

Pengaruh Lama Pemeraman Terhadap Karakteristik Marshall Campuran Aspal Beton dengan Asbuton dan Bio Aditif Gondorukem

Hidayatul Amri^{1*}, I Dewa Made Alit Karyawan¹, Ervina Ahyudanari²

Prodi Magister Teknik Sipil, Universitas Mataram, Mataram¹, Departemen Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Noverber, Surabaya²

Koresponden*, Email: hidayatamri1088@gmail.com

	Info Artikel	Abstract
Diajukan	10 Juni 2021	<i>Asphalt mixture with Asbuton has a lower than the mixture with asphalt oil. The content of asphalt that is not homogeneous in the mineral Asbuton hard ironfat is one of the causes, so it needs to be rejuvenated. This rejuvenation serves to make the asphalt soft so that it has the ability to bind aggregates. Long acidification affects marshall mix performance, due to the process of activating bitumen on Asbuton, so that the aggregate is evenly covered. One of the additives that can be used is gondorukem (bio-additive). The purpose of the study was to know the characteristics of Marshall concrete asphalt mixture based on the length of acidification and the addition of gondorukem (bio-additive). his study used 4.5% rejuvenating material, 25% Asbuton, bio-additive gondorukem with variations of 0%, 1%,2%,3% and optimum asphalt content of 7.5%. The variation in the time of mixing is 0 days, 6 days, 12 days and 18 days. The results showed the length of acidification and the percentage of addition of bio-additives (gondorukem) influenced the characteristics of Marshall concrete asphalt mixture. The best characteristics are obtained by a length of 12 days of acidification and the addition of bio-additives (gondorukem) by 2%.</i>
Diperbaiki	11 Agustus 2021	
Disetujui	13 Agustus 2021	

Keywords: Asbuton, mixed performance, curing time, bio-additive (gondorukem), Marshall characteristics.

Abstrak
Campuran aspal dengan Asbuton mempunyai yang lebih rendah dari pada campuran dengan aspal minyak. Kandungan aspal yang tidak homogen pada mineral Asbuton bersifat keras merupakan salah satu penyebab, sehingga perlu diremajakan. Peremajaan ini berfungsi untuk membuat aspal menjadi lunak sehingga mempunyai kemampuan untuk mengikat agregat. Lama pemeraman berpengaruh terhadap kinerja Marshall campuran, karena terjadi proses pengaktifkan bitumen pada Asbuton, sehingga agregat terselimuti secara merata. Salah satu aditif yang dapat digunakan adalah gondorukem (bio-aditif). Tujuan penelitian mengetahui karakteristik Marshall campuran aspal beton berdasarkan lama pemeraman dan penambahan gondorukem (bio-aditif). Penelitian ini menggunakan 4.5% bahan peremaja, 25% Asbuton, bio-aditif gondorukem dengan variasi 0%, 1%, 2%, 3% serta kadar aspal optimum 7.5 %. Variasi waktu pemeraman campuran yaitu 0 hari, 6 hari, 12 hari dan 18 hari. Hasil penelitian menunjukkan lama pemeraman dan persentase penambahan bio-aditif (gondorukem) berpengaruh terhadap karakteristik Marshall campuran aspal beton. Karakteristik terbaik didapat dengan lama pemeraman 12 hari dan penambahan bio-aditif (gondorukem) sebesar 2%.

Kata kunci: Asbuton, kinerjacampuran, waktupemeraman, bio-aditif (gondorukem), karakteristik Marshall.

1. Pendahuluan

Aspal Buton (Asbuton) adalah aspal alam yang terkandung dalam deposit batuan yang terdapat di Pulau Buton dan sekitarnya. Kadar aspal yang terkandung dalam Asbuton bervariasi, antara 10 - 40%. Jumlah deposit Asbuton mencapai sekitar 650 juta ton, dengan potensi sumber daya alam yang begitu besarnya, Indonesia masih belum bisa untuk mencukupi kebutuhan aspal dalam negeri. Ini disebabkan karena Asbuton, sebagai bahan baku pembuatan konstruksi jalan, masih belum banyak digunakan. Penyebabnya adalah proses penggunaan Asbuton dalam campuran aspal beton memerlukan perlakuan dan waktu yang lama. Aspal dalam Asbuton baru mempunyai kemampuan mengikat setelah dilakukan peremajaan melalui pemeraman

