

Karakteristik Campuran Aspal Ac-Wc Menggunakan Filler Spent Bleaching Earth Sebagai Filler Pengganti Abu Batu

Lizar¹, Juli Ardita Pribadi², Wawan Kurniawan³

Dosen Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bengkalis, Bengkalis ^{1,2}

Mahasiswa Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bengkalis, Bengkalis ³

E-mail: Lizar@polbeng.ac.id ¹ juliardita@polbeng.ac.id ² kwawan257@gmail.com ³

Abstrak

Perkerasan jalan di Indonesia umumnya menggunakan perkerasan lentur yang bahan utamanya aspal. Untuk meningkatkan ketahanan campuran aspal salah satunya yaitu menggunakan agregat yang disubstitusikan dengan spent bleaching earth (SBE). Mengganti filler dengan SBE kedalam campuran aspal diprediksi dapat meningkatkan keawetan SBE merupakan limbah padat dari hasil penyulingan minyak nabati limbah ini termasuk kedalam limbah B2 dengan adanya penelitian ini bisa mengurangi keberadaan limbah SBE. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh karakteristik Marshall pada campuran aspal AC-WC mengganti filler dengan SBE pada pengujian tahap pertama didapatkan Kadar Aspal Optimum yaitu 5% selanjutnya dilakukan penggantian filler dengan SBE sebesar 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dan didapatkan hasil memenuhi spesifikasi yaitu pada kadar SBE 25%, dengan penelitian ini limbah jenis B2 ini bisa dimanfaatkan sebagai pengganti filler pada variasi 25%.

Kata kunci: AC-WC, Marshall, SBE

Abstract

Indonesia's road crackdown commonly USES a flexible crackdown that a main ingredient on asphalt. One of the tools used in substituting aggregates with spent bleaching earth (SBE) replacing the filler SBE into the mix of asphalt is predicted to enhance resilience SBE is a solid waste produced by the plants's biofuel refinery, which included the existence of B2 on this study aims to find out how much Marshall's characteristics affect the AC-WC asphalt replace the filler with SBE on at the first stage of testing got an optimum asphalt level next filler replacement will be done with SBE as big 0%, 25%, 50%, 75%, 100% and the result met the specifications at SBE level 25%, with this research this waste of B2 could be used replace the filler in variations 25%.

Keywords: AC-WC, Marshall, Marshall, SBE

1. PENDAHULUAN

Spent bleaching earth (SBE) adalah limbah padat yang dihasilkan dari proses penyulingan minyak dari industri (Sri Krisyanti, 2011). Limbah tersebut berdasarkan PP No.85

tahun 1999 merupakan termasuk limbah B2(Bahan Berbahaya). Menurut PP 74/2001, Bahan berbahaya yang selanjutnya disingkat B2 adalah bahan karena sifat dan atau konsentrasinya dan atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat mencemarkan dan atau merusak lingkungan hidup, dan atau dapat membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, kelangsungan hidup manusia serta makhluk hidup lainnya (Damanhuri, 2020). Campuran aspal merupakan salah satu jenis perkerasan jalan, jenis perkerasan ini dipilih karena hasil akhirnya yang baik dan nyaman oleh sebab itu penulis akan melakukan pengujian penggunaan *spent bleaching earth* sebagai bahan pengganti filler campuran aspal dengan metode marshall Pemanfaatan limbah *spent bleaching earth* sebagai bahan pengganti filler dalam campuran aspal dimaksudkan untuk mengurangi keberadaan limbah tersebut sehingga tidak akan menyebabkan dampak yang negatif namun dapat memberikan dampak yang positif bagi masyarakat dan lingkungan.

