

PENGARUH NISBAH FILLER ABU SAWIT (UKURAN DIREDUKSI)/CARBON BLACK DAN TEMPERATUR PENCAMPURAN TERHADAP MORFOLOGI DAN SIFAT KOMPOSIT POLIPROPILEN/KARET ALAM

Septiana Veronika S, Ahmad Fadli, dan Bahrudin*

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293, Indonesia

E-mail : bahrudin@unri.ac.id

ABSTRAK

Karet alam merupakan salah satu komoditas terbesar di Indonesia. Oleh karena itu perlu dilakukan pengembangan teknologi terhadap komoditi-komoditi berbasis karet alam. Penelitian ini dilakukan untuk mengamati pengaruh nisbah *filler* abu sawit (ukuran direduksi)/*carbon black* dan temperatur pencampuran terhadap morfologi dan sifat komposit polipropilena (PP)/karet alam (KA). *Carbon black* digunakan sebagai *filler* untuk meningkatkan properti karet alam. Variasi nisbah *filler carbon black* 0/100, 30/70, 50/50, 70/30 dan 100/0 dilakukan untuk menentukan nisbah *filler* optimum. Pembuatan kompon karet menggunakan *roll mill* pada suhu ruang dan kecepatan putar 20 rpm. Vulkanisasi dinamik dilakukan di dalam internal *mixer* dengan menggunakan variasi temperatur pencampuran 175 oC, 180°C, dan 185°C. Kecepatan rotor internal *mixer* yang digunakan 60 rpm. Sifat mekanik dianalisa dengan Universal Testing Machine (UTM) dan morfologi campuran menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Nisbah *filler* optimum diperoleh pada nisbah *filler carbon black* 30/70 dengan temperatur optimum pencampuran pada temperatur 175°C. Sifat mekanik terbaik dihasilkan nilai *tensile strength* 2,4 MPa, *elongation at break* 14,9 % dan modulus elastis sebesar 71,6 MPa.

Kata Kunci : *abu sawit, carbon black, karet alam, polipropilena (PP)*

ABSTRACT

Natural rubber (NR) is one of the largest commodities in Indonesia, therefore need the technology development for these commodity based on natural rubber. This research investigated the effect of blend ratio filler fly ash (reduced particle size)/carbon black(CB) and mixing temperature on morphology and mechanical properties of polypropylene (PP)/NR composite. Fly ash (reduced particle size)/CB have been used as the main fillers that increase the quality of rubbers. Variation of blend ratio fly ash (reduced particle size)/CB at 0/100, 30/70, 50/50, 70/30 and 100/0 were studied in order to determine the optimum fly ash (reduced particle size)/CB ratio. 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 175 oC, 180 oC , and 185 oC. 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 fly ash (reduced particle size /CB ratio filler ratio 30/70 and the optimum temperature was 175oC. The best mechanical properties was given on tensile strength 2,4 MPa, elongation at break 14,9 % and modulus elastic 71,6 MPa.

Keywords : Oil palm ash, carbon black, natural rubber, polypropylene

PENDAHULUAN

Karet alam merupakan salah satu komoditas pertanian yang penting bagi Indonesia. Sifat-sifat mekanik yang baik dari karet alam menjadikan karet alam digunakan sebagai bahan dasar produk

komersial seperti ban, lateks dan karet busa. Data biro pusat statistik (2012) menunjukkan Indonesia memiliki lahan perkebunan karet terluas di dunia yaitu seluas 3,4 juta hektar, diikuti Thailand seluas 2,6 juta hektar dan Malaysia 1,02 juta hektar (Dinas Perkebunan Provinsi Riau, 2012). Oleh

karena itu Indonesia merupakan daerah strategis untuk pengembangan komoditi-komoditi berbahan dasar karet alam.

Salah satu material yang dapat dikembangkan dari karet alam adalah kombinasi karet alam (KA) dengan termoplastik polipropilena (PP) yang disebut komposit PP/KA atau lebih dikenal dengan sebutan *thermoplastic vulcanizate* (TPV). Material komposit PP/KA yang telah dikembangkan ke tahap komersial dibuat dari bahan baku karet sintetik *ethylene propylene diene rubber* (EPDM) dan polipropilena (PP). Penggunaannya dijumpai dalam bidang otomotif, bangunan dan konstruksi, kabel dan lain-lain.

