

PENGGUNAAN ABU KULIT KERANG SEBAGAI BAHAN PENGISI (*FILLER*) DALAM CAMPURAN ASPAL JENIS AC-WC DENGAN PENGUJIAN *MARSHALL*

Fandy Agisman¹⁾, Alfian Malik²⁾, Gunawan Wibisono²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

²⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya Jl. HR Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru, Kode Pos 28293

Email : fandy.agisman@student.unri.ac.id

ABSTRACT

In asphalt concrete mixture. Filler has the smallest percentage composition compared to coarse and fine aggregates. Portland cement, lime stone ash and fly ash are commonly used as filler but they are relatively expensive. Therefore, it is composition to find alternative cheap materials. Clam shell ash is one of those materials that can be found relatively cheaper. The aim of this research is to examine the performance of clamshell ash filler in Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) mixture that comply with Bina Marga 2010 revision 3 spesification. The type of asphalt used in this research is Pen 60/70. In the determination of KAO, the approximate variations of optimum asphalt content were 5%, 5.5%, 6%, 6.5% and 7%. Clamshell ash proportion used 0%, 2%, 4%, 6% and 8%.The results of this study showed that the performance of AC-WC mixture using shell ash filler has better stability value than without it. Recommended shell ash filler content for AC-WC mixture that comply with the spesification is 4%.

Keywords: shell ash, General Specification of Bina Marga 2010, filler, Marshall, AC-WC

A. PENDAHULUAN

Bahan yang digunakan pada beton aspal campuran panas terdiri dari agregat kasar, agregat medium, agregat halus, bahan pengisi (*filler*) dengan gradasi tertentu, serta bahan pengikat aspal. Agregat yang umumnya digunakan untuk perkerasan jalan adalah batu pecah dan pasir dengan persentase yang besar. Bahan pengisi (*filler*) dengan ukuran butir lolos saringan nomor 200 memiliki persentase paling kecil dibandingkan dengan agregat kasar dan halus, namun mempunyai pengaruh yang signifikan pada campuran beton aspal.

Filler mengisi rongga udara pada campuran, meningkatkan kerapatan dan kekakuan. *Filler* yang biasa digunakan adalah semen *Portland*, kapur, debu sisa pemecahan batuan (*baghouse dust*) dan abu terbang. Salah satu material limbah yang cukup mudah didapat dan dapat dimanfaatkan adalah kulit kerang. Kulit kerang merupakan limbah dari restoran seafood yang sampai saat ini belum diolah dan dimanfaatkan secara optimal. Untuk restoran dan rumah makan daerah

Pekanbaru, berdasarkan hasil survei 2/3 dari mereka membuang limbah kulit kerang ke tempat sampah, tanpa adanya pengolahan.

Penggunaan limbah abu kulit kerang untuk material beton telah dicoba diteliti (Syafpoetri dkk, 2013; Putra, 2014; Katrina, 2014; Cahyadi, 2016). Menurut Syafpoetri dkk (2013), abu kulit kerang hasil pembakaran suhu 700⁰C menghasilkan kandungan CaO (kalsium oksida) yang tinggi (55,1%). CaO (kapur panas) mempunyai manfaat sebagai bahan perekat dalam campuran semen atau aspal. Penggunaan serbuk kulit kerang pada campuran beton aspal campuran panas menunjukkan nilai stabilitas *Marshall* pada rentang yang masuk dalam spesifikasi (Cahyadi, 2016). Hasil ini menunjukkan bahwa abu kulit kerang berpotensi dan layak untuk digunakan sebagai bahan pengisi.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, maka melihat potensi pemanfaatan limbah kulit kerang sebagai bahan pengisi alternatif yang dapat diterapkan

penggunaannya pada campuran AC-WC khususnya di kota Pekanbaru.

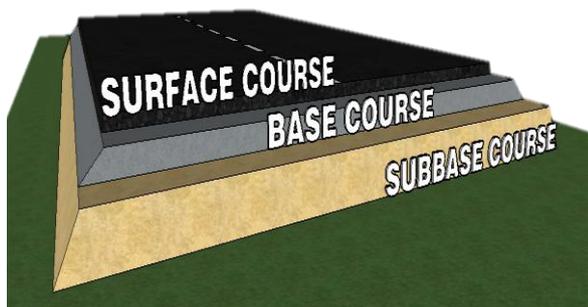
B. TINJAUAN PUSTAKA

B.1 Perkerasan Lentur

Perkerasan jalan merupakan suatu komponen yang sangat penting dalam memenuhi kelancaran pergerakan lalu lintas. Perkerasan jalan adalah konstruksi yang dibangun di atas lapisan tanah dasar yang menopang beban lalu lintas (Hendarsin, 2000). Perkerasan jalan yang umum digunakan saat ini terdiri dari tiga jenis yaitu:

- Perkerasan lentur (*flexible pavement*)
- Perkerasan kaku (*rigid pavement*)
- Perkerasan komposit (*composite pavement*)

Secara umum, perkerasan jalan terdiri dari beberapa lapis seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Lapisan Perkerasan Jalan

- Lapis permukaan (*surface course*)

Lapisan permukaan (*surface course*) merupakan lapisan yang terletak paling atas posisinya dari suatu perkerasan lentur, lapisan ini adalah lapisan yang bersentuhan langsung dengan beban kendaraan atau dengan kata lain lapisan yang pertama kali menerima beban kendaraan.

- Lapis fondasi atas (*base course*)

Lapisan fondasi atas (*base course*) adalah lapisan kedua setelah lapisan permukaan. Lapisan ini berada di bawah lapisan permukaan dan di atas lapisan fondasi bawah. Apabila suatu perkerasan lentur dirancang tanpa memakai lapisan fondasi bawah, maka lapisan fondasi berada di atas tanah dasar. Biasanya lapisan fondasi terdiri dari material berupa agregat seperti batu pecah, sirtu, terak pecah atau kombinasi campuran material tersebut.

