

Limbah Cangkang Telur dan Sekam Padi Sebagai Filler Dengan Batu Pecah Madura Sebagai Agregat Pada Campuran ACWC

Ahmad Fatoni¹⁾, Dedy Asmaroni²⁾, Khairul Anam³⁾, Aldi Setiawan⁴⁾

¹⁾ Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Madura, Pamekasan, Indonesia

Email: ahmad.fatoni@unira.ac.id

²⁾ Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Madura, Pamekasan, Indonesia

Email: dedyasmaroni@unira.ac.id

³⁾ Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Madura, Pamekasan, Indonesia

Email: mankgrx37@gmail.com

⁴⁾ Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Madura, Pamekasan, Indonesia

Email: aldi.setiawan@unira.ac.id

Received: 2023-12-28; Accepted: 2024-01-16; Published: 2024-03-30

Abstract

Filler is one of the additives in hot asphalt mix, and its cost is relatively high. Therefore, there is a need for innovation to utilize local materials that are more economical. In this study, rice husk ash and eggshell waste are utilized as fillers, and local crushed stone is used as the aggregate, considering the potential of local materials and their cost-effectiveness. These waste materials have been underutilized and have had environmental impacts. The research aims to investigate the influence of using rice husk ash and eggshell waste as fillers on the Marshall characteristics by employing the Marshall Test method to determine values such as stability, flow, VIM (voids in mix), VMA (voids in mineral aggregate), VFB (voids filled with bitumen), and Marshall Quotient (MQ). Fillers, in the amounts of 1%, 2%, 3%, 4%, and 5% of the total weight of the mix, will be used, with each using eggshell waste and rice husk ash in equal proportions of 50% of the total filler requirement, along with the use of local aggregate. The research findings indicate that using 4% and 5% eggshell waste and rice husk ash fillers produces good stability values, meeting the General Specifications for Road Works 2018 Division 6. However, the addition of 1%, 2%, and 3% of these fillers leads to a decrease in stability values. Furthermore, an increase in the percentage of eggshell waste and rice husk ash fillers by 2%, 3%, 4% and 5% contributes to a reduction in flow values or workability.

Keywords: Filler; Marshall Test; Rice Husk.

Abstrak

Filler merupakan salah satu bahan campuran pada aspal panas (*asphalt hot mix*) yang harganya relatif mahal, sehingga dibutuhkan inovasi untuk memanfaatkan material lokal yang harganya lebih ekonomis. Oleh karena itu, pada penelitian ini memanfaatkan limbah abu sekam padi dan cangkang telur sebagai filler serta batu pecah lokal sebagai agregat dengan pertimbangan pemanfaatan potensi material lokal serta nilai ekonomis yang lebih murah. Selama ini limbah tersebut kurang dimanfaatkan serta berdampak pada lingkungan. Penelitian dilakukan untuk mengetahui pengaruh penggunaan abu sekam padi dan cangkang telur sebagai filler terhadap nilai karakteristik marshall dengan menggunakan metode Marshall Test untuk mengetahui nilai karakteristik marshall yang dilihat dari nilai stabilitas, flow, VIM, VMA, VFB serta marshall quotient (MQ). Filler yang akan digunakan yaitu 1%, 2%, 3%, 4% dan 5% dari jumlah berat campuran dengan masing – masing penggunaan cangkang telur dan abu sekam padi masing-masing 50% dari berat total kebutuhan filler dengan penggunaan agregat lokal. Dari hasil penelitian didapatkan pada penggunaan Filler serbuk cangkang kulit telur dan abu sekam padi sebanyak 4% dan 5% mampu menghasilkan nilai Stabilitas yang baik memenuhi standart spesifikasi Umum Bina Marga 2018 divisi 6, Sedangkan pada penambahan Filler serbuk cangkang kulit telur dan abu sekam padi sebanyak 1%, 2% dan 3% mengalami sebuah penurunan terhadap nilai stabilitas. Penambahan jumlah Filler serbuk cangkang kulit telur dan abu sekam padi sebesar 2%, 3%, 4% dan 5% mampu menurunkan nilai flow atau kelelahan.

Kata Kunci: Filler; Marshall Test; Sekam Padi.