[1]. Disamping itu campuran aspal dengan Asbuton mempunyai kualitas yang lebih rendah dari pada campuran dengan aspal minyak. Kandungan aspal yang tidak homogen pada mineral Asbuton dan bersifat keras, sehingga perlu diremajakan. Peremajaan ini berfungsi untuk membuat aspal menjadi lunak sehingga mempunyai kemampuan untuk mengikat agregat, [2]. Kualitas campuran aspal dapat ditingkatkan dengan menggunakan aditif. Penggunaan getah pinus (Gondorukem) sebagai bahan bio-aspal dalam campuran aspal menghasilkan kualitas campuran yang baik dan memenuhi standar berlaku sebagai campuran untuk perkerasan jalan. Nilai stabilitas Marshall mencapai 209,6 kg, menunjukkan kemampuan untuk menerima beban lalu lintas

yang tinggi [3]. Aplikasi aditif *Wetfix-Be* pada campuran aspal menggunakan Asbuton, memberikan hasil terbaik pada campuran dengan komposisi Asbuton 25%, aditif 0,3%, dan bahan peremaja 4,5% dengan nilai stabilitas sebesar 871 kg, *Marshall quotient* sebesar 272,3 kg/mm, *flow* sebesar 3,2 mm, VMA sebesar 20,14%, VIM sebesar 5,67%, VFA sebesar 71,84% [4]. Adapun aplikasi aditif gondorukem pada campuran *asphalt concrete binder course* (AC-BC), penetrasi 60/70 dengan pengaruh bahan tambah gondorukem terhadap berbagai variasi 1%, 2%, 3% dan 5%, memberikan hasil titik lembeknya meningkat sedangkan penetrasinya mengalami penurunan [5]. Aplikasi bahan peremaja yaitu flux butas buatan, yang terdiri dari solar + oli bekas SAE W 20-50 dengan campuran aspal menggunakan Asbuton dan Sifat *Marshall* campuran HRA dapat disimpulkan bahwa nilai VFVA sebesar 81,759%, VITM sebesar 5,545%, stabilitas sebesar 176,415 kg, *Flow* sebesar 3,556 mm, *Marshall quotient* sebesar 49,611 kg/mm diperoleh pada lama pemeraman hari ke 12 [6].

Peningkatan kinerja campuran aspal dengan Asbuton perlu ditingkatkan, sebagai upaya menarik pelaku konstruksi jalan dalam menggunakan Asbuton. Salah satu cara adalah melakukan penelitian dengan menggunakan bahan tambah atau perlakuan terhadap campuran misalnya pemeraman. Penelitian difokuskan untuk mengatasi kekurangan Asbuton, terutama dalam hal pengaktifan aspal dalam mineral Asbuton dan peningkatan kualitasnya. Dalam hal pengaktifan aspal, perlu dilakukan riset tentang lama waktu optimum pemeraman. Sedangkan dalam rangka meningkatkan kualitas, perlu dilakukan inovasi dengan menggunakan aditif.

Diperlukan solusi untuk mendapatkan bahan tambah (aditif) yang murah, mudah didapatkan dan ramah lingkungan. Penggunaan bio-aditif, seperti gondorukem, merupakan inovasi baru untuk mengurangi penggunaan bahan kimia hasil pabrikan. Sehingga secara tidak langsung dapat ikut serta memanfaatkan sumber daya hutan non kayu yang ramah lingkungan.

2. Metode

Bahan penelitian

Bahan yang digunakan untuk membuat campuran aspal dalam penelitian ini adalah Asbuton B5/20, bahan peremaja, agregat, dan Gondorukem.

Asbuton 5/20

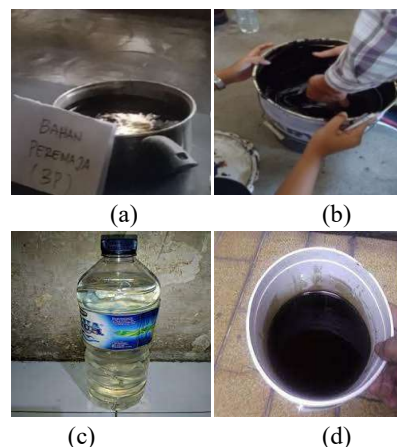
Ada dua jenis kandungan didalam Asbuton yaitu aspal (bitumen) dan mineral. Berdasarkan kandungan/kadar aspalnya terdapat beberapa jenis Asbuton. Dalam penelitian ini dipakai Asbuton type B5/20 (**Gambar 1**).



Gambar 1. Asbuton Type B5/20

Bahan Peremaja

Merupakan kombinasi campuran dari aspal, kerosene, dan Bunker Oil (BO) diaduk dalam mesin pencampuran menjadi satu kesatuan (**Gambar 2**).



Gambar 2. (a) Bahan Peremaja dan bahan campurannya: (b) Aspal pen 60/70, (c) Kerosene, (d) Bunker Oil/ BO.

Agregat

Merupakan agregat pecah dari mesin pemecah batu (*stone crusher*) yang bersumber dari *quarry* batu andesit akibat letusan Gunung Rinjani. Agregat pecah tersebut merupakan batuan padat dengan ukuran yang disesuaikan kebutuhan spesifikasi. Terdiri dari agregat kasar (AK), agregat medium (AM), dan agregat halus (AH) dengan ukuran saringan maksimum berturut-turut 3/4", 1/2" dan no. 4" (**Gambar 3**).