Material komposit berbahan baku PP/KA 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. 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. Pembuatan TPV berbasis karet alam juga pernah dilakukan tanpa menggunakan *filler* (Bahruddin *et al.*, 2007), material TPV dengan *filler hybrid* abu sawit (*fly ash*) dengan *carbon black* (Ramadhan, 2011), pembuatan komposit PP/KA oleh Martani (2013) menggunakan *filler hybrid* abu sawit (*fly ash*) dengan *carbon black* menggunakan *compatibilizer maleated natural rubber* (MNR). Yanti (2013) membuat komposit PP/KA menggunakan *filler hybrid* abu sawit (*fly ash*) dengan *carbon black* dengan menggunakan paduan *compatibilizer* Mapp dan MNR. Namun penelitian-penelitian tersebut belum menghasilkan material TPV yang memiliki sifat mekanik tinggi.

Penelitian ini membuat komposit berbasis PP dan KA menggunakan *filler* abu sawit dengan ukuran direduksi/*carbon black* dengan metoda vulkanisasi dinamik. Abu sawit sebagai sumber silika dapat meningkatkan kekuatan sobek dan ketahanan abrasi. *Carbon black* dapat meningkatkan ketahanan abrasi, kuat sobek, kuat tarik, dan kekakuan (Saowapark, 2007). 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 berbasis PP dan karet alam.

BAHAN DAN METODE

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. Karet alam (SIR-20) dari PT Ricri Rumbai. Abu sawit dari PT. Sarikat Putra Riau Sorek, Pekanbaru. *Carbon black* tipe N330 dengan diameter 31 nm, *iodine absorption* Number 83. Sulfur sebagai *curative agent*, produksi PT. Ganda Mekar, Indonesia. ZnO (*Zinc oxide*) digunakan sebagai aktivator, produksi oleh Global Chemical, Thailand. Asam stearat digunakan sebagai ko-aktivator, produksi oleh PT. Sumi Asih Oleochemical Industry, Indonesia. *Trimetil quinone* (TMQ) tipe Flectol TMQ digunakan sebagai anti degradant, produksi oleh Flexys, Germany. *Mercaptodibenzo- thiazolodisulfide* (MBTS) digunakan sebagai akselerator, produksi oleh Nanjing Chemical Plant, China. MA untuk grafting karet alam pada pembuatan MNR. Toluena untuk merefluks MNR, diproduksi oleh Merck KGaA, Darmstad, Germany dan *paraffin* sebagai *plasticizer*.

Peralatan yang digunakan untuk penyiapan blend meliputi: peralatan untuk pembuatan kompon karet, *tworoll mill* dengan spesifikasi TXK-160 x 320 *Lie-Hoe Engineering & Trading* SDN.BHD dan peralatan untuk proses vulkanisasi dinamik, yaitu Internal Mixer Labo Plastomills bambury rotor, volume chamber 300 cc dengan persentase pengisian 70%. Peralatan yang digunakan untuk menguji spesimen blend meliputi: JEOL

Penyiapan Blend

Blend dibuat dalam dua tahapan proses, yaitu pembuatan kompon karet dan pencampurannya dengan PP. Kompon karet merupakan campuran yang terdiri dari SIR-20, campuran *filler* abu sawit (ukuran direduksi)/*carbon black*, asam stearat, zinc oxide, MBTS dan sulfur yang dibuat dengan menggunakan Two Roll Mixing Mill. Poses pembuatannya dilakukan pada suhu kamar dengan urutan proses pencampuran ditunjukkan pada

Tabel 1 dimana, pada penambahan *filler* dilakukan variasi nisbah *filler* abu sawit (ukuran direduksi)/*carbon black*, 0/100; 30/70; 50/50; 70/30 dan 100/0

Tabel 1. Schedule pencampuran material untuk pembuatan kompon karet menggunakan *two-roll mill*

Aktivitas	Waktu Proses (menit ke-)
Mastikasi Karet	0
Penambahan <i>paraffin</i>	5
Penambahan <i>filler</i> abu sawit (ukuran direduksi)/ <i>carbon black</i>	10
Penambahan ZnO	15
Penambahan Asam Stearat	16
Penambahan TMQ	17
Penambahan MBTS	18
Penambahan Sulfur	20
Penghentian proses pencampuran	30

Penyiapan *Compatibilizer Maleated Natural Rubber* (MNR)

Karet alam (NR) dimastikasi di dalam internal mixer jenis Banbury Type B60 B selama 2 menit dengan temperatur 135°C dan kecepatan rotor 60 rpm. Setelah di mastikasi ditambahkan *maleat anhidrida* (MA) dengan konsentrasi 2 phr dan di-mixer selama 10 menit. *Maleated anhidrida* (MA) yang tidak ter-*grafting* pada karet alam dihilangkan dengan cara merefluks dengan toluena pada temperatur 110°C selama 5 jam. Kemudian MNR yang telah bebas MA dikeringkan dengan pengovenan pada temperatur 40°C selama 24 jam.

