

PENGARUH KADAR *FILLER* ABU SAWIT (UKURAN DIREDUKSI) DAN TEMPERATUR PENCAMPURAN TERHADAP MORFOLOGI DAN SIFAT KOMPOSIT POLIPROPILEN/KARET ALAM

Melda Helena S¹⁾, Bahruddin²⁾ dan Ahmad Fadli²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia, ²⁾Dosen Jurusan Teknik Kimia
Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Binawidya Jl. HR. Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru Kode Pos 28293

email: melda.helena@yahoo.com

ABSTRACT

Morphology and properties of composites PP/NR is influenced by the condition of the raw material mixing process between the phase and compatibility. The purpose of this study was to investigate the effect of blend content filler fly ash and mixing temperature on morphology and mechanical properties of polypropylene (PP)/NR composite. Filler size is reduced by Mechanical Milling process until the filler size 700 nm. Variation of blend content fly ash (reduced particle size) 30, 40, 50 and 60 phr were studied in order to determine the optimum content of fly ash (reduced particle size). The rubber compound has been made by two roll mill at ambient temperature and 20 rpm rotor speed. Dynamic vulcanization was done on internal mixer at various mixing temperature 170 °C, 175 °C, 180 °C, and 185 °C. Rotor speed on internal mixer at 60 rpm. The mechanical properties was done by Universal Testing Machine (UTM) and the morphology was examined by Scanning Electron Microscopy (SEM). The optimum result was found at the content of fly ash (reduced particle size) 40 phr and the optimum temperature was 175°C. The best mechanical properties was given on tensile strength 4,3 MPa, elongation at break 28,1 % and modulus elastic 104,2 MPa.

Keywords: ash oil, composites PP / NR, mechanical properties, natural rubber, polypropylen.

I. PENDAHULUAN

Karet alam merupakan salah satu komoditas pertanian strategis dalam mendatangkan devisa negara. Indonesia merupakan daerah strategis untuk pengembangan komoditi-komoditi berbahan dasar karet alam untuk menghasilkan produk-produk komersial seperti lateks, ban dan karet busa. Thailand, Indonesia dan Malaysia dikenal dengan *International Tripartite Rubber Council* karena ketiga negara tersebut menjadi penghasil karet alam terbesar di dunia. Indonesia menjadi negara terbesar kedua penghasil karet alam setelah Thailand dengan produksi karet pada tahun 2012 sebesar 3 juta ton sedangkan Thailand menjadi negara penghasil karet alam terbesar dengan produksi karet sebesar 3,5 juta ton dan produksi karet Malaysia sebesar 946 ribu ton (PT. Bank Mandiri, 2013).

Komposit PP/NR merupakan salah satu material yang dapat dikembangkan dari campuran polipropilen dan karet alam. Penelitian-penelitian terdahulu menunjukkan bahwa karet alam mempunyai daya ikat yang baik dengan plastik *poliolefin* dan dapat terdistribusi dengan baik dalam matriks plastik jika fasanya divulkanisasi (Sabet dan Datta, 2000). Komposit PP/NR yang sudah dikembangkan ke tahap komersial umumnya berasal dari bahan baku karet sintetik (seperti *Etilen Propilen Diene Terpolimer* atau EPDM). Material komposit berbasis karet sintetik mulai menggantikan *thermoset rubber* terutama dalam bidang otomotif, peralatan rumah tangga, peralatan elektronik, perkakas dan lain-lain (Blanco, 2002). Disamping itu, kombinasi karet alam dengan termoplastik memungkinkan peningkatan sifat-sifat karet alam, mengubah karet alam menjadi bahan

baru, dan penggunaannya dapat diperluas (Pascual dkk, 2005).

Material komposit berbahan baku PP/NR sampai saat ini belum dapat dikembangkan ke tahap komersial karena spesifikasi material tersebut masih relatif rendah dan belum dapat bersaing dengan TPV berbasis karet sintesis. Pembuatan TPV berbasis karet alam berpotensi untuk peningkatan sifat-sifat NR, mengubahnya menjadi bahan baru, dan penggunaannya dapat lebih diperluas, sehingga penelitian-penelitian mengenai hal tersebut dapat dikembangkan. Modifikasi vulkanisi dinamik untuk menghasilkan produk termoplastik elastomer polipropilena (PP) dan karet alam (NR) dengan perbandingan 70/30 (w/w) sulfur terakselerasi dikumul peroksida (DCP) digunakan sebagai ikatan silang menghasilkan kekuatan tarik yang meningkat (Halimatuddaliana, 2008). Beberapa peneliti sudah mengembangkan metode-metode untuk meningkatkan sifat dan morfologi komposit berbasis karet alam. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk meningkatkan spesifikasi material tersebut adalah dengan menambahkan bahan pengisi (*filler*). Seperti penelitian yang telah dilakukan Saowapark (2007) menggunakan *filler* silika/*carbon black* dalam pembuatan *thermoset rubber* (TR). Kaewasakul (2013) membuat TR karet alam dengan menggunakan *filler* silika untuk *low rolling resistance* pada ban. Selanjutnya pembuatan TPV dari PP/*epoxidized natural rubber* dengan *filler carbonized Dika nutshell* (C-DNS) (Onyeagoro *et al.*, 2012). Beberapa peneliti sudah melakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh jenis *filler*, kadar *filler*, dan ukuran *filler* terhadap sifat dan morfologi Komposit PP/NR. Penelitian pengaruh karakteristik *filler* diatas pernah dilakukan Bahruddin dkk (2007), yaitu pembuatan Komposit PP/NR alam tanpa menggunakan *filler*, sedangkan Hagana (2011) membuat Komposit PP/NR menggunakan *filler* abu sawit (*fly ash*) dan Saputra (2012) komposit dengan peningkatan kadar silika pada abu sawit (*fly ash*).

