selalu bergerak pada waktu dipadatkan, karena aspal tetap dalam bentuk encer dan licin. Pada suhu yang terlalu dingin, aspal akan mulai membeku dan

menghalangi proses pemadatan, menyerap energy pemadatan sehingga batuan tidak akan bisa memampatkan diri menjadi padat.

4. Aspal sebagai pelapis anti air (*Waterproofing*)

Aspal sebagai pelapis anti air karena aspal berbasis minyak, maka lindungan aspal akan sangat efektif untuk mencegah air masuk ke pori-pori vatuan atau rongga batuan. Suhu yang tepat pada waktu mencampur aspal di pugmill akan membuat aspal pada keenceran cukup untuk melapisi permukaan batuan tipis-tipis dan merata tanpa ada bagian permukaan batu yang terlewatkan. Suhu yang terlalu dingin pada waktu pencampuran akan menyebabkan aspal menebal dan menggumpal di satu tempat, tempat lain tidak kebagian.

5. Aspal sebagai preservatif (bahan pengawet)

Sifat aspal yang khas dikenal sejak dahulu menjadi bahan untuk mengawetkan mayat menjadi mumi di Mesir. Perlindungan aspal menutup permukaan batuan akan membuat batuan tersebut tahan cuaca, baik panas maupun dingin, hujan maupun kekeringan. Suhu yang tepat di pungmill kembali diperlukan agar dapat melapisi batuan tipis-tipis dan merata (Soehartono, 2015).

## 2.3 Agregat

Menurut Prasetya (2015) agregat adalah suatu bahan yang terdiri dari material padat dan kaku yang digunakan sebagai bahan campuran agregat aspal yang berupa berbagai jenis butiran-butiran atau pecahan yang termasuk di dalamnya antara lain yaitu pasir, kerikil, batu pecah atau kombinasi material lain yang digunakan dalam campuran aspal buatan. Proporsi agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi (*filler*) didasarkan kepada spesifikasi gradasi yang tersedia. Jumlag agregat dalam campuran aspal biasanya 90 sampai 95 persen dari berat, atau 75 sampai 85 persen dari volume.

### 2.3.1 Jenis Agregat

Menurut Sukirman (2016) agregat dapat dibedakan berdasarkan kelompok terjadinya, pengolahan, dan ukuran butirnya. Berdasarkan proses terjadinya agregat dapat dibedakan atas batuan beku (*igneous rock*), batuan sedimen (*sedimentary rock*) dan batuan metamorfik (*metamorphic rock*).

1. Batuan beku (*igneous rock*) adalah agregat yang berasal dari magma yang mendingin dan membeku. Batuan beku luar (*extrusive igneous rock*) dibentuk dari magma yang keluar ke permukaan bumi di saat gunung berapi meletus, dan akibat pengaruh cuaca mengalami pendinginan dan membeku. Umumnya agregat beku luar berbutir halus seperti batu apung, andesit, basalt, obsidian, pumice. Batuan beku dalam (*intrusive igneous rock*) dibentuk dari magma yang tak dapat keluar ke permukaan bumi, mengalami pendinginan dan membeku secara perlahan-lahan di dalam bumi, dapat ditemui di permukaan bumi karena proses erosi dan atau gerakan bumi. Batuan beku dalam umumnya bertekstur kasar seperti, gabbro, diorite dan syenit.
2. Batuan sedimen (*sedimentary rock*) dapat berasal dari campuran partikel mineral, sisa-sisa hewan dan tanaman yang mengalami pengendapan dan pembekuan. Pada umumnya merupakan lapisanlapisan pada kulit bumi, hasil endapan di danau, laut dsb. Berdasarkan proses pembentukannya batuan sedimen dapat dibedakan atas:
  - a. Batuan sedimen yang dibentuk dengan proses mekanik seperti breksi, konglomerat, batu pasir dan batu lempung. Agregat ini banyak mengandung silica.
  - b. Batuan sedimen yang dibentuk dengan proses organis seperti batu gamping, batu bara dan opal.
  - c. Batuan sedimen yang dibentuk dengan proses kimiawi seperti batu gamping, garam, gips dan flint.
3. Batuan metamorfik (*metamorphic rocks*) adalah batuan sedimen ataupun batuan beku yang mengalami proses perubahan bentuk akibat adanya perubahan tekanan dan temperatur kulit bumi. Berdasarkan strukturnya dapat dibedakan atas batuan metamorf yang masif seperti marmer, kwarsit, dan batuan metamorf yang berfoliasi, berlapis seperti batu sabak, filit dan sekis.

