

PENGARUH ABU AMPAS TEBU SEBAGAI FILLER PENGGANTI TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL CAMPURAN SUPERPAVE

Miftahul Fauziah
Program Studi Teknik Sipil
Universitas Islam Indonesia
Jln. Kaliurang Km 14,5
Kampus Terpadu UII, Yogyakarta,
55584
Telp: (0274) 898444
miftahul.fauziah@uii.ac.id

Berlian Kushari
Program Studi Teknik Sipil
Universitas Islam Indonesia
Jln. Kaliurang Km 14,5
Kampus Terpadu UII, Yogyakarta,
55584
Telp: (0274) 898444
bkushari@uii.ac.id

Fauzan Ranski
Program Studi Teknik Sipil
Universitas Islam Indonesia
Jln. Kaliurang Km 14,5,
Kampus Terpadu UII, Yogyakarta,
55584
Telp: (0274) 898444
fauzanranski89@gmail.com

Abstract

The increasing development and maintenance of pavement infrastructure result in increasing demand for materials to be used, including the fillers. The use of fillers in asphalt concrete mixtures is very limited in amount but contributes to considerable effects on the performance of the mixtures. A general problem faced in the production of fillers obtained from stone crushing is that it can only produce a substantially less volume than needed; hence the efforts to find alternative sources for fillers. Bagasse ashes are one of solid residual wastes produced as the byproduct of the process of sugar cane heating. This paper presents the results of laboratory works devoted to evaluating the use of bagasse ashes as fillers in a Superpave mixture. Laboratory tests were carried out in three stages. Firstly, physical property tests were run. Secondly, a series of optimum bitumen content for mixtures with 0%, 25%, 50%, 75%, and 100% of bagasse ashes portion to the total portion of fillers were determined respectively. Lastly, Marshall Characteristics were measured and immersion tests were conducted upon the mixtures. Results showed that, in general, sampled bagasse ashes were suitable as fillers for the Superpave mixture. The greater the percentage of bagasse ashes corresponds to the lower values of stability, VITM, VMA, and the higher values of flow, VFWA, MQ and Index of Retained Strength. Higher proportion of bagasse ashes requires higher optimum bitumen content.

Keywords: *filler, bagasse ash, Marshall, and Superpave.*

Abstrak

Pembangunan infrastruktur perkerasan jalan baru maupun pemeliharaan jalan lama semakin meningkat yang berakibat pada meningkatnya permintaan material yang digunakan, termasuk diantaranya adalah permintaan *filler*. Kebutuhan penggunaan *filler* dalam campuran beton aspal sangat sedikit jumlahnya, namun memberikan pengaruh yang cukup besar terhadap kinerja campuran. Permasalahan umum yang terjadi di lapangan adalah dalam produksi pemecahan batu hanya menghasilkan *filler* yang sangat terbatas jumlahnya dan sering tidak seimbang dengan permintaan. Upaya mencari alternatif *filler* pengganti menjadi sangat urgen untuk dilakukan. Salah satu limbah padat yang masih sangat terbatas dimanfaatkan penggunaannya adalah abu ampas tebu yang merupakan material buangan pada proses pemanasan dalam produksi tebu. Paper ini menyajikan hasil penelitian laboratorium untuk mengetahui kelayakan abu ampas tebu sebagai *filler* pengganti pada campuran *Superpave*. Pengujian laboratorium dilakukan dalam 3 tahap, yaitu tahap pertama melakukan uji sifat fisik bahan, Tahap kedua mencari kadar aspal optimum pada masing-masing proporsi penggantian *filler* abu ampas tebu, yaitu 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% terhadap total *filler* yang dibutuhkan. Tahap ketiga melakukan uji *Marshall* standar dan *Immersion* pada kadar aspal optimum. Hasil studi menunjukkan bahwa secara umum abu ampas tebu layak digunakan sebagai *filler* pengganti untuk campuran *Superpave*. Semakin besar persentase penggantian *filler* debu batu Clereng oleh abu ampas tebu ke dalam campuran *Superpave* menghasilkan nilai stabilitas, VITM, VMA yang semakin menurun, sedangkan nilai *flow*, VFWA, MQ dan *Index of Retained Strength* campuran yang semakin tinggi. Semakin besar proporsi abu ampas tebu semakin besar pula kadar aspal optimum yang dibutuhkan.

