

Zeolit Alam sebagai Substitusi Bahan Pengisi pada Komposit NBR/EPDM: Karakteristik Ketahanan terhadap Perendaman dan Ketahanan Pampat

Natural Zeolite as Substitution Filler on the NBR/EPDM Composite: Characteristics of Swelling Resistance and Compression Set

Noor Maryam Setyadewi

Balai Besar Kulit, Karet, & Plastik
Kementerian Perindustrian,
Jl. Sokonandi no.9 Yogyakarta, Indonesia
noormaryam@yahoo.com

Hesty Eka Mayasari

Balai Riset & Standardisasi Industri Surabaya
Kementerian Perindustrian, Jl. Jagir
Wonokromo 360 Surabaya, Indonesia
hesty.ekamayasari@yahoo.com

Ike Setyorini

Balai Besar Kulit, Karet, & Plastik
Kementerian Perindustrian,
Jl. Sokonandi no.9 Yogyakarta, Indonesia
ike-setyorini@kemenperin.go.id

Abstrak - Ketahanan material karet terhadap pelarut serta ketahanan terhadap pampat perlu dipelajari untuk mengetahui kondisi penggunaan dan penyimpanan yang tepat. Dalam penelitian ini akan dipelajari pengaruh zeolit alam sebagai substitusi bahan pengisi terhadap karakteristik perendaman (swelling) dan ketahanan pampat komposit Nitrile Butadiene Rubber (NBR)/ Ethylene Propylene Diene Rubber (EPDM). Bahan pengisi zeolit divariasikan berdasarkan jumlah dan perlakuannya (5 phr dan 10 phr dengan dan tanpa modifikasi). Komposit NBR/EPDM dibuat menggunakan two-roll mill dan divulkanisasi menggunakan hydraulic press. Selanjutnya komposit diuji ketahanan terhadap perendaman (swelling) sesuai ISO 1817 menggunakan IRM 903, heksana, dan toluena. Pengujian ketahanan pampat dilakukan sesuai ISO 815 dengan alat uji pampat. Dari penelitian diketahui bahwa zeolit dapat menjadi substitusi bahan pengisi yang sesuai untuk komposit NBR/EPDM. Zeolit termodifikasi sebanyak 10 phr merupakan substitusi bahan pengisi paling sesuai untuk meningkatkan ketahanan terhadap perendaman dan ketahanan pampat pada komposit NBR/EPDM.

Kata Kunci : NBR/EPDM, perendaman, pampat, zeolit alam

Abstract - The resistance of rubber materials to solvents and compression resistance need to be studied in order to determine the proper conditions of use and storage. In this research, we will study the effect of natural zeolite as a filler substitution on the swelling characteristics and compression resistance of Nitrile Butadiene Rubber (NBR)/Ethylene Propylene Diene Rubber (EPDM) composites. The zeolite filler was varied based on the amount and treatment (5 phr and 10 phr with and without modification). The NBR/EPDM composites were made using a two-roll mill and vulcanized using a hydraulic press. Furthermore, the composites were tested for resistance to immersion (swelling) according to ISO 1817 using IRM 903, hexane, and toluene. The compression resistance testing is carried out according to ISO 815 with a compression test apparatus. From the research it is known that zeolite can be a suitable filler substitution for NBR/EPDM composites. The 10 phr modified zeolite is the most suitable filler substitution to increase immersion resistance and compression resistance for NBR/EPDM composites.