Selain itu, kondisi proses ketika mencampurkan bahan-bahan tambahan tersebut dengan *compound* karet dalam *internal mixer* juga mempengaruhi sifat dan

morfologi yang dihasilkan (Folkes, 1993). Kecepatan rotor dan suhu yang sesuai akan menghasilkan distribusi bahan-bahan dalam *internal mixer* yang tersebar merata dalam matriks komposit. Distribusi bahan-bahan yang merata akan meningkatkan morfologi dan sifat komposit yang dihasilkan.

Pada penelitian ini digunakan membuat komposit PP/NR menggunakan *filler* abu sawit (*fly ash*) direduksi dengan metoda vulkanisasi dinamik. Abu sawit sebagai sumber silika dapat meningkatkan kekuatan sobek dan ketahanan abrasi. Penggunaan *filler* dengan ukuran direduksi hingga 100-1000nm (*semi reinforcing*) dalam campuran polimer diharapkan dapat meningkatkan sifat mekanis material seperti kuat tarik dan kekerasan (Waqiyuddin, 2010). Sehingga perpaduan keduanya sebagai *filler* dengan ukuran direduksi akan memberikan sifat dan morfologi komposit berbasis karet alam yang lebih baik dari sebelumnya. Informasi tersebut dapat digunakan untuk mengembangkan pengkajian lebih lanjut terhadap proses produksi material komposit PP/NR. Penulis mempelajari pengaruh kadar *filler* abu sawit (ukuran direduksi) terhadap sifat mekanik dan morfologi material komposit PP/NR.

II. METODE PENELITIAN

2.1 Penyiapan Kompon Karet

Kompon karet merupakan campuran yang terdiri dari SIR-20 (PT Ricri Rumbai-Indonesia), campuran *filler* abu sawit (ukuran direduksi) (PT. Sarikat Putra Riau Sorek, Pekanbaru)/*carbon black* (N330), *plasticizer paraffin*, asam stearat (ko-aktivator, produksi oleh PT. Sumi Asih Oleochemical Industry), zinc oxide (aktivator, produksi oleh Global Chemical, Thailand), *Mercaptodibenzothiazole disulfide* (MBTS) digunakan sebagai akselerator, produksi oleh Nanjing Chemical Plant, China), sulfur (produksi PT. Ganda Mekar, Indonesia) dan *Trimetil quinone* (TMQ) tipe Flectol TMQ digunakan sebagai anti degradant, produksi oleh Flexys, Germany. Kompon karet dibuat dengan menggunakan Two Roll Mixing Mill dengan spesifikasi TXK-160 x 320 *Lie-Hoe Engineering & Trading* SDN. BHD. Poses pembuatannya dilakukan pada suhu kamar

dengan urutan proses pencampuran ditunjukkan pada Tabel 1, pada penambahan *filler* dilakukan variasi kadar *filler* abu sawit (ukuran direduksi) 30, 40, 50 dan 60 phr.

Tabel 1. Tahapan Proses Pencampuran Material untuk Membuat Kompon Karet dalam Roll Mill

Aktivitas	Waktu Proses (menit ke-)
Mastikasi Karet (100 phr)	0
Penambahan <i>paraffin</i> (5 phr)	15
Penambahan <i>filler</i> (5 phr) abu sawit (ukuran direduksi)	18
Penambahan ZnO (5phr)	28
Penambahan Asam Stearat (2phr)	31
Penambahan TMQ (1phr)	34
Penambahan MBTS (0,6 phr)	37
Penambahan Sulfur (3 phr)	40
Penghentian proses pencampuran	45

2.2 Pembuatan Komposit PP/NR

Pencampuran kompon dan polipropilen ((PF 1000) yang digunakan sebagai *thermoplastic* adalah Polytam PF1000 (*film grade*) dengan MFI 10 g/10 menit pada 230 °C dan densitas 0,91 g/cm³, diproduksi oleh PT. Pertamina (persero), Plaju) menggunakan Internal Mixer kecepatan rotor 60 rpm, dengan urutan proses sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2. Proses pencampuran dilakukan variasi temperatur yaitu, 175°C, 180°C, dan 185°C.

Tabel 2. Tahapan Proses Pencampuran Material dalam Intenal Mixer

Aktivitas	Waktu Proses (menit ke-)
Pelelehan Polipropilen (PP)	0
Penambahan kompon karet	15
Penambahan MAPP	30
Penghentian proses pencampuran	45

Kemudian material komposit PP/NR yang dihasilkan, dipersiapkan untuk pengujian sifat mekanik *tensile strength*, *elongation at break*, dan *modulus elastic* berdasarkan standar JIS K. Spesimen dicetak menggunakan *dumbell* sebanyak 5 spesimen. Spesimen tersebut diuji tarik dengan kecepatan 50 mm/menit. Hasil uji tarik yang diperoleh berupa grafik hubungan tegangan (*stress*)

terhadap regangan (*strain*) dari masing-masing spesimen uji.

Pengujian morfologi menggunakan SEM. Sampel yang akan dianalisa direndam dalam nitrogen cair selama ±2 menit. Setelah itu sampel dipatahkan dan dilapisi platina (*coating* platina) agar sampel bersifat konduktor.

