

PEMANFAATAN BIOSILIKA DARI SEKAM PADI SEBAGAI BAHAN PENGISI UNTUK TELAPAK BAN RAMAH LINGKUNGAN

Mohammad Irfan Fathurrohman¹, Santi Puspitasari¹, Asron Ferdian Falaah¹, Lydia Anggraini², Nanang Ali Sutisna², and Rijal Hakiki³

¹ Pusat Penelitian Karet, Jalan Salak No. 1, Bogor, Jawa Barat 16128 Indonesia

² Teknik Mesin, President University, Bekasi, Jawa Barat 17530 Indonesia

³ Teknik Lingkungan, President University, Bekasi, Jawa Barat 17530 Indonesia

¹Email: irfanirri@gmail.com

ABSTRAK

Sekam padi merupakan limbah pertanian yang cukup melimpah dan saat ini belum dimanfaatkan secara optimal. Padahal, limbah sekam padi mengandung silika yang cukup banyak sekitar 90% dibandingkan dengan limbah biomassa lainnya. Oleh karena itu limbah sekam padi dapat berpotensi untuk digunakan sebagai bahan pengisi yang bersifat menguatkan untuk industri ban. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan sifat pematangan dan sifat mekanik dari kompon telapak ban ramah lingkungan yang mengandung tiga jenis silika yang berbeda, antara lain, silika komersial dari pasir silika, silika dari sekam padi yang diekstraksi di laboratorium dan biosilika komersial. Pencampuran silika dengan karet dilakukan di dalam internal mixer untuk memfasilitasi reaksi silanisasi. Hasil menunjukkan semakin tinggi BET surface area dan adanya silanol grup di permukaan silika dapat meningkatkan sifat pematangan dan sifat mekanik telapak ban ramah lingkungan.

Kata kunci: biosilika, sekam padi, telapak ban ramah lingkungan

PENDAHULUAN

Saat ini teknologi pembuatan ban berkembang sejalan dengan adanya isu lingkungan yang mewajibkan setiap produk untuk menggunakan bahan ramah lingkungan dan memperhatikan pemakaian bahan bakar yang berbasis minyak bumi. Negara-negara di eropa telah membuat standar ban kendaraan penumpang sejak tahun 2012. Standar tersebut mempersyaratkan tiga parameter penting yaitu efisiensi bahan bakar, keamanan dan kebisingan yang disebut *magic triangle*. Dengan adanya standar tersebut, industri ban, peneliti dan akademisi mengembangkan formula telapak ban yang sesuai dengan regulasi dari Eropa tersebut.

Michelin telah mengembangkan teknologi silika yang dikombinasikan dengan *coupling agent* menggantikan penggunaan *carbon black* sebagai bahan pengisi yang bersifat menguatkan (1,2). Teknologi tersebut dapat menurunkan pemakaian bahan bakar (meningkatkan *rolling resistance*) dan meningkatkan daya cengkram (*wet grip*). Dengan adanya teknologi tersebut, industri silika saat ini mengembangkan silika yang berasal dari pasir silika yang digunakan khusus untuk pembuatan ban ramah lingkungan yang dinamakan silika *high dispersed*. Sumber silika lain yang bersifat terbarukan saat ini juga mulai dikembangkan, yaitu yang berasal dari sekam padi, abu bahan bakar minyak sawit, tebu, dan daun pohon bamboo (3). Sekam padi memiliki kandungan silika tertinggi 90% dibandingkan dengan biomassa lainnya (4), oleh karena itu biosilika dari sekam padi sangat potensial sebagai bahan pengisi yang bersifat menguatkan di industry ban (5).

Tujuan dari penelitian ini adalah membandingkan sifat pematangan dan sifat mekanik (kekerasan, kuat tarik, perpanjangan putus, ketahanan kikis dan kuat sobek) dari kompon telapak ban ramah lingkungan yang mengandung silika dari sekam padi dan silika komersial yang berasal dari pasir silika (HD silika).

