

POTENSI BIOASPAL PADA BAHAN DAUR ULANG ASPAL DAN CAMPURAN BERASPAL HANGAT

Atmy Verani Rouly Sihombing
Fakultas Teknik Sipil dan
Lingkungan
Institut Teknologi Bandung
Jln. Ganesha No.10
Bandung 40132
atmyvera@gmail.com

Bambang Sugeng Subagio
Fakultas Teknik Sipil dan
Lingkungan
Institut Teknologi Bandung
Jln. Ganesha No.10
Bandung 40132
bsugeng@trans.si.itb.ac.id

Eri Susanto Hariyadi
Fakultas Teknik Sipil dan
Lingkungan
Institut Teknologi Bandung
Jln. Ganesha No.10
Bandung 40132
erisdi@yahoo.com

Abstract

Bioasphalt are asphalt produced from non-food ingredients which can be renewed. In addition to being used as a binder in asphalt mixture, since it is derived from lignin-containing biomass, bioasphalt also has the potential as rejuvenator for a mixture containing reclaimed asphalt pavement as well as additive for warm mixed asphalt technology due to its rheological properties that can reduce mixing temperatures up to 20°C. America, Europe, Japan and Australia have started their research on bioasphalt since the last few years. Indonesia itself can produce bioasphalt from coconut shells, but the research related to bioasphalt potency in paved mixture technology is still very limited. To prove the potential of bioasphalt, research needs to be done by evaluating the performance of bioasphalt available in Indonesia as a rejuvenator in Hot Mix Asphalt containing Reclaimed Asphalt Pavement and as an additive for warm mixed asphalt technology.

Keywords: bioasphalt, hot mix asphalt, reclaimed asphalt pavement, warm mix asphalt

Abstrak

Bioaspal adalah aspal yang dihasilkan dari bahan nonmakanan dan dapat diperbaharui. Selain dapat digunakan sebagai bahan pengikat campuran beraspal, karena berasal dari biomassa yang mengandung lignin, bioaspal juga berpotensi sebagai bahan peremaja untuk campuran yang mengandung *reclaimed asphalt pavement* serta sebagai bahan tambah untuk teknologi campuran beraspal hangat karena sifat reologinya yang dapat menurunkan temperatur pencampuran hingga 20°C. Amerika, Eropa, Jepang, dan Australia telah memulai penelitian terhadap bioaspal sejak beberapa tahun belakangan. Indonesia sendiri sudah dapat menghasilkan bioaspal yang berasal dari tempurung kelapa, hanya saja penelitian terkait potensi bioaspal pada teknologi campuran beraspal masih sangat minim. Untuk membuktikan potensi bioaspal tersebut, perlu dilakukan penelitian dengan mengevaluasi kinerja bioaspal yang ada di Indonesia sebagai bahan peremaja pada campuran beraspal panas yang mengandung *reclaimed asphalt pavement* dan sebagai bahan tambah penurun temperatur pencampuran untuk teknologi campuran beraspal hangat.

Kata-kata kunci: bioaspal, campuran beraspal panas, *reclaimed asphalt pavement*, campuran beraspal hangat

PENDAHULUAN

Konstruksi jalan dengan perkerasan lentur hingga saat ini masih digunakan di Indonesia, dengan bahan pengikat yang dipakai adalah aspal. Aspal yang digunakan di Indonesia merupakan aspal minyak yang jumlahnya semakin menurun dan tidak dapat diperbaharui serta biaya produksinya yang relatif mahal. Kebutuhan aspal bagi infrastruktur jalan dari tahun 2011 hingga 2014, berturut-turut adalah 1,25 juta ton, 1,315 juta ton, 1,55

juta ton, dan 1,46 juta ton dan pemenuhan kebutuhan aspal dalam negeri hanya 50% sehingga sisanya dipenuhi melalui impor.

Penggunaan bahan daur ulang aspal dapat menjadi solusi dalam menekan kebutuhan aspal baru. Dengan dapat ditemukannya sumber daya baru yang dapat diperbaharui tentunya menjadi salah satu solusi bagi kebutuhan aspal.

