

KEPEKAAN TERHADAP PERUBAHAN TEMPERATUR ASPAL DAUR ULANG YANG DIMODIFIKASI OLEH BIOASPAL

Atmy Verani Rouly Sihombing¹
Jurusan Teknik Sipil
Politeknik Negeri Bandung
Jln. Gegerkalong Hilir, Ciwaruga,
Jawa Barat 40559
atmyvera@polban.ac.id

Bambang Sugeng Subagio
Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan
Institut Teknologi Bandung
Jln. Ganesha No.10
Bandung 40132
bssubagio@yahoo.com

Abstract

The effect of using bioasphalt of coconut shell (BTK) and bitutechRAP as recycled asphalt (RA-binder) rejuvenators based on temperature susceptibility (penetration index, PI) is the aims of this study. This RA-binder has a penetration of 10 with the PI value of 0.98, which indicates that the RA-binder has experienced aging with sensitivity to average temperatures. With the bio-asphalt content of 0% to 30%, resulting in an increased penetration value and decreasing softening point, the highest PI value was 1.02 at 20% BTK content (penetration 54), and 0.57 at 16% bitutechRAP content (penetration 58). The content of bioasphalt which produces penetration of 60 – 80, has a smaller PI value, it shows that the increase in the performance of RA binder using bio-asphalt based on the penetration parameters and the softening point is not in line with the rise in the performance of the RA binder based on PI. However, when compared with pen 60/70 with a PI of -0.31, the PI value of the RA binder modified by bio-asphalt was better.

Keywords: Recycled asphalt binder, Bioasphalt, Rejuvenator, Penetration Index, Temperature Susceptibility

Abstrak

Studi ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan bioaspal tempurung kelapa (BTK) dan bitutechRAP sebagai bahan peremaja aspal daur ulang (RABinder) berdasarkan parameter kepekaan aspal terhadap perubahan temperatur (penetrasi indeks, PI). RA binder ini memiliki penetrasi 10 dmm dengan nilai PI sebesar 0,98 yang menunjukkan bahwa aspal sudah mengalami penuaan dengan kepekaan terhadap temperatur normal. Dengan variasi kadar bioaspal 0% sampai 30% terhadap berat RA binder, menghasilkan penetrasi yang semakin meningkat dan semakin menurunnya titik lembek, nilai PI tertinggi sebesar 1,02 pada kadar BTK 20% (penetrasi 54), dan 0,57 pada kadar bitutechRAP 16% (penetrasi 58). Pada kadar bioaspal yang menghasilkan aspal dengan penetrasi 60 – 80, memiliki nilai PI yang lebih kecil, hal tersebut menunjukkan bahwa peningkatan performa RABinder menggunakan bioaspal berdasarkan parameter penetrasi dan titik lembek tidak sejalan dengan peningkatan performa RA binder berdasarkan PI. Dibandingkan dengan pen 60/70 (PI -0,31) nilai PI dari RA binder yang dimodifikasi bioaspal lebih baik.

Kata Kunci: Daur ulang aspal, Bioaspal, Bahan Peremaja, Indeks Penetrasi, Kepekaan terhadap Temperatur

PENDAHULUAN

Teknologi daur ulang campuran beraspal merupakan suatu teknologi pada campuran beraspal yang menggunakan kembali material bekas hasil pengerukan perkerasan jalan lama yang telah mencapai umur rencananya (Pradani et al., 2011; PT. Tindodi Karya Lestari, 2009; Sihombing et al., 2018; Subagio, 2009). Material hasil pengerukan perkerasan jalan lama biasa disebut *reclaimed asphalt pavement* (RAP) yang terdiri dari *reclaimed asphalt*

¹ Corresponding author: atmyvera@polban.ac.id

binder (RA binder) dan *reclaimed asphalt aggregate* (RA aggregate) (Lo Presti et al., 2020). Dalam pemanfaatannya kembali, RAP membutuhkan bahan peremaja untuk mengembalikan performanya yang telah hilang (sitasi), metode pencampuran RAP dengan bahan peremaja yang digunakan pada umumnya mencampurkan langsung secara insitu ataupun di tempat produksi campuran beraspal (*asphalt mixing plant*). Namun demikian, sebelum menetapkan komposisi bahan peremaja yang tepat, diperlukan pengujian pengaruh penggunaan bahan peremaja terpilih terhadap RA binder untuk memastikan bahwa bahan peremaja yang digunakan dapat mengembalikan performa dari RAP.

