

## ANALISIS KUAT BETON ASPAL MENGGUNAKAN LIMBAH ABU *ASPHALT MIXING PLANT* (AMP) SEBAGAI SUBSTITUSI *FILLER* PADA LAPISAN AC-WC

Rina Anisa<sup>1</sup>, K.M Aminnudin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Profesi Insinyur, Universitas Sriwijaya, Palembang

<sup>2</sup>Teknik Sipil, Universitas Sriwijaya, Palembang

\*Corresponding author e-mail : rinaanisa2708@gmail.com

**ABSTRAK:** Limbah material konstruksi akan selalu berdampingan dengan pembangunan yang terus berlanjut. Di Provinsi Sumatera Selatan terdapat perusahaan- perusahaan *Asphalt Mixing Plant* (AMP) yang dapat menghasilkan limbah abu AMP yang cukup besar, dimana hasil limbah tersebut tergantung jumlah produksi AMP, makin besar produksi AMP maka makin besar pula limbah yang dihasilkan. Oleh karena itu solusi untuk memanfaatkan limbah abu AMP salah satunya digunakan sebagai pengganti filler pada lapisan AC-WC. Pada penelitian ini menggunakan variasi kadar aspal 5%, 6%, dan 7%, dan menggunakan filler limbah abu AMP 1%, 2%, 3%, 4%. Berdasarkan hasil pengujian Marshall dengan variasi kadar aspal 5%; 6%; dan 7%, didapatkan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) yaitu 6,25% dan variasi filler limbah abu AMP 3 % sebesar 2764,50 kg, untuk nilai flow berada pada kadar aspal optimum dan variasi limbah abu AMP 1% sebesar 3,93 mm, untuk nilai VIM berada pada kadar aspal optimum 6,25% dan variasi filler limbah abu AMP 1% sebesar 4,92%, untuk nilai VFA berada pada kadar aspal 5% dan variasi filler limbah abu AMP 4% sebesar 90,41%, untuk nilai VMA berada pada kadar aspal optimum 6,25% dan variasi filler limbah abu AMP 3% sebesar 16,69%, untuk Marshall Quotient berada pada kadar aspal 6% dan variasi filler limbah abu AMP 3% sebesar 841,25.

**Kata Kunci:** Aspal, Limbah Abu *Asphalt Mixing Plant*, Filler, Jalan.

**ABSTRACT:** Construction material waste will always be side by side with ongoing development. In South Sumatra Province, there is an *Asphalt Mixing Plant* (AMP) company that can produce AMP ash waste in quite large quantities, where the waste output depends on the amount of AMP production, the greater the AMP production, the greater the waste produced. Therefore, one solution to utilize AMP ash waste is to use it as a filler substitute material in the AC-WC layer. In this study, variations in asphalt content of 5%, 6%, and 7% were used, as well as AMP ash waste filler of 1%, 2%, 3%, and 4%. Based on the results of the Marshall test with variations in asphalt content of 5%; 6%; and 7%, the Optimum Asphalt Content (OAC) value was obtained at 6.25% with a variation of 3% AMP ash waste filler of 2764.50 kg. The Flow value at the optimum asphalt content and variation of 1% AMP ash waste filler was 3.93 mm. The VIM value at an optimum asphalt content of 6.25% with a 1% AMP ash filler variation was 4.92%. The VFA value at an optimum asphalt content of 5% and a 4% AMP ash filler variation was 90.41%. The VMA value at an optimum asphalt content of 6.25% and a 3% AMP ash filler variation was 16.69%. The Marshall Quotient at an optimum asphalt content of 6% and a 3% AMP ash filler variation was 841.25.

**Keywords:** Asphalt, *Asphalt Mixing Plant* Ash Waste, Filler, Road.

## PENDAHULUAN

Pemanfaatan limbah abu Asphalt Mixing Plant (AMP) sebagai material perkerasan jalan merupakan salah satu upaya penerapan konsep konstruksi berkelanjutan (sustainable construction). Limbah abu AMP memiliki karakteristik butiran sangat halus yang secara teknis berpotensi digunakan sebagai bahan pengisi (filler) dalam campuran beraspal panas. Penggunaan limbah ini diharapkan dapat mengurangi ketergantungan terhadap filler konvensional seperti abu batu atau semen, sekaligus menekan volume limbah yang dibuang ke lingkungan. Selain itu, pemanfaatan limbah abu AMP sebagai filler pada campuran perkerasan jalan dapat memberikan nilai tambah secara ekonomi, karena mampu menekan biaya produksi campuran aspal tanpa mengabaikan persyaratan teknis perkerasan jalan.

