

## DEVELOPMENT OF NATURAL RUBBER-BASED THERMOPLASTIC VULCANIZATE MATERIAL

Bahrudin

Laboratorium Teknologi Bahan Alam dan Mineral  
Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Riau  
e-mail : [bahrudin@unri.ac.id](mailto:bahrudin@unri.ac.id)

### ABSTRACT

*Thermoplastic vulcanizate (TPV) is a material consisting of a mixture of thermoplastic and rubber, so that the application has rubber-like properties and can be processed like plastic. The purpose of this research is to develop natural rubber-based TPV. As a matrix phase, use polypropylene (PP). Natural rubber before it is mixed with PP, first mixed with sulfur and other additive materials, using a Two-Roll Mill, produces rubber compound. Furthermore, the rubber compound is mixed with PP using the internal mixer. The process is carried out at the melting temperature of PP. To improve the interaction of the rubber phase with PP phase, used maleated polypropylene (MAPP) as a compatibilizer. The results showed that TPV may have properties of tensile strength of 7.7 MPa and elongation at break reaches 512%, if without using filler. The addition of carbon black can improve the tensile strength of up to peak at 11 MPa, but with a lower elongation properties. Technically showed that natural rubber-based TPV has the potential to be developed into a commercial product.*

**Keywords:** *dynamic vulcanization, maleated polypropylene, mechanical properties, natural rubber, thermoplastic vulcanizate*

## PENGEMBANGAN MATERIAL THERMOPLASTIC VULCANIZATE BERBASIS KARET ALAM

Bahrudin  
Laboratorium Teknologi Bahan Alam dan Mineral  
Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Riau  
e-mail : [bahrudin@unri.ac.id](mailto:bahrudin@unri.ac.id)

### ABSTRAK

*Thermoplastic vulcanizate (TPV)* merupakan material campuran antara termoplastik dengan karet, sehingga secara aplikasi memiliki sifat seperti karet namun dapat diproses seperti plastik. Tujuan penelitian ini adalah untuk meningkatkan sifat dan morfologi TPV berbasis karet alam. Sebagai komponen matriks, digunakan polipropilena (PP). Karet alam sebelum dicampur dengan PP, terlebih dahulu dicampur dengan sulfur dan bahan-bahan aditif lainnya, menggunakan Two Roll-Mill, menghasilkan kompon karet. Pencampuran kompon karet dengan PP menggunakan internal mixer, pada suhu leleh PP. Sebagai kompatibilizer, digunakan *maleated polypropylene (MAPP)*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa produk TPV dapat memiliki sifat *tensile strength* 7,7 MPa dan *elongation at break* mencapai 512%, jika tanpa menggunakan filler. Penambahan filler carbon black dapat meningkatkan tensile strength hingga mencapai 11 MPa, namun menurunkan sifat elongasi. Secara teknis menunjukkan bahwa produk TPV berbasis karet alam berpotensi untuk dikembangkan menjadi produk komersial.

**Kata Kunci:** karet alam, maleated polypropylene, sifat mekanik, vulkanisasi dinamik, termoplastik vulkanisat

## **PENDAHULUAN**

Secara aplikasi, thermoplastic vulcanizate (TPV) memiliki sifat seperti karet ter Vulkanisasi namun dapat diproses seperti plastik. Material ini dapat dibuat dari kombinasi karet alam (KA) sebagai komponen elastomer dengan polipropilen (PP) sebagai komponen termoplastik. Produk TPV yang pertama kali diperkenalkan sebagai produk komersial adalah campuran polipropilen dan karet sintetik etilen propilen diene terpolimer (PP/EPDM) yang divulkanisasi dinamik dengan peroksida (Sabet dan Datta, 2000).

Permasalahan utama campuran dan KA adalah belum dapat dihasilkan campuran yang kompatibel. Hal ini disebabkan oleh fasa KA yang tidak mudah berdistribusi ke dalam matriks PP. Diperkirakan bahwa faktor-faktor penyebabnya antara lain adalah perbedaan viskositas kedua polimer tersebut yang cukup besar pada suhu leleh PP serta interaksi molekular antara PP dan KA yang relatif kurang besar (Bahruddin, 2014).