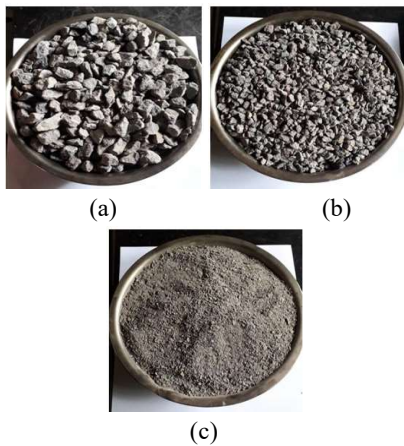
Gondorukem

Gondorukem merupakan residu yang tertinggal yang diperoleh dari getah pinus, selain itu ada produk tambahan berupa minyak terpentin (**Gambar 4**). [7].

Cara pembuatan benda uji

Untuk memproduksi campuran aspal dingin, agregat yang telah memenuhi spesifikasi, dicampur sehingga sesuai campuran aspal dingin. Agregat disiapkan dengan cara proporsional yaitu dengan memproporsikan berdasarkan gradasi yang ideal [8]. Penggunaan BP dalam penelitian ini sebesar 4,5%, proporsi Asbuton ini sebesar 25% sesuai

penelitian yang dilakukan terdahulu. Proses pemeraman 0 hari, 6 hari, 12 hari, 18 hari dengan variasi penambahan bioaditif gondorukem yaitu 0%, 1%, 2%, dan 3%. Pencampuran dilakukan dalam keadaan panas. Agregat dan modifier dipanaskan lalu dicampur dengan Asbuton yang dingin. Setelah material tercampur mencapai suhu ruang (30°C), dilakukan pemeraman dengan variasi 0 hari, 6 hari, 12 hari, dan 18 hari, pencampuran yang sudah diperam kemudian siap cetakan (mold) untuk campuran yang sudah di peram, tuangkan campuran tersebut dalam cetakan, lalu tusuk pada bagian sisi sebanyak 15 kali dan 10 kali dibagian tengah, setelah itu dipadatkan 2x50 tumbukan *Marshall* sesuai sifat-sifat campuran lataston Bina Marga 2018 (**Gambar 5**).



Gambar 3. (a) Agregat Kasar, (b) Agregat Medium, (c) Agregat Halus



Gambar 4. Gondorukem

Cara pengujian karakteristik volumetrik dan mekanik

Pengujian karakteristik volumetrik

Pemeriksaan volumetrik diawali dengan pembersihan kotoran yang menempel pada benda uji tersebut. Termasuk kertas pelapis benda uji yang menempel. Berikan label pada masing-masing benda uji, kemudian mengukur diameter dan tinggi pada benda uji menggunakan jangka sorong (ketelitian 0.1 mm). Setelah itu Timbang tiap benda uji kemudian direndam dalam air untuk mendapat berat benda uji dalam air. Setelah mendapatkan berat dalam air, timbang lagi benda uji tersebut untuk mendapat berat kering permukaan jenuh. Proses pengujiannya seperti terlihat pada **Gambar 6**.



Gambar 5. Proses Pembuatan Benda uji; (a) Penimbangan material campuran; (b) Material sesuai proporsi; (c) Penimbangan aspal; (d) Campuran aspal; (e) Pemeraman campuran; (g) Pemadatan campuran



Gambar 6. Proses Pengujian Volumetrik

Pengujian karakteristik mekanik

Untuk benda uji campuran aspal dingin, masukan benda uji kedalam bak perendam (*water bath*) minimum 2 jam dengan suhu tetap (25±1)°C, keluarkan benda uji dari bak perendam dan letakkan kedalam segmen bawah kepala penekan dengan catatan bahwa waktu yang diperlukan tidak boleh lebih 30 detik dari saat diangkatnya benda uji dari bak perendaman. Pasang segmen atas dan letakkan keseluruhannya dalam mesin penguji, pasang arloji pengukur pelelehan (*flow*), sebelum pembebanan, atur jarum arloji tekan pada kedudukan angka nol. Kemudian berikan pembebanan pada

benda uji sampai pembebanan maksimum, yang ditunjukkan oleh jarum arloji tekan. Catat pembebanan maksimum dan kelelahan *flow*. **Gambar 7** menunjukkan proses pengujian campuran aspal.



Gambar 7. Proses Pengujian *Marshall*

Cara analisis dalam perhitungan karakteristik volumetrik dan mekanik

Perhitungan volumetrik

Rongga pori diantara mineral agregat (*VMA*) dapat dihitung menggunakan rumusan (1) [9].

$$VMA = 100 - \frac{Gmb \times Ps}{Gsb} \quad (1)$$

dengan:

VMA = Volume pori diantara agregat dalam campuran

Gsb = Berat jenis bulk agregat

Gmb = Berat jenis bulk campuran padat

Ps = Kandungan agregat, persen terhadap total campuran (%)

Rongga pori dalam campuran beraspal (*VIM*) dapat dihitung menggunakan rumusan berikut [9].

$$VIM = 100 \times \left(\frac{Gmm - Gmb}{Gmm} \right) \quad (2)$$

dengan:

VIM = Volume pori dalam campuran aspal padat

Gmm = Berat jenis maksimum dari campuran aspal yang belum dipadatkan

Gmb = Berat jenis bulk campuran padat

Rongga pori yang terisi aspal (*VFB*) dapat dihitung menggunakan rumusan (3) [9]:

$$VFB = 100 \times \left(\frac{VMA - VIM}{VMA} \right) \quad (3)$$

dengan :

VFB = Volume pori yang terisi aspal, persen dari *VMA*

VMA = Volume pori diantara mineral agregat, persen dari volume bulk campuran

VIM = Rongga di dalam campuran, persen total campuran

Perhitungan mekanik

Nilai Stabilitas dan Kelelahan (*Flow*) diperoleh berdasarkan nilai masing-masing benda uji yang ditunjukkan oleh jarum dial. Untuk nilai stabilitas, nilai yang ditunjukkan jarum dial perlu dikonversikan terhadap alat *Marshall*

dengan satuan kilogram. Nilai *flow* diperoleh seperti halnya cara memperoleh nilai stabilitas berdasarkan nilai masing-masing benda uji yang ditunjukkan oleh jarum dial, dalam satuan mm (milimeter). *Marshall Quotient* Perhitungan nilai MQ dapat dilakukan dengan menggunakan rumusan (4) [10].

$$P = \frac{M}{N} \quad (4)$$

dengan:

P = *Marshall Quotient* (Kg/mm)

M = Stabilitas (Kg)

N = *Flow* (mm)

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil pemeriksaan karakteristik material campuran aspal

Pengujian Material Agregat

Hasil pengujian material yaitu pengujian agregat kasar 3/4", agregat medium 3/8", agregat halus dapat di lihat pada **Tabel 1**.

Hasil Pemeriksaan Campuran Beraspal

Penentuan Bahan Peremaja (*BP*) Optimum

Sifat Campuran beraspal yang diperiksa untuk mendapatkan *BP* optimum adalah *void in mineral aggregate* (*VMA*), *void in mix* (*VIM*), *void fill bitumen* (*VFB*), stabilitas, *flow* dan *marshall quotient*. Setelah dilakukan evaluasi terhadap persyaratan campuran, maka didapatkan *BP* optimumnya adalah 4,5% karena seluruh sifatnya memenuhi syarat seperti terlihat pada **Tabel 4**.

Sifat Volumetrik Benda Uji

Hasil pengujian sifat volumetrik dengan penambahan bio-aditif (*Gondorukem*) 0%, 1%, 2%, 3% dan variasi pemeraman 0 hari, 6 hari, 12 hari, dan 18 hari dapat di lihat pada **Tabel 5**.

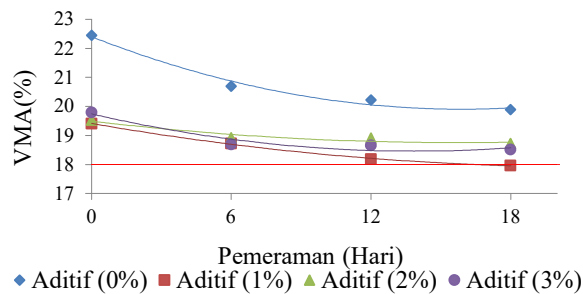
Pengaruh lama pemeraman terhadap sifat volumetrik

Pencampuran dilakukan dalam keadaan panas baik agregat dan modifier, selesai dipanaskan lalu dicampur dengan *Asbuton* yang dingin. Setelah masing-masing material tercampur mencapai suhu ruang (30°C), baru dilakukan pemeraman, kemudian siapkan cetakan (*mold*) untuk campuran yang sudah di peram.

Voids in the Mineral Agregat (*VMA*)

Pada **Gambar 8** terlihat bahwa semakin tinggi prosentase bio-aditif dengan lama pemeraman yang sama, nilai *VMA* semakin kecil. Terjadinya penurunan *VMA* ketika ditambahkan aditif karena kecilnya jumlah aspal yang mengisi rongga dalam campuran mengalami penurunan.

Sehingga lapisan kurang mengikat agregat akibatnya perkerasan mudah terjadi *stripping* [11].

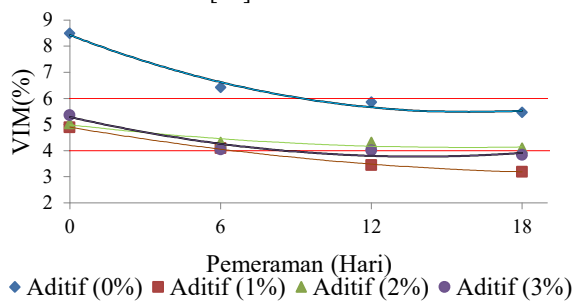


Gambar 8. Hubungan waktu pemeraman terhadap VMA campuran dengan penambahan aditif 0%, 1%, 2%, dan 3%

Lama pemeraman juga berpengaruh terhadap nilai VMA. Pada **Gambar 8**, ditunjukkan bahwa semakin lama dilakukan pemeraman, maka VMA semakin kecil. Hal ini disebabkan oleh lama pemeraman, bitumen pada asbuton mengikat butiran agregat semakin menurun sehingga sifat kekedapan, keawetan juga semakin rendah [11]. Dari hasil penelitian ini nilai VMA yang tidak memenuhi adalah pemeraman 18 hari dengan penambahan bio-aditif 1% sebesar 17,97%, disyaratkan min 18 % [8].