Indonesia sebagai suatu negara dengan 2 musim yang berbeda yaitu musim kemarau dengan temperatur udara yang cukup tinggi dan musim hujan dengan temperatur udara yang cukup rendah, saat ini di Indonesia sering mengalami perubahan cuaca secara tiba-tiba bahkan ekstrem akibat pemanasan global (Hartawan, 2017). Hal tersebut tentunya sangat berpengaruh terhadap perkerasan jalan dengan bahan pengikat aspal yang merupakan material termoplastis, yaitu akan lebih melunak pada saat temperatur tinggi dan mengeras di temperatur rendah (Aprizaldy *et al.*, 2013). Sehingga, dalam pemilihan aspal di Indonesia perlu untuk menguji parameter yang digunakan dalam mengetahui kepekaan aspal terhadap temperatur, terlebih lagi bila aspal yang digunakan merupakan aspal dengan substitusi RA binder.

Pengujian kepekaan aspal terhadap perubahan temperatur dapat diketahui dengan menghitung nilai indeks penetrasi (*penetration* indeks, PI) dari hasil uji penetrasi dan titik lembek aspal, rentang nilai PI aspal adalah -3 sampai dengan +7, yang mana semakin kecil nilai PI maka aspal semakin peka terhadap perubahan temperatur, sebaliknya jika nilai PI semakin tinggi, maka aspal semakin kurang peka terhadap perubahan temperatur (Read dan Whiteoak, 2003). Menurut Kurniaji, 2018, PI dapat digunakan dalam memprediksi kinerja dari campuran beraspal, yang mana pada aspal bernilai PI tinggi dapat menghasilkan campuran beraspal dengan ketahanan terhadap deformasi dan modulus kekakuan (*Smix*) yang tinggi (Kurniaji, 2018).

Studi ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan bioaspal terhadap RA binder berdasarkan parameter PI. Bioaspal adalah aspal yang berasal dari limbah tumbuhan/ biomassa yang mengandung lignin seperti kayu (Pahl, 2005), jerami, biji zaitun, kulit kacang, miskantus, dan sorgum (Mohan et al., 2006), terung-terungan (Boateng *et al.*, 2008; Schubert, 2006), tempurung kelapa (Kusnadi dan Setiadji, 2009; Sihombing *et al.*, 2019a, 2019b; Sugeng dan Sihombing, 2019), tanda kosong kelapa sawit yang diolah dengan cara pirolisis pada suhu tinggi di ruang tertutup tanpa oksigen pada waktu tertentu. Salah satu potensi dari bioaspal adalah sebagai bahan peremaja untuk aspal yang telah mengalami penuaan seperti RA binder (Sihombing et al., 2019a, 2019b, 2018; Sugeng dan Sihombing, 2019), sehingga untuk mengembangkan hasil penelitian mengenai bioaspal khususnya bioaspal yang ada di Indonesia, maka studi ini dilakukan.