Peneliti sudah mengembangkan beberapa metode untuk meningkatkan sifat dan morfologi material TPV berbasis KA dan PP. Penelitian-penelitian yang sudah dikembangkan antara lain adalah pengembangan teknik pencampuran (Bahruddin dkk, 2006; Bahruddin dkk, 2007a; Bahruddin dkk, 2007b; Bahruddin dkk, 2007c), penambahan kompatibilizer (Bahruddin dkk, 2007d; Bahruddin dkk, 2007e; Bahruddin dkk, 2014), modifikasi fasa KA (Bahruddin dkk, 2008), dan penambahan filler (Bahruddin dkk, 2010a; Bahruddin dkk, 2010b; Bahruddin dkk, 2012). Penelitian-penelitian terbaru terkait pengembangan material TPV berbasis KA, antara lain adalah vulkanisasi dinamik fasa karet (Thongpin dkk, 2015), penggunaan filler (Kaewasakul dkk, 2013); dan penambahan kompatibilizer (Niamlang dkk, 2015; Phruksaphithak, 2015). Makalah ini menyajikan beberapa rangkuman dari penelitian-penelitian yang sudah dikembangkan oleh penulis.

## **BAHAN DAN METODE**

### **Bahan Penelitian**

Bahan yang digunakan pada pembuatan TPV adalah Polipropilen (PF 1000), Karet alam (SIR-20), Carbon black tipe N330 dengan diameter 31 nm, Sulfur, Zink oksida), Asam stearat, Trimetil quinone (Flectol TMQ), Mercaptodibenzo-thiazole disulfide (MBTS), Maleated Polypropylene dan paraffin. Bahan-bahan tersebut dibeli dari distributor lokal.

### Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari *roll mill* yang berguna untuk mastikasi karet dan mencampur karet dengan bahan-bahan aditif. *Internal mixer* (kapasitas 50 cc) sebagai alat utama pencampur karet mastikasi dengan polipropilen untuk membentuk campuran PP/NR. Peralatan untuk mempersiapkan sampel uji mekanik yang digunakan meliputi: *Hot Press* (kapasitas 210 kg/cm<sup>2</sup>) yang berguna untuk membentuk lembaran-lembaran sampel TPV dan alat potong Dumbbell untuk membuat spesimen uji sesuai standar ISO 527-2 type 5A. Peralatan uji tarik yang digunakan adalah Universal Testing Machine, sedangkan peralatan untuk pengamatan morfologi sampel skala mikron adalah Scanning Electron Microscope (SEM).

### Metode Penelitian

#### *Penyiapan Kompon Karet*

Kompon karet dibuat dengan menggunakan roll mill pada suhu ruang dengan kecepatan putaran roll 20 rpm. Urutan dan bahan yang digunakan untuk pembuatan kompon karet, ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Tahapan Pembuatan *Compound* Karet dalam *Roll Mill*

No	Aktivitas	menit ke-
1	Karet Alam	0
2	Penambahan Paraffin	5
2	Penambahan Carbon Black	20
3	Penambahan ZnO	40
4	Penambahan Asam Stearat	45
5	Penambahan TMQ	55
6	Penambahan MBTS	70
7	Penambahan Sulfur	80
8	Penghentian proses pencampuran	85

### *Penyiapan Sampel TPV*

Sampel TPV yang merupakan campuran kompon karet, PP dan MAPP dibuat menggunakan internal mixer. Urutan proses pencampuran pada internal mixer ditunjukkan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Tahapan Proses Pencampuran Material dalam *Intenal Mixer*

No	Aktivitas	Menit ke
1	Pelelehan PP	0
2	Penambahan kompon karet	4
3	Penambahan MAPP	8
4	Penghentian proses pencampuran	12

### *Pengujian Sampel TPV*

Mula-mula sampel TPV dibuat dalam bentuk lembaran, menggunakan hot press pada suhu 180<sup>0</sup>C dengan tekanan 50 bar selama 3-5 menit. Selanjutnya, lembaran tersebut dipotong untuk mendapatkan spesimen uji, menggunakan dumbbell. Kemudian dilakukan pengujian tensile dengan beban 100 kg dan kecepatan 50 mm/menit, menggunakan universal testing machine.

