

# Variasi HDPE

(High Density Polyethylene)

Untuk Lapis Aus  
Asphalt Concrete Wearing Coarse  
(AC-WC)



Sri Wiwoho Mudjanarko  
Koespiadi  
Suprayitno  
Arthur Daniel Limantara



**Variasi HDPE (*High Density Polyethylene*)  
Untuk Lapis Aus Asphalt Concrete  
Wearing Coarse (AC-WC)**

**Dr. Sri Wiwoho Mudjanarko, ST., MT.  
Dr. Ir. Koespiadi, MT.  
Suprayitno, ST., MT.  
Ir. Arthur Daniel Limantara, M.M., M.T.**



# **Variasi HDPE (*High Density Polyethylene*) Untuk Lapis Aus Asphalt Concrete Wearing Coarse (AC-WC)**

Author :

**Dr. Sri Wiwoho Mudjanarko, ST., MT.**

**Dr. Ir. Koespiadi, MT.**

**Suprayitno, ST., MT.**

**Ir. Arthur Daniel Limantara, M.M., M.T.**

Layouter :

**Ahlan Tulaska**

Editor :

**Nur Azizah**

Design Cover :

**Azizur Rachman**

copyright©2019 Penerbit Scopindo Media Pustaka

Jl. Menanggal 3 No. 45 Surabaya, 60245

Telp. 0811-300-229

[scopindomedia@gmail.com](mailto:scopindomedia@gmail.com)

**ISBN : 978-623-92163-2-0**

Url : <http://bit.ly/VariasiHDPE>

Hak cipta dilindungi oleh Undang-undang

Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku tanpa izin tertulis dari Penerbit



Sanksi Pelanggaran Pasal 113  
Undang-undang Nomor 28 Tahun 2014  
Tentang Hak Cipta

- 1) Setiap orang yang dengan atau tanpa hak melakukan pelanggaran terhadap hak ekonomi yang sebagaimana dimaksud dalam pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan ancaman pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp. 100.000.000 (seratus juta rupiah)
- 2) Setiap orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp. 500.000.000 (lima ratus juta rupiah).
- 3) Setiap orang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau Pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf a, huruf b, huruf e, dan/atau huruf g untuk penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama (empat) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp. 1.000.000.000 (satu miliar rupiah).
- 4) Setiap orang memenuhi unsur sebagaimana dimaksud ayat (3) yang dilakukan dalam bentuk pembajakan, dipidana dengan pidana penjara paling lama 10 (sepuluh) tahun dan/ atau pidana denda paling banyak Rp. 4.000.000.000 (empat miliar rupiah)



# KATA PENGANTAR

*Assalamualaikum, Wr, Wb*

Dengan mengucapkan Alhamdulillahirabbil'alamin sebagai ucapan Puji Syukur Kehadirat Allah swt atas segala Rahmat dan NikmatNya, sehingga buku Variasi HDPE (*High Density Polyethylene*) Untuk Lapis Aus Asphalt Concrete Wearing Coarse (AC-WC) dapat diselesaikan.

Buku Variasi HDPE (*High Density Polyethylene*) Untuk Lapis Aus Asphalt Concrete Wearing Coarse (AC-WC) ini berisi tentang penggunaan campuran plastik pada aspal. Pembuatan Buku ini juga dibuat sebagai salah satu output Hibah Penelitian RistekDikti Tahun Anggaran ke I/2019 Skim Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi (PTUPT). Pada kesempatan yang baik ini tim penulis mengucapkan terima kasih kepada Rektor, Dekan Teknik Sipil dan Pimpinan LPPM Universitas Narotama yang telah memberikan kesempatan melakukan penerbitan Buku Variasi HDPE (*High Density Polyethylene*) Untuk Lapis Aus Asphalt Concrete Wearing Coarse (AC-WC). Ucapan terima kasih kepada Pimpinan Universitas Negeri Surabaya (UNESA) dan Universiti Tun Hussein Onn (UTHM) Malaysia atas kerjasama penelitian di antara dosen

kedua pihak. Pada kesempatan yang baik ini, penulis juga mengucapkan terima kasih kepada saudara/i Tubagus Purworusmiardi S.Kom., MM., Achmad Muchayan ST., MM., Alexander Machicky Mayestino ST., MT., Wahyu Setiawan ST, Suprayitno ST., MT., Mega Maharani Lestari, Devita Anggarani Lestari dan Firdaus Pratama Wiwoho yang telah memberi semangat maupun membantu melaksanakan penelitian secara bersama. Ucapan terima kasih sebesar-besarnya kepada Kementerian Riset, Teknologi, Dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia yang telah memberi kesempatan melakukan penelitian dan bantuan biaya penelitian. Tak ketinggalan mahasiswa teknik sipil universitas Narotama yang berperan serta dalam pembuatan buku Variasi HDPE (*High Density Polyethylene*) Untuk Lapis Aus Asphalt Concrete Wearing Coarse (AC-WC) dari awal desain sampai pembuatan di laboratorium. Tim Penulis berharap buku ini bermanfaat buat pembaca menambah pengetahuan di bidang teknik sipil dan sekaligus mohon koreksi membangun demi kesempurnaan buku ini di kemudian hari.

*Wassalamualaikum Wr. Wb.*

Surabaya, Nopember 2019

Tim Penulis



# DAFTAR ISI

|                                                       |           |
|-------------------------------------------------------|-----------|
| HALAMAN JUDUL .....                                   | i         |
| KATA PENGANTAR.....                                   | v         |
| DAFTAR ISI .....                                      | vii       |
| DAFTAR GAMBAR .....                                   | ix        |
| DAFTAR TABEL .....                                    | x         |
| <br>                                                  |           |
| <b>BAB I PERKERASAN JALAN .....</b>                   | <b>1</b>  |
| A. Definisi Perkerasan Jalan .....                    | 1         |
| B. Jenis Perkerasan Jalan.....                        | 2         |
| <br>                                                  |           |
| <b>BAB II ASPAL .....</b>                             | <b>9</b>  |
| A. Definisi Aspal .....                               | 9         |
| B. Jenis Aspal.....                                   | 12        |
| <br>                                                  |           |
| <b>BAB III AGREGAT.....</b>                           | <b>21</b> |
| A. Definisi Agregat .....                             | 21        |
| B. Jenis Agregat.....                                 | 22        |
| <br>                                                  |           |
| <b>BAB IV PLASTIK JENIS HDPE (<i>HIGH DENSITY</i></b> |           |
| <b><i>POLYETHYLENE</i>) .....</b>                     | <b>27</b> |
| A. Definisi Plastik Jenis HDPE ( <i>High Density</i>  |           |
| <i>Polyethylene</i> ) .....                           | 27        |
| B. Sifat-sifat Plastik <i>Polyethylene</i> .....      | 29        |



|                                                                                                                                             |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| C. Plastik dan Perkerasan .....                                                                                                             | 30        |
| D. Sifat-sifat Marshall.....                                                                                                                | 31        |
| <b>BAB IV EKSPERIMENT ASPAL PLASTIK.....</b>                                                                                                | <b>35</b> |
| A. Perencanaan Campuran Kerja.....                                                                                                          | 35        |
| B. Proses Mencampur .....                                                                                                                   | 47        |
| C. Hasil Benda Uji Campuran Beraspal Panas dengan<br>Menggunakan Limbah Plastik HDPE ( <i>High Density<br/>        Polyethylene</i> ) ..... | 54        |
| <b>BAB V PENUTUP.....</b>                                                                                                                   | <b>57</b> |
| <b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>                                                                                                                  | <b>61</b> |
| <b>TENTANG PENULIS.....</b>                                                                                                                 | <b>65</b> |

# DAFTAR GAMBAR

|                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 1.1. Konstruksi Perkerasan Lentur .....                                              | 4  |
| Gambar 2.1. Materal krikil dan aspal .....                                                  | 11 |
| Gambar 4.1. Plastik limbah HDPE .....                                                       | 28 |
| Gambar 5.1. Proses Pengolahan Limbah Plastik .....                                          | 37 |
| Gambar 5.2. Alat Analisa Saringan dan Shieve Shaker .....                                   | 38 |
| Gambar 5.3. Alat Pengujian Keausan Agregat dengan<br>Alat Los Angeles / Abrasi .....        | 40 |
| Gambar 5.4. Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar .....                                       | 41 |
| Gambar 5.5. Alat Pengujian Berat Jenis Agregat Halus .....                                  | 43 |
| Gambar 5.6. Alat Pengujian Penetrasi .....                                                  | 45 |
| Gambar 5.7. Alat Pengujian Titik Lembek .....                                               | 46 |
| Gambar 5.8. Proses Pencampuran Benda Uji Beraspal<br>Panas Menggunakan Limbah Plastik ..... | 48 |
| Gambar 5.9. Benda Uji Campuran Beraspal Panas<br>diameter 10 cm .....                       | 49 |
| Gambar 5.10. Alat Pengujian Marshall .....                                                  | 50 |
| Gambar 5.10. Grafik Gradasi Gabungan Agregat dan<br>Bahan Pengisi (filler) .....            | 52 |

# DAFTAR TABEL

|                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 1.1. Ketentuan Sifat – sifat Campuran Laston (AC) .....                            | 7  |
| Tabel 2.1. Ketentuan-ketentuan untuk Aspal Keras .....                                   | 10 |
| Tabel 2.2. Jenis Aspal Menurut Asalnya .....                                             | 14 |
| Tabel 2.3. Jenis AC menurut Nilai Penetrasi .....                                        | 15 |
| Tabel 2.4. Jenis Aspal Cair .....                                                        | 18 |
| Tabel 3.1 Ketentuan Agregat Kasar .....                                                  | 24 |
| Tabel 3.2 Ketentuan Agregat Kasar .....                                                  | 24 |
| Tabel 3.3 Ukuran Nominal Agregat Kasar .....                                             | 25 |
| Tabel 4.1. Titik Cair beberapa Jenis Polimer .....                                       | 30 |
| Tabel 5.1. Hasil Gradasi Gabungan Agregat dan<br>Bahan Pengisi (filler) .....            | 53 |
| Tabel 5.2. Komposisi 1 Benda Uji <i>Marshall</i> dengan<br>Limbah Plastik HDPE 0% .....  | 55 |
| Tabel 5.3. Komposisi 2 Benda Uji <i>Marshall</i> dengan<br>Limbah Plastik HDPE 4% .....  | 55 |
| Tabel 5.4. Komposisi 3 Benda Uji <i>Marshall</i> dengan<br>Limbah Plastik HDPE 8% .....  | 56 |
| Tabel 5.5. Komposisi 4 Benda Uji <i>Marshall</i> dengan<br>Limbah Plastik HDPE 12% ..... | 5  |



# BAB I

## PERKERASAN JALAN

### A. Definisi Perkerasan Jalan

Konstruksi jalan telah dibuat sejak lama karena jalan raya merupakan infrastruktur yang dibuat oleh manusia untuk memudahkan perjalanan di darat dan meratanya pembangunan ekonomi di berbagai wilayah suatu negara. Infrastruktur jalan merupakan aset ekonomi milik publik yang amat strategis untuk tingkat pelayanan dan kondisinya harus dipelihara secara berkesinambungan.

Infrastruktur jalan sekarang semakin digencarkan dalam pengerjaannya seiring dengan pertumbuhan ekonomi nasional yang mulai maju pesat disertai kenaikan beban volume dan berat kendaraan yang menggunakan jalan semakin banyak, maka perlu kajian ulang dan perencanaan yang matang dalam pembuatan serta perawatan jalan saat ini dan kedepannya.

Oleh karena itu lapis tambahan perlu diperkeras dengan maksud untuk memperkuat daya dukung terhadap beban lalu lintas maka disebut perkerasan (*pavement*). Perkerasan yang dibuat untuk konstruksi jalan disebut perkerasan jalan.

## **B. Jenis Perkerasan Jalan**

Jenis perkerasan jalan dibedakan menurut bahan ikatnya yaitu perkerasan jalan aspal dan perkerasan Jalan semen/beton. Dalam buku ini, fokus membahas tentang perkerasan jalan aspal.

Perkerasan jalan aspal adalah perkerasan jalan yang permukaan bagian atasnya menggunakan campuran agregat-aspal. Struktur perkerasan jalan aspal bersifat relatif lentur karena aspal dapat melunak bila suhu meningkat atau dibebani secara terus menerus. Oleh karena itu maka perkerasan jalan aspal sering juga disebut perkerasan lentur.

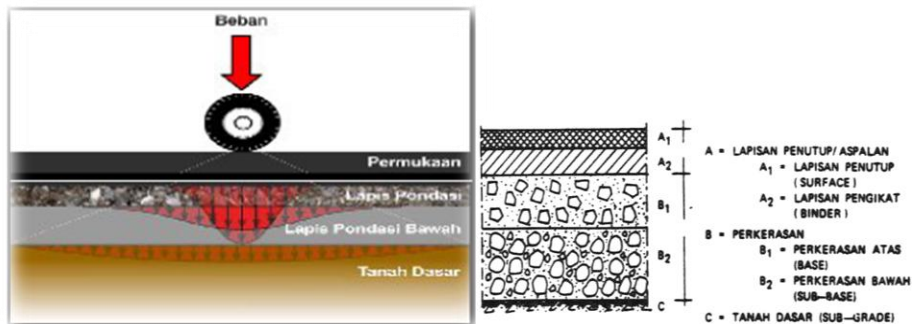
Perkerasan jalan beton/semen adalah perkerasan jalan yang permukaan bagian atasnya menggunakan campuran agregat-semen yang dibentuk menjadi pelat-pelat. Struktur perkerasan jalan beton aspal bersifat relatif kaku karena ikatan kimia antara agregat dan semen menghasilkan struktur komposit yang keras dan kuat. Oleh karena itu maka perkerasan jalan beton sering juga disebut perkerasan kaku.

Ada juga jenis perkerasan jalan yang menggabungkan konstruksi perkerasan lentur dan perkerasan kaku, yaitu perkerasan komposit. Perkerasan komposit terdiri dari pelat beton yang

berfungsi struktural dan lapis tipis campuran beraspal yang berfungsi non struktural. Dengan demikian dalam perkerasan komposit, pelat beton yang mendukung beban lalu lintas sedangkan lapis tipis campuran beraspal menyediakan kekesatan dan kerataan permukaan jalan. Jenis perkerasan komposit pada umumnya diterapkan pada perkerasan bandara atau jalan raya yang *demand* lalu lintasnya tinggi dan tuntutan persyaratan kinerjanya tinggi.

