

## KINERJA DURABILITAS CAMPURAN BETON ASPAL DITINJAU DARI FAKTOR VARIASI SUHU PEMADATAN DAN LAMA PERENDAMAN

Anas Tahir\* dan Arief Setiawan \*

### Abstract

The Durability of asphalt concrete mixture have effect to the performance and road serviceability. High durability will indicate the road that it is more durability and have more resistance from water and weather effect.

The objective of this research is to know the performance of asphalt concrete about durability with Marshall immersion modified and vary of compacting temperature. Marshall immersion modified that conducted is 1, 2, 4, 6 and 8 days. The compacting temperature from 90°C, 100°C, 110°C and 130°C. To See the durability of asphalt concrete mixture is used retained strength index (IKS) , stability deformation index (IPS), the First Durability Index (IDP) and the second durability index (IDK). This research is conducted at transport and road laboratory Fakultas Teknik Universitas Tadulako.

From this research indicated that the durability of asphalt concrete mixture still in specification of Bina Marga namely that the value of IKS is over 75%. High durability occurred on compacting temperature 120°C, with one day of saturating. The retained strength index (IKS) decrease with the increasing of saturated duration. The first Stability index, (IDP) would lost of strengthening except 4 days saturated. In generally, High Stability Deformation Index (IPS) occurred on compacting temperature 120°C. The second durability index on varying compacting temperature and varying of saturating in generally would lost of strengthening, except on four days saturated increase the strength about 3.4% or increase 56,57kg.

**Key word :** Durability, Asphalt concrete, Compacting temperature, Marshall immersion

### Abstrak

Durabilitas campuran beton aspal mempunyai pengaruh terhadap kinerja dan umur layanan suatu jalan. Durabilitas yang tinggi memberikan indikasi bahwa jalan tersebut lebih awet dan mempunyai ketahanan dari pengaruh cuaca dan air.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja durabilitas campuran beton aspal dengan melakukan modifikasi rendaman Marshall dan variasi suhu pemadatan. Modifikasi rendaman Marshall yang dilakukan adalah 1, 2, 4, 6 dan 8 hari serta variasi suhu pemadatan dimulaidari 90°C, 100°C, 110°C, 120 °C dan 130°C. Untuk melihat kinerja durabilitas campuran beton aspal digunakan indikator Indeks Kekuatan Sisa (IKS), Indeks Penurunan Stabilitas, yaitu Indeks Durabilitas Pertama (IDP) dan Indeks Durabilitas Kedua (IDK). Penelitian ini dilakukan di laboratorium Transportasi dan Jalan Raya Fakultas Teknik Universitas Tadulako.

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa durabilitas campuran beton aspal masih memenuhi persyaratan bina marga yaitu nilai IKS lebih besar 75%. Durabilitas tertinggi dicapai pada suhu pemadatan 120 °C dengan lama rendaman satu hari. Nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS) menurun dengan meningkatnya durasi rendaman. Indeks Durabilitas Pertama (IDP) umumnya mengalami kehilangan kekuatan, kecuali pada rendaman 4 hari mengalami peningkatan kekuatan. Indeks Penurunan Stabilitas tertinggi terjadi pada suhu pemadatan 120°C. Indeks Durabilitas Kedua (IDK) pada berbagai suhu pemadatan dan variasi rendaman umumnya mengalami kehilangan kekuatan kecuali pada variasi redaman 4 hari justru terjadi penambahan kekuatan sebesar 3.4% atau naik sekitar 56,57 Kg.

**Kata kunci:** Durabilitas, Beton Aspal, Suhu Pemadatan, Marshall Rendaman

### 1. Pendahuluan

Perkerasan jalan di Indonesia umumnya mengalami kerusakan

sebelum mencapai umur rencana. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kerusakan jalan lebih

---

• Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu

awal (kerusakan dini) antara lain akibat pengaruh beban lalu lintas kendaraan yang berlebihan (*over loading*), temperatur (cuaca), air, dan konstruksi perkerasan yang kurang memenuhi persyaratan teknis.

Pada saat musim hujan tiba, tidak sedikit jalan-jalan yang ada di Indonesia terendam oleh air akibat banjir. Hal ini dapat mempengaruhi kinerja perkerasan aspal khususnya masalah ketahanan atau keawetan jalan (*durability*). Indikasi awal yang dapat dijadikan sebagai hipotesis bahwa semakin lama perkerasan aspal terendam oleh air, maka sifat durabilitas suatu campuran aspal tersebut juga akan berkurang sehingga lambat laun perkerasan jalan akan lebih cepat getas (rapuh).

Berkaitan sifat durabilitas campuran beton aspal, selain pengaruh air, faktor pemadatan juga mempunyai peran yang sangat penting terhadap kinerja beton aspal. Pada saat dilakukan suatu pemadatan, maka rongga antar butiran atau campuran menjadi kecil dan rapat sehingga diperoleh suatu lapisan kedap air. Hasil pemadatan yang optimal dapat tercapai jika pemadatan tersebut dilakukan pada suhu tertentu dan sesuai dengan spesifikasi. Terkadang proses yang terjadi di lapangan bahwa pada waktu pemadatan, kontrol terhadap suhu campuran kurang diperhatikan atau sengaja diabaikan oleh pihak kontraktor mengingat kerugian yang akan ditimbulkan. Pemadatan biasanya masih tetap dilakukan walaupun suhu campuran tersebut sudah tidak memenuhi spesifikasi sehingga tidak diperoleh kepadatan yang optimal. Hal ini disebabkan karena rongga antar butir atau campuran kurang padat dan rapat serta masih terdapat rongga (pori-pori). Bila rongga antara butiran dan rongga antar campuran tersebut kurang padat, maka pori-pori yang ada dalam campuran dapat dengan mudah dimasuki oleh air sehingga lapisan menjadi cepat getas (sifat durabilitasnya berkurang).

Salah satu parameter kinerja campuran beton aspal adalah ketahanan (*durability*) perkerasan akibat pengaruh cuaca dan air. Untuk mendapatkan durabilitas yang baik biasanya dibutuhkan kadar aspal yang tinggi. Walaupun dengan menggunakan kadar aspal yang tinggi tetapi bila jalan tersebut selalu terendam oleh air maka lambat laun jalan akan cepat mengalami kerusakan (getas) sebelum mencapai batas umur rencana.

Kondisi jalan yang selalu terendam oleh air akan menurunkan sifat durabilitas lapisan perkerasan aspal. Hal ini menjadi lebih buruk lagi jika pada saat pemadatan tidak dilakukan pada suhu pemadatan yang standar. Akibatnya dapat menurunkan kinerja beton aspal seperti nilai stabilitas rendah, rongga antar butir atau campuran kurang padat dan sifat durabilitas jelek (buruk).

Dari beberapa uraian permasalahan tersebut di atas, maka timbul pertanyaan-pertanyaan yang perlu untuk dijawab antara lain:

- 1) Berapa suhu pemadatan yang optimal dan lama modifikasi perendaman *Marshall* yang dapat menghasilkan sifat durabilitas campuran beton aspal yang masih sesuai dengan yang disyaratkan oleh Bina Marga?
- 2) Bagaimana hubungan antara suhu pemadatan dan lama perendaman terhadap kinerja durabilitas campuran beton aspal?

Tujuan Penelitian yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah :

- 1) Untuk mengetahui suhu pemadatan yang optimal dan lama rendaman yang dapat menghasilkan kinerja durabilitas campuran yang masih memenuhi standar Bina Marga.
- 2) Untuk mengetahui hubungan antara variasi suhu pemadatan dan lama rendaman terhadap kinerja durabilitas campuran beton aspal

Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai bahan referensi atau pertimbangan bagi pihak

terkait dalam masalah penanganan jalan pada kondisi jalan yang sering terendam

## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1 Beton Aspal (*Asphalt Concrete*)

Bina Marga (1983) memberikan definisi Beton Aspal (*Asphalt Concrete*) adalah campuran antar agregat bergradasi menerus dengan aspal yang dicampur, dihampar, dipadatkan secara panas pada suhu tertentu. Agregat yang digunakan adalah agregat kasar, agregat halus, dan *filler* yang bergradasi baik. Aspal yang digunakan umumnya adalah aspal keras dengan penetrasi 60/70 atau 80/100.