Pengujian morfologi dilakukan dengan menggunakan alat Scanning Electron Microscope (SEM). Sampel terlebih dahulu direndam dalam nitrogen cair selama 5 menit untuk menghindari terjadinya perubahan bentuk fasa pada saat dilakukan pematahan. Sebelum pengujian SEM, sampel tersebut juga terlebih dahulu dilapisi dengan emas menggunakan JEOL Fine Coat (Ion Sputter). Pelapisan tersebut dilakukan untuk menghindari timbulnya muatan elektrostatik dari sampel pada saat pengujian SEM.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### *Perbandingan perlakuan awal pada NR*

Perbedaan perlakuan awal pada NR mempengaruhi sifat mekanik TPV. Seperti ditunjukkan pada tabel 3.

**Tabel 3.** Tabel perbandingan hasil uji sifat mekanik dengan berbagai proses perlakuan awal pada NR

Sistem Campuran	Sifat Mekanik		
	Tensile Strength (MPa)	Elongation at Break (%)	Hardness (Shore A)
Fasa NR Tervulkanisasi Dinamik:			
Sulfur 3 phr	1,8	48	63
Sulfur 5 phr	1,2	70	62
Sulfur 7 phr	1,1	39	64
Fasa NR Termodifikasi Gugus [OH] dan Tervulkanisasi Dinamik Penambahan MAPP:			
2,5% massa	7,1	378	65
5,0% massa	7,7	512	60

Bahrudin dkk. (2007b,c,d,e; Bahrudin dkk, 2008)

Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa sifat fisik TPV pada NR yang hanya divulkanisasi dinamik sangat rendah. Pada variasi kadar sulfur sifat mekanik terbaik pada sulfur 5 phr, tensile strength hanya hanya 1,2 MPa dan elongation at break 70%. Modifikasi fasa NR dengan gugus [OH], hanya meningkatkan elongation at break dan menurunkan tingkat kekerasan TPV. Namun, penambahan kompatibilizer MAPP dapat meningkatkan sifat tensile strength hingga mencapai 7,7 MPa dan elongation at break 512%, tanpa merubah tingkat kekerasan TPV.

#### *Pengaruh Jenis Kompatibilizer*

Kompatibilizer berfungsi untuk meningkatkan kompatibilitas blend TPV. Jenis kompatibilizer harus menyesuaikan dengan elastomer dan termoplastik yang digunakan. Pengaruh jenis kompatibilizer terhadap sifat mekanik TPV NR/PP 70/30 dapat dilihat pada Tabel 4.

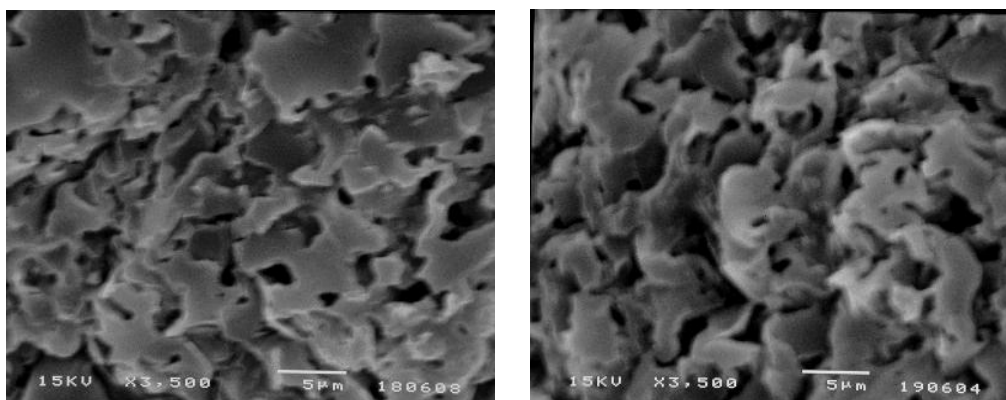
**Tabel 4.** Pengaruh jenis kompatibilizer terhadap Sifat Mekanik TPV NR/PP 70/30

Tipe kompatibilizer	Properti Mekanik		
	Tensile Strenght (MPa)	Elongation at Break (%)	Hardness (shore A)
Silane <sup>a</sup> (Kurikose dkk, 1985)	8,9	200	-
Trans-Polyoctenylene Rubber atau TOR (Halituddahliana dkk, 2005)	4,3	250	-
Maleated Natural Rubber atau MNR <sup>b</sup> (Nakason dkk, 2006)	6	260	63
Maleated Polypropylene atau MA-g-PP (Bahruddin dkk, 2007d; Bahruddin dkk, 2007e)	<b>7,7</b>	<b>512</b>	<b>60</b>

<sup>a</sup> Ke dalam blend juga ditambahkan filler silika 20 phr

<sup>b</sup> Pada rasio massa MNR/PP 80/20

Perbandingan hasil pengujian morfologi sampel TPV yang tanpa dan dengan penambahan MAPP dapat dilihat pada Gambar 1.