Keywords: NBR/EPDM, immersion, compression set, natural zeolite

I. PENDAHULUAN

Karet merupakan material yang sangat luas penggunaannya, baik di industri maupun rumah tangga. Karet dibagi menjadi dua jenis berdasarkan pembuatannya, yaitu karet alam yang berasal dari pohon *Hevea brasiliensis* dan karet sintesis yang dibuat dari minyak bumi. Dalam penelitian ini akan digunakan karet sintesis yang telah dicampur menjadi material baru, yaitu Nitrile Butadiene Rubber (NBR) dan Ethylene Propylene Diene Rubber (EPDM). Pencampuran karet dilakukan untuk mendapatkan material baru yang sifatnya lebih unggul [1]. NBR merupakan karet sintesis yang bersifat polar sehingga memiliki ketahanan terhadap minyak yang baik. Namun NBR tidak terlalu tahan terhadap panas dan pengaruh ozon. EPDM sebagai karet sintesis memiliki ketahanan yang baik terhadap cuaca namun kurang tahan terhadap pelarut non polar [2]. Pencampuran dari kedua karet ini diharapkan dapat membuat material yang tahan terhadap cuaca dan juga pelarut. Dalam pencampuran karet, diperlukan bahan pengisi dan juga bahan aditif untuk meningkatkan sifat mekaniknya. Pada umumnya, bahan pengisi yang digunakan adalah carbon black. Carbon black (CB) ini masih diimpor di Indonesia dan memiliki dampak lingkungan dalam pembuatannya. Oleh karena itu, seiring dengan perkembangan zaman, banyak dilakukan penelitian mengenai substitusi bahan pengisi sehingga penggunaan carbon black dapat dikurangi.

Dalam penelitian ini, bahan pengisi yang digunakan sebagai substitusi carbon black adalah zeolit alam. Zeolit adalah kumpulan alumina silikat terhidrasi dengan struktur kristal mikropori [3]. Struktur berpori khususnya didasarkan pada kerangka tiga dimensi yang memberikan rasio permukaan-volume yang tinggi [4]. Zeolit alam mudah didapat dan jumlahnya berlimpah di Indonesia. Zeolit dapat digunakan langsung maupun digunakan dengan memberi perlakuan sebelum digunakan. Beberapa penelitian yang telah mempelajari zeolit alam sebagai bahan pengisi beberapa material diantaranya Fang *et. al.* [5] menggunakan zeolit yang dimodifikasi dengan PEG sebagai bahan pengisi bersama CB untuk komposit BR/SBR, Pajarito *et. al.* menggunakan zeolit sebagai bahan pengisi bersama CB untuk komposit NR [6],

Siryong *et. al.* menggunakan zeolit alam sebagai bahan pengisi komposit NR/NBR [7].

Dalam penggunaan material karet, perlu diketahui kondisi penggunaan dan penyimpanannya agar memiliki umur pakai yang panjang. Penggunaan komposit NBR/EPDM ini diantaranya sebagai sil, gasket, lis kaca maupun selang. Penggunaan karet ini sering bersinggungan dengan minyak, oli, maupun pelarut lainnya. Masing-masing pelarut dapat memberikan efek yang berbeda pada karet. Selain itu, sebagai sil, gasket, komposit NBR/EPDM ini selalu dikenai tekanan, dan diharapkan dapat memiliki ketahanan yang baik agar tidak terjadi kebocoran. Oleh karena itu ketahanan terhadap perendaman (*swelling*) serta ketahanan pampat perlu dipelajari untuk mendapatkan informasi penggunaan dan penyimpanan yang maksimum.

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengetahui karakteristik perendaman (*swelling*) dan ketahanan pampat. Yuniari *et al.* mempelajari pengaruh kompatibiliser terhadap ketahanan pada pelarut campuran NR/NBR [8], Ahmed *et al.* mempelajari pengaruh bahan pengisi terhadap ketahanan pada pelarut campuran kloroprena/EPDM [9], Thomas *et. al.* mempelajari pengaruh nanofiller terhadap sifat komposit NBR/NR. Menurut pengetahuan penulis, belum ada penelitian yang mempelajari pengaruh zeolit alam sebagai bahan pengisi terhadap ketahanan perendaman dan ketahanan pampat pada komposit NBR/EPDM. Dalam penelitian ini akan dilakukan *swelling* komposit NBR/EPDM dengan menggunakan beberapa pelarut, yaitu IRM 903 (oli), heksana (turunan hidrokarbon alifatik), dan toluene (hidrokarbon aromatik). Karya tulis ini merupakan karya tulis kedua setelah sebelumnya membahas pengaruh kompatibiliser terhadap karakteristik kompon dan sifat mekanik komposit NBR/RPDM [2]. Ketahanan komposit NBR/RPDM terhadap pelarut dan pampat menggunakan zeolit alam sebagai substitusi bahan pengisi akan dipelajari pada penelitian ini. Informasi ini sangat penting untuk dapat menentukan bahan bahan pengisi yang sesuai untuk komposit NBR/EPDM sehingga mendapatkan produksi yang lebih efisien..

