

## PEMANFAATAN ASPAL PORUS DITINJAU DARI ASPEK PROPERTIES MARSHALL, PERMEABILITAS, DAN IRI MENGGUNAKAN GRADASI *BRITISH STANDARD* DENGAN ALAT PEMADAT ROLLER SLAB

Agus Riyanto<sup>1</sup>, Arum Trifina Yuniarti<sup>2</sup>

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Jl. A. Yani Tromol Pos I Pabelan Kartasura, Jawa Tengah, Indonesia 57102

\*Email : <sup>1</sup>[ar242@ums.ac.id](mailto:ar242@ums.ac.id), <sup>2</sup>[trifina.arum03@gmail.com](mailto:trifina.arum03@gmail.com)

### Abstrak

Aspal porus merupakan campuran aspal agregat yang memiliki fraksi halus rendah untuk mendapatkan void yang tinggi. Permasalahan aspal porus dengan gradasi terbuka secara umum memiliki nilai struktural perkerasan rendah, ketidakrataaan tinggi, dan kemampuan mengalirkan air yang tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja aspal porus pada aspek Properties Marshall, permeabilitas, serta nilai ketidakrataaan/IRI. Penelitian ini menggunakan data sekunder, yaitu pengujian aspal (titik nyala, titik lembek, titik bakar, daktilitas, dan Loss on Heating), dan pengujian agregat (berat jenis, penyerapan, Sand Equivalent, dan kelekatan). Adapun data primer yaitu pengujian aspal (berat jenis dan penetrasi), dan pengujian agregat (keausan, analisa saringan, pelapukan, dan rekayasa blending). Kemudian dilakukan mix design, setelah itu pembuatan benda uji untuk mencari kadar aspal optimum (KAO) dengan kadar aspal 4%, 5%, 6%, 7%, yang masing – masing kadar aspal dibuat 3 benda uji. Setelah mendapatkan KAO dilakukan pengujian Properties Marshall, pengujian permeabilitas, dan pengujian nilai ketidakrataaan/ IRI dengan masing – masing 3 benda uji. Pemanfaatan aspal porus yang menggunakan gradasi British Standard dengan pemadat APRS secara umum aspek Properties Marshall telah memenuhi beberapa spesifikasi, sedangkan aspek Permeabilitas, dan Nilai Ketidakrataaan/ IRI telah memenuhi spesifikasi. Adapun hasil dari aspek Properties Marshall yang meliputi parameter Stabilitas, Flow, VIM, VMA memenuhi spesifikasi, sedangkan VFWA dan MQ tidak memenuhi spesifikasi. Hasil dari pengujian permeabilitas telah memenuhi spesifikasi yaitu >0,1 cm/dt dengan hasil rata-rata 0,275 cm/dt dan nilai untuk Nilai Ketidakrataaan/ IRI didapatkan hasil sebesar 7,625 m/km yang dikatakan bahwa campuran aspal porus dengan gradasi British Standard masuk dalam spesifikasi jalan kondisi baik

*Kata kunci : APRS, Aspal Porus, IRI, Permeabilitas, Properties Marshall.*

### Abstract

*Porus asphalt is an aggregate asphalt mixture that has a low fine fraction to obtain high voids. The problem of porus asphalt with open gradation in general has low pavement structural value, timgggi unevenness, and high water drainability. This study aims to determine the performance of porus asphalt in aspects of Marshall Properties, permeability, and unevenness / IRI value. This study used secondary data, namely asphalt testing (flash point, mushy point, burn point, ductility, and Loss on Heating), and aggregate testing (specific gravity, absorption, Sand Equivalent, and attachment). The primary data are asphalt testing (specific gravity and penetration), and aggregate testing (wear, sieve analysis, weathering, and blending engineering). Then a mix design is carried out, after that the manufacture of test objects to find the optimum asphalt content (KAO) with asphalt content of 4%, 5%, 6%, 7%, each of which is made 3 test objects. After obtaining the KAO, Marshall Properties testing, permeability testing, and unevenness / IRI value testing were carried out with 3 test objects each. The utilization of porus asphalt using British Standard gradation with APRS compactors in general the Marshall Properties aspect has met several specifications, while the Permeability aspect, and the Unevenness Value / IRI have met the specifications. The results of the Marshall Properties aspect which include Stability, Flow, VIM, VMA parameters meet the specifications, while VFWA and MQ do not meet the specifications. The results of the permeability test have met the specifications of >0.1 cm / s with an average result of 0.275 cm / s and the value for the Unevenness Value / IRI obtained a result of 7.625 m / km which is said that the porus asphalt mixture with British Standard gradation is included in the good condition road specification.*

*Keywords : APRS, Porus Asphalt, IRI, Permeability, Properties Marshall*

### 1. PENDAHULUAN

Seiring berkembangnya teknologi konstruksi perkerasan jalan, didesain

perkerasan untuk meningkatkan gaya gesek terutama untuk mencegah *aquaplaning* (Ministry of Defence, 1998). Aspal porus

merupakan campuran aspal agregat dengan memiliki agregat halus rendah untuk mendapatkan rongga yang tinggi. Permasalahan aspal porus dengan gradasi terbuka secara umum terletak pada nilai struktural perkerasan rendah dan kemampuan mengalirkan air yang tinggi (Djumari, 2009). Dengan memiliki permukaan yang lebih kasar aspal porus dapat mengurangi kebisingan atau *noise reduction* (Setyawan, 2005).

Gradasi agregat menentukan sifat aspal porus. Berbagai macam agregat telah dikembangkan di beberapa lembaga penelitian dari berbagai negara. Gradasi agregat pada umumnya berdasarkan komposisi tertentu dengan hasil yang sudah diuji dan dapat digunakan.

Metode *Marshall* campuran aspal porus dengan pendekatan rasional untuk memilih proporsi dua bahan yaitu, aspal dan mineral agregat agar mendapatkan properti yang ditentukan dari bentuk struktur permukaan aspal porus yang diinginkan. Pengujian *Marshall* dimaksudkan untuk menentukan ketahanan (Stabilitas) terhadap kelelahan plastisitas (*flow*) dari campuran aspal. Prosedur desain *Marshall* bertujuan untuk mendapatkan kadar aspal yang optimum (Ozgan, 2009).