PENDAHULUAN

Campuran aspal panas atau yang lebih dikenal dengan (*hot mix*) banyak jenisnya, salah satunya yaitu (*asphalt concrete wearing course*) AC-WC. Campuran jenis ini digunakan untuk melapisi permukaan paling atas pada

perkerasan dan mempunyai tekstur yang paling halus dibandingkan dengan jenis laston lainnya sehingga campuran AC-WC paling sering digunakan dalam setiap proyek jalan.

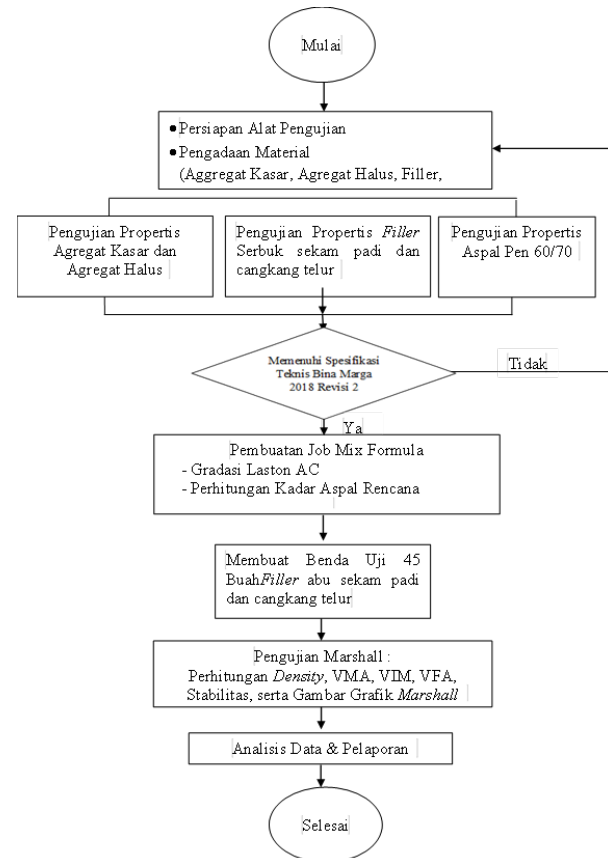
Berdasarkan hal tersebut pentingnya perencanaan jalan raya yang telah banyak diteliti tentang pengembangan dan modifikasi aspal dengan memanfaatkan bahan pengisi (*filler*) dari limbah agar dapat membuat campuran aspal yang ramah terhadap lingkungan. Dalam penelitian ini limbah yang digunakan untuk dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengisi (*filler*) adalah limbah abu sekam padi (*rice husk ash*) dan cangkang telur yang diperoleh dari bekas pembakaran batu bata dan Limbah pembuatan kue basah. Abu sekam padi dari beberapa pengrajin batu bata jumlahnya sangat banyak dan pastinya akan terus bertambah, hal tersebut bila dibiarkan semakin lama tentu akan mengganggu lingkungan. Pemanfaatan limbah pada pernah dilakukan terhadap beton sebagai pengganti sebagian semen dengan hasil nilai kuat tekan beton tidak mempunyai nilai kuat tekan beton lebih dari K 250 (Mulyadi A, dkk, 2021). Penelitian lainnya penggunaan abu sekam pada sebagai pengganti semen pada campuran ACWC dan menghasilkan nilai karakteristik marshall yang baik (Syahputra, N, dkk, 2019). Sedangkan cangkang telur merupakan limbah yang sangat tidak dipakai di toko pembuatan kue basah, jumlahnya sangat banyak dan pastinya akan terus bertambah, hal tersebut bila dibiarkan semakin lama tentu akan mengganggu lingkungan dan menjadi polusi untuk lingkungan. penelitian sebelumnya tentang penggunaan cangkang telur sebagai pengganti agregat halus pada campuran HRS-WC yang menghasilkan penurunan nilai karakteristik dan sarankan untuk penelitian lanjutan. Pemanfaatan cangkang telur juga pernah dilakukan pada campuran beton ramah lingkungan didapatkan hasil variasi 2,5% terhadap berat semen.