Uji serapan air dilakukan dengan memotong lembaran 1 cm x 1 cm x 2 mm dan ditimbang sebagai berat awal. Selanjutnya sampel direndam dalam air suling pada temperatur ruang dan ditimbang dengan selang waktu 24 jam. Persentase serapan air dihitung dengan:

$$\text{Penyerapan air} = \frac{W_b - W_k}{W_k} \times 100\%$$

Keterangan :

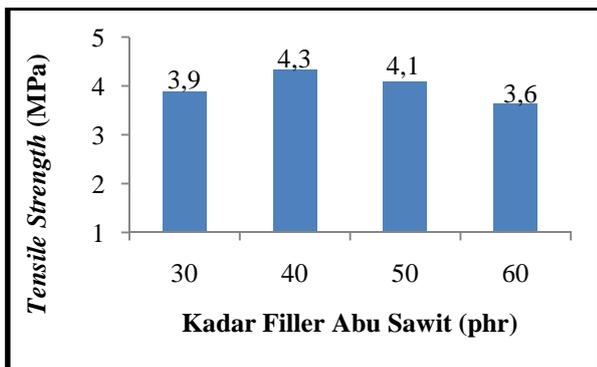
Wk = berat sampel kering (gr)

Wb = berat sampel setelah direndam air (gr)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengaruh Kadar *Filler*

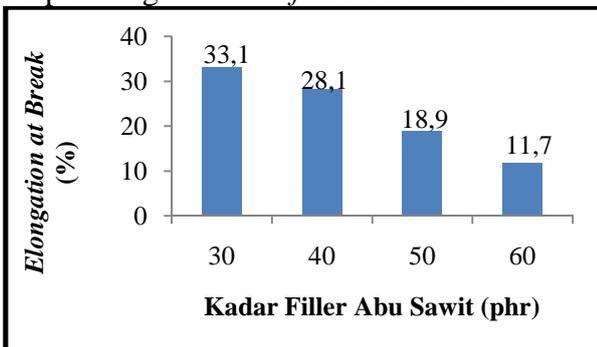
Pengaruh kadar *filler* abu sawit (ukuran direduksi) terhadap *tensile strength* dengan temperatur pencampuran 180°C dapat dilihat pada Gambar 1. Nilai *tensile strength* tertinggi diperoleh pada kadar *filler* abu sawit (ukuran direduksi) 40 phr. Hal ini dikarenakan penambahan abu sawit kedalam campuran *filler* abu sawit (ukuran direduksi) dapat meningkatkan sifat kekuatan sampai pada temperatur optimum dan mengalami penurunan setelah melewati temperatur optimum. Silika yang dimiliki abu sawit memiliki fungsi sebagai bahan isian yang akan menambah penguatan karet alam. Hasil berbeda ditunjukkan saat dilakukan peningkatan kadar *filler* abu sawit dengan ukuran direduksi dalam campuran kadar *filler*. Sifat kuat tarik *tensile strength* menurun seiring bertambahnya kadar abu sawit (ukuran direduksi) dalam campuran kadar *filler* abu sawit (ukuran direduksi) 50 dan 60 phr. Penurunan sifat penguatan dapat disebabkan jumlah silika pada abu sawit yang semakin banyak ditambahkan ke dalam campuran *filler* menjadikan silika cenderung membentuk aglomerasi dalam campuran karet alam.



Gambar 1. Pengaruh Kadar Abu Sawit (Ukuran Partikel Direduksi) dengan Temperatur Pencampuran 180°C terhadap *Tensile Strength* dari Material Komposit PP/NR

Aglomerasi yang terbentuk menyebabkan campuran komposit menjadi rapuh sehingga mudah putus saat menerima gaya. Gugus Si-OH pada silika akan membentuk ikatan hidrogen antar molekul silika sehingga menyebabkan interaksi *filler-filler* lebih kuat (Aglomerasi) dibandingkan interaksi *filler* terhadap matriks (Kaewsakul, 2013).

Hasil uji tarik material komposit PP/NR dengan variasi kadar *filler* dengan temperatur pencampuran 180°C terhadap *elongation at break* dapat dilihat pada Gambar 2. Dari data yang diperoleh peningkatan kadar *filler* dalam campuran PP/NR mengakibatkan penurunan sifat *elongation at break* material tersebut. Penurunan sifat tersebut merupakan konsekuensi dari kontribusi sifat *filler* abu sawit yang relatif tidak mempunyai sifat elastis, dengan kadar *natural rubber* yang tetap sedangkan kadar *filler* bertambah.

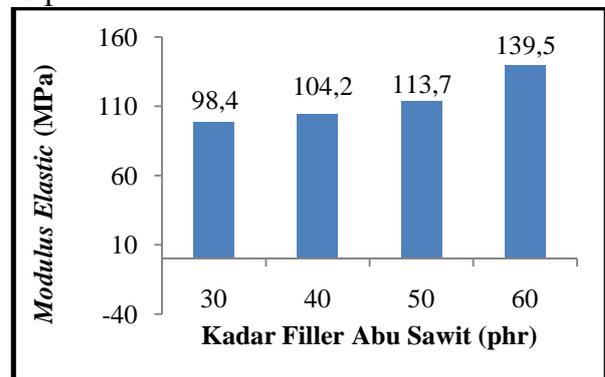


Gambar 2. Pengaruh Kadar Abu Sawit (Ukuran Partikel Direduksi) dengan Temperatur Pencampuran 180°C terhadap *Elongation at Break* dari Material Komposit PP/NR

Penurunan nilai *elongation at break* juga dapat terjadi karena distribusi *filler* yang tidak merata dapat menjadi salah satu penyebab

rendahnya nilai *elongation at break*. Diduga terjadinya aglomerasi (penggumpalan) silika yang menyebabkan material komposit menjadi rapuh. Hal ini dapat disebabkan sulit terjadinya distribusi yang merata antara *filler* terhadap matriks PP pada material komposit PP/NR. Karet alam yang memuat *filler* abu sawit dengan ukuran direduksi tidak berikatan dengan baik terhadap PP. Sehingga ketika dilakukan uji penarikan, perpanjangan spesimen yang dihasilkan masih rendah, yang menyebabkan nilai *elongation at break* menjadi rendah.