Perkerasan aspal porus memiliki sistem drainase ganda. Proses pengaliran ganda memerlukan dukungan lapisan yang kedap di bawah lapisan aspal porus agar tidak terjadi perembesan ke pondasi. Permeabilitas aspal pada umumnya adalah kemampuan aspal untuk dapat mengalirkan air. Sifat permeabilitas yang penting pada aspal, yaitu terhadap air. Kerusakan jalan disebabkan oleh genangan air pada jalan raya sehingga menyebabkan jalan raya menjadi berlubang.

Pelayanan ruas jalan digolongkan bagus atau tidak mengacu pada kondisi perkerasan jalan yang ditunjukkan berdasarkan standar kekasaran jalan. *IRI (International Roughness Index)* merupakan besaran nilai ketidakrataan permukaan jalan, yang diperoleh dari panjang kumulatif turun naiknya permukaan per-satuan panjang. Penyebab ketidakrataan jalan dikarenakan beban berlebih, serta bahan dari pembuatan jalan yang sangat berpengaruh.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui nilai stabilitas, permeabilitas, dan *IRI* dari aspal porus menggunakan gradasi *British Standard* (BS) memakai pemadatan

*APRS* (Alat Pemadat *Roller Slab*) dengan menggunakan pengujian *Marshall*. *APRS* adalah alat pemadat campuran aspal di laboratorium dengan metode yang disimulasikan dengan proses pemadatan di lapangan. Alat ini memiliki sistem pemadatan yang menyerupai tandem *roller* yang pemadatannya dengan cara digilas.

Penelitian ini penulis menggunakan variasi kadar aspal 4%, 5%, 6%, dan 7%.

## 2. METODOLOGI

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta dengan menggunakan gradasi *British Standard*. Penelitian ini membuat masing-masing 3 benda uji per kadar aspal untuk mencari *KAO*, 3 benda uji *KAO* untuk mencari nilai Permeabilitas dan nilai Ketidakrataan.

Data penelitian ini menggunakan data sekunder dan primer. Data primer merupakan sumber data penelitian yang diperoleh langsung dari sumber asli (tidak melalui media perantara). Sedangkan Data sekunder merupakan sumber data penelitian yang diperoleh peneliti secara tidak langsung melalui media perantara (diperoleh dan dicatat oleh pihak lain). Data sekunder yaitu hasil pemeriksaan aspal (titik nyala, titik bakar, daktilitas, *Los on heating*, dan titik lembek) dan hasil pemeriksaan agregat (berat jenis, pelapukan, *sand equivalent*, dan kelekatan agregat). Data primer meliputi hasil pengujian aspal (berat jenis, penetrasi, dan kelekatan agregat terhadap aspal) dan hasil pengujian agregat (berat jenis, gradasi, rekayasa *blending*, dan pelapukan).

Setelah proses rekayasa *blending* agregat untuk kedua data tersebut, kemudian membuat benda uji menggunakan *APRS*. Tahap selanjutnya yaitu, penentuan kadar aspal optimum dengan kadar aspal 4% - 7% dilanjutkan pengujian *Marshall* untuk mendapatkan nilai :

- a) Stabilitas
 
$$S = q \times c \times k \times 0,454 \quad (1)$$
 dengan :  
 S = Nilai stabilitas terkoreksi (kg)  
 q = Pembacaan stabilitas pada dial alat *Marshall* (lbs)  
 k = Faktor kalibrasi alat  
 c = Angka koreksi ketebalan  
 0,454 = Konversi beban dari lbs ke kg
- b) *Flow* didapatkan dari nilai yang ditunjukkan oleh jarum dial.

c) *Void In the Mix (VIM)*  

$$VIM = 100 \times \left( \frac{Gmm - Gmb}{Gmm} \right) \quad (2)$$

dengan :

*VIM* = Rongga udara pada campuran setelah pemadatan, prosentase dari volume total, (%)

*Gmb* = Berat jenis campuran setelah pemadatan (gr/cc)

*Gmm* = Berat jenis campuran maksimum teoritis setelah pemadatan (gr/cc).

d) *Marshall Quotient (MQ)*  

$$MQ = \frac{S}{r} \quad (3)$$

dengan :

*S* = Nilai stabilitas (kg)

*r* = Nilai kelelahan (mm)

*MQ* = Nilai *MQ* (kg/mm)

e) *Void in the Mineral Agregat (VMA)*  

$$VMA = 100 \times \left( \frac{Gmb}{Gsb} \times \frac{100}{100 + Pb} \times 100 \right) \quad (4)$$

dengan :

*VMA* = Rongga diantara butir agregat, persen volume *Bulk*

*Gsb* = Berat jenis *Bulk* agregat (gr/cm<sup>3</sup>)

*Gmb* = Berat jenis *Bulk* campuran padat (gr/cm<sup>3</sup>)

*Pb* = Kadar aspal persen terhadap berat total campuran (%)

f) *Void Dilled With Asphalt (VFWA)*  

$$VFWA = \frac{100 \times (VMA - VIM)}{Gmm} \quad (5)$$

dengan :

*VFWA* = Rongga terisi aspal (%)

*VMA* = Rongga diantara mineral (%)

*VIM* = Rongga udara campuran, persen total campuran (%)

*Gmm* = Berat jenis maksimum campuran

Setelah menentukan *KAO*, tahap berikutnya yaitu membuat benda uji dengan *KAO* menggunakan pemadat *APRS* untuk pengujian permeabilitas dan Nilai Ketidakrataan/*IRI*. Pengujian permeabilitas menggunakan metode *Falling Head Permeability Test*. Yang dapat dihitung dengan rumus :

$$K = 2,3 \times \frac{a \times L}{A \times t} \times \left[ \log \left( \frac{h1}{h2} \right) \right] \quad (6)$$

dengan :

*k* = Koefisien permeabilitas air (cm/s),

*a* = Luas potongan melintang tabung (cm<sup>2</sup>)

*L* = Tebal spesimen (cm),

*A* = Luas potongan specimen (cm<sup>2</sup>)

*t* = Waktu yang dibutuhkan untuk mengalirkan air dari *h1* ke *h2* (s)

*h1* = Tinggi batas air paling atas pada tabung (cm)

*h2* = Tinggi batas air paling bawah pada tabung (cm)

Spesifikasi nilai permeabilitas pada aspal porus yaitu 0,1 – 0,5 cm/dt. Benda uji untuk permeabilitas dapat digunakan untuk pengujian nilai ketidakrataan/*IRI*. Pengujian nilai ketidakrataan menggunakan metode *Sand Patch Method* atau metode Lingkar Pasir. Hasil dari pengukuran ini dinamakan dengan rata-rata kedalaman tekstur atau *Mean Texture Depth* (*MTD*) dengan satuan mm. tumus *MTD* sebagai berikut :

$$MTD = \frac{4 \times V \times 1000}{\pi \times D^2} \quad (7)$$

dengan :

*MTD* = *Mean Texture Depth* (mm)

*V* = Volume pasir (cm<sup>3</sup>)

*D* = Diameter sand patch

Untuk ekivalen ke nilai *IRI*, hasil *MTD* dikali dengan 1 km dibagi dengan diameter *sand patch*. *IRI* merupakan standar yang diakui untuk penilaian kekasaran jalan. Dalam menentukan nilai *IRI* diperlukan beberapa klasifikasi, klasifikasi nilai *IRI* dapat dilihat pada Tabel 2.1.