Lapis aspal beton dimaksudkan untuk mendapatkan lapis permukaan atau lapis antara (*binder*) pada perkerasan jalan raya yang mampu memberikan sumbangan daya dukung yang terukur serta berfungsi sebagai lapis kedap air sehingga dapat melindungi lapisan konstruksi yang ada di bawahnya.

Sifat campuran yang harus dimiliki dan merupakan persyaratan campuran lapis beton aspal dapat dilihat pada tabel 1. (Juklak LASTON, No.13/PT/B/1983

Gradasi agregat yang dipersyaratkan untuk jenis campuran beton aspal (Laston) dapat dilihat pada tabel 2. (Juklak LASTON, No.13/PT/B/1983)

### 2.2 Durabilitas Campuran Aspal Beton

Salah satu karakteristik dari campuran beton aspal adalah durabilitas (*durability*). Sifat ini berhubungan dengan ketahanan suatu campuran dari penghancuran (*disintegrasi*) akibat pengaruh cuaca, air atau beban lalu lintas.

Sifat durabilitas (keawetan atau daya tahan) pada lapis permukaan diperlukan untuk dapat menahan keausan yang terjadi akibat pengaruh cuaca, air dan perubahan suhu ataupun keausan yang diakibatkan oleh gesekan roda kendaraan.

Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi menurunnya sifat durabilitas suatu campuran (lapisan aspal) adalah air. Jika suatu lapisan aspal selalu terendam oleh air, maka sifat durabilitas campuran tersebut akan berkurang. Faktor lain yang juga dapat mempengaruhi sifat durabilitas campuran (aspal) adalah pemadatan.

Untuk melihat potensi durabilitas yang diakibatkan oleh kedua faktor tersebut dapat diukur melalui suatu indeks durabilitas. Craus dkk (1981) menyatakan bahwa durabilitas adalah kemampuan campuran bitumen untuk terus menerus melawan pengaruh air dan suhu.

Tingkat durabilitas suatu campuran digunakan parameter Indeks Kekuatan Sisa (IKS), Indeks Durabilitas Pertama (IDP) dan Indeks Durabilitas Kedua (IDK).

Tabel 1. Persyaratan Campuran Lapis Beton Aspal

| Sifat Campuran                 | Lalu lintas Berat<br>(2 x 75<br>Tumbukan) |      | Lalu lintas Sedang<br>(2 x 50<br>Tumbukan) |      | Lalu lintas Ringan<br>(2 x 35<br>Tumbukan) |      |
|--------------------------------|-------------------------------------------|------|--------------------------------------------|------|--------------------------------------------|------|
|                                | Min                                       | Maks | Min                                        | Maks | Min                                        | Maks |
| Stabilitas (kg)                | 750                                       | -    | 450                                        | -    | 350                                        | -    |
| Kelelehan (mm)                 | 2,0                                       | 4,0  | 2,0                                        | 4,5  | 2,0                                        | 5,0  |
| Marshall Quotient (kg/mm)      | 200                                       | 350  | 200                                        | 350  | 200                                        | 350  |
| Rongga dalam campuran, VIM (%) | 3                                         | 5    | 3                                          | 5    | 3                                          | 5    |
| Rongga terisi aspal, VFB (%)   | 75                                        | 82   | 75                                         | 85   | 75                                         | 85   |
| Indeks Perendaman (%)          | 75                                        | -    | 75                                         | -    | 75                                         | -    |

Tabel 2. Tipe Gradasi Agregat untuk Desain Campuran Beton Aspal

| No Campuran            | I        | II       | III      | IV       | V        | VI       | VII      | VIII    | IX       | X        | XI      |
|------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---------|----------|----------|---------|
| Gradasi/Tekstur        | Kasar    | Kasar    | Rapat    | Rapat    | Rapat    | Rapat    | Rapat    | Rapat   | Rapat    | Rapat    | Rapat   |
| Tebal Podot (mm)       | 20 - 40  | 25 - 50  | 20 - 40  | 25 - 50  | 40 - 65  | 50 - 75  | 40 - 50  | 20 - 40 | 20 - 40  | 40 - 65  | 40 - 50 |
| % Berat Lolos Saringan |          |          |          |          |          |          |          |         |          |          |         |
| Ukuran Saringan        |          |          |          |          |          |          |          |         |          |          |         |
| 1 ½" (38,1 mm)         |          |          |          |          |          | 100      |          |         |          |          |         |
| 1" (25,4 mm)           |          |          |          |          | 100      | 90 - 100 |          |         | 100      | 100      |         |
| ¾" (19,1 mm)           |          | 100      |          | 100      | 80 - 100 | 82 - 100 | 100      |         | 85 - 100 | 95 - 100 | 100     |
| ½" (12,7 mm)           | 100      | 75 - 100 | 100      | 80 - 100 | -        | 72 - 90  | 80 - 100 | 100     | -        | -        | -       |
| 3/8" (9,52 mm)         | 75 - 100 | 60 - 85  | 80 - 100 | 70 - 90  | 60 - 80  | -        | -        | -       | 65 - 85  | 56 - 78  | 74 - 92 |
| No. 4 (4,76 mm)        | 35 - 55  | 55 - 75  | 50 - 70  | 50 - 70  | 48 - 65  | 52 - 70  | 54 - 72  | 62 - 80 | 45 - 65  | 38 - 60  | 48 - 70 |
| No. 8 (2,38 mm)        | 20 - 35  | 20 - 35  | 35 - 50  | 35 - 50  | 35 - 50  | 40 - 56  | 42 - 58  | 44 - 60 | 34 - 54  | 27 - 47  | 33 - 53 |
| No. 30 (0,59 mm)       | 10 - 22  | 10 - 2   | 18 - 29  | 18 - 29  | 18 - 29  | 24 - 36  | 26 - 38  | 28 - 40 | 20 - 35  | 13 - 28  | 15 - 30 |
| No. 50 (0,279 mm)      | 6 - 16   | 6 - 16   | 13 - 23  | 13 - 23  | 13 - 23  | 16 - 26  | 18 - 28  | 20 - 30 | 16 - 26  | 9 - 20   | 10 - 20 |
| No. 100 (0,149 mm)     | 4 - 12   | 4 - 12   | 8 - 16   | 8 - 16   | 7 - 15   | 10 - 18  | 12 - 20  | 12 - 20 | 10 - 18  | -        | -       |
| No. 200 (0,074 mm)     | 2 - 8    | 2 - 8    | 4 - 10   | 4 - 10   | 1 - 8    | 6 - 12   | 6 - 12   | 6 - 12  | 5 - 10   | 4 - 8    | 4 - 9   |

### 2.3. Indeks Kekuatan Sisa (IKS)

Indeks kekuatan diperoleh melalui pengujian terhadap sifat mekanik benda uji (stabilitas dan *flow*) yang dibagi dalam dua kelompok.

Kelompok pertama diuji stabilitas Marshall-nya setelah perendaman dalam air pada suhu 60° C selama waktu  $T_1$  dan kelompok kedua diuji setelah perendaman pada suhu 60° C

selama waktu  $T_2$  (HUNTER, 1994). Dari nilai stabilitas Marshall yang diperoleh pada kedua perendaman tersebut, ditentukan Indeks Kekuatan Sisa (IKS) Marshall dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (HUNTER, 1994) :

$$IKS = \frac{S_2}{S_1} \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

Di mana :

$S_1$  = nilai rata-rata stabilitas Marshall setelah perendaman selama  $T_1$  menit (Kg)

$S_2$  = nilai rata-rata stabilitas Marshall setelah perendaman selama  $T_2$  menit (Kg)

IKS= Indeks Kekuatan Sisa (%)

Nilai IKS yang disyaratkan oleh Bina Marga adalah minimum 75%. Nilai tersebut menandakan bahwa campuran aspal masih dianggap cukup tahan terhadap kerusakan yang ditimbulkan oleh pengaruh air.