II. BAHAN DAN METODE

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah NBR (ACN 48,5%, Krynac 4975 F), EPDM (ENB 8,7%, Keltan 4551 A), karbon hitam N330 High Abrasion Furnace (HAF) (OCI, Korea), dan zeolit alam dari pasar lokal. di Klaten, Indonesia sebagai pengisi, minyak parafin (Indrasari), lilin parafin (Antilux 654 A) sebagai antioksidan, asam stearat Aflux 42 M (Rhein Chemie), dan seng oksida (ZnO, Indoksida) sebagai aktivator, 6PPD (Starchem) sebagai antiozonan, 2,2'-dithiobis (benzothiazole) (MBTS) Kemai sebagai akselerator, dan sulfur (Miwon) sebagai agen vulkanisir. Bahan pengisi divariasikan sebagai berikut 100% CB, 91,2% CB (5 phr zeolit), dan 83,3% CB (10 phr zeolit) untuk zeolit yang tidak dimodifikasi dan zeolit termodifikasi. Zeolit dimodifikasi dengan mengaktifkan zeolit alam secara fisik dengan cara dihaluskan dalam mortar, kemudian dipanaskan dalam oven 100 °C selama 6 jam.

Bahan-bahan tersebut dicampur menggunakan *two-roll mill* hingga homogen dengan formulasi pada Tabel 1 [2]. Selanjutnya kompon divulkanisasi menggunakan *hydraulic press* dengan tekanan 150 kg/cm² pada suhu 160 ° C.

Tabel 1. Formulasi komposit NBR/EPDM

Bahan	NEZ0	NEZ5	NEZ5M	NEZ10	NEZ10M
NBR	50	50	50	50	50

EPDM	50	50	50	50	50
CB N330	60	55	55	50	50
Zeolit	0	5	0	10	0
Zeolit modifikasi	0	0	5	0	10
Zinc oksida	5	5	5	5	5
Asam stearate	1	1	1	1	1
Paraffinic oil	2	2	2	2	2
Paraffinic Wax	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
6PPD Vulkanox	5	5	5	5	5
MBTS	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Phenolic resin	1	1	1	1	1
Sulfur	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5

^a. *bahan dalam satuan phr (part per hundred resin/matriks)

^b. *NEZ0= NBR/EPDM, NEZ5= NBR/EPDM/Zeolit 5 phr, NEZ5M= NBR/EPDM/Zeolit Modifikasi 5 phr, NEZ10= NBR/EPDM/Zeolit 10 phr, NEZ10M= NBR/EPDM/Zeolit Modifikasi 10 phr

Ketahanan terhadap pelarut dipelajari dengan menggunakan metode perendaman (*swelling*). *Swelling* dilakukan dengan menggunakan metode ISO 1817. Spesimen berukuran sekitar 30mm x 20mm x 20mm dilarutkan ke dalam pelarut pada suhu ruang dan diamati perubahan massanya setelah enam hari. Pelarut yang digunakan dalam penelitian ini adalah IRM 903, heksana, dan toluene. Persentase *swelling* dapat dihitung menggunakan persamaan (1). Dimana w_1 adalah massa setelah *swelling* and w_0 (g) adalah massa awal (g).