Bioaspal adalah aspal yang dihasilkan dari bahan nonmakanan, yaitu residu pertanian dan limbah perkebunan, yang dapat diperbaharui. Bioaspal ini merupakan fraksi *bio oil* yang berasal dari biomassa yang mengandung lignin. Bioaspal yang ada di Indonesia saat ini adalah bioaspal yang terbuat dari limbah tempurung kelapa.

Beberapa penelitian menyebutkan bahwa lignin sebagai *polimer biological* berpotensi dalam memperlambat penuaan (antioksidan) perkerasan beraspal. Sementara Bioenergy (2009) mengatakan bahwa penggunaan bioaspal dapat menurunkan temperatur *hotmix* dan dapat mengurangi 20% biaya pengaspalan, serta menghemat sekitar 30% emisi gas rumah kaca. Karena itu, dapat dikatakan bahwa kegunaan bioaspal, selain dapat menggantikan aspal minyak 100% sebagai bahan pengikat, dapat digunakan sebagai bahan peremaja dan bahan tambah penurun temperatur pencampuran *Hot Mix Asphalt* (HMA). Untuk membuktikan potensi bioaspal tersebut, perlu dilakukan penelitian dengan mengevaluasi kinerja bioaspal yang ada di Indonesia sebagai bahan peremaja untuk *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP) pada HMA dan sebagai bahan tambah penurun temperatur pencampuran untuk teknologi campuran beraspal hangat *Warm Mix Asphalt* (WMA).

Bioaspal adalah suatu bahan alternatif aspal yang dibuat dari bahan nonpetroleum yang berbasis sumber daya terbarukan. Manfaat bioaspal, antara lain dapat digunakan sebagai pengganti aspal, dapat mengurangi penggunaan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui, dan dapat meningkatkan penggunaan bahan biomassa. Selain itu, bahan baku bioaspal lebih murah dan tersedia dalam jumlah yang memadai (Nindita, 2013).

Penelitian tentang bahan aditif aspal umumnya berasal dari fraksi *bio oil*. Bahan yang digunakan adalah bahan yang mengandung lignin, seperti jagung dan kayu oak. Proses yang dilakukan pada penelitian ini adalah proses pirolisis cepat (*fast pyrolysis*).

Bahan baku pembuat bioaspal dibagi menjadi 3 sumber, yaitu: (i) limbah industri (*cellulose waste, wood lignin, bottom ash dan fly ash*), (ii) limbah perkotaan (*scrap rubber dan waste tires*), dan (iii) limbah tambang (*coal mine refuse*). Di Indonesia sendiri, bahan baku pembuatan bioaspal yang sudah diproduksi secara industri terbuat dari tempurung kelapa, hanya saja bahan ini belum dapat dimanfaatkan karena belum teruji untuk dapat diaplikasikan langsung di lapangan karena masih diuji pada skala penelitian. Bioaspal lain yang juga masih diuji dalam skala penelitian dan belum diproduksi secara industri adalah bioaspal yang berasal dari limbah kelapa sawit, ampas tebu, dan serbuk kayu (Prayogo, 2010; Kusumawati, 2012; Nindita, 2013). Sementara di negara-negara maju di Amerika dan Eropa, beberapa bahan baku yang digunakan untuk membuat bioaspal adalah batang tumbuhan terung-terungan, rumput, *straw, olive pits, nut shells, miscanthus dan sorghum*,

swine waste, serta mikroalga. Pada skala industri bioaspal yang sudah terbukti manfaatnya bagi perkerasan jalan adalah bioaspal *hydrogreen* yang diproduksi di Amerika (Green Asphalt Technologies, LLC, 2011).

Bahan Daur Ulang Aspal

Sistem daur ulang perkerasan jalan mulai populer di negara maju tahun 1980-an, seiring dengan kesadaran banyak orang tentang pentingnya pelestarian alam. Agar sumber daya alam tidak cepat habis, agregat dan aspal yang berasal dari perkerasan lama perlu dihemat dan dipakai lagi dengan sistem daur ulang. Di Indonesia, daur ulang perkerasan jalan ini baru dimulai satu atau dua tahun yang lalu dengan adanya *trial* daur ulang ini pada jalan di Pantura Jawa oleh Direktorat Jenderal Bina Marga. Hasil dari penggarukan perkerasan lama dapat terdiri atas: (1) *Reclaimed Agregate Material* (RAM), yaitu material substandar yang didapat dari pembongkaran lapis pondasi perkerasan tanpa bahan pengikat, dan (2) *Recycled Asphalt Pavement* (RAP), yaitu material substandar butiran campuran beraspal yang diperoleh dari hasil *milling* atau lapisan beraspal lama.