Tabel 2. Schedule pencampuran material untuk pembuatan komposit PP/KA menggunakan *internal mixer*

Aktivitas	Waktu Proses (menit ke-)
Pelelehan Polipropilen (PP)	0
Penambahan kompon karet	5
Penambahan MNR	6
Penghentian proses pencampuran	12

Pencampuran kompon, PP dan plastisizer menggunakan Internal Mixer, dengan urutan proses sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2. Proses pencampuran dilakukan variasi temperatur yaitu, 175°C, 180°C, dan 185°C. Kecepatan rotor 60 rpm. Kemudian blend tersebut dipersiapkan untuk pengujian sifat-sifat mekanik (*tensile strength*, *elongation at break*, *modulus elastic*) berdasarkan standar ASTM dan pengujian morfologi menggunakan SEM.

Pengujian Blend

Pengujian Sifat Mekanik

Pengujian sifat mekanik meliputi *tensile strength*, *elongation at break* dan *modulus elastic*. Sebelum melakukan uji *tensile*, material yang akan diuji harus dibentuk menjadi spesimen-spesimen dengan menggunakan *dumbbell* dan ukurannya disesuaikan dengan standar yang digunakan, yaitu ASTM D412. Jumlah spesimen pada uji tarik minimal 5 spesimen yang dipotong dari setiap titik pada lembaran sampel. 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 (SEM)

Sampel yang akan dianalisa direndam dalam nitrogen cair selama ± 2 menit agar tekstur campuran menjadi keras dan awet, sehingga permukaan sampel tidak rusak pada saat dipatahkan. Sampel yang telah direndam nitrogen cair dipatahkan dan dilapisi emas (*coating* emas) agar sampel bersifat konduktor. Perbesaran morfologi sampel dilakukan untuk dapat mengamati distribusi *filler* didalam kompon karet dengan cukup jelas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

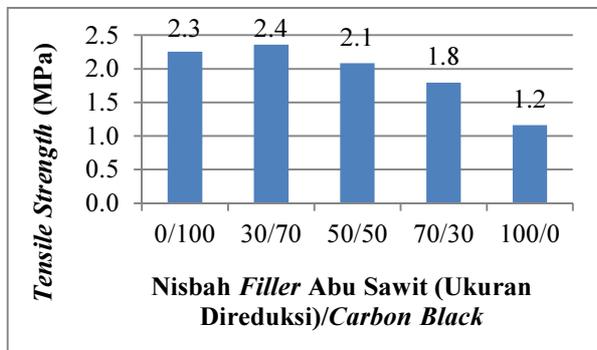
Sifat Mekanik

Pengaruh Nisbah Filler Abu Sawit (Ukuran Direduksi)/Carbon Black

Sifat kuat tarik material dapat dilihat dari hasil uji kekuatan tarik suatu material sampai material tersebut patah. Parameter yang menjadi dasar utama dalam menilai sifat kuat tarik suatu material adalah nilai *tensile strength*, *modulus elastic* dan *elongation at break* yang diperoleh dari grafik hubungan tegangan (*stress*) terhadap regangan (*strain*) dari masing-masing spesimen uji.

Hasil analisa uji tarik material komposit PP/KA dengan variasi nisbah *filler* abu sawit (ukuran direduksi)/*carbon black* pada masa *filler* 50 phr dan temperatur pencampuran 175°C terhadap *tensile strength* dapat dilihat pada Gambar 1. Nilai *tensile strength* tertinggi diperoleh pada nisbah *filler* abu sawit (ukuran direduksi)/*carbon black* 30/70. Hal ini terjadi dikarenakan penambahan abu sawit kedalam campuran *filler*. 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 nisbah *filler*. Sifat kuat tarik *tensile strength* menurun seiring bertambahnya kadar abu sawit (ukuran direduksi) dalam campuran nisbah *filler* abu sawit (ukuran direduksi)/*carbon black* 50/50, 70/30 dan 100/0.