- Lapis fondasi bawah (*subbase course*)

Lapisan fondasi bawah (*subbase course*) merupakan lapisan yang bersentuhan dengan tanah dasar, karena letaknya di bawah lapis fondasi atas dan di atas tanah dasar. Lapisan fondasi bawah merupakan lapisan paling tebal dari lapisan lainnya. Namun memiliki material yang kualitasnya lebih rendah (kekuatan, plastisitas, dan gradasi), tetapi masih lebih tinggi dari kualitas material pada tanah dasar. Hal ini agar dengan lapisan fondasi relatif cukup tebal (pendistribusian beban), biaya yang dipakai dalam pembuatan lebih murah. Oleh Karena itu, kualitas lapis fondasi bawah ini sangat bervariasi dengan persyaratan tebal pada perencanaannya terpenuhi. Lapis fondasi bawah dipakai karena kondisi tanah dasar yang buruk kualitas nya, atau material yang digunakan untuk lapisan fondasi atas tidak ada di lokasi proyek. Apabila tanah dasar memiliki persyaratan seperti halnya lapisan fondasi bawah, lapisan fondasi bawah tidak perlu lagi digunakan dalam desain perkerasan lentur.

B.2 Aspal

Aspal adalah material termoplastik yang akan menjadi keras atau lebih kental jika temperatur berkurang dan akan lunak atau lebih cair jika temperatur bertambah. Sifat ini dinamakan kepekaan terhadap perubahan temperatur, yang dipengaruhi oleh komposisi kimiawi aspal walaupun mungkin mempunyai nilai penetrasi atau viskositas yang sama pada temperatur tertentu. Aspal yang mengandung lilin lebih peka terhadap temperatur dibandingkan dengan aspal yang tidak mengandung lilin. Hal ini terlihat pada aspal yang mempunyai viskositas yang sama pada temperatur tinggi tetapi sangat berbeda viskositas pada temperatur rendah. Kepekaan terhadap temperatur akan menjadi dasar perbedaan umur aspal untuk menjadi retak ataupun mengeras. Bersama dengan agregat, aspal merupakan material pembentuk campuran perkerasan jalan (Sukirman, 2007).

Pada temperatur ruang aspal bersifat *thermoplastis*, sehingga aspal akan mencair jika dipanaskan sampai pada temperatur tertentu dan kembali membeku jika temperatur turun. Bersama agregat, aspal

merupakan material pembentuk campuran perkerasan jalan. Banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 4-10% berdasarkan berat campuran, atau 10-15% berdasarkan volume campuran (Sukirman, 2007).

Aspal bersifat viskos atau padat, berwarna hitam atau coklat, mempunyai daya lekat, mengandung bagian utama yaitu hidrokarbon yang dihasilkan dari minyak bumi atau kejadian alami dan terlarut dalam karbondisulfida (Wignall, 2003).

Secara umum aspal dapat diklasifikasikan berdasarkan pembentukannya

- a. Aspal alamiah
- b. Aspal batuan
- c. Aspal minyak bumi

B.3 Asphalt Concrete Wearing Course

Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) adalah lapisan perkerasan yang berhubungan langsung dengan ban kendaraan, merupakan lapisan yang kedap air, tahan terhadap cuaca, dan mempunyai kekesatan yang disyaratkan dengan tebal nominal minimum 4 cm. Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan di bawahnya berupa muatan kendaraan (gaya vertikal), gaya rem (Horizontal) dan pukulan Roda kendaraan (getaran). Karena sifat penyebaran beban, maka beban yang diterima oleh masing-masing lapisan berbeda dan semakin ke bawah semakin besar. Lapisan yang paling atas disebut lapisan permukaan dimana lapisan permukaan ini harus mampu menerima seluruh jenis beban yang bekerja.

B.4 Abu Kulit Kerang (AKK)

Kerang adalah salah satu hewan lunak (*Mollusca*) kelas *Bivalvia* atau *Pelecypoda*. Secara umum bagian tubuh kerang dibagi menjadi lima, yaitu kaki (*foot byssus*), kepala (*head*), bagian alat pencernaan dan reproduksi (*visceral mass*), selaput (*mantle*) dan cangkang (*shell*). Pada bagian kepala terdapat organ-organ syaraf sensorik dan mulut. Warna dan bentuk cangkang sangat bervariasi tergantung pada jenis, habitat dan makanannya. Kerang biasanya simetri bilateral, mempunyai sebuah mantel yang

berupa daun telinga atau cuping dan cangkang setangkup. Mantel dilekatkan ke cangkang oleh sederetan otot yang meninggalkan bekas melengkung yang disebut garis mantel. Fungsi dari permukaan luar mantel adalah mensekresi zat organik cangkang dan menimbun kristal-kristal kalsit atau kapur.

Abu kulit kerang adalah abu yang terbuat dari pembakaran kulit kerang pada suhu tertentu. Cangkang kerang jenis kerang darah memiliki belahan yang sama melekat satu sama lain pada batas cangkang. Rusuk pada kedua belahan cangkangnya sangat menonjol. Cangkang berukuran sedikit lebih panjang dibanding tingginya tonjolan (*umbone*). Setiap belahan cangkang memiliki 19-23 rusuk.

C. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode pengujian laboratorium, yaitu dengan melakukan kegiatan percobaan untuk memperoleh data kemudian dianalisis sesuai dengan syarat dan peraturan yang ada. Dalam menganalisa data, metode yang digunakan yaitu metode deskriptif analitis yang mengidentifikasi masalah berdasarkan fakta dan data yang ada berdasarkan tinjauan pustaka dan data pendukung lainnya.

Penelitian dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Universitas Riau dengan menggunakan pedoman Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 revisi 3 sebagai dasar sistem pencampuran aspal panas AC-WC. Standar pengujian yang digunakan menggunakan metode yang disahkan oleh Bina Marga dan telah menjadi Standar Nasional Indonesia (SNI).