Penerapan teknologi ini pada konstruksi perkerasan jalan, merupakan suatu bentuk kepedulian para peneliti dan praktisi perkerasan jalan terhadap masalah keterbatasan sumber daya alam dan isu-isu lingkungan yang menjadi perhatian dunia. Teknologi ini menggunakan material agregat dari lapis permukaan jalan yang sudah terbungkus aspal, yang dikenal dengan *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP) dan material agregat lapis pondasi yang tidak mengandung aspal, yang dikenal dengan *Reclaimed Aggregate Material* (RAM). Aspal yang sudah mengalami penuaan dari RAP, hanya sedikit yang berfungsi dengan baik, sedangkan sisanya membentuk lapisan yang kaku pada agregat RAP (Hajj et al., 2013).

Campuran Beraspal Hangat

Metode pencampuran aspal dapat dibedakan menjadi 3 kategori, yakni pencampuran panas (*Hot Mix Asphalt*, HMA), pencampuran hangat (*Warm Mix Asphalt*, WMA), dan pencampuran dingin (*Cold Mix Asphalt*, CMA), dengan metode yang paling banyak digunakan saat ini adalah pencampuran panas. Namun untuk beberapa alasan, HMA dianggap memiliki dampak negatif karena membutuhkan energi yang besar dan mempunyai dampak samping terhadap lingkungan, sehingga WMA dan CMA dapat dipertimbangkan untuk digunakan pada proses pembuatan campuran beraspal, dengan temperatur yang lebih rendah atau dengan tanpa pemanasan sama sekali. WMA diproduksi pada temperatur 100°C hingga 140°C, sedangkan CMA diproduksi tanpa proses pada temperatur ruang tanpa pemanasan sama sekali. Karena karakteristik akhir CMA sangat rentan terhadap proses pencampurannya, WMA diharapkan dapat menjadi jalan tengah antara HMA dan CMA untuk mendapatkan karakteristik campuran yang diinginkan.

WMA adalah campuran perkerasan yang proses pembuatan dan penghampirannya pada temperatur yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan HMA, tetapi dengan

karakteristik perkerasan yang sama ataupun lebih baik bila dibandingkan dengan HMA. Apabila HMA diproduksi pada temperatur 140-160°C, WMA dimungkinkan untuk dibuat pada temperatur 100-140°C.

PEMBAHASAN

Bioaspal sebagai Bahan Pengikat

Bioaspal merupakan aspal yang berasal dari biomassa yang mengandung lignin. Bioaspal dapat menggantikan aspal secara penuh sebagai bahan pengikat pada campuran beraspal. Pencampuran 2%, 5%, dan 10% bioaspal dengan aspal murni dapat meningkatkan kinerja aspal terhadap *rutting* pada temperatur rendah.

Penambahan bioaspal (2% dan 4% terhadap berat aspal) dapat menambah rentang *Performance Graded* (PG) pada temperatur yang rendah, menurunkan viskositas aspal dengan performa aspal yang meningkat, dilihat dari ketahanan terhadap *rutting* dan *stripping*, serta mengurangi kekakuan/*stiffness* (Green Asphalt Technologies, LLC, 2011). Penelitian yang dilakukan oleh Green Asphalt Technologies tersebut mengevaluasi campuran beraspal yang mengandung bioaspal, dengan menggunakan aspal minyak yang dicampur dengan variasi bioaspal (20%, 25,5%, 30%, dan 50%). Rangkuman hasilnya adalah:

- 1) Penggunaan bioaspal dapat meningkatkan ketahanan terhadap *rutting*. Selain itu, semua campuran tidak mengalami aliran tersier atau melewati titik balik pengupasan yang menunjukkan kerentanan kelembaban.
- 2) Penambahan anti *stripping* pada benda uji tanpa bioaspal (campuran konvensional) melampaui rasio kuat tarik 80%, dan hasilnya tidak terlalu jauh berbeda jika dibandingkan dengan campuran yang menggunakan bioaspal.
- 3) Penambahan bioaspal pada campuran mengurangi ketahanan fraktur pada temperatur menengah. Hal tersebut dapat saja terjadi karena pengaruh kekakuan bioaspal pada campuran.
- 4) Bioaspal meningkatkan kinerja campuran terhadap fraktur pada temperatur rendah.

Penggunaan bioaspal sebagai pengganti aspal minyak masih memerlukan penelitian lebih lanjut, dengan variasi penambahan bioaspal yang lebih tinggi.

Bioaspal sebagai Bahan Peremaja

Sumber bioaspal adalah biomassa yang memiliki kandungan lignin, yang merupakan zat yang keras, lengket, dan kaku. Lignin banyak terdapat pada kelompok kayu daun jarum, yaitu di atas 26%, sedangkan pada kayu daun lebar lignin biasanya kurang dari 26%.

Lignin adalah zat yang bersama-sama dengan selulosa merupakan salah satu sel yang terdapat dalam kayu. Lignin sangat banyak terkandung pada kayu-kayuan, dengan

komposisi kimia dan variasi biomassa (pohon, tanaman, perkebunan) yang ada akan menghasilkan jumlah lignin yang berbeda. Lignin juga merupakan rantai dengan karbon-karbon terikat dan ikatan lainnya yang terdiri atas jaringan yang dihubungkan dengan polisakarida yang terdapat di dalam dinding sel dan memiliki potensi sebagai antioksidan. Gugus hidroksil fenolik yang terdapat pada lignin mampu menangkap radikal bebas, sehingga dapat dikatakan bahwa bioaspal dapat digunakan sebagai antioksidan atau peremaja untuk bahan daur ulang aspal pada perkerasan jalan.

Hydrogreen yang merupakan bioaspal yang berasal dari jerami diteliti oleh Green Asphalt Technologies, LLC (2011). Penelitian ini dilakukan pada aspal PG 67-22 yang sudah mengalami penuaan atau kondisi *Rolling Thin Film Oven Test* (RTFOT) dibandingkan dengan aspal setelah RTFOT yang ditambah bioaspal (2% dan 4%). Karakteristik kimia kedua benda uji tersebut diuji menggunakan *Fourier Transform Infrared* (FTIR) *spectroscopy* untuk mengetahui kondisi *asphaltene* dan *malthene*. Hasilnya menunjukkan bahwa bioaspal dapat memecah partikel *asphaltenes* yang membesar dan dalam waktu yang bersamaan menggantinya dengan partikel *malthenes*. Proses inilah yang dikatakan sebagai proses peremajaan.

Penelitian lain mengatakan bahwa penggunaan bioaspal dapat meningkatkan kinerja campuran beraspal panas yang mengandung RAP (Elseifie, 2011). Penelitian ini menyatakan bahwa penggunaan bioaspal dan RAP pada campuran beraspal panas dapat meningkatkan performa campuran pada temperatur tinggi sesuai dengan meningkatnya *stiffness* pada aspal, namun mengurangi *fracture properties*. Selain itu, penggunaan bioaspal pada campuran beraspal panas dengan 40% RAP dapat melunakkan oksidasi aspal RAP dan cukup untuk menambah nilai PG target.

Bioaspal sebagai Aditif WMA

Sebagai bahan tambah penurun temperatur pencampuran, bioaspal telah diteliti oleh You et al. (2011). Hasil penelitian ini menyebutkan bahwa penambahan 10% bioaspal pada aspal murni (PG 64-22) menghasilkan performa yang baik pada temperatur rendah, dengan pengurangan temperatur hingga 4,6-4,9°C. Disebutkan pula bahwa penambahan bioaspal pada aspal murni (PG 64-22), dapat meningkatkan kinerja aspal terhadap *rutting* pada temperatur rendah.

