

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

1. Pengujian Aspal

Penelitian ini dilakukan 5 jenis pengujian aspal yaitu pengujian penetrasi, titik lembek aspal, titik nyala bakar, dan berat jenis aspal. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta. Acuan Pengujian yang digunakan pada penelitian ini adalah SNI. Berikut adalah data hasil Analisa pengujian aspal :

Tabel 15. Hasil pengujian aspal

| No. | Jenis Pengujian | Persyaratan | | Hasil | Satuan |
|-----|-----------------|-------------|-------|-------|-------------|
| | | Min. | Maks. | | |
| 1. | Penetrasi | 60 | 70 | 64,2 | mm/gr/detik |
| 2. | Titik Lembek | 53 | - | 57,75 | °C |
| 3. | Titik Nyala | 232 | - | 234 | °C |
| 4. | Titik bakar | 232 | - | 320 | °C |
| 5. | Berat jenis | 1,0 | - | 1,19 | gr/cc |

Pada Tabel 15 merupakan hasil pengujian aspal. Dari hasil tersebut didapatkan pembahasan sebagai berikut :

1. Pengujian penetrasi

Pengujian penetrasi dilakukan sebanyak tiga kali. Pengujian pertama menghasilkan penetrasi sebesar 62 mm/gr/detik, pengujian kedua 65 mm/gr/detik dan yang terakhir yaitu 65,6 mm/gr/detik sehingga mendapatkan nilai rata-rata penetrasi aspal sebesar 64,2 mm/gr/detik.

2. Pengujian titik lembek

Pengujian titik lembek dilakukan sebanyak dua kali pengujian dari hasil pengujian, didapatkan nilai rata-rata titik lembek aspal sebesar 57,75 °C.

3. Pengujian titik nyala dan bakar

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, diperoleh nilai titik nyala aspal sebesar 234 °C dan titik bakar aspal sebesar 320 °C.

4. Pengujian berat jenis

Pengujian berat jenis aspal yang dilakukan sebanyak dua kali percobaan. Dari pengujian tersebut, didapat rata-rata berat jenis aspal sebesar 1,19 gr/cc.

2. Pengujian Karakteristik Agregat

Pengujian karakteristik agregat merupakan pengujian untuk mengetahui nilai mengenai sifat agregat tersebut dengan pengujian meliputi :

1. Pengujian keausan agregat kasar

Agregat kasar yang berasal dari Gunung Merapi dilakukan pengujian keausan menggunakan *Los Angeles Machine* dengan acuan SNI 2417-2008 dan bertujuan untuk mengetahui nilai keausan agregat yang digunakan sebagai persyaratan pembuatan campuran. Perhitungan serta hasil pengujian keausan adalah sebagai berikut :

$$\text{Keausan} = \frac{\text{Berat Benda Uji} - \text{Berat Tertahan Saringan No.12}}{\text{Berat Benda Uji}} \times 100\%$$

$$\text{Keausan} = \frac{5000 - 2.663}{5000} \times 100\% = 46,74 \%$$

Tabel 16. Hasil pengujian keausan agregat kasar

| Berat benda uji (gram) | Berat benda uji Lolos saringan No.12 (gram) | Berat benda uji tertahan saringan No. 12 (gram) | Nilai Keausan (%) |
|-------------------------------|--|--|--------------------------|
| 5.000 | 2.173 | 2.663 | 46,74 |

Dari perhitungan keausan agregat didapatkan nilai keausan agregat kasar sebesar 46,74%.

2. Pengujian gradasi agregat

Pengujian dilakukan sesuai dengan acuan SNI 03-1968-1990 dengan tujuan mengetahui gradasi campuran sehingga dapat digunakan sebagai perencanaan campuran.

Tabel 17. Hasil pengujian gradasi agregat kasar

| Nomor saringan | Ukuran saringan | Berat tertahan (gr) | (%) Tertahan | Berat lolos (gr) | (%) Lolos |
|-----------------------|------------------------|----------------------------|---------------------|-------------------------|------------------|
| 3/4" | 19 | 1.155 | 23,1 | 3.84 | 76,90 |
| 1/2" | 12,50 | 1.478 | 29,56 | 2.36 | 47,34 |
| 3/8" | 9,50 | 1.935 | 38,70 | 432 | 8,64 |
| No. 4 | 4,75 | 280 | 5,60 | 152 | 3,04 |
| No. 8 | 2,36 | 5,50 | 0,11 | 146,50 | 2,93 |
| No. 16 | 1,18 | 4,70 | 0,09 | 141,80 | 2,83 |
| No. 30 | 0,60 | 6 | 0,12 | 135,80 | 2,71 |
| No. 50 | 0,30 | 13,60 | 0,27 | 122,20 | 2,44 |
| No. 100 | 0,15 | 88,30 | 1,76 | 33,90 | 0,67 |
| No. 200 | 0,08 | 23,20 | 0,46 | 10,70 | 0,21 |
| Pan | 0 | 10,70 | 0,21 | 0 | 0 |

Dari Tabel 17 diketahui bahwa fraksi agregat dengan persentase dan berat tertahan terbanyak berada pada 3/8", persentase tertahan 38,7% dengan berat 1.935 gram. Sedangkan untuk fraksi dengan persentase dan berat tertahan terendah berada pada saringan No.16 persentase tertahan 0,094% dengan berat 4,70 gram.