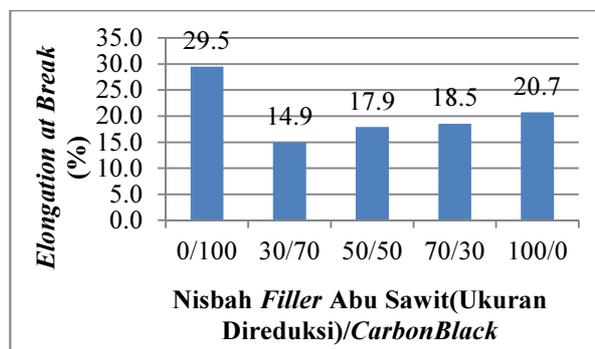
Gambar 1. Pengaruh Nisbah Abu Sawit (Ukuran Partikel Direduksi)/CarbonBlack terhadap Tensile Strength dari Material Komposit PP/KA

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. 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 (Kaewasakul, 2013).

Hasil analisa uji tarik material komposit PP/KA dengan variasi nisbah *filler* pada masa *filler* 50 phr dan temperatur pencampuran 175°C terhadap *elongation at break* dapat dilihat pada Gambar 2. Nilai *elongation at break* tertinggi diperoleh pada nisbah *filler* abu sawit (ukuran direduksi)/*carbon black* 0/100. Hal ini dapat terjadi dikarenakan adanya kehadiran *carbon black* dalam campuran *filler* abu sawit dengan ukuran direduksi/*carbon black* yang dapat meningkatkan nilai *elongation at break*. Permukaan *carbon black* yang bersifat non polar cocok dengan karet alam yang tersusun dari rantai hidrokarbon. Gugus karboksil, lakton quinon dan gugus organik lainnya yang dimiliki *carbon black* memberikan afinitas yang tinggi untuk berinteraksi dengan karet alam (Kaewasakul, 2013).

Ukuran nano dari *carbon black* memberikan luas permukaan yang tinggi sehingga memberikan

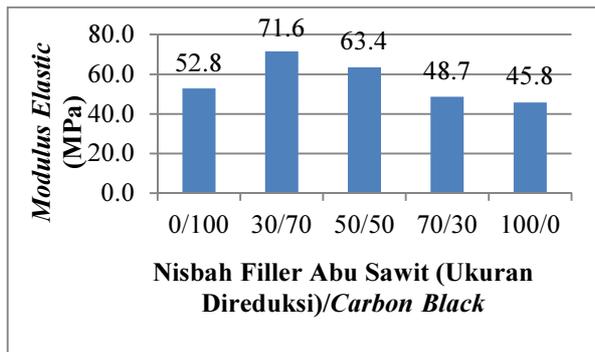
peluang yang besar untuk kontak dengan permukaan karet. Sehingga penambahan *carbonblack* pada campuran *filler* silika akan meningkatkan sifat mekanik seperti *abrasion resistance* dan *tear strength* (Saowapark, 2007).



Gambar 2. Pengaruh Nisbah Abu Sawit (Ukuran Partikel Direduksi)/CarbonBlack terhadap Elongation at Break dari Material Komposit PP/KA

Penurunan nilai *elongation at break* terjadi saat dilakukan penambahan *filler* abu sawit dalam campuran nisbah *filler* abu sawit (ukuran direduksi)/*carbon black*. 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. Namun peningkatan nilai *elongation at break* terjadi pada nisbah *filler* abu sawit dengan ukuran direduksi/*carbon black* 50/50, 70/30 dan 100/0. Kenaikan nilai *elongation at break* tidak setinggi nilai *elongation at break* pada nisbah *filler* 0/100. Hal ini dapat disebabkan sulit terjadinya distribusi yang merata antara *filler* terhadap matriks PP pada material komposit PP/KA. Karet alam yang memuat *filler* abu sawit dengan ukuran direduksi/*carbon black* 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 nisbah *filler* abu sawit dengan ukuran direduksi/*carbonblack*. Nilai *Modulus elastic* berbanding terbalik dengan *elongation at break*. Secara keseluruhan dapat dilihat nilai *modulus elastic* semakin menurun seiring bertambahnya kadar abu sawit dengan ukuran direduksi dalam campuran nisbah *filler* abu sawit/*carbon black*. Nilai *modulus elastic* tertinggi diperoleh pada nisbah *filler* abu sawit (ukuran direduksi)/*carbon black* 30/70.