$$Swelling (\%) = \left(\frac{w_1 - w_0}{w_0} \right) \times 1001 \tag{1}$$

Ketahanan pampat komposit karet diukur sesuai dengan metode ISO 815. Sampel komposit ditempatkan dalam peralatan pengujian ketahanan pampat yang ditunjukkan pada Gambar 1. Sampel karet dipampat pada pampat 25% pada 100 °C selama 24 jam. Setelah pengujian selesai dilakukan pengambilan sampel dan kemudian dilakukan perhitungan ketahanan pampat (*compression set*) menggunakan persamaan (1).

$$Compression set (\%) = \frac{tebal\ awal - tebal\ akhir}{tebal\ awal} \times 100 \tag{2}$$



Gambar 1. Peralatan uji ketahanan pampat

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Ketahanan terhadap perendaman (*swelling*)

Pengujian ketahanan terhadap pelarut pada campuran NBR/EPDM dengan variasi bahan pengisi telah dilakukan. Pelarut yang digunakan memiliki karakteristik yang berbeda, IRM 903 merupakan jenis oli, toluene merupakan pelarut aromatik, dan n-heksana merupakan pelarut alifatik. Ketahanan terhadap pelarut dihitung sebagai persentase *swelling* yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Dari Tabel 2 diketahui bahwa tiap pelarut memberikan fenomena yang berbeda pada ketahanan komposit NBR/EPDM. Perendaman pada IRM 903 menunjukkan nilai persentase *swelling* yang positif, sedangkan perendaman pada toluene dan n-heksana menunjukkan nilai persentase *swelling* yang negatif. IRM 903 merupakan jenis oli yang merupakan pelarut polar, sedangkan toluene (pelarut aromatic) dan n-heksana (pelarut alifatik) adalah pelarut nonpolar. Hal ini menunjukkan bahwa perendaman pada IRM membuat komposit NBR/EPDM mengalami pembengkakan (*swelling*), penambahan volume dan juga penambahan massa komposit. Hal ini terjadi karena adanya difusi pelarut ke dalam matriks karet. Sedangkan pelarut toluene dan n-heksana membuat komposit NBR/EPDM terlarut sehingga massanya berkurang dan persentase *swelling* menunjukkan nilai negatif. Fenomena pengurangan massa saat pelarutan sangat tidak disukai terutama jika digunakan sebagai sil, karena dapat menyebabkan kebocoran.

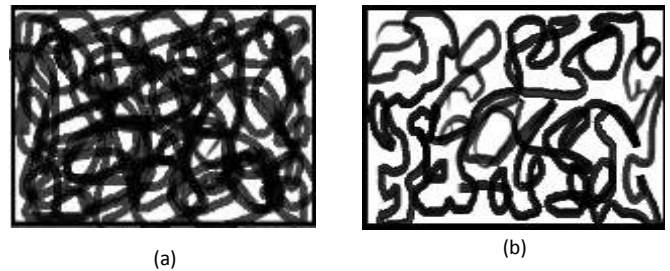
Tabel 2. Nilai persentase *swelling* komposit NBR/EPDM

Kode	IRM 903 (%)	Toluene (%)	N heksana (%)
NEZ0	4.78	-9.33	-6.39
NEZ5	3.68	-8.76	-6.06
NEZ5M	2.01	-4.39	-3.12
NEZ10	3.28	-7.76	-5.85
NEZ10M	1.97	-4.18	-2.97