Tabel 18. Hasil pengujian gradasi agregat halus

| Nomor saringan | Ukuran saringan | Berat tertahan (gr) | (%) Tertahan | Berat lolos (gr) | (%) Lolos |
|-----------------|-----------------|---------------------|--------------|------------------|-----------|
| $\frac{3}{4}$ " | 19 | 0 | 0 | 500 | 100 |
| $\frac{1}{2}$ " | 12,50 | 0 | 0 | 500 | 100 |
| $\frac{3}{8}$ " | 9,50 | 0 | 0 | 500 | 100 |
| No. 4 | 4,75 | 0,20 | 0,04 | 499,80 | 99,96 |
| No. 8 | 2,36 | 15,20 | 3,04 | 484,60 | 96,92 |
| No. 16 | 1,18 | 57,20 | 11,44 | 427,40 | 85,48 |
| No. 30 | 0,60 | 139,20 | 27,84 | 288,20 | 57,64 |
| No. 50 | 0,30 | 178 | 35,60 | 110,20 | 22,04 |
| No. 100 | 0,15 | 95,20 | 19,04 | 15 | 3 |
| No. 200 | 0,07 | 12,30 | 2,46 | 2,7 | 0,54 |
| Pan | 0 | 2,70 | 0,54 | 0 | 0 |

Dari Tabel 18 diketahui bahwa fraksi agregat dengan persentase dan berat tertahan terbanyak berada pada No. 50 persentase tertahan 35,6% dengan berat 178 gram sedangkan untuk fraksi dengan persentase dan berat tertahan terendah berada pada saringan No. 4 persentase tertahan 0,04% dengan berat 0,2 gram. Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat

Agregat kasar yang berasal dari Gunung Merapi dilakukan pengujian berat jenis dan penyerapan dengan acuan SNI 03-1969-1990, sedangkan agregat halus yang berasal dari Kali Progo dilakukan pengujian berat jenis dan penyerapan dengan acuan SNI 03-1970-1990. Berikut adalah hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat :

Tabel 19. Hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat

| No. | Agregat | Jenis Pengujian | Persyaratan | | Hasil | Satuan |
|-----|---------------|-------------------------|-------------|-------|-------|--------|
| | | | Min | Maks. | | |
| 1. | Agregat kasar | Berat jenis <i>bulk</i> | 2,5 | - | 2,50 | gr/cc |
| | | Berat jenis SSD | 2,5 | - | 2,54 | gr/cc |
| | | Berat jenis semu | 2,5 | - | 2,51 | gr/cc |
| | | Penyerapan | - | 3 | 2,81 | % |
| 2. | Agregat halus | Berat jenis <i>bulk</i> | 2,5 | - | 2,59 | gr/cc |
| | | Berat jenis SSD | 2,5 | - | 2,65 | gr/cc |
| | | Berat jenis semu | 2,5 | - | 2,75 | gr/cc |
| | | Penyerapan | - | 3 | 2,30 | % |

Dalam pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berapa berat jenis dan penyerapan pada agregat kasar dan agregat halus. Berat jenis agregat kasar dibagi menjadi 3 jenis yaitu berat jenis *bulk*, berat jenis SSD dan berat jenis semu. Hasil pengujian terhadap berat jenis agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 19, yaitu berat jenis *bulk* sebesar 2,5 gr/cc, berat jenis SSD 2,54 gr/cc, berat jenis semu sebesar 2,51 gr/cc dan penyerapan 2,81%.

Dari Tabel 19 dapat dilihat bahwa pengujian untuk agregat halus juga dilakukan pengujian berat jenis dan penyerapan air. Pada pengujian ini diperoleh hasil, yaitu berat jenis *bulk* sebesar 2,57 gr/cc, berat jenis SSD 2,65 gr/cc, berat jenis semu sebesar 2,79 gr/cc dan penyerapan air 2,30%.

3. Pengujian *Filler*

Pengujian *filler fly ash* ini dilakukan untuk mengetahui berat jenis *bulk*, berat jenis SSD, dan berat jenis semu.

Tabel 20. Hasil pengujian *filler* serbuk batu bara

| No. | Jenis pengujian | Hasil | Satuan |
|-----|-------------------------|-------|--------------------|
| 1. | Berat jenis <i>bulk</i> | 2,27 | gr/cm ³ |
| 2. | Berat jenis SSD | 2,31 | gr/cm ³ |
| 3. | Berat jenis semu | 2,36 | gr/cm ³ |

Pada Tabel 20. menunjukkan bahwa hasil pengujian *filler fly ash* yang telah dilakukan, diperoleh data yaitu berat jenis *bulk* sebesar 2,27 gr/cm³, berat jenis SSD sebesar 2,31 gr/cm³, dan berat jenis semu 2,36 gr/cm³.

4. Marshall Test

Marshall test yang telah dilakukan bertujuan untuk mencari nilai kepadatan (*density*), VIM (*void in mix*), VMA (*void mineral aggregate*), VFA (*void filled with asphalt*), pelelehan (*flow*), stabilitas dan MQ (*marshall quotient*). *Marshall test* ini dilakukan dengan menggunakan acuan SNI 06-2489-1991. Pada penelitian ini dibuat 12 benda uji dengan persentase 0%, 5%, 10% dan 15% dengan masing-masing 3 buah benda uji. Berikut adalah data hasil dari *marshall test* :

1. Kepadatan (*density*)

Kepadatan merupakan berat campuran pada setiap satuan volume. Campuran yang mempunyai nilai kepadatan tinggi akan mampu menahan beban yang lebih besar serta kedap air dan udara yang tinggi pula . Berikut adalah data hasil pengujian :

Tabel 21. Data hasil pengujian kepadatan (*density*)

| Notasi | Kepadatan (gr/cc) | Rata-rata (gr/cc) |
|--------|-------------------|-------------------|
| YRM1 | 2,32 | 2,32 |
| YRM 2 | 2,29 | |
| YRM3 | 2,35 | |

| Notasi | Kepadatan (gr/cc) | Rata-rata (gr/cc) |
|--------|-------------------|-------------------|
| 5YRM1 | 2,28 | 2,28 |
| 5YRM2 | 2,29 | |
| 5YRM3 | 2,27 | |
| 10YRM1 | 2,13 | 2,13 |
| 10YRM2 | 2,11 | |
| 10YRM3 | 2,15 | |
| 15YRM1 | 2,08 | 2,05 |
| 15YRM2 | 2,00 | |
| 15YRM3 | 2,06 | |

Dari Tabel 21. Diketahui bahwa nilai kepadatan tertinggi terdapat pada campuran aspal dengan kadar 0% dalam notasi YRM1, YRM2, YRM3 dengan nilai rata-rata 2,32 gr/cc, dan nilai kepadatan terendah berada pada campuran aspal dengan kadar 15% dalam notasi 15YRM1, 15YRM2, 15YRM3 dengan nilai rata-rata 2,05 gr/cc.