Dalam konteks perkerasan jalan, filler berperan penting dalam mengisi rongga antar agregat dan meningkatkan ikatan antara aspal dan agregat. Abu AMP yang berasal dari hasil pembakaran dan proses produksi aspal diyakini memiliki sifat fisik yang dapat mendukung kinerja campuran aspal, khususnya pada lapisan aus (AC-WC). Oleh karena itu, penelitian mengenai penggunaan limbah abu AMP sebagai pengganti sebagian filler pada campuran AC-WC perlu dilakukan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap karakteristik dan kelayakan campuran beton aspal sesuai dengan spesifikasi teknis yang berlaku.

Pembangunan akan terus berlangsung karena kebutuhan manusia akan tempat hidup terus berlanjut yang bertujuan untuk memenuhi kebutuhan dan meningkatkan kesejahteraan manusia, tidak terlepas dari penggunaan berbagai jenis sumber daya alam sebagai material. Material sisa dari hasil pembangunan, menurut EU *Environment General Directorate* (EC DG ENV, 2007) terdapat 180 juta ton limbah konstruksi setiap tahunnya, yang mana juga sebagai limbah terbesar ketiga. Limbah material konstruksi akan selalu berdampak dengan pembangunan yang terus berlanjut.

Pengelolaan limbah yang tidak dilakukan secara baik dan benar akan berdampak negatif bagi lingkungan sekitar. Terlebih banyak bahan material yang dapat membahayakan kesehatan masyarakat seperti logam berat. Masalah lingkungan kini menjadi aspek yang perlu diperhatikan bagi semua masyarakat. Baik saat pembangunan maupun sesudah pembangunan, dikarenakan pada kegiatan sehari-hari pun sudah menghasilkan banyak limbah. Pembangunan proyek konstruksi akan selalu

menghasilkan limbah dalam jumlah yang cukup besar, sehingga kalau tidak dilakukan manajemen terhadap limbah konstruksi tersebut dapat menjadi permasalahan yang serius bagi lingkungan, sebaliknya apabila dilakukan manajemen dengan baik dapat menghasilkan keuntungan.

Di Provinsi Sumatera Selatan terdapat perusahaan-perusahaan *Asphalt Mixing Plant* (AMP) yang dapat menghasilkan limbah abu AMP yang cukup besar, dimana hasil limbah tersebut tergantung jumlah produksi AMP, makin besar produksi AMP maka makin besar pula limbah yang dihasilkan. Limbah abu AMP tersebut harus ditangani dan dimanfaatkan dengan benar karena berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan. Solusi untuk memanfaatkan limbah abu AMP salah satunya digunakan sebagai pengganti filler pada lapisan AC-WC.

Penggunaan bahan pengisi (filler) yang paling sering digunakan untuk campuran beraspal adalah abu batu, Bahan pengisi (filler) dalam campuran aspal beton adalah bahan yang lolos saringan No.200 (0,075 mm).

Pengisiannya dilakukan secara terstruktur, jika terlalu banyak bahan pengisi dalam campuran akan menyebabkan aspal beton menjadi sangat kaku dan mudah retak meskipun telah dilakukan penambahan aspal yang lumayan banyak. Sebaliknya kekurangan bahan campuran akan berakibat lentur sehingga mudah terdeformasi oleh roda kendaraan dan menghasilkan jalan yang bergelombang.

Untuk mewujudkan hal hal tersebut, penyediaan sarana tidak terlepas dari bahan konstruksi itu sendiri. Menurut spesifikasi oleh kementerian Umum 2010 jenis lapisan aspal beton dibagi menjadi tiga yaitu: *Asphalt concrete-wearing course* (AC-WC), *Asphalt concrete-binder course* (AC-BC), *Asphalt Concrete – Base Course* (AC-Base). Beton Aspal Lapisan Aus (AC-WC) merupakan lapisan aspal yang paling atas dari struktur perkerasan lentur dan berhubungan langsung dengan beban kendaraan, sehingga lapisan ini dirancang agar tahan terhadap gaya geser, perubahan cuaca, serta memberikan lapis kedap air terhadap lapisan dibawahnya. Beberapa faktor penting yang harus diperhatikan dari campuran aspal antara lain adalah stabilitas, durabilitas, fleksibilitas, dan ketahanan terhadap selip (*workability*).