**Tabel 1**  
**Klasifikasi Nilai *IRI***

| Nilai <i>IRI</i> (m/Km) | Tipe Permukaan | Keterangan   |
|-------------------------|----------------|--------------|
| <4                      | Campuran Aspal | Sangat Baik  |
| 4-8                     | Campuran Aspal | Cukup Baik   |
| 8-12                    | Campuran Aspal | Cukup Buruk  |
| 12-16                   | Campuran Aspal | Buruk        |
| 16-20                   | Campuran Aspal | Jelek        |
| ≥20                     | Campuran Aspal | Sangat Jelek |
| Lainnya                 | Tidak Beraspal | -            |

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Hasil pengujian Material

Penelitian ini untuk mengetahui kualitas material yang digunakan pada saat pembuatan benda uji aspal porus. Hasil pengujian didapat dari data sekunder dan primer. Hasil pengujian material dari data sekunder didapatkan dari PT. AMP selo Progo Sakti sebagai berikut :

##### 3.1.1 Hasil karakteristik Aspal

Pemeriksaan aspal yang telah memenuhi spesifikasi Revisi SNI 03-1737-1989. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 2 sebagai berikut :

**Tabel 2**  
**Hasil Karakteristik Aspal**

| No | Jenis Pemeriksaan                      | Hasil pemeriksaan | Spesifikasi |     | Keterangan |
|----|--|-------------------|-------------|-----|------------|
|    |  |                   | Min         | Max |            |
| 1  | Titik Nyala (°C)                       | 311               | 232         |     | Memenuhi   |
| 2  | Titik Lembek (°C)                      | 49                | 48          |     | Memenuhi   |
| 3  | Daktilitas pada 25°C, 5 cm/ menit (Cm) | 150               | 100         |     | Memenuhi   |
| 4  | Loss on Heating (%)                    | 0,0144            | 0,8         |     | Memenuhi   |

Tabel di atas menunjukkan aspal sudah memenuhi spesifikasi dan aspal dapat digunakan sebagai campuran panas yang digunakan untuk campuran Aspal Porus.

3.1.2 Hasil pemeriksaan Agregat kasar dan halus.

Tujuan pemeriksaan ini yaitu untuk mengetahui agregat sudah sesuai dan memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga Divisi 6 Tahun 2018. Hasil pengujian agregat kasar dan halus pada Tabel 3 sebagai berikut.

**Tabel 3**  
**Hasil Pengujian Agregat Kasar dan Halus**

| No | Jenis Pemeriksaan   | Hasil pemerik saan               | Spesifikasi |     | Satuan |
|----|---------------------|----------------------------------|-------------|-----|--------|
|    |                     |                                  | Min         | Max |        |
| 1  | Agregat kasar       |                                  |             |     |        |
|    | Berat Jenis Bulk    | 2,64                             |             |     |        |
|    | Berat Jenis SSD     | 2,74                             |             |     |        |
|    | Berat Jenis Semu    | 2,87                             |             |     |        |
|    | Berat Jenis Efektif | 2,77                             |             |     |        |
| 2  | Penyerapan          | 2,65                             | 3           | %   |        |
|    | Agregat Medium      |                                  |             |     |        |
|    | Berat Jenis Bulk    | 2,67                             |             |     |        |
|    | Berat Jenis SSD     | 2,73                             |             |     |        |
|    | Berat Jenis Semu    | 2,84                             |             |     |        |
| 3  | Berat Jenis Efektif | 2,75                             |             |     |        |
|    | Penyerapan          | 2,13                             | 3           | %   |        |
|    | Agregat Halus       |                                  |             |     |        |
|    | Berat Jenis Bulk    | 2,7                              |             |     |        |
|    | Berat Jenis SSD     | 2,76                             |             |     |        |
| 4  | Berat Jenis Semu    | 2,86                             |             |     |        |
|    | Berat Jenis Efektif | 2,78                             |             |     |        |
|    | Penyerapan          | 2                                | 3           | %   |        |
|    | Sand Equivalent     | 73,89                            | 50          | %   |        |
|    | 5                   | Kelekatan Agregat terhadap Aspal | 98          | 95  | %      |

Adapun hasil pengujian data primer pada saat penelitian yang telah dilakukan sebagai berikut :

3.1.3 Hasil Pengujian Keausan

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan ketahanan agregat kasar terhadap keausan dengan menggunakan alat mesin *Los Angeles*. Hasil pengujian keausan atau abrasi dapat dilihat pada Tabel 3.3.

**Tabel 3.3 Hasil Pengujian Keausan**

| No. | keterangan                | Berat (gram)      |
|-----|---------------------------|-------------------|
| 1   | Berat Benda Uji           | 5000              |
| 2   | a. Lolos 19 mm Tertahan   | 12.5 mm = 2500 gr |
|     | b. Lolos 12.5 mm Tertahan | 9.5 mm = 2500 gr  |
| 3   | Tertahan Saringan no. 12  | 3050              |
|     | Presentasi keausan        | 39 %              |

3.1.4 Hasil Pengujian Analisa Saringan

Pengujian analisa saringan dilakukan karena pada penelitian ini menggunakan Gradasi *British*

*Standard* yang memakai beberapa ukuran saringan yang berbeda. Pemeriksaan analisa saringan untuk mendapatkan nilai gradasi agregat yang akan digunakan. Hasil analisa saringan dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4**  
**Hasil Pengujian Analisa Saringan**