2. VIM (*void in mix*)

VIM merupakan rongga udara dalam campuran aspal. Nilai VIM yang disyaratkan yaitu 3%-5%. Berikut adalah hasil pengujian :

Tabel 22. Data hasil pengujian VIM

| Notasi | VIM (%) | Rata-rata (%) |
|--------|---------|---------------|
| YRM1 | 8,52 | 8,23 |
| YRM 2 | 8,29 | |
| YRM3 | 7,87 | |
| 5YRM1 | 10,06 | 8,90 |
| 5YRM2 | 7,77 | |
| 5YRM3 | 8,85 | |
| 10YRM1 | 15,08 | 13,04 |
| 10YRM2 | 13,56 | |
| 10YRM3 | 10,49 | |
| 15YRM1 | 14,38 | 16,34 |
| 15YRM2 | 17,96 | |
| 15YRM3 | 16,68 | |

Dari Tabel 22 diketahui nilai VIM tertinggi dengan kadar *filler fly ash* 15% dengan notasi 15YRM1, 15YRM2, 15YRM3 yaitu dengan nilai rata-rata 16,34%, sedangkan nilai VIM terendah dengan kadar *filler fly ash* 0% dengan notasi YRM1, YRM2, YRM3 dengan nilai rata-rata 8,23% dan nilai VIM dengan kadar *filler fly ash* 5% dengan notasi 5YRM1, 5YRM2, 5YRM3 yaitu dengan nilai rata-rata sebesar 8,90%.

3. VMA (*Void Mineral Agregate*)

VMA adalah kadar persentase ruang rongga diantara partikel agregat pada benda uji. Nilai VMA yang disyaratkan minimal 14% sesuai dengan persyaratan Bina Marga 2010. Berikut adalah data hasil pengujian :

Tabel 23. Data hasil pengujian VMA

| Notasi | VMA (%) | Rata-rata (%) |
|--------|---------|---------------|
| YRM1 | 17,98 | 17,72 |
| YRM 2 | 17,78 | |
| YRM3 | 17,40 | |
| 5YRM1 | 19,35 | 18,30 |
| 5YRM2 | 17,30 | |
| 5YRM3 | 18,26 | |
| 10YRM1 | 23,83 | 22,01 |
| 10YRM2 | 22,47 | |
| 10YRM3 | 19,72 | |
| 15YRM1 | 23,19 | 24,95 |
| 15YRM2 | 26,40 | |
| 15YRM3 | 25,25 | |

Dari Tabel 23 diketahui nilai VMA tertinggi dengan kadar *filler fly ash* 15% yaitu dengan nilai sebesar 24,95%, nilai VMA terendah

terdapat pada kadar *filler fly ash* 0% yaitu dengan nilai sebesar 17,72%.

4. VFA (*Void Filled with Asphalt*)

VFA adalah rongga terisi aspal pada campuran setelah mengalami proses pemadatan. Kadar aspal menjadi faktor utama pada nilai VFA. Nilai VFA yang disyaratkan oleh Bina Marga 2010 yaitu sebesar 65%. Berikut adalah data hasil pengujian :

Tabel 24. Data hasil pengujian VFA

| Notasi | VFA (%) | Rata-rata (%) |
|--------|---------|---------------|
| YRM1 | 52,60 | 53,56 |
| YRM 2 | 53,35 | |
| YRM3 | 54,74 | |
| 5YRM1 | 47,98 | 51,51 |
| 5YRM2 | 55,04 | |
| 5YRM3 | 51,51 | |
| 10YRM1 | 36,72 | 41,04 |
| 10YRM2 | 39,65 | |
| 10YRM3 | 46,77 | |
| 15YRM1 | 37,99 | 34,63 |
| 15YRM2 | 31,96 | |
| 15YRM3 | 33,94 | |

Dari Tabel 24 diketahui VFA dengan nilai tertinggi yaitu pada kadar *filler fly ash* 0% sebesar 53,56%, nilai VFA terendah dengan kadar *filler fly ash* 15% sebesar 34,63%.

5. Pelelehan (*flow*)

Flow merupakan besarnya perubahan bentuk plastis suatu benda uji campuran beraspal yang terjadi akibat suatu beban keruntuhan, dinyatakan dalam satuan panjang.

Tabel 25. Data hasil pengujian *flow*

| Notasi | Flow (mm) | Rata-rata (mm) |
|--------|-----------|----------------|
| YRM1 | 2,25 | 3,29 |
| YRM 2 | 5,47 | |
| YRM3 | 2,15 | |
| 5YRM1 | 6,75 | 5,53 |
| 5YRM2 | 4,75 | |
| 5YRM3 | 5,10 | |
| 10YRM1 | 2,90 | 2,33 |
| 10YRM2 | 2,45 | |
| 10YRM3 | 1,65 | |
| 15YRM1 | 2,75 | 3,65 |
| 15YRM2 | 4,55 | |
| 15YRM3 | 3,65 | |

Dari Tabel 25 didapatkan nilai *flow* tertinggi dengan kadar *filler fly ash* 5% yaitu dengan nilai 5,53 mm dan nilai *flow* terendah dengan kadar *filler fly ash* 10% yaitu sebesar 2,33 mm. Berdasarkan spesifikasi Bina Marga 2010, nilai persyaratan *flow* adalah 2-4mm.