Berdasarkan ukuran butirnya agregat dapat dibedakan atas agregat kasar, agregat halus, dan bahan pengisi (*filler*). Batasan dari masing-masing agregat ini seringkali berbeda, sesuai institusi yang menentukannya.



ASTM dan Depkimpraswil dalam Spesifikasi Teknis Campuran Panas 2010, membedakan agregat menjadi beberapa bagian yaitu sebagai berikut :

1. Agregat kasar, adalah agregat dengan ukuran butir lebih besar dari saringan No.4 (4,75 mm) dan lebih kecil dari ayakan 1½ inci. Persyaratan dalam pengujian agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Persyaratan agregat kasar

| Jenis Pemeriksaan               | Metode Pengujian | Persyaratan   |
|---------------------------------|------------------|---------------|
| Berat Jenis Bulk                | SNI 03-1969-1990 | Min. 2,5 gram |
| Berat Jenis SSD                 |                  |               |
| Berat Jenis Semu                |                  |               |
| Penyerapan (%)                  | SNI 03-1969-1990 | Maks. 3%      |
| Abrasi dengan mesin Los Angeles | SNI 03-2417-2008 | Maks. 40%     |
| Material lolos Saringan No. 200 | SNI 03-1968-1990 | Maks. 1%      |

(Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Divisi 6 Perkerasan Aspal)

2. Agregat halus, adalah agregat dengan ukuran butir lebih halus dari saringan No.4 (4,75 mm) dan maksimum yang lolos ayakan No.200 (0,075 mm) adalah 10%. Persyaratan agregat halus dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Persyaratan agregat halus

| Jenis Pemeriksaan | Metode Pengujian | Persyaratan   |
|-------------------|------------------|---------------|
| Berat Jenis Bulk  | SNI 03-1969-1990 | Min. 2,5 gram |
| Berat Jenis SSD   |                  |               |
| Berat Jenis Semu  |                  |               |
| Penyerapan (%)    | SNI 03-1969-1990 | Maks. 3%      |
| Kadar Lempung     | SNI 03-4142-2008 | Maks. 1%      |

(Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Divisi 6 Perkerasan Aspal)

3. Bahan pengisi (*filler*), adalah bagian dari agregat halus yang lolos saringan No. 200 (0,075 mm) minimum 75%. Bahan pengisi (*filler*) dapat menggunakan debu batu kapur, semen portland, abu terbang, abu tanur semen atau material non plastis lainnya.

### 2.3.2 Sifat Agregat Sebagai Material Perkerasan Jalan

Sifat agregat merupakan salah satu faktor penentu kemampuan perkerasan jalan memikul beban lalu lintas dan daya tahan terhadap cuaca. Oleh karena itu perlu pemeriksaan yang teliti sebelum diputuskan apakah suatu agregat dapat digunakan sebagai material perkerasan jalan. Sifat agregat yang menentukan kualitasnya sebagai material perkerasan jalan adalah gradasi, kebersihan, kekerasan dan ketahanan agregat, bentuk butir, tekstur permukaan, porositas, kemampuan untuk menyerap air, berat jenis, dan daya ikat aspal dengan agregat (Sukirman, 2016).

### 2.3.3 Gradasi Agregat

Gradasi adalah susunan butir agregat sesuai ukurannya, merupakan sifat yang sangat luas pengaruhnya terhadap kualitas perkerasan secara keseluruhan. Ukuran butir agregat dapat diperoleh melalui pengujian analisis ayakan. Satu set ayakan umumnya terdiri dari ayakan berukuran 4 inci, 3½ inci, 3 inci, 2½ inci, 2 inci, 1½ inci, 1 inci, ¾ inci, ½ inci, 3/8 inci, No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, No.100, dan No.200. Ukuran ayakan dalam ukuran panjang menunjukkan ukuran bukaan, sedangkan nomor ayakan menunjukkan banyaknya bukaan dalam 1 inci panjang. Gambar satu set ayakan ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Satu set ayakan  
(Sumber : Sukirman, 2016)

Tabel 2.5 menunjukkan bukaan dari masing-masing ayakan berdasarkan AASHTO. Gradasi agregat diperoleh dari hasil pengujian dan analisis dengan menggunakan 1 set ayakan. Ayakan berukuran bukaan paling besar diletakkan teratas, dan yang paling halus (No. 200), terbawah sebelum pan. Jadi satu set ayakan dimulai dari pan dan diakhiri dengan tutup ayakan (Sukirman, 2016).