#### 2.4 Indeks Durabilitas Pertama (IDP)

Indeks Durabilitas Pertama dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$r = \sum_{i=0}^{n-1} \frac{S_i - S_{i+1}}{t_{i+1} - t_i} \dots\dots\dots(2)$$

Di mana :

$r$  = Indeks Penurunan Stabilitas (%)

$S_{i+1}$  = Persentase kekuatan sisa pada waktu  $t_{i+1}$

$S_i$  = Persentase kekuatan sisa pada waktu  $t_i$

$t_i, t_{i+1}$  = Periode perendaman (dimulai dari awal pengujian)

Nilai 'r' yang positif mengindikasikan kehilangan kekuatan, sedangkan nilai 'r' negatif mengindikasikan adanya perolehan kekuatan

#### 2.5 Indeks Durabilitas Kedua (IDK)

Indeks Durabilitas Kedua dapat dihitung dengan menggunakan rumusan sebagai berikut :

$$a = \frac{1}{t_n} \sum_{i=1}^n a_i = \frac{1}{2t_n} \sum_{i=0}^{n-1} (S_i - S_{i+1}) [2t_n - (t_i + t_{i+1})] \dots\dots\dots(3)$$

Di mana :

$S_{i+1}$  = prosentase kekuatan sisa pada waktu  $t_{i+1}$

$S_i$  = prosentase kekuatan sisa pada waktu  $t_i$

$t_i, t_{i+1}$  = periode perendaman (dimulai dari awal pengujian)

$t_n$  = total waktu perendaman

Indeks durabilitas ini menggambarkan kehilangan kekuatan satu hari. Nilai 'a' positif menggambarkan kehilangan kekuatan, sedangkan nilai 'a' negatif merupakan pertambahan kekuatan. Berdasarkan definisi tersebut, maka nilai  $a < 100$ . Oleh karena itu, memungkinkan untuk menyatakan prosentase ekuivalen kekuatan sisa satu hari  $\overline{S_a}$  sebagai berikut :

$$\overline{S_a} = (100 - a) \dots\dots\dots(4)$$

Nilai Indeks Durabilitas Kedua juga dapat dinyatakan dalam bentuk nilai absolut dari ekuivalen kehilangan kekuatan sebagai berikut :

$$A = \frac{a}{100} \times S_o \dots\dots\dots(5)$$

#### 2.6 Kadar Aspal Optimum

Kadar aspal ditentukan berdasarkan prosentase berat aspal terhadap berat campuran, yang besarnya berkisar 4-7%. Nilai perkiraan ini biasanya hanya digunakan sebagai petunjuk, sementara untuk menentukan kadar aspal optimum, dilakukan dengan melakukan perkiraan awal kadar aspal rancangan yang dapat diperoleh dari

rumus di bawah ini (R.Anwar Yamin, 2002).

$$P_b = 0.035(\%CA) + 0.045(\%FA) + 0.18 (\% Filler) + \text{Konstanta}$$

.....(6)

Di mana :

Pb = Kadar Aspal

CA = Agregat Kasar

FA = Agregat Halus,

Nilai konstanta sekitar 0.5 – 1.0 untuk Beton Aspal, dan 2.0 – 3.0 untuk HRS

### 3. Metode Penelitian

3.1 Penyiapan dan Pengujian Karakteristik Bahan

Bahan-bahan campuran beraspal yang digunakan meliputi

agregat kasar yaitu agregat yang tertahan pada saringan no.4, agregat halus yaitu agregat yang lolos saringan no.4 dan tertahan saringan no.200, dan aspal AC penetrasi 60/70, serta filler dari abu batu untuk bahan campuran Lapis Aspal Beton (LASTON). Pengujian sifat-sifat bahan mengikuti metode pengujian bahan yang telah umum digunakan, seperti American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), British Standard (BS) dan Standar Nasional Indonesia (SNI). Hasil-hasil pengujian menunjukkan bahwa bahan-bahan campuran memenuhi spesifikasi untuk digunakan sebagai bahan campuran beraspal.

Tabel 3. Spesifikasi Pemeriksaan Agregat dan Aspal-60/70

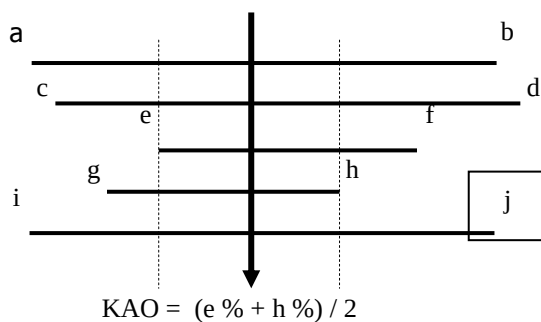
| No. | Uraian                            | Metode Pengujian  | Unit   | Spesifikasi |     |
|-----|-----------------------------------|-------------------|--------|-------------|-----|
|     |                                   |                   |        | Min         | Max |
| 1   | 2                                 | 3                 | 4      | 5           | 6   |
|     | <b>Agregat Kasar</b>              |                   |        |             |     |
| 1.  | Gradasi                           | SNI-1968-1990-F   | -      | -           | -   |
| 2.  | Penyerapan air                    | SNI-1969-1990-F   | %      | -           | 3   |
| 3.  | Berat Jenis Bulk                  | SNI-1969-1990-F   | -      | 2.5         | -   |
| 4.  | Berat Jenis Apparent              | SNI-1969-1990-F   | -      | -           | -   |
| 5.  | Berat Jenis Efektif               | SNI-1969-1990-F   | -      | -           | -   |
| 6.  | Kelekatan Aspal Terhadap Agregat  | SNI 06-2439-1991  | %      | 95          | -   |
| 7.  | Abrasi                            | SNI 03 -2417-1991 |        |             |     |
| 8.  | Indeks Kepipihan                  | BS-812            | %      | -           | 25  |
| 9.  | Indeks Kelonjongan                | BS-812            | %      | -           | -   |
| 10. | Angka Angularitas                 | BS-812            | %      | -           | -   |
| 11. | Soundness                         | AASHTO T-104      | %      | -           | 18  |
|     | <b>Agregat Halus</b>              |                   |        |             |     |
| 1.  | Gradasi                           | SNI-1968-1990-F   | -      | -           | -   |
| 2.  | Penyerapan Air                    | SNI-1970-1990-F   | %      | -           | 3   |
| 3.  | Berat Jenis Bulk                  | SNI-1970-1990-F   | -      | 2.5         | -   |
| 4.  | Berat Jenis Apparent              | SNI-1970-1990-F   | -      | -           | -   |
| 5.  | Berat Jenis Efektif               | SNI-1970-1990-F   | -      | -           | -   |
|     | <b>Bahan Pengisi</b>              |                   |        |             |     |
| 1.  | Berat Jenis                       | SNI 15-2531-1991  | -      | -           | -   |
| 1   | 2                                 | 3                 | 4      | 5           | 6   |
|     | <b>Aspal Pen 60/70</b>            |                   |        |             |     |
| 1.  | Penetrasi (25°C, 5 detik, 100 gr) | SNI 06-2456-1991  | 0.1 mm | 60          | 79  |

Tabel 3. (lanjutan)

| No. | Uraian                                                     | Metode Pengujian | Unit    | Spesifikasi |     |
|-----|------------------------------------------------------------|------------------|---------|-------------|-----|
|     |                                                            |                  |         | Min         | Max |
| 1   | 2                                                          | 3                | 4       | 5           | 6   |
| 2.  | Titik lembek (Ring and Ball)                               | SNI 06-2434-1991 | °C      | 48          | 58  |
| 3.  | Titik Nyala (Clev.Open Cup)                                | SNI 06-2433-1991 | °C      | 200         | -   |
| 4.  | Kehilangan Berat (163°C, 5 jam)                            | SNI 06-2440-1991 | % berat | -           | 0.8 |
| 5.  | Kelarutan Bahan Aspal (CCl <sub>4</sub> /CS <sub>2</sub> ) | AASHTO T-44      | % berat | 99          | -   |
| 6.  | Daktilitas (25°C, 5 cm/mnt)                                | SNI 06-2432-1991 | cm      | -           | 100 |
| 7.  | Penetrasi Setelah Kehilangan Berat                         | SNI 06-2456-1991 | % awal  | 54          | -   |
| 8.  | Daktilitas Setelah Kehilangan Berat                        | SNI 06-2432-1991 | cm      | 75          | -   |
| 9.  | Berat Jenis (25°C)                                         | SNI 06-2441-1991 | -       | 1           | -   |