2. DASAR TEORI

Penelitian sebelumnya berjudul Analisis Pengaruh Penggantian Filler Abu Sawit Fly Ash dan Bottom Ash Terhadap Karakteristik Perkerasan Lentur AC-WC, 2020 Oleh Fadlan Hawari dan Lizar, pada analisis tersebut didapatkan hasil bahwa bahan pengganti filler lebih baik dibandingkan bottom ash berdasarkan karakteristik marshall. Karakteristik campuran aspal panas agregat aspal dapat diukur dengan sifat-sifat marshall yang ditunjukkan pada nilai-nilai sebagai berikut:

A. Kerapatan (density)

Density merupakan tingkat kerapatan campuran setelah dipadatkan. Semakin tinggi nilai density suatu campuran menunjukkan bahwa kerapatannya semakin baik nilai density dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti gradasi campuran, jenis dan kualitas bahan penyusun, faktor pemadatan yang baik jumlah pemadatan maupun temperatur pemadatan, penggunaan kadar aspal dan bahan pengganti filler (*spent bleaching earth*) dalam campuran. Campuran dengan nilai density yang tinggi akan mampu menahan beban yang lebih besar dibandingkan dengan campuran yang memiliki density yang rendah.

B. Stabilitas

Stabilitas merupakan kemampuan lapis keras untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang bekerja di atasnya tanpa mengalami perubahan bentuk tetap seperti gelombang dan alur. Nilai stabilitas dipengaruhi oleh bentuk, kualitas, tekstur permukaan dan gradasi agregat yaitu gesekan antar butiran agregat dan penguncian antar agregat, daya lekat dan kadar aspal dalam campuran. Penggunaan aspal dalam campuran akan menentukan nilai stabilitas campuran tersebut. Seiring dengan penambahan aspal, nilai stabilitas campuran aspal akan meningkat hingga batas maksimum. Penambahan aspal diatas batas maksimum justru akan menurunkan stabilitas campuran itu sendiri sehingga lapis perkerasan menjadi kaku dan bersifat getas, nilai stabilitas berpengaruh pada fleksibilitas lapis perkerasan yang dihasilkan.

C. *Void in the Mineral Aggregate (VMA)*

VMA adalah rongga udara antar butir agregat aspal padat, termasuk rongga udara dan kadar aspal efektif yang dinyatakan dalam persen terhadap total volume. Kuantitas rongga udara di pengaruhi terhadap kinerja suatu campuran karena jika VMA terlalu kecil maka campuran

bisa mengalami masalah durabilitas dan jika VMA terlalu besar maka campuran akan memperlihatkan masalah stabilitas dan tidak ekonomis untuk produksi. Nilai VMA dipengaruhi oleh faktor pemadatan, yaitu data dan temperatur pemadatan, gradasi agregat dan kadar aspal. Nilai VMA ini berpengaruh pada sifat kedapcampuran terhadap air dan udara serta sifat elastis campuran. Dapat juga dikatakan bahwa nilai VMA menentukan stabilitas, fleksibilitas dan durabilitas. Nilai VMA diisyaratkan adalah minimum 15%

D. *Void in the Mix (VIM)*

VIM merupakan persentase rongga yang terdapat dalam total campuran. Nilai VIM berpengaruh terhadap keawetan lapis perkerasan, semakin tinggi nilai VIM menunjukkan semakin besar rongga dalam campuran sehingga campuran bersifat porous. Hal ini mengakibatkan campuran menjadi kurang rapat sehingga air dan udara mudah memasuki rongga-rongga dalam campuran yang mengakibatkan aspal mudah teroksidasi sehingga menyebabkan lekatan antar butiran agregat berkurang sehingga terjadi pelepasan butiran dan pengelupasan permukaan pada lapis perkerasan.

Nilai VIM terlalu rendah akan menyebabkan *bleading* karena suhu yang tinggi maka viskositas aspal menurun sesuai sifat termoplastisnya. Pada saat itu apabila lapis perkerasan menerima beban lalu lintas maka aspal akan terdesak keluar permukaan karena tidak cukup rongga bagi aspal untuk melakukan penetrasi dalam lapisan perkerasan. Nilai VIM yang lebih dari ketentuan akan mengakibatkan berkurangnya keawetan lapis perkerasan, karena rongga terlalu besar akan mudah terjadi oksidasi