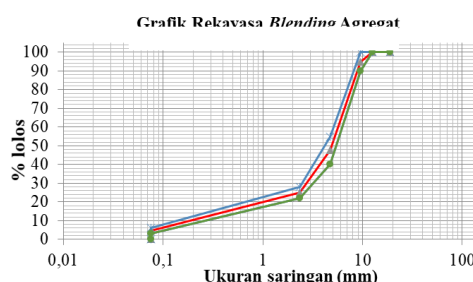
| Ayakan (mm) | % Kumulatif    |                |                | Jumlah % Kumulatif | Keterangan     |
|-------------|----------------|----------------|----------------|--------------------|----------------|
|             | F <sub>1</sub> | F <sub>2</sub> | F <sub>3</sub> |                    |                |
| 19.00       | 32.18          | 33.33          | 33.33          | 98.84              | Tidak Memenuhi |
| 12.50       | 31.20          | 33.13          | 33.33          | 97.67              | Tidak Memenuhi |
| 9.50        | 5.20           | 32.40          | 33.33          | 70.93              | Tidak Memenuhi |
| 4.75        | 0.00           | 6.13           | 33.33          | 39.47              | Tidak Memenuhi |
| 2.360       | 0.00           | 1.33           | 22.87          | 24.20              | Memenuhi       |
| 0.075       | 0.00           | 0.23           | 1.20           | 1.43               | Tidak Memenuhi |
| 0.075       | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00               | Tidak Memenuhi |

Penentuan jumlah agregat yang digunakan dilakukan dengan menggunakan batas tengah saringan dari spesifikasi gradasi *British Standard*. Rekayasa *blending* menggunakan batas tengah dilakukan agar memenuhi spesifikasi dari gradasi *British Standard*. Hasil dari rekayasa *blending* dapat dilihat pada Tabel 5 berikut.

**Tabel 5**  
**Hasil Rekayasa Blending Agregat**

| Ø       | Spesifikasi Lolos (%) |      |     | Spek. Tertahan (%) | Spek. Tertahan Kumulatif (%) | Spek. Tertahan (gram) | Keterangan |
|---------|-----------------------|------|-----|--------------------|------------------------------|-----------------------|------------|
|         | BB                    | BT   | BA  |                    |                              |                       |            |
| 3/4"    | 100                   | 100  | 100 | 0                  | 0                            | 0                     | Memenuhi   |
| 1/2"    | 100                   | 100  | 100 | 0                  | 0                            | 0                     | Memenuhi   |
| 3/8"    | 90                    | 95   | 100 | 5                  | 60                           | 60                    | Memenuhi   |
| No. 4   | 40                    | 47.5 | 55  | 52.5               | 630                          | 570                   | Memenuhi   |
| No 8    | 22                    | 25   | 28  | 75                 | 900                          | 270                   | Memenuhi   |
| No. 200 | 3                     | 4.5  | 6   | 95.5               | 1146                         | 246                   | Memenuhi   |
| Pan     | 0                     | 0    | 0   | 100                | 1200                         | 54                    | Memenuhi   |

Pada Tabel 3.5 didapatkan untuk mendapatkan KAO, digunakan agregat kasar (CA) sebesar 47,5%, agregat medium (MA) sebesar 5%, dan agregat halus (FA) sebesar 47,5%. Grafik penggabungan fraksi antar



agregat, dapat dilihat pada Gambar 1.  
**Gambar 1 Grafik Rekayasa Blending Agregat (hasil analisis)**

Berdasarkan hasil di atas, dapat diketahui bahwa pendistribusian agregat baru sudah memenuhi spesifikasi batas tengah pada campuran aspal porus yang telah diisyaratkan

gradasi *British Standard*. kemudian menghitung berat jenis agregat baru diperlukan karena pada penelitian ini untuk pembuatan benda uji. Hasil perhitungan berat jenis agregat baru dapat dilihat pada Tabel 6 berikut.

**Tabel 6**  
**Hasil Perhitungan Berat Jenis Agregat**

| Fraksi Agregat      | Berat Jenis Agregat Baru |
|---------------------|--------------------------|
| Coarse Aggregate    | 2,77                     |
| Medium Aggregate    | 2,75                     |
| Fine Aggregate      | 2,78                     |
| Berat Jenis Efektif | 2,77                     |

3.1.5 Pelapukan

Pengujian pelapukan bertujuan untuk mengetahui nilai kelekatan agregat dengan menggunakan larutan Natrium Sulfat (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Hasil pemeriksaan pelapukan dapat dilihat pada Tabel 7 sebagai berikut.

**Tabel 7**  
**Hasil Pemeriksaan Pelapukan Agregat**

| Saringan |          | Berat Awal (gr) | Berat setelah di uji (gr) | Presentase berat agregat yang mengalami pelapukan (%) |
|----------|----------|-----------------|---------------------------|---|
| lolos    | tertahan |                 |                           |   |
| 3/8'     | 4"       | 1000            | 934                       | 6,60%   |

3.1.6 Hasil Pengujian Berat Jenis Aspal

Pengujian berat jenis diperlukan untuk mengetahui berat jenis aspal yang digunakan sudah sesuai dengan ketentuan penelitian. Hasil pengujian berat jenis dapat dilihat pada Tabel 8 berikut.

**Tabel 3.8**  
**Hasil Pengujian Berat Jenis Aspal**

|   |                                |       |      |
|---|--------------------------------|-------|------|
| A | Berat picnometer kosong        | 13,53 | gram |
| B | Berat picnometer + air         | 24,63 | gram |
| C | Berat picnometer + aspal       | 21,77 | gram |
| D | Berat picnometer + air + aspal | 25,01 | gram |
| E | Berat Aspal                    | 8,24  | gram |
| F | Isi Aspal                      | 7,86  | gram |
| G | Berat Jenis Aspal              | 1,048 |      |

3.1.7 Hasil Pengujian Penetrasi Aspal

Pengujian penetrasi aspal dilakukan untuk mengetahui penetrasi aspal keras atau lembek. Hasil pengujian penetrasi aspal dapat dilihat pada tabel 9 berikut.