(a)

(b)

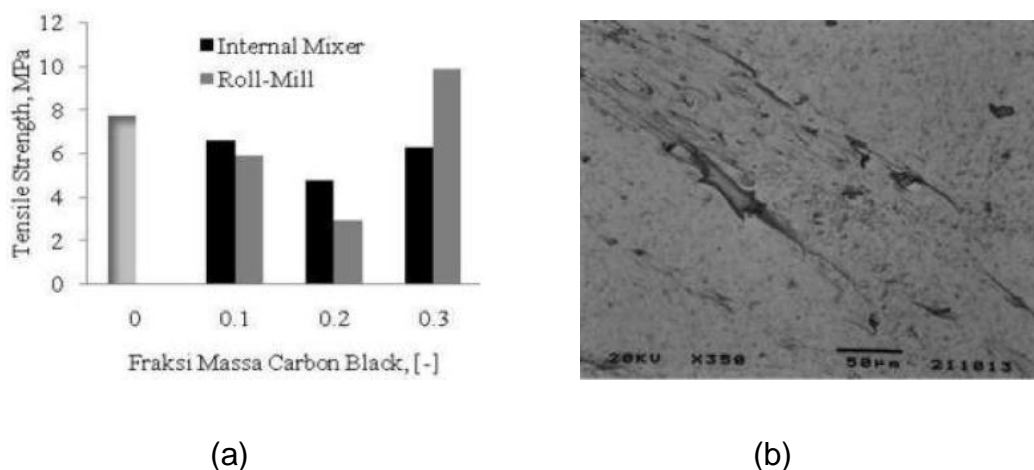
**Gambar 1.** Hali uji SEM Sampel TPV (a) NR/PP 50/50; S: 3 phr dan (b) NR/PP 50/50; S: 3 phr; MAPP 5% (Bahruddin dkk, 2007b)

Penambahan MAPP dalam campuran NR/PP vulkanisasi dinamik dapat membantu memperbaiki distribusi dan ukuran partikel terdispersi. Adanya kompatibiliser menyebabkan terjadinya peningkatan interaksi kimia dari matrik PP. Interaksi tersebut menurunkan tegangan muka dan menghasilkan adhesi yang lebih baik dengan NR, sehingga dapat membantu meningkatkan dispersi dan mempertahankan reflokulasi partikel NR yang terdispersi.

### *Pengaruh Filler*

Filler memberikan pengaruh yang signifikan pada sifat mekanik dan morfologi TPV. Berikut ini adalah hasil uji sifat mekanik dan SEM dari beberapa penelitian dengan berbagai jenis filler.

Filler yang biasa digunakan adalah carbon black (CB) karena harganya murah dan mudah didapat. Gambar 2 menunjukkan hasil uji sifat tensile dan morfologi TPV dengan filler CB.