Kata Kunci: *filler, abu ampas tebu, Marshall, dan Superpave.*

PENDAHULUAN

Semakin majunya perkembangan pembangunan saat ini menyebabkan kebutuhan akan penggunaan jalan amatlah penting, baik untuk masyarakat yang berada di perkotaan maupun di pedesaan, terlebih dalam pemenuhan perekonomian masyarakat yang diharapkan dapat menciptakan keselarasan dan kesejahteraan masyarakat. Peningkatan volume lalu lintas memberikan dampak terhadap permintaan untuk membangun infrastruktur perkerasan jalan dan pemakaian material yang digunakan, termasuk diantaranya adalah permintaan *filler*. Kebutuhan penggunaan *filler* dalam campuran beton aspal sangat sedikit jumlahnya, namun memberikan pengaruh yang sangat besar terhadap kinerja campuran. Permasalahan umum yang terjadi di lapangan adalah dalam produksi pemecahan batu hanya menghasilkan *filler* yang sangat terbatas jumlahnya dan sering tidak seimbang dengan permintaan. Upaya mencari alternatif *filler* pengganti menjadi sangat urgen untuk dilakukan. Proses pemecahan batu di *quarry* sangat dipengaruhi oleh kekerasan batuan dan kualitas peralatan pemecah batu, sehingga seringkali menghasilkan ketidak seimbangan jumlah antara agregat kasar, agregat halus dan *filler*.

Filler atau bahan pengisi penggunaannya dalam campuran beton aspal sangat sedikit, namun manfaatnya sangat baik, antara lain yaitu sebagai bahan pengisi rongga (*void*), *filler* sebagai bagian dari agregat, *filler* akan mengisi rongga-rongga antar butir agregat. Disamping itu *filler* juga dapat berfungsi meningkatkan daya ikat (kohesi) aspal beton, sehingga dapat memperbaiki stabilitas campuran dan memperkecil penurunan/kelelahan plastis (*flow*). Apabila bercampur dengan aspal *filler* akan membentuk bahan pengikat yang berkonsistensi tinggi sehingga mengikat butiran lebih kuat dibandingkan tidak menggunakan *filler*. Pemberian *filler* pada campuran aspal lapis keras akan memberikan kadar pori yang kecil karena partikel *filler* akan mengisi rongga-rongga pada campuran aspal. Butir pengisi bersama dengan aspal akan membentuk gel yang akan bekerja untuk mengikat agregat halus dengan mengubah nilai stabilitasnya (Bina Marga, 1987)

Pada tahun 1987 *Strategic Highway Research Program (SHRP)* melakukan penelitian tentang kemampuan dan durabilitas jalan di Amerika. Produk akhir penelitian ini adalah suatu campuran panas agregat aspal yang dikenal dengan nama *superpave*. Campuran ini diharapkan dapat mencegah terjadinya deformasi plastis dan retak akibat lelah (*fatigue*). Campuran panas aspal agregat jenis *superpave* adalah suatu campuran agregat dan aspal yang dicampur dalam keadaan panas pada suhu dan komposisi tertentu, dimana gradasi agregat mempunyai ciri-ciri utama yaitu adanya titik kontrol dari batas gradasi dan daerah penolakan yang harus dihindari oleh target gradasi.

Abu pembakaran ampas tebu merupakan hasil perubahan secara kimiawi dari pembakaran ampas tebu murni, ampas tebu digunakan sebagai bahan bakar untuk memanaskan *boiler* dengan suhu 550°-600°C dengan lama pembakaran setiap 4-8 jam dilakukan pengangkutan atau pengeluaran abu dari dalam boiler, karena jika dibiarkan tanpa dibersihkan akan terjadi penumpukan yang akan mengganggu proses pembakaran ampas tebu berikutnya. (Batubara, 2009).

Pabrik Gula Madukismo yang terletak di Desa Padokan, Tirtonimolo, Kasihan, Bantul, Yogyakarta memiliki lahan seluas 4.972 hektar, terletak tersebar di Yogyakarta dan Jawa Tengah, menghasilkan rata-rata gula 40 ribu ton pertahun, dan menghasilkan limbah abu ampas tebu sebanyak 353, 20 ton ampas tebu per tahun. Limbah ampas tebu ini selanjutnya dimanfaatkan oleh pabrik sebagai bahan bakar pada pemanasan *boiler* pada proses produksi gula pasir dan menghasilkan limbah lagi berupa abu ampas tebu. Kandungan utama dari abu ampas tebu adalah silika (SiO_2 70,97%) dan Na_2O sebesar 22,

27 %, dan sedikit unsur unsur lain antara lain K_2O (4,82%), $C_5H_8O_4$ (0,9%), Magnesium (MgO) sebesar 0,82%, Al_2O_3 dan Al_2O_3 Amasing masing sebesar 0,36 % (Hernawati dan Indarto, 2010). Disamping fungsinya sebagai bahan pengisi dalam struktur agregat, kandungan silika, besi oksida, aluminium oksida, kalsium oksida, dan magnesium oksida yang terdapat pada abu ampas tebu apabila bercampur dengan aspal akan membentuk reaksi senyawa yang membuat campuran menjadi keras dan kaku.