E. *Void Filled with Asphalt (VFA)*

VFA merupakan persentase rongga terisi aspal pada campuran setelah mengalami proses pemadatan, yaitu jumlah dan temperatur pemadatan, gradasi agregat dan kadar aspal. Nilai VFA berpengaruh pada sifat kedapcampuran terhadap air dan udara serta sifat campuran elastisitas campuran. Dengan kata lain VFA menentukan stabilitas, fleksibilitas dan durabilitas semakin tinggi nilai VFA berarti semakin banyak rongga dalam campuran yang terisi aspal sehingga kedapcampuran terhadap air dan udara juga semakin tinggi, tetapi nilai VFA terlalu tinggi akan mengakibatkan *bleeding*. Nilai VFA yang terlalu kecil akan menyebabkan campuran kurang kedap terhadap air dan udara karena lapisan film aspal akan menjadi tipis dan akan mudah retak bila menerima penambahan beban sehingga campuran aspal mudah teroksidasi yang akhirnya menyebabkan lapis perkerasan tidak akan lama.

F. Kelelahan (flow)

Flow adalah besarnya deformasi vertikal benda uji yang terjadi pada awal pembebanan sehingga durabilitas menurun, yang menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada lapis perkerasan akibat menahan beban yang diterimanya. Deformasi yang terjadi erat kaitannya dengan sifat-sifat Marshall yang lain seperti stabilitas, VIM dan VFA. Nilai flow dipengaruhi oleh kadar dan viskositas aspal, gradasi agregat jumlah dan temperatur pemadatan. Campuran yang memiliki angka kelelahan rendah dengan stabilitas tinggi cenderung menjadi kaku dan getas sedangkan campuran yang memiliki angka kelelahan tinggi dan stabilitas rendah cenderung plastis dan mudah berubah bentuk apabila mendapat beban lalu lintas. Kerapatan campuran yang baik, kadar aspal yang cukup dan stabilitas yang baik akan memberikan pengaruh penurunan nilai flow. Nilai flow yang rendah akan mengakibatkan campuran menjadi kaku sehingga lapis perkerasan menjadi mudah retak, sedangkan campuran dengan nilai flow

tinggi akan menghasilkan lapis perkerasan yang plastis sehingga perkerasan akan mudah mengalami perubahan bentuk seperti gelombang dan alur

G. Hasil Bagi Marshall (MQ)

MQ merupakan hasil bagi antara stabilitas dengan flow. Nilai MQ akan memberikan nilai fleksibilitas campuran. Semakin besar nilai MQ berarti campuran semakin kaku, sebaliknya bila semakin kecil nilainya makanya campuran semakin lentur. Nilai MQ dipengaruhi oleh stabilitas dan flow. Nilai MQ diisyaratkan minimal 250 kg/mm. Nilai MQ dibawah 250 kg/mm mengakibatkan perkerasan mudah mengalami *wasboarding*, *ruting*, dan *bleeding*. Hubungan Antara Kadar Aspal dengan Parameter Marshall

3. METODE PENELITIAN

Material untuk pembuatan campuran aspal terdiri dari agregat, aspal, filler dan *spent bleaching earth* sebagai bahan pengganti *filler*. Agregat yang digunakan yaitu krikil dan pasir yang diambil dari Tanjung Balai Karimun, aspal yang digunakan adalah aspal penetrasi 60/70, sedangkan *spent bleaching earth* diambil dari PT. Dumai Jaya Beton, pengganti *filler* dengan *spent bleaching earth* dengan variasi yaitu 0,%;25%;50%;75%;100%.

3.1 Prosedur Pelaksanaan

Pelaksanaan dari suatu penelitian perlu menentukan langkah-langkah setiap tahapan pekerjaan. Beberapa tahapan pekerjaan sebagai berikut :

1. Mempelajari spesifikasi gradasi agregat campuran yang diinginkan dari Spesifikasi Teknis Departemen Pekerjaan Umum (2018)
2. Merancang proporsi agregat, dimana proporsi agregat tersebut dipilih dari gradasi yang sesuai Spesifikasi Teknis Departemen Pekerjaan Umum (2018), prinsip kerja metode analitis ini adalah dengan menentukan gradasi agregat yang dipilih kemudian menghitung jumlah butiran yang lolos dan tertahan sesuai spesifikasi yang telah ditentukan sehingga didapat komposisi agregat kasar halus dan filler
3. Menghitung Pb atau kadar aspal rencana dengan rumus sebagai berikut
$$Pb = 0,035(\%CA) + 0,045(\%FA) + 0,18(\%Filler) + K \quad (1)$$