Jenis lapis perkerasan lentur jalan raya yang digunakan di Indonesia antara lain Latasir (Lapis Tipis Aspal Pasir), Laston (Lapis Aspal Beton), SMA (*Split Mastic Asphalt*), Lataston (Lapis Tipis Aspal Beton/HRS), HSMA (*High Stiffness Modulus Asphalt*) dan masih banyak lagi yang lainnya dengan sifat dan karakteristik yang berbeda-beda untuk masing-masing jenis lapis perkerasan. Lapis Aspal Beton (LASTON) merupakan suatu lapisan pada konstruksi perkerasan lentur jalan raya, yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang bergradasi menerus, dicampur, dihampar, dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu.

Perkerasan lentur (*flexible pavement*) yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan - lapisan perkerasan bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar. Perkerasan lentur merupakan perkerasan jalan yang umum dipakai di Indonesia. Konstruksi perkerasan lentur disebut "lentur" karena konstruksi ini mengizinkan terjadinya deformasi vertikal akibat beban lalu lintas yang terjadi. Perkerasan lentur biasanya terdiri dari 3 (tiga) lapis material konstruksi jalan diatas tanah dasar, yaitu lapis pondasi bawah, lapis pondasi atas, dan lapis permukaan (Sukirman, 2003). Seperti dilihat pada Gambar 2.1 menggambarkan beban yang dipikul oleh perkerasan dan lapis pondasi perkerasan lentur.



Gambar 1.1. Konstruksi Perkerasan Lentur

Sumber : buku pedoman perencanaan jalan perkerasan lentur

Menurut Sukirman (1992) jenis lapis perkerasan lentur yang umum digunakan di Indonesia antara lain:

1. Lapisan bersifat non struktural, berfungsi sebagai lapisan aus dan kedap air antara lain :
  - a. Burtu (laburan aspal satu lapis), merupakan lapis penutup yang terdiri dari lapisan aspal yang ditaburi dengan satu lapis agregat bergradasi seragam, dengan tebal maksimum 2 cm.
  - b. Burda (laburan aspal dua lapis), merupakan lapis penutup yang terdiri dari lapisan aspal ditaburi agregat yang dikerjakan dua kali secara berturutan dengan tebal padat maksimum 3 - 5 cm.
  - c. Latasir (lapis tipis aspal pasir), merupakan lapis penutup yang terdiri dari lapisan aspal dan pasir alam bergradasi menerus dicampur, dihampar dan dipadatkan dengan tebal padat 1 - 2 cm.
  - d. Buras (laburan aspal), merupakan lapis penutup terdiri dari lapisan aspal taburan pasir dengan ukuran butir maksimum 3/8 inch.

- e. Latasbum (lapis tipis asbuton murni), merupakan lapis penutup yang terdiri dari campuran asbuton dan bahan pelunak dengan perbandingan tertentu yang dicampur secara dingin dengan tebal padat maksimum 1 cm.
  - f. Lataston (lapis tipis aspal beton), dikenal dengan nama *Hot Roll Sheet* (HRS), merupakan lapis penutup yang terdiri dari campuran antara agregat bergradasi timpang, mineral pengisi (*filler*) dan aspal keras dengan perbandingan tertentu, yang dicampur dan dipadatkan dalam keadaan panas. Tebal padat antara 2,5 – 3 cm.
2. Lapisan bersifat struktural, berfungsi sebagai lapisan yang menahan dan menyebarkan beban roda.
- a. Penetrasi makadam (lapen), merupakan lapis perkerasan yang terdiri dari agregat pokok dan agregat pengunci bergradasi terbuka dan seragam yang diikat oleh aspal dengan cara disemprotkan di atasnya dan dipadatkan lapis demi lapis. Di atas lapen ini biasanya diberi laburan aspal dengan agregat penutup. Tebal lapisan satu lapis dapat bervariasi dari 4-10 cm.
  - b. Lasbutag merupakan suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari campuran antara agregat, asbuton dan bahan pelunak yang diaduk, dihampar dan dipadatkan secara dingin. Tebal padat tiap lapisannya antara 3 – 5 cm.
  - c. Laston (lapis aspal beton), merupakan suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang mempunyai gradasi menerus, dicampur, dihampar dan dipadatkan pada suhu tertentu.

Dalam buku ini jenis beton aspal campuran panas yang ditinjau adalah AC – WC laston sebagai lapis aus. Laston sebagai lapis aus AC – WC adalah lapis perkerasan yang berhubungan langsung dengan ban kendaraan, merupakan



lapisan kedap air, tahan terhadap cuaca dan mempunyai kekesatan yang di syaratkan dengan tebal nominal minimum 4 cm (Spesifikasi Bina Marga Divisi 6 Perkerasan Aspal, 2010). Pada lapisan permukaan mempunyai fungsi sebagai berikut:

1. Lapis perkerasan penahan beban roda, harus mempunyai stabilitas tinggi untuk menahan beban roda selama masa layanan.
2. Lapis kedap air, sehingga air hujan yang jatuh di atasnya tidak meresap ke lapisan dibawahnya dan melemahkan lapisan – lapisan tersebut.
3. Lapisan aus, lapisan yang langsung menerima gesekan akibat gaya rem dari kendaraan sehingga mudah menjadi aus.
4. Lapisan yang menyebarkan beban ke lapisan bawah, sehingga dapat dipikul oleh lapisan lain yang ada di bawahnya.

Untuk dapat memenuhi fungsi tersebut, pada umumnya lapisan permukaan dibuat dengan menggunakan bahan pengikat aspal sehingga menghasilkan lapisan yang kedap air dengan stabilitas yang tinggi dan daya tahan yang lama (Sukirman, 2012). Ketentuan sifat – sifat campuran beraspal panas menurut Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3 untuk Laston (AC) bergradasi kasar disajikan pada Tabel 1.1

Tabel 1.1. Ketentuan Sifat - sifat Campuran Laston (AC)

| Sifat - sifat Campuran                                               |      | Laston    |              |         |
|----------------------------------------------------------------------|------|-----------|--------------|---------|
|                                                                      |      | Lapis Aus | Lapis Antara | Pondasi |
| Jumlah tumbukan per bidang                                           |      | 75        |              | 112     |
| Rasio partikel loloa ayakan 0,77 mm dengan kadar aspal efektif       | Min  | 1,0       |              |         |
|                                                                      | Maks | 1,4       |              |         |
| Rongga dalam campuran                                                | Min  | 3,0       |              |         |
|                                                                      | Maks | 5,0       |              |         |
| Rongga dalam Agregat (VMA) (%)                                       | Min  | 15        | 14           | 13      |
| Rongga Terisi Aspal (%)                                              | Min  | 65        | 65           | 65      |
| Stabilitas Marshall (kg)                                             | Min  | 800       |              | 1800    |
| Pelelehan (mm)                                                       | Min  | 2         |              | 3       |
|                                                                      | Maks | 4         |              | 6       |
| Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60 °C | Min  | 90        |              |         |
| Rongga dalam campuran (%) pada Kepadatan membal (fefusal)            | Min  | 2         |              |         |

Sumber : Spesifikasi Umum 2010 Revisi 3 Ditjen Bina Marga

Menurut Sulaksono (2001) menjelaskan bahwa suatu konstruksi jalan terdiri atas hal berikut:

1. Tanah dasar yaitu: tanah yang dipampatkan, baik hasil dari galian maupun hasil timbunan. Tanah dasar ini merupakan badan jalan yang disiapkan sedemikian rupa sehingga cukup pampat, kedap air, stabil, serta tidak retak pada saat musim panas dan tidak licin pada saat hujan. Pada saat tanah dibebani, maka beban akan menyebar ke dalam tanah dalam bentuk tegangan tanah. Tegangan ini akan menyebar sedemikian rupa sehingga dapat menyebabkan terjadinya lendutan dan akhirnya keruntuhan.

2. Lapis fondasi yaitu: lapis yang terdiri dari lapis fondasi bawah dan lapis fondasi atas. Lapisan ini merupakan fondasi dari suatu struktur perkerasan. Distribusi beban dan kekuatan struktur ditentukan pada lapisan ini.
3. Lapis permukaan yaitu: suatu lapisan yang langsung berhubungan dengan beban (roda kendaraan). Lapis permukaan ini sudah termasuk sebagai lapis aus, tetapi tidak jarang ada beberapa lapisan permukaan ditambah dengan lapis aus. Karena kontak langsung dengan beban kendaraan maka lapisan ini akan mengalami tekanan geser, dan memiliki daya tahan yang cukup baik.

# BAB II

# ASPAL

## A. Definisi Aspal

Defenisi dari aspal adalah merupakan material berwarna hitam atau coklat tua. Pada temperature ruang berbentuk padat sampai agak padat, jika dipanaskan sampai temperature tertentu dapat menjadi lunak/ cair sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan campuran aspal beton atau dapat masuk kedalam pori-pori yang ada pada penyemprotan/penyiraman pada perkerasan jalan. Aspal pada umumnya harus memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan sesuai dengan ketentuan yang ada, seperti ditunjukkan pada tabel 2.1.

Tabel 2.1. Ketentuan-ketentuan untuk Aspal Keras

| No                                                                                  | Jenis Pengujian                                      | Metode Pengujian | Tipe I Aspal Pen. 60-70 | Tipe II Aspal yang Dimodifikasi |                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------|-------------------------|---------------------------------|--------------------|
|                                                                                     |                                                      |                  |                         | Asbuton yang diproses           | Elastomer Sintetis |
| 1                                                                                   | Penetrasi pada 25 °C                                 | SNI 06-2456-1991 | 60-70                   | Min. 50                         | Min. 40            |
| 2                                                                                   | Viskositas Dinamis 60 °C (Pa.s)                      | SNI06-6441-2000  | 160-240                 | 240-360                         | 320-480            |
| 3                                                                                   | Viskositas Kinematis 135 °C (cSt)                    | SNI06-6441-2000  | ≥ 300                   | 385-2000                        | ≤ 3000             |
| 4                                                                                   | Titik Lembek (°C)                                    | SNI 2434:2011    | ≥ 48                    | ≥ 53                            |                    |
| 5                                                                                   | Daktalitas pada 25 °C, (cm)                          | SNI 2432:2011    | ≥ 100                   | ≥ 100                           | ≥ 100              |
| 6                                                                                   | Titik Nyala (°C)                                     | SNI 2433-2011    | ≥ 232                   | ≥ 232                           | ≥ 232              |
| 7                                                                                   | Kelarutan dalam Trichloroehylene (%)                 | AASHTO T44-03    | ≥ 99                    | ≥ 90                            | ≥ 99               |
| 8                                                                                   | Berat Jenis                                          | SNI 2441:2011    | ≥ 1,0                   | ≥ 1,0                           | ≥ 1,0              |
| 9                                                                                   | Stabilitas Penyimpanan : Perbedaan Titik Lembek (°C) | ASTM D 5976      |                         | ≤ 2,2                           | ≤ 2,2              |
| 10                                                                                  | Partikel yang lebih halus dari 150 micron (jam)(%)   |                  |                         | Min. 95                         |                    |
| <b>Pengujian Residu hasil TFOT (SNI-06-2440-1991) atau RTFOT (SNI-03-6835-2002)</b> |                                                      |                  |                         |                                 |                    |
| 11                                                                                  | Berat yang Hilang                                    | SNI 06-2441-1991 | ≤ 0,8                   | ≤ 0,8                           | ≤ 0,8              |
| 12                                                                                  | Viskositas Dinamis 60 °C (Pa.s)                      | SNI 03-6441-2000 | ≤ 800                   | ≤ 1200                          | ≤ 1600             |
| 13                                                                                  | Penetrasi pada 25 °C                                 | SNI 06-2456-1991 | ≥ 54                    | ≥ 54                            | ≥ 54               |
| 14                                                                                  | Daktalitas pada 25 °C, (cm)                          | SNI 2432-2011    | ≥ 100                   | ≥ 50                            | ≥ 25               |
| 15                                                                                  | Keelastisan setelah Pengembalian (%)                 | AASHTO T 301-98  |                         |                                 | ≥ 60               |

Sumber: Spesifikasi Umum 2010 Revisi 3 Ditjen Bina Marga

Menurut Sukirman (1992) aspal didefinisikan sebagai material perekat yang berwarna hitam pekat atau coklat tua, dengan unsur utama bitumen. Bitumen terutama mengandung senyawa hidrokarbon. Aspal adalah material yang pada temperatur ruang berbentuk pampat sampai agak pampat, dan akan bersifat *termoplastis*. Jadi aspal akan mencair jika dilakukan pemanasan sampai pada temperatur tertentu, dan akan kembali membeku jika temperaturnya turun, bersama dengan agregat, aspal merupakan material pembentuk campuran perkerasan jalan. Banyaknya aspal

dalam campuran perkerasan berkisar antara 4-10 % berdasarkan berat campuran, atau 10-15 % berdasarkan volume campuran. Aspal minyak yang digunakan untuk konstruksi perkerasan jalan merupakan proses dari destilasi minyak bumi, sering disebut aspal semen. Aspal semen bersifat mengikat agregat pada campuran aspal beton dan memberikan lapisan kedap air, serta tahan terhadap pengaruh asam, basa, dan garam.



Gambar 2.1.  
Materal krikil dan aspal

Menurut Totomihardjo (2004) ada beberapa persyaratan aspal sebagai bahan jalan adalah sebagai berikut :

1. Kekakuan/kekerasan atau *stiffness*.
2. Sifat mudah dikerjakan/*workability*.
3. Kuat tarik/*tensile strength* dan adhesi.

Aspal yang digunakan harus memiliki kuat tarik dan adhesi yang cukup, sifat ini sangat diperlukan agar suatu lapis perkerasan yang dibuat akan tahan terhadap :

- a. Retak/*cracking*,
  - b. Pengulitan/*stripping*,
  - c. Goyah/*ravelling*.
4. Tahan terhadap cuaca

Sifat ini diperlukan agar aspal tetap memiliki tahanan terhadap perubahan cuaca, misalnya konsistensi tidak banyak berubah akibat cuaca, dapat memenuhi kebutuhan lalu lintas serta tahan lama/*durable*.