Studi tentang pemanfaatan limbah abu ampas tebu ini telah banyak diteliti antara lain pemanfaatannya sebagai bahan konstruksi untuk beton (Naga dan Sunaryo, 2003) maupun paving blok (Setiawan, 2012), Keramik (Hananfi dan Nandang, 2010) dan beton normal (Satwarnirat, dkk, 2006), sedangkan untuk campuran beton aspal antara lain oleh Muchtar (2011), Himawan dan Mulia (2013) sebagai filler untuk campuran HRS, Masato (2013) sebagai aditif untuk campuran HRS-WC, dan Baikhuni (2013) sebagai bahan tambah untuk campuran HRA. Secara umum hasil studi tersebut menyatakan bahwa abu ampas tebu dapat dipergunakan sebagai bahan konstruksi beton, paving blok maupun beton aspal dan mempunyai pengaruh positif terhadap karakteristik campuran, antara lain yaitu meningkatkan stabilitas dan keawetan, serta kerapatan campuran (Himawan dan Mulia, 2013; Masato, 2013; dan Baikhuni, 2013). Adapun publikasi tentang penggunaan abu ampas tebu sebagai filler pengganti untuk campuran superpave masih sangat terbatas.

Paper ini menyajikan tentang hasil studi eksperimen laboratorium untuk menganalisis kelayakan abu ampas tebu (AAT) untuk dimanfaatkan sebagai *filler* pengganti pada campuran *Superpave* dan untuk mengetahui kualitas dan kinerja campuran *Superpave* yang menggunakan abu ampas tebu sebagai *filler* pengganti, dengan menggunakan gradasi campuran superpave, dengan analisis karakteristik *Marshall* sesuai spesifikasi Bina Marga (2010).

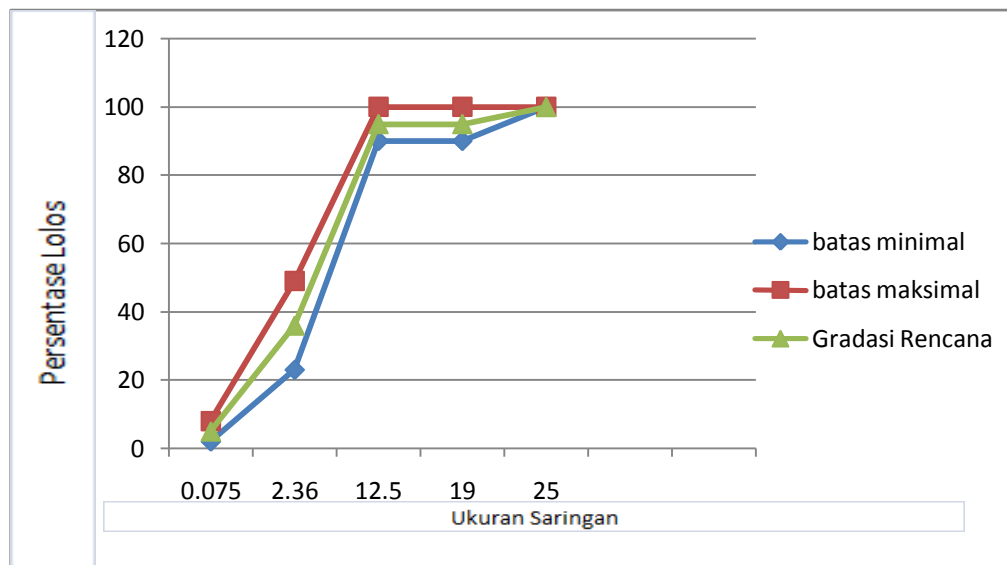
METODE PENELITIAN

Material yang akan digunakan sebagai bahan campuran dengan gradasi Superpave terdiri dari campuran agregat dan aspal. Agregat kasar, agregat halus dan filler berupa debu batu berasal dari hasil pengolahan agregat, Clereng, Yogyakarta, sedangkan filler pengganti berasal dari abu ampas tebu diperoleh dari abu limbah buangan pada proses pengolahan gula oleh PT Madukismo, Yogyakarta. Gradasi rencana menggunakan gradasi tengah yang mengacu pada gradasi yang digunakan dalam campuran Superpave, ukuran 19 mm, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1 dan Gambar 1. Proporsi AAT sebagai filler (pengganti) yaitu sebesar 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% dari jumlah kebutuhan filler debu batu Clereng. Mengingat ketidakterediaan peralatan pengujian sesuai prosedur standar Superpave (SHRP, 1994), maka seluruh pengujian karakteristik campuran diuji dengan metode Marshall.