**Gambar 2.** Pengaruh Penambahan Carbon Black (a) Tensile Strengh; (b) Morfologi (Bahruddin dkk, 2010)

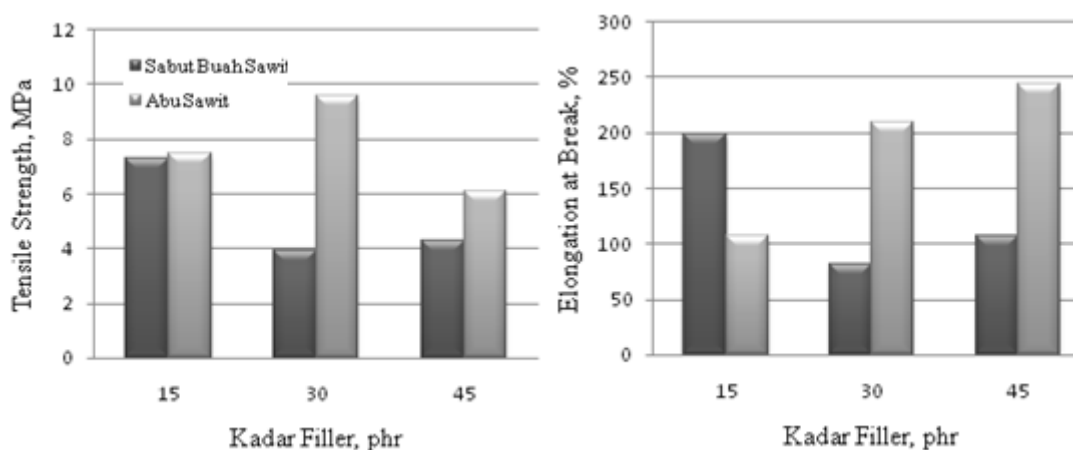
Dibandingkan dengan sistem campuran NR/PP tanpa penambahan filler, peningkatan sifat tensile strength baru terjadi pada komposisi CB 30% massa, yaitu sebesar 27% (dari 7,7 MPa menjadi 9,8 MPa). Hal ini menunjukkan bahwa kompatibilisasi yang relatif baik antara CB, NR dan PP baru dapat terjadi pada



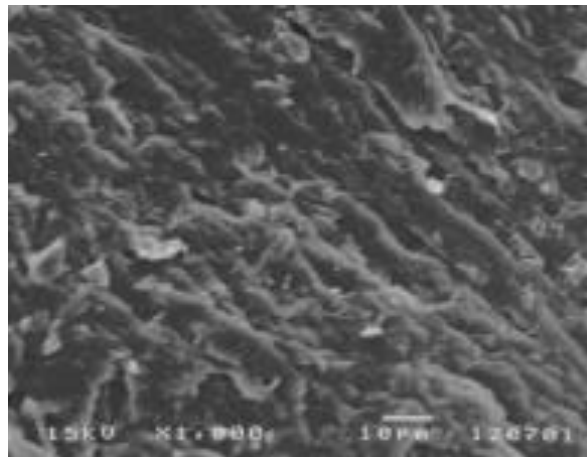
komposisi CB yang relatif tinggi untuk rasio NR/PP 70/30. Namun hal ini juga sangat dipengaruhi oleh teknik pencampuran. Distribusi fasa CB yang dicampur terlebih dahulu dengan NR pada roll-mill terlihat lebih homogen dalam fasa NR/PP, sehingga teknik pencampuran pertama menghasilkan sifat tensile strength campuran NR/PP yang lebih baik 60% dibandingkan dengan teknik yang kedua pada komposisi CB 30% massa.

Pada campuran NR/PP ini, komponen NR dan filler CB merupakan fasa terdistribusi dan komponen PP merupakan fasa matrik. Ukuran partikel yang semakin kecil dan dispersi yang semakin merata dari fasa terdistribusi dapat menghasilkan sifat tensile blend yang semakin meningkat (Coran dan Patel, 1981). Pada penelitian ini diperoleh bahwa teknik pencampuran yang pertama, yaitu pencampuran CB dengan NR dilakukan terlebih dahulu dalam Roll-Mill selum dicampur dengan PP di Internal Mixer, dapat menghasilkan distribusi partikel CB dalam matrik yang lebih baik. Hal ini dibuktikan dengan sifat tensile campuran yang lebih baik (Gambar 1 dan 2) dan hasil pengamatan SEM.

Selain CB, penelitian ini juga mengembangkan penggunaan sabut sawit dan abu sawit mengandung silica hingga mencapai 57,75% (saktiani, 2012) sehingga digunakan sebagai alternatif filler.



(a)



(b)

**Gambar 3.** Pengaruh Penambahan Sabut Buah Sawit dan Abu Sawit (a) Sifat Tensile; (b) Morfologi (Bahruddin dkk, 2012 )

Campuran NR/PP dengan filler sabut buah sawit mempunyai sifat elongation at break yang lebih baik (199%) pada kadar rendah (15 phr), dan mengalami penurunan pada kadarnya yang lebih tinggi. Sebaliknya pada penggunaan filler abu sawit, sifat tersebut mengalami peningkatan seiring dengan peningkatan kadarnya dalam campuran NR/PP, yaitu 209% pada kadar 30 phr dan 244% pada kadar 45 phr. Namun jika dikaitkan dengan tujuan penambahan filler adalah untuk meningkatkan sifat tensile strength, maka sifat mekanik terbaik campuran NR/PP dengan filler abu sawit diperoleh pada kadar 30 phr.