Tabel 4. Jumlah Benda Uji pada Modifikasi Perendaman Marshall

| Durasi Rendaman<br>(hari) | Suhu Pemadatan |       |       |       |       | Jumlah<br>Benda Uji |
|---------------------------|----------------|-------|-------|-------|-------|---------------------|
|                           | 90°C           | 100°C | 110°C | 120°C | 130°C |                     |
| 0                         | 3              | 3     | 3     | 3     | 3     | 15                  |
| 1                         | 3              | 3     | 3     | 3     | 3     | 15                  |
| 2                         | 3              | 3     | 3     | 3     | 3     | 15                  |
| 4                         | 3              | 3     | 3     | 3     | 3     | 15                  |
| 6                         | 3              | 3     | 3     | 3     | 3     | 15                  |
| 8                         | 3              | 3     | 3     | 3     | 3     | 15                  |
| Total Benda Uji           |                |       |       |       |       | 90                  |



Gambar 1. Grafik Cara Penentuan nilai KAO

Keterangan Gambar:  
a, b = batas nilai stabilitas  
c, d = batas nilai kelelahan  
e, f = batas nilai VIM  
g, h = Batas nilai VFB  
i, j = Batas nilai MQ

### 3.2 Pembuatan rancangan benda uji

Rancangan benda uji yang akan dibuat didasarkan pada gradasi agregat campuran yang dipilih, yaitu

gradasi ideal Campuran No. IV Lapis Beton Aspal oleh Bina Marga.

Jumlah rencana benda uji yang dibutuhkan dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel 4.

Kadar Aspal Optimum (KAO) dapat ditentukan dengan memvariasikan kadar aspal dari 4% - 7% dengan tingkat kenaikan 0,5 %. Beberapa parameter campuran yang dianjurkan oleh Bina Marga untuk dipenuhi dalam penentuan KAO adalah stabilitas, kelelahan (*flow*), *Marshall Quotient* (MQ), rongga udara dalam campuran (VIM) dan rongga terisi aspal (VFB).

Penentuan nilai kadar aspal optimum campuran dapat diperoleh dari bantuan grafik batang dengan batas spesifikasi (Gambar 1).

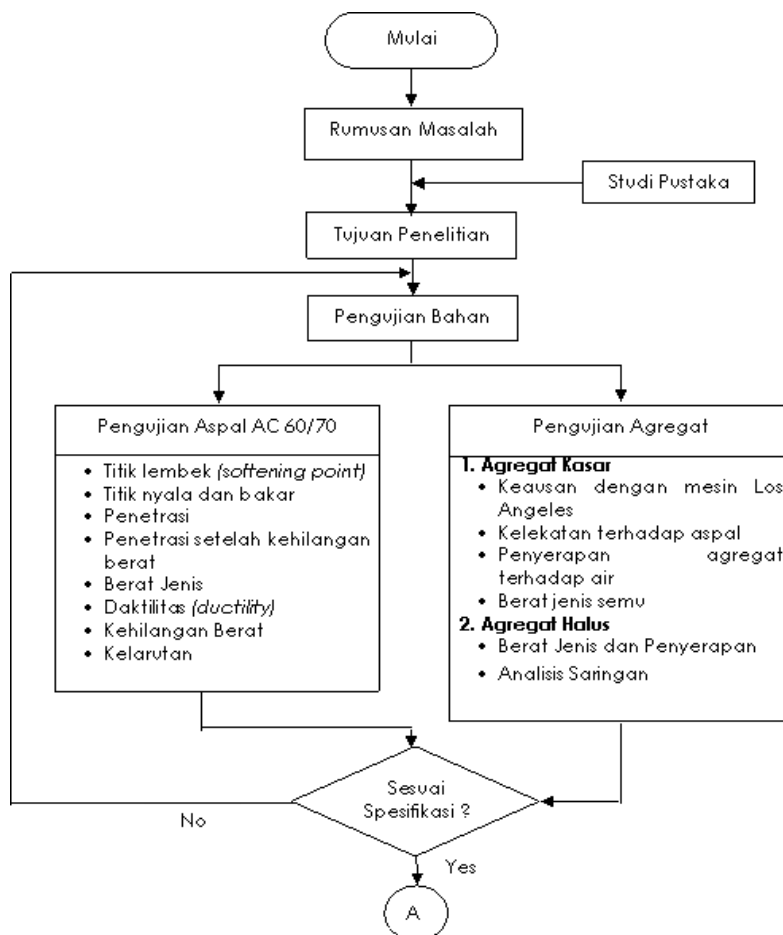
### 3.3. Pengujian Benda Uji

Setelah dilakukan perlakuan terhadap benda uji yaitu dengan

melakukan perendaman dengan lama rendam berturut-turut yaitu 0,1,2,4,6, dan 8 hari pada kondisi air normal, maka selanjutnya dilakukan pengujian dengan alat uji *Marshall*. Hasil pengujian dengan *Marshall Test* diperoleh nilai stabilitas, *flow*, *Marshall Quotient* (MQ), *density*, rongga dalam campuran (VIM), VFB serta tingkat durabilitas campuran yang dibandingkan terhadap spesifikasi Bina Marga.

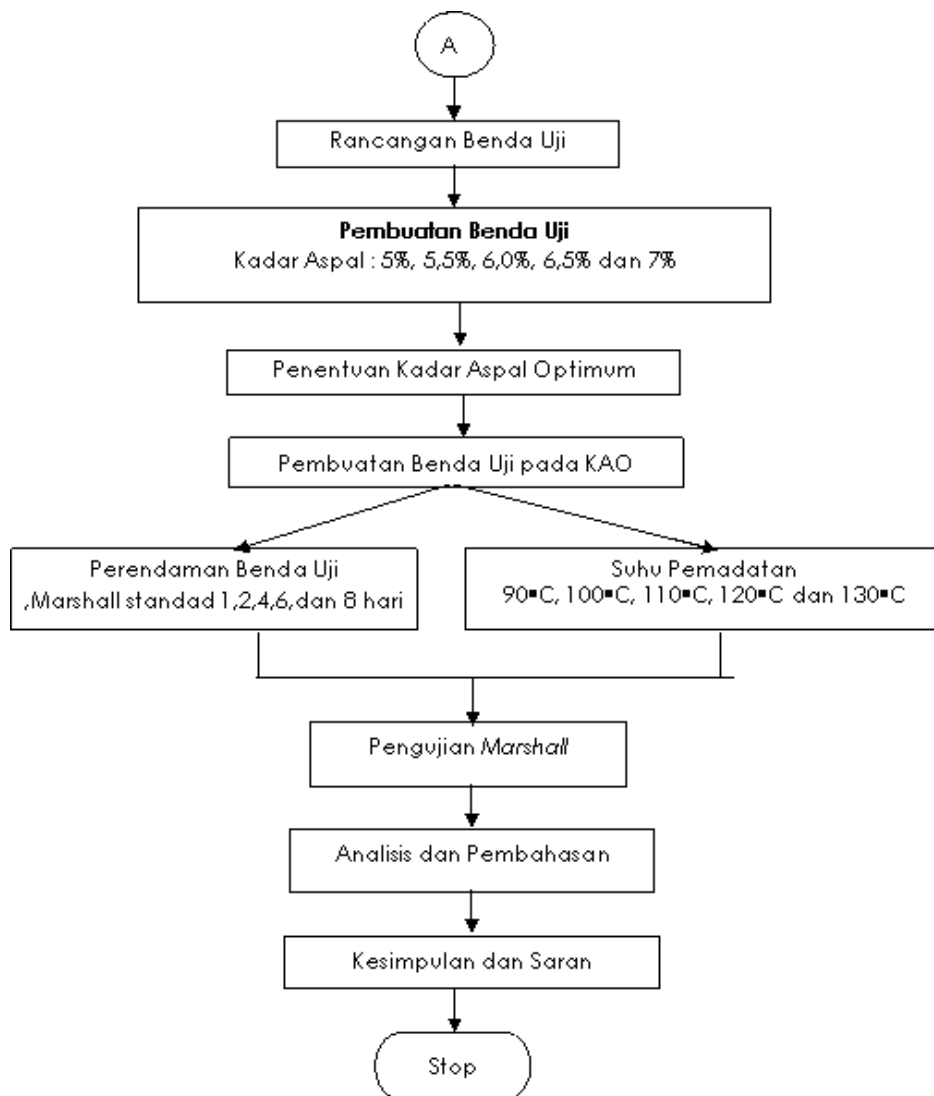
### 3.4. Program Kerja Penelitian

Agar penelitian ini bisa terlaksana dengan baik, maka disusun rencana program kerja seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian





Gambar 2. Bagan Alir Penelitian (lanjutan)

#### 4. Hasil dan Pembahasan

##### 4.1 Hasil Pemeriksaan Aspal dan Pengujian Agregat

Berdasarkan hasil pemeriksaan aspal dan pengujian agregat yang telah dilakukan di laboratorium Transportasi dan Jalan Raya Fakultas Teknik dapat dilihat pada tabel 5. dan tabel 6 .

Dari hasil pemeriksaan Aspal AC 60/70 terlihat bahwa karakteristik aspal yang akan digunakan dalam penelitian ini masih memenuhi syarat dan sesuai dengan spesifikasi yang disyaratkan oleh Bina Marga

Dari hasil nilai-nilai pemeriksaan dan pengujian tentang karakteristik dan sifat-sifat agregat yang digunakan dapat disimpulkan bahwa agregat

tersebut layak digunakan sebagai bahan perkerasan konstruksi jalan.

#### 4.2. Kadar Aspal Optimum (KAO)

Kadar Aspal Optimum diperoleh dengan menggunakan parameter dari hasil pengujian Marshall yaitu nilai-nilai stabilitas, kelelahan (*flow*), Marshall

*Quotient* (MQ), rongga udara dalam campuran (VIM) dan rongga terisi aspal (VFB).

Untuk melihat grafik penentuan kadar aspal optimum (KAO) dapat terlihat pada Gambar 3.

Tabel.5. Hasil Pemeriksaan Aspal AC 60/70

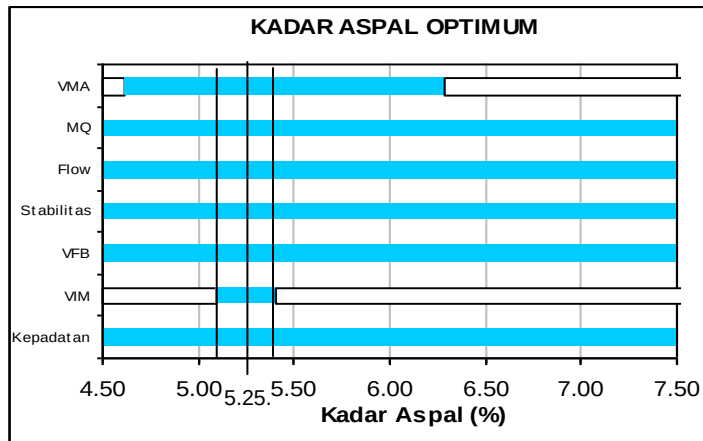
| No | Jenis Pemeriksaan                 | Nilai | Satuan       |
|----|-----------------------------------|-------|--------------|
| 1. | Berat jenis Aspal                 | 1.032 | -            |
| 2. | Penetrasi (25°C, 5 detik, 100 gr) | 65.7  | 0,1 mm       |
| 3. | Kehilangan Berat (163°C, 5 jam)   | 0.21  | Persen berat |
| 4. | Titik lembek (Ring and Ball)      | 48    | °C           |
| 5. | Titik Nyala (Clev.Open Cup)       | 335   | °C           |
| 6. | Titik Bakar                       | 338   | °C           |
| 7. | Daktilitas (25°C, 5 cm/mnt)       | 156.1 | cm           |

Tabel 6. Hasil Pemeriksaan dan Pengujian Agregat

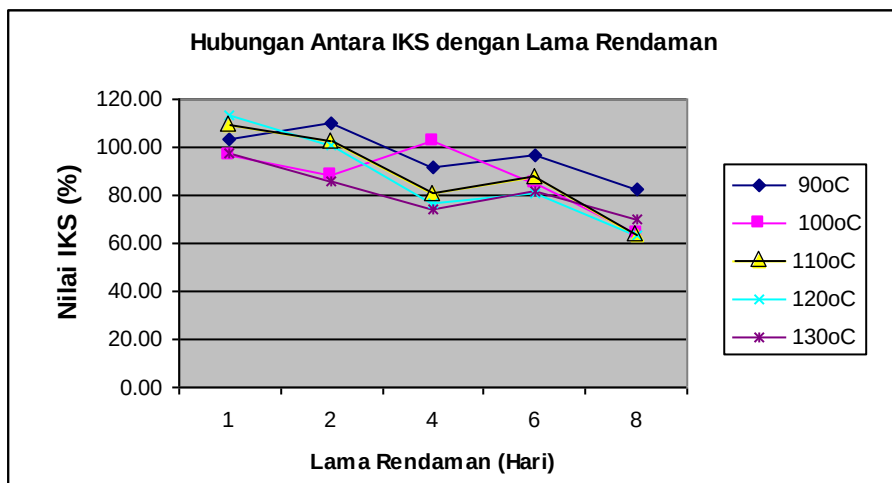
| No.                     | Jenis Pemeriksaan         | Nilai  | Satuan |
|-------------------------|---------------------------|--------|--------|
| <b>a. Agregat Kasar</b> |                           |        |        |
| 1.                      | Abrasi                    | 21.929 | %      |
| 2.                      | Berat Jenis Bulk BJ.Ov    | 2.68   | -      |
| 3.                      | Berat Jenis Bulk SSD      | 2.70   |        |
| 4.                      | Berat jenis Semu (BJ.App) | 2.73   |        |
| 5.                      | Penyerapan air            | 0.70   | %      |
| <b>b. Agregat Halus</b> |                           |        |        |
| 1.                      | Berat Jenis Bulk BJ.Ov    | 2.57   |        |
| 2.                      | Berat Jenis Bulk SSD      | 2.61   |        |
| 3.                      | Berat jenis Semu (BJ.App) | 2.67   |        |
| 4.                      | Penyerapan air            | 1.49   | %      |

Tabel 7. Hasil Pengujian Marshall untuk Penentuan KAO

| Kadar aspal | (%)                   | 5.00    | 5.50    | 6.00    | 6.50    | 7.00    | spec                     |
|-------------|-----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|--------------------------|
| Kepadatan   | (gr/cm <sup>3</sup> ) | 2.32    | 2.32    | 2.36    | 2.35    | 2.35    | Min 2 gr/cm <sup>3</sup> |
| VIM         | (%)                   | 6.47    | 5.65    | 3.19    | 2.88    | 2.29    | 4.9 - 5.9 %              |
| VMA         | (%)                   | 15.41   | 15.74   | 14.62   | 15.42   | 15.96   | Min 15                   |
| VFB         | (%)                   | 72.79   | 78.54   | 93.94   | 96.21   | 99.86   | Min 65                   |
| Stabilitas  | (kg)                  | 1488.83 | 1601.85 | 1456.10 | 1465.37 | 1427.34 | Min 800 kg               |
| Flow        | (mm)                  | 4.06    | 4.53    | 4.85    | 4.86    | 4.94    | Min 2 mm                 |
| MQ          | (kg/mm)               | 366.58  | 354.75  | 299.65  | 303.37  | 292.11  | Min 200                  |



Gambar 3. Grafik Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)



Gambar 4. Grafik Hubungan antara IKS dengan Lama Rendaman

Dari hasil penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) diperoleh kadar aspal optimum 5.25% seperti terlihat pada gambar 3. Di dalam rancangan campuran (mix design) lebih lanjut digunakan kadar aspal optimum 5%.