Tabel 1. Batas Gradasi Agregat Campuran *Superpave* Ukuran 19 Mm

| Ukuran saringan | | | Spesifikasi | | Jumlah Persen (%) | |
|-----------------|-------|----|-------------|-----|-------------------|----------|
| | | | Min | Max | Lolos | Tertahan |
| 1 1/2 " | 37,5 | mm | | | | |
| 1 " | 25 | mm | 100 | 100 | 100 | 0.0 |
| 3/4 " | 19 | mm | 90 | 100 | 95 | 5.0 |
| 1/2 " | 12,5 | mm | 90 | 100 | 95 | 5.0 |
| No. 8 | 2,36 | mm | 23 | 49 | 36 | 64.0 |
| No. 200 | 0,075 | mm | 2 | 8 | 5 | 95.0 |
| pan | | | 0 | 0 | 0 | 100.0 |

Sumber: *SHRP A-407* (1994)



Gambar 1. Grafik Gradasi Agregat *Superpave* Ukuran 19 Mm

Aspal yang digunakan adalah AC 60/70 produksi dari Pertamina. Kadar aspal optimum diperoleh dari pengujian *Marshall* (SNI 03-2489-1991). masing-masing proporsi penggunaan abu ampas tebu dengan 5 variasi kadar aspal 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, dan 6,5% terhadap berat total campuran. Masing-masing proporsi dan kadar aspal dibuat sebanyak 3 sampel yang kemudian dirata-rata.

Immersion Test atau uji perendaman *Marshall* bertujuan untuk mengetahui perubahan karakteristik dari campuran akibat pengaruh air, suhu, dan cuaca. Pengujian ini pada prinsipnya sama dengan pengujian *Marshall* standar, hanya waktu perendaman saja yang berbeda. Benda uji pada *Immersion Test* direndam selama 24 jam pada suhu konstan 60°C kemudian uji *Marshall* dilakukan untuk mendapatkan stabilitas campuran. *Index of retained strength* menunjukkan kekuatan yang masih dimiliki campuran setelah mengalami proses perendaman, yaitu perbandingan nilai stabilitas setelah direndam selama 24 jam dengan nilai stabilitas yang direndam dalam kondisi standar yaitu selama 30 menit.

Analisis statistik *paired-samples T test* dilakukan untuk menguji ada tidaknya signifikansi perbedaan karakteristik *Marshall* campuran dengan substitusi abu ampas tebu sebagai *filler*.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

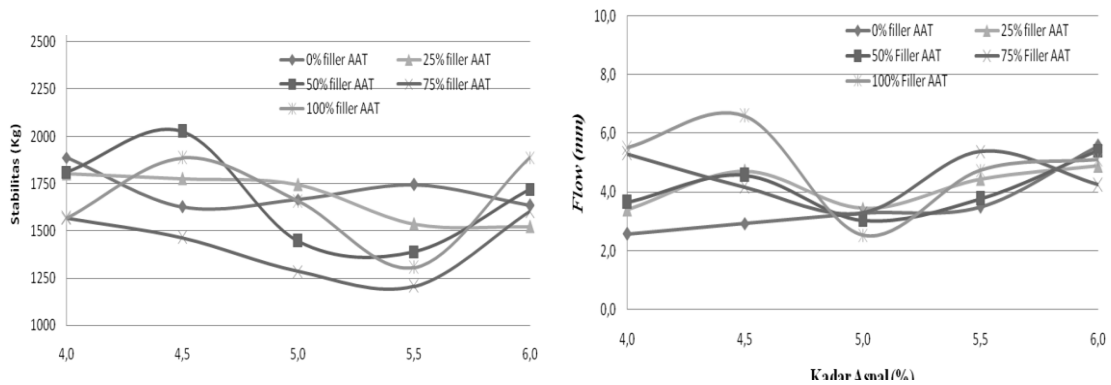
Hasil pengujian karakteristik fisik dari *filler* yang berasal dari abu ampas tebu dan debu batu dari pengolahan batuan Clereng ditunjukkan pada Tabel 2. Perbedaan karakteristik tersebut mempengaruhi hasil kadar aspal optimum maupun karakteristik Marshal campuran. Kadar aspal optimum digunakan untuk mendapatkan karakteristik nilai *Marshall Stability* dan *Index of retained strength*, dapat dilihat pada Tabel 4 sampai dengan 6 dan Gambar 1 sampai dengan 5 dibawah ini.

