

Pengaruh Nanosilika Terhadap Mikrostruktur, Kekuatan Tarik, Dan Ketahanan Kikis Komposit Karet Alam/Nanosilika

MIFTAKHUL AFIFAH¹⁾, ABDULLOH FUAD²⁾, MARKUS DIANTORO²⁾

¹⁾ Mahasiswa Jurusan Pendidikan Fisika Universitas Negeri Malang. Jl. Semarang 5 Malang

²⁾ Dosen Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Malang. Jl. Semarang 5 Malang,

E-mail: afifahmiftakhul@gmail.com

ABSTRAK: Karet alam merupakan salah satu polimer alam yang banyak diaplikasikan dalam bentuk produk karet. Karet alam dalam kondisi mentah memiliki elastisitas dan fleksibilitas yang baik namun kekuatannya rendah sehingga untuk kepentingan aplikasi karet alam perlu dicampur dengan bahan lain agar memenuhi kriteria produk yang diharapkan. Dalam penelitian ini telah dilakukan penambahan nanosilika sebagai filler karet alam untuk mengetahui pengaruhnya terhadap mikrostruktur, kekuatan tarik, dan ketahanan kikis komposit karet alam/nanosilika. Nanosilika yang digunakan dalam penelitian ini diekstrak dari abu sekam padi, memiliki fasa amorf dan kemurnian 98% serta ukuran partikel antara 30-60 nm. Nanosilika hidrofobik dihasilkan dengan cara mencampur nanosilika hidrofilik dan TMCS (TrimethylChloroSilane). Nanosilika kemudian ditambahkan pada campuran karet alam dengan variasi 0, 2, 4, dan 6 phr. Hasil uji SEM menunjukkan bahwa semakin banyak nanosilika yang ditambahkan mengakibatkan mikrostruktur komposit karet alam/nanosilika menjadi semakin kasar. Hasil kekuatan tarik tertinggi diperoleh pada penambahan nanosilika 2 phr yaitu sebesar 23,9 MPa. Untuk ketahanan kikis paling tinggi juga didapatkan pada variasi 2 phr yang ditandai dengan kecilnya nilai pengurangan volume karet alam akibat gesekan yaitu 236 mm³.

Kata Kunci: Nanosilika, Karet Alam, Mikrostruktur, Kekuatan Tarik, Ketahanan Kikis

PENDAHULUAN

Di zaman yang semakin modern ini, teknologi berkembang dengan sangat pesat. Salah satu perkembangan teknologi yang terus mengalami pembaharuan adalah bidang material. Material terus dikembangkan melalui rekayasa untuk mendapatkan sifat yang diharapkan. Salah satu rekayasa material yang dilakukan adalah dengan cara menggabungkan dua atau lebih material untuk menghasilkan material dengan sifat yang lebih kuat (Jones, 1999:2). Material gabungan tersebut dikatakan sebagai material komposit.

Komposit menjadi salah satu material yang menarik perhatian para peneliti. Hal tersebut karena komposit dapat memiliki sifat gabungan dari material penyusunnya yang tidak dapat dipenuhi oleh satu material logam, keramik, ataupun polimer (Callister, 2009:627). Secara umum material komposit tersusun atas matriks dan filler. Matriks merupakan bahan yang

menjadi dasar pembentukan bahan komposit yang dapat mengikat filler dengan tidak terjadi ikatan kimia. Sedangkan filler merupakan bahan pengisi yang dapat memperkuat matriks dalam material komposit.