#### 4.3. Durabilitas Campuran Beton Aspal (Aspal Concrete)

Untuk melihat tingkat kinerja durabilitas Beton Aspal digunakan beberapa indikator yaitu Indeks

Kekuatan Sisa (IKS), Indeks Penurunan Stabilitas (IPS) meliputi Indeks Durabilitas Pertama (IDP) dan Indeks Durabilitas Kedua (IDK).

##### ▪ Indeks Kekuatan Sisa (IKS)

Dari hasil pengujian benda uji dengan menggunakan Alat Uji Marshall, untuk masing-masing suhu pemadatan (90°C, 100 °C, 110 °C, 120 °C dan 130 °C) dan modifikasi rendaman Marshall (1, 2, 4, 6 dan 8 Hari) diperoleh Nilai

Indeks Kekuatan Sisa seperti pada Tabel 8.

Pada tabel tersebut menunjukkan bahwa nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS) untuk suhu pemadatan (90°C, 100 °C, 110 °C, 120 °C dan 130 °C) dan modifikasi rendaman Marshall (1, 2, 4,

6 dan 8 Hari) memberikan hasil yang masih memenuhi syarat yang telah ditetapkan oleh Bina Marga yaitu minimal 75%. Namun pada rendaman 8 hari nilai IKS hampir memenuhi standar yang telah ditentukan oleh Bina Marga.

Tabel 8. Nilai IKS Masing-Masing Suhu Pemadatan dan Siklus Modifikasi Rendaman Marshall

| No | Suhu Pemadatan (°C) | Stabilitas Awal (So) (Kg) | Durasi Rendaman (hari) |               |                 |               |                 |                |                 |               |                 |              |                 |         |
|----|---------------------|---------------------------|------------------------|---------------|-----------------|---------------|-----------------|----------------|-----------------|---------------|-----------------|--------------|-----------------|---------|
|    |                     |                           | 1                      |               | 2               |               | 4               |                | 6               |               | 8               |              |                 |         |
|    |                     |                           | Stabilitas (Kg)        | IKS (%)       | Stabilitas (Kg) | IKS (%)       | Stabilitas (Kg) | IKS (%)        | Stabilitas (Kg) | IKS (%)       | Stabilitas (Kg) | IKS (%)      | Stabilitas (Kg) | IKS (%) |
| 1  | 90                  | 553.03                    | 550.19                 | 99.49         | 608.05          | 109.95        | 536.91          | 97.084         | 545.45          | 98.628        | 406.95          | 73.58        |                 |         |
|    |                     | 571.06                    | 624.18                 | 109.30        | 625.13          | 109.47        | 524.58          | 91.8605        | 615.64          | 107.81        | 500.86          | 87.71        |                 |         |
|    |                     | 647.89                    | 663.07                 | 102.34        | 713.35          | 110.10        | 565.37          | 87.2621        | 554.93          | 85.652        | 551.14          | 85.07        |                 |         |
|    | <b>Rata-rata</b>    | <b>590.66</b>             | <b>612.48</b>          | <b>103.69</b> | <b>648.84</b>   | <b>109.85</b> | <b>542.28</b>   | <b>91.8094</b> | <b>572.01</b>   | <b>96.842</b> | <b>486.32</b>   | <b>82.33</b> |                 |         |
|    |                     | 748.84                    | 670.96                 | 89.60         | 672.83          | 89.85         | 796.70          | 106.391        | 670.02          | 89.474        | 520.81          | 69.55        |                 |         |
|    |                     | 781.69                    | 763.86                 | 97.72         | 720.69          | 92.197        | 738.52          | 94.4778        | 650.31          | 83.193        | 453.25          | 57.98        |                 |         |
| 2  | 100                 | 807.96                    | 825.79                 | 102.21        | 670.96          | 83.043        | 868.02          | 107.433        | 657.82          | 81.417        | 529.26          | 65.51        |                 |         |
|    |                     | <b>779.50</b>             | <b>753.54</b>          | <b>96.67</b>  | <b>688.16</b>   | <b>88.283</b> | <b>801.08</b>   | <b>102.769</b> | <b>659.38</b>   | <b>84.591</b> | <b>501.11</b>   | <b>64.29</b> |                 |         |
|    |                     | 808.27                    | 882.20                 | 109.15        | 832.87          | 103.04        | 716.19          | 88.6083        | 607.10          | 75.112        | 553.98          | 68.54        |                 |         |
| 3  | 110                 | 856.21                    | 975.16                 | 113.89        | 845.20          | 98.715        | 722.83          | 84.4226        | 729.47          | 85.198        | 537.86          | 62.82        |                 |         |
|    |                     | 893.60                    | 938.17                 | 104.99        | 943.86          | 105.62        | 633.66          | 70.9113        | 897.38          | 100.42        | 527.42          | 59.02        |                 |         |
|    |                     | <b>852.69</b>             | <b>931.84</b>          | <b>109.28</b> | <b>873.98</b>   | <b>102.5</b>  | <b>690.90</b>   | <b>81.0253</b> | <b>744.65</b>   | <b>87.329</b> | <b>539.75</b>   | <b>63.30</b> |                 |         |
|    | 120                 | 963.19                    | 1189.73                | 123.52        | 956.44          | 102.41        | 843.09          | 87.5315        | 839.17          | 87.125        | 692.29          | 71.88        |                 |         |
|    |                     | 1058.15                   | 1306.25                | 123.45        | 1045.55         | 98.81         | 719.71          | 68.0162        | 809.80          | 76.53         | 887.16          | 83.84        |                 |         |
|    |                     | 1163.77                   | 1106.87                | 95.11         | 1170.55         | 100.58        | 886.18          | 76.1471        | 912.61          | 78.419        | 731.46          | 62.85        |                 |         |
|    | <b>Rata-rata</b>    | <b>1061.70</b>            | <b>1200.95</b>         | <b>113.12</b> | <b>1067.52</b>  | <b>100.55</b> | <b>816.33</b>   | <b>76.8885</b> | <b>853.86</b>   | <b>80.424</b> | <b>770.30</b>   | <b>72.55</b> |                 |         |
|    |                     | 1297.44                   | 1349.82                | 104.04        | 1018.42         | 78.494        | 946.71          | 72.9678        | 1130.82         | 87.158        | 928.30          | 71.55        |                 |         |
|    |                     | 1176.02                   | 1193.81                | 101.51        | 1069.78         | 90.966        | 886.67          | 75.3105        | 1092.06         | 92.861        | 781.01          | 66.41        |                 |         |
| 5  | 130                 | 1267.08                   | 1115.32                | 88.02         | 1123.07         | 88.634        | 932.18          | 73.5687        | 816.87          | 64.468        | 923.46          | 72.88        |                 |         |
|    |                     | <b>1246.85</b>            | <b>1219.65</b>         | <b>97.82</b>  | <b>1070.42</b>  | <b>85.85</b>  | <b>921.52</b>   | <b>73.9079</b> | <b>1013.25</b>  | <b>81.265</b> | <b>877.59</b>   | <b>70.38</b> |                 |         |
|    |                     |                           |                        |               |                 |               |                 |                |                 |               |                 |              |                 |         |

Dari tabel 8. juga menunjukkan adanya Nilai indeks kekuatan sisa (IKS) menurun seiring dengan meningkatnya durasi (lama) rendaman. Disamping itu, dapat pula dikatakan bahwa suhu pemadatan yang memberikan tingkat durabilitas yang tinggi adalah pada suhu pemadatan antara 110 - 120°C dengan lama rendaman 2 hari. Pada tabel tersebut juga terlihat bahwa semakin tinggi suhu pemadatan, nilai stabilitasnya juga meningkat. Namun belum diketahui pada suhu pemadatan berapa yang nilai stabilitas akan turun karena batas suhu pemadatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah 130°C.

Untuk melihat hubungan antara nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS) dengan lama rendaman dapat terlihat pada Gambar 4.