## B. Jenis Aspal

Menurut Sulaksono (2001) aspal adalah sejenis mineral yang umumnya digunakan untuk konstruksi jalan, khususnya perkerasan lentur. Aspal merupakan material organik (*hydrocarbon*) yang kompleks, yang dapat diperoleh langsung dari alam atau dengan proses tertentu. Umumnya aspal terbagi atas bentuk cair, semipadat dan padat pada suhu ruang (25°C). Penggunaan aspal sebagai material perkerasan cukup luas, mulai dari lapis permukaan, lapis fondasi, lapis aus, maupun lapis penutup. Aspal dibedakan menjadi lima yaitu seperti di bawah ini.

### 1. Aspal alam

Aspal alam ditemukan di pulau Buton (Sulawesi Tenggara-Indonesia), Perancis, Swiss, dan Amerika Latin. Menurut sifat kekerasannya aspal alam dapat dibagi menjadi dua kelompok yaitu *rock asphalt* dan *lake asphalt*.

### 2. Aspal buatan

Jenis aspal ini dibuat dari minyak bumi sehingga dikenal sebagai aspal minyak, selain itu aspal ini harus dipanaskan terlebih dahulu sebelum digunakan sehingga sering juga disebut sebagai aspal panas. Bahan baku minyak bumi yang baik untuk pembuatan aspal adalah minyak bumi yang banyak mengandung *parafin*. Untuk bahan aspal *parafin* kurang disukai karena akan mengakibatkan aspal bersifat getas, mudah terbakar dan memiliki daya lekat yang buruk dengan agregat. Minyak bumi dapat digolongkan ke dalam *parafin base crude oil*, *asphaltene* atau *naphthen base crude oil* dan *mixed-base crude oil*. *Parafin base crude oil* adalah minyak bumi yang berkadar *parafin* tinggi, *naphthen base crude oil* adalah minyak bumi dengan kadar *parafin* rendah dan *mixed-base crude oil* merupakan campuran dari keduanya. *Asphaltene base crude oil* mengandung banyak gugusan aromatik dan siklik sehingga kadar aspalnya tinggi

sedangkan kadar *parafinnya* rendah. Minyak bumi tersebut kemudian disuling untuk memisahkan bagian-bagian yang mudah menguap dari bagian-bagian yang sukar menguap. Residu atau sisa dari destilasi ini disuling sekali lagi pada suhu yang sama akan tetapi pada tekanan rendah (hampa udara) dan akan menghasilkan fraksi-fraksi seperti gas, oil, minyak pelumas, sebagai sisa akan dihasilkan *straight run* aspal.

3. Aspal cair

Aspal cair adalah aspal keras yang diencerkan dengan 10-20% *kerosin, white spirit* atau *gas oil* untuk mencapai *viskositas* tertentu dan memenuhi fraksi destilasi tertentu. *Viskositas* ini dibutuhkan agar aspal tersebut dapat menutupi agregat dalam waktu yang singkat dan akan meningkat terus sampai pekerjaan pemadatan dapat dilaksanakan.

4. Aspal emulsi

Aspal emulsi adalah aspal yang lebih cair daripada aspal cair dan mempunyai sifat dapat menembus pori-pori halus dalam batuan yang tidak dapat dilalui oleh aspal cair biasa karena sifat pelarut yang membawa aspal dalam emulsi mempunyai daya tarik terhadap batuan yang lebih baik daripada pelarut dalam aspal cair, terutama apabila batuan tersebut agak lembab.

5. Tar

Tar adalah sejenis cairan yang diperoleh dari material organik seperti kayu atau batubara melalui proses pemijaran atau destilasi dengan suhu tinggi tanpa zat asam.



Aspal dapat dikelompokkan berdasarkan, asalnya, seperti disajikan pada Tabel 2.2. berikut ini

Tabel 2.2. Jenis Aspal Menurut Asalnya

|       |                                                                               |                                          | Keterangan                              |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------|
| ASPAL | Aspal Buatan/<br>Aspal Minyak yang berasal dari proses destilasi minyak bumi. | Aspal Keras (AC, Asphalt Cement).        |                                         |
|       |                                                                               | Aspal Cair ( <i>Liquid Asphalt</i> )     | Asal : AC + gasoline/solar/ Kerosin     |
|       |                                                                               | Aspal Emulsi ( <i>Emulsion Asphalt</i> ) | Asal : AC + air + emulgator             |
|       | Aspal Alam                                                                    | Aspal danau                              | Terdapat di Trinidad dan Bermuda        |
|       |                                                                               | Aspal batuan                             | Contoh Aspal Buton (Asbuton atau Butas) |

Menurut Departemen pekerjaan Umum pada Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (Laston) untuk Jalan Raya, SKBI-2.4.26.1987, aspal dibedakan menjadi tiga jenis yaitu:

1. Aspal keras adalah suatu jenis aspal minyak yang merupakan residu hasil destilasi minyak bumi pada keadaan hampa udara, yang pada suhu normal dan tekanan atmosfer berbentuk pampat.
2. Aspal cair adalah aspal minyak yang pada suhu normal dan tekanan atmosfer berbentuk cair, terdiri dari aspal keras yang diencerkan dengan bahan pelarut.
3. Aspal emulsi adalah suatu jenis aspal yang terdiri dari aspal keras, air, dan bahan pengemulsi, dimana pada suhu normal dan tekanan atmosfer berbentuk cair.

Berikut akan dijelaskan lebih rinci terkait jenis aspal dan karakteristiknya:

### 1. Aspal Keras (AC)

Asal aspal keras diperoleh dari proses pengolahan residu/sisa hasil penyulingan minyak bumi jenis *asphaltic base crude oil* atau *mixed base crude oil*. Jenis pengolahan sisa minyak bumi untuk memperoleh AC terdiri dari *vacuum and steam refining process* dan *solvent diasphalting process*. Aspal keras bersifat termoplastik artinya pada suhu kamar aspal akan berujud padat dan semakin melunak/mencair bila suhunya meningkat.

Karakteristik AC terdiri dari :

#### a. Konsistensi (*Consistency*)

Konsistensi merupakan sifat terpenting AC, sehingga merupakan dasar penggolongan AC. Konsistensi digunakan untuk menyatakan derajat kemudahan mengalir (*fluidity*) aspal pada suhu 25°C. Pengukuran pada suhu 25°C ditetapkan di Amerika Serikat karena suhu tersebut merupakan rerata perkerasan aspal di sana. Sebenarnya, konsistensi aspal terkait dengan kekentalan/viskositas AC. Namun karena pengukuran kekentalan AC pada suhu 25°C tidak dapat dilakukan, maka kekentalan dinilai berdasarkan nilai penetrasi yang diperoleh dari uji penetrasi aspal. Jenis AC menurut nilai penetrasi disajikan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3. Jenis AC menurut Nilai Penetrasi

|               |                               |
|---------------|-------------------------------|
| 1) AC 40/50   | AC dengan penetrasi 40 - 50   |
| 2) AC 60/70   | AC dengan penetrasi 60 - 70   |
| 3) AC 85/100  | AC dengan penetrasi 85 - 100  |
| 4) AC 120/150 | AC dengan penetrasi 120 - 150 |
| 5) AC 200/300 | AC dengan penetrasi 200 - 300 |

Semakin tinggi nilai peneterasi aspal keras, berarti pula semakin meningkat pula ketahanan aspal terhadap peningkatan suhu (lapangan). Bila di wilayah yang mengalami musim dingin dapat digunakan AC 200/300, maka di Indonesia pada umumnya digunakan jenis AC 60/70 karena suhu rerata perkerasan aspal di Indonesia relatif lebih tinggi.

b. *Kemurnian (Purity)*

Kemurnian AC terkait dengan kadar bahan pengotor aspal yaitu air atau bahan kotoran lain yang tidak larut *carbon disulfide*.

c. *Keamanan*

Keamanan AC terkait dengan suhu mulai terbakarnya aspal. Pembakaran aspal yang melampaui titik bakarnya akan merusak kualitas aspal. Pelaksanaan pemanasan aspal secara manual oleh pekerja di proyek jalan tergolong berbahaya sehingga jika dilakukan harus secara hati-hati.

Penggunaan AC sebagai bahan ikat pada campuran beraspal panas (*hot mixed asphalt*), yaitu campuran agregat panas dan aspal keras yang dipanaskan sehingga cair. Sampai saat ini, AC dinilai paling baik memberikan daya ikat terhadap agregat, sehingga hampir selalu digunakan untuk pembuatan *lapisstruktural*. Hal tersebut disebabkan pemanasan aspal dapat menurunkan kekentalan aspal sehingga cukup memadai untuk melapisi agregat dan mengikatnya setelah aspal mendingin. Kelemahannya : karena harus dipanaskan sebelum digunakan maka selain berbahaya bagi pekerja konstruksi juga membutuhkan energi yang banyak.

Dalam hal pengujian AC, aspal yang akan digunakan pada konstruksi jalan harus diuji lebih dulu di laboratorium. Hal tersebut dimaksudkan untuk mengetahui bahwa aspal yang akan digunakan telah memenuhi persyaratan teknik yang ditentukan. Persyaratan teknis mutlak dipenuhi sebagai upaya menghasilkan konstruksi aspal yang berkinerja baik. Misalnya aspal harus memenuhi

persyaratan kelekatan agregat terhadap aspal sehingga jika digunakan aspal tersebut dapat mengikat agregat secara kuat. Uji standar aspal keras terdiri dari :

- 1) Uji penetrasi (suhu 25°C, 5 detik, beban 100 gram), satuan dmm.
- 2) Uji titik lembek, satuan °C.
- 3) Uji daktilitas (25°C, 5 cm/menit), satuan cm.
- 4) Uji kelarutan dalam  $C_2HCl_3$ , satuan %.
- 5) Uji titik nyala dan titik bakar, satuan °C.
- 6) Uji kelekatan agregat terhadap aspal (%).
- 7) Uji berat jenis (pada suhu 25°C).
- 8) Uji kehilangan berat (163°C, 5 jam), satuan % berat.
- 9) Uji penetrasi setelah kehilangan berat, satuan % semula.
- 10) Uji daktilitas setelah kehilangan berat, satuan cm.
- 11) Uji titik lembek setelah kehilangan berat, satuan °C.
- 12) Uji viskositas pada beberapa suhu tinggi, yaitu 120°C, 140°C, 160°C dan 180°C. Satuan viskositas adalah centistokes (cSt).

## 2. Aspal Cair/ *Cut Back Asphalt*

Asal aspal cair adalah AC yang telah dilarutkan dalam bahan pelarut minyak (*petroleum solvent*). Berdasarkan bahan pelarut dan kecepatan penguapan bahan pelarut, aspal cair dikelompokkan menjadi 3 kelompok besar, yaitu :

- a. AC + gasoline/naphta : *rapid curing liquid asphalt (RC)*, paling cepat menguap.
- b. AC kerosene : *medium curing liquid asphalt (MC)*.
- c. AC + solar : *slow curing liquid asphalt (SC)*.

Semakin cepat aspal tersebut mengeras, semakin cepat lapisan permukaan jalan yang dibentuknya untuk siap melayani lalu lintas. Jenis aspal cair dinilai dari kekentalan. Uji kekentalan aspal cair dilakukan dengan viskosimeter pada suhu 140 °F atau 60 °C. Aspal

cair diberi nama dengan indeks sesuai dengan kekentalannya seperti disajikan pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4. JenisAspal Cair

| <i>Rapid Curing (RC)</i> | <i>Medium Curing (MC)</i> | <i>Slow Curing (SC)</i> |
|--------------------------|---------------------------|-------------------------|
| RC 30 – 60               | MC 30 – 60                | SC 30 – 60              |
| RC 70 – 140              | MC 70 – 140               | SC 70 – 140             |
| RC 250 – 500             | MC 250 – 500              | SC 250 – 500            |
| RC 800 – 1600            | MC 800 – 1600             | SC 800 – 1600           |
| RC 3000 – 6000           | MC 3000 – 6000            | SC 3000 – 6000          |

Penggunaan aspal cair sebagai bahan ikat pada campuran dingin - hangat (pemanasan minimum) dengan agregat dingin. Aspal cair tipe RC dan MC digunakan secara luas untuk pekerjaan jalan, *airport*, industri berupa pekerjaan *coating* (*prime coat* dan *tack coat*) dan pembuatan beton aspal campuran dingin (*cold mix*).

Pengujian standar aspal cair terdiri dari :

- 1) Uji kekentalan kinematik.
- 2) Uji titik nyala.
- 3) Uji distilasi.

### 3. Aspal Emulsi/*Emulsified Asphalt*

Asal aspal emulsi adalah AC yang dilarutkan ke dalam air dan diberi bahan pengemulsi/*agent*. Aspal dan air yang dicampur berupa dispersi butiran aspal halus di dalam air. Sebaran butiran halus aspal dapat dipertahankan sehingga tidak berkumpul dan menggumpal dengan penambahan *surface active agent* (emulgator).

Jenis aspal emulsi dibedakan menurut dua kriteria yaitu muatan listrik bahan emulsinya dan kecepatan mengerasnya. Berdasarkan muatan listrik bahan emulsinya ada 3 jenis aspal emulsi yaitu :

- a. Anionik : bermuatan listrik negatif (emulgator : Natrium Oleat)
- b. Kationik : bermuatan listrik positif (emulgator : Amine)
- c. Nonionik : tidak bermuatan listrik

Berdasarkan kecepatan pengerasannya, aspal emulsi dibedakan menjadi 3 kelompok, yaitu :

- 1) *Rapid Setting (RS)*, mengandung sedikit bahan emulsi sehingga pengikatannya (paling) cepat.
- 2) *Medium Setting (MS)*.
- 3) *Slow Setting (SS)*, paling lambat menguap.

Semakin cepat aspal tersebut mengeras, semakin cepat lapisan permukaan jalan yang dibentuknya untuk siap melayani lalu lintas. Penggunaan aspal emulsi yang lazim adalah untuk lapis permukaan non struktural atau kegiatan perawatan rutin. Keuntungan penggunaan aspal emulsi adalah :

- 1) Tidak ada bahaya kebakaran, karena merupakan campuran dingin.
- 2) Tidak ada polusi.
- 3) Sesuai untuk pekerjaan *kecil/unskilled labour*.
- 4) Dapat digunakan pada kondisi agregat kering atau basah.