Gambar 3 menunjukkan hasil pengujian kuat tarik *modulus elastic* terhadap masing-masing variasi kadar *filler* abu sawit dengan ukuran direduksi. Nilai *Modulus elastic* berbanding terbalik dengan *elongation at break*. Secara keseluruhan dapat dilihat nilai *modulus elastic* semakin meningkat seiring bertambahnya kadar abu sawit dengan ukuran direduksi dalam campuran kadar *filler* abu sawit. Nilai *modulus elastic* tertinggi diperoleh pada kadar *filler* abu sawit (ukuran direduksi) 40 phr.



Gambar 3. Pengaruh Kadar Abu Sawit (Ukuran Partikel Direduksi) dengan Temperatur Pencampuran 180°C terhadap *Modulus Elastic* dari Material Komposit PP/NR

Pengaruh penambahan *filler* mengandung silika dapat meningkatkan sifat *modulus elastic*, karena sifat dari silika meningkatkan *tensile strength*, *hardness*, *tear strength*, dan *abration resistance* (Fumito, 2001). Menurut Rattanasom dkk (2007) modulus akan naik dengan peningkatan jumlah *filler* dalam material *nano composite*, meskipun kenaikannya tidak linier. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian, dimana nilai *elastic modulus* mengalami kenaikan secara linier disertai dengan penambahan *filler*.

Tingginya nilai *modulus elastic* dapat disebabkan karena adanya penambahan abu sawit dengan ukuran direduksi hingga 700-800 nm pada campuran *filler* abu sawit/*carbon black*. Silika yang ada pada abu sawit mampu meningkatkan kekerasan dari material komposit. Pernyataan ini didukung oleh Waqiyuddin (2010) yang menyatakan *filler* dengan kategori *semi reinforcing* (100-1000 nm) akan meningkatkan sifat mekanik seperti *strength* dan *modulus elastic*.

Sifat mekanik yang rendah pada penelitian ini dapat disebabkan masih lemahnya interaksi polipropilen dengan karet alam. Ukuran *filler* abu sawit dengan ukuran partikelnya direduksi belum mampu meningkatkan sifat mekanik. Ukuran partikel yang kecil memberikan luas permukaan sentuh yang semakin besar untuk kontak dengan karet alam, sehingga *filler* dapat terdistribusi merata pada material komposit PP/NR. Selain itu penggunaan MAPP sebagai *compatibilizer* juga dapat meningkatkan interaksi antara silika dengan polimer. Namun diduga pada penelitian ini MAPP kurang berkontribusi memberikan sifat elastisitas pada campuran komposit PP/NR.

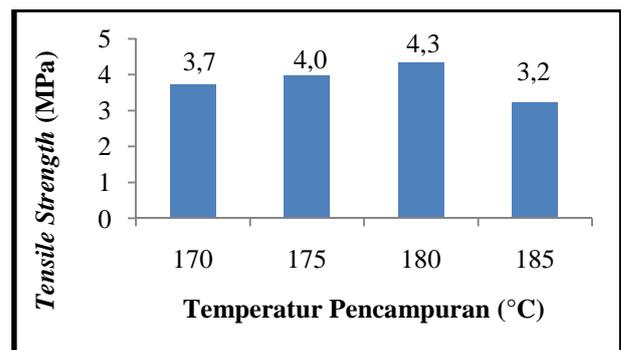
Ukuran *filler* abu sawit yang direduksi hingga 700-800 nm dapat dikategorikan ke dalam *filler semi reinforcing*. *Filler* dengan kategori *semi reinforcing* (100-1000 nm) diharapkan dapat meningkatkan sifat mekanik seperti *tensile strength* dan *modulus elastic* (Waqiyuddin, 2010). Ukuran partikel abu sawit yang direduksi dapat meningkatkan sifat mekanik komposit PP/NR, meskipun peningkatan yang terjadi tidak begitu signifikan.

3.2 Pengaruh Temperatur Pencampuran

Hasil uji kuat tarik *tensile strength* material komposit PP/NR dengan variasi temperatur pada kadar abu sawit (ukuran direduksi) kadar *compatibilizer* MAPP 5 phr dapat dilihat pada Gambar 4.

Dari Gambar 4 dapat dilihat pengaruh temperatur pencampuran terhadap sifat mekanik *tensile strength*. Secara keseluruhan sifat mekanik *tensile strength* semakin meningkat seiring meningkatnya temperatur pencampuran dalam *internal mixer* hingga mencapai titik optimum, dan mengalami

penurunan setelah melewati titik optimum. Nilai *tensile strength* tertinggi diperoleh pada temperatur pencampuran 180°C yaitu sebesar 4,3 MPa. Ketika temperatur pencampuran ditingkatkan hingga 185°C nilai *tensile strength* yang dihasilkan menjadi turun, yaitu diperoleh nilai *tensile strength* 3,2 MPa. Penurunan sifat ini terjadi karena peningkatan suhu yang terlalu tinggi akan menyebabkan campuran terlalu lama ter Vulkanisasi, membentuk *cyclic sulfide* pada fasa terdispersi karet alam dan degradasi propilen dapat terjadi. Cincin sulfide (*cyclic sulfide*) menyebabkan interaksi karet alam dengan *filler* menjadi lemah, sehingga sifat mekanik (*tensile strength* dan *elongation at break*) campuran PP/NR menurun. Hal ini sesuai dengan teori yang menyatakan bahwa temperatur yang terlalu tinggi pada proses vulkanisasi dapat merusak struktur campuran (Folkes, 1993).