Tabel 2.5 Ukuran bukaan ayakan

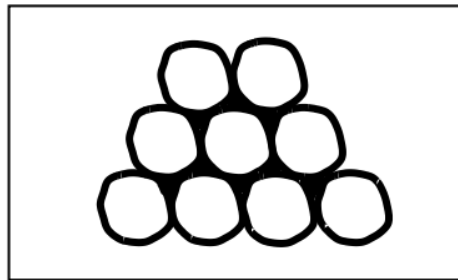
| Ukuran Ayakan | Bukaan Ayakan (mm) |
|---------------|--------------------|
| 4 inci        | 100                |
| 3½ inci       | 90                 |
| 3 inci        | 75                 |
| 2½ inci       | 63                 |
| 2 inci        | 50                 |
| 1½ inci       | 37,5               |
| 1 inci        | 25                 |
| ¾ inci        | 19                 |
| ½ inci        | 12,5               |
| 3/8 inci      | 9,5                |
| No. 4         | 4,75               |
| No. 8         | 2,36               |
| No. 16        | 1,18               |
| No. 30        | 0,6                |
| No. 50        | 0,3                |
| No. 100       | 0,15               |
| No. 200       | 0,075              |

(Sumber : Sukirman, 2016 )

#### 2.3.4 Bentuk dan Tekstur Agregat

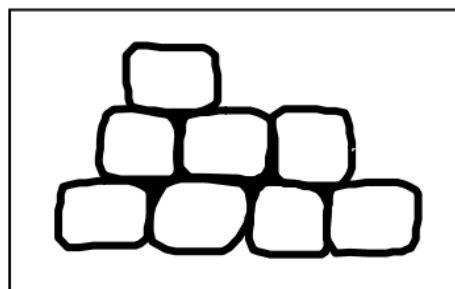
Menurut Sukirman (2016) bentuk butir agregat dikelompokkan sebagai berbentuk bulat, lonjong, pipih, kubus, tak beraturan, atau mempunyai bidang pecahan. Agregat yang ditemui di sungai umumnya telah mengalami erosi oleh air

sehingga berbentuk bulat (*rounded*) dan licin. Bidang kontak antar agregat berbentuk bulat sangat sempit, hanya berupa titik singgung seperti digambarkan oleh Gambar 2.2, sehingga menghasilkan penguncian antar agregat yang tidak baik, dan menghasilkan kondisi kepadatan lapisan perkerasan yang kurang baik.



Gambar 2.2 Agregat berbentuk bulat  
(Sumber : Sukirman, 2016)

Agregat berbentuk kubus (*cubical*) pada umumnya merupakan agregat hasil pemecahan batu masif, atau hasil pemecahan mesin pemecah batu. Bidang kontak agregat ini luas seperti digambarkan oleh Gambar 2.3, sehingga mempunyai daya saling mengunci yang baik. Kestabilan yang diperoleh lebih baik dan lebih tahan terhadap deformasi. Agregat ini merupakan agregat yang terbaik untuk dipergunakan sebagai material perkerasan jalan.



Gambar 2.3 Agregat berbentuk kubus  
(Sumber : Sukirman, 2016)

Agregat berbentuk lonjong (*elongated*) dapat ditemui di sungai atau bekas endapan sungai. Agregat dikatakan lonjong jika ukuran terpanjangnya lebih besar dari 1,8 kali diameter rata-rata. Sifat campuran agregat berbentuk lonjong ini hampir sama dengan agregat berbentuk bulat.