Pada campuran AC (*Asphalt Concrete*) dalam perkerasan jalan tentunya membutuhkan kekuatan dengan bahan pengisi (*filler*) untuk mendukung kekuatan pada perkerasan jalan. Masalah ketersediaan bahan dan masalah biaya merupakan salah satu alternatif untuk mendapatkan bahan yang lebih baik. Abu sekam padi dan cangkang telur merupakan salah satu bahan yang mudah ditemukan dan banyak dijumpai. Namun abu sekam padi dan cangkang telur sampai saat ini belum dimanfaatkan dengan maksimal, sehingga bernilai guna rendah.

4. Oleh karena itu jika dilihat dari masalah biaya dan masalah ketersediaan bahan, sebagai alternatif pengganti filler pada campuran aspal beton digunakan abu sekam padi (*rice husk ash*) dan cangkang telur, dikarenakan mudah didapat dari segi ketersediaan bahan maupun biaya. Berdasarkan hal tersebut pada penelitian ini akan dilakukan penelitian tentang pengaruh pemanfaatan limbah abu sekam dan cangkang telur padi sebagai pengganti bahan pengisi (*filler*) pada campuran AC-WC dengan meninjau karakteristik marshall.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian laboratorium untuk merencanakan campuran aspal panas. Tahapan penelitian yang akan dilaksanakan dijelaskan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian
Sumber: Data Primer

Detail kegiatan penelitian yang dilakukan sebagai berikut:

1. Pengujian Agregat

Pengujian agregat dilakukan untuk mengetahui kesesuaian terhadap spesifikasi yang digunakan yaitu Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 (Revisi 2) Devisi 6 perkerasan aspal. Pengujian material dilakukan pada material agregat kasar dan agregat halus, filler dan aspal pen. 60/70.

2. Menentukan Kadar Aspal Rencana Campuran

Penentuan kadar aspal rencana dilakukan pada setiap persentase filler terhadap benda uji, penentuan ini dilakukan untuk mengetahui kadar aspal pada setiap benda uji sesuai persentase penggunaan filler.

3. Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji dilakukan dilaboratorium dengan jumlah benda uji yang akan dibuat sebanyak 45 buah benda uji dengan rincian masing-masing jenis filler membuat 9 buah benda uji dengan penggunaan aspal yang berbeda.

Pengujian Marshall

Pengujian marshall dilakukan untuk mengetahui nilai karakteristik marshall yaitu *Density*, *Void in Mineral Agregat*, *Void in the Mix*, *Void Filled With Asphalt*, *Stability*, *Flow* dan *Marshall Quotien* sehingga didapatkan kadar aspal optimum (KAO) untuk masing – masing variasi filler serbuk batu putih madura di dalam campuran *asphalt concrete wearing course (ACWC)*.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Material Agregat

Pengujian material pada penelitian ini meliputi penelitian analisa saringan, berat jenis dan nilai abrasi. Hasil pengujian analisa saringan dan abrasi terdapat pada Tabel 1 dan hasil pengujian berat jenis terdapat pada Tabel 2.

Tabel 1. Hasil Pengujian Analisa Saringan dan Abrasi Agregat

No	Jenis Pengujia	Hasil	Spesifikasi	Keterangan
1	Abrasi 500 Putaran	26,85%	Mak 40%	Memenuhi
2	Gradasi (10 - 15 mm)	0%	Lolos Saringan 200 Mak 2%	Memenuhi
3	Gradasi (5 – 10 mm)	0%	Lolos Saringan 200 Mak 2%	Memenuhi
4	Gradasi (0 – 5mm)	99,12%	Lolos Saringan 4 Min 80%	Memenuhi