Kelemahannya adalah aspal emulsi baru dapat berfungsi setelah air menguap dan tidak dapat digunakan untuk lapis permukaan struktural.



# BAB III

## AGREGAT

### A. Definisi Agregat

Agregat adalah bahan keras dan kaku yang digunakan sebagai bahan campuran beraspal. Agregat terdiri dari butiran-butiran dan dapat berupa pasir, kerikil, agregat pecah, dan abu batu.

Kendaraan yang melaju di atas permukaan jalan akan membebani struktur perkerasan di bawahnya. Beban kendaraan akan disalurkan oleh lapis-lapis perkerasan jalan sehingga pada saat mencapai *subgrade*, tegangan yang terjadi sudah mengecil. Pada perkerasan *lentur*, penyaluran beban berlangsung pada setiap lapisan melalui mekanisme kontak antar batuan, gesekan (*friction*) dan kunciian (*interlocking*) antar butiran agregat dan dibantu oleh ikatan antar butiran yang ditimbulkan oleh aspal.



## B. Jenis Agregat

Ada beberapa cara penggolongan agregat sebagai bahan jalan yaitu menurut asalnya, gradasi, bentuk butiran dan tekstur.

Menurut asalnya ada tiga jenis batuan yaitu :

1. Batuan alami, terdiri tiga jenis : batuan beku (*igneous rock*), batuan sedimen (*sedimentary rock*), batuan metamorf (*metamorphic rock*)
2. Batuan buatan (*artificial rock*), biasanya untuk *filler*
3. Batuan sisa/bekas (*waste material*), contohnya *slag* (limbah pengolahan besi, baja, nikel, emas), abu terbang (*fly ash*).

Pada dasarnya semua batuan tersebut baik untuk bahan jalan sepanjang memenuhi persyaratan sifat teknis agregat.

Gradasi adalah sebaran ukuran butiran dan dianalisis dengan uji saringan. Menurut gradasinya asalnya ada tiga jenis gradasi yaitu:

1. Gradasi rapat (*dense grading*), yaitu sebaran ukuran butiran yang relatif "merata" untuk seluruh ukuran saringan.
2. Gradasi terbuka (*open grading*) atau gradasi seragam (*uniform grading*), yaitu sebaran ukuran butiran yang relatif seragam sehingga cukup banyak mengandung rongga-rongga di antara butirannya.
3. Gradasi timpang (*gap grading*), yaitu sebaran ukuran butiran yang mengalami kekurangan pada salah satu atau dua nomor saringan.

Semua gradasi tersebut dapat digunakan untuk konstruksi jalan sepanjang dirancang dengan baik untuk menemukan kadar aspal optimumnya. Masing-masing gradasi memiliki karakteristik teknik tertentu karena perbedaan perilaku gradasi tersebut. Gradasi rapat lazim digunakan pada perancangan campuran beraspal atau beton. Gradasi terbuka lazim untuk perancangan campuran beraspal jenis *porous asphalt* atau beton non pasir. Gradasi tersebut lazim

digunakan di campuran beraspal jenis *Hot Rolled Asphalt* atau *lataston*.

Berdasarkan ragam bentuknya ada agregat berbentuk bulat, kubikal, tak teratur, pipih dan lonjong. Agregat bulat pada umumnya mudah dipadatkan namun kekuatan yang dihasilkannya relatif rendah. Agregat kubikal pada umumnya dapat menghasilkan campuran beraspal yang memiliki stabilitas/kekuatan yang tinggi namun relatif sulit dipadatkan selama tahap konstruksi. Agregat pipih dan lonjong pada umumnya relatif berkekuatan rendah dan mempersulit pemadatan campuran beraspal. Oleh karena itu penggunaan agregat pipih atau lonjong dibatasi sebesar 25 %.

Agregat juga dapat dibedakan berdasarkan teksturnya menjadi dua yaitu kasar dan halus. Agregat bertekstur kasar memberikan sifat *interlocking* yang lebih baik dari agregat lainnya.

### **1. Agregat Kasar**

- a. Fraksi agregat kasar untuk rancangan campuran adalah yang tertahan ayakan No. 4 (4,75) yang dilakukan secara basah dan harus bersih, keras, awet dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya dan memenuhi ketentuan yang ditunjukkan pada Tabel 3.1.
- b. Fraksi agregat kasar harus dari batu pecah mesin dan disiapkan dalam ukuran nominal sesuai dengan jenis campuran yang direncanakan seperti ditunjukkan pada Tabel 3.2
- c. Agregat kasar harus mempunyai angularitas seperti yang disyaratkan dalam Tabel 3.1 angularitas agregat kasar didefinisikan sebagai persen terhadap agregat yang lebih besar dari 4,75 mm dengan muka bidang pecah satu atau lebih berdasarkan uji menurut SNI 7619 : 2012.
- d. Agregat kasar harus ditumpuk terpisah dan harus dipasok ke instalasi pencampur aspal dengan menggunakan pemasok

penampung dingin sedemikian rupa sehingga gradasi gabungan agregat dapat dikendalikan dengan baik.

Tabel 3.1 Ketentuan Agregat Kasar

| Pengujian                                 |                                               | Standar          | Nilai           |
|-------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------|-----------------|
| Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan | natrium sulfat                                | SNI 3407:2008    | Maks. 12%       |
|                                           | magnesium sulfat                              |                  | Maks. 18%       |
| Abrasi dengan mesin Los Angeles           | Campuran AC Modifikasi                        | 100 putaran      | Maks. 6%        |
|                                           |                                               | 500 putaran      | Maks. 30%       |
|                                           | Semua jenis campuran aspal bergradasi lainnya | 100 putaran      | <b>Maks. 8%</b> |
|                                           |                                               | 500 putaran      | Maks. 40%       |
| Kelekatan agregat terhadap aspal          |                                               | SNI 2439:2011    | Maks. 95%       |
| Butir Pecah pada Agregat Kasar            |                                               | SNI 7619:2012    | 95/90           |
| Partikel Pipih dan Lonjong                |                                               | ASTM D4791       | Maks. 10%       |
| Material lolos Ayakan No. 200             |                                               | SNI 03-4142-1996 | Maks. 2%        |

Sumber: Spesifikasi Umum 2010 Revisi 3 Ditjen Bina Marga

Tabel 3.2 Ketentuan Agregat Kasar

| Jenis Campuran         | Ukuran nominal agregat kasar penampung dingin (cold bin) minimum yang diperlukan (mm) |         |         |         |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|
|                        | 5 - 10                                                                                | 10 - 14 | 14 - 22 | 22 - 30 |
| Lataston Lapis Aus     | Ya                                                                                    | Ya      |         |         |
| Lataston Lapis Pondasi | Ya                                                                                    | Ya      |         |         |
| Laston Lapis Aus       | Ya                                                                                    | Ya      |         |         |
| Laston Lapis Antara    | Ya                                                                                    | Ya      | Ya      |         |
| Laston Lapis Pondasi   | Ya                                                                                    | Ya      | Ya      | Ya      |

Sumber: Spesifikasi Umum 2010 Revisi 3 Ditjen Bina Marga

## 2. Agregat Halus

- a. Agregat halus dari sumber bahan manapun, harus terdiri dari pasir atau hasil pengayakan batu pecah dan terdiri dari bahan yang lolos ayakan No. 4
- b. Fraksi agregat halus pecah mesin dan pasir harus ditempatkan terpisah dari agregat kasar
- c. Agregat pecah halus dan pasir harus ditumpuk terpisah dan harus dipasok ke instalasi pencampur aspal dengan menggunakan pemasok penampung dingin yang terpisah sehingga gradasi gabungan dan presentase pasir didalam campuran dapat dikendalikan dengan baik
- d. Pasir ala dapat digunakan dalam campuran AC sampai suatu batas yang tidak melampaui 15% terhadap berat total campuran.
- e. Agregat halus harus memenuhi ketentuan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Ukuran Nominal Agregat Kasar

| Pengujian                                                  | Standar            | Nilai     |
|------------------------------------------------------------|--------------------|-----------|
| Nilai Setara Pasir                                         | SNI 03-4428-1997   | Min. 60%  |
| Angularitas dengan Uji Kadar Rongga                        | SNI 03-6877-2002   | Min. 45%  |
| Gumpalan Lempung dan Butir-butir Mudah Pecah dalam Agregat | SNI 03-4141-1996   | Maks 1%   |
| Agregat Lolos Ayakan No. 200                               | SNI ASTM C117:2012 | Maks. 10% |

Sumber: Spesifikasi Umum 2010 Revisi 3 Ditjen Bina Marga



# BAB IV

## PLASTIK JENIS HDPE (*HIGH DENSITY POLYETHYLENE*)

### A. Definisi Plastik Jenis HDPE (*High Density Polyethylene*)

High - density polyethylene ( HDPE ) atau polyethylene high - density ( PEHD ) adalah polietilena termoplastik yang terbuat dari minyak bumi. Kadang-kadang disebut "alkathene" atau "polythene" bila digunakan untuk pipa. Dengan rasio kekuatan-kerapatan tinggi, HDPE digunakan dalam produksi botol plastik, pipa tahan korosi, geomembran, dan kayu plastik. HDPE biasanya didaur ulang, dan memiliki nomor "2" sebagai kode identifikasi resinnya. Pada tahun 2007, pasar HDPE global mencapai volume lebih dari 30 juta ton. HDPE, yang ditandai dengan bercabang minimal dari rantai polimer. Kurang bercabang berarti molekul halus yang baik itu digabungkan dengan baik selama kristalisasi, membuat HDPE jauh lebih padat dan kaku. Yang menambahkan kekuatan tarik berarti

HDPE adalah PE pilihan untuk aplikasi yang memerlukan "tulang punggung" lebih sedikit, seperti contoh kendi susu dan deterjen, tong sampah, pipa air dan mainan anak-anak dll.



Gambar 4.1  
Plastik limbah HDPE

Bahan pembuat plastik dari minyak dan gas sebagai sumber alami, dalam perkembangannya digantikan oleh bahan-bahan sintetis sehingga dapat diperoleh sifat-sifat plastik yang diinginkan dengan cara kopolimerisasi, laminasi, dan ekstrusi (Nurminah, 2002). Plastik merupakan polimer yang mempunyai keunggulan yaitu sifatnya kuat tapi ringan, tidak karatan dan bersifat termoplastis serta dapat diberi warna.

Menurut Erliza dan Sutedja, plastik dapat dikelompokkan atas dua tipe, yaitu thermoplastik dan termoset. Thermoplastik adalah plastik yang dapat dilunakkan berulang kali dengan menggunakan panas, antara lain *polyethylene*, *polypropylene*, *polystyrene*, dan *polyvinil chloride*. Sedangkan termoset adalah plastik yang tidak dapat dilunakkan oleh pemanasan, antara lain *phenol formaldehid* dan *urea formaldehid* (Nurminah, 2002). Menurut Nazir (2002) Secara umum dikenal beberapa jenis plastik yang sering digunakan antara lain adalah:

1. HDPE (*High Density Polyethylene*)
2. LDPE (*Low Density Polyethylene*)
3. PP (*Polypropylene*)
4. PS (*Polystyrene*)
5. Vinyl (*Polyvinyl Chloride*)
6. PET (*Polyethylene Terephthalate*)

HDPE (*High Density Polyethylene*) adalah polietilena berdensitas tinggi. Ciri-ciri HDPE yaitu berdensitas sama dengan atau melebihi 0.941 g/cm<sup>3</sup>. Dalam percabangannya HDPE mempunyai derajat rendah dan mempunyai kekuatan antar molekul yang begitu tinggi serta kekuatan tensil. HDPE dapat diproduksi dengan katalis metallocene, katalis Ziegler-Natta, dan katalis kromium/ silika. HDPE banyak digunakan sebagai bahan pembuatan botol susu, botol atau kemasan deterjen, tempat sampah, kemasan margarin dan pipa air.

Mujiarto (2005) menerangkan PET terbentuk dari *ethylene glycol* (EG) dan *terephthalic acid* (TPA) atau *dimethyl ester* atau asam terephthalat (DMT)

## **B. Sifat-sifat Fisik *Polyethylene***

Jika kita melihat massa molekul dan kristalinitas, titik leleh dan transisi gelas maka sulit melihat sifat fisik polietilena. Hal itu karena temperatur dari titik tersebut sangat bervariasi tergantung dari tipe polietilenanya. Dalam tingkat komersil, polietilena berdensitas menengah dan tinggi, titik lelehnya sekitar 120°C sampai 135°C. Sedangkan titik leleh polietilena berdensitas rendah sekitar 105°C sampai 115°C.

Menurut Surdia dan Saito (2005) sifat khas polimer sangat berubah oleh perubahan temperatur. Hal ini disebabkan apabila temperatur berubah, pergerakan molekul karena termal akan mengubah molekul atau merubah struktur (terutama struktur yang



berdimensi besar). Berikut adalah tabel suhu titik cair ( $T_m$ ) beberapa jenis polimer ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Titik Cair beberapa Jenis Polimer

| Polimer                | $T_m$ (°C) |
|------------------------|------------|
| Polietilen             | 105-115    |
| Polimetilen            | 132        |
| Polivinil klorida      | 100        |
| Poliviniliden klorida  | 190        |
| Politetrafluoroetilen  | 327        |
| Silikon                | -58        |
| Karet alam             | 30         |
| Nilon 66               | 256        |
| Nilon 6                | 223        |
| Poliuretan             | 185        |
| Polietilen tereftalate | 264        |

Sumber: (Surdia dan Saito, 2005)

### C. Plastik dan Perkerasan

Menurut Suroso (2004) menjelaskan bahwa suatu cara meningkatkan titik leleh aspal adalah dengan menambahkan plastik. Dari hasil penelitiannya, penambahan plastik ke dalam aspal meningkatkan titik leleh aspal yang juga otomatis menurunkan nilai penetrasi aspal sehingga tidak mudah terpengaruh oleh perbedaan temperatur, menaikkan nilai stabilitas dan *Marshall Quotient*. Ada dua teknik pencampuran plastik dalam campuran beraspal, yaitu :

1. Cara basah, (*wet process*), yaitu suatu cara pencampuran dimana plastik dimasukkan ke dalam aspal panas dan diaduk dengan kecepatan tinggi sampai homogen. Cara ini membutuhkan tambahan dana cukup besar antara lain bahan bakar, mixer kecepatan tinggi sehingga aspal modifikasi yang dihasilkan harganya cukup besar bedanya dibandingkan dengan aspal konvensional.
2. Cara kering (*dry process*), yaitu suatu cara dimana plastik dimasukkan ke dalam agregat yang dipanaskan pada temperatur campuran, kemudian aspal panas ditambahkan. Cara ini bisa lebih murah ketimbang cara basah, lebih mudah hanya dengan memasukkan

plastik ke dalam agregat panas, tanpa membutuhkan peralatan lain untuk mencampur (mixer).