METODE PENELITIAN

Bahan

Karet yang digunakan dalam penelitian ini ada karet *Solution Styrene Butadiene Rubber* (SSBR) Buna VSL 5025-0 HM dan karet Polibutadiene Rubber (BR) Nd-BR CB24 dari Lanxess, Jerman. Bahan pengisi menggunakan HD silika Z1165MP (K100) dari Solvay, China, Carbon Black N330 dari OCI, Korea. Biosilika

yang berasal dari supplier local (B100) dan yang dipreparasi di laboratorium Presiden University (B100-K) (6) digunakan dalam riset ini. Bahan kimia karet lain meliputi: *silane coupling agent bis-(3-triethoxysilylpropyl) tetrasulfide* (TESPT) (JHS69, Jiangnan Fine Chemical Co.Ltd. China), *Naphtenic oil* (Nytex 840, Nynas, Swedia), *N-cyclohexyl-2-benzothiazole sulfenamide* (CBS OCP, Kemai Chemical Co.Ltd, China), *diphenyl guanidine* (DPG, Kemai Chemical Co.Ltd, China), *Tetrabenzylthiuram disulphide* (Rhenogran TBzTd-70, Rhein Chemie Rheinau Mannheim GmbH, Jerman), *2,2,4-trimethyl-1,2-dihydroquinoline* (TMQ Vulkanox HS/LG, Rhein Chemie Rheinau Mannheim GmbH, Jerman), *p-phenylenediamine* (6PPD, Sirantox Vulkanox 4020, Lanxess, Deutschland GmbH, Jerman), *stearic acid* (Aflux 52, Rhein Chemie Rheinau Mannheim GmbH, Jerman), *zinc oxide* (Rubber activator, Lanxess, Deutschland GmbH, Jerman), *wax* (Antilux 654, Lanxess, Deutschland GmbH, Jerman), *sulfur* (Midas SP-325, Miwon Chemicals Co., Ltd, Korea).

Karakterisasi Silika dan Biosilika

Gugus fungsional yang terdapat di dalam bahan pengisi silika komersial dan biosilika dikarakterisasi dengan menggunakan Attenuated Total Reflectance Fourier Transform Infra Red (ATR-FTIR) Thermo Scientific Nicolet. Luas permukaan spesifik diuji dengan multipoint B.E.T (Brunauer, Emmet, dan Teller) menggunakan Quantachrome NOVA 4200E, Bounton Beach, Florida sesuai dengan ASTM D1993-18.

Pembuatan Kompon Karet

Kompon karet dibuat dengan menggunakan formulasi yang disajikan pada Tabel 1. Sampel kompon terdiri dari tiga, yaitu kompon telapak ban yang mengandung HD silika (K100), biosilika dari sekam padi yang dipreparasi di laboratorium (B100), dan biosilika komersial (B100-K). Pencampuran kompon tersebut dilakukan secara 3 tahap di dalam *banbury mixer* (David Bridge Co.Ltd, Manchester, England) berkapasitas 1500 ml.

Tabel 1. Formulasi kompon karet (dalam *part hundred rubber/phr*)

Bahan	K100	B100-K	B100
SSBR	75	75	75
BR	25	25	25
HD Silika (K100)	80	0	0
Biosilika (B100-K)	0	80	0
Biosilika (B100)	0	0	80
Carbon black N330	5	5	5
TESPT	5,8	5,8	5,8
Naphtenic oil	26	26	26
ZnO	3	3	3
Stearic acid	2	2	2
TMQ	1,5	1,5	1,5
6PPD	2	2	2
Wax	2	2	2
DPG	2,5	2,5	2,5
CBS	1,6	1,6	1,6
TBZTD	0,2	0,2	0,2
Sulfur	2	2	2

Pada tahap pertama, karet dimasukkan ke dalam *banbury mixer* bersama dengan setengah porsi silika dan *silane coupling agent* pada suhu 50 C dan faktor pengisian 0,7 serta menggunakan kecepatan rotor 80 rpm. Setelah ditambahkan semua bahan ke dalam *banbury mixer*, kecepatan rotor ditingkatkan menjadi 100 rpm untuk meningkatkan suhu bagian dalam *banbury* menjadi 140 C sehingga terjadi reaksi silanisasi. Kemudian pada akhir pencampuran diukur suhu kompon dan kompon dihomogenkan dan dilembarkan dengan menggunakan gilingan terbuka. Pada tahap kedua, kompon dimasukkan ke dalam *banbury mixer* kemudian ditambahkan DPG pada suhu awal 50 C, kecepatan rotor 100 rpm dan faktor pengisian sebesar