Sumber: Data Primer

Dari hasil perhitungan pada Tabel 1. didapat nilai keausan atau abrasi sebesar 26,85 %, maka nilai keausan memenuhi syarat spesifikasi Umum Bina Marga 2018 divisi 6 dimana nilai maksimal uji keausan atau abrasi sebesar 40%. Selain itu berdasarkan hasil yang terdapat pada Tabel 1, hasil uji analisa saringan pada agregat ukuran (10 – 15) mm bahan lolos saringan No. 200 sebesar 0%, maka dapat disimpulkan agregat ini memenuhi persyaratan untuk digunakan pada campuran aspal panas, maksimal lolos saringan No. 200 sebesar 1%. Hasil ini menunjukkan bahwa rata-rata material Pamekasan memenuhi spesifikasi untuk dijadikan material utama pada campuran aspal yang didukung oleh penelitian sebelumnya untuk agregat memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 Divisi 6 (Asmaroni, D, dkk, 2023). Sedangkan hasil uji analisa saringan pada agregat ukuran (05 – 10) mm (Tabel 1) bahan lolos saringan No. 200 sebesar 0%, maka dapat disimpulkan agregat ini memenuhi persyaratan untuk digunakan pada campuran aspal panas, maksimal lolos saringan No. 200 sebesar 1%. Penelitian lainnya menunjukkan bahwa penggunaan material pamekasan mempunyai hasil uji analisa saringan yang sesuai spesifikasi Bina Marga 2018 revisi 2 (Irwanto, TJ, dkk, 2023). Hasil uji analisa saringan pada agregat ukuran (00 – 05) mm (Tabel 1) bahan lolos ayakan No. 4 didapat sebesar 99.12 % dan lolos ayakan No. 200 sebesar 8.07 % dapat disimpulkan bahwa agregat ini memenuhi persyaratan untuk digunakan pada campuran aspal panas, minimal lolos ayakan No. 4 minimal 50 % dan lolos ayakan No. 200 maksimal 10 %.

Tabel 2. Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat

No	Jenis Pengujian	Ukuran Agregat			Spesifikasi	Keterangan
		10 – 15 mm	05- 10 mm	00- 05 mm		
1	Berat Jenis (oven dry)	2,51	2,51	2,55		Memenuhi
2	Beras Jenis Kering					
2	Permukaan Jemu (saturated surface dry)	2,56	2,54	2,59		Memenuhi
3	Berat jenis Semu (apparent specific gravity)	2,63	2,58	2,66		Memenuhi
4	Penyerapan (absorsi)	1.82	1,12	1,577	Mak 3	Memenuhi

Sumber: Data Primer

Merujuk pada Tabel 2 didapatkan nilai berat jenis dari material ukuran 10-15 mm, 05-10 mm dan 00-05 rata-rata sebesar 2.5 dan nilai penyerapan dibawah batas maksimal yaitu sebesar 3%. Hasil yang sama didapatkan pada penggunaan material lokal pamekasan yang dilakukan oleh Setiawan, A dkk (2023) dengan hasil berat jenis dan penyerapan memenuhi syarat yang ditentukan berdasarkan Spesifikasi Teknis Bina Marga 2018.

Hasil Pengujian Cangkang Kulit Telur dan Abu Sekam Padi

Pengujian cangkang kulit telur dan abu sekam padi sebagai bahan pengisi dilakukan terhadap pengujian berat jenis dan analisa saringan. Pengujian merujuk terhadap spesifikasi teknis Bina Marga Divisi 6 2018 Revisi 2 dengan hasil pengujian terdapat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Bahan Pengisi (Filler)

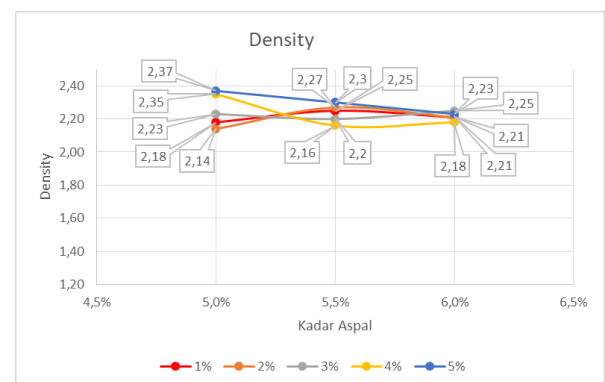
No	Jenis Pengujia	Hasil	Spesifikasi	Keterangan
1	Analisa Saringan	79,73%	minimal 75%	Memenuhi
2	Berat Jenis	2,261		Memenuhi

Sumber: Data Primer

Pengujian analisa saringan hasil lolos saringan No. 200 rata-rata 79,73% yang terdapat pada Tabel 3 Bahan lolos saringan No. 200 Minimal 75% terhadap berat total berdasarkan Spesifikasi Teknis Bina Marga 2018. Sedangkan hasil uji berat jenis didapatkan rata-rata 2,26 dengan pengujian dilakukan sebanyak 2 kali.