Menurut Nugrohojati (2002) menjelaskan bahwa adanya plastik (*PET*) diyakini dapat meningkatkan kekakuan campuran. Dalam penelitiannya, dengan kadar *additive* 0,3 % pada kadar aspal 6,8% dan 7,3% campuran mempunyai nilai stabilitas yang lebih tinggi daripada campuran dengan kadar *additive* 0,2 % pada kadar aspal yang sama.

#### **D. Sifat-sifat Marshall**

##### *1. Density*

Menurut Roberts dkk. (1991) kadar aspal naik, *density* ikut naik sampai mencapai puncaknya lalu turun. Puncak kepampatan biasanya bersamaan dengan kadar aspal optimum dan stabilitas puncak. Sebenarnya kepampatan yang diperoleh selama pemadatan di laboratorium tidak begitu penting. Hal yang terpenting adalah kedekatan antara kepampatan yang diperoleh di laboratorium dengan kepampatan yang diperoleh di lapangan setelah beberapa tahun dibebani oleh lalu lintas. Kepampatan yang tinggi akan menghasilkan kemampuan untuk menahan beban yang tinggi serta kedekatan terhadap air dan udara yang tinggi.

##### *2. Void Filled With Asphalt (VFWA)*

Menurut Roberts dkk. (1991) *Void Filled With Asphalt* (VFWA) adalah persentase rongga dalam agregat padat yang tersisi aspal. Nilai VFWA yang terlalu tinggi dapat menyebabkan naiknya aspal ke permukaan saat suhu perkerasan tinggi. Sedangkan VFWA yang terlalu rendah berarti campuran bersifat porous dan mudah teroksidasi.

Menurut Sukirman (2003) VFWA adalah aspal yang berfungsi menyelimuti butir-butir agregat di dalam beton aspal padat, atau dengan kata lain VFWA inilah yang merupakan persentase volume beton aspal yang menjadi *film* atau selimut aspal.

##### *3. Void In The Mix (VITM)*

Menurut Sukirman (2003) *Void In The Mix* (VITM) adalah volume pori yang masih tersisa setelah campuran beton

dipadatkan. VITM dibutuhkan untuk tempat bergesernya butir-butir agregat, akibat pemadatan tambahan yang terjadi oleh repetisi beban lalu lintas, atau tempat jika aspal menjadi lunak akibat meningkatnya temperatur. VITM yang terlalu besar akan menyebabkan beton aspal padat berkurang kekedapan airnya, sehingga berakibat meningkatnya proses oksidasi aspal yang akan mempercepat penuaan aspal dan akan menurunkan sifat *durabilitas* beton aspal. Namun, jika VITM terlalu kecil akan mengakibatkan terjadinya *bleeding* jika temperatur meningkat.

Menurut Departemen Pekerjaan Umum pada Petunjuk Pelaksanaan lapis Aspal Beton (Laston) untuk Jalan Raya, SKBI-2.4.26.1987 rongga di dalam campuran adalah perbandingan volume rongga terhadap volume total campuran padat, yang dinyatakan dalam persen.

#### 4. Stabilitas

Menurut Sukirman (2003) 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, kebutuhan akan perkerasan jalan dengan stabilitas tinggi. Sebaliknya, perkerasan jalan yang diperuntukkan untuk melayani lalu lintas ringan tentu tidak perlu mempunyai nilai stabilitas yang tinggi.

Menurut Sulaksono (2001) stabilitas adalah kekuatan campuran menahan deformasi akibat beban lalu lintas. Stabilitas dapat diperoleh melalui tahanan friksi antar agregat, agregat yang saling mengunci (*interlocking*), dan daya kohesi dari aspal. Untuk meningkatkan stabilitas dapat diperoleh dengan cara menggunakan :

- a. Agregat bergradasi rapat (*dense graded*)
- b. Agregat yang bersudut (angular)
- c. Agregat yang memiliki tekstur permukaan yang kasar
- d. Aspal dalam jumlah yang mencukupi untuk menyelimuti partikel agregat
- e. Aspal berpenetrasi rendah

Yang perlu diperhatikan adalah bahwa memaksimalkan nilai stabilitas akan menyebabkan penurunan kinerja campuran lainnya.

#### 5. *Flow*

Menurut Departemen Pekerjaan Umum pada Petunjuk Pelaksanaan lapis Aspal beton (Laston) untuk Jalan raya, SKBI-2.4.26.1987 *flow* adalah besarnya perubahan bentuk plastis suatu benda uji campuran beraspal yang terjadi akibat suatu beban sampai batas keruntuhan, dinyatakan dalam satuan panjang.

Menurut Roberts dkk. (1991) *flow* dalam terminologi *Marshall Test* adalah besarnya deformasi vertikal sampel yang terjadi mulai saat awal pembebanan sampai pada kondisi kestabilan mulai menurun. Nilai *flow* dipengaruhi oleh banyak faktor antara lain kadar dan viskositas aspal, suhu, gradasi, dan jumlah pemadatan. Nilai *flow* yang terlalu tinggi mengindikasikan campuran yang bersifat plastis dan lebih mampu mengikuti deformasi akibat beban, sedangkan *flow* yang terlalu rendah mengisyaratkan campuran tersebut memiliki rongga tak terisi aspal yang lebih tinggi dari kondisi normal, atau kandungan aspal yang terlalu rendah sehingga berpotensi retak dini dan durabilitas rendah.

## 6. *Marshall Quotient*

Menurut Bustaman (2000) *Marshall Quotient* merupakan hasil bagi dari stabilitas terhadap kelelahan yang digunakan untuk pendekatan terhadap tingkat kekakuan atau fleksibilitas campuran. Nilai *Marshall Quotient* yang tinggi menunjukkan nilai kekakuan lapis keras yang tinggi. Lapis keras yang mempunyai nilai *Marshall Quotient* terlalu tinggi akan mudah terjadi retak-retak akibat beban lalu lintas yang berulang-ulang. Sebaliknya nilai *Marshall Quotient* yang terlalu rendah menunjukkan campuran terlalu fleksibel (plastis) yang mengakibatkan lapis keras akan mudah berubah bentuk bila menahan beban lalu lintas.

# BAB V

## EKSPERIMENT ASPAL PLASTIK

### A. Perencanaan Campuran Kerja

#### 1. *Pengertian Resep Campuran Kerja*

Campuran beraspal atau beton dibuat dengan material yang tersedia di lapangan. Variasi sifat-sifat teknik agregat, aspal, dan semen cukup luas sesuai lokasi proyek dan tidak selalu dapat langsung memenuhi persyaratan teknis yang ditetapkan. Oleh karena itu perlu dilakukan tahap coba-coba untuk menemukan komposisi campuran beraspal atau beton yang memenuhi persyaratan teknik. Komposisi campuran beraspal atau beton yang telah memenuhi persyaratan teknik disebut resep campuran kerja. Proses perencanaan resep campuran kerja disebut perencanaan campuran. Resep campuran kerja berupa komposisi fraksi-fraksi agregat yang menghasilkan spesifikasi gradasi dan proporsi bahan ikat, dalam hal ini % aspal atau rasio semen-air.

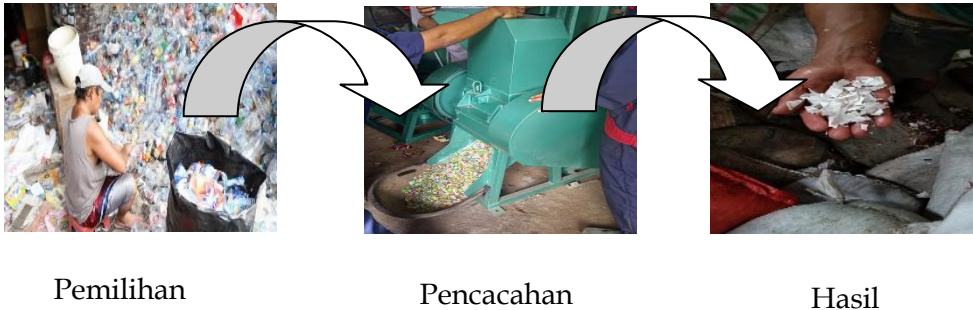
## 2. *Persyaratan Material*

### a. **Limbah Plastik Jenis HDPE (High Density Polyethylene)**

Tahapan proses pengolahan limbah plastik untuk campuran beraspal panas dengan langkah - langkah sebagai berikut :

- 1) Pemilahan jenis limbah plastik, limbah plastik yang telah dibeli dari pengepul kemudian dilakukan pemilahan jenis limbah plastik.
- 2) Ambil limbah plastik jenis HDPE (*High density polyethylene*) Botol oli dan lainnya yang akan digunakan untuk penelitian. Masukkan limbah plastik yang akan digunakan untuk campuran beraspal panas ke dalam wadah atau karung.
- 3) Limbah plastik yang telah dipilah dan di stok dalam wadah/karung selanjutnya dilakukan pencacahan limbah plastik dengan menggunakan alat pencacah yang tujuannya agar limbah plastik tersebut agar sesuai dengan ukuran yang disyaratkan.
- 4) Setelah dilakukan pencacahan limbah plastik dan didapatkan ukuran limbah plastik yang akan digunakan untuk campuran beraspal panas, lakukanlah pencucian limbah plastik dan pengeringan dijemur.
- 5) Limbah plastik yang akan digunakan untuk campuran beraspal panas harus kering, bersih dan terbebas dari bahan organik atau bahan yang tidak dikehendaki.
- 6) Melakukan pengujian sifat fisik limbah plastik jenis HPDE (*High Density Polyethylene*) sesuai dengan Spesifikasi Khusus Interim Campuran Beraspal

Panas Menggunakan Limbah Plastik Direktorat Jenderal Bina Marga 2017. Alur proses limbah palstik jenis HPDE pada gambar 5.1.



Gambar 5.1.  
Proses Pengolahan Limbah Plastik

#### b. Agregat Baru

Pengujian agregat baru ini terdiri dari dua macam jenis pengujian yaitu pengujian untuk agregat kasar dan pengujian untuk agregat halus.

##### 1) Pengujian Untuk Agregat Kasar

- Analisa saringan/ gradasi (SNI 03-1968-1990)  
Urutan proses dalam pengujian ini adalah sebagai berikut :
  - a) Benda uji dikeringkan dalam oven dengan suhu  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ , sampai berat tetap;
  - b) Saring benda uji lewat susunan saringan dengan ukuran saringan paling besar ditempatkan paling atas. Saringan diguncang dengan tangan atau mesin pengguncang selama 15 menit; contoh alat di tunjukan pada gambar 5.2.



kemudian catat dan hitung prosentase jumlah masing-masing saringan.



Gambar 5.2.

Alat Analisa Saringan dan Shieve Shaker (Dokumentasi Alat Lab. BBPJNVIII, Ditjen Bina Marga)

- Keausan agregat dengan alat abrasi (SNI 03-2417-1991)

Pengujian dilaksanakan dengan cara sebagai berikut :

a) Pengujian ketahanan agregat kasar terhadap keausan dapat dilakukan dengan salah satu dari 7 (tujuh) cara berikut:

- (1) Cara A : Gradasi A, sampel bahan lolos 37,5 mm ,sampai sampel bahan tertahan 9,5 mm. Jumlah bola 12 buah dengan 500 putaran;
- (2) Cara B : Gradasi B, sampel bahan lolos 19 mm sampai sampel bahan tertahan 9,5 mm. Jumlah bola 11 buah dengan 500 putaran;
- (3) Cara C : Gradasi C, sampel bahan lolos 9,5 mm sampai sampel bahan tertahan 4,75 mm (no.4), Jumlah bola 8 buah dengan 500 putaran;
- (4) Cara D : Gradasi D, sampel bahan lolos 4,75 mm (no.4) sampai sampel bahan tertahan 2,36

mm (no.8). Jumlah bola 6 buah dengan 500 putaran;

(5) Cara E : Gradasi E, sampel bahan lolos 75 mm sampai sampel bahan tertahan 37,5 mm. Jumlah bola 12 buah dengan 1000 putaran;

(6) Cara F : Gradasi F, sampel bahan lolos 50 mm sampai sampel bahan tertahan 25 mm. Jumlah bola 12 dengan 1000 putaran;

(7) Cara G : Gradasi G, sampel bahan lolos 37,5 mm sampai sampel bahan tertahan 19 mm. Jumlah bola 12 buah dengan 1000 putaran;

bila tidak ditentukan cara yang harus dilakukan, maka pemilihan gradasi disesuaikan dengan contoh material yang merupakan wakil dari material yang akan digunakan;

- b) Benda uji dan bola baja dimasukkan ke dalam mesin Abrasi Los Angeles;
- c) Putar mesin dengan kecepatan 30 sampai dengan 33 rpm. Jumlah putaran gradasi A, B, C, dan D 500 putaran dan untuk gradasi E, F, dan G 1000 putaran;
- d) Setelah selesai pemutaran, keluarkan benda uji dari mesin kemudian saring dengan saringan no. 12 (1,7 mm); butiran yang tertahan di atasnya dicuci bersih. selanjutnya dikeringkan dalam oven pada suhu  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$  sampai berat tetap.



Gambar 5.3.

Alat Pengujian Keausan Agregat dengan Alat Los Angeles / Abrasi (Dokumentasi Alat Lab. BBPJNVIII, Ditjen Bina Marga)

- Berat Jenis Agregat Kasar (SNI 03-1969-1990)  
Urutan pelaksanaan pengujian adalah sebagai berikut :
  - a) Cuci benda uji untuk menghilangkan debu atau bahan-bahan lain yang melekat pada permukaan;
  - b) Keringkan benda uji dalam oven pada suhu  $(110^{\circ} \pm 5)^{\circ}\text{C}$  sampai berat tetap. sebagai catatan, bila penyerapan dan harga berat jenis digunakan dalam pekerjaan beton dimana agregatnya digunakan pada keadaan kadar air aslinya, maka tidak perlu dilakukan pengeringan dengan oven;
  - c) Dinginkan benda uji pada suhu kamar selama 1-3 jam, kemudian timbang dengan ketelitian 0,5 gram (Bk);

- d) Rendam benda uji dalam air pada suhu kamar selama  $24 \pm 4$  jam;
- e) Keluarkan benda uji dari air, lap dengan kain penyerap sampai selaput air pada permukaan hilang, untuk butiran yang besar pengeringan halus satu persatu;
- f) Timbang benda uji kering-permukaan jenuh (Bj);
- g) Letakkan benda uji didalam keranjang, goncangan batunya untuk mengeluarkan udara yang tersekap dan tentukan beratnya di dalam air (Ba), dan ukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan kepada suhu standar ( $25^{\circ}\text{C}$ ).