Voids in Mix (VIM)

Pada **Gambar 9** terlihat bahwa semakin tinggi prosentase bio-aditif dengan lama pemeraman yang sama, nilai VIM semakin kecil. Terjadinya peningkatan VIM ketika ditambahkan aditif diakibatkan oleh penambahan bio-aditif cenderung menurun, sifat kekedapan udara dan air meningkat, akan tetapi meningkatkan potensi *bleeding* karena bahan ikat akan mencair dan naik kepermukaan apabila menerima beban lalu lintas [11].



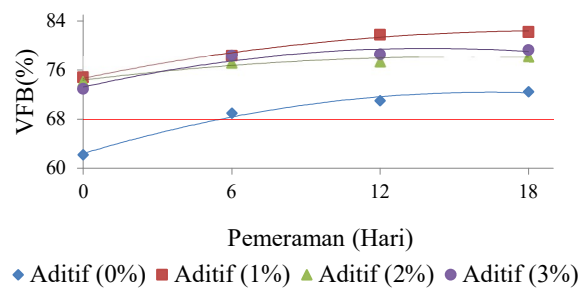
Gambar 9. Hubungan waktu pemeraman terhadap VIM campuran dengan penambahan aditif 0%, 1%, 2%, dan 3%

Lama pemeraman juga berpengaruh terhadap nilai VIM. Pada **Gambar 10**, ditunjukkan bahwa semakin lama dilakukan pemeraman, maka VIM semakin kecil. Hal ini disebabkan oleh semakin sedikitnya bitumen yang aktif dalam mengisi rongga antar agregat, tingkatan kekakuan tinggi, saat

menerima beban lalu lintas akan mudah retak-retak (*cracking*) [6]. Dari hasil penelitian ini pemeraman 0-6 hari dengan bio-aditif 0% berturut-turut sebesar 8,5%, 6,4%, pemeraman 18 hari dengan bio-aditif 1% dan 3% sebesar 3,2%, 3,8%, disyaratkan 4% - 6%, [8].

Voids Fill With Bitumen (VFB)

Pada **Gambar 10** terlihat bahwa semakin tinggi prosentase bio-aditif dengan lama pemeraman yang sama, nilai VFB semakin meningkat. Disebabkan prosentase rongga didalam campuran yang terisi aspal mengalami peningkatan seiring bertambahnya proporsi bio-aditif, nilai VFB meningkat sering terjadi *bleeding* pada saat temperatur tinggi [11].



Gambar 10. Hubungan waktu pemeraman terhadap VFB campuran dengan penambahan aditif 0%, 1%, 2%, dan 3%

Lama pemeraman juga berpengaruh terhadap nilai VFB. Pada **Gambar 10**, ditunjukkan bahwa semakin lama dilakukan pemeraman, maka VFB semakin meningkat. Disebabkan nilai VFB yang besar menunjukkan agregat terselimuti aspal, lebih kedap air dan tidak mudah teroksidasi yang pada akhirnya akan meningkatkan durabilitas campuran dan jumlah aspal yang mengisi rongga semakin banyak sehingga kekedapan pada campuran akan meningkat. Nilai VFB yang terlalu besar akan mengakibatkan terjadinya *bleeding* pada saat temperatur tinggi, yang disebabkan VIM yang terlalu kecil [11]. Dari hasil penelitian ini yang tidak memenuhi pemeraman 0 hari pada penambahan bio-aditif 0% sebesar 62%, disyaratkan min 68% [8].

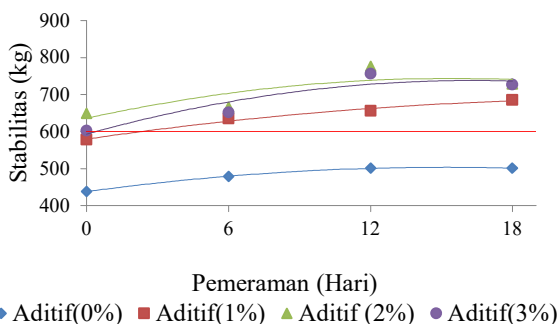
Sifat Mekanis Benda Uji

Hasil pengujian sifat mekanik dengan penambahan bio-aditif 0%, 1%, 2%, 3% dan variasi pemeraman 0 hari, 6 hari, 12 hari, dan 18 hari dapat dilihat pada **Tabel 6**.

Pengaruh lama pemeraman terhadap sifat mekanik Stabilitas(kekuatan)

Pada **Gambar 11** terlihat bahwa semakin tinggi prosentase bio-aditif dengan lama pemeraman yang sama, nilai stabilitas semakin besar. Terjadinya peningkatan stabilitas karena dapat mengisi rongga-rongga dalam campuran menyebabkan *interlocking* semakin baik, viskositas aspal

tinggi menjadi lebih kaku dan rapat sehingga tidak bergelombang, alur (*rutting*) maupun mengalami *bleeding* [6].