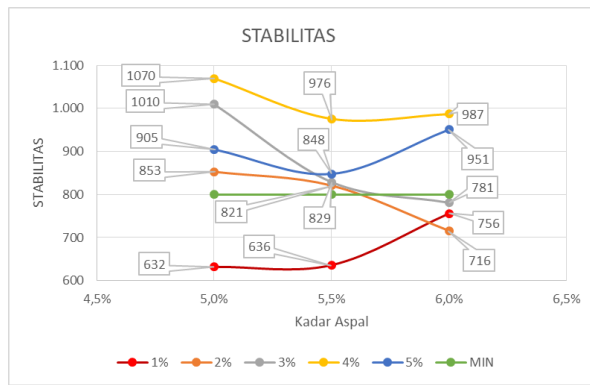
Hasil Pengujian Benda Uji ACWC

Hasil pengujian marshall terdapat pada Gambar 2 sampai dengan Gambar 8 hasil pengujian sampel untuk benda uji filler abu sekam padi dan cangkang telur.



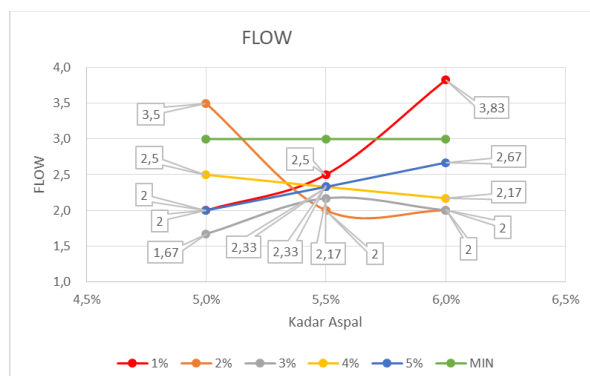
Gambar 2. Kurva Hubungan Kadar Aspal Dengan Density

Dari Gambar 2 didapat nilai density masing-masing untuk Filler 1% kadar aspal 5% sebesar 18, kadar aspal 5.5% sebesar 25, dan kadar aspal 6% sebesar 21. Filler 2% kadar aspal 5% sebesar 2,14, kadar aspal 5.5% sebesar 27, dan kadar aspal 6% sebesar 21. Filler 3% kadar aspal 5% sebesar 25, kadar aspal 5.5% sebesar 2, dan kadar aspal 6% sebesar 25. Filler 4% kadar aspal 5% sebesar 2,35, kadar aspal 5.5% sebesar 16, dan kadar aspal 6% sebesar 18. Dan Filler 5% kadar aspal 5% sebesar 2,37, kadar aspal 5.5% sebesar 2,3, dan kadar aspal 6% sebesar 2,23.



Gambar 3. Kurva Hubungan Kadar Aspal Dengan Stabilitas

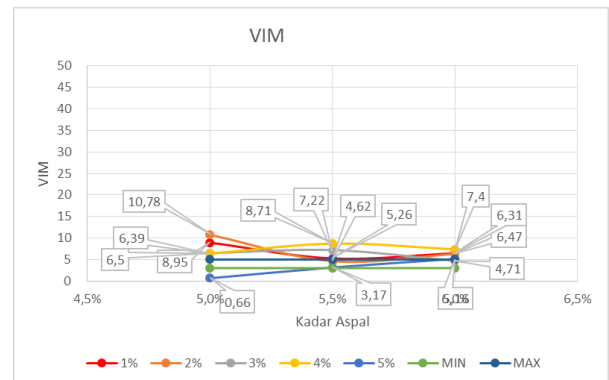
Dari Gambar 3 didapat nilai stabilitas masing-masing untuk Filler 1% kadar aspal 5% sebesar 632 kg (tidak memenuhi), kadar aspal 5.5% sebesar 636 kg (tidak memenuhi), dan kadar aspal 6% sebesar 756 kg (tidak memenuhi). Filler 2% kadar aspal 5% sebesar 853 kg (memenuhi), kadar aspal 5.5% sebesar 821 kg (memenuhi), dan kadar aspal 6% sebesar 716 kg (tidak memenuhi).). Filler 3% kadar aspal 5% sebesar 1010 kg (memenuhi), kadar aspal 5.5% sebesar 829 kg (memenuhi), dan kadar aspal 6% sebesar 781 kg (tidak memenuhi).). Filler 4% kadar aspal 5% sebesar 1070 kg (memenuhi), kadar aspal 5.5% sebesar 976 kg (memenuhi), dan kadar aspal 6% sebesar 987 kg (memenuhi).). Dan Filler 5% kadar aspal 5% sebesar 905 kg (memenuhi), kadar aspal 5.5% sebesar 848 kg (memenuhi), dan kadar aspal 6% sebesar 951 kg (memenuhi).