Gambar 5.4.

Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar Dokumentasi  
Alat Lab. BBPJNVIII, Ditjen Bina Marga

## 2) Pengujian Untuk Agregat Halus

- Berat Jenis Agregat Halus (SNI 03-1970-1990)  
Urutan proses dalam pengujian ini adalah sebagai berikut :

- a) Keringkan benda uji dalam oven pada suhu  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ , sampai berat tetap, yang dimaksud berat tetap adalah keadaan berat benda uji selama 3 kali proses penimbangan dan pemanasan dalam oven dengan selang waktu 2 jam berturut-turut, tidak akan mengalami perubahan kadar air lebih besar daripada 0,1 %, dinginkan pada suhu ruang, kemudian rendam dalam air selama  $(24 \pm 4)$  jam;
- b) Buang air perendam dengan hati-hati, jangan ada butiran yang hilang, tebarkan agregat diatas talam, keringkan di udara panas dengan cara membalik-balikan benda uji; lakukan pengeringan sampai tercapai keadaan kering permukaan jenuh;
- c) Periksa keadaan kering permukaan jenuh dengan mengisikan benda uji ke dalam kerucut terpancung, padatkan dengan batang penumbuk sebanyak 25 kali, angkat kerucut terpancung keadaan kering permukaan jenuh tercapai bila benda uji runtuh akan tetapi masih dalam keadaan tercetak;
- d) Segera setelah tercapai keadaan kering permukaan jenuh masukkan 500 gram benda uji ke dalam piknometer masukkan air suling sampai mencapai 90% isi piknometer, putar sambil di guncang sampai tidak terlihat gelembung udara di dalamnya; untuk mempercepat proses ini dapat dipergunakan pompa hampa udara, tetapi harus diperhatikan

- jangan sampai ada air yang ikut terhisap, dapat juga dilakukan dengan merebus piknometer;
- e) Rendam piknometer dalam air dan ukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan kepada suhu standar 25°C;
  - f) Tambahkan air sampai mencapai tanda batas;
  - g) Timbang piknometer berisi air dan benda uji sampai ketelitian 0,1 gram (Bt);
  - h) Keluarkan benda uji, keringkan dalam oven dengan suhu  $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$  sampai berat tetap, kemudian dinginkan benda uji dalam desikator;
  - i) Setelah benda uji dingin kemudian timbanglah (Bk);
  - j) Tentukan berat piknometer berisi air penuh dan ukur suhu air gunakan penyesuaian dengan suhu standar 25°C (B).



Gambar 5.5.

Alat Pengujian Berat Jenis Agregat Halus (Dokumentasi Alat Lab. BBPJNVIII, Ditjen Bina Marga)

### c. Aspal

- Pengujian Penetrasi (SNI 06-2456-1991)

Urutan proses dalam pengujian ini adalah sebagai berikut :

- 1) Letakkan benda uji dalam tempat air yang kecil dan masukkan tempat air tersebut ke dalam bak perendam yang bersuhu  $25^{\circ}\text{C}$ ; diamkan dalam bak tersebut selama 1 sampai 1,5 jam untuk benda uji kecil, dan 1,5 sampai 2 jam untuk benda uji besar;
- 2) Periksa pemegang jarum agar jarum dapat dipasang dengan baik dan bersihkan jarum penetrasi dengan pelarut kemudian keringkan jarum tersebut dengan lap bersih dan pasanglah jarum pada pemegang jarum;
- 3) Letakkan pemberat 50 gram di atas jarum untuk memperoleh beban sebesar  $(100 \pm 0,1)$  gram;
- 4) Pindahkan tempat air berikut benda uji dari bak perendam ke bawah alat penetrasi;
- 5) Turunkan jarum perlahan-lahan sehingga jarum tersebut menyentuh permukaan benda uji kemudian aturlah angka 0 di arloji penetrometer sehingga jarum penunjuk berimpit dengannya;
- 6) Lepaskan pemegang jarum dan serentak jalankan stop watch selama  $(5 \pm 0,1)$  detik, bila pembacaan stopwatch lebih dari  $(5 \pm 1)$  detik, hasil tersebut tidak berlaku;
- 7) Putarlah arloji penetrometer dan bacalah angka penetrasi yang berimpit dengan jarum penunjuk, bulatkan hingga angka 0,1 mm terdekat;

- 8) Lepaskan jarum dari pemegang jarum dan siapkan alat penetrasi untuk pekerjaan berikutnya;
- 9) Lakukan pekerjaan 1) sampai 8) di atas tidak kurang dari 3 kali untuk benda uji yang sama, dengan ketentuan setiap titik pemeriksaan berjarak satu sama lain dan dari tepi dinding lebih dari 1 cm.



Gambar 5.6.

#### Alat Pengujian Penetrasi

(Dokumentasi Alat Lab. BBPJNVIII, Ditjen Bina Marga)

- Pengujian titik lembek (SNI 06-2434-1991)  
Urutan proses dalam pengujian ini adalah sebagai berikut :
  - 1) Pasang dan aturlah kedua benda uji di atas dudukannya dan letakkan pengarah bola di atasnya; kemudian masukkan seluruh peralatan tersebut ke dalam bejana gelas.
  - 2) Isilah bejana dengan air suling baru, dengan suhu  $(5\pm 1)^{\circ}\text{C}$  sehingga tinggi permukaan air berkisar antara 101,6 mm sampai 108 mm.
  - 3) Letakkan termometer yang sesuai untuk pekerjaan ini di antara kedua benda uji (kurang lebih 12,7



mm dari tiap cincin); periksa dan aturlah jarak antara permukaan pelat dasar dengan dasar benda uji sehingga menjadi 25,4 mm;

- 4) Letakkan bola-bola baja yang bersuhu  $5^{\circ}\text{C}$  di atas dan di tengah permukaan masing-masing benda uji yang bersuhu  $5^{\circ}\text{C}$  menggunakan penjepit dengan memasang kembali pengarah bola; tahan temperatur  $5^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  selama 15 menit;
- 5) Panaskan bejana sehingga kenaikan suhu menjadi  $5^{\circ}\text{C}$  per menit; kecepatan pemanasan ini tidak boleh diambil dari kecepatan pemanasan rata-rata dari awal dan akhir pekerjaan ini; untuk tiga menit yang pertama perbedaan kecepatan pemanasan tidak boleh melebihi  $0,5^{\circ}\text{C}$ ;
- 6) Apabila kecepatan pemanasan melebihi ketentuan dalam 2.3.5 maka pekerjaan diulang;



Gambar 5.7.

Alat Pengujian Titik Lembek

(Dokumentasi Alat Lab. BBPJNVIII, Ditjen Bina Marga)

## B. Proses Mencampur

### 1. Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji campuran beraspal panas lapis AC-WC sesuai dengan SNI 06-2489-1991. Komposisi benda uji campuran beraspal panas lapis AC-WC diambil dari hasil gradasi gabungan agregat kasar, agregat halus dan *filler* (semen).

Urutan proses pembuatan benda uji beraspal panas lapis AC-WC adalah sebagai berikut :

- a) Keringkan agregat pada suhu  $110^{\circ}\text{C}$  -  $115^{\circ}\text{C}$  minimum selama 4 jam, keluarkan dari alat pengering (*oven*) dan tunggu sampai beratnya tetap;
- b) Timbang bahan sesuai dengan kebutuhan komposisi.
- c) Panaskan kembali material agregat kasar dan halus kedalam oven pada suhu  $\pm 140^{\circ}\text{C}$ .
- d) Panaskan aspal sampai mencapai tingkat kekentalan (*viscositas*) yang disyaratkan (Suhu aspal padat  $160^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$ ).
- e) Keluarkan material agregat didalam oven kemudian, panaskan diatas panci pencampur sampai suhu  $\pm 170^{\circ}\text{C}$  apabila suhu agregat sudah memenuhi sampai suhu  $\pm 170^{\circ}\text{C}$  maka masukkan limbah plastik tersebut sesuai komposisi ke dalam panci pencampur. Kemudian aduk sampai homogen material agregat dengan limbah plastik.
- f) Setelah itu, Panaskan kembali diatas panci pencampur sampai suhu  $\pm 170^{\circ}\text{C}$ .
- g) Tuangkan aspal yang sudah dipanaskan tadi kedalam panci pencampur, timbang sesuai kebutuhan komposisi. Kemudian aduklah dengan cepat pada suhu  $160^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$  sampai agregat terselimuti aspal secara merata/homogen.

- h) Masukkan seluruh campuran ke dalam cetakan benda uji marshal diameter 10 cm dan lakukan segera tusuk-tusuk campuran keras-keras dengan spatula yang dipanaskan sebanyak 15 kali keliling pinggirannya dan 10 kali di bagian tengahnya;
- i) Lakukanlah pemadatan dengan alat penumbuk sebanyak 75 kali tumbukan atas dan bawah;
- j) Sesudah pemadatan, lepaskan keping alas dan pasanglah alat pengeluar benda uji pada permukaan ujung ini;
- k) Kemudian dengan hati-hati keluarkan dan letakan benda uji di atas permukaan yang rata dan biarkan selama kira-kira 24 jam pada suhu ruang;
- l) Setelah kira-kira 24 jam lakukanlah pengujian benda uji.



Gambar 5.8.

Proses Pencampuran Benda Uji Beraspal Panas Menggunakan Limbah Plastik (Sumber : Hasil Penelitian diLaboratorium)



Gambar 5.9.  
Benda Uji Campuran Beraspal Panas diameter 10 cm  
(Sumber : Hasil Penelitian)

## 2. Pengujian Benda Uji Campuran Beraspal Panas

Pengujian benda uji campuran beraspal panas lapis AC-WC sesuai dengan SNI 06-2489-1991 yaitu menggunakan alat *Marshall*. Urutan proses pengujian benda uji beraspal panas lapis AC-WC dengan menggunakan alat *Marshall* adalah sebagai berikut :

Bersihkan benda uji dari kotoran-kotoran yang menempel dan berilah tanda pengenal pada masing-masing benda uji;

- a Ukur tinggi benda uji dan timbang benda uji;
- b Rendam dalam air kira-kira 24 jam pada suhu ruangan;
- c Timbang dalam air untuk mendapatkan isi;
- d Timbang benda uji dalam kondisi kering permukaan jenuh;
- e Rendamlah benda uji dalam bak perendam (*water bath*) selama 30 - 40 menit dengan suhu tetap  $60^{\circ}\text{C} (\pm 1^{\circ}\text{C})$  untuk benda uji yang menggunakan aspal padat;
- f Keluarkan benda uji dari bak perendam atau dari oven dan letakkan ke dalam segmen bawah kepala penekan;

- g Pasang segmen atas di atas benda uji, dan letakkan keseluruhannya dalam mesin penguji;
- h Pasang arloji pengukur alir (*flow*) pada kedudukannya di atas salah satu batang penuntun dan atur kedudukan jarum penunjuk pada angka nol, sementara selubung tangkai arloji (*sleeve*) dipegang teguh terhadap segmen atas kepala penekan;
- i Sebelum pembebanan diberikan, kepala penekan beserta benda ujinya dinaikkan sehingga menyentuh alas cincin penguji;
- j Atur jarum arloji tekan pada kedudukan angka nol;
- k Berikan pembebanan pada benda uji dengan kecepatan tetap sekitar 50 mm per menit sampai pembebanan maksimum tercapai atau pembebanan menurun seperti yang ditunjukkan oleh jarum arloji tekan dan catat pembebanan maksimum (*stability*) yang dicapai, untuk benda uji yang tebalnya tidak sebesar 63,5 mm, koreksilah bebannya.
- l Catat nilai alir (*flow*) yang ditunjukkan oleh jarum arloji pengukur alir pada saat pembebanan maksimum tercapai.



Gambar 5.10.  
Alat Pengujian Marshall  
(Dokumentasi Alat Lab. BBPJNVIII, Ditjen Bina Marga)

### 3. Metode Analisis Job Mix Design Denda Uji Beraspal Panas

Sebelum membuat benda uji untuk *Marshall* test dan pengujian membal (*refusal*) terlebih dahulu memeriksa kesesuaian material dipergunakan dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010. Apabila belum sesuai maka dilakukan penyesuaian, antara lain :

- a Pencucian material agregat apabila terdapat kotoran di dalamnya.
- b Penambahan agregat baru dengan jumlah dan ukuran tertentu.
- c Proses pengolahan dan pemilahan limbah plastik harus sesuai dengan ukuran yang disyaratkan dan harus benar – benar bersih dan kering.

Variasi campuran pada penelitian ini, yaitu :

- a Material agregat kasar, agregat halus dan *filler* (semen), (sesuai dengan hasil gradasi gabungan, apabila tidak sesuai maka perlu penambahan agregat baru).
- b Jenis Aspal : Aspal Pen 60/70.
- c Limbah plastik yang digunakan : limbah plastik jenis HPDE (*High Density Polyethylene*)

Dalam penelitian ini dianalisis mutu masing-masing variasi campuran yang dibuat. Mutu yang ingin dicapai mengacu sifat-sifat fisik campuran sesuai dengan Spesifikasi Khusus Interim Campuran Beraspal Panas Menggunakan Limbah Plastik Direktorat Jenderal Bina Marga tahun 2017.