6. Stabilitas

Stabilitas merupakan kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang alur dan *bleeding*. Berikut data hasil pengujian stabilitas:

Tabel 26. Data hasil pengujian stabilitas

| Notasi | Stabilitas (kg) | Rata-rata (kg) |
|--------|-----------------|----------------|
| YRM1 | 6.852,38 | 6.536,28 |
| YRM 2 | 6.118,20 | |
| YRM3 | 6.638,24 | |
| 5YRM1 | 4.774,53 | 5.125,14 |
| 5YRM2 | 5.278,06 | |
| 5YRM3 | 5.322,83 | |
| 10YRM1 | 5.104,34 | 5.177,65 |
| 10YRM2 | 4.366,29 | |
| 10YRM3 | 6.062,32 | |
| 15YRM1 | 5.496,20 | 4.807,90 |
| 15YRM2 | 4.861,27 | |

| Notasi | Stabilitas (kg) | Rata-rata (kg) |
|--------|-----------------|----------------|
| 15YRM3 | 4.066,22 | |

Dari Tabel 26, diketahui nilai stabilitas tertinggi terdapat pada benda uji dengan kadar *filler fly ash* 0% dengan nilai 6.536,28 kg, sedangkan nilai stabilitas terendah berada pada benda uji dengan kadar *filler fly ash* 15% yaitu sebesar 4.807,90 kg.

7. MQ (Marshall Quotient)

MQ (Marshall Quotient) merupakan nilai perbandingan antara stabilitas dengan *flow* yang digunakan untuk pendekatan terhadap tingkat kekakuan atas fleksibilitas campuran. Spesifikasi yang disyaratkan nilai MQ minimal adalah 250 kg/mm.

Tabel 27. Data hasil pengujian MQ

| Notasi | MQ (kg/mm) | Rata-rata (kg/mm) |
|--------|------------|-------------------|
| YRM1 | 3.045,50 | 2.416,84 |
| YRM 2 | 1.117,47 | |
| YRM3 | 3.087,55 | |
| 5YRM1 | 707,33 | 954,06 |
| 5YRM2 | 1.111,17 | |
| 5YRM3 | 1.043,69 | |
| 10YRM1 | 1.760,11 | 2.405,47 |
| 10YRM2 | 1.782,16 | |
| 10YRM3 | 3.674,13 | |
| 15YRM1 | 1.998,61 | 1.393,68 |
| 15YRM2 | 1.068,41 | |
| 15YRM3 | 1.114,03 | |

Dari Tabel 27 diketahui bahwa nilai MQ tertinggi yaitu benda uji dengan kadar *filler fly ash* 0% dengan nilai sebesar 2.416,84 kg/mm, nilai MQ terendah dengan kadar *filler fly ash* 5% yaitu dengan nilai sebesar 954,06 kg/mm.

B. Pembahasan Hasil Penelitian

1. Pembahasan Pengujian Aspal

Setelah dilakukan pengujian terhadap aspal yang digunakan dalam penelitian ini. Diperoleh seperti pada data Tabel 12 yaitu dudaoatkan pembahasan sebeagai berikut :

a. Pengujian penetrasi

Pada hasil data pengujian yang telah dilakukan di simpulkan bahwa aspal tersebut masuk kedalam jenis aspal penetrasi 60//70. Sesuai dengan ketentuan aspal keras spesifikasi Bina Marga 2010, aspal ini termasuk kedalam jenis asbuton yang diproses dan merupakan aspal tipe 1 aspal pen 60/70.

b. Pengujian titik lembek

Pada hasil data pengujian titik lembek yang telah dilakukan, didapatkan hasil dimana nilai titik lembek tersebut sudah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 karena pada hasil menunjukkan bahwa nilai dihasilkan lebih besar dari syarat minimum.

c. Pengujian titik nyala dan bakar

Pada hasil data pengujian titik nyala dan bakar yang telah dilakukan, didapatkan hasil bahwa nilai tersebut memenuhi persyaratan Bina Marga 2010. Pengujian titik nyala dan bakar ini menunjukkan aspal apabila tersulut api pada suhu titik nyala akan menyala dan terbakar pada suhu titik bakar, sehingga dapat disimpulkan bahwa pemansan aspal tidak

boleh melebihi dari suhu 320°C untuk menghindari risiko terbakarnya aspal.

d. Pengujian berat jenis

Pada data yang telah dihasilkan pada pengujian berat jenis aspal, disimpulkan bahwa hasil tersebut telah memenuhi persyaratan Bina Marga 2010 karena nilai yang didapat sudah melebihi batas minimum yaitu 1 gr/cc.

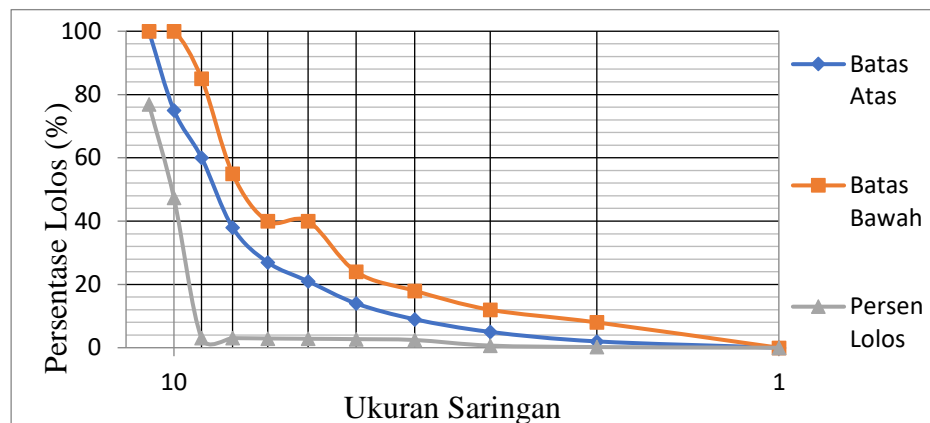
2. Pembahasan Pengujian Karakteristik Agregat