Gambar 4. Kurva Hubungan Kadar Aspal Dengan Flow

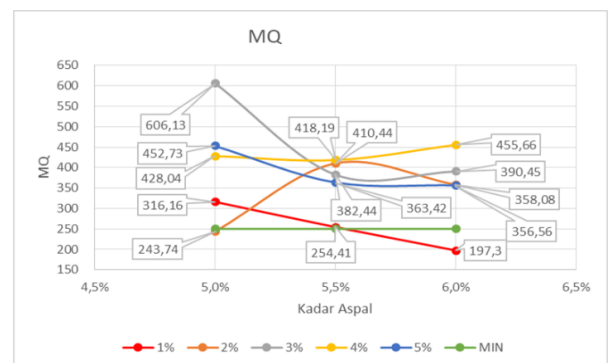
Dari Gambar 4 didapat nilai flow (kelelahan) masing-masing untuk Filler 1% kadar aspal 5% sebesar 2 mm (tidak memenuhi), kadar aspal 5.5% sebesar 2,5 mm (tidak memenuhi), dan kadar aspal 6% sebesar 3,83mm (memenuhi). Filler 2% kadar aspal 5% sebesar 3,5 mm (memenuhi), kadar aspal 5.5% sebesar 2 mm (tidak memenuhi), dan kadar aspal 6% sebesar 2 mm (tidak memenuhi). Filler 3% kadar aspal 5% sebesar 1,67 mm (tidak memenuhi), kadar aspal 5.5% sebesar 2,17 mm (tidak memenuhi), dan kadar aspal 6% sebesar 2 mm (tidak memenuhi). Filler 4% kadar aspal 5% sebesar 2,5 mm (tidak memenuhi), kadar aspal 5.5% sebesar 2,33 mm (tidak memenuhi), dan kadar aspal 6% sebesar 2,17mm (tidak memenuhi). Dan Filler 5% kadar aspal 5% sebesar 2 mm (tidak memenuhi), kadar aspal 5.5% sebesar 2,33 mm (tidak

memenuhi), dan kadar aspal 6% sebesar 2,67 mm (tidak memenuhi).



Gambar 5. Kurva Hubungan Kadar Aspal Dengan VIM

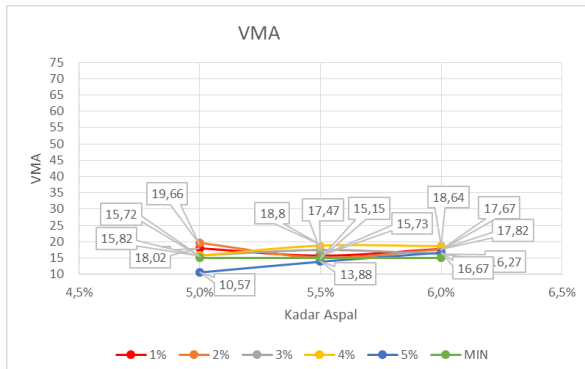
Dari Gambar 5 didapat nilai VIM masing-masing untuk Filler 1% kadar aspal 5% sebesar 8,95% (tidak memenuhi), kadar aspal 5.5% sebesar 5,26% (tidak memenuhi), dan kadar aspal 6% sebesar 6,47% (tidak memenuhi). Filler 2% kadar aspal 5% sebesar 10,78% (tidak memenuhi), kadar aspal 5.5% sebesar 4,62% (memenuhi), dan kadar aspal 6% sebesar 6,31% (tidak memenuhi). Filler 3% kadar aspal 5% sebesar 6,5% (tidak memenuhi), kadar aspal 5.5% sebesar 7,22% (tidak memenuhi), dan kadar aspal 6% sebesar 4,71% (memenuhi). Filler 4% kadar aspal 5% sebesar 6,39% (tidak memenuhi), kadar aspal 5.5% sebesar 8,71% (tidak memenuhi), dan kadar aspal 6% sebesar 7,4% (tidak memenuhi). Dan Filler 5% kadar aspal 5% sebesar 0,66% (tidak memenuhi), kadar aspal 5.5% sebesar 3,17% (memenuhi), dan kadar aspal 6% sebesar 5,16% (tidak memenuhi).