dimana,

Pb = Kadar aspal tengah/ideal, persen terhadap berat campuran

CA = Agregat kasar tertahan saringan No.4

FA = Agregat halus lolos saringan No.4 tertahan saringan No.200

Filler = Agregat yang berukuran minimal 75% lolos saringan No.200

K = Nilia Konstanta sekitar 0,5-1,0

4. Menghitung jumlah agregat dan filler sesuai dengan komposisi yang didapat, kemudian menghitung berat aspal yang dibutuhkan sesuai dengan persentase yang didapat
5. Melakukan pengujian marshall untuk mendapatkan nilai kadar aspal optimum(KAO)
6. Rancangan berat aspal yang didapat kemudian disubtitusikan *spent bleaching earth* sebagai variasi bahan pengganti filler

7. Rancangan variasi *spent bleaching earth* (SBE) pada campuran aspal AC-WC ada 5 jenis yaitu: variasi 0%;25%;50%;75%;100%;
8. Setiap variasi aspal yang diperoleh dari rumus Pb, dibuat masing-masing 3 benda uji gradasi yang dipakai dapat dilihat pada tabel 1

Tabel 1. Spesifikasi Agregat Lapisan Aspal Beton AC-WC

Ukuran Ayakan		Laston(AC-WC)
ASTM	(mm)	
1 1/2"	37,5	-
1"	25	-
3/4"	19	100
1/2"	12.5	90-100
3/8"	9.5	77-90
No.4	4.75	53-69
No.8	2.36	33-53
No.16	1.18	21-40
No.30	0.600	14-30
No.50	0.300	9-22
No.100	0.150	6-15
No.200	0.075	4-9

Sumber: Spesifikasi Bina Marga, (2018)

3.1.1 Pembuatan Benda Uji

Adapun beberapa tahapan pekerjaan membuat benda uji tahap 1 yaitu sebagai berikut: Oven agregat dengan suhu 110°C, lalu timbang agregat sesuai dengan perencanaan campuran, aspal dipanaskan sampai mencapai suhu pencampuran, aspal yang telah cukup panas lalu timbang kadar aspal sesuai dengan *mix desain*, kemudian aspal dimasukkan ke dalam wajan dan aduk campuran sampai merata. Setelah campuran merata pindahkan kedalam mould yang sudah dilapisi kertas dan ditusuk-tusuk agar padat. Letakkan benda uji diatas alat pemadat (*hummer*) untuk dilakukan pemadatan 75 kali tumbukan untuk lalu lintas berat, 50 kali untuk lalu lintas sedang, 35 kali untuk lalu lintas ringan tumbukan dilakukan atas dan bawah. Setelah itu benda uji dikeluarkan dan direndam selama 1 hari. Setelah direndam maka benda uji tersebut ditimbang dan direndam kedalam *water bath*. kemudian dilakukan pengujian *marshall* dengan alat *marshall test*. Untuk mendapatkan kadar aspal optimum yaitu dengan cara seluruh benda uji tahap pertama dilakukan pengujian marshall yaitu sebanyak 15 benda uji. Dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Jumlah Benda Uji Tahap Pertama

Kadar Aspal Rencana (%)	Jumlah Benda Uji
4,5	3
5	3
5,5	3
6	3
6,5	3
TOTAL JUMLAH BENDA UJI	15

Setelah diperoleh persen kadar aspal optimum (KAO), Selanjutnya dibuat benda uji tahap kedua untuk pengujian menggunakan persen kadar aspal optimum (KAO) yaitu 5%, dengan variasi substitusi *spent bleaching earth* 0%;25%;50%;75% dan 100%, prosedurnya sama dengan tahap pertama hanya saja pada tahap kedua ini filler diganti dengan *spent bleaching earth* dengan persentase yang telah ditentukan

Tabel 3. Jumlah Benda Uji Tahap Kedua

Kadar Spent Bleaching Earth (%)	Jumlah Benda Uji
0	3
25	3
50	3
75	3
100	3
TOTAL JUMLAH BENDA UJI	15

Sumber : Lizar, dkk (2021)