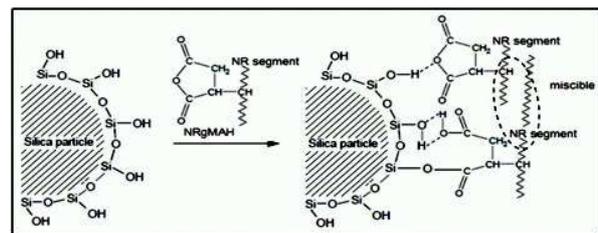
Gambar 3. Pengaruh Nisbah Abu Sawit dengan Ukuran Partikel Direduksi/Carbon Black terhadap Modulus Elastic dari Material Komposit PP/KA

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*. Namun nilai *modulus elastic* menurun seiring dilakukan peningkatan kadar *filler* abu sawit (ukuran direduksi) pada nisbah *filler* abu sawit (ukuran direduksi)/*carbon black*. Hal ini dapat dikarenakan penambahan kadar abu sawit dengan ukuran direduksi dalam jumlah yang lebih banyak dapat menyebabkan aglomerasi dalam material komposit PP/KA. Aglomerasi ini cenderung terjadi karena silika memiliki gugus hidroksil yang bersifat polar yang akan berusaha membentuk ikatan hidrogen dengan molekul silika lainnya (Kaewasakul, 2013).

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/KA. Selain itu penggunaan MNR sebagai *compatibilizer* juga dapat meningkatkan interaksi antara silika dengan polimer. Namun diduga pada penelitian ini MNR membentuk ikatan yang lebih kuat dengan molekul karet pada NR dan molekul karet alam pada KA sehingga menjadikan interaksi antara PP terhadap KA menjadi lemah dan ketika material komposit dilakukan penarikan (uji tarik) ikatan polimer PP dan KA dengan mudah terlepas. Hal ini

menunjukkan bahwa material komposit yang dihasilkan tidak homogen dan rapuh.

Artchomphoo dan Saijan (2013) memberikan gambaran interaksi gugus hidroksil pada permukaan silika terhadap gugus anhidrida dari MNR (Gambar 4). Gugus anhidrida pada MNR akan bereaksi secara kimia dengan gugus silanol pada permukaan silika sehingga dapat mengurangi interaksi *filler-filler*. Disamping itu molekul karet alam pada MNR juga akan berinteraksi dengan molekul karet alam pada KA.



Gambar 4. Interaksi antara Gugus Anhidrida pada MNR dengan Gugus Hidroksil pada permukaan Silika (Artchomphoo, 2013)

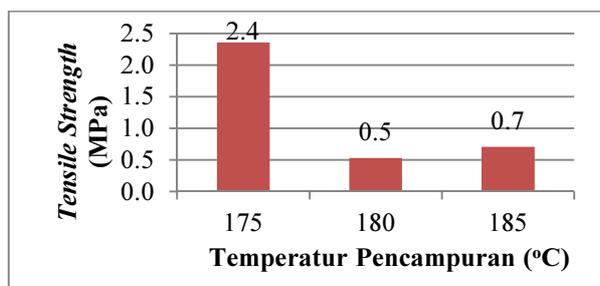
Ukuran *filler* abu sawit yang direduksi hingga 700-800 nm dapat dikategorikan ke dalam *filler semi reinforcing*. *Filler* dengan kategori *semi reinforcing* (100-1000 nm) diharapkan dapat meningkatkan sifat mekanik seperti *tensile strength* dan *modulus elastic* (Waqiyuddin, 2010). Namun ukuran partikel abu sawit yang direduksi belum berpengaruh besar terhadap sifat mekanik yang dihasilkan. Silika yang ada pada abu sawit lebih cenderung membentuk aglomerasi. Hal ini disebabkan gugus hidroksil pada permukaan silika lebih kuat membentuk ikatan hidrogen antar molekul silika dengan silika lainnya sehingga interaksi *filler-filler* lebih kuat dibandingkan interaksi *filler* terhadap matriks PP/KA. Selama interaksi silika (*filler*)-campuran PP/KA lebih lemah dari interaksi silika-silika, maka yang terjadi adalah pembentukan silika yang besar (aglomerasi), penyebaran (dispersi) partikel silika didalam fasa yang tidak merata berakibat kepada efek penguatan dari silika menjadi rendah.