Penurunan sifat mekanik, terutama tensile strength, pada kadar filler yang lebih tinggi, diperkirakan disebabkan oleh beberapa kemungkinan. Kemungkinan pertama adalah terjadinya proses aglomerasi filler yang memang cenderung terjadi jika kadarnya terlalu tinggi. Kemungkinan kedua adalah sulit untuk mencapai campuran homogen pada proses pencampuran yang menggunakan roll-mill untuk kadar filler yang tinggi. Kemungkinan penyebab lainnya adalah kedua jenis filler yang digunakan tersebut berbahan dasar berbeda, disamping mempunyai ukuran partikel yang relatif berbeda. Komponen utama sabut buah sawit adalah selulosa, sedangkan abu sawit berkomponen utama silika (yaitu dengan kadar SiO<sub>2</sub> mencapai 41.45%). Perbedaan-

perbedaan tersebut menghasilkan morfologi yang berbeda, dimana morfologi yang lebih baik adalah campuran NR/PP dengan filler abu sawit. Hal ini menyebabkan sifat tensile campuran NR/PP dengan filler abu sawit juga menjadi lebih baik.

## **KESIMPULAN DAN SARAN**

### **Kesimpulan**

Sifat dan morfologi material TPV berbasis karet alam sangat tergantung pada teknik pencampuran, penambahan kompatibilizer dan filler. Secara teknis menunjukkan bahwa produk TPV berbasis karet alam tersebut berpotensi untuk dikembangkan menjadi produk komersial.

### **Saran**

Morfologi material TPV yang dihasilkan dari penelitian ini relatif masih rendah, sehingga diperlukan pengembangan metode-metode untuk meningkatkan morfologi tersebut. Peningkatan morfologi tersebut akan berdampak pada peningkatan sifat mekanik produk TPV

## **UCAPAN TERIMAKASIH**

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan kepada Lili Saktiani, Russita dan mahasiswa lainnya dari Jurusan Teknik Kimia Universitas Riau yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian ini.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Bahrudin, Sumarno, Gede Wibawa, dan Nonot Soewarno, 2006. Pencampuran Karet alam dengan Polipropilena Menggunakan Metode Melt Mixing dalam Single-screw Extruder, *Prosiding Simposium Nasional Himpunan Polimer Indonesia (HPI)*, Serpong, Tangerang.
- Bahrudin, Sumarno, Gede Wibawa, dan Nonot Soewarno, 2007a. Pengaruh Teknik Pencampuran terhadap Properti Polyblend Natural Rubber dan Polypropylene, *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri XIII*, ITS Surabaya.

- Bahrudin, Sumarno, Gede Wibawa, dan Nonot Soewarno, 2007b. Morfologi dan Properti Campuran Karet Alam/Polipropilen yang Dibuat dengan Metode Pencampuran Leleh dalam Single Screw Extruder, *Jurnal Teknik Mesin*, Jurusan Teknik Mesin ITS Surabaya, 7(3): 172-181.
- Bahrudin, Sumarno, Gede Wibawa, dan Nonot Soewarno, 2007c. Morfologi dan Properti Campuran Karet Alam/Polypropylene yang Divulkanisasi Dinamik dalam Internal Mixer, *Jurnal Reaktor*, Jurusan Teknik Kimia Undip Semarang, 11(2): 71-77.
- Bahrudin, Sumarno, Gede Wibawa, dan Nonot Soewarno, 2007d. Sifat Mekanik Polimer Komposit Natural Rubber/Polypropylene yang Menggunakan Kompatibiliser Maleated Polypropylene, *Majalah Polimer Indonesia (Indonesian Polymer Journal)*, Himpunan Polimer Indonesia (HPI), 10(2): 70-74.
- Bahrudin, Sumarno, Gede Wibawa, dan Nonot Soewarno, 2007e. The Effect of Maleated Polypropylene on the Morphology and Mechanical Properties of Dynamically Vulcanized Natural Rubber/Polypropylene Blends, *Proceeding of 14th Regional Symposium of Chemical Engineering (RSCE)*, UGM, Yogyakarta.
- Bahrudin, F. Kurniawansyah, Sumarno, Gede Wibawa, dan Nonot Soewarno, 2008. The Effect of Natural Rubber Modification on Morphology and Properties of Natural Rubber (SIR-20)/Polypropylene Blends, *Proceeding of 15th Regional Symposium of Chemical Engineering (RSCE)*, UKM, Kuala Lumpur, Malaysia.
- Bahrudin, Ida Zahrina dan Sumarno, 2010a. Pengaruh Filler Carbon Black Terhadap Sifat dan Morfologi Komposit Natural Rubber/Polypropylene, *Jurnal Teknik Kimia Indonesia (JTKI)*, 9(2): 62-68.
- Bahrudin, Ida Zahrina, Zulfansyah, Prayitno A., dan Ahmad A., 2010b. Sifat dan Morfologi Komposit Karet Alam-Polipropilen yang Diperkuat dengan Sabut Buah Sawit dan Abu Sawit, *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi (SATEK) III*, Universitas Lampung, Lampung.
- Bahrudin, A. Ahmad, A. Prayitno, R. Satoto, 2012. Morphology and Mechanical Properties of Palm Based Fly Ash Reinforced Dynamically Vulcanized Natural Rubber/Polypropylene Blends, *Procedia Chemistry*, 4: 146-153.