Tabel 2. Hasil Pengujian Debu Batu Clereng dan *Filler* Abu Ampas Tebu

| No | Jenis Pengujian | Persyaratan | Hasil Pengujian | |
|----|-------------------------------------|-------------|-----------------|-------------------|
| | | | Abu ampas tebu | Debu batu Clereng |
| 1 | Berat Jenis | >2,5 | 1,83 | 2,64 |
| 2 | Penyerapan Agregat Terhadap Air (%) | < 3 | 2,94 | 1,73 |

Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan sifat fisik yang cukup besar antara AAT dan debu batu dari Clereng yang berasal dari pengolahan batu, baik dari berat jenis maupun penyerapannya. Perbedaan berat jenis akan berakibat pada campuran aspal beton yang menggunakan *filler* AAT pada berat yang sama akan mempunyai volume yang lebih besar. Dengan semakin besar volumenya akan mengakibatkan luas permukaan butiran agregat dalam campuran semakin besar, sehingga kebutuhan aspal untuk mengikat butiran antar agregat juga semakin besar. Disamping itu semakin besar volume juga berarti semakin besar pula *filler* yang dapat mengisi celah diantara agregat, sehingga campuran menjadi semakin rapat. Besarnya penyerapan agregat terhadap air juga akan mempengaruhi besarnya aspal yang dibutuhkan dalam campuran aspal beton. Semakin besar nilai penyerapan agregat terhadap air mengindikasikan semakin besar juga aspal yang mampu diserap oleh batuan, sehingga semakin besar juga aspal yang dibutuhkan dalam campuran aspal beton. Perbedaan sifat fisik kedua jenis *filler* ini selanjutnya berpengaruh terhadap karakteristik *Marshall* seperti diuraikan pada bagian berikut.

Gambar 2 menyajikan grafik hubungan antara nilai stabilitas dan *flow* pada berbagai kadar aspal untuk semua proporsi penggantian *filler* debu batu Clereng oleh abu ampas tebu.

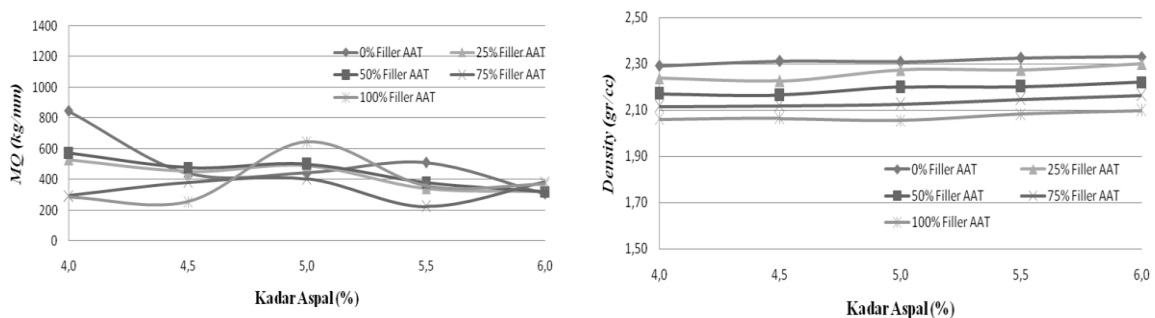


Gambar 2. Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dengan Nilai Stabilitas dan Flow

Secara umumnya nilai stabilitas meningkat pada penambahan kadar aspal sampai nilai maksimum, setelah itu penambahan aspal justru berakibat menurunkan nilai stabilitas, meskipun demikian trend ini tidak terlihat pada campuran yang menggunakan 100% *filler* pengganti AAT. Pada kadar aspal yang sama campuran yang menggunakan lebih banyak AAT sebagai *filler* pengganti memiliki nilai stabilitas yang lebih rendah. Hal ini disebabkan oleh perbedaan berat jenis debu batu dengan AAT. Pada berat yang sama, campuran yang menggunakan *filler* AAT mempunyai volume yang lebih besar, sehingga mengakibatkan luas permukaan butiran agregat dalam campuran semakin besar dan sebagai konsekuensinya kebutuhan aspal untuk mengikat butiran antar agregat juga semakin besar, akibatnya pada jumlah aspal yang sama luas permukaan yang terselimuti semakin rendah dan menurunkan ketahanannya terhadap deformasi.