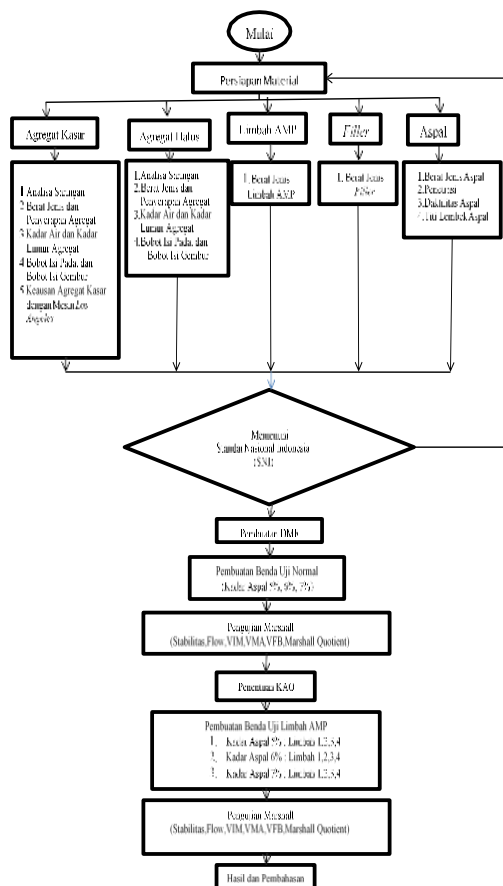
Pada penelitian terdahulu yang menjadi referensi (Amaliyah,2022) yang berjudul “Pemanfaatan Limbah Asphalt Mixing Plant (AMP) Sebagai pengganti filler pada campuran beraspal panas AC-WC Terhadap Kuat Tekan Beton Aspal.” Dari hasil pengujian marshall didapatkan kadar aspal optimum 6% yang bisa digunakan sebagai bahan campuran beton aspal AC-WC sesuai dengan

spesifikasi bina marga 2018, penelitian ini mencoba melakukan uji campuran beton aspal dengan mengurangi penggunaan semen. Hal ini di dukung untuk mengurangi limbah abu AMP yang berpotensi mengakibatkan pencemaran lingkungan, dan penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kelayakan dari hasil campuran beton aspal, Menganalisis karakteristik campuran beton aspal AC-WC dengan substitusi limbah abu AMP berdasarkan hasil pengujian Marshall, Menilai kelayakan penggunaan limbah abu AMP sebagai material alternatif filler pada perkerasan jalan ditinjau dari spesifikasi Bina Marga, dan Mendukung upaya pengelolaan limbah konstruksi yang ramah lingkungan melalui pemanfaatan limbah abu AMP pada perkerasan jalan.

## METODE PENELITIAN

Pelaksanaan penelitian yang meliputi pemeriksaan mutu bahan – bahan material, komposisi campuran dan pengujian *filler* beton aspal (*AC – WC*) menggunakan bahan sibtitusi limbah abu *Asphalt Mixing Plant* (AMP) dilakukan di Laboratorium Uji Bahan Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Sriwijaya.

Pada penelitian ini menggunakan variasi kadar aspal 5%, 6%, dan 7%, dan menggunakan *filler* limbah abu AMP 1%, 2%, 3%, 4%



## METODE PENGOLAHAN DATA

Tahapan selanjutnya adalah pemrosesan data yang diperoleh. Data tersebut digunakan untuk menentukan Analisa Saringan, Berat jenis dan penyerapan air agregat, Kadar air dan kadar lumpur agregat, Bobot isi agregat, Keausan agregat dan mesin abrasi los angeles, Berat Jenis semen, Berat Jenis Aspal, Titik Lembek, Penetrasi Aspal, Daktilitas dan Pengujian Aspal.

Selanjutnya untuk menentukan kadar aspal optimum diperkirakan dengan penentuan kadar optimum dengan cara penentuan variasi kadar aspal terlebih dahulu sesuai dengan rumus berikut :

$$P = 0,035 (CA) + 0,045 (\% FA) + 0,18 (\% \text{Filler}) + K$$

P = Kadar aspal tengah / ideal persen terhadap campuran

CA = Fraksi agregat kasar

FA = Fraksi agregat sedang dan agregat halus

Filler = Bahan pengisi

K = Konstanta (0,5-1,0)

Rongga terisi aspal (VFB)

VFB adalah persen rongga yang terdapat diantara partikel agregat (VMA) yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat. Rumus adalah sebagai berikut :

$$VFB = 100 \times \frac{VMA - VIM}{VMA}$$

VFB : Rongga udara yang terisi aspal, prosentase dari VMA, (%)

VMA : Rongga udara pada mineral agregat, prosentase dari volume total, (%)

VIM : Rongga udara pada campuran setelah pemadatan, (%)

Rongga antar agregat (VMA)

VMA adalah ruang rongga diantara partikel agregat pada suatu perkerasan, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat). Perhitungan VMA terhadap campuran adalah dengan rumus berikut :

Jika komposisi campuran ditentukan sebagai persen berat dari campuran total, maka VMA dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$VMA = 100 - (Gmb \times P\%)$$

VMA : Rongga dalam agregat mineral (persen volume curah).

Gsb : Berat jenis curah agregat.

PS : Agregat, persen berat total campuran.