Dari gambar 4.. terlihat bahwa durabilitas campuran menurun seiring dengan meningkatnya lama rendaman. Pada suhu 100°C menunjukkan adanya perubahan kekuatan pada rendaman empat hari yaitu dengan medapat perolehan kekuatan. Nilai Indeks Kekuatan Sisa pada kondisi tersebut adalah paling

besar yaitu 102,77% dengan lama rendaman empat hari.

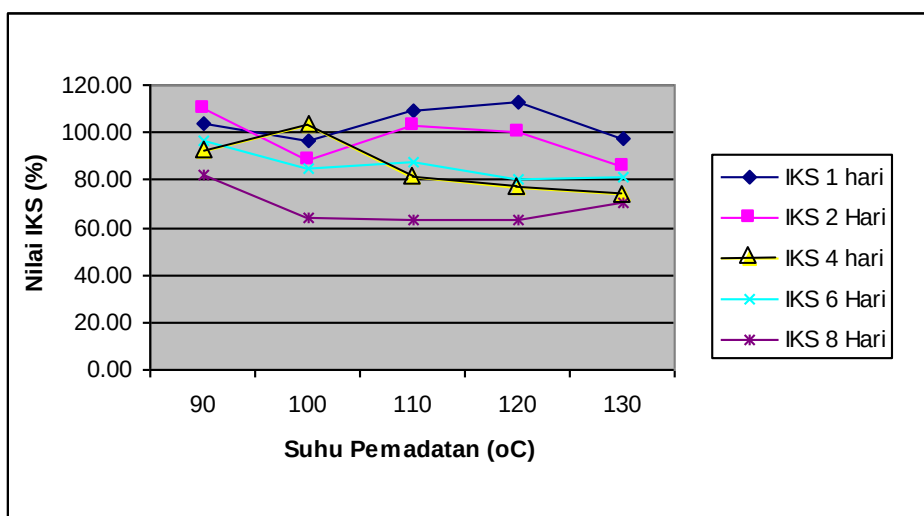
Untuk melihat hubungan antara suhu pemadatan dengan indeks kekuatan sisa (IKS) dapat terlihat pada Gambar 5.

Dari Gambar 5. .terlihat bahwa nilai indeks kekuatan sisa (IKS) untuk masing-masing suhu pemadatan cenderung turun pada suhu 100°C dan naik hingga suhu 120°C. Indeks Kekuatan Sisa tertinggi dicapai pada suhu pemadatan 120°C dengan lama rendaman satu hari. Sehingga makin lama campuran terendam menunjukkan adanya penurunan durabilitas.

▪ Indeks Durabilitas Pertama (IDP)

Selain Indeks Kekuatan Sisa, Indeks Penurunan Stabilitas juga dapat digunakan untuk mengukur kinerja durabilitas campuran beton aspal. Indeks Penurunan stabilitas dapat digambarkan oleh Indeks Durabilitas Pertama (IDP) dan Indeks Durabilitas Kedua (IDK).

Dari hasil penelitian ini, nilai Indeks Durabilitas Pertama (IDP) dapat terlihat pada tabel 9.



Gambar. 5. Grafik Hubungan Nilai IKS dan Suhu Pemadatan

Tabel 9. Indeks Durabilitas Pertama (IDP)

| No | Suhu Pemadatan (°C) | Stabilitas Awal (So) (kg) | Durasi Rendaman (Hari) |              |             |              |              |              |             |              |             |              |
|----|---------------------|---------------------------|------------------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|
|    |                     |                           | 1                      |              | 2           |              | 4            |              | 6           |              | 8           |              |
|    |                     |                           | r (%)                  | R (Kg)       | r (%)       | R (Kg)       | r (%)        | R (Kg)       | r (%)       | R (Kg)       | r (%)       | R (Kg)       |
| 1  | 90                  | 590.66                    | -0.26                  | -1.52        | 0.38        | 2.22         | -0.10        | -0.62        | 0.30        | 1.79         | 0.32        | 1.87         |
| 2  | 100                 | 779.50                    | 0.35                   | 2.72         | -0.30       | -2.35        | 0.38         | 2.95         | 0.42        | 3.30         | 0.85        | 6.62         |
| 3  | 110                 | 852.69                    | 0.28                   | 2.41         | 0.45        | 3.81         | -0.13        | -1.12        | 0.50        | 4.27         | 1.10        | 9.37         |
| 4  | 120                 | 1061.70                   | 0.52                   | 5.56         | 0.49        | 5.23         | -0.07        | -0.78        | 0.36        | 3.79         | 1.30        | 13.80        |
| 5  | 130                 | 1246.85                   | 0.50                   | 6.22         | 0.25        | 3.10         | -0.15        | -1.91        | 0.23        | 2.83         | 0.82        | 10.24        |
|    | <b>Total</b>        |                           | <b>1.40</b>            | <b>15.40</b> | <b>1.26</b> | <b>12.02</b> | <b>-0.08</b> | <b>-1.48</b> | <b>1.81</b> | <b>15.97</b> | <b>4.39</b> | <b>41.90</b> |

Tabel 10. Hubungan Lama Rendaman dan Suhu Pemadatan

| No | Lama Rendaman (hari) | Stabilitas Awal (So) (kg) | Suhu Pemadatan |             |             |             |             |
|----|----------------------|---------------------------|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|    |                      |                           | 90°C           | 100°C       | 110°C       | 120°C       | 130°C       |
|    |                      |                           | r (%)          | r (%)       | r (%)       | r (%)       | r (%)       |
| 1  | 1                    | 590.66                    | -0.26          | 0.35        | 0.28        | 0.52        | 0.50        |
| 2  | 2                    | 779.50                    | 0.38           | -0.30       | 0.45        | 0.49        | 0.25        |
| 3  | 4                    | 852.69                    | -0.10          | 0.38        | -0.13       | -0.07       | -0.15       |
| 4  | 6                    | 1061.70                   | 0.30           | 0.42        | 0.50        | 0.36        | 0.23        |
| 5  | 8                    | 1246.85                   | 0.32           | 0.85        | 1.10        | 1.30        | 0.82        |
|    | <b>Total</b>         |                           | <b>0.63</b>    | <b>1.70</b> | <b>2.20</b> | <b>2.60</b> | <b>0.50</b> |

Pada rendaman empat hari terjadi perolehan kekuatan yang ditunjukkan oleh nilai 'r' yang negatif sebesar 0.08% yaitu kekuatan bertambah sebesar 1.48 kg. Jika dilihat untuk semua suhu pemadatan, pada rendaman satu hari terjadi pengurangan kekuatan sebesar 15.40 kg, rendaman dua hari 12.02 kg, rendaman empat hari mengalami perolehan kekuatan 1.48 kg dan rendaman 6 hari kehilangan kekuatan 15.97 kg.

Untuk melihat bagaimana hubungan antara suhu pemadatan dengan lama rendaman terhadap Indeks Penurunan Stabilitas (r) dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. menunjukkan bahwa kehilangan kekuatan terjadi pada semua suhu pemadatan. Hal ini ditandai oleh nilai indeks penurunan (r) yang bernilai positif. Suhu pemadatan 120°C adalah suhu

pemadatan yang tingkat kehilangan kekuatannya terbesar yaitu 2.6% dari stabilitas awal dan kehilangan kekuatan terkecil terjadi pada suhu pemadatan 13°C sebesar 0,50%.

#### ▪ Indeks Durabilitas Kedua (IDK)

Indikator lain yang digunakan untuk melihat tingkat durabilitas campuran aspal beton adalah nilai indeks durabilitas kedua (IDK). Nilai durabilitas ini menggambarkan kehilangan kekuatan satu hari. Nilai indeks durabilitas kedua (IDK) diberi simbol 'a'. jika nilai a positif berarti campuran beton aspal mengalami kehilangan kekuatan.

Hasil pengujian campuran beton aspal dengan alat uji Marshall dapat terlihat pada Tabel 11 dan Tabel 12.

Pada peninjauan untuk semua suhu pemadatan terlihat rendaman 4 hari terjadi peningkatan kekuatan

sebesar 3,4% atau penambahan stabilitas sebesar 56,57 kg. Untuk variasi rendaman selain rendaman 4 hari, pada umumnya campuran beton aspal

mengalami kehilangan kekuatan yang ditandai oleh indeks durabilitas yang bernilai positif.