Gambar 6. Kurva Hubungan Kadar Aspal Dengan MQ

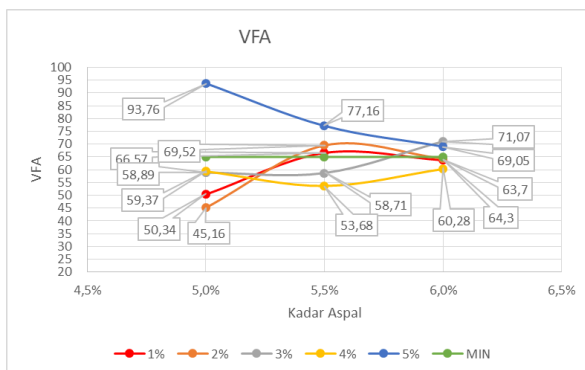
Dari Gambar 6 didapat nilai MQ masing-masing untuk Filler 1% kadar aspal 5% sebesar 316,16 kg/mm (memenuhi), kadar aspal 5.5% sebesar 254,41 kg/mm (memenuhi), dan kadar aspal 6% sebesar 197,3 kg/mm (tidak memenuhi). Filler 2% kadar aspal 5% sebesar 243,74 kg/mm (tidak memenuhi), kadar aspal 5.5% sebesar 410,44 kg/mm (memenuhi), dan kadar aspal 6% sebesar 358 kg/mm (memenuhi). Filler 3% kadar aspal 5% sebesar 606,13 kg/mm (memenuhi), kadar aspal 5.5% sebesar 382,44 kg/mm (memenuhi), dan kadar aspal 6% sebesar 390,45 kg/mm (memenuhi). Filler 4% kadar aspal 5% sebesar 428,04 kg/mm (memenuhi), kadar aspal 5.5%

sebesar 418,19 kg/mm (memenuhi), dan kadar aspal 6% sebesar 455,66 kg/mm (memenuhi). Dan Filler 5% kadar aspal 5% sebesar 452,73 kg/mm (memenuhi), kadar aspal 5.5% sebesar 363,42 kg/mm (memenuhi), dan kadar aspal 6% sebesar 356,56 kg/mm (memenuhi).



Gambar 7. Kurva Hubungan Kadar Aspal Dengan VMA

Dari Gambar 7 didapat nilai VMA masing-masing untuk Filler 1% kadar aspal 5% sebesar 18,02% (memenuhi), kadar aspal 5.5% sebesar 15,73% (memenuhi), dan kadar aspal 6% sebesar 17,82% (memenuhi). Filler 2% kadar aspal 5% sebesar 19,66% (memenuhi), kadar aspal 5.5% sebesar 15,15% (memenuhi), dan kadar aspal 6% sebesar 17,67% (memenuhi). Filler 3% kadar aspal 5% sebesar 15,82% (memenuhi), kadar aspal 5.5% sebesar 17,47% (memenuhi), dan kadar aspal 6% sebesar 16,27% (memenuhi). Filler 4% kadar aspal 5% sebesar 15,72% (memenuhi), kadar aspal 5.5% sebesar 18,8% (memenuhi), dan kadar aspal 6% sebesar 18,64% (memenuhi). Dan Filler 5% kadar aspal 5% sebesar 10,57% (tidak memenuhi), kadar aspal 5.5% sebesar 13,88% (tidak memenuhi), dan kadar aspal 6% sebesar 16,67% (memenuhi).