Material komposit dapat tersusun dari logam, keramik maupun polimer. Karet alam merupakan salah satu material polimer yang dapat dikompositkan dengan material lain untuk memperbaiki sifat-sifat tertentu. Hal tersebut dikarenakan karet alam banyak dimanfaatkan dalam pembuatan produk seperti ban kendaraan dan sol sepatu. Untuk aplikasi ban kendaraan dan sol sepatu, diperlukan produk karet dengan kekuatan tarik dan ketahanan kikis yang sesuai agar produk karet nyaman saat digunakan dan juga tidak mudah tipis serta rusak. Pada umumnya, karet alam memiliki sifat elastis dan fleksibel namun kekuatan tariknya rendah. Oleh karena itu, untuk kepentingan aplikasinya, sifat-sifat karet

alam perlu diperbaiki. Salah satu cara untuk memperbaiki sifat karet alam adalah dengan menambahkan material lain sebagai filler (Imoisili *et al.* 2013).

Filler dalam campuran karet dapat meningkatkan sifat-sifat karet seperti kekuatan tarik, ketahanan kikis, modulus, kekuatan sobek, dan lain-lain. Hal tersebut karena filler dapat terikat dengan baik pada matriks karet alam (Bahruddin dkk, 2012). Pada umumnya, filler yang sering digunakan pada komposit karet alam adalah karbon hitam. Selain itu, material lain yang memiliki potensi untuk dapat dimanfaatkan sebagai filler karet alam adalah silika. Dalam skala nanometer, silika sebagai filler karet memberikan peningkatan sifat mekanik karet (Dominic *et al.* 2013 dan Ahmed *et al.* 2015).

Silika (SiO_2) merupakan senyawa yang berlimpah di alam namun tidak berupa senyawa tunggal. Kandungan silika yang tinggi dapat ditemukan pada pasir kuarsa (Siswanto dkk., 2012). Selain itu, limbah pertanian seperti sekam padi juga berpotensi sebagai sumber silika amorf dengan kemurnian tinggi (Dominic *et al.* 2013).

Silika berpotensi digunakan sebagai filler pada karet alam. Pada umumnya silika memiliki sifat hidrofilik (Dominic *et al.* 2013) sedangkan karet alam memiliki sifat hidrofobik sehingga silika terkadang cenderung teraglomerasi pada matriks karet alam. Oleh karena itu pada penelitian yang telah dilakukan, penambahan silika pada karet alam biasanya disertai dengan penambahan agen penggandeng atau *Coupling Agent*. Jenis agen penggandeng yang sudah sering digunakan adalah jenis *Silane*. Selain cara tersebut, bisa juga nanosilika dimodifikasi terlebih dahulu menggunakan agen penggandeng sebelum dicampurkan dengan karet alam. Hal tersebut bertujuan agar nanosilika memiliki sifat yang sama dengan karet yaitu hidrofobik sehingga nanosilika sebagai filler dapat memperkuat matriks karet alam.

Berdasarkan beberapa uraian diatas, maka ditawarkan solusi untuk sintesis komposit karet alam/nanosilika dan

analisis dengan uji SEM, kekuatan tarik, dan ketahanan kikis.

METODE PENELITIAN

Nanosilika yang digunakan dalam penelitian ini di ekstraksi dari abu sekam padi dengan kemurnian 98%, dan ukuran partikel rata-rata 30-60 nm. Sebelum dicampurkan pada karet, nanosilika hidrofilik terlebih dahulu dimodifikasi agar bersifat hidrofobik dengan cara mencampurkan nanosilika hidrofilik dengan larutan TMCS 5% kemudian disonikasi pada *Ultrasonic Bath* selama 9 jam. Variasi penambahan nanosilika pada penelitian ini adalah 0, 2, 4, dan 6 phr (*per hundred rubber*).

Bahan-bahan yang diperlukan dalam proses pembuatan komposit karet alam/nanosilika disajikan pada tabel 1.