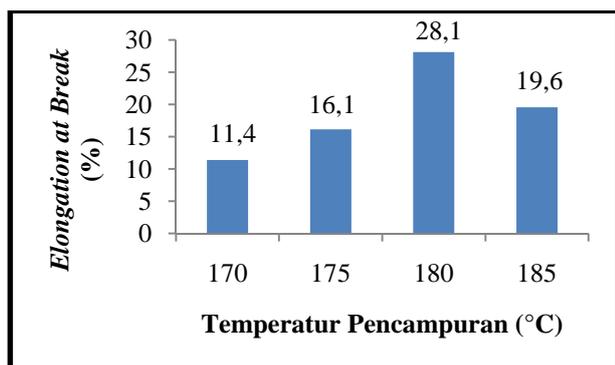


Gambar 4. Pengaruh Temperatur Pencampuran Material Komposit PP/NR dengan Kadar *Filler* Abu Sawit dengan Ukuran Partikel Direduksi 40 phr terhadap *Tensile Strength*

Dari nilai *tensile strength* yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa temperatur pencampuran optimal yang dapat menghasilkan sifat *tensile strength* terbaik adalah pada temperatur 180°C. Diindikasikan bahwa pada temperatur pencampuran 180°C telah terjadi distribusi yang baik antara fasa NR yang memuat *filler* abu sawit dengan ukuran direduksi terhadap fasa pendispersi PP sehingga dihasilkan sifat mekanik yang maksimal. Hal ini didukung oleh Folkes (1993) yang menyebutkan bahwa semakin tinggi temperatur pencampuran maka semakin baik sifat dan morfologi campuran hingga mencapai titik maksimum. Jika temperatur pencampuran telah melebihi titik maksimum

maka yang terjadi adalah penurunan terhadap sifat dan morfologi campuran yang dikarenakan terjadinya degradasi polimer.

Pada Gambar 5 dapat dilihat pengaruh temperatur pencampuran terhadap sifat mekanik *elongation at break*. Secara keseluruhan sifat mekanik *elongation at break* semakin meningkat seiring bertambahnya temperatur pencampuran dalam *internal mixer* dan akan mengalami penurunan setelah melewati temperatur optimum. Nilai *elongation at break* tertinggi diperoleh pada temperatur pencampuran 180°C yaitu sebesar 28,1%. Ketika temperatur pencampuran ditingkatkan hingga 185°C nilai *elongation at break* yang dihasilkan mengalami penurunan yaitu diperoleh nilai *elongation at break* 19,6%. Penurunan sifat *elongation at break* terjadi karena suhu yang terlalu tinggi menyebabkan degradasi karet alam pada campuran PP/NR.



Gambar 5. Pengaruh Temperatur Pencampuran Material Komposit PP/NR dengan Kadar *Filler* Abu Sawit dengan Ukuran Partikel Direduksi 40 phr terhadap *Elongation at Break*

Pada dasarnya karet alam berkontribusi memerikan sifat elastic dalam campuran komposit PP/NR. Reaksi yang terjadi setelah *crosslink* terbagi menjadi dua reaksi yang saling berkompetisi, yaitu :

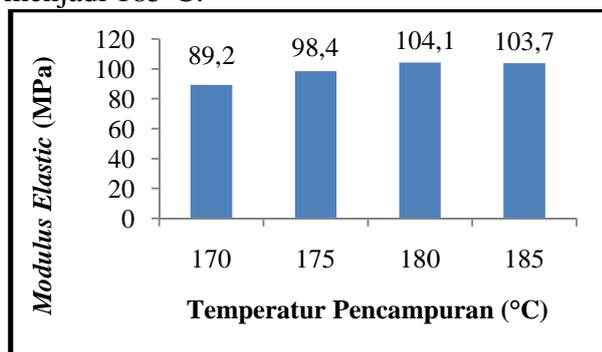
- (i) *Crosslink desulfuration*, yang merupakan penyusunan ulang ikat-silang polisulfidik menjadi mono- dan ikat-silang disulfidik yang lebih stabil.
- (ii) Dekomposisi/degradasi ikat-silang, dimana ikat-silang polisulfidik menjadi cincin sulfida (*cyclic*), gugus pendent tak aktif atau modifikasi rantai utama lainnya, yang dapat menurunkan elastisitas vulkanisat.

Desulfurisasi ikat-silang merupakan pemutusan ikatan sulfur dari ikat-silang polisulfidik, sehingga membentuk ikat-silang di- dan monosulfidik yang lebih stabil, dimana sulfur yang sudah lepas tersebut digunakan kembali pada proses vulkanisasi untuk membentuk *crosslink* lainnya.

Desulfurisasi terus berlangsung hingga hanya ikat-silang monosulfidik yang tertinggal. Dekomposisi *crosslink* biasanya disebabkan oleh suhu proses yang tinggi, sedangkan mekanismenya dapat berupa radikal, polar ataupun kombinasi keduanya. Dekomposisi merupakan reaksi pemutusan ikatan, dimana laju reaksinya tergantung pada kekuatan ikatan tersebut. Degradasi membentuk cincin sulfide (*cyclic sulfide*) menyebabkan interaksi karet alam dengan *filler* menjadi lemah, sehingga sifat mekanik (*elongation at break*) campuran PP/NR menurun. Hal ini sesuai dengan teori yang menyatakan bahwa degradasi ikat-silang, dimana ikat-silang polisulfidik menjadi cincin sulfida (*cyclic*), gugus pendent tak aktif atau modifikasi rantai utama lainnya, yang dapat menurunkan elastisitas vulkanisat (Ghosh dkk, 2003). Nilai *elongation* pada penelitian ini masih belum mencapai standar *thermoplastic Vulcanizate* (TPV) yang diinginkan.