Dari Gambar 2 juga dapat dilihat bahwa nilai *flow* cenderung meningkat dengan bertambahnya jumlah aspal. Semakin tinggi nilai *flow* suatu campuran, maka semakin tinggi pula fleksibilitas campuran perkerasan. Pada kadar aspal yang sama campuran dengan proporsi AAT lebih tinggi memiliki nilai *flow* yang lebih rendah. Sejalan dengan uraian diatas, bahwa pada campuran yang menggunakan AAT lebih tinggi volume butiran semakin besar, sehingga semakin banyak butiran *filler* yang dapat mengisi celah diantara agregat, sehingga campuran menjadi semakin rapat dan kaku dan memiliki nilai deformasi yang lebih rendah.

Nilai *Marshall Quotient* merupakan perbandingan antara nilai stabilitas dengan nilai *flow*, yang pada umumnya dapat digunakan sebagai pendekatan nilai fleksibilitas dari suatu lapis perkerasan. Nilai *Marshall Quotient* dan *density* campuran pada berbagai kadar aspal seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3 berikut.

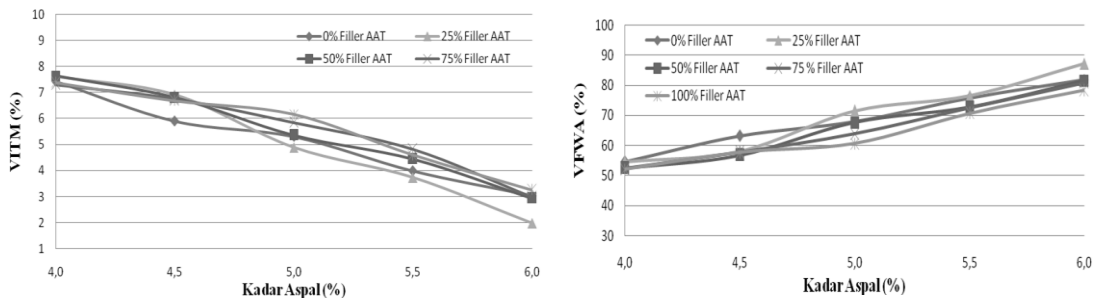


Gambar 3. Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dengan *Marshall Quotient* dan *Density*

Berdasarkan Gambar 3 dapat dilihat bahwa secara umum campuran yang menggunakan lebih besar *filler* AAT mempunyai nilai *marshall quotient* yang lebih rendah, yang berarti campuran cenderung lebih kaku dan rendah fleksibilitasnya. Sejalan dengan uraian sebelumnya, kemungkinan besar hal ini disebabkan karena pengaruh berat jenis bahan AAT yang menyebabkannya. Disamping itu campuran antara aspal dengan *filler* AAT juga dapat membentuk mastik yang membuat aspal menjadi lebih keras sehingga campuran menjadi lebih kaku.

Gambar 3 menunjukkan pula bahwa nilai *density* semakin meningkat dengan bertambahnya kadar aspal. Pada kadar aspal yang sama, campuran yang menggunakan proporsi AAT lebih besar, memiliki nilai *density* yang lebih rendah. Hal ini disebabkan karena bahan *filler* abu ampas tebu mempunyai berat jenis yang lebih rendah dibandingkan dengan debu batu sehingga pada berat yang sama, berat isinya menjadi lebih rendah.

VITM (*voids in the mix*) adalah prosentase rongga udara dalam campuran terhadap total volume campuran agregat dan aspal, sedangkan nilai VFWA (*voids filled with asphalt*) menunjukkan besarnya rongga yang terisi aspal. Grafik hubungan antara nilai VITM dan nilai VFWA pada berbagai kadar aspal dan kadar *filler* AAT ditunjukkan pada Gambar 4. Dari Grafik tersebut dapat dilihat bahwa nilai VITM semakin menurun dengan bertambahnya kadar aspal, sebaliknya nilai VFWA semakin meningkat. Hal ini disebabkan oleh fungsi aspal selain sebagai bahan ikat, juga sekaligus sebagai pengisi rongga dalam campuran, sehingga semakin bertambah aspal maka campuran semakin rapat dan rongga terisi aspal semakin tinggi.