Tabel 11. Indeks Penurunan Durabilitas Kedua (IDK) Berbagai Suhu Pemadatan dan Lama Rendaman

| A (%) | Durasi Rendaman (Hari) |        |         |        |        |         |         |        |         |         |        |        |
|-------|------------------------|--------|---------|--------|--------|---------|---------|--------|---------|---------|--------|--------|
|       | 1                      |        |         | 2      |        |         | 4       |        |         | 6       |        |        |
|       | Sa (%)                 | A (Kg) | Sa (Kg) | Sa (%) | A (Kg) | Sa (Kg) | Sa (%)  | A (Kg) | Sa (Kg) | Sa (%)  | A (Kg) | A (%)  |
| -5,72 | 105,72                 | -33,77 | 624,43  | 15,46  | 84,54  | 91,34   | 499,32  | -3,83  | 103,83  | -22,646 | 613,3  | 9,67   |
| 7,79  | 92,21                  | 60,71  | 718,79  | -12,42 | 112,42 | -96,79  | 876,29  | 13,54  | 86,46   | 105,518 | 674,0  | 13,54  |
| 6,30  | 93,70                  | 53,73  | 798,96  | 18,40  | 81,60  | 156,93  | 695,77  | -4,80  | 104,80  | -40,955 | 893,6  | 16,02  |
| 11,67 | 88,33                  | 123,90 | 937,80  | 20,28  | 79,72  | 215,30  | 846,40  | -2,69  | 102,69  | -28,599 | 1090,3 | 11,42  |
| 11,11 | 88,89                  | 138,57 | 1108,28 | 10,24  | 89,76  | 127,63  | 1119,22 | -5,61  | 105,61  | -69,891 | 1316,7 | 7,25   |
| 31,36 | 468,84                 |        |         | 51,97  | 448,03 |         |         | -3,40  | 56,57   |         |        | 57,90  |
|       |                        |        |         |        |        |         |         |        |         |         |        | 510,98 |
|       |                        |        |         |        |        |         |         |        |         |         |        | 158,27 |

Tabel 12. Indeks Penurunan Durabilitas (IDK) menurut Suhu Pemadatan

| No Rendaman (hari) | Lama Rendaman (hari) | Stabilitas Awal (kg) | Suhu Pemadatan |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|--------------------|----------------------|----------------------|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                    |                      |                      | 90°C           |        |        | 100°C  |        |        | 110°C  |        |        | 120°C  |        |        |
|                    |                      |                      | a (%)          | Δa (%) | A (kg) | a (%)  | Δa (%) | A (kg) | a (%)  | Δa (%) | A (kg) | a (%)  | Δa (%) | A (kg) |
| 1                  | 1                    | 590,66               | -5,72          | 105,72 | -33,77 | 7,79   | 7,79   | 92,21  | 6,30   | 93,70  | 37,22  | 11,67  | 88,33  | 68,93  |
| 2                  | 2                    | 779,80               | 16,46          | 84,54  | 91,34  | -12,42 | -12,42 | -96,79 | 10,40  | 81,60  | 143,46 | 20,28  | 79,72  | 160,00 |
| 3                  | 4                    | 852,69               | -3,83          | 103,83 | -22,65 | 13,54  | 13,54  | 86,46  | -4,80  | 104,80 | -40,96 | -2,69  | 102,69 | -22,97 |
| 4                  | 6                    | 1061,70              | 9,67           | 90,33  | 57,13  | 13,54  | 13,54  | 86,46  | 16,02  | 89,90  | 170,00 | 11,42  | 88,58  | 121,20 |
| 5                  | 8                    | 1246,05              | 22,76          | 77,24  | 134,42 | 38,92  | 38,92  | 64,00  | 447,09 | 38,92  | 64,00  | 447,09 | 40,67  | 89,33  |
|                    | Total                |                      | 38,34          | 461,66 | 256,47 | 88,37  | 88,37  | 441,63 | 656,24 | 71,04  | 420,16 | 787,69 | 81,34  | 410,66 |
|                    |                      |                      |                |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 454,00 |
|                    |                      |                      |                |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        | 461,39 |

Berdasarkan Tabel 12 terlihat bahwa nilai Indeks Durabilitas Kedua bertambah berarti durabilitas campuran beton aspal menurun seiring dengan bertambahnya waktu durasi rendaman. Namun Pada suhu 130°C, terjadi penurunan nilai indeks durabilitas berarti terjadi penambahan kekuatan campuran.

## 5. Kesimpulan dan Saran

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Durabilitas campuran aspal beton yang dihasilkan masih memenuhi standar bina marga yaitu lebih besar 75%, namun pada rendaman 8 hari umumnya tidak memenuhi standar.
- 2) Suhu pemadatan optimal yang menghasilkan tingkat durabilitas tertinggi terjadi pada suhu 120°C dengan lama rendaman satu hari.
- 3) Nilai Indeks Kekuatan Sisa menurun seiring bertambahnya durasi rendaman
- 4) Nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS) tertinggi terjadi pada suhu pemadatan 100oC dengan lama rendaman 4 hari
- 5) Nilai Indeks Durabilitas Pertama (IDP) untuk berbagai suhu pemadatan dan lama rendaman umumnya mengalami kehilangan kekuatan kecuali lama rendaman 4 hari mengalami perolehan kekuatan.
- 6) Indeks Penurunan Stabilitas tertinggi terjadi pada suhu pemadatan 120°C.
- 7) Pada setiap Suhu pemadatan dengan lama rendaman yang dimodifikasi umumnya mengalami kehilangan kekuatan dengan kehilangan kekuatan tertinggi terjadi pada suhu Pemadatan 120°C .
- 8) Indeks Durabilitas Kedua (IDK) pada berbagai suhu pemadatan mengalami kehilangan kekuatan kecuali pada redaman 4 hari justru terjadi penambahan kekuatan sebesar 3.4% atau naik sekitar 56,57 Kg.

### 5.2 Saran

Beberapa saran yang perlu diperhatikan sehubungan dengan penelitian ini adalah :'

- 1) Perlu dilakukan simulasi antara rendaman dan pengeringan (rendaman berulang.
- 2) Perlu dilakukan kalibrasi alat Marshall yang digunakan karena adanya data-data yang cukup bias untuk benda uji yang sama dan perilaku yang sama.
- 3) Sebaiknya suhu pemadatan perlu dinaikkan untuk melihat kinerja durabilitas campuran beton aspal terkait dengan modifikasi rendaman.Marshall.

## 6. Daftar Pustaka

- , 1983, *Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (LASTON) No.13/PT/B/1983*, Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- , 1983, *Asphalt Technology and Construction*, Education Series N0.1 (ES-1), Second Edition, The Asphalt Institute, Maryland, USA.
- , 1987, *Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (LASTON) untuk Jalan Raya SKBI-2.4.26.1987*, Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- , 1996, *Hot Mix Asphalt Materials, Mixture Design and Construction*, Second Edition, NAPA Research and Education Foundation Lanham, Maryland, USA.
- AASHTO, 1993, *Guide for Design of Pavement Structures*, Published by the American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C.,
- Bhattacharya G.K dan Richard A Johnson, 1977, *Statistical Concept and Methods*, John Wiley & Sons, Canada



- Hunter, R.N., 1994, *Bituminous Mixtures in Road Construction*, Thomas Telford, London.
- Mulyono, A.T dan R Yuliandi. 2001, *Pengaruh Peningkatan Jumlah Tumbukan dan Lama Perendaman terhadap Durabilitas Campuran Beton Aspal Pada Target Gradasi B1,B2 dan C1, TA, JTS.FT-UGM, Yogyakarta.*
- Ramli M.I. 2001, *Pengaruh Penguapan–Pengembunan Berulang Terhadap Durabilitas Campuran Butonite Mastic Asphal*, Tesis Magister, Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Bandung
- Sukirman,S, 1995, *Perkerasan Lentur Jalan Ray'*, Penerbit NOVA, Bandung