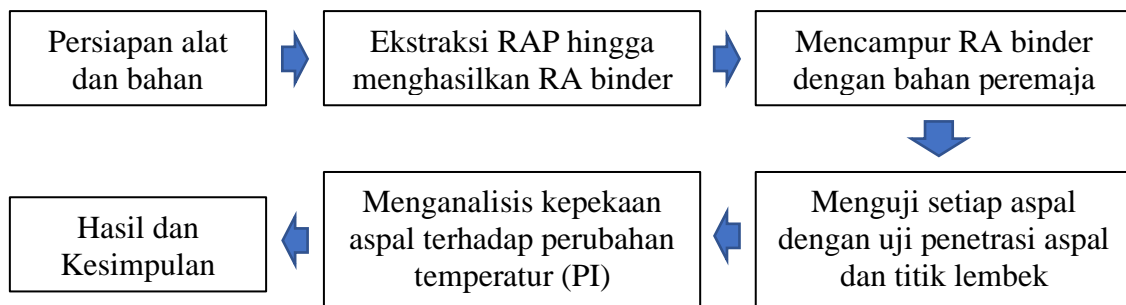
MATERIAL YANG DIGUNAKAN

Dalam penelitian ini, material yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Aspal pen 60/70 dari PT. Pertamina, Tbk sebagai aspal pembanding yang biasa digunakan di Indonesia.
2. Aspal yang telah mengalami penuaan (RA binder) yang dihasilkan dari proses ekstraksi material daur ulang, *reclaimed asphalt pavement* (RAP) yang didapatkan dari limbah hasil pembongkaran perkerasan jalan lama di Karawang, Jawa Barat.
3. Bahan peremaja:
 - a. Bahan peremaja lokal Indonesia yaitu Bioaspal tempurung kelapa (BTK)
 - b. Bahan peremaja import Amerika yaitu BitutechRAP (bioaspal dari jerami)

METODE PELAKSANAAN

Metode pelaksanaan penelitian yang digunakan dalam studi ini mengikuti langkah pekerjaan seperti yang digambarkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahap Pelaksanaan Penelitian

Mempersiapkan alat dan bahan adalah tahap awal yang dilakukan pada penelitian ini, alat yang diperlukan dalam studi ini adalah *centrifugal extractor* dan *rotary evaporator* yang digunakan untuk mengekstraksi RA binder dari RAP, *magnetic stirrer with hot plate* yang digunakan sebagai alat bantu mencampurkan RA binder dengan bahan peremaja, serta alat untuk pengujian penetrasi aspal dan alat untuk pengujian titik lembek aspal.

Setelah alat dan bahan disiapkan, selanjutnya dilakukan proses ekstraksi RA binder dari RAP dilakukan dengan metode *centrifugal extraction* yang diproses pada kondisi dingin adalah metode yang paling tepat untuk meminimalkan terjadinya penuaan *asphalt* binder selama proses ekstraksi RAP (McDaniel dan Anderson, 2001). Sedangkan untuk *solvent* yang digunakan adalah *trichloroethylene*, yang merupakan *solvent* yang umum digunakan untuk ekstraksi RA binder (Mikhailenko dan Baaj, 2017), untuk memulihkan RA binder dari *solvent* setelah proses ekstraksi digunakan *rotary evaporator* berdasarkan ASTM D 7906 (ASTM D7906-14, 2015).

Proses pencampuran RA binder dan bahan peremaja dilakukan setelah didapatkan RA binder dari proses ekstraksi, RA binder dicampur dengan bahan peremaja menggunakan *magnetic*

stirrer menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan putaran 0,4 kr/sec dan suhu pencampuran 120 °C selama 15 menit (Williams *et al.*, 2009). Variasi kadar bioaspal terhadap berat RA binder adalah 2 %, 4%, 8%, 16%, 20%, 25%, 30%. Sehingga aspal selanjutnya aspal yang akan diuji penetrasi dan titik lembeknya seperti yang dijabarkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Jenis Aspal untuk Pengujian Penetrasi dan Titik Lembek

No.	Bahan Peremaja	Jenis Aspal
1	-	Aspal pen 60/70
2	-	RA binder + 0% Bioaspal
4		RA binder + 4% BTK
5		RA binder + 8% BTK
6	Bioaspal Tempurung	RA binder + 16% BTK
7	Kelapa (BTK)	RA binder + 20% BTK
8		RA binder + 25% BTK
9		RA binder + 30% BTK
10		RA binder + 4% BitutechRAP
11		RA binder + 8% BitutechRAP
12	BitutechRAP	RA binder + 14% BitutechRAP
13		RA binder + 16% BitutechRAP
14		RA binder + 20% BitutechRAP

Pengujian aspal dilakukan dengan menguji reologi dasar yaitu uji penetrasi sesuai dengan SNI 06-2456-1991 dan titik lembek sesuai dengan SNI 06-2434-1991.