C.1 Alat dan Bahan

1. Alat

Sebelum melakukan pengujian kita harus mempersiapkan alat-alat yang akan digunakan, serta memeriksa kebersihan dan kondisi alat untuk menghindari terjadinya gangguan pada proses pelaksanaan, alat yang digunakan adalah:

- a. Alat uji pemeriksaan agregat
- b. Alat uji pemeriksaan aspal.
- c. *Hydraulic Extruder*
- d. *Alat Marshall*

- e. Cetakan benda uji dengan diameter 10,16 cm dan tinggi 7,62 cm, lengkap dengan pelat alas dan leher sambung.
- f. Mesin penumbuk dengan permukaan rata berbentuk silinder dengan berat 4,54 kg dan tinggi jatuh bebas 45,7 cm.
- g. Oven dengan suhu mencapai 200 °C
- h. *Water batch* atau bak rendaman dengan suhu mulai 10-100 °C
- i. *Metal thermometer* pengukur suhu digital
- j. Timbangan
- k. Perlengkapan lainnya

2. Bahan

- a. Agregat yang berasal dari kuari PT Virajaya Riau Putra, Rimbo Panjang, Kabupaten Kampar,
- b. *Filler* Abu Kulit Kerang yang diperoleh dari limbah restoran seafood yang ada di kota Pekanbaru sekitarnya,
- c. Aspal ESSO Pen 60/70 diperoleh dari Laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Universitas Riau.

C.2 Prosedur Pengujian

Sebelum dilakukan pengujian campuran beraspal, semua bahan yang akan digunakan harus diperiksa karakteristiknya terlebih dahulu, agar sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3.

C.2.1 Pengujian Agregat

a. Agregat halus

Dalam pemeriksaan karakteristik agregat halus ada beberapa pengujian yang harus dilakukan, yaitu:

- 1) Berat jenis dan penyerapan agregat (SNI 1997-2008)
- 2) Jumlah agregat lolos saringan nomor 200 (SNI 03-4142-1996)

b. Agregat kasar

Agregat kasar yang digunakan dalam campuran ini adalah agregat yang lolos saringan 3/4" dan tertahan pada saringan nomor 8 yang terdiri dari batu kerikil pecah. Bentuk pengujian terdiri dari :

- 1) Berat jenis dan penyerapan agregat (SNI 1969-2008)
- 2) Keausan agregat (*Los Angeles*) (SNI 2417-2008)
- 3) Kekekalan agregat

- 4) Kelekatan terhadap aspal (SNI 03-2439-1991)
- 5) Indeks pipih lonjong (RSNI T-01-2005)

C.2.2 Pengujian Aspal Penetrasi 60/70

Sebelum digunakan untuk penelitian, aspal ESSO Pen 60/70 yang berada di Laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Universitas Riau dilakukan pengujian karakteristik, tujuannya yaitu untuk mengevaluasi aspal yang akan digunakan. Pengujiannya antara lain yaitu :

- 1) Berat Jenis Aspal (SNI 06-2441-1991)
- 2) Titik Lembek Aspal (SNI 06-2434-1991)
- 3) Penetrasi Aspal (SNI 06-2456-1991)
- 4) Daktilitas Aspal (SNI 06-2432-1991)
- 5) Viskositas (SNI 06-6441-2000)
- 6) Titik Nyala dan Titik Bakar (SNI 06-2433-1991)
- 7) Kehilangan Berat Aspal (SNI 06-2440-1991)

C.2.3 Pengujian Bahan Pengisi (*filler*)

Filler AKK yang akan digunakan adalah kulit kerang sesudah pembakaran dengan suhu 700°C kemudian dihancurkan dan disaring dengan menggunakan saringan nomor 200, sedangkan untuk pengujian sifat kimia tidak dilakukan dalam penelitian ini, karena mengacu kepada penelitian terdahulu.

C.2.4 Pengujian *Marshall*

Dalam perencanaan pengujian ini menggunakan aspal beton dengan lalu lintas berat sesuai Spesifikasi Bina Marga. Untuk pengujiannya kadar aspal yang direncanakan sebesar 5%, 5,5%, 6%, 6,5% dan 7% sedangkan untuk variasi *filler* dimulai dari 0%, 2%, 4%, 6% dan 8%. Jumlah sampel setiap kadar dan variasi sebanyak 3 buah.

C.3 Desain Campuran

C.3.1 Jumlah sampel yang dibutuhkan

Berdasarkan jumlah benda uji setiap variasi sebanyak 3 buah, maka jumlah benda uji yang dibutuhkan adalah sebanyak 75 buah sampel benda uji untuk menentukan kadar aspal optimum (KAO) dengan uraian pada Tabel 1.

Tabel 1. Jumlah Benda Uji untuk Menentukan KAO

| Proporsi <i>filler</i> | Jumlah sampel kadar aspal (bh) | Variasi kadar aspal (bh) | Jumlah sampel (bh) |
|------------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------|
| 0% AKK | 3 | 5 | 15 |
| 2% AKK | 3 | 5 | 15 |
| 4% AKK | 3 | 5 | 15 |
| 6% AKK | 3 | 5 | 15 |
| 8% AKK | 3 | 5 | 15 |
| Total | | | 75 |

Setelah diperoleh nilai kadar aspal optimum (KAO) untuk masing masing variasi proporsi *filler*, kemudian dibuat benda uji dengan menggunakan kadar aspal optimum dengan pengujian *Marshall* standar sebanyak 3 buah setiap variasinya. Diperoleh sebanyak 15 buah benda uji dengan rincian seperti Tabel 2.