3.1.2 Pengolahan Data

Pengolahan data yang dimaksud untuk mendapatkan hasil evaluasi nilai yang telah didapatkan dari pengujian parameter *marshall*. Data yang diperoleh kemudian dibuat dalam bentuk tabel atau grafik. Grafik yang digambarkan menggunakan grafik line gabungan dan grafik korelasi.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini berupa data evaluasi sifat-sifat karakteristik *marshall* pada campuran aspal AC-WC mengganti *filler* dengan *spent bleaching earth* (SBE). Penelitian ini menggunakan variasi *spent bleaching earth* yaitu 0%;25%;50%;75%;100% dengan campuran aspal pen 60/70.

4.1 Hasil Pengujian Marshall

Nilai KAO didapat dengan pembuatan benda uji sebanyak 15 benda uji dan dilakukan pengujian *marshall*. Hasil pengujian ini untuk mengetahui nilai karakteristik *marshall* yaitu VMA, VIM, VFB, stabilitas, *flow* dan *marshall quotien*. Hasil rekapitulasi perhitungan nilai KAO yang diperoleh pada variasi 5% dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Rekap Hasil Pengujian Marshall Tahap 1

Karakteristik	Kadar Aspal (%)					Spesifikasi
	4,5	5	5,5	6	6,5	
Stabilitas	1235,08	2437,77	2065,93	1696,08	2270,83	Min 800kg
Flow	2,80	2,60	3,20	5,50	4,20	2-4 mm
VIM	5,33	3,24	2,63	2,00	1,40	3-5%
VMA	16,13	15,18	15,60	12,42	12,92	Min 15%
VFB	67,24	79,10	83,12	83,94	89,24	Min 65%
MQ	459,46	1030,43	661,20	306,84	536,03	Min 250 kg/mm

Sumber : Lizar, dkk (2021)

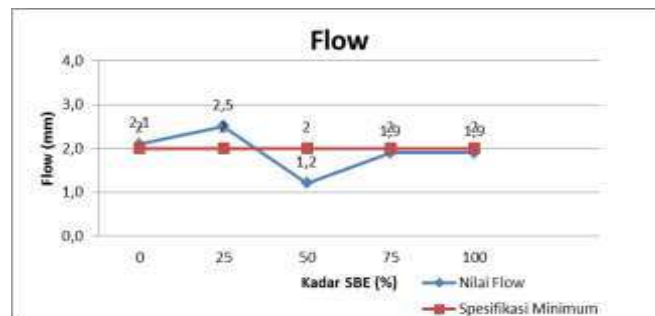
Hasil KAO yang didapat nilai rata-rata pengujian marshall yang memenuhi syarat spesifikasi yaitu 5%

Tabel 5. Rekap Hasil Pengujian Marshall Tahap II Dengan Penambahan SBE

Karakteristik	Kadar SBE (%)					Spesifikasi
	0	25	50	75	100	
Stabilitas	2119,51	2567,28	2472,11	2482,76	2589,43	Min 800kg
Flow	2,10	2,50	1,20	1,90	1,90	2-4 mm
VIM	4,88	4,90	4,07	9,45	9,91	3-5%
VMA	16,62	16,64	15,91	17,22	17,65	Min 15%
VFB	71,31	70,80	75,94	45,16	44,46	Min 65%
MQ	1383,13	1042,45	2119,88	1359,94	1508,81	Min 250 kg/mm

Sumber : Lizar, dkk (2021)

1. Flow

**Gambar 1.** Grafik Nilai Flow

Nilai *flow* terlihat bahwa untuk tiap variasi persentase SBE (*spent bleaching earth*) pada campuran aspal penetrasi 60/70 yang memenuhi spesifikasi Bina Marga (2018) Revisi 1 devisi 6 yaitu 2-4 mm dari tabel dapat dilihat bahwa nilai *flow* yang tinggi dihasilkan oleh variasi kadar SBE 25% sebesar 2,50 dan memenuhi spesifikasi, sedangkan untuk variasi 50%, 75% dan 100% nilai *flow* nya dibawah spesifikasi segingga mengakibatkan benda uji menjadi terlalu lentur