Gmb : Berat jenis curah campuran padat.

Jika komposisi campuran ditentukan sebagai persen berat agregat, maka VMA dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$VMA = 100 - \frac{Gmb}{Gsb} \times \frac{100}{100 + PB} \times 100$$

Pb : Aspal, persen berat agregat.

Gmb : Berat jenis curah campuran padat.

Gsb : Berat jenis curah agregat

Rongga Udara (VIM)

VIM/Void in The Mix) Dalam campuran perkerasan beraspal terdiri atas ruang udara diantara partikel agregat yang terselimuti aspal. Volume rongga udara dalam campuran dapat ditentukan dengan rumus berikut :

$$VIM = 100 - \frac{Gmm - Gmb}{Gmm}$$

VIM : Rongga udara dalam campuran padat, persen dari total volume.

Gmm : Berat jenis maksimum campuran.

Gmb : Berat jenis curah campuran padat.

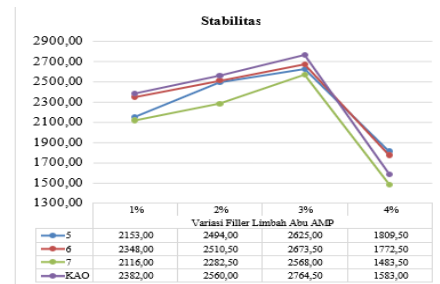
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Marshall Campuran Kadar Aspal dan Variasi *Filler* Limbah Abu AMP. Campuran pengujian marshall ini berupa modifikasi kadar aspal normal yaitu 5%, 6%, 7%, KAO dan variasi *filler* limbah abu AMP sebesar 1%, 2%, 3%, 4%. Berikut adalah hasil pengujian Marshall berdasarkan parameternya.

Tabel 1 Rekapitulasi Hasil Pengujian Marshall Campuran Kadar Aspal dan Limbah Abu AMP

| Karakteristik Marshall | Kadar Aspal | Kadar Limbah Abu AMP |         |         |         | Spesifikasi |
|------------------------|-------------|----------------------|---------|---------|---------|-------------|
|                        |             | 1%                   | 2%      | 3%      | 4%      |             |
| Stabilitas             | 5           | 2153,00              | 2494,00 | 2625,00 | 1809,50 | Min 1000    |
|                        | 6           | 2348,00              | 2510,50 | 2673,50 | 1772,50 |             |
|                        | 7           | 2116,00              | 2282,50 | 2568,00 | 1483,50 |             |
|                        | KAO         | 2382,00              | 2560,00 | 2764,50 | 1583,00 |             |
|                        |             |                      |         |         |         |             |
| Flow                   | 5           | 3,55                 | 3,37    | 3,18    | 6,33    | 2 sd 4      |
|                        | 6           | 3,93                 | 3,67    | 3,20    | 6,04    |             |
|                        | 7           | 3,81                 | 3,68    | 3,11    | 5,07    |             |
|                        | KAO         | 3,93                 | 3,90    | 3,81    | 4,52    |             |
|                        |             |                      |         |         |         |             |
| VIM                    | 5           | 5,54                 | 4,51    | 4,20    | 1,44    | 3 sd 5      |
|                        | 6           | 5,74                 | 4,87    | 3,57    | 1,27    |             |
|                        | 7           | 3,01                 | 3,01    | 2,58    | 3,15    |             |
|                        | KAO         | 4,92                 | 4,88    | 4,06    | 4,25    |             |
|                        |             |                      |         |         |         |             |
| VFA                    | 5           | 63,12                | 62,63   | 58,61   | 79,23   | Min 65      |
|                        | 6           | 72,89                | 69,91   | 70,28   | 90,41   |             |
|                        | 7           | 81,93                | 81,90   | 84,23   | 81,22   |             |
|                        | KAO         | 74,87                | 71,39   | 70,89   | 73,96   |             |
|                        |             |                      |         |         |         |             |
| VMA                    | 5           | 15,04                | 15,22   | 16,09   | 12,46   | Min 15      |
|                        | 6           | 15,97                | 16,38   | 16,45   | 13,22   |             |
|                        | 7           | 16,47                | 16,64   | 16,77   | 16,76   |             |
|                        | KAO         | 16,14                | 16,86   | 16,89   | 16,30   |             |
|                        |             |                      |         |         |         |             |
| Marshall Quotient      | 5           | 606,48               | 741,16  | 825,47  | 286,09  | Min 250     |
|                        | 6           | 598,06               | 683,59  | 835,47  | 293,70  |             |
|                        | 7           | 556,11               | 619,49  | 827,05  | 292,43  |             |
|                        | KAO         | 605,80               | 656,41  | 725,40  | 350,11  |             |
|                        |             |                      |         |         |         |             |