- Bahrudin, Irdoni, Muhammad, 2014. Termodinamika Campuran Polipropilen/Karet Alam yang Ditambahkan Kompatibilizer Maleated Polypropylene, *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, 10(1): 25-33.
- Coran, A. Y. dan R. Patel, 1981. Elastoplastic Compositions of Cured Diene Rubber and Polypropylene, *U. S. Patent*: 4,271,049.
- Halimatuddahlia, H. Ismail dan H. Md. Akil, 2005. The Effect of trans-Polyoctenylene Rubber and Dynamic Vulcanization on Properties of PP/EPDM/NR Blends, *Progress in Rubber, Plastics and Recycling Technology*, 21(1): 39-53.
- Kaewasakul, 2013. *Silica-Reinforced Natural Rubber for Low Rolling Resistance, Energy-Saving Tires*, Ph.D. Thesis, University of Twente, Enschede, the Netherlands, and Prince of Songkla University, Pattani Campus, Thailand.
- Kuriakose, B., S. K. Chakraborty dan S. K. DE, 1985, Scanning Electron Microscopy Studies on Tensile Failure of Thermoplastic Elastomer from Polypropylene-Natural Rubber Blends, *Material Chemistry and Physics*, 12: 157-170.
- Nakason, C., Saiwari, S., Kaesaman, A., 2006. Thermoplastic Vulcanizates Based on Maleated Natural Rubber/Polypropylene Blends: Effect of Blend Ratios on Rheological, Mechanical, and Morphological Properties, *Polymer Engineering and Science*, 46: 594-600.
- Niamlang, S., A. Sirivat, S. Nakthae, K. Nilgumhang, N. Paradee, dan A. Banpaen, 2015. The controllable and switchable transdermal drug delivery from natural rubber latex, *Proceeding of 2nd Asia Pacific Rubber Conference (APRC)*, Phuket, Thailand.
- Phruksaphithak, N., 2015. Properties of PLA/concentrate latex blend with polyethylene glycol as compatibilizer, *Proceeding of 2nd Asia Pacific Rubber Conference (APRC)*, Phuket, Thailand.
- Sabet, S.A. and Datta, S., (2000), Thermoplastic Vulcanizates, in Paul, D.R. & C.B. Bucknall (Ed.), *Polymer Blends*, Vol. 2, pp. 517-555, John Wiley & Sons.
- Saktiani, L., 2012. *Pengaruh Kadar Dan Rasio Massa Filler Hybrid Carbon Black/Abu Sawit Terhadap Morfologi Dan Sifat Material Karet Alam Vulkanisat*, Universitas Riau, Pekanbaru.

Thongpin, C., T. Suriyapongprapai, dan N. Kritape, 2015. Effect of peroxide on morphology, mechanical and thermal properties of thermoplastic vulcanizate of NR/LDPE, *Proceeding of 2nd Asia Pacific Rubber Conference (APRC)*, Phuket, Thailand.