Selanjutnya dilakukan analisis kepekaan aspal terhadap perubahan temperatur, adapun persamaan yang digunakan adalah persamaan dari Pfeiffer dan Van Doormal (Read dan Whiteoak, 2003).

$$PI = \frac{20(1-25A)}{1+50A} \quad (1)$$

dengan:

PI = Indeks penetrasi (Penetration Index)

A = Kemiringan kurva log penetrasi terhadap temperatur

$$A = \frac{\log \log penT_1 - \log \log 800}{T_1 - SP} \quad (2)$$

Tabel 2. Hubungan PI dengan Kepekaan Aspal terhadap Temperatur

No.	Nilai PI	Kepekaan terhadap perubahan temperatur
1	> 2	Rendah
2	+2 s/d - 2	Normal
3	< -2	Tinggi

Hasil analisis PI tersebut selanjutnya dijadikan dasar dalam pembahasan untuk mengetahui bagaimana pengaruh penambahan variasi persentase bioaspal sebagai bahan peremaja RA binder dilihat berdasarkan kepekaan aspal terhadap perubahan temperatur. Tinggi rendahnya kepekaan aspal tersebut dikelompokkan oleh Lees G, 1982 berdasarkan nilai PI menjadi

kelompok aspal dengan tingkat kepekaan terhadap temperatur rendah, normal, dan tinggi seperti yang dijabarkan pada Tabel 2 (Affandi, 2008). Hasil pembahasan tersebut selanjutnya menjadi dasar untuk menarik kesimpulan.

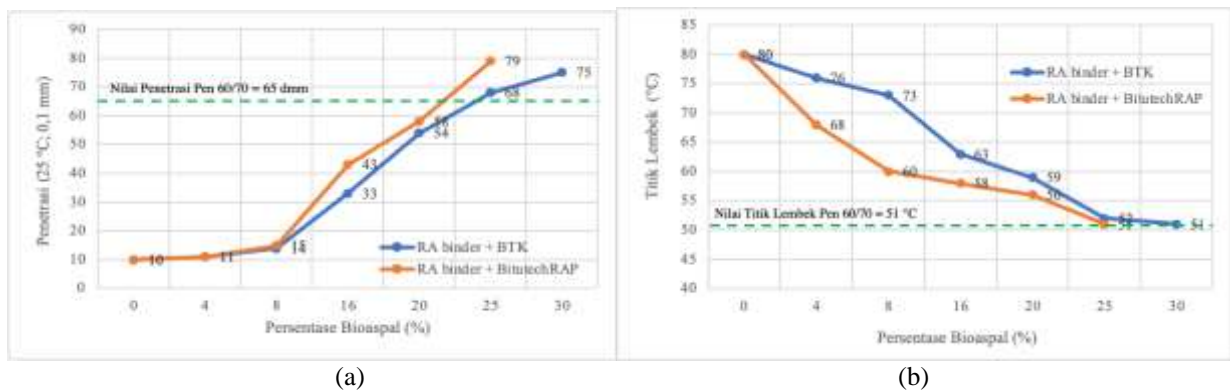
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Uji Reologi Aspal

Uji reologi aspal yang dilakukan adalah reologi dasar yaitu penetrasi dan titik lembek, adapun hasil pengujian tersebut dijabarkan pada Tabel 3 dan Gambar 2.

Tabel 3. Nilai Penetrasi dan Titik Lembek Aspal

No.	Jenis Aspal	Penetrasi (25 °C; 0,1 mm)	Titik Lembek (°C)
1	Aspal pen 60/70	65	51
2	RA binder + 0% Bioaspal	10	80
3	RA binder + 4% BTK	11	76
4	RA binder + 8% BTK	14	73
5	RA binder + 16% BTK	33	63
6	RA binder + 20% BTK	54	59
7	RA binder + 25% BTK	68	52
8	RA binder + 30% BTK	75	51
9	RA binder + 4% BitutechRAP	11	68
10	RA binder + 8% BitutechRAP	15	60
11	RA binder + 14% BitutechRAP	43	58
12	RA binder + 16% BitutechRAP	58	56
13	RA binder + 20% BitutechRAP	79	51