a. Pengujian Keausan Agregat Kasar

Sesuai pada Tabel 16, dimana hasil dari pengujian keausan agregat kasar diperoleh hasil dengan nilai yang memenuhi persyaratan sesuai acuan SNI 2417-2008. Dimana hal ini menandakan bahwa agregat yang digunakan dalam pengujian telah memenuhi standar karena memiliki nilai keausan tidak lebih dari 50%. Dengan demikian nilai keausan agregat yang digunakan memiliki kekerasan yang tergolong lemah, dimana dengan kekerasan agregat yang rendah maka akan berpengaruh pada kualitas campuran sehingga kekuatan campuran aspal dapat menurun.

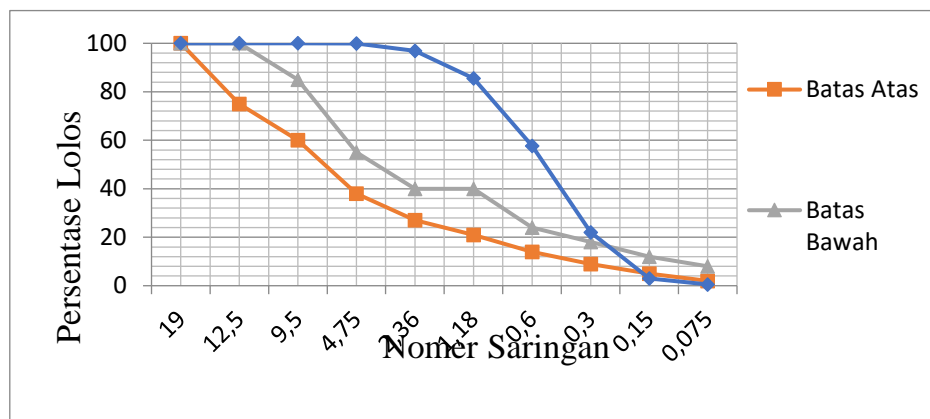
b. Pembahasan Pengujian Gradasi Agregat

Dari pengujian gradasi agregat kasar dan agregat halus yang telah dilakukan didapatkan hasil sesuai pada Tabel. 17 dan Tabel 18. Dimana pembahasan disajikan sesuai dengan grafik yang ada pada Gambar 28 dan Gambar 29.



Gambar 28. Gradasi agregat kasar

Dari Gambar 28 menunjukkan bahwa agregat kasar tidak memenuhi persyaratan Bina Marga 2010, karena nilai yang dihasilkan pada Grafik 28 tidak berada diantara batas atas dan batas bawah.



Gambar 29. Grafik agregat halus

Dari Gambar 29 menunjukkan bahwa agregat halus tidak memenuhi persyaratan karena tidak berada diantara batas atas dan batas bawah tetapi garis menunjukkan mendekati gradasi yang ideal.

Hal tersebut bertolak belakang dengan teori dari Sukirman (1999) menjelaskan bahwa agregat yang mempunyai ukuran seragam akan menghasilkan pori antar butiran menjadi besar. Sebaliknya jika agregat mempunyai ukuran yang bervariasi akan mempunyai volume pori kecil,

dimana butiran kecil mengisi pori diantara butiran besar sehingga pori-porinya menjadi sedikit. Dan dari hasil kedua grafik gradasi diatas, bertolak belakang dengan teori dari Saodang (2005) yang berpendapat, agregat dengan gradasi baik akan memberikan suatu keadaan kepadatan dan stabilitas yang baik akibat kontak butir yang hamper menyeluruh pada bidang permukaan.

3. Pembahasan Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat

Sesuai data pada Tabel 19, disimpulkan bahwa berat jenis Dari hasil pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa berat jenis *bulk*, berat jenis SSD, berat jenis semu, dan penyerapan agregat kasar memenuhi syarat sesuai dengan acuan SNI 03-1969-1990.

4. Pembahasan Pengujian Berat Jenis *filler fly ash*

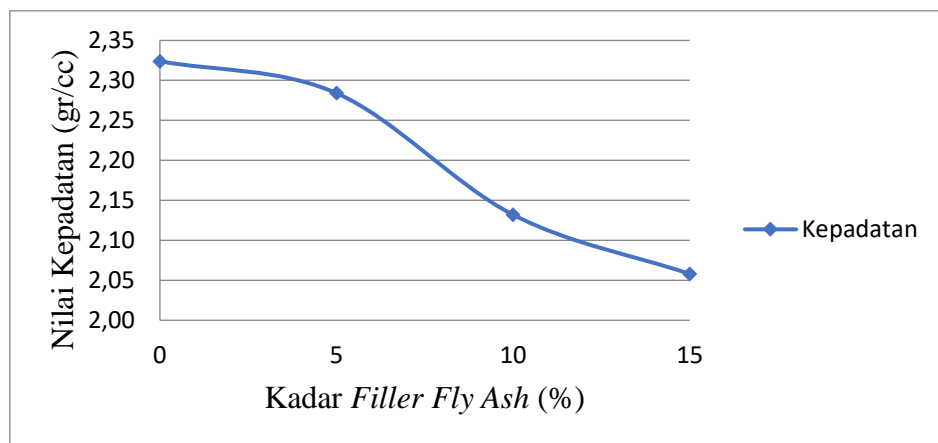
Pada pengujian berat jenis yang telah dilakukan menghasilkan data sesuai pada Tabel 20. Dimana data menyimpulkan bahwa hasil dari masing-masing berat jenis sesuai dengan teori dari Sanusi (2012) dimana filler merupakan sekumpulan agregat halus yang pada umumnya lolos ayakan No. 200 (0,075 mm), bersifat non plastis