Pada Tabel 2 diketahui bahwa *swelling* indeks mencapai 4.78% pada IRM, 9.33% pada toluene, dan 6.39% pada n-heksana. Komposit NBR/EPDM memiliki ketahanan yang cukup baik pada pelarut tersebut, terutama dari jenis oli. Komposit dengan bahan pengisi zeolit sebagai substitusi *carbon black* memberi ketahanan terhadap perendaman yang sedikit lebih baik dibandingkan bahan pengisi tanpa substitusi. Zeolit alam yang termodifikasi juga memberikan nilai persentase *swelling* yang lebih baik daripada zeolit tanpa modifikasi. Hal ini menunjukkan bahwa modifikasi yang dilakukan membuat bahan pengisi dan matriks karet memiliki densitas ikatan silang yang lebih erat sehingga menyebabkan keterbatasan dalam penetrasi pelarut ke dalam matriks karet dan pelarut yang terdifusi dalam matriks komposit lebih sedikit. Zeolit memberikan pengaruh yang baik dalam peningkatan ketahanan terhadap pelarut, hal ini juga sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Siringong *et. al.* yang menunjukkan bahwa zeolit memberikan persentase *swelling* yang baik pada komposit NR/NBR [7].

Fenomena *swelling* terjadi karena adanya free-volume dalam matriks karet sehingga memungkinkan difusi pelarut ke dalam matriks karet [10]. Gambaran fenomena dalam proses *swelling* direpresentasikan pada Gambar 2. Gambar 2 (a) menunjukkan matriks komposit awal, sedangkan Gambar 2 (b) menunjukkan matriks komposit saat diberi pelarut. Pada Gambar 2 (b) diketahui bahwa free-volume pada matriks

komposit lebih banyak setelah terjadi difusi pelarut jika dibandingkan dengan free volume pada matriks komposit awal (a).



Gambar 2. Fenomena *swelling* (a) matriks komposit awal (b) matriks komposit setelah diberi pelarut

B. Ketahanan pampat (*Compression set*)

Pada Tabel 3 diketahui bahwa nilai *compression set* komposit NBR/EPDM dengan variasi jenis bahan pengisi tidak berbeda secara signifikan. *Compression set* menunjukkan ketahanan properti elastis komposit setelah dipampat dalam kondisi tertentu [9]. *Compression set* menunjukkan kemampuan komposit untuk kembali ke bentuk aslinya setelah gaya dihilangkan [11]. Informasi ini penting dilakukan untuk mencegah terjadinya kebocoran seperti seal, gasket, pintu, jendela, mesin otomotif. Dari Tabel 3, diketahui bahwa zeolit sebagai substitusi CB memberikan set pampat yang lebih tinggi dibandingkan dengan CB tanpa substitusi zeolit. Namun perbedaan tersebut tidak terlalu signifikan.

Tabel 3. *Compression set* komposit NBR/EPDM

Kode	Compression set, %
NEZ0	2.13
NEZ5	2.95
NEZ5M	2.87
NEZ10	2.81
NEZ10M	2.46

Dari Tabel 3 diketahui bahwa jumlah zeolit yang lebih banyak (10 phr) dan modifikasi zeolit memberikan nilai *compression set* yang lebih rendah. Hal ini menunjukkan bahwa zeolit dapat memberi pengaruh yang baik terhadap ketahanan pampat komposit. Modifikasi ini dimungkinkan mengubah bentuk struktur Kristal zeolit sehingga dapat menahan beban dengan lebih baik. Zeolit dapat menjadi substitusi bahan pengisi yang cocok untuk meningkatkan ketahanan pampat komposit NBR/EPDM. terlebih lagi jika dilakukan penelitian lanjutan, baik mengenai variasi maupun teknik modifikasi, sehingga dapat memberikan sifat yang lebih mendekati atau lebih baik dari *carbon black*.

IV. KESIMPULAN

Bahan pengisi merupakan salah satu komponen penting dalam pencampuran karet. Komposit NBR/EPDM dengan zeolit sebagai substitusi bahan pengisi *carbon black* memiliki ketahanan terhadap perendaman (*swelling*) dan ketahanan pampat (*compression set*) yang baik. Zeolit memberikan nilai persentase *swelling* yang lebih rendah dibandingkan komposit tanpa substitusi bahan pengisi pada pelarut IRM 903, toluene, dan n-heksana. Zeolit sebanyak 10 phr memberikan nilai persentase *swelling* dan *compression set* yang lebih rendah