Gambar 2. Reologi RA binder modifikasi Bioaspal: (a) penetrasi aspal dan (b) titik lembek aspal

Berdasarkan tabel 3 dan gambar 2, diketahui bahwa dengan bertambahnya persentase bioaspal tempurung kelapa yang dicampurkan pada RA binder, maka nilai penetrasi RA binder semakin tinggi, dan nilai titik lembek aspal semakin rendah, hal tersebut juga terjadi pada RA binder yang ditambahkan bitutechRAP. Hal tersebut menunjukkan bahwa RA

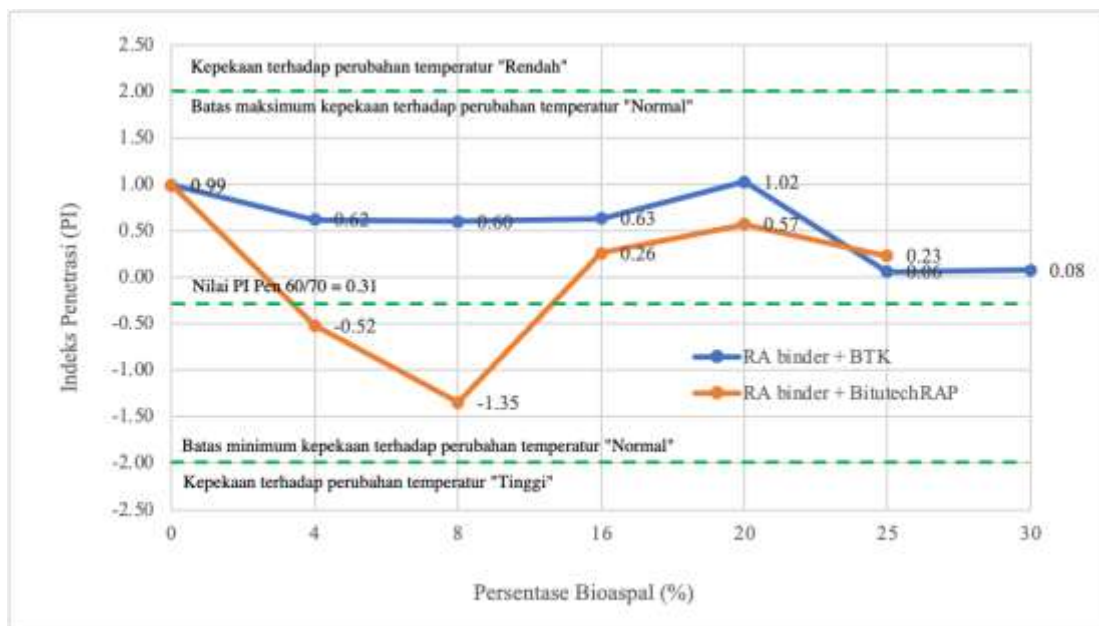
binder termodifikasi oleh bioaspal, dan pada kadar bioaspal tertentu, nilai penetrasi dan titik lelembeknya dapat mencapai nilai aspal pen 60/70.

Analisis Kepekaan Aspal terhadap Perubahan Temperatur

Dengan diketahuinya nilai penetrasi dan titik lelembek aspal, maka kepekaan aspal terhadap temperatur juga dapat dianalisis dengan menghitung nilai PI menggunakan persamaan (1) dan (2). Hasil perhitungan PI tersebut dijabarkan pada Tabel 4 dan digambarkan hubungan PI terhadap kadar bioaspal pada Gambar 3.