5. Pembahasan Pengujian *Marshall*

Marshall test yang telah dilakukan bertujuan untuk mencari nilai kepadatan (density), VIM (Void In Mix), VMA (Void Mineral Agregate), VFA (Void Filled with Asphalt), Pelelehan (flow), stabilitas dan MQ (Marshall Quotient). Marshall test ini dilakukan dengan menggunakan acuan SNI 06-2489-1991.

a. Kepadatan (density)

Pada Gambar 30 menunjukkan bahwa terdapat penurunan nilai kepadatan pada setiap persentase penambahan kadar *filler fly ash*. Dari benda uji dengan kadar *filler fly ash* 0% dengan nilai kepadatan tertinggi yaitu sebesar 2,32 gr/cc, benda uji dengan kadar *filler fly ash* 5% dengan nilai 2,28%, benda uji dengan kadar *filler fly ash* 10% dengan nilai 2,13% sampai dengan benda uji dengan kadar *filler fly ash* dengan nilai kepadatan terendah yaitu sebesar 2,05%.



Gambar 30. Kepadatan (density)

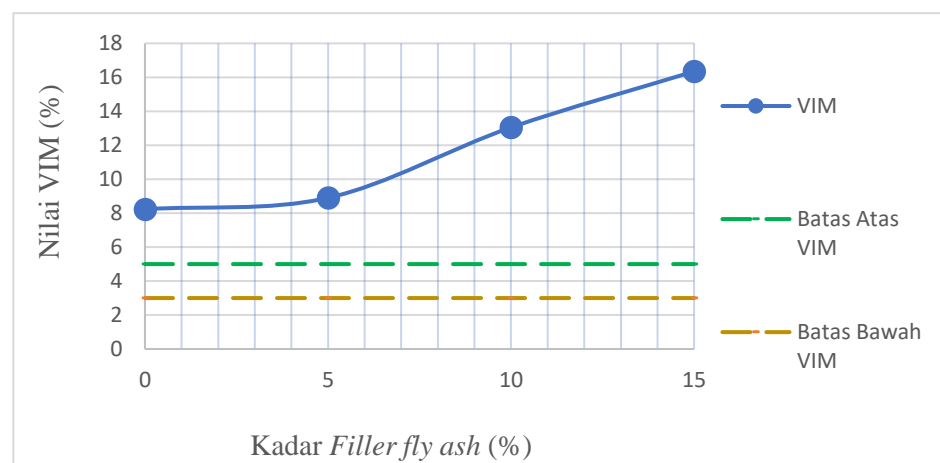
Sesuai dengan data diatas diperoleh hasil bahwa nilai kepadatan semakin turun dengan bertambahnya kadar *filler fly ash*. Hal ini disebabkan faktor dari aspal dan gondorukem yang mengikat kadar *filler fly ash*. Sehingga, semakin tinggi kadar *filler fly ash*, kadar aspal semakin tidak dapat menyelimuti dengan sempurna. Oleh karena itu, kadar aspal yang ada pada campuran tidak dapat mengisi semua rongga yang harusnya terisi oleh aspal. Selain itu, faktor lain juga disebabkan pemadatan yang kurang sempurna pada saat benda uji ditumbuk. Beberapa faktor yang

mempengaruhi nilai kepadatan yaitu gradasi agregat, kadar aspal, berat jenis agregat, kualitas penyusunnya, dan proses pemadatan yang meliputi suhu dan jumlah tumbukannya.

Dari hasil data diperoleh bahwa hasil bertolak belakang dengan teori menurut Sukirman (1999) yang berpendapat bahwa karakteristik campuran aspal laston yang baik adalah memiliki sifat *impermeability* yaitu kemampuan beton aspal untuk tidak dimasuki air ataupun udara kedalam lapisan beton aspal yang artinya campuran aspal menghasilkan benda uji yang memiliki nilai kepadatan yang tinggi.

b. VIM (Void In Mineral)

Pada Gambar 31 diketahui bahwa nilai VIM pada campuran aspal dengan kadar *filler fly ash* 0%, 5%, 10% dan 15% menunjukkan hasil yang tidak memenuhi persyaratan, karena hasil dari masing-masing persentase melebihi batas maksimal yang disyaratkan Bina Marga 2010.



Gambar 31. Grafik VIM (*void in the mix*)

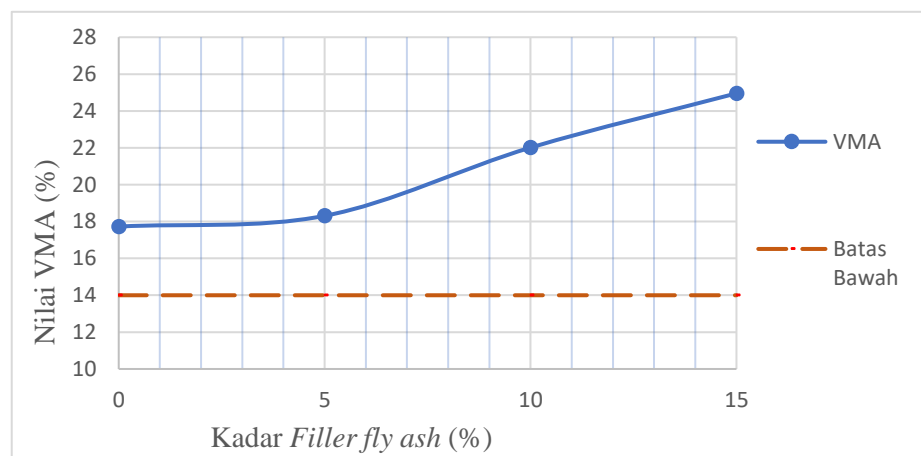
Hal ini disebabkan karena nilai rongga dalam campuran semakin kecil, karena aspal yang menyelimuti banyaknya kadar *filler fly ash*

mengakibatkan volume rongga yang dihasilkan semakin besar. Nilai VIM dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya bentuk butiran, tekstur permukaan, gradasi, kadar aspal, suhu dan faktor pemadatan.