Gambar 6 memperlihatkan bahwa kondisi proses, terutama temperatur di *internal mixer* memberi pengaruh pada sifat mekanik *modulus elastic* komposit PP/NR. *Modulus elastic* atau yang lebih dikenal dengan sebutan kuat lentur merupakan beban awal yang diperlukan untuk membuat material sampel menjadi elastis. Secara keseluruhan sifat mekanik *modulus elastic* semakin meningkat seiring meningkatnya temperatur pencampuran dalam *internal mixer*. Nilai *modulus elastic* tertinggi diperoleh pada temperatur pencampuran 180°C yaitu sebesar 104,1 MPa. Ketika temperatur pencampuran ditingkatkan hingga 185°C nilai *modulus elastic* mengalami penurunan meskipun tidak signifikan menjadi turun, yaitu diperoleh nilai *modulus elastic* 103,7 MPa. Dari nilai *modulus elastic* yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa temperatur pencampuran optimal yang dapat menghasilkan sifat *modulus elastic* terbaik adalah pada temperatur 180°C.

Nilai uji sifat mekanik yang optimal didapatkan pada temperatur 180°C. Penurunan terjadi ketika temperatur dinaikkan hingga menjadi 185°C.



Gambar 7. Pengaruh Temperatur Pencampuran Material Komposit PP/R dengan Kadar *Filler* Abu Sawit dengan Ukuran Partikel Direduksi 40 phr terhadap *Modulus Elastic*

Penurunan sifat mekanik *modulus elastic* terjadi seiring dengan kenaikan temperatur pencampuran yang menyebabkan turunnya viskositas polipropilen. Penurunan viskositas fasa termoplastik polipropilen mengakibatkan terbentuknya perbedaan viskositas yang semakin besar antara fasa karet alam dengan fasa termoplastik. Hal ini menyebabkan lemahnya interaksi yang terjadi antara kedua polimer tersebut (Haddadi-Asl dkk, 1996).

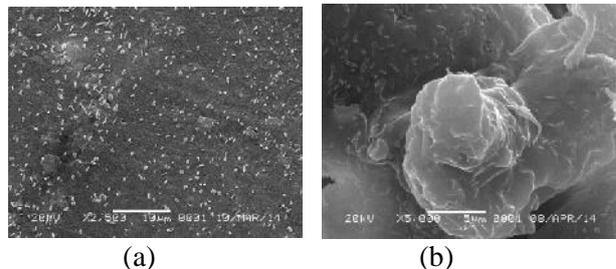
Kenaikan modulus sebanding dengan kenaikan konsentrasi ikat-silang. Dekomposisi ikat silang biasanya disebabkan oleh suhu proses yang tinggi, sedangkan mekanismenya dapat berupa radikal, polar ataupun kombinasi keduanya. Dekomposisi merupakan reaksi pemutusan ikatan, dimana laju reaksinya tergantung pada kekuatan ikatan tersebut (Ghosh dkk, 2003). Jadi dapat disimpulkan dekomposisi *crosslink* disebabkan oleh suhu proses yang tinggi dapat menurunkan sifat *modulus elastic* komposit PP/NR

3.3 Analisa Morfologi

Morfologi dari material komposit PP/NR diketahui berdasarkan hasil uji SEM (*Scanning Electron Microscopy*). Dalam analisis foto SEM dapat diketahui bentuk dan perubahan permukaan dari material yang diuji. Gambar permukaan yang diperoleh merupakan topografi dengan segala tonjolan, lekukan, dan lubang pada permukaan.

Mikrograf SEM material komposit PP/NR dengan kadar *filler* abu sawit (ukuran

direduksi) 40 hr pada temperatur pencampuran 180°C ditunjukkan pada Gambar 8(a) dan(b). Gambar morfologi diambil dengan 2 kali perbesaran, yaitu 500 dan 2500 kali. Gambar dengan perbesaran 100 kali bertujuan untuk melihat penyebaran *filler* pada matriks polimer dan gambar dengan 2500 kali perbesaran bertujuan untuk melihat interaksi *filler* terhadap matriks polimer.



Gambar 7. Mikrograf SEM Material Komposit PP/NR pada kadar *Filler* Abu Sawit dengan Ukuran Direduksi 40 phr pada Temperatur Pencampuran 180°C (a) Perbesaran 500x, dan (b) Perbesaran 2500x

Dari Gambar 7(a) dapat dilihat distribusi *filler* yang cukup merata dan fasa NR yang terdispersi dalam matriks PP. Tampilan permukaan memperlihatkan persebaran *filler* yang tersebar relatif merata. Dari gambar menunjukkan adanya interaksi fasa karet dengan *filler* abu sawit dengan ukuran direduksi relative baik. Bagian hitam pada gambar tersebut menunjukkan partikel karet yang terdistribusi dalam matriks PP sedangkan bagian abu-abu menunjukkan matriks PP.

Gambar 8(b) merupakan mikrograf SEM yang dilakukan pada bagian patahan material komposit PP/NR. Gambar tersebut menunjukkan interaksi *filler* terhadap fasa KA yang terdispersi dalam matriks PP. Ruang kosong pada gambar menunjukkan bahwa fasa karet tidak bercampur baik dalam matriks PP. Rongga kosong tersebut terbentuk ketika dilakukan pematahan terhadap sampel yang akan diuji SEM. Proses pematahan tersebut menyebabkan ikatan yang lemah antara fasa karet dengan matriks PP tersebut menjadi lepas akibat adanya aglomerasi dari *filler* silika. Aglomerasi terjadi dikarenakan silika pada abu sawit memiliki gugus hidroksil yang akan membentuk ikatan hidrogen dengan molekul silika lainnya. Aglomerasi dari silika menyebabkan material komposit PP/NR menjadi rapuh.