Tabel 4. Indeks Penetrasi RA binder modifikasi bioaspal dan tingkat kepekaan terhadap perubahan temperatur

No.	Jenis Aspal	Indeks Penetrasi (PI)	Tingkat kepekaan terhadap perubahan temperatur
1	Aspal pen 60/70	-0,31	Normal
2	RA binder + 0% Bioaspal	0,99	Normal
3	RA binder + 4% BTK	0,62	Normal
4	RA binder + 8% BTK	0,60	Normal
5	RA binder + 16% BTK	0,63	Normal
6	RA binder + 20% BTK	1,02	Normal
7	RA binder + 25% BTK	0,06	Normal
8	RA binder + 30% BTK	0,08	Normal
9	RA binder + 4% BitutechRAP	-0,52	Normal
10	RA binder + 8% BitutechRAP	-1,35	Normal
11	RA binder + 14% BitutechRAP	0,26	Normal
12	RA binder + 16% BitutechRAP	0,57	Normal
13	RA binder + 20% BitutechRAP	0,23	Normal



Gambar 3. Indeks Penetrasi Aspal pen 60/70, RA binder dan RA binder + Bioaspal

Dari hasil analisis indeks penetrasi (PI) yang ditunjukkan pada Gambar 3 dan Tabel 4 dapat diketahui bahwa, peningkatan persentase/kadar bioaspal menghasilkan nilai PI yang bervariasi. Pada bioaspal tempurung kelapa (BTK) berdasarkan kecenderungan/*trend* kemiringan kurva yang terjadi hingga kadar BTK 20% tidak memberikan dampak yang signifikan terhadap perubahan PI, sedangkan pada kadar BTK > 20% menunjukkan perubahan PI yang cukup besar dengan nilai puncak pada PI sebesar 1,02 dan persentase BTK 20%. Berbeda dengan BTK, penambahan bitutechRAP terhadap RA binder menunjukkan perubahan PI yang cukup signifikan pada kadar bitutechRAP 8%, nilai PI yang dihasilkan cukup rendah yaitu -1,35 dan meningkat kembali setelah penambahan kadar bitutechRAP > 8%. Namun demikian modifikasi RA binder dengan kedua jenis bioaspal tersebut masih menghasilkan aspal dengan tingkat kepekaan terhadap perubahan temperatur "Normal".

Jika dibandingkan dengan PI pen 60/70 yaitu -0,31, RA binder yang dimodifikasi bioaspal dengan persentase bioaspal yang dapat mencapai nilai penetrasi > 60 dmm, pada BTK PI nya masih lebih besar dari PI aspal pen 60/70, yaitu 0,06 (20% BTK) dan 0,08 (30% BTK), sedangkan pada bitutechRAP, PI nya adalah 0,23 (20% BT).

Sehingga jika berdasarkan kepekaan terhadap perubahan temperatur, pada persentase bioaspal yang dapat menghasilkan nilai penetrasi dan titik lembek sesuai standar aspal pen 60/70, bitutechRAP menghasilkan aspal dengan ketahanan terhadap perubahan temperatur yang lebih baik dibandingkan dengan BTK. Namun demikian bila dibandingkan terhadap aspal pen 60/70, penambahan BTK dengan kadar 20% dan 30% dapat menghasilkan nilai penetrasi dan titik lembek yang sesuai standar aspal pen 60/70 yang ketahanan terhadap perubahan temperatur yang lebih baik.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapatkan dari hasil studi ini diantaranya adalah

1. Penambahan bioaspal sebagai bahan peremaja pada aspal daur ulang (RA binder) dapat meningkatkan nilai penetrasi dan menurunkan nilai titik lembek aspal
2. Pada BTK, tidak terjadi perubahan yang signifikan terhadap nilai PI hingga persentase kadar bioaspal mencapai 20%, sedangkan pada bitutechRAP penambahan kadar hingga 8% mengalami perubahan nilai PI yang cukup signifikan.
3. Kadar BTK yang dapat menghasilkan nilai penetrasi dan titik lembek sesuai standar pen 60/70 dengan tingkat kepekaan aspal yang lebih baik dari aspal pen 60/70 adalah 30%.

DAFTAR PUSTAKA

- Affandi. 2008. Sifat Campuran Aspal Keras yang Mengandung Bitumen Asbuton untuk Konstruksi campuran Aspal.
- Aprizaldy, F., Sulandari, E., dan Mayuni, S. 2013. Pengaruh Perubahan Temperatur Terhadap Kekesatan Jalan Pada Perkerasan Lentur 1–10.