Dari hasil yang diperoleh sesuai data disimpulkan bahwa data tidak sesuai dengan teori dari Sukirman (1999) yang berpendapat bahwa campuran aspal laston yang baik adalah harus memiliki sifat Durabilitas dimana untuk mencapai ketahanan yang tinggi diperlukan VIM yang kecil, agar udara tidak masuk kedalam campuran yang dapat menyebabkan benda uji menjadi rapuh.

c. VMA (Void Mineral Agregate)

Gambar 32 diketahui bahwa Nilai VMA yang dihasilkan pada masing-masing persentase kadar *filler fly ash* 0%, 5%, 10%, dan 15% mengalami kenaikan dan nilai yang dihasilkan memenuhi persyaratan Bina Marga 2010



Gambar 32. Grafik VMA (*void mineral agregate*)

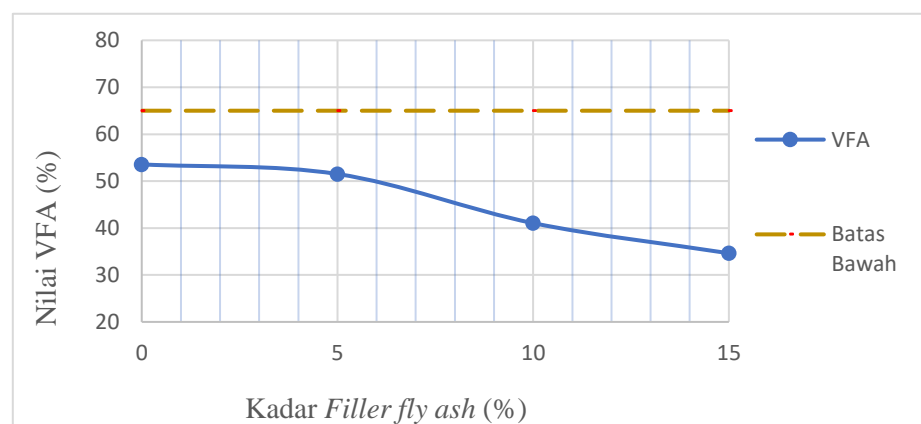
Karena hasil dari masing-masing persentase kadar *filler fly ash* yang ditambahkan melebihi batas minimum dari yang disyaratkan yaitu

sebesar 14%. Beberapa faktor yang mempengaruhi VMA antara lain kadar aspal, gradasi agregat, penyerapan agregat, jumlah dan temperatur pemadatan.

Dari hasil yang diperoleh sesuai data disimpulkan bahwa data sesuai dengan teori dari Sukirman (1999) yang berpendapat bahwa campuran aspal laston yang baik adalah harus memiliki sifat stabilitas yaitu kekuatan dari campuran aspal untuk menahan deformasi akibat beban tetap dan berulang tanpa mengalami keruntuhan (*plastic flow*). Untuk mendapatkan stabilitas yang baik diperlukan agregat bergradasi yang baik, bergradasi rapat dan memberikan rongga antar butiran agregat, VMA yang kecil. Namun VMA yang kecil akan menyebabkan *bleeding* karena tidak menyelimuti agregat dengan baik.

d. VFA (*Void Filled with Asphalt*)

Pada Gambar 33 menunjukkan nilai VFA pada masing-masing campuran aspal dengan kadar *filler fly ash* 0%, 5%, 10% dan 15% tidak memenuhi syarat.

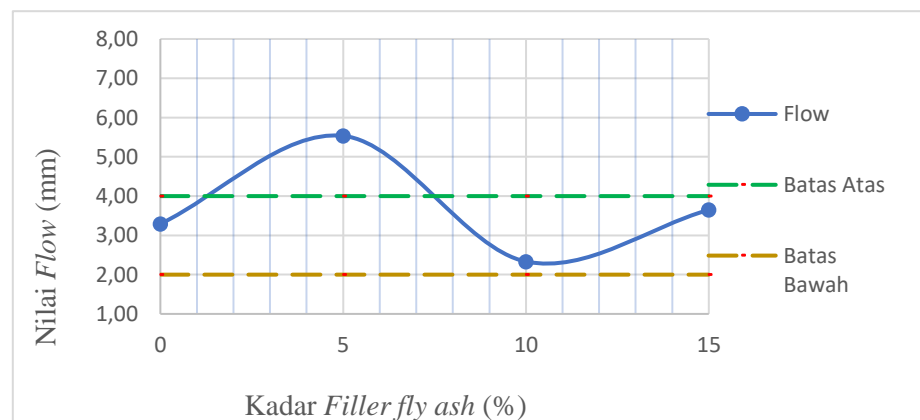


Gambar 33. Grafik VFA (*Void Filled with Asphalt*)

Pada data diatas menunjukkan seiring penambahan kadar *filler fly ash*, nilai VFA semakin menurun. Hal ini disebabkan faktor dari aspal dan gondorukem yang mengikat kadar *filler fly ash*. Sehingga semakin tinggi kadar *filler fly ash*, kadar aspal semakin tidak dapat menyelimuti benda uji dengan sempurna. Oleh karena itu, kadar aspal yang ada pada campuran tidak dapat mengisi semua rongga yang harusnya terisi oleh aspal. Beberapa faktor yang memepngaruhi nila VFA antara lain kadar aspal, gradasi agregat, penyerapan agregat, jumlah dan temperatur pemadatan.

e. Pelelehan (*flow*)

Gambar 34 menunjukkan nilai *flow* pada kadar *filler fly ash* 0%, 10%, dan 15% memenuhi persyaratan antara 2-4 mm. Sedangkan nilai *flow* pada kadar *filler fly ash* 5% tidak memenuhi persyaratan karena melebihi batas maksimal persyaratan yang telah ditentukan Bina Marga 2010. Hal tersebut disebabkan oleh faktor kualitas campuran yang ada pada benda uji.