Tabel 1 Komposisi Pembuatan Komposit Karet Alam/Nanosilika

Bahan	Massa (phr)
Karet Alam	100
ZnO	5
Asan Stearat	1
nanosilika	0, 2, 4, 6
sekam padi	
Carbon Black	60
Minarex Oil	5
TMQ	1
Paraffin Wax	0,5
MBTS	1,2
TMTD	0,2
Sulfur	1
PEG	0,15

Proses pembuatan komposit karet alam/nanosilika dilakukan dengan cara mencampurkan semua bahan dengan menggunakan *Roll mill*. Selanjutnya campuran diuji dengan menggunakan Rheometer. Pengujian Rheometer bertujuan untuk mengetahui waktu vulkanisasi/waktu masak karet alam. Karet alam kemudian divulkanisasi sesuai dengan hasil rheometer. Setelah proses vulkanisasi, komposit karet alam/nanosilika dikarakterisasi dengan menggunakan SEM untuk melihat mikrostrukturnya serta dilakukan pengujian kekuatan tarik dan ketahanan kikis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Uji Rheometer Komposit Karet Alam/Nanosilika

Pengujian rheometer bertujuan untuk mengetahui waktu masak karet pada saat proses vulkanisasi. Data hasil pengujian disajikan dalam Tabel 2

Tabel 2. Data Hasil Uji Rheometer

Nano-silika (phr)	Torsi Maksimum (kgf-cm)	Torsi Minimum (kgf-cm)	Beda Torsi (kgf-cm)	Tc90 (s)
0	46,70	1,43	45,27	107
2	52,45	2,14	50,31	117
4	49,31	1,84	47,47	87
6	44,24	2,16	42,08	101

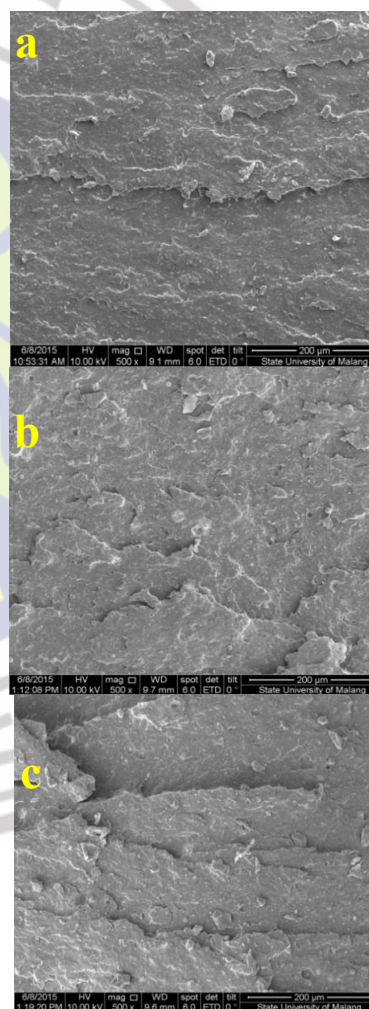
Berdasarkan tabel 2 terlihat bahwa penambahan nanosilika tidak mempengaruhi waktu masak atau waktu vulkanisasi (Tc90) komposit karet alam/nanosilika. Selain waktu masak, didapatkan pula data mengenai kerapatan ikatan silang yang ditunjukkan oleh beda torsi. Kerapatan ikatan silang paling tinggi terdapat pada karet dengan penambahan nanosilika 2 phr dan yang paling rendah terdapat pada penambahan nanosilika 6 phr.

Mikrostruktur Komposit Karet Alam/Nanosilika

Karakterisasi dengan menggunakan SEM bertujuan untuk melihat mikrostruktur komposit karet alam/nanosilika setelah dilakukan pengujian tarik baik yang ditambahkan nanosilika maupun yang tidak ditambahkan nanosilika. Hasil SEM komposit karet alam/nanosilika ditunjukkan pada Gambar 1.