0,7. Suhu pencampuran akan meningkat sampai dengan 140 C di dalam *banbury mixer* sehingga akan terjadi reaksi silanisasi lanjut. DPG ditambahkan tidak hanya sebagai pencepat namun juga dapat berfungsi untuk menurunkan kemungkinan penyerapan pencepat utama yaitu CBS dan TBzTD pada pencampuran akhir (7). Pada tahap ketiga, kompon karet yang dingin dimasukkan ke dalam *banbury mixer* pada suhu 50 C dan dengan faktor pengisian 0,65 serta kecepatan rotor 80 rpm. Kecepatan rotor diatur pada kecepatan rendah untuk menjaga kenaikan suhu di dalam *banbury mixer* sehingga dapat mencegah terjadinya pematangan dini (*scorch*). Kompon karet kemudian dihomogenkan dan dilembarkan dengan menggunakan mesin gilingan terbuka (*open mill*).

Pembuatan Vulkanisat Karet

Kompon karet yang telah digiling kemudian divulkanisasi menggunakan mesin press Kobe Machiery Co.Ltd, Jepang dengan tekanan 100 kg/cm² dan suhu 150 C dengan waktu pematangan sesuai dengan hasil karakterisasi pematangan yang didapat dari rheometer.

Karakterisasi Kompon dan Vulkanisat Telapak Ban Ramah Lingkungan

1. Karakterisasi pematangan kompon

Karakterisasi pematangan dianalisis dengan menggunakan *Moving Dies Rheometer* (MDR 2000) Alpha Technology, USA pada suhu 150C dengan frekuensi 1,67 Hz dan regangan 0,5 untuk mengukur torsi minimum (S_{min}, MH), torsi maksimum (S_{max}, ML), waktu pematangan dini/*scorch time* (ts₁) dan waktu pematangan optimum (t₉₀).

2. Sifat mekanik telapak ban ramah lingkungan

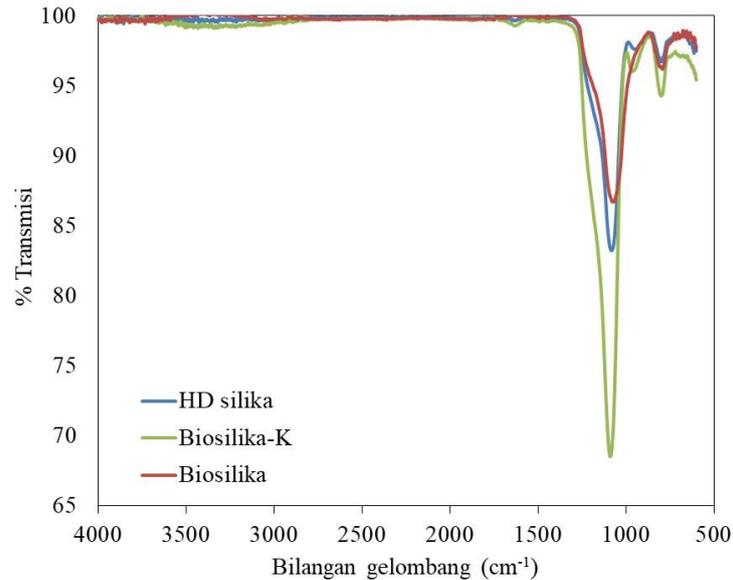
Uji kekerasan diukur menggunakan Shore A Frank Durometer sesuai ISO 7619. Lima spesimen uji diukur dan hasil uji dihitung menggunakan nilai median dari 5 pengukuran. Vulkanisat karet dengan ketebalan 2 mm dipotong dengan menggunakan pisau Dumbbell ISO tipe 2 dan sifat tarik diukur menggunakan Universal Testing Machine (MTS, USA) dengan kecepatan 500 mm/menit pada suhu ruang sesuai dengan ISO 37. Tiga spesimen uji diukur dan hasil uji dihitung menggunakan nilai median dari 3 pengukuran. Uji ketahanan sobek diukur pada suhu ruang dengan Universal Testing Machine (MTS, USA) pada kecepatan 500 mm/menit menggunakan specimen uji berbentuk angle sesuai dengan ISO 34. Tiga spesimen uji diukur dan hasil uji dihitung menggunakan nilai median dari 3 pengukuran. Ketahanan kikis dari vulkanisat karet merupakan kehilangan volume karet yang terkikis oleh mesin DIN Abrader sesuai dengan ASTM D5963. Tiga spesimen uji diukur dan hasil uji dihitung menggunakan nilai median dari 3 pengukuran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi silika komersial dan biosilika