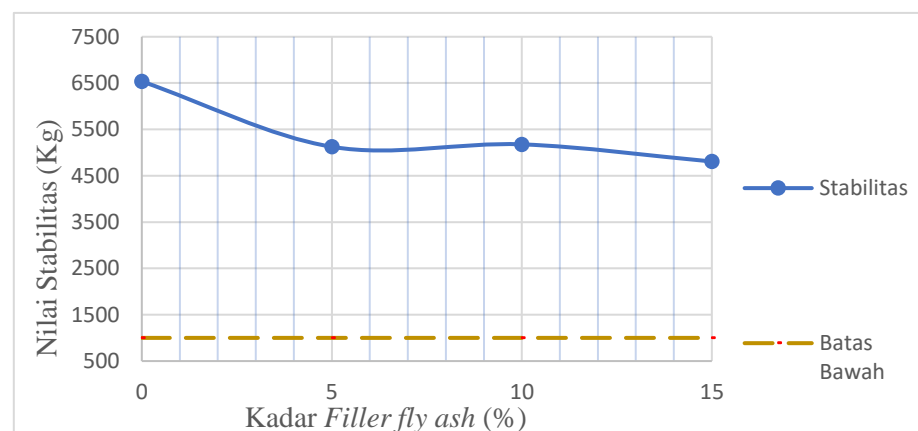


Gambar 34. Grafik nilai *Flow*

Nilai *flow* dipengaruhi oleh banyak faktor, diantaranya kadar dan viskositas aspal, suhu, gradasi, dan jumlah pemadatan. Dari hasil tersebut, maka nilai *flow* yang memenuhi persyaratan Bina Marga 2010 adalah pada campuran aspal dengan kadar *filler fly ash* 0%, 10%, dan 15%.

f. Stabilitas

Dari grafik dapat diketahui bahwa semakin tinggi persentase kadar *filler fly ash* mengakibatkan stabilitas benda uji menurun. Hal tersebut diakibatkan karena faktor aspal yang mengikat namun kadar aspal tetap sedangkan kadar *filler fly ash* semakin tinggi.



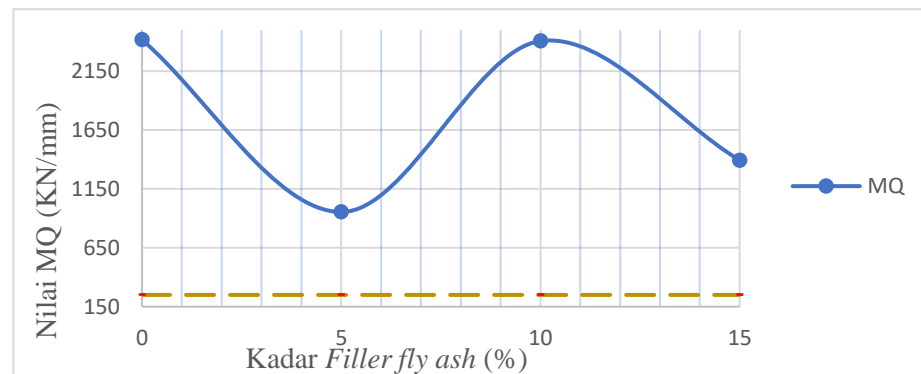
Gambar 35. Grafik stabilitas

Dengan demikian, nilai stabilitas pada kadar *filler fly ash* 0%, 5%, 10% dan 15% tetap memenuhi syarat Bina Marga 2010 dengan memenuhi batas minimum yang telah ditetapkan. Faktor yang mempengaruhi nilai stabilitas adalah penetrasi aspal, kadar aspal, sifat saling mengunci dari partikel-partikel agregat, bentuk dan tekstur permukaan, serta gradasi agregat.

Dari data yang diperoleh sesuai grafik menurut peneliti hal ini tidak sesuai tujuan penelitian seperti menurut teori dari Reni Arlia (2017) yang menyebutkan bahwa semakin tinggi kadar gondorukem semakin tinggi pula nilai stabilitasnya. Hal tersebut karena pengaruh dari adanya kadar *filler fly ash* yang semakin meningkat namun kadar aspal tetap.

g. MQ (Marshal Quotient)

Gambar 36 menunjukkan bahwa dari hasil penelitian *marshall*, nilai MQ pada masing-masing campuran aspal dengan kadar *filler fly ash* 0%, 5%, 10% dan 15% memenuhi persyaratan Bina Marga 2010. Namun pada hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai MQ yang diperoleh masing-masing persentase masih terlalu tinggi.



Gambar 36. Grafik MQ

Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai MQ seperti nilai stabilitas dan kelelahan pada campuran aspal. Hal tersebut sesuai dengan teori dari Sukirman (1999) yang berpendapat bahwa campuran aspal laston yang baik mempunyai sifat fleksibilitas dimana hasil memiliki fleksibilitas yang naik turun sesuai dengan nilai antara flow yang naik turun dan stabilitas yang semakin menurun.