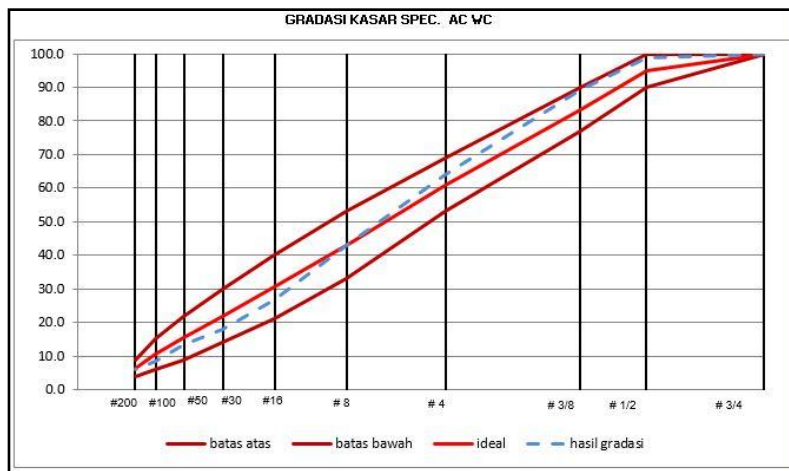
Apabila sudah didapatkan komposisi yang optimal dan memenuhi sifat-sifat campuran sesuai dengan Spesifikasi Khusus Interim Campuran Beraspal Panas Menggunakan Limbah Plastik Direktorat Jenderal Bina Marga, selanjutnya dianalisis data dan nilai optimal dari komposisi bahan yang

digunakan pada penelitian ini serta disimpulkan hasil dan saran hasil penelitian.

#### 4. Pembuatan Komposisi Benda Uji Campuran Beraspal Panas dengan Menggunakan Limbah HDPE

Pembuatan komposisi (*Job Mix Design*) benda uji campuran beraspal panas dengan menggunakan limbah plastik HPDE adalah berdasarkan dari hasil uji analisis saringan/gradasi material agregat kasar 10-15 mm, agregat medium 5-10 mm, agregat halus/abu batu 0-5 mm dan filler (semen) yang digabungkan untuk campuran aspal, ditunjukkan dalam persen terhadap berat agregat dan bahan pengisi (Filler), harus memenuhi batas amplop gradasi sesuai Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Rev. 3 Divisi 6.3.

Hasil gradasi gabungan agregat dan bahan pengisi (filler) dapat dilihat pada Tabel 5.1. dan gambar 5.10. di bawah ini :



Gambar 5.10.

Grafik Gradasi Gabungan Agregat dan Bahan Pengisi (filler)

Tabel 5.1. Hasil Gradasi Gabungan Agregat dan Bahan Pengisi (filler)

| URAIAN                      | SIEVE SIZE    |              |             |             |             |             |             |             |             |            |
|-----------------------------|---------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|
|                             | 3/4"          | 1/2"         | 3/8"        | #4          | #8          | #16         | #30         | #50         | #100        | #200       |
| Inch                        |               |              |             |             |             |             |             |             |             |            |
| mm                          | 19.0          | 12.5         | 9.5         | 4.75        | 2.36        | 1.18        | 0.600       | 0.300       | 0.150       | 0.075      |
| <b>Data Gradasi Agregat</b> |               |              |             |             |             |             |             |             |             |            |
| - AGREGAT KASAR ( 10-15)    | 100.00        | 91.94        | 24.87       | 0.72        | 0.44        | 0.05        | 0.00        | 0.00        | 0.00        | 0.00       |
| - AGREGAT SEDANG ( 5-10)    | 100.00        | 100.00       | 97.55       | 38.74       | 23.48       | 8.09        | 1.15        | 0.00        | 0.00        | 0.00       |
| - AGREGAT HALUS ( 0-5 )     | 100.00        | 100.00       | 100.00      | 99.21       | 68.48       | 47.46       | 35.39       | 26.74       | 16.68       | 12.31      |
| <b>Kombinasi Agregat</b>    |               |              |             |             |             |             |             |             |             |            |
| - AGREGAT KASAR ( 10-15)    | 13.0%         | 13.0         | 12.0        | 3.2         | 0.1         | 0.1         | 0.0         | 0.0         | 0.0         | 0.0        |
| - AGREGAT SEDANG ( 5-10)    | 37.0%         | 37.0         | 37.0        | 36.1        | 14.3        | 8.7         | 3.0         | 0.4         | 0.0         | 0.0        |
| - AGREGAT HALUS ( 0-5 )     | 50.0%         | 50.0         | 50.0        | 50.0        | 49.6        | 34.2        | 23.7        | 17.7        | 13.4        | 8.3        |
| <b>Total campuran</b>       | <b>100.0%</b> | <b>100.0</b> | <b>99.0</b> | <b>89.3</b> | <b>64.0</b> | <b>43.0</b> | <b>26.7</b> | <b>18.1</b> | <b>13.4</b> | <b>8.3</b> |
| <b>Titik Kontrol</b>        |               |              |             |             |             |             |             |             |             |            |
| Max                         | 100           | 100          | 90.0        | 69.0        | 53.0        | 40.0        | 30.0        | 22.0        | 15.0        | 9.0        |
| Min                         | 100           | 90.0         | 77.0        | 53.0        | 33.0        | 21.0        | 14.0        | 9.0         | 6.0         | 4.0        |
| Gradasi Ideal               | 100           | 95           | 84          | 61          | 43          | 31          | 22          | 16          | 11          | 7          |

Dari hasil gradasi gabungan tersebut, selanjutnya dilakukan perhitungan kadar aspal rencana sesuai dengan Pedoman Perencanaan Campuran Beraspal Dengan Pendekatan Kepadatan Mutlak no. 025/T/BM/1999 Kementerian Pekerjaan Umum Bina Marga.

Setelah didapatkan kadar aspal rencana maka selanjutnya direncanakan benda uji marshal dan benda uji membal (*refusal*) dengan menambahkan variasi prosentase limbah plastik HPDE pada masing-masing tiap komposisi yaitu 4%, 8%, 12% dari berat total aspal masing-masing campuran.



### C. Hasil Benda Uji Campuran Beraspal Panas dengan Menggunakan Limbah Plastik HDPE (*High Density Polyethylene*)

Perhitungan komposisi briket marshal atau benda uji campuran beraspal panas mengacu kepada SNI 06-2489-1991 dan Spesifikasi Khusus Interim Seksi SKh-1.6.10 tentang Campuran Beraspal Panas Menggunakan Limbah Plastik dapat dilihat pada Tabel 5.12., Tabel 5.13., Tabel 5.14., dan Tabel 5.15. Pembuatan benda uji Marshal dan benda uji membal (*refusal*) dengan menggunakan Limbah Plastik HPDE dibuat sesuai proses berikut ini :

- a Agregat dipanaskan dalam mixer pencampuran pada suhu 170 °C dan aspal pen 60/70 dipanaskan pada suhu 160 °C.
- b Siapkan Limbah plastik HPDE (sudah disortir, dibersihkan dan dicacah) dimasukkan kedalam mixer pencampuran dengan agregat yang sudah dipanaskan pada suhu 170 °C. Waktu pencampuran agregat dengan limbah plastik HPDE  $10 \pm 2$  detik.
- c Aspal yang sudah dipanaskan kemudian dicampurkan kedalam mixer pencampuran aduk sampai rata dengan waktu pencampuran  $35 \pm 2$  detik. Kemudian padatkan benda uji marshal dengan alat penumbuk dengan jumlah tumbukan sebanyak 75 kali.

Tabel 5.2.

Komposisi 1 Benda Uji *Marshall* dengan Limbah Plastik HDPE 0%

| Material AC WC  | %   | % BERAT TOTAL CAMPURAN |  |        |        |        |        |
|-----------------|-----|------------------------|--|--------|--------|--------|--------|
|                 |     | 4.8                    |  | 5.3    | 5.8    | 6.3    | 6.8    |
|                 |     | gr                     |  | gr     | gr     | gr     | gr     |
| Agregat 10 - 20 | 13% | 148.5                  |  | 147.7  | 147.0  | 146.2  | 145.4  |
| Agregat 5 - 10  | 37% | 422.7                  |  | 420.5  | 418.2  | 416.0  | 413.8  |
| Agregat 0 - 5   | 50% | 571.2                  |  | 568.2  | 565.2  | 562.2  | 559.2  |
| Plastik HDPE    | 0%  | 0.0                    |  | 0.0    | 0.0    | 0.0    | 0.0    |
| Aspal           |     | 57.6                   |  | 63.6   | 69.6   | 75.6   | 81.6   |
|                 |     | 1200.0                 |  | 1200.0 | 1200.0 | 1200.0 | 1200.0 |

Tabel 5.3.

Komposisi 2 Benda Uji *Marshall* dengan Limbah Plastik HDPE 4%

| Material AC WC  | %   | % BERAT TOTAL CAMPURAN |  |        |        |        |        |
|-----------------|-----|------------------------|--|--------|--------|--------|--------|
|                 |     | 4.8                    |  | 5.3    | 5.8    | 6.3    | 6.8    |
|                 |     | gr                     |  | gr     | gr     | gr     | gr     |
| Agregat 10 - 20 | 13% | 148.2                  |  | 147.4  | 146.6  | 145.8  | 145.0  |
| Agregat 5 - 10  | 37% | 421.9                  |  | 419.6  | 417.3  | 415.0  | 412.7  |
| Agregat 0 - 5   | 50% | 570.1                  |  | 567.0  | 563.9  | 560.8  | 557.7  |
| Plastik HDPE    | 4%  | 2.3                    |  | 2.5    | 2.8    | 3.0    | 3.3    |
| Aspal           |     | 57.5                   |  | 63.5   | 69.4   | 75.4   | 81.4   |
|                 |     | 1200.0                 |  | 1200.0 | 1200.0 | 1200.0 | 1200.0 |

Tabel 5.4.

Komposisi 3 Benda Uji *Marshall* dengan Limbah Plastik HDPE 8%

| Material AC WC  | %   | % BERAT TOTAL CAMPURAN |  |        |        |        |        |
|-----------------|-----|------------------------|--|--------|--------|--------|--------|
|                 |     | 4.8                    |  | 5.3    | 5.8    | 6.3    | 6.8    |
|                 |     | gr                     |  | gr     | gr     | gr     | gr     |
| Agregat 10 - 20 | 13% | 147.9                  |  | 147.1  | 146.3  | 145.4  | 144.6  |
| Agregat 5 - 10  | 37% | 421.1                  |  | 418.7  | 416.3  | 413.9  | 411.6  |
| Agregat 0 - 5   | 50% | 569.0                  |  | 565.8  | 562.6  | 559.4  | 556.2  |
| Plastik HDPE    | 8%  | 4.6                    |  | 5.1    | 5.6    | 6.0    | 6.5    |
| Aspal           |     | 57.4                   |  | 63.3   | 69.3   | 75.2   | 81.2   |
|                 |     | 1200.0                 |  | 1200.0 | 1200.0 | 1200.0 | 1200.0 |

Tabel 5.5.

Komposisi 4 Benda Uji *Marshall* dengan Limbah Plastik HDPE 12%

| Material AC WC  | %   | % BERAT TOTAL CAMPURAN |  |        |        |        |        |
|-----------------|-----|------------------------|--|--------|--------|--------|--------|
|                 |     | 4.8                    |  | 5.3    | 5.8    | 6.3    | 6.8    |
|                 |     | gr                     |  | gr     | gr     | gr     | gr     |
| Agregat 10 - 20 | 13% | 147.7                  |  | 146.8  | 145.9  | 145.1  | 144.2  |
| Agregat 5 - 10  | 37% | 420.3                  |  | 417.8  | 415.3  | 412.9  | 410.4  |
| Agregat 0 - 5   | 50% | 567.9                  |  | 564.6  | 561.3  | 557.9  | 554.6  |
| Plastik HDPE    | 12% | 6.9                    |  | 7.6    | 8.4    | 9.1    | 9.8    |
| Aspal           |     | 57.3                   |  | 63.2   | 69.1   | 75.0   | 80.9   |
|                 |     | 1200.0                 |  | 1200.0 | 1200.0 | 1200.0 | 1200.0 |

# BAB VI

## PENUTUP

Dari pembahasan yang telah dijelaskan pada masing-masing bab dalam buku ini dapat disimpulkan:

1. Perkerasan (*pavement*) adalah lapis tambahan yang diberikan di atas tanah dasar dengan maksud untuk memperkuat daya dukung tanah dasar terhadap beban kendaraan. Perkerasan yang digunakan untuk melayani lalu lintas darat disebut perkerasan jalan. Secara umum ada tiga jenis perkerasan jalan yaitu perkerasan lentur, perkerasan kaku dan perkerasan komposit. Perkerasan lentur adalah perkerasan yang bahan susunnya menggunakan agregat dan aspal. Perkerasan kaku adalah perkerasan yang bahan susunnya menggunakan agregat dan semen. Perkerasan komposit adalah perkerasan yang lapis permukaan strukturalnya menggunakan pelat beton sedangkan lapis permukaan non strukturalnya menggunakan agregat dan aspal.

2. Aspal merupakan bahan termoplastik. Aspal terdiri dari 2 komponen utama yaitu *asphaltense* dan *maltense*. Tiga jenis aspal yang digunakan sebagai bahan jalan adalah aspal keras (AC), aspal cair dan aspal emulsi. Aspal keras digolongkan berdasarkan angka penetrasinya dan digunakan untuk campuran beraspal panas. Aspal keras lazim digunakan untuk lapis permukaan jalan yang bersifat struktural. Semakin rendah angka penetrasi berarti semakin keras aspal tersebut sehingga lebih tahan terhadap peningkatan suhu. Aspal cair digolongkan menurut jenis bahan pelarut, kecepatan penguapan dan kekentalannya. Aspal cair digunakan untuk jenis campuran dingin - hangat dan lazim diterapkan pada lapis permukaan non struktural. Semakin cepat aspal tersebut mengeras, semakin cepat lapisan permukaan jalan yang dibentuknya untuk siap melayani lalu lintas. Aspal emulsi digolongkan menurut jenis muatan listrik bahan emulsinya dan kecepatan mengerasnya. Aspal emulsi digunakan pada campuran dingin dan lazim diterapkan pada lapis permukaan non struktural. Semakin cepat aspal tersebut mengeras, semakin cepat lapisan permukaan jalan yang dibentuknya untuk siap melayani lalu lintas.
3. Agregat adalah bahan keras dan kaku yang digunakan sebagai bahan campuran beraspal. Agregat terdiri dari butiran-butiran dan dapat berupa pasir, kerikil, agregat pecah, dan abu batu. Ada beberapa cara penggolongan agregat sebagai bahan jalan yaitu menurut asalnya, gradasi, bentuk butiran dan tekstur. Agregat juga dapat dibedakan berdasarkan teksturnya menjadi dua yaitu kasar dan halus.
4. High - density polyethylene ( HDPE ) atau polyethylene high - density ( PEHD ) adalah polietilena termoplastik yang terbuat dari minyak bumi.