**Tabel 9**  
**Hasil Pengujian Penetrasi Aspal**

| Penetrasi pada suhu 25°C |    |    | I    |    |
|--------------------------|----|----|------|----|
| Sket pengamatan          |    |    |      |    |
| *1                       | 1  |    | 63   | 65 |
|                          | 2  |    | 60   | 60 |
| *2                       | *5 | *3 | 65   | 63 |
|                          |    |    | 61   | 62 |
|                          | *4 |    | 62   | 60 |
| Rata-rata                |    |    | 62,1 |    |

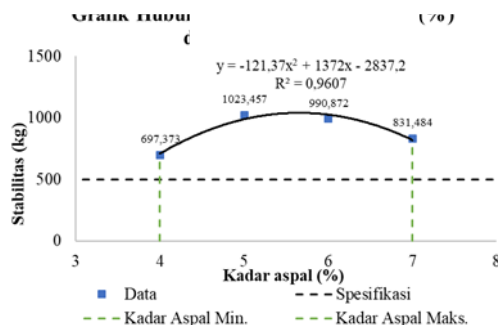
Berdasarkan hasil diatas, dapat diketahui bahwa penetrasi aspal sudah sesuai dengan ketentuan penelitian.

3.2 Analisis Properties Marshall

Penelitian ini menggunakan kadar aspal 4%, 5%, 6%, 7% dengan jumlah benda uji 3 buah untuk setiap kadar aspal untuk menentukan kadar aspal optimum (KAO). Hasil *pengujian Properties Marshall* sebagai berikut.

3.2.1 Stabilitas

Grafik nilai Stabilitas dengan *Gradasi British Standard*, dapat dilihat pada Gambar 2



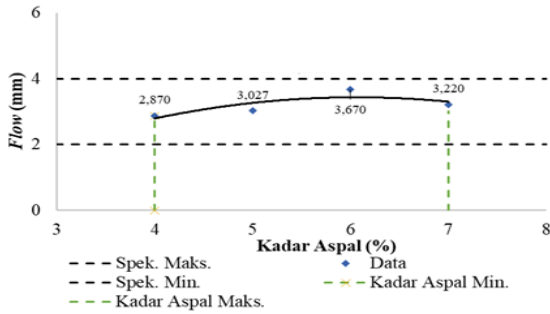
**Gambar 2** Grafik hubungan antara kadar aspal dengan stabilitas (hasil analisis)

Pada grafik diatas semakin besar kadar aspal yang digunakan nilainya akan naik hingga disatu titik puncak, kemudian nilai stabilitas mengalami penurunan. Dengan *Gradasi British Standard* pemadatan APRS, dari kadar aspal yang digunakan memenuhi spesifikasi stabilitas dengan nilai pada kadar aspal 4% sebesar 697,373 kg, 5% sebesar 1023,457 kg, 6% sebesar 990,872 kg, dan 7% sebesar 831,484 kg. Nilai stabilitas terbesar didapatkan pada benda uji 5% sebesar 1023,457 kg.

3.2.2 Flow

Grafik nilai *Flow* dengan *Gradasi British Standard* dapat dilihat pada Gambar 3 sebagai berikut.



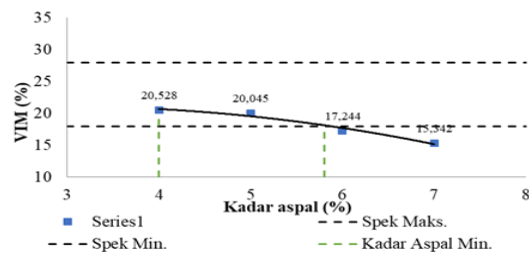


**Gambar 3 Grafik hubungan antara kadar aspal dengan flow (hasil analisis)**

Gambar 3.3 membentuk garis parabola dengan titik maksimum pada kadar aspal 6% sebesar 3,670 mm. Berdasarkan grafik diatas semakin besar kadar aspal yang digunakan nilainya akan naik hingga disatu titik puncak, kemudian nilai *Flow* mengalami penurunan. Gambar 3.3 didapatkan bahwa seluruh variasi kadar aspal yang menggunakan pemadatan *APRS* memenuhi spesifikasi *flow* antara 2 – 4 mm dengan nilai *flow* kadar aspal 4 % sebesar 2,870 mm, 5% sebesar 3,027 mm, 6% sebesar 6,670 mm, dan 7% sebesar 3,220 mm. nilai *flow* pada kadar aspal 6% merupakan nilai *flow* terbesar yang didapatkan pada benda uji.

3.2.3 *VIM*

Grafik nilai *VIM* dengan Gradasi *British Standard* dapat dilihat pada Gambar 4 Sebagai berikut.



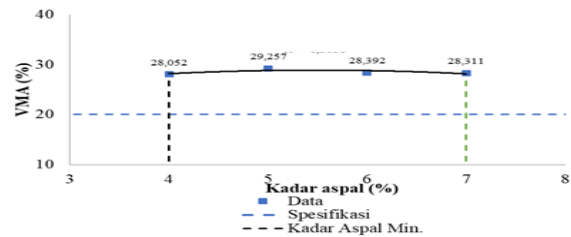
**Gambar 4 Grafik hubungan antara kadar aspal dengan VIM (hasil analisis)**

Berdasarkan Gambar 3.4 membentuk linier, diketahui bahwa semakin besar kadar aspal nilai *VIM* akan turun. Hasil penelitian beberapa kadar aspal memenuhi spesifikasi *VIM* yaitu 18% - 28%. Kadar aspal yang memenuhi spesifikasi yaitu, kadar aspal 4% sebesar 20,528% dan 5% sebesar 20,045%. Sedangkan nilai *VIM* pada kadar aspal 6% sebesar 17,244%, dan 7% sebesar 15,342% tidak memenuhi spesifikasi. Variasi

gradasi berpengaruh pada besarnya nilai *VIM* yang dihasilkan. Dengan campuran agregat kasar yang lebih tinggi memiliki nilai *VIM* yang tinggi juga, sedangkan campuran agregat halus lebih banyak maka memiliki nilai *VIM* yang rendah. Jika nilai *VIM* rendah mengakibatkan campuran kedap air dan udara sehingga campuran aspal tidak mudah retak dan lebih tahan lama.

3.2.4 *VMA*

Grafik nilai *VMA* dengan Gradasi *British Standard* dapat dilihat pada Gambar 5 sebagai berikut.