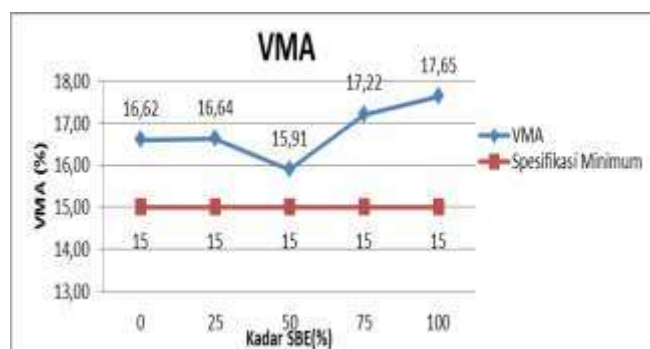
2. VIM



Gambar 2. Grafik Nilai VIM

Nilai rongga pada campuran AC-WC mengganti filler dengan SBE memenuhi spesifikasi yang diisyaratkan yaitu sebesar 3-5%. Pada variasi 25% dan 50% yang dihasilkan yaitu 4,90% dan 4,07% memenuhi spesifikasi sedangkan pada variasi 75% dan 100% nilai VIM semakin tinggi. Dengan banyaknya persentase SBE pada campuran aspal, hal ini mengakibatkan semakin besar rongga dalam campuran yang mengakibatkan campuran menjadi kurang rapat sehingga air dan udara mudah memasuki rongga-rongga dalam campuran yang menyebabkan aspal mudah teroksidasi. Sebaliknya pada variasi 25% diperoleh sebesar 4,90% sedangkan pada variasi 50% diperoleh sebesar 4,07%. Nilai VIM ini menunjukkan bahwa rongga dalam campuran kecil sehingga kemungkinan terjadinya *bleeding* kecil dikarenakan tidak tersedia ruang yang cukup yang dapat mengakibatkan aspal naik kepermukaan, sebaliknya jika nilai VIM diatas 5% akan menyebabkan campuran kedap air dan udara, sehingga campuran tersebut kurang awet dan mudah retak

3. VMA

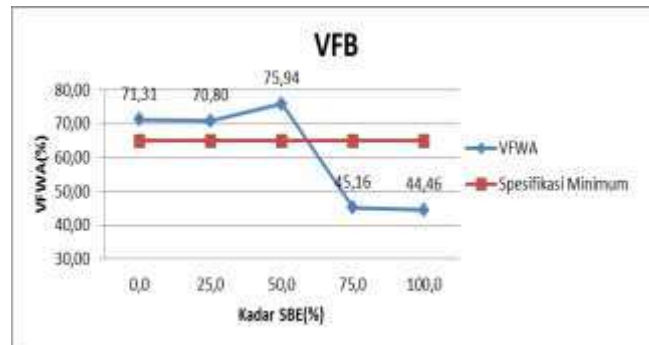


Gambar 3. Grafik Nilai VMA

Nilai rongga diantara mineral agregat dalam campuran beton aspal sangat

mempengaruhi keawetan suatu campuran, semakin tinggi nilai rongga diantara mineral agregat menunjukkan bahwa campuran tersebut kurang padat atau pematatannya kurang sempurna. Pada ke lima variasi ini memenuhi persyaratan semakin tinggi kadar SBE semakin tinggi nilai VMA. Hal ini menunjukkan bahwa campuran aspal dengan SBE dapat mengurangi rongga diantara mineral agregat

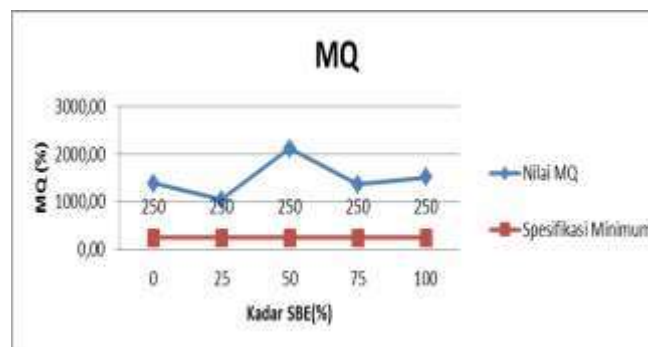
4. VFB



Gambar 4. Grafik Nilai VFB

Nilai VFB pada campuran aspal dengan penambahan SBE pada kadar 25% dan 50% berada pada nilai VFB yang disyaratkan yaitu diatas 65% dapat disimpulkan bahwa nilai persentase SBE 25% dan 50% lebih kedap terhadap air dan udara dikarenakan aspal mampu mengisi rongga dalam campuran dengan baik dan didukung dengan campuran filler yang seimbang