Hasil Pengujian Marshall terhadap Nilai Stabilitas pada Variasi Kadar Aspal dan Variasi *Filler* Limbah Abu AMP :

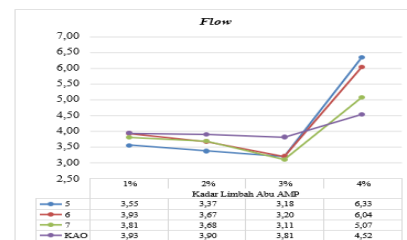


Gambar 1. Grafik Stabilitas

Data yang didapatkan pada penelitian yang telah dilakukan ditampilkan pada gambar diatas yang menunjukkan grafik hubungan kadar aspal 5%, 6%, 7%, KAO 6,25% dengan variasi *filler* limbah abu AMP

1%, 2%, 3%, 4% terhadap stabilitas. Dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa nilai stabilitas meningkat dari Variasi *filler* limbah abu AMP 1%, 2%, 3% disetiap kadar aspal 5%, 6%, 7%, dan KAO 6,25%, nilai stabilitas yang terlalu tinggi menyebabkan campuran menjadi terlalu kaku, hal ini berakibat perkerasan mudah menjadi retak bila menerima beban. kemudian mengalami penurunan dari variasi *filler* limbah abu AMP 4% dari setiap kadar aspal 5%, 6%, 7%, dan KAO, nilai stabilitas yang terlalu rendah campuran aspal agregat akan mudah mengalami rutting oleh adanya beban lalu lintas. Nilai optimum berada pada kadar aspal optimum 6,25% dan variasi *filler* limbah abu AMP 3%, yaitu 2764,50 kg. Berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2, standar nilai stabilitas marshall campuran laston modifikasi adalah minimum 1000 kg, maka dapat disimpulkan bahwa nilai stabilitas pada semua variasi *filler* limbah abu AMP 1%, 2%, 3%, 4% memenuhi standar.

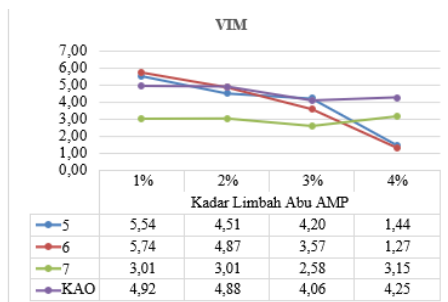
Hasil Pengujian Marshall terhadap Nilai *Flow* pada Variasi Kadar Aspal dan Variasi *Filler* Limbah Abu AMP :



Gambar 2. Grafik Flow

Data yang didapatkan pada penelitian yang telah dilakukan ditampilkan pada gambar diatas yang menunjukkan grafik hubungan kadar aspal 5%, 6%, 7%, KAO 6,25% dengan variasi *filler* limbah abu AMP 1%, 2%, 3%, 4% terhadap nilai *flow*. Dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa nilai *flow* menurun dari variasi *filler* limbah abu AMP 1%, 2%, 3% disetiap kadar aspal 5%, 6%, 7%, dan KAO 6,25%, kemudian meningkat pada variasi *filler* limbah abu AMP 4% dari setiap kadar aspal 5%, 6%, 7%, dan KAO 6,25%. Nilai optimum berada pada kadar aspal optimum 6,25% dan variasi *filler* limbah abu AMP 1%, yaitu 3,93 mm. Semakin tinggi nilai *flow* menunjukkan campuran aspal bersifat plastis dan mudah mengalami perubahan bentuk akibat beban lalu lintas, apabila nilai *flow* rendah maka campuran aspal akan bersifat kaku. Berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2, standar nilai *flow* pada Marshall adalah 2—4 mm, maka dapat disimpulkan bahwa nilai *flow* pada variasi *filler* limbah abu AMP 1%, 2%, 3% dengan kadar aspal 5%, 6%, 7%, KAO memenuhi standar tetapi variasi *filler* limbah abu AMP 4% dengan kadar aspal 5%, 6%, 7%, dan KAO tidak memenuhi standar.