Gambar 1 merupakan hasil SEM komposit karet alam/nanosilika dengan perbesaran 500x. Berdasarkan Gambar 1 terlihat bahwa karet alam tanpa nanosilika memiliki permukaan yang lebih halus dengan sedikit retakan sedangkan permukaan karet alam dengan penambahan nanosilika terlihat lebih kasar. Hal tersebut karena penambahan nanosilika memungkinkan komposit karet alam/nanosilika menjadi semakin keras sehingga akan mudah retak ketika dikenai tarikan dan menyebabkan permukaannya terlihat lebih kasar. Pada komposit karet alam/nanosilika 2 phr terlihat bahwa permukaannya menjadi

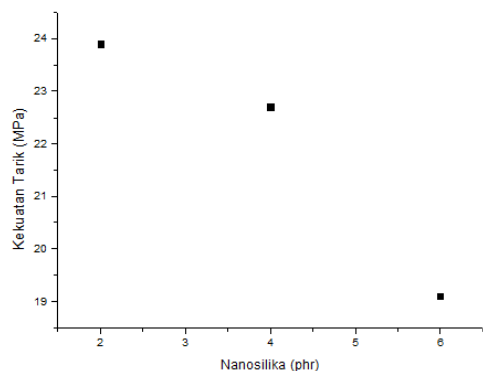
lebih kasar dengan jumlah retakan semakin banyak. Pada komposit karet alam/nanosilika 6 phr terlihat retakan yang terjadi menjadi semakin lebar dan permukaannya menjadi semakin kasar. Selain itu, dari Gambar 1 juga dapat dilihat bahwa filler nanosilika telah tersebar secara merata dalam matriks karet alam. Hal tersebut ditandai dengan tidak terlihatnya ruang kosong dalam matrik karet alam. Namun pada Gambar 1 masih belum memperlihatkan interaksi antara filler nanosilika dengan matrik karet alam. Hal ini dikarenakan perbesaran SEM yang digunakan kurang tinggi.



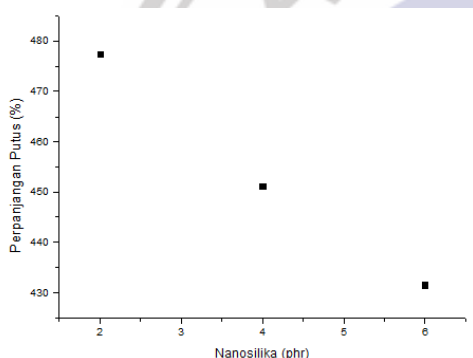
Gambar 1. Hasil Foto SEM Komposit Karet Alam/Nanosilika dengan perbesaran 500x a) Tanpa Nanosilika, b) Penambahan Nanosilika 2 phr, c) Penambahan Nanosilika 6 phr

Kekuatan Tarik Komposit Karet Alam/Nanosilika

Hasil pengujian kekuatan tarik disajikan dalam bentuk grafik seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Pengaruh Penambahan Nanosilika terhadap Kekuatan Tarik Komposit Karet Alam/Nanosilika



Gambar 3. Pengaruh Penambahan Nanosilika terhadap Perpanjangan Putus Komposit Karet Alam/Nanosilika

Gambar 2 memperlihatkan pengaruh penambahan nanosilika terhadap kekuatan tarik komposit karet alam/nanosilika. Penambahan nanosilika dalam rentang 2 – 6 phr menunjukkan bahwa semakin besar jumlah nanosilika mengakibatkan kekuatan tarik komposit karet alam/nanosilika turun. Pada penambahan nanosilika sebesar 2 phr didapatkan peningkatan kekuatan tarik komposit karet alam/nanosilika bila dibandingkan karet tanpa nanosilika yaitu dari 23 MPa menjadi 23,9 MPa. Hal tersebut dikarenakan interaksi yang baik antara filler nanosilika dan matriks karet. Filler nanosilika yang ditambahkan dalam jumlah kecil dapat mengisi ruang kosong pada matriks karet alam dengan baik sehingga didapatkan peningkatan kekuatan tarik.