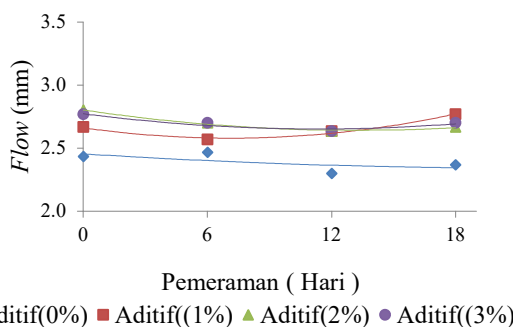


Gambar 11. Hubungan waktu pemeraman terhadap stabilitas campuran dengan penambahan aditif 0%, 1%, 2%, dan 3%

Lama pemeraman juga berpengaruh terhadap nilai stabilitas. Pada **Gambar 11**, ditunjukkan bahwa semakin lama dilakukan pemeraman, maka stabilitas meningkat. Hal ini disebabkan oleh bitumen pada Asbuton aktif dengan baik dalam mengikat agregat menyebabkan *interlocking* sehingga mampu menahan beban lalu lintas [6]. Dari hasil penelitian ini nilai stabilitas yang tertinggi pada pemeraman 12 hari dengan bio-aditif 2% sebesar 776,25 kg, disyaratkan min 600 kg [8].

Flow (Kelelahan)

Pada **Gambar 12** terlihat bahwa semakin tinggi prosentase bio-aditif dengan lama pemeraman yang sama, nilai *flow* mengalami penurunan kemudian naik lagi nilai *flow*. Nilai *flow* rendah disebabkan semakin tinggi nilai penyerapan sehingga aspal yang menyelimuti agregat menjadi tipis sebaliknya nilai *flow* tinggi disebabkan campuran menjadi semakin plastis sehingga besarnya deformasi pada saat menerima beban meningkat [6].

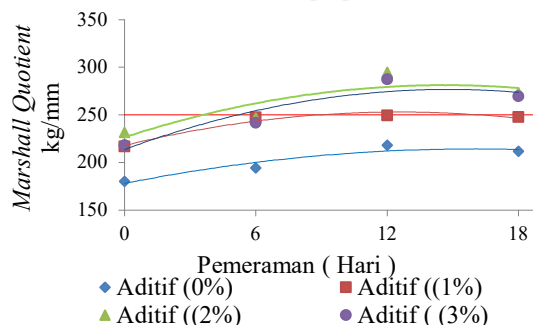


Gambar 12. Hubungan waktu pemeraman terhadap *flow* campuran dengan penambahan aditif 0%, 1%, 2%, dan 3%.

Lama pemeraman juga berpengaruh terhadap nilai *flow*. Pada **Gambar 12**, ditunjukkan bahwa semakin lama dilakukan pemeraman, maka *flow* mengalami penurunan kemudian naik lagi nilai *flow*. Hal ini disebabkan oleh nilai *flow* mengalami penurunan dari 0% sampai 2%, disebabkan dalam campuran meningkat kerapatannya sedangkan *fleksibilitas* menurun sehingga cenderung bersifat getas. Nilai *flow* yang naik dari 2% sampai 3% menyebabkan nilai *flow* bersifat plastis, bitumen pada asbuton mulai mengikat agregat sehingga terselimuti [6].

Marshall Quotient (MQ)

Pada **Gambar 13** terlihat bahwa semakin tinggi prosentase aditif dengan lama pemeraman yang sama, nilai *marshall quotient* semakin meningkat. Terjadinya peningkatan *marshall quotient* diakibatkan oleh bertambahnya bio-aditif gondorukem sehingga kohesi antar agregat meningkat, campuran menjadi kaku, sebaliknya *marshall quotient* rendah menunjukkan perkerasan mengalami deformasi yang besar bila menerima beban lalu lintas [11].



Gambar 13. Hubungan waktu pemeraman terhadap *marshall quotient* campuran dengan penambahan aditif 0%, 1%, 2%, 3%

Lama pemeraman juga berpengaruh terhadap nilai *marshall quotient*. Pada **Gambar 13**, ditunjukkan bahwa semakin lama dilakukan pemeraman, maka *marshall quotient* meningkat. Hal ini disebabkan oleh nilai MQ meningkat mengindikasikan kemampuan campuran bitumen di asbuton dalam merespon cepat saat diberikan beban lalu lintas [6]. Dari hasil penelitian ini nilai MQ yang tertinggi pada pemeraman 12 hari dengan bio-aditif 2% sebesar 274,98 kg/mm, disyaratkan min 250 kg/mm [8].