Penelitian skala penuh dilakukan oleh Los Angeles DOT pada tahun 2010. Pada percobaan ini diterapkan campuran beraspal hangat menggunakan bioaspal. Hasilnya menunjukkan bahwa penggunaan bioaspal dapat mengurangi nilai viskositas aspal dengan menurunkan temperatur pencampuran dari 400°F menjadi 335°F tanpa menghasilkan asap berwarna biru, yang menunjukkan emisi yang rendah.

Bioaspal Tempurung Kelapa

Tempurung kelapa merupakan salah satu bagian buah kelapa, dengan kadar 18% dari keseluruhan buahnya. Tempurung kelapa termasuk golongan kayu keras dengan kadar

air sekitar 6% sampai 9% (dihitung berdasarkan berat kering) dan terutama tersusun dari lignin, selulosa, dan hemiselulosa. Kadar lignin yang terdapat pada tempurung kelapa adalah 36,51%. Tingginya kadar lignin pada tempurung kelapa menunjukkan bahwa tempurung kelapa dapat dimanfaatkan untuk dijadikan bioaspal.

Terdapat bioaspal yang berasal dari tempurung kelapa yang telah diproduksi dalam skala industri di Indonesia. Tempurung kelapa yang merupakan bagian paling keras pada buah kelapa dapat diproses dengan metode pirolisis, yaitu pemanasan tidak langsung dengan api tanpa udara yang dilakukan pada suatu alat yang didesain secara khusus. Proses ini akan menghasilkan arang tempurung kelapa (ATK) dan cairan yang disebut sebagai asap cair. Pengambilan asap cair secara modern dilakukan dengan menampung asap yang keluar kemudian didinginkan dengan metode penyulingan atau distilasi. Sisa residu sebanyak 7-8% merupakan padatan yang sangat keras setelah dingin, yaitu bioaspal yang dapat menggantikan aspal minyak.

Prayogo (2010) melakukan pengujian terhadap bioaspal tempurung kelapa, yang berupa uji fisik. Hasil yang didapat menunjukkan viskositas pada temperatur kamar (25°C) adalah 230 dPas, nilai penetrasi adalah 128, dan titik lembek adalah 36°C. Sedangkan standar aspal minyak untuk viskositas adalah 320-330 dPas, penetrasi adalah 80-99, dan titik lembek 46-54°C, yang berarti bioaspal tempurung kelapa tidak memenuhi standar aspal minyak.

Menurut Fatah (2014) pencampuran aspal minyak dengan beberapa variasi kadar bioaspal tempurung kelapa (antara 1% hingga 10% terhadap berat aspal) yang digunakan sebagai bahan pengikat campuran beraspal lataston untuk lalu lintas berat belum menghasilkan campuran beraspal dengan kekuatan deformasi yang memenuhi persyaratan. Nilai kekuatan deformasi tertinggi adalah 3,35 MPa dengan kadar bioaspal 1%.

Penelitian lain dilakukan untuk mengetahui kadar optimum penambahan bioaspal pada aspal minyak produksi Pertamina untuk campuran beton aspal yang dimaksudkan untuk perkerasan yang melayani lalu lintas berat, dilihat dari sifat-sifat teknis campuran beraspal berdasarkan pengujian Marshall dan Marshall *immersion*. Hasilnya menunjukkan bahwa pencampuran maksimum bioaspal dengan aspal Pertamina yang memenuhi persyaratan adalah 99% aspal Pertamina dan 1% bioaspal. Pengujian Marshall campuran beton aspal yang mengandung bioaspal untuk lalu lintas sedang menunjukkan bahwa campuran beraspal yang dihasilkan memenuhi persyaratan, dengan nilai Marshall *quotient* sebesar 485,5 kg/mm.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil terkait dengan kinerja bioaspal pada campuran beraspal adalah:

- 1) Bioaspal dapat meningkatkan kinerja campuran beraspal. Pencampuran 2%, 5%, dan 10% bioaspal dengan aspal murni (PG 64-22) dapat meningkatkan kinerja campuran