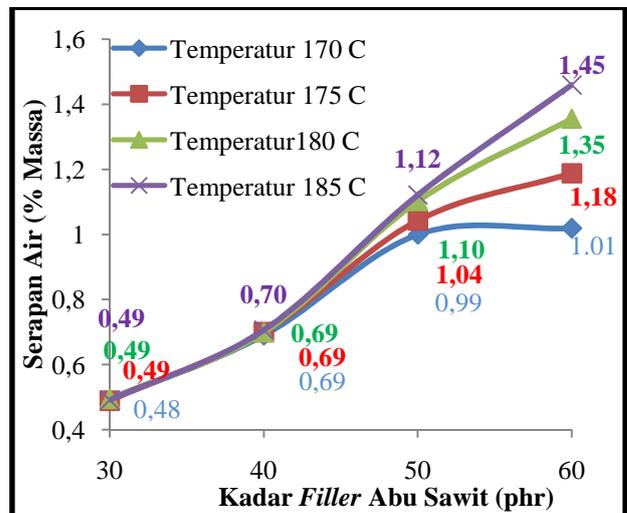
Penyebaran *filler* yang cukup merata pada gambar dengan perbesaran yang lebih kecil mengindikasikan bahwa interaksi antara polimer dan *filler* juga akan baik. Hal ini berpengaruh terhadap nilai sifat mekanik material komposit PP/NR tersebut, dimana *tensile strength* yang dihasilkan mengalami peningkatan yaitu 4,3 Mpa walaupun kenaikan yang terjadi tidak signifikan dan sudah mencapai standar TPV komersil. *Elongation at break* material komposit PP/NR pada penelitian ini juga masih rendah yaitu sebesar 28,1%. Rongga-rongga kosong yang ada mengindikasikan interaksi yang kurang baik antara *filler* dan polimer. Sifat kuat tarik *modulus elastic* berpengaruh terhadap morfologi material komposit PP/NR. Nilai *modulus elastic* yang besar pada penelitian ini yaitu 104,1 MPa menunjukkan morfologi komposit PP/NR yang kuat dan keras.

3.4 Sifat Serapan Air

Apabila suatu material komposit memiliki sifat serapan air yang tinggi maka material tersebut rapuh dan memiliki sifat mekanik yang rendah. Hal ini dapat dibuktikan dengan pengujian sifat serapan air yang hasilnya dapat dilihat pada Gambar 4.7. Pengukuran sifat serapan air dilakukan dengan merendam sampel selama 6 hari sampai diperoleh massa konstan. Sampel dibuat dengan ukuran 1 cm x 1 cm dan terdapat 2 spesimen dalam satu sampel.

Dari Gambar 8 dapat dilihat pengaruh dari penggunaan variasi kadar *filler* abu sawit dengan ukuran direduksi terhadap sifat serapan air material komposit PP/NR. Secara keseluruhan dapat dilihat bahwa sifat serapan air meningkat seiring bertambahnya kadar *filler* abu sawit dengan ukuran direduksi dalam campuran *filler* abu sawit pada seluruh variasi temperatur. Pada variasi temperatur pencampuran 170°C, sifat serapan air terendah dihasilkan pada sampel yang memiliki kadar *filler* abu sawit dengan ukuran direduksi 30 phr yaitu sebesar 0,48 dan untuk variasi temperatur pencampuran 175°C, 180°C dan 185°C diperoleh nilai serapan air sebesar 0,69%, 0,99% dan 1,01%. Sampel ini memiliki kadar penyerapan air yang paling rendah dibanding sampel lainnya.

Rendahnya sifat serapan air pada sampel dikarenakan pada sampel dengan kadar *filler* abu sawit dengan ukuran direduksi, kadar *filler* yang digunakan paling kecil.



Gambar 8 Pengaruh Kadar dan Massa Filler Abu Sawit dengan Ukuran Direduksi terhadap Sifat Serapan Air Material Komposit PP/NR

Pada kadar *filler* abu sawit dengan ukuran direduksi 40 phr pada temperatur pencampuran 170°C, 175°C, 180°C dan 185°C diperoleh nilai serapan air yaitu berturut-turut sebesar 0,49%, 0,69%, 1,04% dan 1,18%. Nilai serapan air pada kadar *filler* 30 phr abu sawit dengan ukuran direduksi mengalami kenaikan dibandingkan dengan kadar 40 phr. Hal ini dikarenakan adanya penambahan *filler* abu sawit dengan ukuran direduksi ke dalam campuran *filler*. Silika yang ada didalam abu sawit memiliki sifat *hydrophilic* yang tinggi. Sifat *hydrophilic* yang tinggi ini dikarenakan adanya gugus hidroksil (-OH) pada permukaan silika yaitu Silanol, Si-OH. Gugus hidroksil tersebut akan membentuk ikatan hidrogen saat kontak dengan molekul air, H₂O (H-OH) (Kaewasakul, 2013).

Nilai serapan air pada kadar *filler* abu sawit dengan ukuran direduksi 50 phr pada setiap temperatur pencampuran 170°C, 175°C, 180°C dan 185°C diperoleh nilai serapan air yaitu berturut-turut sebesar 0,49%, 0,69%, 1,10% dan 1,39%. Nilai serapan air pada kadar *filler* abu sawit dengan ukuran direduksi 50 phr juga mengalami kenaikan dibandingkan sampel dengan kadar *filler* 40 phr. Hal yang sama juga berlaku pada kadar *filler* abu sawit dengan ukuran direduksi 60 phr terjadi

kenaikan serapan air dibandingkan dengan kadar *filler* 50 phr. Nilai serapan air pada setiap temperatur pencampuran 170°C, 175°C, 180°C dan 185°C diperoleh nilai serapan air yaitu berturut-turut sebesar 0,49%, 0,69%, 1,12 % dan 1,45%.