Hasil Pengujian Marshall terhadap Nilai VIM pada Variasi Kadar Aspal dan Variasi *Filler* Limbah Abu AMP :

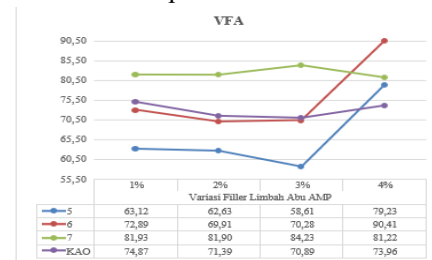


Gambar 3. Grafik VIM

Data yang didapatkan pada penelitian yang telah dilakukan ditampilkan pada gambar diatas yang menunjukkan grafik hubungan kadar aspal 5%, 6%, 7%, KAO 6,25% dengan variasi *filler* limbah abu AMP 1%, 2%, 3%, 4% terhadap nilai VIM. Dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa nilai VIM menurun dari variasi *filler* limbah abu AMP 1%, 2%, 3%, 4% disetiap kadar aspal 5%, 6%, dan nilai VIM menurun pada variasi *filler* limbah abu AMP 1%, 2%, 3%, disetiap kadar aspal 7% dan KAO tetapi meningkat pada variasi *filler* limbah abu AMP 4% dengan kadar aspal 7% dan KAO. Nilai optimum berada pada kadar aspal optimum 6,25% dan variasi *filler* limbah abu AMP

1%, yaitu 4,92 mm. Semakin tinggi nilai VIM yang didapatkan maka semakin besar rongga yang ada dalam campuran, sehingga mempercepat penuaan aspal dan menurunkan keawetan dari beton aspal. Semakin menurun nilai VIM menunjukkan campuran aspal semakin sedikit rongga dan permukaan pada campuran yang diselimuti oleh aspal dapat mengikat agregat dengan aspal yang optimal. Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2, standar nilai VIM pada Marshall adalah 2—4 mm, maka dapat disimpulkan bahwa nilai VIM pada variasi *filler* limbah abu AMP 2% dan 3% dengan kadar aspal 5%, 6% dan variasi *filler* limbah abu AMP 1%, 2%, 3%, 4% dengan kadar aspal 7%, dan KAO 6,25% memenuhi standar, yaitu di atas 3-5 mm.

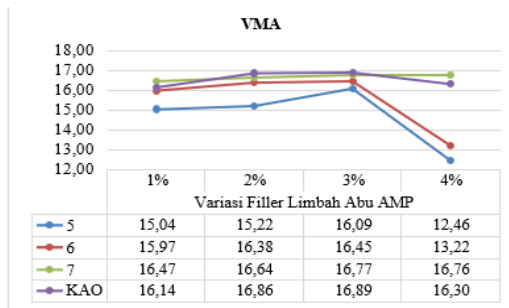
Hasil Pengujian Marshall terhadap Nilai VFA pada Variasi Kadar Aspal dan Limbah Abu AMP :



Gambar 4. Grafik VFA

Data yang didapatkan pada penelitian yang telah dilakukan ditampilkan pada gambar diatas yang menunjukkan grafik hubungan kadar aspal 5%, 6%, 7%, KAO 6,25% dengan variasi *filler* limbah abu AMP 1%, 2%, 3%, 4% terhadap nilai VFA. Dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa nilai VFA menurun dari variasi *filler* limbah abu AMP 1%, 2%, 3% disetiap kadar aspal 5%, dan KAO 6,25%, kemudian meningkat pada variasi *filler* limbah abu AMP 4% dari setiap kadar aspal 5% dan KAO 6,25%. Nilai optimum berada pada kadar aspal 6% dengan variasi *filler* limbah abu AMP 4%, yaitu 90,41 mm. VFA yang terlalu tinggi dapat menyebabkan aspal naik kepermukaan pada temperatur tinggi, sedangkan nilai VFA yang terlalu rendah menyebabkan campuran bersifat porous dan mudah teroksidasi. Berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2, standar nilai VFA pada Marshall minimal 65%, maka dapat disimpulkan bahwa nilai VFA pada variasi *filler* limbah abu AMP 1%, 2%, 3%, 4% dengan kadar aspal 6%, 7%, KAO dan variasi *filler* limbah abu AMP 4% dengan kadar aspal 5% memenuhi standar tetapi variasi *filler* limbah abu AMP 1%, 2%, 3% dengan kadar aspal 5% tidak memenuhi standar.

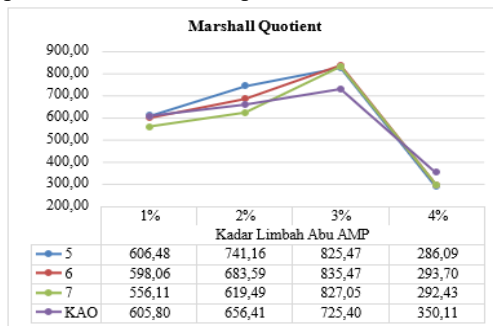
Hasil Pengujian Marshall terhadap Nilai VMA pada Variasi Kadar Aspal dan Variasi *Filler* Limbah Abu AMP :