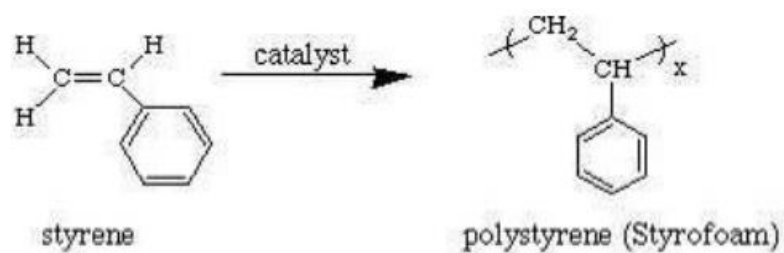
Agregat berbentuk pipih (*flaky*) dapat merupakan hasil produksi dari mesin pemecah batu, dan biasanya agregat ini memang cenderung pecah dengan bentuk pipih. Agregat pipih yaitu agregat yang ketebalannya lebih tipis dari 0,6 kali diameter rata-rata.

Agregat berbentuk tak beraturan (*irregular*) adalah bentuk agregat yang tak mengikuti salah satu bentuk di atas. Gambar 2.4 menggambarkan berbagai bentuk agregat. Agregat berbentuk kubus adalah agregat terbaik untuk material perkerasan jalan, tetapi jika tak ada, maka agregat yang mempunyai minimal satu bidang pecahan dapat dipergunakan.



Gambar 2.4 Berbagai bentuk agregat  
(Sumber : Sukirman, 2016)

## 2.4 Styrofoam



Gambar 2.5 Rangkaian senyawa kimia dari *styrofoam*  
(Sumber : Wirahadi, 2017)

*Styrofoam* atau plastik busa masih tergolong salah satu jenis plastik. *Styrofoam* berbahan dasar dari *polystyrene* yang termasuk bahan polimer sintetis. Polistirena ditemukan sekitar tahun 1930, proses pembuatannya menggunakan polimerisasi adisi dengan tekanan menggunakan proses peniupan. Stirena dapat

diperoleh dari sumber alam yaitu petroleum. Stirena merupakan cairan yang tidak berwarna menyerupai minyak dengan bau seperti benzena dan memiliki rumus kimia  $C_6H_5CH=CH_2$  atau ditulis sebagai  $C_8H_8$  (Wirahadi, 2017).

*Styrofoam* disamping memiliki banyak manfaatnya tetapi berbahaya bagi tubuh, dan limbahnya pun berbahaya bagi lingkungan karena limbah dari *styrofoam* ini tidak dapat dengan mudah di daur ulang. Jika sampah plastik membutuhkan waktu hingga 500-an tahun untuk dapat terurai di dalam tanah, *styrofoam* justru tidak pernah dapat terurai. Sehingga sebungkus sampah *styrofoam* di dalam tanah akan tetap pada bentuknya, tidak berubah, apalagi hancur hingga kapanpun.

Penggunaan limbah *styrofoam* sebagai bahan alternatif untuk perkuatan perkerasan aspal merupakan suatu ide cemerlang, karena bisa mengurangi jumlah limbah yang harus dibuang ke lingkungan, mengingat jumlah limbah *styrofoam* selalu meningkat dari tahun ke tahun (Putri, 2016).

## 2.5 Lapisan Aspal Beton

Lapis aspal beton adalah salah satu jenis perkerasan jalan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal, dengan atau tanpa bahan tambahan. Material-material pembentuk dicampur di instalasi pencampur pada suhu tertentu, yang kemudian diangkut ke lokasi pembangunan jalan, dihamparkan, dan dipadatkan.

Suhu pencampuran ditentukan berdasarkan jenis aspal yang akan digunakan. Jika digunakan semen aspal, maka suhu pencampuran umumnya antara  $145^{\circ}\text{C}$ - $155^{\circ}\text{C}$ , sehingga disebut beton aspal campuran panas. Campuran ini dikenal pula dengan nama *hotmix* (Sukirman, 2003).

Sesuai fungsinya Laston terdiri dari 3 macam campuran yaitu (Spesifikasi 2010) :

1. Laston sebagai lapisan aus, dikenal dengan nama AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*). Ukuran agregat maksimum = 19 mm dan tebal nominal minimum AC-WC adalah 4 cm.
2. Laston sebagai lapisan antara, dikenal dengan nama AC-BC (*Asphalt Concrete-Binder Course*). Ukuran agregat maksimum = 25,4 mm dan tebal nominal minimum AC-BC adalah 5 cm.

3. Laston sebagai lapisan fondasi, dikenal dengan nama AC-base (*Asphalt Concrete-Base*). Ukuran agregat maksimum = 37,5 mm dan tebal nominal minimum AC-Base adalah 6 cm.