Sifat serapan air tertinggi diperoleh pada kadar *filler* abu sawit dengan ukuran direduksi 40 phr pada setiap temperatur pencampuran 170°C, 175°C, 180°C dan 185°C yaitu 0,49%, 0,69%, 1,12 % dan 1,45%. Meningkatnya sifat serapan air terjadi seiring bertambahnya kadar *filler* abu sawit dengan ukuran direduksi kedalam campuran *filler*. Hal ini dikarenakan semakin banyak kadar *filler* abu sawit dengan ukuran direduksi yang ditambahkan dalam campuran *filler* maka semakin banyak jumlah silika yang ada pada *filler* sehingga semakin banyak silika yang membentuk ikatan hidrogen saat kontak dengan air. Jumlah silika yang membentuk ikatan hidrogen dengan air memberikan tambahan massa kedalam sampel, sehingga dihasilkan persentase serapan air yang semakin besar pada kadar *filler* abu sawit yang semakin banyak.

IV. KESIMPULAN

Sifat mekanik terbaik material komposit PP/NR diperoleh dengan nilai *tensile strength* 4,3 MPa, *elongation at break* 28,1 % dan *modulus elastic* sebesar 104,1 MPa pada kadar *filler* abu sawit (ukuran direduksi) 40 phr dan temperatur pencampuran optimum 180°C. Nilai *modulus elastic* material komposit PP/NR meningkat dikarenakan penggunaan *filler* abu sawit yang ukuran partikelnya direduksi hingga 700-800 nm (*semi reinforcing*). Sifat mekanik *elongation at break* yang dihasilkan pada material komposit PP/NR pada penelitian ini belum mencapai spesifikasi *Thermoplastic Vulcanizate* (TPV) komersial. Spesifikasi TPV yang diharapkan seharusnya menghasilkan nilai *tensile strength* 3-7 MPa, *elongation at break* lebih dari 100%.

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada Laboratorium TBAM (Teknologi Bahan Alam dan Mineral) Universitas Riau, Laboratorium Pengendalian dan Pencegahan

Pencemaran Lingkungan Universitas Riau serta LIPI (Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia) Fisika Bandung atas kerja sama dalam penelitian ini. Kepada Lili Saktiani atas bantuan dalam melaksanakan penelitian pembuatan komposit PP/NR ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Bahrudin, Sumarno, G. Wibawadan N. Soewarno, 2007, Morfologi Dan Properti Campuran Karet Alam/Polypropylene Yang Divulkanisasi Dinamik Dalam Internal Mixer, http://eprints.undip.ac.id/2173/1/Artikel_Bahrudin_Ibrahim ITS 5.pdf, 4 Juni 2013.
- Blanco, A., 2002, A Soft Touch and Cosmetic Perfection, *Proquest Scientist Journal*: 36
- Folkes, M. J., 1993, *Polymer Blend and Alloys*, Great Britain: University Press, Cambridge.
- Fumito, Y., dkk, 2001, Effects of Secondary Structure of Fillers on the Mechanical Properties of Silica Filled Rubber Systems, *Polymer*, 42, 9523-9529
- Ghosh, P., S. Katare., P. Patkar., J.M. Caruthers, dan V. Venkatasubramanian, 2003, Sulfur Vulcanization of Natural Rubber For Benzothiazole Accelerated Formulations: From Reaction Mechanisms to A Rational Kinetic Model, *Rubber Chemistry and Technology*, 76 (3).
- Hagana, P., 2011, Pengaruh Kadar Plasticizer Minarex Terhadap Morfologi dan Sifat Komposit Polipropilen/Karet Alam Menggunakan Filler Abu Sawit dengan Peningkatan Kadar Silika, *Skripsi*, Universitas Riau.
- 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.
- Onyeagoro. G. N., and M. E. Enyieglebulam, 2012, Sorption Characteristic of Dynamically Vulcanized Polypropylene/Epoxidized Natural

- Rubber Blends Filled with Carbonized Dika Nutshell (*Irivalgia Gabonensis*), *Journal Savab International Vol. 3*.
- Pascual, S., D. Derouet, dan P. Phinyocheep, 2005, Polymer Grafted NR by Radical Controlled Grafting. *Thai-French Seminar: Rubber from Trees to End-Products*, Bangkok: 20-21 June 2005.
- PT. Bank Mandiri (Persero). 2013. Comodities insight. www.bankmandiri.co.id/indonesia/eriview-pdf/MAfI120088247.pdf. [24 Juni 2013]
- Rader, C. P, 1996, *Thermoplastic Elastomers*, didalam Harper, C.A., Handbook of Plastics, Elastomers, and Composites, ed. 3th, McGraw-Hill.
- Sabet, S.A., dan S. Datta, 2000, Thermoplastic Vulcanizates, Paul, D.R., dan C.B. Bucknall, Polymer Blends. *John Wiley & Sons*, 2: 517-555.
- Saowapark, T., 2005, *Reinforcement of Natural Rubber with Silica/CarbonBlack*
- Saputra, I., 2012, Pengaruh Kadar Dan Ukuran Partikel Filler Abu Sawit Yang Kadar Silikanya Ditingkatkan Terhadap Morfologi Dan Sifat Komposit Polipropilen/Karet Alam, *Skripsi*, Universitas Riau
- Waqiyuddin, 2010, The Effect of Carbon Black Loadings on Tensile Strength of Rubber Vulcanizate, Thesis, Faculty of Chemical and Natural Resources Engineering Universiti Malaysia Pahang, Malaysia