4. Simpulan

Dari hasil penelitian ini yaitu mengenai pengaruh lama pemeraman Asbuton dengan menggunakan bio-aditif (Gondorukem) pada prosentase 0%, 1%, 2%, 3% dan bahan peremaja pada campuran dingin. Dengan sifat volumetrik yaitu nilai VMA yang tidak memenuhi persyaratan pada bio-aditif 0% pada pemeraman 18 hari, nilai VIM tidak

memenuhi persyaratan pada bio-aditif 0% pada pemeraman 0 hari, 6 hari sedangkan penambahan bio-aditif 1% tidak memenuhi persyaratan 12 hari, 18 hari dan penambahan bio-aditif 3% tidak memenuhi persyaratan 18 hari, nilai VFB tidak memenuhi persyaratan pada bio-aditif 0% pada pemeraman 0 hari. Nilai sifat *Marshall* pada *Stabilitas* memenuhi persyaratan pada penambahan bio-aditif 2%, lama pemeraman 12 hari, *Marshall Quotient* yang memenuhi persyaratan pada penambahan bio-aditif 2%, lama pemeraman 12 hari. Jadi pengaruh penggunaan Asbuton dengan penambahan bio-aditif dan bahan peremaja sebagai bahan ikat dalam campuran aspal dingin ternyata mempunyai karakteristik *Marshall* yang terbaik didapat pada pemeraman 12 hari dan 2% bio-aditif.

Daftar Pustaka

- [1] A. Junaidi, "Pengaruh Variasi Diameter Butiran Asbuton dan Waktu Pemeraman Terhadap Karakteristik Campuran Asbuton Agregat secara Dingin," Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil UGM, Yogyakarta, 1994.
- [2] Simanungkalit P.G.R, "Tinjauan Terhadap Asbuton Salah Satu Bahan dalam Konstruksi Perkerasan Jalan," in *Konferensi Tahunan Teknik Jalan Ke-1, Departemen Pekerjaan Umum*, 1986.
- [3] R. Yuniarti, "Modifikasi Aspal Dengan Getah Pinus Dan Fly Ash Untuk Menghasilkan Bio-Aspal," *J. Sains Teknol. Lingkungan*, vol. 1, no. 2, 2015.
- [4] I. G. Mardawa, "Karakteristik Marshall pada Campuran Aspal Dingin dengan Asbuton Akibat Dari Penggunaan Aditif Wetfix-BE," *Sains Teknol. dan Lingkungan*, vol. 6, no. 1, pp. 50–60, 2020.
- [5] S. Rianung, "Kajian Laboratorium Pengaruh Bahan Tambah Gondorukem pada Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC) Terhadap Nilai Propertis Marshall dan Durabilitas," Tugas Akhir, Universitas Diponegoro, Semarang, Semarang, 2007.
- [6] W. T. Kusdiyanto, "Penelitian Pengaruh Lama Pemeraman Asbuton Menggunakan Flux Butas Buatan Sebagai Bahan Peremaja Terhadap HRA dengan Campuran Secara Dingin," Tugas Akhir, JTS FTSP Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, 2000.
- [7] I. W. Kuspradini, H., Rosamah, E., Sukaton, E., Arung, E. T, dan Kusuma, *Pengenalan Jenis Getah Gum Laktis-Resin*. Cetakan pertama, Samarinda: Mulawarman University Press, 2016.
- [8] Kementerian Pekerjaan Umum, "Direktorat Jenderal Bina Marga," *Spesifikasi Umum, Sep.2018*.
- [9] S. Sukirman, *Beton Aspal Campuran Panas*, 3rd ed. Bandung: Institut Teknologi Nasional, 2016.
- [10] S. Sukirman, *Beton Aspal Campuran Panas*, 1st ed. Jakarta: Granit, 2003.
- [11] M. B. Iqbal, "Pengaruh Retona (P 6014 POWDER) Terhadap Karakteristik Campuran Marshall pada KAO," Tugas Akhir, JTS FTSP Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, 2005.

Tabel 1. Hasil Pengujian Material Agregat

Variabel pengujian	Metode pengujian	Hasil pemeriksaan	Spesifikasi
Keausan dengan mesin Los Angeles Abrasion Gumpalan Lempung	SNI 2417: 2008	19.10%	maks. 40%
AK 3/4 "	SNI 4141 : 2005	0.20%	maks. 1 %
AM 3/8 "		0.23%	maks. 1 %
Halus		0.17%	maks. 1%
Ketahanan (Soundness tes)	SNI 3407 : 2008	3.86%	maks. 10 %
AK 3/4 "		4.29%	maks. 10 %
AM 3/8 "		4.22%	maks. 10%
Halus	SNI 2439: 2008	98.70%	min. 95%
Kelekatan agregat terhadap aspal		2.80%	maks. 5%
Indek kepipihan agregat (%)	ASTM D4791-10	2.80%	maks. 5%
Berat Jenis (<i>Bulk Specific Gravity</i>). (gr/cc)	SNI -03-1969-1990	2.688 gr/cc	Min.2.5
AK 3/4 "		2.675 gr/cc	
AM 3/8 "		2.744 gr/cc	
Halus	SNI-03-1968-1990	2.732 gr/cc	Min.2.5
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (<i>Saturated Surface Dry</i>). (gr/cc)		2.718 gr/cc	
AK 3/4 "		2.765 gr/cc	
AM 3/8 "	SNI-03-1968-1990	2.812 gr/cc	Min.2.5
Halus		2.795 gr/cc	
Berat Jenis Semu (<i>Apparent Specific Gravity</i>). (gr/cc)		2.802 gr/cc	
AK 3/4 "	SNI -03-1969-1990	1.643%	Maks. 3%
AM 3/8 "		1.610%	
Halus		0.746%	
Penyerapan, (%)	SNI -03-1969-1990	1.105%	Maks. 3%
AK 3/4 "		1.385%	
AM 3/8 "		1.330%	
Halus			