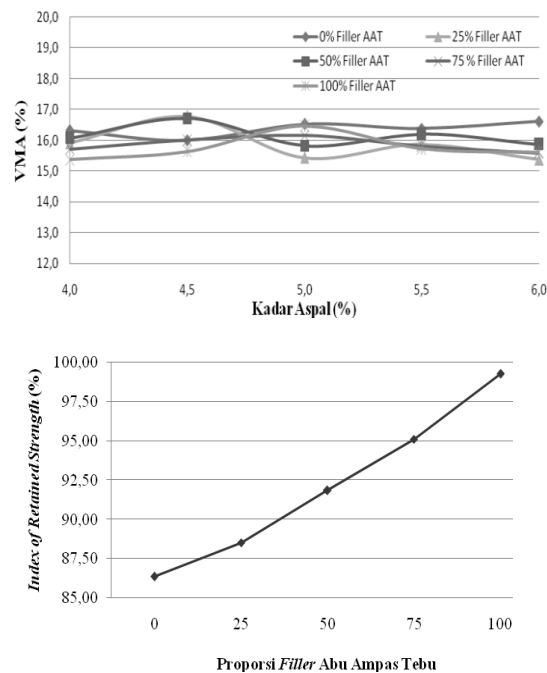
Gambar 4. Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dengan Nilai VITM dan VFWA

Pada jumlah aspal yang sama terlihat bahwa campuran yang menggunakan AAT lebih banyak memiliki rongga yang semakin kecil dan rongga yang terisi aspal semakin besar. Penurunan jumlah rongga dalam campuran ini diakibatkan oleh perbedaan berat jenis AAT yang lebih rendah dari debu batu sehingga pada berat yang sama, memiliki volume butiran yang lebih besar, sehingga lebih banyak rongga yang bisa diisi, dan sebagai konsekuensi maka campuran menjadi semakin rapat, dan rongga terisi aspal semakin besar.

Besarnya persentase pori antara butir-butir agregat dalam campuran atau persentase rongga yang tersedia untuk ditempati aspal dan udara dinyatakan sebagai nilai VMA (*voids in mineral aggregate*). Besarnya nilai VMA dapat juga mengindikasikan ketebalan selimut aspal pada agregat. Semakin tinggi nilai VMA maka kedekatan campuran terhadap air dan udara semakin tinggi, sehingga berpengaruh juga terhadap nilai *indeks of retained strength* (IRS), yang dapat mengindikasikan keawetan atau durabilitas campuran. Selain dipengaruhi oleh besarnya nilai VMA durabilitas campuran juga dipengaruhi oleh kerapatan campuran. Besarnya nilai VMA tiap jenis campuran pada berbagai kadar aspal dan nilai IRS pada kadar aspal optimum tiap jenis campuran disajikan pada Gambar 5.

Berdasarkan grafik pada Gambar 5 dapat dilihat bahwa pada kadar aspal yang sama nilai VMA semakin rendah dengan penambahan proporsi AAT. Hal ini disebabkan karena campuran dengan proporsi AAT lebih tinggi memiliki jumlah volume butiran yang semakin besar yang harus diselimuti oleh aspal, sehingga ketebalan selimut aspal semakin rendah. Disamping itu AAT memiliki penyerapan yang lebih besar dibandingkan dengan debu batu sehingga semakin banyak aspal yang diserap menyebabkan sisa aspal yang dapat menyelimuti aspal semakin rendah.

Meskipun memiliki selimut aspal lebih tipis, namun karena campuran dengan proporsi AAT lebih tinggi lebih rapat (VITM lebih rendah) maka campuran lebih kedap, sehingga ketahanannya terhadap gangguan air menjadi lebih tinggi, sebagaimana digambarkan pada grafik tersebut. Berdasarkan grafik pada Gambar 5 dapat diketahui bahwa nilai *index of retained strength* semakin meningkat dengan bertambahnya proporsi *filler* AAT. Hal ini menunjukkan bahwa campuran yang mengandung AAT lebih tinggi memiliki ketahanan lebih tinggi untuk mempertahankan kekuatannya terhadap perendaman. Hal ini disebabkan karena campuran dengan proporsi AAT lebih tinggi lebih rapat (VITM lebih rendah dan VFWA lebih tinggi).