Tabel 2.6 Spesifikasi gradasi agregat untuk Laston

| Ukuran Ayakan | Bukaan Ayakan (mm) | % Berat Lolos Laston |        |         |
|---------------|--------------------|----------------------|--------|---------|
|               |                    | AC-WC                | AC-BC  | AC-Base |
| 1½ inci       | 37,5               | 100                  | 100    | 100     |
| 1 inci        | 25                 | 100                  | 100    | 90-100  |
| ¾ inci        | 19                 | 100                  | 90-100 | 76-90   |
| ½ inci        | 12,5               | 90-100               | 75-90  | 60-78   |
| 3/8 inci      | 9,5                | 77-90                | 66-82  | 52-71   |
| No. 4         | 4,75               | 53-69                | 46-64  | 35-54   |
| No. 8         | 2,36               | 33-53                | 30-49  | 23-41   |
| No. 16        | 1,18               | 21-40                | 18-38  | 13-30   |
| No. 30        | 0,6                | 14-30                | 12-28  | 10-22   |
| No. 50        | 0,3                | 9-22                 | 7-20   | 6-15    |
| No. 100       | 0,15               | 6-15                 | 5-13   | 4-10    |
| No. 200       | 0,075              | 4-9                  | 4-8    | 3-7     |

(Sumber : Sukirman, 2016)

### 2.5.1 Karakteristik Beton Aspal

Tujuh karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh beton aspal adalah stabilitas, keawetan atau durabilitas, kelenturan atau fleksibilitas, ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*), kekesatan permukaan atau ketahanan geser, kedap air, dan mudah untuk dilaksanakan (Sukirman, 2016).

Ke-tujuh karakteristik campuran beton aspal sebagai berikut :

1. Stabilitas adalah kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur, dan bleeding. Kebutuhan akan stabilitas sebanding dengan fungsi jalan, dan beban lalu lintas yang akan dilayani. Jalan yang melayani volume lalu lintas tinggi dan dominan terdiri dari kendaraan berat membutuhkan perkerasan jalan dengan stabilitas

- tinggi. Sebaliknya perkerasan jalan yang diperuntukan untuk melayani lalu lintas kendaraan ringan, tentu tidak memerlukan nilai stabilitas yang tinggi.
2. Keawetan atau durabilitas adalah kemampuan beton aspal menerima repetisi beban lalu lintas seperti berat kendaraan, gesekan antara roda kendaraan dan permukaan jalan, serta menahan keausan akibat pengaruh cuaca dan iklim, seperti udara, air, atau perubahan temperatur. Durabilitas beton aspal dipengaruhi oleh tebalnya film atau selimut aspal, banyaknya rongga dalam campuran, kepadatan dan kedap airnya campuran.
  3. Kelenturan atau fleksibilitas adalah kemampuan beton aspal untuk menyesuaikan diri akibat penurunan fondasi atau tanah dasar (konsolidasi atau *settlement*), tanpa terjadi retak. Penurunan terjadi akibat repetisi beban lalu lintas, ataupun akibat berat sendiri tanah timbunan yang dibuat di atas tanah asli. Fleksibilitas dapat ditingkatkan dengan menggunakan agregat bergradasi terbuka dan kadar aspal yang tinggi.
  4. Ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*) adalah kemampuan beton aspal menerima lendutan berulang akibat repetisi beban lalu lintas, tanpa terjadinya kelelahan berupa alur dan atau retak. Hal ini dapat dicapai jika menggunakan kadar aspal yang tinggi.
  5. Kekesatan atau tahanan geser (*skid resistance*) adalah kemampuan permukaan beton aspal memberikan gaya gesek pada roda kendaraan sehingga kendaraan tidak tergelincir ataupun slip terutama pada kondisi basah. Faktor-faktor untuk mendapatkan kekesatan jalan sama dengan untuk mendapatkan stabilitas yang tinggi, yaitu kekasaran permukaan butir agregat, luas bidang kontak antar butir, bentuk butir, gradasi agregat, kepadatan campuran, dan tebal film aspal. Ukuran maksimum butir agregat ikut menentukan kekesatan permukaan. Untuk itu agregat yang digunakan tidak saja harus mempunyai permukaan yang kasar, tetapi juga mempunyai daya tahan sehingga permukaannya tidak mudah menjadi licin akibat repetisi kendaraan.
  6. Kedap air (impermeabilitas) adalah kemampuan beton aspal untuk tidak dapat dimasuki air ataupun udara ke dalam lapisan beton aspal. Air dan udara dapat mengakibatkan percepatan proses penuaan aspal, dan pengelupasan film atau



selimut aspal dari permukaan agregat. Jumlah rongga yang tersisa setelah beton aspal dipadatkan dapat menjadi indikator kekedapan campuran. Tingkat impermeabilitas beton aspal berbanding terbalik dengan tingkat durabilitasnya.