Tabel 2. Hasil Pengujian Ekstraksi Asbuton

Pengujian Ekstraksi			
Jenis material : Asbuton B 5/20			
A	Berattalam dan campuranaspal		879.3 Gr
B	Berattalam dan unsur material setelah di ekstraksi		739.3 Gr
C	Berattalam		173.2 Gr
D	Beratsebelum di ekstraksi	(A - C)	706.1 Gr
E	Beratsesudah di ekstraksi	(B - C)	566.1 Gr
F	Berat kertas filter dan unsur material		16.7 Gr
G	Berat kertas filter		14.8 Gr
H	Tambahan material pada kertas	(F - G)	1.9 Gr
I	Berat mangkok dan abu		144.2 Gr
J	Berat mangkok		140.0 Gr
K	Beratabu pada mangkok	(I - J)	4.2 Gr
L	Berat unsur material keseluruhan	(E + H + K)	572.2 Gr
M	Berataspal dalam campuran	(D - L)	140.0 Gr
N	% Aspal dalam campuran	100 M/D	19.83%

Tabel 3. Pengujian Aspal Pen 60/70

No	Karakteristik	Persyaratan	Hasil
1	Penetrasi: 25 °C :100gr 5 detik:0,1 mm	60-79	62.4
2	Titik Lembek : °C	≥ 48 °C	51.5
3	Titik Nyala : °C	≥ 232 °C	308
4	Daktilitas : 25 °C :mm	≥ 100 °C	140 cm
5	Berat Jenis	≥ 1.0 °C	1.040
6	Kehilangan Berat (%), (163 °C, 5 jam)	≤ 0.8 °C	0.048%
7	Penetrasi setelah kehilangan berat : 25 °C :100gr 5 detik:0,1 mm	≥ 54 °C	55.2
8	Daktilitas setelah kehilangan berat : 25 °C :mm	≥ 100	130

Tabel 4. Hasil Penentuan untuk mendapatkan kadar BP optimum.

Bahan Peremaja (%)	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	Spesifikasi
Unit Weight (gr/cm ³)	2.234	2.246	2.263	2.254	2.241	min 2.00
Stability (kg)	746.1	775.7	871	811.8	759.2	min 600
Flow (mm)	3.37	3.33	3.2	3.23	3.4	min 3.00
M Q kg / mm	221.6	232.9	272.3	251.1	223.5	min 250
VIM (%)	7.85	6.87	5.67	5.56	4.19	4.0 - 6.0
VM A (%)	20.65	20.48	20.14	20.71	20.92	min 18
VFA (%)	61.96	66.46	71.84	73.18	79.96	min 68

Tabel 5. Hasil Pemeriksaan Sifat Volumetrik Campuran Aspal

Sifat Marshall	Kadar aditif (%)	Lama Permeraman			
		0 Hari	6 Hari	12 Hari	18 Hari
VMA min 18	0%	22	21	20	20
	1%	19.40	18.72	18.19	17.97
	2%	19.53	18.92	18.92	18.73
	3%	19.80	18.69	18.66	18.52
VIM 4.0 - 6.0	0%	8.5	6.4	5.9	5.5
	1%	4.9	4.1	3.5	3.2
	2%	5.0	4.3	4.3	4.1
	3%	5.4	4.1	4.0	3.8
VFB min 68	0%	62	69	71	73
	1%	74.86	78.34	81.80	82.24
	2%	74.20	77.20	77.37	78.20
	3%	72.94	78.37	78.53	79.29

Tabel 6. Hasil Pemeriksaan sifat Mekanis Uji *Marshall*

Sifat Marshall	Kadar aditif (%)	Lama Permeraman			
		0 Hari	6 Hari	12 Hari	18 Hari
<i>Stabilitas</i> (kg) min. 600	0%	438	479	501	501
	1%	577.72	634.80	656.01	685.33
	2%	648.70	666.04	776.25	728.25
	3%	602.86	652.23	756.14	727.27
<i>Flow</i> (mm) -	0%	2.4	2.5	2.3	2.4
	1%	2.7	2.6	2.6	2.8
	2%	2.8	2.7	2.6	2.7
	3%	2.8	2.7	2.6	2.7
<i>Marshall Quotient</i> (Kg/mm) min. 250	0%	180	194	218	212
	1%	216.65	247.33	249.12	247.71
	2%	231.68	246.68	294.78	273.09
	3%	217.90	241.57	287.14	269.36