Tabel 2. Jumlah Benda Uji *Marshall* dengan Variasi *Filler* pada KAO

| Proporsi <i>filler</i> | <i>Marshall</i> Standar (bh) | Jumlah sampel (bh) |
|------------------------|------------------------------|--------------------|
| 0% AKK | 3 | 3 |
| 2% AKK | 3 | 3 |
| 4% AKK | 3 | 3 |
| 6% AKK | 3 | 3 |
| 8% AKK | 3 | 3 |
| Total | | 15 |

C.3.2 Langkah-langkah persiapan bahan untuk benda uji

Sebelum melakukan pengujian, agregat dan *filler* dikeringkan di dalam oven pada suhu $\pm 110^{\circ}\text{C}$ kemudian dipisahkan menggunakan saringan sesuai ukuran berdasarkan fraksi yang akan ditentukan. Persentase agregat ditentukan berdasarkan Spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 3 mengenai gradasi agregat gabungan AC-WC. Setiap material seperti aspal, agregat dan *filler* dipersiapkan sesuai komposisi yang telah ditentukan dengan total berat ± 1200 gram.

C.3.3 Pembuatan benda uji

Tahapan pembuatan benda uji *Marshall* sebagai berikut:

- 1) Memanaskan agregat sehingga mencapai suhu pencampuran dan agregat tercampur merata.
- 2) Memanaskan Aspal Pen 60/70 dan dipersiapkan untuk pencampuran.
- 3) Menuangkan aspal yang sudah dipanaskan sebanyak yang telah ditentukan kedalam agregat yang sudah dipanaskan, kemudian aduk hingga agregat terlapisi aspal hingga merata.
- 4) Persiapkan cetakan benda uji dan bagian muka penumbuk.
- 5) Meletakkan kertas pengisap yang sudah dibuat berdasarkan ukuran cetakan pada dasar cetakan.
- 6) Memasukan campuran 1/3 lapisan cetakan kemudian ditumbuk sebanyak 25 kali dengan merata menggunakan tongkat besi. Masukkan 1/3 bagian lagi dan lakukan hal yang sama hingga campuran habis. Suhu pada saat penumbukan sesuai dengan yang ditentukan.
- 7) Meletakkan kertas pengisap di atas permukaan benda uji.
- 8) Meletakkan cetakan yang telah berisi benda uji di atas landasan pemadatan kemudian memadatkan dengan alat penumbuk *Marshall* sebanyak 75 kali dengan tinggi jatuh alat pemadat 45,7 cm.
- 9) Membalikkan cetakan dan mengulangi penumbukan dengan jumlah yang sama, kemudian mendinginkan sampel sehingga tidak terjadi perubahan bentuk pada saat dikeluarkan dari cetakan.
- 10) Mengeluarkan sampel dari cetakan menggunakan *extruder* dan meletakkan ditempat yang memiliki permukaan yang rata serta memberi label setiap sampel dengan mencirikan kadar aspal.

C.3.4 Pengukuran berat jenis campuran

- 1) Membersihkan sampel dari kotoran yang menempel.
- 2) Mengukur tinggi setiap benda uji menggunakan jangka sorong dengan ketelitian 0,1 mm. Tinggi benda uji adalah rata-rata tiga kali pengukuran.
- 3) Menimbang benda uji pada kondisi kering.
- 4) Merendam benda uji selama 24 jam pada suhu 25°C kemudian menimbang berat di

dalam air untuk mendapatkan berat dalam air.

- 5) Mengeringkan air yang ada pada permukaan benda uji kemudian ditimbang untuk mendapatkan berat benda uji pada kondisi *SSD*.

C.3.5 Pengukuran stabilitas dan *flow* untuk *Marshall* standar

- 1) Merendam benda uji di dalam waterbath dengan suhu 60°C selama 30 menit.
- 2) Mengeluarkan benda uji dan meletakkan ke dalam segmen bawah kepala penekan alat uji *Marshall*.
- 3) Memasang kepala segmen alat uji bagian atas dan meletakkan dalam mesin penguji.
- 4) Memasang arloji kelelahan (*flow*) pada salah satu batang yang menyentuh segmen dan mengatur jarum pada kondisi 0.
- 5) Nilai stabilitas diperoleh dari pembacaan arloji stabilitas dikali kalibrasi proving ring dan dikali angka koreksi benda uji.
- 6) Mencatat nilai kelelahan (*flow*) yang ditunjukkan jarum arloji kelelahan.

D. HASIL DAN PEMBAHASAN

D.1 Analisis dan Hasil Pengujian Material Penelitian

Sebelum dilakukan pengujian dan penyusunan campuran, bahan yang akan digunakan harus diuji sifat dan karakteristiknya sesuai standar yang berlaku.

D.1.1 Hasil Pengujian Agregat

Hasil pengujian fisik agregat diperlihatkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Agregat

| Pengujian | Hasil pengujian | Standar |
|-------------------------------|-----------------|------------------|
| Kekekalan agregat | 7,31 | SNI 03-3407-1994 |
| Abrasi (<i>Los Angeles</i>) | 36,62 | SNI 03-2417-1991 |
| Kelekatan agregat | 97,18 | SNI 03-2439-1991 |
| Pipih dan Lonjong | 7,63 | RSNI T-01-2005 |
| Berat Jenis <i>Bulk</i> | 2,57 | |
| Berat Jenis <i>SSD</i> | 2,57 | |
| Berat Jenis <i>Apparent</i> | 2,58 | SNI 03-1969-1990 |
| Penyerapan | 0,23 | |

Nilai keausan agregat dari hasil pengujian adalah sebesar 36,62% yang mana hasil tersebut memenuhi syarat yang telah ditentukan oleh Bina Marga yaitu lebih kecil dari 40%.

Dari pengujian berat jenis agregat kasar, rata-rata menghasilkan nilai di atas 2,5 dan nilai penyerapan agregat sebesar kurang dari 3%. Besar kecilnya suatu nilai penyerapan sangat berpengaruh terhadap banyaknya aspal yang akan digunakan untuk menyelimuti permukaan agregat dalam campuran. Syarat yang telah ditetapkan Bina Marga yaitu nilai kekekalan harus lebih kecil dari 12%.