Gambar 5. Grafik Hubungan antara Kadar Aspal dengan Nilai VMA dan IRS

Berdasarkan nilai nilai karakteristik *Marshall* seperti telah dibahas sebelumnya, kadar aspal optimum campuran selanjutnya dapat ditentukan berdasarkan nilai nilai yang memenuhi spesifikasi campuran sesuai kriteria BinaMarga (2010). Adapun rekapitulasi kadar aspal optimum disajikan pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Rekapitulasi Kadar Aspal Optimum

| No. | Kadar <i>Filler</i> Abu Ampas Tebu | Kadar Aspal Optimum (%) |
|-----|------------------------------------|-------------------------|
| 1 | 0% | 5,08 |
| 2 | 25% | 5,20 |

| No. | Kadar <i>Filler</i> Abu Ampas Tebu | Kadar Aspal Optimum (%) |
|-----|------------------------------------|-------------------------|
| 3 | 50% | 5,35 |
| 4 | 75% | 5,53 |
| 5 | 100% | 5,63 |

Berdasarkan Tabel 3 diatas dapat dilihat bahwa semakin besar persentase penggantian *filler* AAT kedalam campuran aspal menghasilkan kadar aspal optimum yang semakin meningkat. Sebagaimana telah diuraikan sebelumnya, perbedaan kebutuhan jumlah aspal ini terutama disebabkan oleh perbedaan sifat fisik *filler* AAT dan debu batu, yaitu perbedaan berat jenis dan penyerapan. Campuran dengan proporsi AAT lebih tinggi membutuhkan jumlah aspal lebih banyak karena campuran dengan AAT lebih tinggi memiliki jumlah butiran yang lebih besar dan penyerapan yang lebih tinggi.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan sebagaimana telah diuraikan sebelumnya, beberapa simpulan dapat diambil sebagai berikut.

1. Abu ampas tebu layak dan dapat digunakan sebagai campuran dengan gradasi *Superpave*, karena menghasilkan campuran dengan karakteristik campuran yang memenuhi semua persyaratan Bina Marga 2010.
2. Semakin besar persentase penggantian abu ampas tebu ke dalam campuran menghasilkan perubahan karakteristik *Marshall*, yaitu menurunkan nilai stabilitas, VITM, *flow*, VMA dan menaikkan nilai VFWA, dan MQ. Meskipun campuran yang menggunakan *filler* AAT memiliki stabilitas yang lebih rendah, namun campuran lebih rapat, lebih kaku dan memiliki durabilitas yang lebih tinggi.
3. Semakin besar proporsi AAT ke dalam campuran, semakin besar pula kebutuhan aspal optimum yang dibutuhkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Baikhuni, M. (2013). Kajian Pengaruh Penambahan Abu Ampas Tebu terhadap HRA. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- BinaMarga. (2010). *Dokumen Pelelangan Nasional Pekerjaan Jasa Pelaksanaan Konstruksi (Pem borongan) Untuk Kontrak Harga Satuan Bab VII Spesifikasi Umum*. Direktorat Jenderal Bina Marga. Republik Indonesia.
- Bina Marga. (1987). *Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (LASTON)*. Yayasan Penerbit PU. Jakarta.
- Hanafi, S. dan Nandang, R. (2010). Studi Pengaruh Bentuk Silika dari Abu Ampas Tebu terhadap Kekuatan Produk Keramik, *Jurnal Kimia Indonesia*. Vol 5 No 1. h.35-38.
- Himawan, F. dan Mulia, B. (2013). Pemanfaatan limbah abu Ampas Tebu Sebagai Filler Pengganti untuk Campuran Jenis “*Hot Rolled Sheet– Wearing Course*“. e-Journal S1. Universtas Diponegoro. Semarang.
- Hernawati, NS., & Indarto, DP (2010). Pabrik Silika dari Abu Ampas Tebu dengan Proses Presipitasi, *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.

- Masato, D. (2013). Kajian Pengaruh Penambahan Abu Ampas Tebu terhadap HRS-WC. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Muchtar. (2011). Pemanfaatan Abu Ampas Tebu sebagai Bahan Filler terhadap Karakteristik Campuran Aspal. *Majalah Ilmiah AI-Jibra*. Makasar.
- Naga, R., dan Sunaryo, Y. (2003). Pengaruh Ampas Tebu Hasil Pembakaran Ulang Terhadap Kuat Desak Beton dengan Agregat Kasar Pecahan Genteng Godean. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Satwarnirat, Kamar, A., dan Rusli, R. (2006). Study Eksperimental Tentang Penambahan Abu Ampas Tebu Terhadap Kinerja Beton Normal, Tinjauan Terhadap Kekuatan Tekan. *Jurnal Poli Rekayasa*. Vol 2 No 1.
- Setiawan, N.C. (2012). Pengaruh Abu Ampas Tebu sebagai Bahan Tambah terhadap Kuat Desak dan Kuat Lentur serta Daya Serap Air Paving Block. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Strategic Highway Research Program, (1994), Superpave Mi Design Manual for New Construction and Overlays, National Research Council, Washington DC.*