7. Mudah dilaksanakan (*workability*) adalah kemampuan campuran beton aspal untuk mudah dihamparkan dan dipadatkan. Tingkat kemudahan dalam pelaksanaan, menentukan tingkat efisiensi pekerjaan. Faktor yang mempengaruhi tingkat kemudahan dalam proses penghamparan dan pemadatan adalah viskositas aspal, kepekaan aspal terhadap perubahan temperatur, dan gradasi serta kondisi agregat. Revisi atau koreksi terhadap rancangan campuran dapat dilakukan jika ditemukan kesukaran dalam pelaksanaan.

Ke-tujuh sifat campuran beton aspal ini tak mungkin dapat dipenuhi sekaligus oleh satu jenis campuran. Sifat beton aspal mana yang dominan lebih diinginkan akan menentukan jenis beton aspal mana yang akan dipilih. Sebagai contoh adalah perkerasan jalan yang melayani lalu lintas ringan, seperti mobil penumpang, sepantasnya lebih sesuai jika dipilih jenis beton aspal yang mempunyai sifat durabilitas, dan fleksibilitas yang tinggi, daripada memilih jenis beton aspal dengan stabilitas tinggi.

Untuk perkerasan jalan yang melayani lalu lintas berat, seperti truk berat, trailer, semi trailer, sepantasnya lebih sesuai jika dipilih jenis beton aspal yang mempunyai sifat stabilitas yang tinggi, daripada memilih jenis beton aspal dengan durabilitas yang tinggi, walaupun membawa konsekuensi lebih menuntut pemeliharaan perkerasan jalan selama umur pelayanan.

Tabel 2.7 Spesifikasi sifat-sifat campuran Laston

| Sifat-sifat campuran            |     | LASTON    |              |               |
|---------------------------------|-----|-----------|--------------|---------------|
|                                 |     | Lapis Aus | Lapis Antara | Lapis Pondasi |
| Penyerapan aspal (%)            | Max | 1,2       | 1,2          | 1,2           |
| Jumlah tumbukan perbidang       |     | 75        | 75           | 112           |
| Rongga dalam campuran (VIM) (%) | Min | 3,0       | 3,0          | 3,0           |
|                                 | Max | 5,0       | 5,0          | 5,0           |
| Rongga dalam agregat (VMA) (%)  | Max | 15        | 14           | 13            |
| Rongga terisi aspal (VFA) (%)   | Min | 65        | 63           | 60            |

Lanjutan Tabel 2.7 Spesifikasi sifat-sifat campuran Laston

| Sifat-sifat campuran  |     | LASTON    |              |               |
|---|-----|-----------|--------------|---------------|
|   |     | Lapis Aus | Lapis Antara | Lapis Pondasi |
| Stabilitas marshall (kg)  | Min | 800       | 800          | 1800          |
|   | Max | -         | -            | -             |
| Pelelehan (mm)  | Min | 2         | 2            | 3             |
|   | Max | 4         | 4            | 6             |
| Marshall Quotient (kg/mm)   | Min | 250       | 250          | 300           |
| Stabilitas Marshall sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C | Min | 90        | 90           | 90            |
| Rongga dalam campuran (%)   | Min | 2,0       | 2,0          | 2,0           |

(Sumber : Spesifikasi Teknik Bina Marga 2010 revisi 3)

Tabel 2.8 Jumlah tumbukan masing-masing sisi benda uji

| Beban lalu lintas | Jumlah lintasan sumbu standar 18000 pon (ESA) | Jumlah tumbukan masing-masing sisi benda uji |
|-------------------|---|--|
| Ringan            | $< 10^4$                                      | 35   |
| Sedang            | $10^4 - 10^6$                                 | 50   |
| Berat             | $> 10^6$                                      | 75   |

(Sumber : Sukirman, 2016)