Gambar 8 Kurva Hubungan Kadar Aspal Dengan VFA

Dari gambar 8 didapat nilai VFA masing-masing untuk Filler 1% kadar aspal 5% sebesar 50,34% (tidak memenuhi), kadar aspal 5.5% sebesar 66,57% (memenuhi), dan kadar aspal 6% sebesar 63,7% (tidak memenuhi). Filler 2% kadar aspal 5% sebesar 45,16% (tidak memenuhi), kadar aspal 5.5% sebesar 69,52% (memenuhi), dan kadar aspal 6% sebesar 64,3% (tidak memenuhi). Filler 3% kadar aspal 5% sebesar 58,89% (tidak memenuhi), kadar aspal 5.5% sebesar 58,71% (tidak memenuhi), dan kadar aspal 6% sebesar 53,68% (tidak memenuhi). Filler 4% kadar aspal 5% sebesar 59,37% (tidak memenuhi), kadar aspal 5.5% sebesar 69,52% (memenuhi), dan kadar aspal 6% sebesar 60,28% (tidak memenuhi). Filler 5% kadar aspal 5% sebesar 93,76% (memenuhi), kadar aspal 5.5% sebesar 77,16% (memenuhi), dan kadar aspal 6% sebesar 71,07% (memenuhi). Filler 4% kadar aspal 5%

sebesar 59,37% (tidak memenuhi), kadar aspal 5.5% sebesar 53,68% (tidak memenuhi), dan kadar aspal 6% sebesar 60,28% (tidak memenuhi). Dan Filler 5% kadar aspal 5% sebesar 93,76% (memenuhi), kadar aspal 5.5% sebesar 77,16% (memenuhi), dan kadar aspal 6% sebesar 69,05% (memenuhi).

KESIMPULAN

Pada penggunaan Filler serbuk cangkang kulit telur dan abu sekam padi sebanyak 4% dan 5% mampu menghasilkan nilai Stabilitas yang baik memenuhi standart spesifikasi Umum Bina Marga 2018 divisi 6, Sedangkan pada penambahan Filler serbuk cangkang kulit telur dan abu sekam padi sebanyak 1%, 2% dan 3% mengalami sebuah penurunan terhadap nilai stabilitas. Penambahan jumlah Filler serbuk cangkang kulit telur dan abu sekam padi sebesar 2%, 3%, 4% dan 5% mampu menurunkan nilai flow atau kelelahan.

SARAN

Dari hasil uji pada penelitian ini maka disarankan Penelitian lanjutan penggunaan Filler serbuk cangkang kulit telur dan abu sekam padi dengan penambahan zat adiktif serta penggunaan aspal modifikasi untuk meningkatkan nilai karakteristik marshall.

DAFTAR PUSTAKA

- Dedy asmaroni, Ahmad Fatoni, & Alfita Yusriyah. (2023). "Pengaruh Penggunaan Aspal Plastik Recycle dan Aspal Pen 60/70 Pada Campuran Aspal Panas AC-WC (Asphalt Concrete Wearing Course) Menggunakan Agregat Lokal Madura Terhadap Karakteristik Marshall". Ge-STRAM: Jurnal Perencanaan Dan Rekayasa Sipil, 6(2), 66-71.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2020). Spesifikasi Umum 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2). Jakarta Selatan : Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Mulyadi A, Yunanda HM, Suanto P, Yulius, (2021). "Analisis Pemanfaatan Limbah Abu Sekam Padi Sebagai Pengisi Dalam Campuran Mutu Beton K.250". Jurnal Teknik Sipil UNPAL. 2021:50-59.
- Setiawan, A., Zabadi, F., & Maulana, R. (2023). "Industrial Waste As Filler And Pamekasan Aggregate In The Mixture Asphalt Concrete - Wearing Course In Terms Of Marshall Characteristics". Journal Of Civil Engineering And Planning (JCEP), 4(2), 237-246.
- Syahputra N, Malik A, Sebayang M. (2019). "Penggunaan Abu Sekam Padi Sebagai Bahan Pengisi (Filler) Dalam Campuran Aspal Jenis AC-WC Dengan Pengujian Marshall". Jom FTEKNIK. 2019; 1-12.
- Taurina Jemmy Irwanto, Suryani, N. L., & Renaldi, S. (2023). "Perbandingan Karakteristik Marshall Aspal Karet (Natural Rubber Modified Asphalt) Dan Aspal Penetrasi 60/70 Pada Campuran Asphalt Concrete - Wearing Course (AC-WC) Menggunakan Agregat Lokal Madura". Ge-STRAM: Jurnal Perencanaan Dan Rekayasa Sipil, 6(1), 33-38.