Agregat halus yang juga berasal dari lokasi yang sama juga di uji sifat fisiknya. Hasil pengujian agregat halus terdapat dalam Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Agregat Halus

| Pengujian | Hasil Pengujian | Standar |
|-----------------------------|-----------------|------------------|
| Berat Jenis <i>Bulk</i> | 2,61 | |
| Berat Jenis <i>SSD</i> | 2,62 | |
| Berat Jenis <i>Apparent</i> | 2,63 | SNI 03-1970-1990 |
| Penyerapan | 0,18% | |

D.1.2 Hasil Pengujian *Filler*

Pengujian untuk *filler* AKK dilakukan pada penelitian sebelumnya oleh Cahyadi, 2016. Seperti terlihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil pengujian *filler* AKK

| Jenis Pengujian | Hasil Pengujian | Nilai Batas | Standar |
|-----------------------|-----------------|-------------|------------------|
| Indeks Plastisitas | Non Plastis | ≤ 4% | SNI 03-6723-2004 |
| Lolos saringan No.200 | 100% | ≥ 65% | SNI 03-6723-2002 |
| Berat Jenis | 2,815 | | SNI 1970-1990 |

Sumber : Rizki Cahyadi (2016)

D.1.3 Hasil Pengujian Aspal Penetrasi 60/70

Aspal yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah aspal dengan penetrasi 60/70. Standar yang akan digunakan untuk campuran beraspal yaitu berdasarkan Spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 3.

Berdasarkan pengujian aspal pen 60/70 yang telah dilakukan diperoleh hasil sebagai Tabel 6 berikut.

Tabel 6. Hasil Pengujian Aspal Pen 60/70

| Jenis Pengujian | Hasil Pengujian | Standar |
|------------------------------------|-----------------|------------------|
| Berat Jenis | 1,022 | SNI 06-2441-1991 |
| Titik Nyala | 291 | SNI 06-2433-1991 |
| Daktilitas | 124 | SNI 06-2432-1991 |
| Titik Lembek | 55,65 | SNI 06-2434-1991 |
| Penetrasi | 73,48 | SNI 06-2456-1991 |
| Pengujian setelah kehilangan berat | | |
| Penetrasi | 81,52 | SNI 06-2456-1991 |
| Daktilitas | 107,5 | SNI 06-2432-1991 |
| Kehilangan Berat | 0,098 | SNI 06-2440-1991 |

Dari hasil pengujian aspal pen 60/70 diperoleh nilai penetrasi aspal sebesar 73,48 dmm, yang mana hasil tersebut memenuhi persyaratan nilai minimal 60 dan maksimal 79. Pada pengujian daktilitas juga sudah memenuhi syarat lebih besar dari 100 didapat sebesar 124 cm dan setelah kehilangan berat sebesar 107,5 cm. Agar proses pencampuran dan pemadatan berjalan lancar dan hasil yang baik, maka kekentalan aspal yang akan digunakan harus diperhatikan. Untuk suhu campuran aspal diperoleh dari pengujian sebesar 150°C dan suhu pemadatan sebesar 142°C. Dari seluruh hasil pengujian aspal dapat disimpulkan bahwa aspal memenuhi syarat dari Spesifikasi Umum Bina Marga dan layak untuk digunakan dalam campuran beraspal.

D.2 Analisis dan Hasil Pengujian Campuran AC-WC

D.2.1 Kadar Aspal Optimum

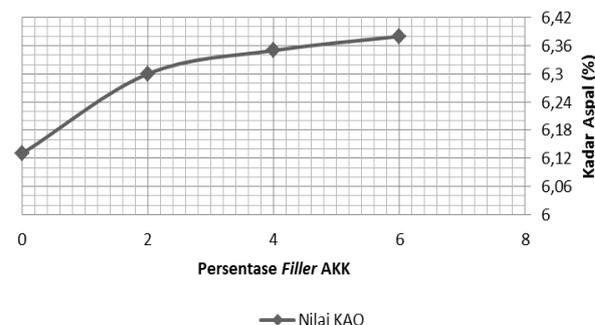
Dalam menentukan kadar aspal optimum, metode yang digunakan berdasarkan RSNI M-01-2003 dengan lima karakteristi marshal dengan menjabarkan grafik stabilitas, *flow*, *VIM*, *VMA* dan *MQ*. Setiap nilai yang didapat memiliki batas yang diatur oleh Bina Marga.

Berikut adalah langkah-langkah pembuatan grafik untuk menentukan kadar aspal optimum.

- 1) Dari tabel di atas, dapat dibuat grafik dan dilakukan untuk masing masing kinerja *Marshall* terhadap kadar aspal.
- 2) Data data dari setiap kinerja *Marshall* dibuat menjadi *trendline*.
- 3) Diberi garis pembatas untuk setiap grafik kinerja *Marshall* berdasarkan standar Bina Marga.
- 4) Garis yang berada di dalam batas kemudian dijabarkan dan ditarik ke bawah hingga memenuhi kriteria. Untuk mendapatkan kadar aspal optimum nilai batas atas dan bawah dijumlahkan lalu dibagi 2.

Kadar aspal optimum yang diperoleh dari pengujian yaitu :

- a. *Filler* AKK 0% adalah 6,13%,
- b. *Filler* AKK 2% adalah 6,30%,
- c. *Filler* AKK 4% adalah 6,35%,
- d. *Filler* AKK 6% adalah 6,38%,
- e. *Filler* AKK 8%, (tidak memenuhi spesifikasi)



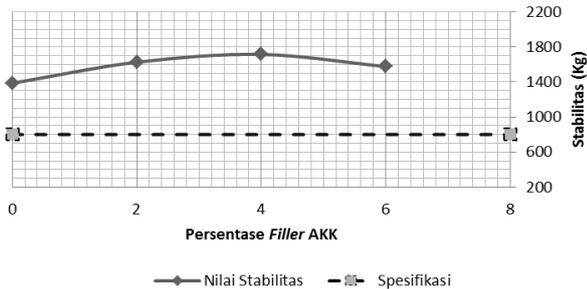
Gambar 2. Grafik Nilai KAO pada setiap *filler* AKK

Berdasarkan Gambar 2 dapat kita simpulkan bahwa kadar aspal optimum tertinggi yang memenuhi spesifikasi pada campuran AC-WC menggunakan *Filler* AKK 6% dan terendah dengan *Filler* AKK 0%. Semakin banyak *filler* dalam suatu campuran maka kadar aspal optimum juga meningkat karena kebutuhan aspal untuk mengikat atau menyelimuti *filler* tersebut.