Pada variasi 4 dan 6 phr terjadi penurunan kekuatan tarik bila dibandingkan karet tanpa nanosilika yaitu dengan nilai masing-masing 22,7 MPa dan 19,1 MPa. Penurunan paling tajam terlihat pada variasi 6 phr. Penurunan kekuatan tarik tersebut diakibatkan oleh kecenderungan molekul-molekul nanosilika yang memiliki gugus hidroksil untuk membentuk ikatan hidrogen antar molekul nanosilika yang mengakibatkan filler nanosilika cenderung teraglomerasi dalam matriks karet (Bahrudin, dkk, 2012) sehingga menyebabkan filler tidak mengisi ruang kosong pada matriks karet alam. Selain itu, penurunan nilai kekuatan tarik tersebut juga dipengaruhi kerapatan ikatan silang yang terbentuk. Berdasarkan Tabel 2 terlihat bahwa komposit karet alam/nanosilika dengan penambahan nanosilika 2 phr memiliki kerapatan ikatan silang paling tinggi sedangkan komposit karet alam/nanosilika dengan penambahan nanosilika 6 phr memiliki kerapatan ikatan silang paling rendah.

Hasil uji kekuatan tarik dalam penelitian ini bersesuaian dengan hasil yang didapatkan oleh Ahmed *et al.* (2015) yaitu penambahan nanosilika dalam jumlah kecil dapat meningkatkan kekuatan tarik karet namun dalam kisaran >3 phr, penambahan nanosilika menyebabkan penurunan kekuatan tarik akibat dari teraglomerasinya partikel nanosilika dalam matriks karet. Nilai kekuatan tarik yang didapatkan dalam penelitian ini cenderung lebih besar bila dibandingkan dengan penelitian sebelumnya.

Pada pengujian kekuatan tarik karet alam didapatkan pula nilai perpanjangan putus yang disajikan dalam bentuk grafik seperti terlihat pada Gambar 3.

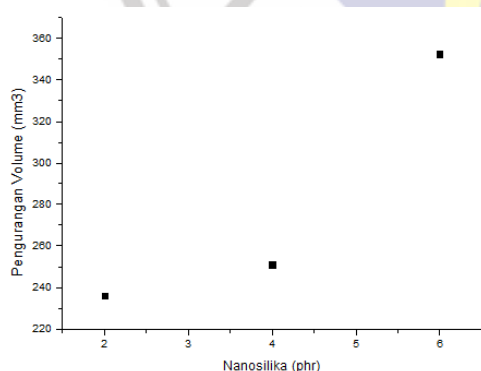
Perpanjangan putus komposit karet alam/nanosilika memperlihatkan panjang karet alam ketika putus pada saat ditarik. Perpanjangan putus bisa dikaitkan dengan elastisitas komposit karet alam/nanosilika. Semakin besar nilai perpanjangan putus maka semakin elastis komposit karet alam/nanosilika. Berdasarkan Gambar 4.5 terlihat bahwa semakin banyak penambahan nanosilika

menyebabkan perpanjangan putus komposit karet alam/nanosilika semakin menurun yang berarti komposit karet alam/nanosilika semakin tidak elastis. Hal tersebut dikarenakan nanosilika yang mengisi ruang kosong pada matriks karet alam memungkinkan komposit karet alam/nanosilika semakin keras sehingga elastisitasnya menurun.

Ketahanan Kikis Komposit Karet Alam/Nanosilika

Hasil pengujian ketahanan kikis disajikan dalam bentuk grafik seperti terlihat pada Gambar 4.

Nilai pengujian ketahanan kikis menunjukkan volume komposit karet alam/nanosilika yang hilang setelah dikenai gesekan. Berdasarkan Gambar 4.6 terlihat bahwa pengurangan volume terkecil terdapat pada variasi 2 phr yaitu 236 mm³. Nilai tersebut turun drastis bila dibandingkan dengan karet alam tanpa nanosilika (397,4 mm³). Turunnya volume yang hilang akibat gesekan diakibatkan nanosilika sebagai filler dapat mengisi ruang kosong pada matriks karet alam secara merata. Dengan demikian, karet alam dengan penambahan nanosilika 2 phr memiliki ketahanan kikis yang lebih tinggi bila dibandingkan karet alam tanpa nanosilika.