Aktivitas permukaan silika komersial dan biosilika dapat diketahui dengan adanya gugus fungsi yang terdapat pada permukaan silika dan biosilika dengan menggunakan ATR-FTIR. Hasil menunjukkan bahwa silika dan biosilika memiliki puncak khas silika pada bilangan gelombang 1081 - 1089 cm⁻¹ menunjukkan

dalam getaran peregangan asimetrik Si-O pada Si-O-Si dan 799 cm⁻¹ menunjukkan dalam getaran peregangan simetrik Si-O pada Si-O-Si (5,8). Berbeda dengan HD silika dan biosilika komersial (B100-K), silika yang dipreparasi di laboratorium (B100) tidak memiliki puncak pada bilangan gelombang 963 cm⁻¹ yang mengindikasikan getaran peregangan asimetrik Si-O pada Si-OH (8,9) atau grup silanol yang terdapat pada permukaan silika.



Gambar 1. Spektrum ATR-FTIR dari HD silika, biosilika B100-K dan B100

Selain gugus fungsional, luas permukaan silika komersial dan silika dari sekam padi sangat penting mengindikasikan kemampuan bahan pengisi untuk menguatkan matriks karet diperlihatkan pada Tabel 2. HD silika memiliki BET luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan biosilika dan biosilika yang dibuat di laboratorium (B100) memiliki BET luas permukaan yang lebih kecil. BET luas permukaan menunjukkan luas permukaan kontak antara silika dengan bahan lain yang ditambahkan ke dalam karet. Semakin besar nilai BET luas permukaan, akan meningkatkan luas permukaan kontak terutama dengan silane sebagai bahan yang dapat bereaksi dengan grup silanol yang terdapat pada permukaan silika (10).

Tabel. 2. Luas permukaan BET

Samples	BET Surface Area	Pore Volume	Pore Size
	m ² /g		
HD Silica	130.5	0.05424	0.1838
Biosilika-K	124.6	0.05197	0.1838
Biosilika	113.2	0.04410	0.1838

Karakteristik pematangan kompon telapak ban ramah lingkungan

Karakterisasi pematangan dari kompon karet silika komersial dan biosilika yang dari waktu pematangan dini/*scorch* (t_2), waktu pematangan optimum (t_{90}), index pematangan (CRI), torsi minimum (S'_{min}) dan torsi maksimum (S'_{max}) dan perbedaan torsi (S') disajikan pada Tabel 3. Torsi maksimum dari kompon telapak ban ramah lingkungan yang mengandung silika komersial (sampel K100) lebih besar dibandingkan kompon lainnya hal ini berkorelasi dengan tingginya interaksi antar silika, interaksi karet dengan silika dan derajat ikatan silang. Sementara itu torsi minimum berkorelasi dengan viskositas kompon karet yang lebih dominan disebabkan karena adanya interaksi antar silika. Waktu pematangan optimum dari sampel

B100 atau yang mengandung biosilika yang dipreparasi di laboratorium lebih cepat dibandingkan dengan K100 dan B100-K hal ini disebabkan karena biosilika B100 tidak memiliki silanol grup di permukaan biosilika seperti yang disajikan pada Gambar 1. Silanol grup bersifat asam sehingga bahan pencepat seperti CBS dan TBzTD yang bersifat basa dapat terserap kedalam permukaan silika sehingga mengakibatkan laju pematangan menjadi lebih lambat (11). Namun adanya silanol grup tersebut dapat meningkatkan interaksi antara silika dengan karet yang ditunjukkan dengan tingginya nilai torsi maksimum dari kompon K100.

Tabel 3. Karakteristik pematangan

Parameter	K100	B100-K	B100
S'max, dNm	17.65	13.99	14.06
S'min, dNm	2.25	1.28	1.65
S', dNm	15.4	12.71	12.41
t2, menit	3.55	4.3	2.28
t90, menit	10.2	9.56	5.05
CRI, menit ⁻¹	15.04	19.01	36.10

Sifat mekanik telapak ban ramah lingkungan

Sifat mekanik dari telapak ban ramah lingkungan yang terdiri dari kekerasan, kuat tarik, perpanjangan putus, ketahanan kikis dan kuat sobek disajikan pada Tabel 4. Seluruh parameter uji dari sampel K100 yang mengandung silika komersial dan B100-K yang mengandung biosilika komersial lebih tinggi dibandingkan dengan sampel B100, yang diakibatkan karena tingginya interaksi antar silika dan interaksi silika dengan karet karena adanya grup silanol di permukaan silika komersial dan biosilika komersial. Oleh karena itu, selain BET luas permukaan, grup silanol di permukaan silika sangat berperan penting untuk meningkatkan sifat mekanik dari telapak ban ramah lingkungan.