D.2.2 Stabilitas

Menurut Spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 3, nilai batas untuk stabilitas yaitu sebesar 800 kg. Dari hasil pengujian dengan nilai KAO diperoleh hasil sebagai berikut.

- Filler AKK 0% adalah 1386,8 kg
- Filler AKK 2% adalah 1626,8 kg
- Filler AKK 4% adalah 1715,4 kg
- Filler AKK 6% adalah 1576,6 kg
- Filler AKK 8%, (tidak memenuhi spesifikasi)



Gambar 3. Grafik Hubungan Stabilitas dengan Kadar Filler

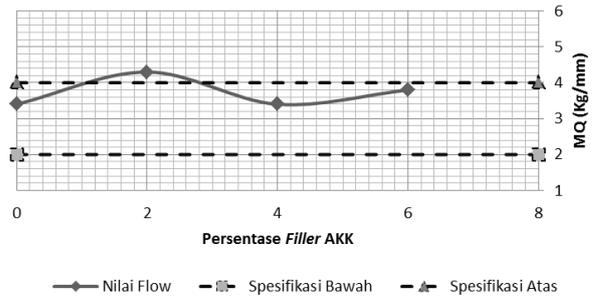
Berdasarkan Gambar 3 dapat dilihat bahwa kandungan filler AKK 4% merupakan nilai stabilitas tertinggi (1715,4 kg) dan yang terendah dengan kandungan filler AKK 0% (1386,8 kg).

D.2.3 Kelelahan plastic (Flow)

Nilai kelelahan menunjukkan besarnya deformasi yang diterima oleh lapisan perkerasan terhadap beban di atasnya, biasanya nilai kelelahan cenderung turun dan naik sesuai jumlah kadar aspal dalam campuran, karena ikatan antara agregat yang diselimuti aspal lebih kecil mengakibatkan campuran menjadi lentur. Menurut Spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 3, nilai batas untuk kelelahan yaitu 2-4 mm. Dari hasil pengujian dengan nilai KAO diperoleh hasil sebagai berikut.

- Filler AKK 0% adalah 3,4 mm
- Filler AKK 2% adalah 4,3 mm
- Filler AKK 4% adalah 3,4 mm
- Filler AKK 6% adalah 3,8 mm
- Filler AKK 8% ,(tidak memenuhi spesifikasi)

Berdasarkan Gambar 4 dapat disimpulkan bahwa nilai deformasi paling besar terdapat pada kandungan filler AKK 2% (4,3 mm) tetapi diluar batas yang sudah ditentukan spesifikasi ,sedangkan yang terendah pada kandungan filler AKK 0% dan 4% (3,4 mm).



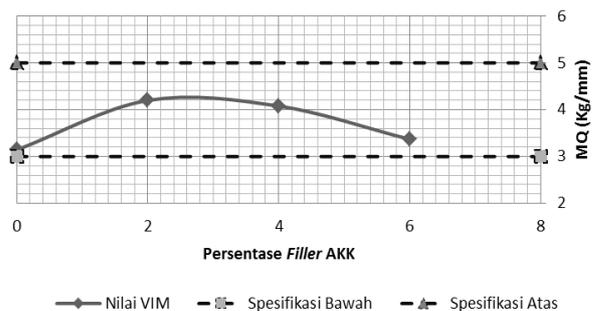
Gambar 4. Grafik Hubungan Flow dengan Kadar Filler

D.2.4 Rongga dalam Campuran (Void In Mix/VIM)

Nilai VIM adalah jumlah ruang udara yang terkandung dalam campuran yang terdapat diantara partikel agregat yang dinyatakan dalam persen dari volume total. Nilai VIM akan bertambah kecil apabila bertambahnya kadar aspal dari campuran, sehingga rongga udara semakin kecil. Apabila nilai VIM lebih kecil maka akan terjadi keluarnya aspal permukaan perkerasan, jika lebih besar maka perkerasan akan kedap air sehingga perkerasan akan cepat mengalami kerusakan.

Untuk nilai VIM Bina Marga telah menetapkan batas yaitu 3-5 . Dari hasil pengujian dengan nilai KAO diperoleh hasil sebagai berikut.

- Filler AKK 0% adalah 3,142 %
- Filler AKK 2% adalah 4,198 %
- Filler AKK 4% adalah 4,078 %
- Filler AKK 6% adalah 3,368 %
- Filler AKK 8% ,(tidak memenuhi spesifikasi)



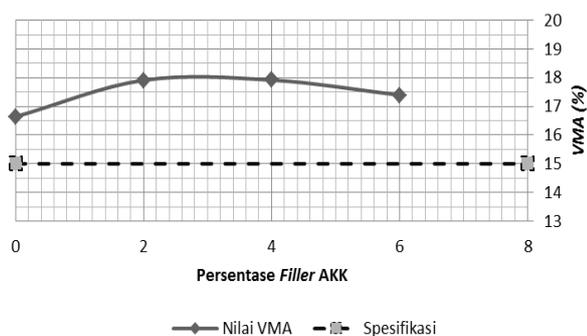
Gambar 5. Grafik Hubungan VIM dengan Kadar Filler

Berdasarkan Gambar 5 dapat disimpulkan bahwa nilai *VIM* tertinggi terdapat pada kadar *filler* AKK 2% (4,198%) dan yang terendah terdapat pada campuran tanpa *filler* AKK.