5. Resep campuran kerja adalah komposisi campuran beraspal atau beton yang telah memenuhi persyaratan teknik. Proses perencanaan resep campuran kerja disebut perencanaan campuran. Proses tersebut dilaksanakan secara coba-coba di laboratorium dan bersifat empirik. Resep campuran kerja berupa komposisi fraksi-fraksi agregat yang menghasilkan spesifikasi gradasi dan proporsi bahan ikat, dalam hal ini % aspal atau rasio semen-air.



# DAFTAR PUSTAKA

- Brown, S. 1990. *The Shell Bitumen Handbook*. Kanada: University of Ottawa.
- Bebassari, Sri. 2014. *Indonesia Solid Waste Association (InSWA)*. Jakarta: Bisnis-jabar.com
- Dallas, N.L. 1993. *Enhancement of Asphalt Concrete Mixtures to Meet Structure Requirements through the Additions of Recycled Polyethylen. Use of Waste Materials in Hot-Mix Asphalt, ASTM STP 1193, H.fred Waller, Ed., American Society for Testing and Materials, Philadelphia.* 1993 ASTM STP 1193, H.Fred Waller, Ed., American
- Departemen Pekerjaan Umum. 1990. *Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus Dan Kasar SNI 03-1968-1990*. Jakarta: Badan Pekerjaan Umum.



- Departemen Pekerjaan Umum. 1990. *Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar SNI 03-1969-1990*. Jakarta: Badan Pekerjaan Umum.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1990. *Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus SNI 03-1970-1990*. Jakarta: Badan Pekerjaan Umum.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1990. *Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus SNI 03-1970-1990*. Jakarta: Badan Pekerjaan Umum.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1991. *Metode Pengujian penetrasi aspal RSNI 08-2456-1991*. Jakarta: Badan Pekerjaan Umum,
- Departemen Pekerjaan Umum. 1991. *Metode Pengujian Titik Lembek Aspal Dengan Alat Cincin dan Bola ( Ring Ball ) RSNI 06-2434-1991*. Jakarta: Badan Pekerjaan Umum.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1991. *Metode Pengujian Daktilitas SNI 06-2432-1991*. Jakarta: Badan Pekerjaan Umum,
- Departemen Pekerjaan Umum. 1991. *Metode Pengujian Berat Jenis Aspal Padat SNI 06-2441-1991*. Jakarta: Badan Pekerjaan Umum.
- Departemen Pekerjaan Umum. 2008. *Metode Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar dengan Alat Cleveland Open Cup RSNI 2433 : 2008*. Jakarta: Badan Pekerjaan Umum,
- Departemen Pekerjaan Umum. 1991. *Metode Pengujian Marshall SNI 06 - 2489 - 1991*. Jakarta: Badan Pekerjaan Umum.
- Departemen Pekerjaan Umum. 2010. *Spesifikasi Umum Bab 6-37 revisi 2*. Jakarta: Badan Pekerjaan Umum.
- Departemen Pekerjaan Umum. 2010. *Spesifikasi Umum Bab 6-41 revisi2*. Jakarta: Badan Pekerjaan Umum.
- Departemen Pekerjaan Umum. 2010. *Spesifikasi Umum Bab 6-42 Revisi2*. Jakarta: Badan Pekerjaan Umum.

- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2017. *Spesifikasi Khusus Interim Seksi SKh-1.6.10 Campuran Beraspal Panas Menggunakan Limbah Plastik*. Jakarta: Bina Marga.
- Kim, dkk. 1997. *The Effect of Moisture on the Performance of Asphalt Mixtures*. Philadelphia: Its Society for Testing and Materials.
- Lopang, Ito. 2018. *Pengaruh Penggunaan Plastik HPDE sebagai Bahan Aditif Terhadap Aspal dengan Agregat Kasar Hasil Limbah Beton*. Jakarta: Universitas Kristen Krida Wacana
- Mujiarto L. 2005. Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan Aditif. *Traksi* Vol 3 No.2
- Nurminah, M. 2002. *Penelitian Sifat Berbagai Bahan Kemasan Plastik dan Kertas Serta Pengaruh Terhadap Bahan Yang Dikemas*. Medan: USU digital library.
- Nugrohojati ES. 2002. Pengaruh Penggunaan Serat Limbah Plastik Botol minuman sebagai Additive pada Campuran HRA ditinjau dari Ketahanan terhadap Air. [Tugas Akhir]. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Pusat Litbang Jalan dan Jembatan. 2011. *Pengaruh Kandungan Filler Aspal Button Campuran Beraspal*. Bandung: Pusat Litbang Jalan dan Jembatan.
- Rahmawati, A. 2015. Pengaruh Penggunaan Plastik Polyethylene (PE) dan High Density Polyethylene (HDPE) Pada Campuran Lataston-WC Terhadap Karakteristik Marshall. *Ilmiah Semesta Teknika*. 18(2): 147-159.
- Roberts, dkk. 1996. *Hot Mix Asphalt Materials, Mixtures Design and Construction*, Napa Education Foundation, Lanham, Maryland. *World Journal of Engineering and Technology*. 4 (3)
- Sri Wiwoho Mudjanarko. 2018. Plastic waste of low density polyethylene (LDPE) types in asphalt mixture. *Makalah*. Dalam : Proceedings of the International Conference on Industrial

- Engineering and Operations Management di UNNAR Surabaya, 17 September.
- Sukirman, S. 1992. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung: Nova
- Sulaksono, S. 2001. *Rekayasa Jalan*. Bandung: Penerbit Institut Teknologi Bandung
- Suroso, TW. 2004. *Pengaruh Penambahan Plastik Cara Basah dan cara Kering terhadap Kinerja Campuran Beraspal*. Bandung: Puslitbang Jalan dan Jembatan.
- Surdia, Tata, Shinroku Saito. 2005. *Sifat Khas Polimer Sangat Berubah Oleh Perubahan Temperature*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita
- Sukirman, S. 2010. *Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Lentur*. Bandung: Nova
- Sukirman, S. 2013. *Beton Aspal Campuran Panas*. Bandung: Yayasan Obor Indonesia
- Totomiharjo, S. 2004. *Bahan dan Struktur Jalan Raya*. Yogyakarta: Biro
- Utomo, T. 2010. Hari Peduli Sampah Nasional Keprihatinan Terhadap Sampah Plastik. *Insan Merdeka*.

# TENTANG PENULIS



**Dr. Sri Wiwoho Mudjanarko, S.T., M.T.**, lahir di Surabaya, 24 Juni 1966. Penulis bekerja sebagai Dosen Teknik Sipil di Universitas Narotama dan sebagai Dosen LB S2 T. Sipil di Universitas 17 Agustus (Untag) Surabaya. Penulis menyelesaikan pendidikan Diploma III Teknik Sipil di Universitas Kristen Petra (UK PETRA), Surabaya, Sarjana Teknik Sipil di Universitas Narotama, Surabaya, Magister Teknik Sipil di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya, Pendidikan Program Doktor Teknik Sipil di Universitas Brawijaya, Malang, Program Profesi Insinyur Universitas Gadjah Mada (UGM).

Penulis menjadi pemenang Hibah Penelitian sejak tahun 2009 hingga saat ini. Selain itu, hasil karya tulis ilmiah penulis banyak yang dimuat di berbagai Proceeding-Jurnal Nasional/Internasional. Penulis sering mengikuti Seminar Nasional, Intenational, Visiting Dan Kuliah Tamu di berbagai Universitas di dalam negeri maupun di luar negeri. Penulis juga aktif mengikuti Pelatihan di berbagai Universitas.



**Dr. Ir. Koespiadi, MT.** Penulis adalah Dosen Fakultas Teknik Sipil Universitas Narotama Surabaya yang sekaligus menjabat sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Narotama Surabaya.

Penulis menyelesaikan pendidikan S-1 pada tahun 1991 di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Jurusan Teknik Sipil. Pendidikan S-2 pada tahun 2005 di Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya Jurusan Teknik. Pendidikan Program Doktor Ilmu Teknik Sipil di Program Pascasarjana, Universitas Tarumanagara.



**Suprayitno, ST., MT**, lahir di Lamongan pada tanggal 5 Desember 1989. Penulis menyelesaikan pendidikan sekolah dasar (SD) pada tahun 2002 di SDN Wajik Lamongan, pendidikan Sekolah Menengah Pertama (SMP) pada tahun 2005 di SMPN 2 Lamongan, pendidikan Sekolah Menengah Atas pada tahun 2008 di SMK PGRI 1 Lamongan Jurusan Permesinan, pendidikan S-1 pada tahun 2015 di Universitas Narotama Surabaya Jurusan Teknik Sipil. Dan pendidikan S-2 pada tahun 2019 di Universitas Narotama Surabaya Jurusan Teknik. Penulis mempunyai pengalaman kerja di PT. ADHI KARYA (Divisi Kontruksi IV) periode 1 Juni 2014 - 31 Juli 2014 sebagai Pengawas Pelaksanaan Pemancangan Pembangunan Marvell City Tahap I Jalan Ngagel No 123, Surabaya, pengalaman kerja di LABORATORIUM UJI MATERIAL - ITS SURABAYA periode Februari 2010 - 30 Mei 2015 sebagai Teknisi Laboratorium Mekanika tanah, pengalaman kerja di PT. SPARTAWOOD PRODUCT periode 1 Juni 2015 - sekarang sebagai Pengawas Proyek / Supervisor dan pengalaman kerja di UNIVERSITAS NAROTAMA SURABAYA periode 1 Nopember 2015 - sekarang sebagai Laboran Laboratorium Fakultas Teknik.



**Ir. Arthur Daniel Limantara, M.M., M.T.,** Penulis adalah Dosen Sekolah Tinggi Teknologi Cahaya Surya, Kediri Indonesia serta menjabat sebagai Kepala Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM). Penulis memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil di Transportasi, Universitas Narotama, Surabaya (1995); Pendidikan Magister Manajemen dengan bidang keahlian Produksi, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya (1998); dan Pendidikan Magister Teknik Sipil dalam keahlian Transportasi, Universitas Narotama Surabaya (2019). Penulis aktif menulis buku dan publikasi karya tulis ilmiah di Jurnal Nasional maupun Internasional.

# Tentang Penulis



**Dr. Sri Wiwoho Mudjanarko, S.T., M.T.,** lahir di Surabaya, 24 Juni 1966. Penulis bekerja sebagai Dosen Teknik Sipil di Universitas Narotama dan sebagai Dosen LB S2 T. Sipil di Universitas 17 Agustus (Untag) Surabaya. Penulis menyelesaikan pendidikan Diploma III Teknik Sipil di Universitas Kristen Petra (UK PETRA), Surabaya, Sarjana Teknik Sipil di Universitas Narotama, Surabaya, Magister Teknik Sipil di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya, Pendidikan Program Doktor Teknik Sipil di Universitas Brawijaya, Malang, Program Profesi Insinyur Universitas Gadjah Mada (UGM).

Penulis menjadi pemenang Hibah Penelitian sejak tahun 2009 hingga saat ini. Selain itu, hasil karya tulis ilmiah penulis banyak yang dimuat di berbagai Proceeding-Jurnal Nasional/Internasional. Penulis sering mengikuti Seminar Nasional, Intenational, Visiting Dan Kuliah Tamu di berbagai Universitas di dalam negeri maupun di luar negeri. Penulis juga aktif mengikuti Pelatihan di berbagai Universitas



**Dr. Ir. Koespiadi, MT.** Penulis adalah Dosen Fakultas Teknik Sipil Universitas Narotama Surabaya yang sekaligus menjabat sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Narotama Surabaya.

Penulis menyelesaikan pendidikan S-1 pada tahun 1991 di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Jurusan Teknik Sipil. Pendidikan S-2 pada tahun 2005 di Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya Jurusan Teknik. Pendidikan Program Doktor Ilmu Teknik Sipil di Program Pascasarjana, Universitas Tarumanagara.



**Suprayitno, S.T., M.T.,** lahir di Lamongan pada tanggal 5 Desember 1989. Penulis menyelesaikan pendidikan sekolah dasar (SD) pada tahun 2002 di SDN Wajik Lamongan, pendidikan Sekolah Menengah Pertama (SMP) pada tahun 2005 di SMPN 2 Lamongan, pendidikan Sekolah Menengah Atas pada tahun 2008 di SMK PGRI 1 Lamongan Jurusan Permesinan, pendidikan S-1 pada tahun 2015 di Universitas Narotama Surabaya Jurusan Teknik Sipil. Dan pendidikan S-2 pada tahun 2019 di Universitas Narotama Surabaya Jurusan Teknik. Penulis mempunyai pengalaman kerja di PT. ADHI KARYA (Divisi Kontruksi IV) periode 1 Juni 2014 - 31 Juli 2014 sebagai Pengawas Pelaksanaan Pemancangan Pembangunan Marvell City Tahap I Jalan Ngagel No 123, Surabaya, pengalaman kerja di LABORATORIUM UJI MATERIAL – ITS SURABAYA

periode Februari 2010 – 30 Mei 2015 sebagai Teknisi Laboratorium Mekanika tanah, pengalaman kerja di PT. SPARTAWOOD PRODUCT periode 1 Juni 2015 – sekarang sebagai Pengawas Proyek / Supervisor dan pengalaman kerja di UNIVERSITAS NAROTAMA SURABAYA periode 1 Nopember 2015 – sekarang sebagai Laboran Laboratorium Fakultas Teknik.



**Ir. Arthur Daniel Limantara, M.M., M.T.,** Penulis adalah Dosen Sekolah Tinggi Teknologi Cahaya Surya, Kediri Indonesia serta menjabat sebagai Kepala Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM). Penulis memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil di Transportasi, Universitas Narotama, Surabaya (1995); Pendidikan Magister Manajemen dengan bidang keahlian Produksi, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya (1998); dan Pendidikan Magister Teknik Sipil dalam keahlian Transportasi, Universitas Narotama Surabaya (2019). Penulis aktif menulis buku dan publikasi karya tulis ilmiah di Jurnal Nasional maupun Internasional