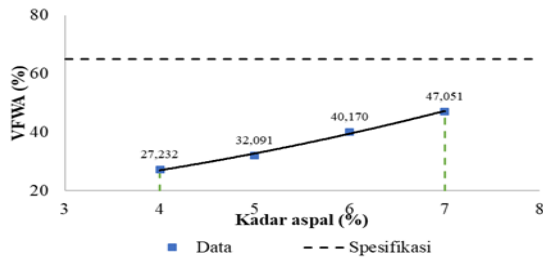


**Gambar 5 Grafik hubungan antara kadar aspal dengan VMA (hasil analisis)**

Gambar 3.5 membentuk garis parabola yang artinya semakin besar kadar aspal yang digunakan nilai *VMA* akan naik hingga disatu titik puncak, kemudian nilai *VMA* mengalami penurunan. Spesifikasi nilai *VMA* yaitu >20%, dari variasi kadar aspal yang digunakan memenuhi spesifikasi yaitu, semua kadar aspal. Nilai *VMA* dengan kadar aspal 4%, 5%, 6%, 7% yaitu, 28,052%, 29,257%, 28,329%, dan 28,311%. Semakin besar kadar aspal, maka nilai *VMA* akan menurun karena penambahan kadar aspal mampu mengisi rongga antara agregat, sehingga ikatan agregat menjadi lebih kuat. Namun hal tersebut dapat menyebabkan keretakan yang tinggi jika diberi beban diatasnya dikarenakan nilai *VMA* terlalu kecil.

3.2.5 *VFWA*

Grafik nilai *VFWA* dengan Gradasi *British Standard* dapat dilihat pada Gambar 6 Sebagai berikut.

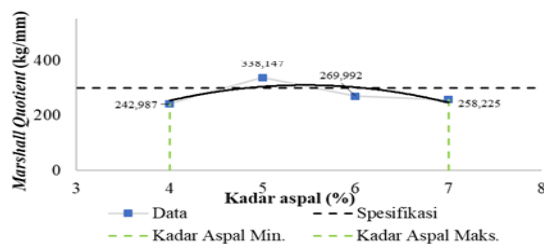


**Gambar 6** Grafik hubungan antara kadar aspal dengan VFWA (hasil analisis)

Gambar 3.6 grafik hubungan kadar aspal dengan VFWA didapatkan kadar aspal tidak memenuhi spesifikasi sebesar 65%. Nilai VFWA pada kadar aspal 4%, 5%, 6%, dan 7% yaitu, sebesar 27,232%, 32,091%, 40,170%, dan 47,051%. Nilai VFWA pada kadar aspal 7% merupakan nilai tertinggi pada benda uji. Pada Gambar 3.6 tidak memenuhi spesifikasi dikarenakan semakin kecil kadar aspal yang digunakan pada campuran semakin banyak permukaan dan rongga campuran yang tidak diselimuti aspal sehingga pengikat antara agregat dengan aspal tidak optimal dan menyebabkan perkerasan tidak tahan lama. Sebaliknya semakin besar kadar aspal yang digunakan maka kemampuan aspal untuk menyelimuti rongga campuran antar agregat semakin tinggi, sehingga pengikat antara agregat dengan aspal optimal dan dapat meningkatkan perkerasan tahan lama.

### 3.2.6 MQ

Grafik nilai Marshall Quotient dengan Gradasi British Standard dapat dilihat pada Gambar 7 sebagai berikut.



**Gambar 7** Grafik hubungan antara kadar aspal dengan MQ (hasil analisis)

Gambar 7 membentuk garis parabola yang artinya semakin besar kadar aspal yang digunakan, nilai MQ semakin besar hingga mencapai titik maksimum. Kemudian nilai MQ akan turun seiring penambahan kadar aspal. Pada Gambar 3.7 didapatkan nilai MQ dengan kadar

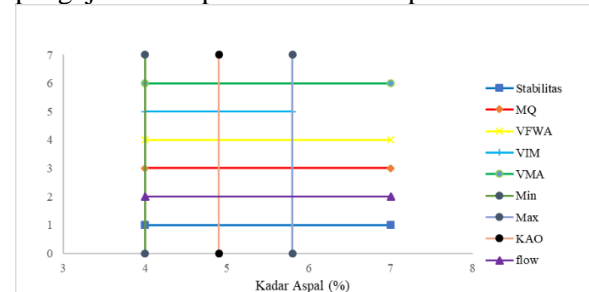
aspal 4%, 5%, 6%, dan 7% yaitu, 242,987 kg/mm, 338,147 kg/mm, 269,992 kg/mm, dan 258,225 kg/mm. Nilai MQ merupakan pendekatan terhadap tingkat kekakuan dan fleksibilitas campuran. Semakin besar nilai MQ maka semakin kaku dan sebaliknya semakin kecil nilai MQ maka perkerasannya semakin lentur.

Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 10 sebagai berikut.

**Tabel 10** Hasil Perhitungan Properties Marshall dan Volumetrik Penentuan Kadar Aspal Optimum

| Kadar Aspal % | Benda Uji -   | Properties Marshall |               |               |                 |              |                |
|---------------|---------------|---------------------|---------------|---------------|-----------------|--------------|----------------|
|               |               | VFWA %              | VIM %         | VMA %         | Stabilitas kg   | Flow mm      | MQ kg/mm       |
| 4             | 1             | 26,903              | 21,491        | 28,924        | 670,551         | 3,15         | 212,873        |
|               | 2             | 27,376              | 20,109        | 27,673        | 563,263         | 2,78         | 202,613        |
|               | 3             | 27,419              | 19,984        | 27,56         | 858,306         | 2,68         | 320,263        |
|               | <b>Rerata</b> | <b>27,232</b>       | <b>20,528</b> | <b>28,052</b> | <b>697,373</b>  | <b>2,87</b>  | <b>242,987</b> |
| 5             | 1             | 31,803              | 20,763        | 29,893        | 845,19          | 4,38         | 192,966        |
|               | 2             | 32,278              | 19,581        | 28,847        | 1.197,35        | 2,23         | 536,929        |
|               | 3             | 32,193              | 19,791        | 29,033        | 1.027,83        | 2,47         | 416,125        |
|               | <b>Rerata</b> | <b>32,091</b>       | <b>20,045</b> | <b>29,257</b> | <b>1.023,46</b> | <b>3,027</b> | <b>338,147</b> |
| 6             | 1             | 40,669              | 16,216        | 27,501        | 1.293,08        | 4,47         | 289,279        |
|               | 2             | 40,055              | 17,482        | 28,597        | 1.021,27        | 2,75         | 371,371        |
|               | 3             | 39,786              | 18,036        | 29,076        | 658,269         | 3,79         | 173,686        |
|               | <b>Rerata</b> | <b>40,17</b>        | <b>17,244</b> | <b>28,392</b> | <b>990,872</b>  | <b>3,67</b>  | <b>269,992</b> |
| 7             | 1             | 44,892              | 17,519        | 30,155        | 911,95          | 4,24         | 215,082        |
|               | 2             | 45,636              | 16,152        | 28,997        | 965,594         | 2,46         | 392,518        |
|               | 3             | 46,55               | 14,473        | 28,909        | 616,907         | 2,96         | 208,415        |
|               | <b>Rerata</b> | <b>45,693</b>       | <b>16,048</b> | <b>29,354</b> | <b>831,484</b>  | <b>3,22</b>  | <b>258,225</b> |

Berdasarkan Tabel 10 penentuan KAO dapat dilakukan dengan menganalisis hasil pengujian. Didapatkan nilai KAO pada Gambar 8.