- beraspal terhadap *rutting* pada temperatur rendah. Penambahan bioaspal (2% dan 4% terhadap berat aspal) dapat menambah rentang *performance graded* (PG) pada temperatur rendah, menurunkan viskositas aspal dengan performa aspal yang meningkat dilihat dari ketahanan terhadap *rutting* dan *stripping*, serta mengurangi kekakuan/*stiffness*.
- 2) Bioaspal dapat digunakan sebagai bahan peremaja untuk RAP (lebih besar dari 40%) dengan mengembalikan kinerja campuran beraspal panas sesuai dengan standar, dengan kadar bioaspal sebesar 0,75% terhadap berat RAP serta 2% dan 4% terhadap berat aspal.
 - 3) Bioaspal dapat digunakan sebagai bahan tambah penurun temperatur pencampuran pada teknologi WMA. Penggunaan bioaspal dapat mengurangi nilai viskositas aspal dengan menurunkan temperatur pencampuran dari 400°F menjadi 335°F tanpa menghasilkan asap berwarna biru yang berarti emisinya rendah.
 - 4) Bioaspal tempurung kelapa dapat digunakan pada campuran beraspal panas namun penggunaannya belum optimal. Kadar lignin pada tempurung kelapa yang tinggi menunjukkan bahwa bioaspal yang dihasilkan dapat dimanfaatkan sebagai bahan peremaja untuk RAP, sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut terkait dengan hal ini.
 - 5) Potensi bioaspal yang sudah diteliti di beberapa negara menunjukkan bahwa bioaspal dapat digunakan sebagai bahan peremaja dan bahan tambah WMA. Indikasi tersebut dapat dijadikan referensi untuk menggali potensi bioaspal tempurung kelapa di Indonesia, sebagai bahan peremaja dan bahan tambah WMA. Penelitian lebih lanjut terkait potensi bioaspal terhadap campuran beraspal yang ada di Indonesia diperlukan, khususnya sebagai bahan peremaja dan bahan tambah WMA.

DAFTAR PUSTAKA

- Bioenergy. 2009. *Avello® Bioenergy*. Iowa State University. Ames, IA.
- Elseifi. 2011. *Characterization of HMA Mixtures Containing High Recycled Asphalt Pavement Content with Crumb Rubber Additives*. B.S.C.E. Louisiana State University. Baton Rouge, LA.
- Fatah. 2014. *Pengujian Deformation Strength Campuran Laston yang Mengandung Bioaspal untuk Lalu Lintas Berat*. Tugas Akhir tidak diterbitkan. Yogyakarta: Jurusan Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada.
- Green Asphalt Technologies, LLC. 2011. *Hydrogreen Bioasphalt*. Columbus, OH.
- Hajj E.Y, Mena, I.S, Alavi, M, dan Salazar L.L. 2013. *Influence of Hydrogreen Bioasphalt on Viscoelastic Properties of Reclaimed Asphalt Mixtures*. Transportation Research Record Journal, 2371 (1): 13-22.
- Kusumawati. 2012. *Pengujian Marshall Campuran Laston yang Mengandung Bioaspal untuk Lalu Lintas Sedang*. Tugas Akhir tidak diterbitkan. Yogyakarta: Jurusan Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada.

- Nindita. 2013. *Sintesis Bioaspal dari Serbuk Gergaji Kayu Albasia dengan Metode Pirolisis*. Depok: Jurusan Teknik Kimia Universitas Indonesia.
- Prayogo. 2010. *Pemisahan dan Karakterisasi Bioaspal dari Tempurung Kelapa dengan Metode Distilasi Pengurangan Tekanan*. Surabaya: Jurusan Teknik Kimia Universitas Airlangga.
- Sa'idah. 2014. *Sifat-Sifat Teknis Campuran Laston yang Mengandung Bioaspal untuk Kategori Lalulintas Berat dengan Pengujian Marshall Immersion*. Tugas Akhir tidak diterbitkan. Yogyakarta: Jurusan Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada.
- You, Z., Mills-Beale, J., Fini, E., Goh, S. W., dan Colbert, B. 2011. *Evaluation of Low Temperature Binder Properties of Warm Mix Asphalt, Extracted and Recovered RAP and RAS, and Bioasphalt*. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 23 (11): 1569-1574.