D.2.5 Rongga dalam Mineral Agregat (*Void in Mineral Aggregate/VMA*)

VMA adalah nilai rongga yang terdapat antara partikel campuran yang sudah dipadatkan dinyatakan dalam persen dari volume total. Apabila nilai *VMA* terlalu kecil maka mengakibatkan agregat mudah lepas karena lapisan aspal yang terlalu tipis dan akan mudah rusak. Nilai batas yang ditetapkan Bina Marga untuk nilai *VMA* adalah minimal 15%. Hasil pengujian dengan nilai KAO diperoleh sebagai berikut.

- Filler* AKK 0% adalah 16,640 %
- Filler* AKK 2% adalah 17,913 %
- Filler* AKK 4% adalah 17,921 %
- Filler* AKK 6% adalah 17,394 %
- Filler* AKK 8% ,(tidak memenuhi spesifikasi)



Gambar 6. Grafik Hubungan *VMA* dengan Kadar *Filler*

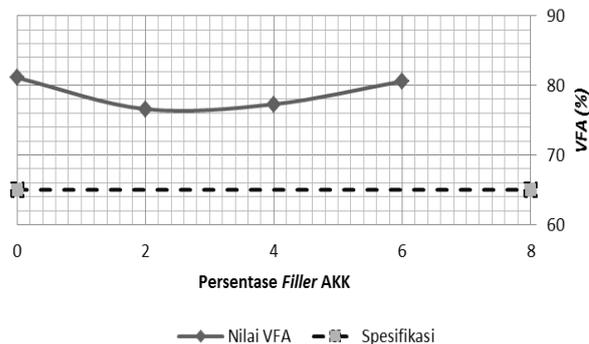
Berdasarkan Gambar 6 dapat dilihat bahwa nilai *VMA* terbesar terdapat pada penggunaan *filler* AKK 4% (17,921%) dan terkecil pada *filler* AKK 0% (16,640%). Semakin besar kadar *filler* AKK dalam campuran maka memerlukan aspal yang banyak juga untuk menyelimuti agregat dan mengisi rongga dalam campuran perkerasan.

D.2.6 Rongga Terisi Aspal (*Void Filled with Asphalt/VFA*)

Nilai *VFA* adalah persentase antara rongga pada mineral agregat yang terisi dengan aspal yang sama tidak termasuk

penyerapan aspal. Batasan untuk nilai *VFA* menurut Spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 3 adalah minimal 65%. Dari hasil pengujian dengan nilai KAO diperoleh hasil sebagai berikut.

- Filler* AKK 0% adalah 81,1 %
- Filler* AKK 2% adalah 76,6 %
- Filler* AKK 4% adalah 77,3 %
- Filler* AKK 6% adalah 80,6 %
- Filler* AKK 8% ,(tidak memenuhi spesifikasi)



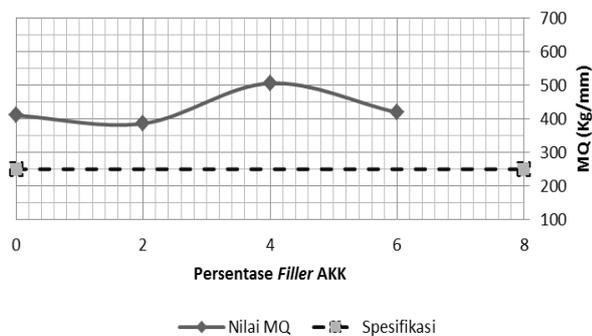
Gambar 7. Grafik Hubungan *VFA* dengan Kadar *Filler*

Berdasarkan Gambar 7 dapat disimpulkan bahwa nilai *VFA* tertinggi terdapat pada kadar *filler* AKK 0% (81,1%) dan yang terendah terdapat pada kadar *filler* AKK 2% (76,6%).

D.2.6 Marshall Quotient (*MQ*)

Nilai *MQ* pada pengujian ini bertujuan untuk memberikan tingkat fleksibilitas campuran, yaitu kemampuan untuk deformasi akibat beban tanpa perubahan volume dan keretakan. Nilai *MQ* adalah hasil bagi antara nilai stabilitas dan nilai kelelahan. Dari hasil pengujian apabila nilai *MQ* terlalu kecil maka perkerasan tersebut akan lembek atau terlalu lentur sehingga jalan akan bergelombang. Jika terlalu besar nilai *MQ* maka lapisan perkerasan tersebut akan getas dan gampang retak. Bina Marga telah menetapkan standar untuk nilai *MQ* yaitu minimal 250 kg/mm. Hasil pengujian dengan nilai KAO diperoleh hasil sebagai berikut.

- Filler* AKK 0% adalah 410,3 kg/mm
- Filler* AKK 2% adalah 386,0 kg/mm
- Filler* AKK 4% adalah 506,1 kg/mm
- Filler* AKK 6% adalah 418,6 kg/mm
- Filler* AKK 8% ,(tidak memenuhi spesifikasi)



Gambar 8. Grafik Hubungan *MQ* dengan Kadar *Filler*

Berdasarkan Gambar 8 dapat disimpulkan bahwa nilai *MQ* tertinggi

terdapat pada kadar *filler* AKK 4% (506,1 kg/mm) dan yang terendah terdapat pada kadar *filler* AKK 2% (386,0 kg/mm).

Dari hasil di atas nilai *MQ* memenuhi standar yang telah ditetapkan Bina Marga 2010 revisi 3.

D.3 Analisis dan Hasil Pengujian Campuran pada KAO

Dari hasil pengujian campuran AC-WC menggunakan *filler* AKK pada kondisi KAO diperoleh hasil pada Tabel 7.