**Gambar 8** Grafik Kadar Aspal Optimum (KAO) (hasil analisis)

Gambar 8 dapat dilihat bahwa nilai kadar aspal minimum yang memenuhi spesifikasi sebesar 4 % dan kadar aspal maksimum sebesar 5,8%. Sehingga untuk menentukan nilai KAO dilakukan sebagai berikut :

$$KAO = ((4+5,8))/2 = 4,9\%$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, didapatkan nilai KAO sebesar 4,9%. Nilai tersebut digunakan untuk pembuatan benda uji untuk pengujian Permeabilitas dan IRI.

### 3.3 Analisa Nilai Permeabilitas

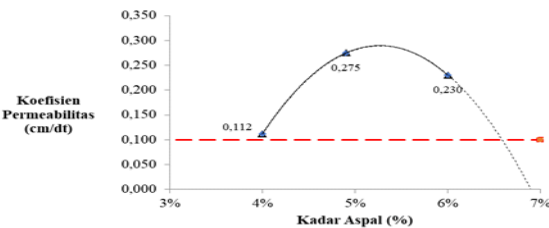
Pengujian pada nilai permeabilitas ini menggunakan benda uji dengan kadar aspal

sesuai dengan KAO Sebesar 4,9%, kemudian dilakukan juga pengujian terhadap benda uji berkadar aspal 4% dan 6% sebagai pembanding. Nilai permeabilitas didapatkan dengan menggunakan metode *Falling Head Permeability Test*. Hasil pengujian nilai Permeabilitas semua kadar aspal dapat dilihat pada Tabel 11 sebagai berikut.

**Tabel 11**  
**Hasil Pengujian Nilai Permeabilitas**

| Kadar Aspal | Benda Uji | D  | h1  | h2  | luas benda uji  | luas gelas ukur | Waktu Perembesan | Koef. Permeabilitas (cm/dt) | Rata-rata Koef. Permeabilitas (cm/dt) |
|-------------|-----------|----|-----|-----|-----------------|-----------------|------------------|-----------------------------|---------------------------------------|
|             |           | cm | cm  | cm  | cm <sup>2</sup> | cm <sup>2</sup> | detik            |                             |                                       |
| 4%          | 1         | 10 | 9,5 | 4,5 | 37,306          | 125,075         | 230,73           | 0,108                       |                                       |
|             | 2         | 10 | 9,5 | 4,5 | 37,306          | 125,075         | 223,91           | 0,112                       | 0,112                                 |
|             | 3         | 10 | 9,5 | 4,5 | 37,306          | 125,075         | 217,84           | 0,115                       |                                       |
| 4,90%       | 1         | 10 | 9   | 4   | 35,343          | 125,075         | 99,28            | 0,289                       |                                       |
|             | 2         | 10 | 9,2 | 4,2 | 36,128          | 125,075         | 101,3            | 0,268                       | 0,275                                 |
|             | 3         | 10 | 9,1 | 4,1 | 35,736          | 125,075         | 103,88           | 0,268                       |                                       |
| 6%          | 1         | 10 | 9   | 4   | 35,343          | 125,075         | 122,4            | 0,234                       |                                       |
|             | 2         | 10 | 9,3 | 4,3 | 36,521          | 125,075         | 97,92            | 0,269                       | 0,23                                  |
|             | 3         | 10 | 9,1 | 4,1 | 35,736          | 125,075         | 149,75           | 0,186                       |                                       |

Grafik nilai permeabilitas dengan Gradasi *British Standard* dapat dilihat pada Gambar 9.



**Gambar 9** Grafik nilai permeabilitas (hasil analisis)

Hasil penelitian permeabilitas ditunjukkan dari variasi kadar aspal 4%, 4,9%, dan 6% menghasilkan koefisien permeabilitas yang memiliki rata – rata yaitu 4%; 0,112 cm/dt, 4,9%; 0,275 cm/dt, dan 6%; 0,230 cm/dt. Dari hasil nilai permeabilitas ini menunjukkan hubungan antara kadar aspal dengan permeabilitas dimana semakin besar nilai kadar aspal, semakin besar nilai koefisien permeabilitas hingga mencapai titik maksimum. Kemudian nilai koefisien permeabilitas akan turun karena bertambahnya kadar aspal.

**3.4 Analisa Nilai Ketidakrataan (IRI)**

Penelitian ini untuk mencari Nilai Ketidakrataan yang menggunakan benda uji dengan kadar aspal 4%, 4,9%, 6% menggunakan Gradasi *British Standard*. Hasil pengujian nilai Ketidakrataan semua kadar aspal dapat dilihat pada Tabel 12.