- ASTM D36. 2014. Standard Test Method for Softening Point of Bitumen (Ring-and-Ball Apparatus). ASTM International. West Conshohocken, PA.
- ASTM D5-05. 2005. Standard Test Method for Penetration of Bituminous Materials. ASTM International. West Conshohocken, PA.
- ASTM D7906-14. 2015. Standard Practice for Recovery of Asphalt from Solution Using Toluene and the Rotary Evaporator.
- Boateng, A.A., Mullen, C.A., Goldberg, N., Hicks, K.B., Jung, H.J.G., dan Lamb, J.F.S. 2008. Production of bio-oil from alfalfa stems by fluidized-bed fast pyrolysis. *Ind. Eng. Chem. Res.* 47:12, 4115–4122.
- Hartawan, T. 2017. Dampak Perubahan Iklim Terhadap Kesehatan Manusia. *Tempo*.
- Kurniaji. 2018. Modifikasi aspal keras standar dengan bitumen asbuton hasil ekstraksi. *J. Jalan - Jemb.* 25:2.
- Kusnadi, dan Setiadji, B. 2009. Bioasphalt Batch Production Test as an Alternative to Petroleum Asphalt. Universitas Gajah Mada.
- Lo Presti, D., Vasconcelos, K., Orešković, M., Pires, G.M., dan Bressi, S. 2020. On the degree of binder activity of reclaimed asphalt and degree of blending with recycling agents, *Road Materials and Pavement Design*.
- McDaniel, R., dan Anderson, R.M. 2001. NCHRP REPORT 452 - Recommended Use of Reclaimed Asphalt Pavement in the Superpave Mix Design Method: Technician's Manual TRANSPORTATION, National Cooperative Highway Research Program.
- Mikhailenko, P., dan Baaj, H. 2017. Survey of Current Asphalt Binder Extraction and Recovery Practices. *Conf. Transp. Assoc. Canada* 549, 40–42.
- Mohan, D., Pittman, C.U., dan Philip, S. 2006. Pyrolysis of Wood/Biomass for Bio-oil: A Critical Review. *DineshProg. Energy Combust. Sci.* 62:4, 848–889.
- Pahl, G. 2005. Biodiesel: Growing a new energy economy, 2nd Ed., Chelsea Green, White River Junction, VT, 1–224. *Biodiesel* 1–224.
- Pradani, N., Subagio, B., dan Rahman, H. 2011. Kinerja Kelelahan Campuran Beton Aspal Lapis Aus Menggunakan Material Hasil Daur Ulang dan Polimer Styrene-Butadiene-Styrene. *11:3*, 163–172.
- PT. Tindodi Karya Lestari. 2009. TEKNOLOGI DAUR ULANG UNTUK PRESERVASI JALAN. Jakarta, Indonesia.
- Read, J., dan Whiteoak, D. 2003. The Shell bitumen handbook, Read, J., & Whiteoak, D. (2003). The Shell bitumen handbook. Thomas Telford.
- Schubert, C. 2006. Can biofuels finally take center stage? *Nat. Biotechnol.* 24:7, 777–784.
- Sihombing, A., Subagio, B., Hariyadi, E., dan Yamin, A. 2019a. The Effect of Bioasphalt on Aged Asphalt. *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.* 508:1.
- Sihombing, A., Subagio, B., Hariyadi, E., dan Yamin, A. 2019b. Bio-asphalt on Asphalt Mixture containing RAP, in: *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*.
- Sihombing, A.V.R., Subagio, B.S., dan Hariyadi, E.S. 2018. Potensi bioaspal pada bahan daur ulang aspal dan campuran beraspal hangat. *18:1*, 59–66.
- Subagio, B.S. 2009. Perkembangan Desain dan Teknologi Foam Bitumen Untuk Material Daur Ulang. *Asph. Train. Pertamina*.
- Sugeng, B., dan Sihombing, A. 2019. Utilization Bioasphalt as a Modifier in Aged Asphalt.
- Williams, R.C., Satrio, J., Rover, M., Brown, R.C., dan Teng, S. 2009. Utilization of Fractionated Bio-Oil in Asphalt. *Transp. Res. Board* 88th Annu. Meet.: August, 1–19.