Tabel 7. Karakteristik *Marshall* kondisi KAO.

| Karakteristik <i>Marshall</i> | Satuan | AKK 0% | AKK 2% | AKK 4% | AKK 6% | AKK 8% | Spesifikasi BinaMarga |
|-------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------------------|
| KAO | % | 6,13 | 6,30 | 6,35 | 6,38 | - | |
| Stabilitas | Kg | 1386,8 | 1226,8 | 1715,4 | 1576,6 | - | > 800 |
| Flow | Mm | 3,4 | 4,3 | 3,4 | 3,8 | - | 2 - 4 |
| VIM | % | 3,142 | 4,198 | 4,078 | 3,368 | - | 3 - 5 |
| VMA | % | 16,640 | 17,913 | 17,921 | 17,394 | - | Min 15 |
| VFA | % | 81,1 | 76,6 | 77,3 | 80,6 | - | Min 65 |
| MQ | Kg/mm | 410,3 | 386,0 | 506,1 | 418,6 | - | Min 250 |

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 7, disimpulkan bahwa penggunaan *filler* abu kulit kerang dalam campuran AC-WC mempengaruhi nilai KAO. Nilai stabilitas yang tertinggi dan memenuhi spesifikasi terdapat pada kadar *filler* AKK 4% dan mengalami penurunan nilai stabilitas pada kadar *filler* AKK 6%. Berdasarkan hasil kinerja campuran AC-WC menggunakan *filler* AKK, nilai stabilitas yang diperoleh lebih baik dibandingkan dengan campuran tanpa menggunakan *filler* AKK. Pada kadar AKK 8% tidak dapat ditentukan nilai karakteristik *Marshall* karena tidak dapat ditentukannya nilai KAO pada kadar AKK 8% tersebut.

Kadar *filler* AKK yang direkomendasikan untuk campuran AC-WC yang memenuhi Spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 3 adalah sebesar 4%, karena memiliki nilai karakteristik *Marshall* yang lebih baik setelah dilakukan pengujian. Jumlah AKK yang dibutuhkan untuk 1 m³ perkerasan jalan adalah sebanyak 85,16 kg.

E. KESIMPULAN DAN SARAN

E.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian karakteristik *Marshall* campuran beraspal dengan *filler* Abu Kulit Kerang (AKK) dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Penggunaan *filler* abu kulit kerang mempengaruhi nilai KAO dalam campuran AC-WC mengalami peningkatan.
2. Kinerja kadar *filler* AKK pada campuran AC-WC yang memenuhi spesifikasi dan memiliki nilai stabilitas yang tinggi terdapat pada kadar *filler* AKK 4% (1715,4 kg), sedangkan pada kadar 6% mengalami penurunan nilai stabilitas sebesar 138,8 kg.
3. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat direkomendasikan untuk campuran AC-WC yang memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 revisi 3 yaitu dengan kadar *filler* AKK 4% karena memiliki nilai stabilitas, *flow*, *VIM*, *VMA*, *VFA*, *MQ* yang lebih baik dari pada persentase kadar *filler* AKK yang lainnya. Untuk penerapan 1m³ perkerasan jalan membutuhkan sekitar 85,16 kg Abu Kulit Kerang.

E.2 Saran

1. Untuk mengetahui pengaruh AKK dalam campuran beraspal, perlu dilakukan penelitian mengenai perubahan reaksi kimia yang terkandung dalam campuran beraspal apabila dicampur dengan jenis *filler* lainnya.
2. Perlu dilakukan penelitian terhadap air untuk jangka waktu yang lama (durabilitas), sebagai pedoman apabila kondisi jalan terendam atau digenangi air dalam jangka waktu yang lama.
3. Dapat dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh variasi suhu campuran dan suhu penumbukan terhadap campuran beraspal menggunakan *filler* AKK.

Daftar Pustaka

- Badan Pusat Statistik. (2010). Population Census 2000 and 2010.
- Hendarsin, S. L. (2000). Perencanaan Teknik Jalan Raya. Bandung: Politeknik Negeri Bandung.
- Katrina, G. (2014). Pemanfaatan Limbah Kulit Kerang Sebagai Substitusi Pasir dan Abu Ampas Tebu sebagai Substitusi Semen pada Campuran Beton Mutu K-225. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan* Vol. 2 No. 3, September 2014, 308-313.
- Kerbs, R. D., & Walker, R. D. (1971). *Highway Material*, McGraw-HillBook. USA: Inc.
- Madina, I. (2012). Penggunaan bahan Pengisi Abu Tandan Kosong Kelapa Sawit pada Campuran Lapisan Aspal Beton dengan Pengujian *Marshall* Mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2010. Pekanbaru: Universitas Riau.
- Oglesby, C. H., & Hicks, R. G. (1996). *Highway Engineering*, fourth edition. USA: John Wiley and Sons.
- Putra, M. A. (2014). Pemanfaatan Kombinasi Limbah Abu Ampas Tebu dan Abu Kulit Kerang Sebagai Substitusi Semen pada Campuran Beton Mutu K225 dengan NaCl sebagai Rendaman. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan* Vol. 2. No. 3, September 2014, 413-417.
- Putrowijoyo, R. (2006). Kajian Laboratorium Sifat *Marshall* dan Durabilitas Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC) Dengan Membandingkan Penggunaan Antara Semen Portland dan Abu Batu Sebagai Filler. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Rizki Cahyadi, Rika Sylviana, Elma Yulius. (2016). perbandingan nilai stabilitas penggunaan filler serbuk kulit kerang dengan abu batu pada campuran beton aspal. *Journal*, 2-3.
- Subono, V. P. (2011). Karakteristik *Marshall* Campuran Asphalt Concrete (AC) dengan Bahan Pengisi (Filler) Abu Vulkanik Gunung Merapi. *Skripsi*, 2-7.
- Sukirman, S. (2003). *Perkerasan Jalan Raya*. Bandung: Nova.
- Sukirman, S. (2007). *Campuran Aspal Panas*. Bandung: Nova.
- Sukirman, S. (2010). *Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Lentur*. Bandung: Nova.
- Syafpoetri, N. A., Olivia, M., & Darmayanti, L. (2013). Pemanfaatan Abu Kulit

Kerang (*Bathymodiolus Puteoserpentis*)
Untuk Pembuatan Ekosemen. *Jurnal
Teknik Sipil Universitas Riau*, 1-14.

Yoder, E. J., & Witzak, M. W. (1975).
Principles of pavement design. John
Wiley & Sons.