**Tabel 12**  
**Hasil Pengujian Nilai Ketidakrataan**

| Kadar Aspal | Sampel | Sisi  | Volume dari Berat Pasir |          |                        | Kedalaman | IRI    | IRI rata-rata sisi | IRI rata-rata sample | kondisi jalan |
|-------------|--------|-------|-------------------------|----------|------------------------|-----------|--------|--------------------|----------------------|---------------|
|             |        |       | Awal gr                 | Akhir gr | Volume cm <sup>3</sup> |           |        |                    |                      |               |
| %           | buah   |       |                         |          |                        | cm        | m/km   | m/km               | m/km                 |               |
| 4           | 1      | atas  | 50                      | 37       | 7,182                  | 0,091     | 9,149  |                    |                      |               |
|             |        | bawah | 50                      | 42       | 4,42                   | 0,056     | 5,63   |                    | 7,39                 |               |
|             | 2      | atas  | 50                      | 39       | 6,077                  | 0,077     | 7,742  |                    |                      |               |
|             |        | bawah | 50                      | 41       | 4,972                  | 0,063     | 6,334  |                    | 7,038                | 6,803         |
|             | 3      | atas  | 50                      | 40       | 5,525                  | 0,07      | 7,038  |                    |                      |               |
|             |        | bawah | 50                      | 43       | 3,867                  | 0,049     | 4,927  |                    | 5,982                |               |
| 4,9         | 1      | atas  | 50                      | 39       | 6,077                  | 0,077     | 7,742  |                    |                      |               |
|             |        | bawah | 50                      | 41       | 4,972                  | 0,063     | 6,334  |                    | 7,038                |               |
|             | 2      | atas  | 50                      | 38       | 6,63                   | 0,084     | 8,446  |                    |                      |               |
|             |        | bawah | 50                      | 40       | 5,525                  | 0,07      | 7,038  |                    | 7,742                | 7,625         |
|             | 3      | atas  | 50                      | 37       | 7,182                  | 0,091     | 9,149  |                    |                      |               |
|             |        | bawah | 50                      | 40       | 5,525                  | 0,07      | 7,038  |                    | 8,094                |               |
| 6           | 1      | atas  | 50                      | 35       | 8,287                  | 0,106     | 10,557 |                    |                      |               |
|             |        | bawah | 50                      | 38       | 6,63                   | 0,084     | 8,446  |                    | 9,501                |               |
|             | 2      | atas  | 50                      | 36       | 7,735                  | 0,099     | 9,853  |                    |                      |               |
|             |        | bawah | 50                      | 38       | 6,63                   | 0,084     | 8,446  |                    | 9,149                | 7,976         |
|             | 3      | atas  | 50                      | 39       | 6,077                  | 0,077     | 7,742  |                    |                      |               |
|             |        | bawah | 50                      | 46       | 2,21                   | 0,028     | 2,815  |                    | 5,279                |               |

Tabel 12 didapatkan bahwa nilai IRI pada benda uji masih memenuhi spesifikasi yang ditentukan yaitu sebesar 4 – 8 m/km, sehingga dapat dikatakan bahwa benda uji pada campuran aspal porus menggunakan gradasi *British Standard* dengan pemadatan *APRS* bisa digunakan dan masuk dalam spesifikasi jalan kondisi baik.

**4. KESIMPULAN DAN SARAN**

**4.1 Kesimpulan**

- 1) Hasil *Properties Marshall* Aspal porus menggunakan gradasi *British standard* dengan pemadatan *APRS* dari kadar aspal 4%, 5%, 6%, 7% didapatkan nilai *Properties Marshall* yang meliputi parameter Stabilitas, *Flow*, *VIM*, *VMA* memenuhi spesifikasi, sedangkan *VFWA* dan *MQ* tidak memenuhi spesifikasi.
- 2) Hasil pengujian permeabilitas ditunjukkan dari variasi kadar aspal optimum 4,9% dengan masing-masing dibuat 3 benda uji dan menghasilkan nilai koefisien permeabilitas sebesar 0,275 cm/dt yang telah memenuhi spesifikasi sebesar 0,1 – 0,5 cm/dt. Sehingga dapat dikatakan campuran aspal porus menggunakan gradasi *British Standard* dengan pemadatan *APRS* mampu meloloskan air sesuai spesifikasi.
- 3) Setelah dilakukannya penelitian pada benda uji dengan kadar aspal optimum 4,9% menggunakan gradasi *British Standard* dengan pemadatan *APRS* didapatkan nilai Ketidakrataan/ *IRI* memenuhi spesifikasi. Nilai rata – rata Ketidakrataan yang didapatkan yaitu 7,625 m/km dan masuk dalam spesifikasi jalan dengan kondisi baik.

**4.2 Saran**

- 1) Pada penelitian dengan gradasi *British Standard* menggunakan pemadatan *APRS* dapat ditambahkan Zat Aditif yang lain.



- 2) Pada gradasi *British Standard* dapat dilakukan pengujian yang lain yaitu Durabilitas dan *Skid Resistance*.
- 3) Untuk pengujian permeabilitas dapat menggunakan metode lain selain *Falling Head Permeability Test*, yaitu *Constant Head Permeameter*.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Cabrera, J.G. & Hamzah, M.O. (1994), "Aggregate Grading Design For Porous Asphalt". In Cabrera, J.G. & Dixon, J.R. (eds), "Performance and Durability of Bituminous Materials", Proceeding of Symposium, University of Leeds, March 1994, London.
- Diana. I, W., Siswosoebrotho. B. I, Karsaman. R. B. (2009). Sifat-Sifat Teknik dan Permeabilitas pada Aspal Porus. Simposium III FSTPT, ISBN no. 979-96241-0-X.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2018. Surat Edaran Direktur Jenderal Bina Marga No. 02/SE/Db/2018 tentang Penyampaian Standar Dokumen Pengadaan dan Spesifikasi Umum 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Djumari, D. Sarwono. 2009. Perencanaan Gradasi Aspal Porus Menggunakan Material Lokal dengan Metode Pemampatan Kering. Jurnal penelitian Media Teknik Sipil Volume IX:9-14.
- Ozgan Ercan (2009), "Fuzzy logic and statistical-based modeling of the Marshall Stability of asphalt concrete under varying temperatures and exposure times", Duzce University, Turkey.
- Ramadhan, G., 2018. Penyusunan Matriks Panduan Pemilihan Gradasi Agregat Aspal Porus Berbasis Pada Curah Hujan, Nilai Porositas dan Stabilitas. Surakarta : Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Sarwono. D, Wardhani. A. K. (2007). Pengukuran Sifat Permeabilitas Campuran Porous Asphalt. Jurnal penelitian Media Teknik Sipil, Edisi Juli:131-138.
- Setyawan, A. 2005.Observasi Propertis Aspal Porus Berbagai Gradasi dengan Material Lokal.Jurnal penelitian Media Teknik Sipil, 15-20.
- SNI 06-2489-1991. Metode Pengujian Campuran Aspal dengan Alat Marshall.
- Sukirman S (2003) Beton Aspal Campuran Panas: Yayasan Obor Indonesia. ISBN: 9794614726.
- Sunarjono, S., Riyanto, A., Sugiyatno, Sudjatmiko, A., 2008, Studi Mekanika Aspal, Mekanika Tanah Dan Rekayasa Alat Untuk Bahan Perkerasan Jalan, Proposal Inpru UMS, diakses Tanggal 21 Desember 2012.
- Takahashi, Shigekhi & Partl, Manfred, 1999. "Improvement of Mix Design For Porous Asphalt". EMPA Uberlandstrasse 129 CH- 8600 Dubendorf.