Gambar 4. Pengaruh Penambahan Nanosilika terhadap Pengurangan Volume Komposit Karet Alam/Nanosilika

Nilai pengurangan volume karet pada variasi penambahan 4 dan 6 phr terlihat lebih besar bilang dibandingkan variasi 2 phr namun masih lebih kecil bila

dibandingkan dengan karet alam tanpa nanosilika. Nilai pengurangan volume akibat gesekan untuk 4 phr adalah 251,15 mm³ dan untuk 6 phr adalah 352,25 mm³. Nilai pengurangan volume karet alam dari variasi nanosilika 2 – 6 phr, menunjukkan bahwa seiring dengan banyaknya nanosilika yang ditambahkan maka pengurangan volumenya semakin besar yang berarti ketahanan kikisnya semakin turun. Hal tersebut diakibatkan dalam jumlah besar nanosilika cenderung teraglomerasi dalam matrik karet sehingga menyebabkan lemahnya interaksi filler dengan matriks. Selain itu, kerapatan ikatan silang yang kecil juga mempengaruhi besarnya nilai pengurangan volume karet alam tersebut.

Hasil uji ketahanan kikis dalam penelitian ini bersesuaian dengan hasil yang didapatkan oleh Ahmed *et al.* (2015) yaitu penambahan nanosilika dalam jumlah kecil dapat memperkecil volume karet alam yang hilang akibat gesekan. Akan tetapi pada penambahan >3 phr, volume karet alam yang hilang menjadi lebih besar walupun masih lebih rendah bila dibandingkan karet alam tanpa nanosilika.

KESIMPULAN

Nanosilika sebagai filler karet alam mengakibatkan struktur permukaan komposit karet alam/nanosilika menjadi kasar. Selain itu, penambahan nanosilika sebesar 2 phr dapat meningkatkan kekuatan tarik dan ketahanan kikis komposit karet alam/nanosilika.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada DIKTI yang telah memberikan dana sehingga penelitian ini terlaksana,

DAFTAR RUJUKAN

- Ahmed, J.K., Al-maamori, M.H., Ali, H.M. 2015. Effect of Nano Silica on the Mechanical Properties of Styrene-Butadiene Rubber (SBR) Composite. *International Journal of Materials Science and Application*, 2015, 4 (2-1): 15-20.
- Bahrudin, Saktiani, Lili., Yanuar, & Satoto, Rahmat. 2012.

- Pemanfaatan Limbah Fly Ash Pabrik Kelapa Sawit sebagai Filler Substitusi untuk Material Karet Alam Termoset: Pengaruh Nisbah Fly Ash/Carbon Black dan Kadar Coupling Agent Maleated Natural Rubber. *Prosiding InSINas 2012*.
- Callister, D. William, & Rethwisch, G. David. 2009. *Materials Science and Engineering an Introduction-Eight Edition*. United States of America: World Color USA.
- Dominic, M., Begum, P.M., Joseph, R., Joseph, D., Kumar, P., & Ayswarya E. 2013. Synthesis, Characterization and Application of Rice Husk Nanosilica in Natural Rubber. *International Journal of Science, Environment and Technology*, 2013, 2 (5): 1027-1035.
- Imoisili, P. E., K. O. Ukoba, I. T. Adejugbe, D. Adgidzi, S.O.O. Olusunle. 2013. Mechanical Properties of Rice Husk/Carbon Black Hybrid Natural Rubber Composite. *Chemistry and Materials Research*, 2013, 3 (8): ISSN 2224-3224 (Print) ISSN 2225-0956 (Online).
- Jones, R.M. 1999. *Mechanics of Composite Materials*. Philadelphia: Taylor & Francis.
- Siswanto, Hamzah, M., Mahendra A., & Fausiah. Perekayasaan Nanosilika berbahan baku Silika lokal Sebagai Filler Kompon Karet Rubber Air Bag Peluncur Kapal dari Galangan. *Prosiding InSINas 2012*.