Tabel 4. Sifat mekanik telapak ban ramah lingkungan

Parameter	K100	B100-K	B100
Kekerasan, Shore A	65	59	57
Kuat tarik, MPa	15.5	14.2	3
Perpanjangan putus, %	190	220	80
Ketahanan kikis, mm ³ /40 m	73.4	74.6	335.6
Kuat sobek, N/mm	30.7	23.3	9.1

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Penggunaan silika sebagai bahan pengisi yang bersifat menguatkan untuk telapak ban ramah lingkungan dapat meningkatkan sifat ketahanan rolling, daya cengkeram dan ketahanan kikis. Sekam padi yang mengandung silika memiliki potensi untuk menggantikan silika yang dibuat dari pasir silika. Hasil karakterisasi silika menunjukkan bahwa biosilika yang dibuat di laboratorium memiliki BET luas permukaan yang sedikit lebih kecil dan tidak mengandung grup silanol. Hal ini mengakibatkan menurunnya torsi maksimum dan sifat mekanik dari telapak ban ramah lingkungan.

Saran

Grup silanol di dalam permukaan silika sangat penting untuk meningkatkan sifat mekanik dari telapak ban ramah lingkungan. Oleh karena itu perlu dilakukan teknik ekstraksi silika di dalam sekam padi yang tepat untuk mendapatkan biosilika yang mengandung grup silanol.

DAFTAR PUSTAKA

- Wang, M. J. 1999. The role of filler networking in dynamic properties of filled rubber. *Rubber Chemistry Technology*, 72(2):430-448.
- Wolff, S. 1987. Silanes in tire compounding after ten years — a review. *Tire Science Technology*.15(4):276-294.
- Paul, S.C, Mbewe, P.B, Kong, S.Y, Savija, B. 2019. Agricultural solid waste as source of supplementary cementitious materials in developing countries. *Materials*;12(7):1112. Lolage, M, Parida, P, Chaskar, M,

- Gupta, A, Rautaray, D. 2020. Green silica: industrially scalable & sustainable approach towards achieving improved “nano filler–elastomer” interaction and reinforcement in tire tread compounds. *Sustainable Material Technology*. 26:e00232.
- Chundawat, N.S, Parmar, B.S, Deuri, A.S, Vaidya, D, Jadoun, S, Zarrintaj, P. 2022. Rice husk silica as a sustainable filler in the tire industry. *Arabian Journal Chemistry*.15(9):104086.
- Anggraini, L, Sutisna, N.A, Hernawan, R. 2022. Rice husk extraction applied for biosilica reinforced tire tread filler compound. *Materials Science Forum*. 1067: 85-90.
- Hayichelaeh, C., Reuvekamp, L.A.E.M., Dierkes, W.K., Blume, A., Noordemeer, J.W.M., & Sahakaro, K. 2017. Enhancing the silanization reaction of the silica-silane system by different amines in model and practical silica-filled natural rubber compounds. *Polymer*, 10(6):584.
- Mujiyanti, D.R, Ariyani, D, Lisa, M. 2021. Silica content analysis of siam unus rice husks from South Kalimantan. *Indonesian Journal of Chemical Research*. 9(2):81-87.
- Boonmee, A, Sabsiriroht, P, Jarukumjorn, K. 2019. Preparation and characterization of rice husk ash for using as a filler in natural rubber. *Material Today Proceeding*. 17:2097-2103.
- Ryu, B, Kim, S.J, Kim, D.I, Kaang, S, Seo, G. 2016. The effect of surface area of silicas on the reinforcing performance to styrene-butadiene rubber compounds. *Elastomers and Composites*, 51(2): 128-137
- Qian, Z, Peng, Z. 2019. Reinforcing styrene-butadiene rubber composites by constructing multiplenteraction between rubber and silica. *Polymer Composites*. 40(5):1740-1747.