Gambar 5. Grafik VMA

Data yang didapatkan pada penelitian yang telah dilakukan ditampilkan pada gambar diatas yang menunjukkan grafik hubungan kadar aspal 5%, 6%, 7%, KAO 6,25% dengan variasi filler limbah abu AMP 1%, 2%, 3%, 4% terhadap VMA. Dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa nilai VMA meningkat dari Variasi filler limbah abu AMP 1%, 2%, 3% disetiap kadar aspal 5%, 6%, 7%, dan KAO 6,25%. Hal ini menyebabkan kerapatan campuran meningkat karena rongga antara agregat lebih kecil sehingga pengikatan agregat oleh aspal menjadi lebih baik, kemudian mengalami penurunan dari variasi filler limbah abu AMP 4% dari setiap kadar aspal 5%, 6%, 7%, dan KAO. Nilai optimum berada pada kadar aspal optimum 6,25% dan variasi filler limbah abu AMP 3%, yaitu 16,89 mm. Berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2, standar nilai VFA minimal 15, maka dapat disimpulkan bahwa nilai VFA dari variasi filler limbah abu AMP 1%, 2%, 3% dengan kadar aspal 5%, 6%, 7%, KAO dan variasi filler limbah abu AMP 4% dengan kadar 7%, KAO yang memenuhi standar.

Hasil Pengujian Marshall terhadap Nilai Marshall Quotient pada Variasi Kadar Aspal dan Limbah Abu AMP:



Gambar 6. Grafik Hasil Uji Marshall

Pada gambar diatas menunjukkan penambahan variasi *filler* limbah abu AMP terhadap campuran aspal mengakibatkan nilai Marshall Quotient cenderung mengalami peningkatan dari variasi *filler* limbah abu AMP 1% hingga 3% dengan kadar aspal 5%, 6%, 7%, KAO tetapi mengalami penurunan dari variasi filler limbah abu AMP 4% dengan kadar aspal 5%, 6%, 7% dan KAO. Semakin besar nilai MQ berarti campuran semakin kaku dan sebaliknya semakin kecil nilai MQ, maka campuran semakin lentur. Dari hasil pengujian marshall menunjukkan bahwa campuran tanpa limbah abu AMP cenderung lebih besar dibandingkan dengan campuran menggunakan limbah abu AMP, maka dalam hal ini dapat disimpulkan bahwa campuran menggunakan limbah abu AMP cukup kuat menahan beban stabilitas. Berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2, standar nilai Marshall Quotient adalah 250 kg/mm, maka dapat disimpulkan bahwa nilai Marshall Quotient pada semua variasi *filler* limbah abu AMP memenuhi standar.

Berdasarkan hasil pengujian Marshall diatas dapat diketahui bahwa nilai karakteristik Marshall optimum pada kadar aspal 5%, 6%, 7%, KAO dan variasi *filler* limbah abu AMP untuk stabilitas berada pada kadar aspal optimum 6,25% dan variasi *filler* limbah abu AMP 3 % sebesar 2764,50 kg, untuk nilai flow berada pada kadar aspal optimum dan variasi limbah abu AMP 1% sebesar 3,93 mm, untuk nilai VIM berada pada kadar aspal optimum 6,25% dan variasi *filler* limbah abu AMP 1% sebesar 4,92%, untuk nilai VFA berada pada kadar aspal 6% dan variasi *filler* limbah abu AMP 4% sebesar 90,41%, untuk nilai VMA berada pada kadar aspal optimum 6,25% dan variasi *filler* limbah abu AMP 3% sebesar 16,69%, untuk Marshall Quotient berada pada kadar aspal 6% dan variasi *filler* limbah abu AMP 3% sebesar 835,47. Berdasarkan hasil analisa pengujian Marshall, maka dapat disimpulkan bahwa seluruh nilai karakteristik Marshall yang memenuhi semua spesifikasi dan yang paling optimum yaitu variasi filler limbah abu AMP 3% dengan kadar aspal optimum 6,25%, untuk nilai stabilitasnya sebesar 2764,50 kg, nilai flow sebesar 3,81 mm, nilai VIM sebesar 4,06 %, nilai VFA sebesar 70,89 %, nilai VMA sebesar 16,89 %, dan nilai Marshall Quotient sebesar 725,40.

## KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan dan analisa data dari hasil pengujian pada penelitian dengan judul “Analisis Kuat Tekan Beton Aspal Menggunakan limbah abu *Asphalt Mixing Plant* (AMP) Sebagai Substitusi *Filler* Pada Lapisan *Asphalt concrete-wearing course* (AC-WC)” peneliti menarik kesimpulan antara lain :