5. MQ



Gambar 5. Grafik Nilai MQ

Nilai MQ untuk kelima variasi lebih besar dari spesifikasi yang disyaratkan, nilai MQ paling tinggi pada variasi 100% yaitu 1508kg/mm, nilai *marshall* ini dipengaruhi oleh stabilitas dan flow

5. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian karakteristik *marshall* dan analisis data dapat disimpulkan bahwa campuran aspal dengan agregat berasal dari Tanjung Balai Karimun dan mengganti filler

dengan *spent bleaching earth* (SBE) dan aspal penetrasi 60/70 didapatkan Kadar Aspal Optimum (KAO) untuk campuran AC-WC yaitu kadar aspal 5%, setelah dilakukan pengujian marshall tahap kedua dengan mengganti filler dengan SBE variasi 0%,25%,50%,75% dan 100% pada pengujian ini didapatkan kadar SBE yang memenuhi spesifikasi berada pada kadar SBE 25%, bisa disimpulkan bahwa SBE ini bisa dimanfaatkan sebagai pengganti filler sebesar 25% dari berat total filler.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Bengkalis yang telah memfasilitasi pengujian ini dan terima kasih kepada laboran Lab. Jalan Raya Politeknik Negeri Bengkalis.

DAFTAR PUSTAKA

- Eric, 2016, PT Wilmar Nabati Indonesia Sumbang Limbah B3 Jenis Spent Bleaching Earth dan FLY Ash (Dumai, 19 april)
- Bina Marga 2018. Spesifikasi Teknis Ketentuan Agregat Kasar dan Agregat Halus. Departemen Pekerjaan Umum: Jakarta
- Badan Standarisasi Nasional, 1991, Metode Pengujian Campuran Aspal dengan Alat Marshall (SNI 2489:1991), BSN, Jakarta
- Kurniawan, W. 2018. Laporan Teknologi Bahan 1, hal. 1 – 43
- Veranita, Bambang, T, Fitriani, S., 2020, “Karakteristik Marshall Pada Campuran Aspal dengan Penambahan Kresek”
- Lizar, Ahyudanari, Ervina, Ekaputri, 2017, “Analisa Pengaruh Penggunaan Fly Ash Sebagai Filler Pada Perkerasan Lentur Dengan Menggunakan Gradasi Halus AC-WC”
- Sukirman, Silvia., 1992, Perkerasan Lentur Jalan Raya, Penerbit Nova, Bandung
- Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan Pekerjaan Umum, 2008, Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus, (SNI 1970:2008), BSN, Jakarta
- Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan Pekerjaan Umum, 2008, Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar, (SNI 1969:2008), BSN, Jakarta
- Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan Pekerjaan Umum, 2008, Cara Uji Keausan Agregat dengan Mesin Abrasi *Los angeles*, (SNI 2417:2008), BSN, Jakarta
- Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan Pekerjaan Umum, 1991, Metode Pengujian Penetrasi Bahan-bahan Bitumen, (SNI 2456:1991), BSN, Jakarta
- Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan Pekerjaan Umum, 1991, Metoda Pengujian Titik Lembek Aspal Padat dan Ter, (SNI 2434:1991), BSN, Jakarta
- Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan Pekerjaan Umum, 1991, Metode Pengujian Daktilitas Bahan-bahan Aspal, (SNI 2432:1991), BSN, Jakarta
- Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan Pekerjaan Umum, 1991, Metode Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar dengan Alat *Cleveland Open Cup*, (SNI 2433:1991), BSN, Jakarta
- Marhadi., S, 2016, “Jobsheet Uji Bahan II (Aspal)”, Politeknik Negeri Bengkalis; Bengkalis