dibandingkan zeolit 5 phr (2.95% dan 2.81%). Modifikasi zeolit juga memberikan nilai persentase *swelling* dan *compression set* yang lebih rendah dibandingkan zeolit tanpa modifikasi (2.87% dan 2.46%). Hal ini menunjukkan bahwa penambahan dan modifikasi zeolit dapat meningkatkan ketahanan terhadap perendaman dan ketahanan terhadap tekanan pada komposit NBR/EPDM.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Balai Besar Kulit, Karet, dan Plastik yang telah memfasilitasi penelitian ini dan BPPI Kementerian Perindustrian yang telah mendanai penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. E. Mayasari, I. Setyorini, and A. Yuniari, "The Blending of EPDM/NR with Maleic Anhydride as Compatibilizer: Comparing the Effect of Accelerators on Cure Characteristic and Mechanical Properties," *Indones. J. Chem.*, vol. 19, no. 1, pp. 106–114, 2019.
- [2] H. E. Mayasari and N. M. Setyadewi, "Effect of natural zeolit as substrate filler on the properties of NBR / EPDM blend," *Maj. Kulit, Karet dan Plast.*, vol. 35, no. 1, pp. 25–32, 2019.
- [3] H. Hassankhani, H. Atashi, and D. Mohebbi, "Reducing of heat loss of rubber compound using natural zeolit filler: effect of partially substitution of fillers on compound properties," *Iran. Polym. J.*, vol. 0, no. 0, p. 0, 2018.
- [4] H. Peng, J. Vaughan, and J. Vogrin, "Applied Clay Science The effect of thermal activation of kaolinite on its dissolution and reprecipitation as zeolites in alkaline aluminate solution," *Appl. Clay Sci.*, vol. 157, pp. 189–197, 2018.
- [5] Q. Fang, X. Liu, N. Wang, C. Ma, and F. Yang, "The effect of zeolit particle modified by PEG on rubber composite properties," *Sci. Eng. Compos. Mater.*, vol. 22, no. 6, pp. 607–612, 2015.
- [6] B. B. Pajarito, K. A. Gines, A. S. Baluyut, J. A. A. de Leon, and R. P. Villa, "Effect of Replacing Carbon Black with Organo-Modified Bentonite and Acid-Activated Zeolit on Vulcanization Characteristics of Natural Rubber Tire Tread," *Mater. Sci. Forum*, vol. 890, pp. 59–63, 2017.
- [7] T. Siriyong and W. Keawwattana, "Utilization of different curing systems and natural zeolit as filler and absorbent for natural rubber/Nitrile rubber blend," *Kasetsart J. - Nat. Sci.*, vol. 46, no. 6, pp. 918–930, 2012.
- [8] A. Yuniari, H. E. Mayasari, and I. Setyorini, "Curing characteristics , swelling , and mechanical properties of natural rubber/nitrile butadiene rubber blends with and without compatibilizer," *J. Leather, Rubber, Plast.*, vol. 33, no. 2, pp. 65–72, 2017.
- [9] K. Ahmed, S. Nizami, N. Z. Raza, and K. Shirin, "Cure Characteristics , Mechanical and Swelling Properties of Marble Sludge Filled EPDM Modified Chloroprene Rubber Blends," *Adv. Mater. Phys. Chem.*, vol. 2012, no. June, pp. 90–97, 2012.
- [10] G. Sarkhel and S. Manjhi, "Effect of compatibilizer on the dynamic mechanical and electrical properties of kaolin clay reinforced EPDM rubber," *Sains Malaysiana*, vol. 42, no. 4, pp. 495–501, 2013.
- [11] S. O. Movahed, A. Ansarifard, and F. Mirzaie, "Effect of various efficient vulcanization cure systems on the compression set of a nitrile rubber filled with different fillers," *J. Appl. Polym. Sci.*, vol. 132, no. 8, pp. 1–10, 2015.