1. Berdasarkan hasil pengujian marshall dapat disimpulkan bahwa melakukan pengujian substitusi *filler* dengan variasi limbah abu AMP Pada Variasi 1%, 2%, 3%, 4% dapat digunakan sebagai campuran pada lapis *Asphalt Concrete Wearing Course*(AC-WC).
2. Berdasarkan hasil pengujian marshall dengan kadar aspal 5%, 6%, 7% didapatkan nilai kadar aspal optimum (KAO) yaitu 6,25%.
3. Berdasarkan hasil analisa pengujian Marshall, maka dapat disimpulkan bahwa seluruh nilai karakteristik Marshall yang memenuhi semua standar spesifikasi umum Binamarga 2018 revisi 2 dan yang paling optimum yaitu variasi *filler* limbah abu AMP 3% dengan kadar aspal optimum 6,25%, untuk nilai stabilitasnya sebesar 2764,50 kg, nilai flow sebesar 3,81 mm, nilai VIM sebesar 4,06 %, nilai VFA sebesar 70,89 %, nilai VMA sebesar 16,89 %, dan nilai Marshall Quotient sebesar 725,40.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amalia,A.Studi Penelitian Pemanfaatan Limbah *Asphalt Mixing Plant* (AMP) Sebagai Pengganti Filler Pada Campuran Beraspal Panas AC-WC Terhadap Kuat Tekan Beton Aspal. Jurnal Rekayasa Sipil.
- Angga Dwi Agus Setawan, dkk. 2014 *Pengaruh Penuaan Dan Lama Perendaman Terhadap Durabilitas Campuran Asphalt Concrete Wearing Course* (AC- WC). Jurnal Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- AASHTO T. 1990. *Standart Spesification Fot Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing Materials* 15th Edition. Washington: Washington
- Badan Standarisasi Nasional. 1991 . SNI 06-2489 1991 *Metode Pengujian Campuran Aspal Dengan Alat Marshall* Badan Standarisasi Nasional. 2002 . SNI 03—6819-2001 Spesifikasi Agregat Halus Untuk Campuran Perkerasan Beraspal. Jakarta:
- Badan Standarisasi Nasional. Budianto, M. D. I., dan Z. Lubis. 2020. “Alternatif Penggunaan Agregat Halus Batu Kapur Mantup Dalam Campuran Aspal Panas Ac-Wc U KaRsT.” Deny Irawan Budianto / Ukarst 4(1):2579–4620. doi: 10.30737/ukarst.v3i2.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2018. Spesifikasi Umum Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan Dan Jembatan. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2018. Spesifikasi Umum Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan Dan Jembatan (Revisi 1). Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2018. Spesifikasi Umum Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan Dan Jembatan (Revisi 2). Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jendral Bina Marga. 2018 *Petunjuk pelaksanaan lapis beton aspal (laston)*. Badan Penerbit PU SNI 06-245.
- Direktorat Jenderal Bina Marga Spesifikasi Umum 2018 *untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2)* Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat
- Husnah, R. T., and A. Setiyoko. 2018. *Analisis Kuat Lentur Beton Sebagai Bahan Pengganti Semen Dengan Fly Ash (Limbah Amp)*. Proceeding.Uir.Ac.Id (Kntsp li):146–53.
- Standar Nasional Indonesia, 1991. No 06-2489. *Metode Pengujian Campuran Beraspal Dengan Alat Marshall*.

Standar Nasional Indonesia 03-1968-1990.  
*Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar.*

Spesifikasi Umum 2018. *Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan Revisi II.*

Standar Nasional Indonesia. 03-4142-1996.  
*Metode Pengujian Jumlah Bahan dalam Agregat yang Lolos Saringan No.200.*

Standar Nasional Indonesia. 03-4804-1998.  
*Metode Pengujian Berat Isi dan Rongga Udara dalam Agregat.*

Standar Nasional Indonesia. 06-2441-2011.  
*Cara Uji Berat Jenis Aspal.*

Standar Nasional Indonesia. 06-2434-2011.  
*Cara Uji Titik Lembek Aspal dengan Alat Cincin dan Bola.*

Standar Nasional Indonesia. 06-2489-1991.  
*Metode Pengujian Campuran Aspal dengan Alat Marshall.*

Standar Nasional Indonesia. 1969:2016.  
*Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar.*

Standar Nasional Indonesia. 1970:2008.  
*Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus.*

Standar Nasional Indonesia. 1971:2011.  
*Cara Uji Kadar Air Total Agregat dengan Pengeringan.*

Standar Nasional Indonesia. 2417:2008.  
*Cara Uji Keausan Agregat dengan Mesin Abrasi Los Angeles.*

Standar Nasional Indonesia. 2432:2011.  
*Cara Uji Penetrasi Aspal.*

Standar Nasional Indonesia. 2432:2011.  
*Cara Uji Daktilitas Aspal.*

Standar Nasional Indonesia. 2531:2015.  
*Metode Densitas Semen Hidraulis.*

Standar Nasional Indonesia. ASTM C136-2012.  
*Metode Uji untuk Analisa Saringan Agregat Halus dan Agregat Kasar.*