Pengaruh Temperatur Pencampuran terhadap Sifat Mekanik Komposit PP/KA

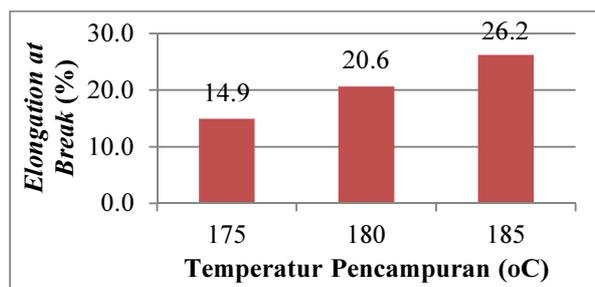
Hasil analisa uji sifat mekanik material komposit PP/KA dengan variasi temperatur pada nisbah abu sawit/*carbon black* 30/70, kadar *filler* 50 phr dengan kadar *compatibilizer* MNR 5 phr dapat dilihat pada Gambar 5, 6 dan 7.

Dari Gambar 5 dapat dilihat pengaruh temperatur pencampuran terhadap sifat mekanik *tensile strength*. Secara keseluruhan sifat mekanik *tensile strength* semakin menurun seiring meningkatnya temperatur pencampuran dalam *internal mixer*. Nilai *tensile strength* tertinggi diperoleh pada temperatur pencampuran 175°C yaitu sebesar 2,4 MPa. Ketika temperatur pencampuran ditingkatkan hingga 180°C nilai *tensile strength* yang dihasilkan menjadi turun, yaitu diperoleh nilai *tensile strength* 0,5 MPa. Untuk kenaikan temperatur pencampuran selanjutnya yaitu temperatur 185°C *tensile strength* kembali meningkat meskipun tidak signifikan, yaitu sebesar 0,7 MPa. Dari nilai *tensile strength* yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa temperatur pencampuran optimal yang dapat menghasilkan sifat *tensile strength* terbaik adalah pada temperatur 175°C. Diindikasikan bahwa pada temperatur pencampuran 175°C telah terjadi distribusi yang baik antara fasa KA yang memuat *filler* abu sawit dengan ukuran direduksi/*carbon black* 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.

Dari Gambar 6 dapat dilihat pengaruh temperatur pencampuran terhadap sifat mekanik *elongation at break* dimana sifat mekanik *elongation at break* menyatakan total perpanjangan spesimen uji ketika putus. Secara keseluruhan sifat mekanik *elongation at break* semakin meningkat seiring bertambahnya temperatur pencampuran dalam *internal mixer*. Nilai *elongation at break* terendah diperoleh pada temperatur pencampuran 175°C yaitu sebesar 14,9%.



Gambar 5. Pengaruh Temperatur Pencampuran Material Komposit PP/KA dengan Nisbah Filler Abu Sawit dengan Ukuran Partikel Direduksi/Carbon Black 30/70 terhadap Tensile Strength



Gambar 6. Pengaruh Temperatur Pencampuran Material Komposit PP/KA dengan Nisbah Filler Abu Sawit dengan Ukuran Partikel Direduksi/Carbon Black 30/70 terhadap Elongation at Break

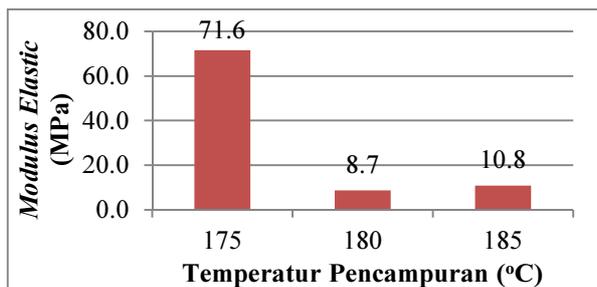
Rendahnya nilai *elongation at break* yang dihasilkan mengindikasikan bahwa belum terjadinya distribusi yang merata antara fasa terdispersi KA yang memuat *filler* abu sawit dengan ukuran direduksi/*carbon black* dengan fasa pendispersi PP. Terbentuknya aglomerasi *filler* silika menyebabkan material komposit PP/KA yang dihasilkan menjadi rapuh. Sehingga ketika dilakukan penarikan spesimen hanya mampu memberikan sedikit perpanjangan kemudian secara langsung putus. Ketika temperatur pencampuran ditingkatkan hingga 180°C nilai *elongation at break* yang dihasilkan semakin meningkat walaupun yaitu diperoleh nilai *elongation at break* 20,6%. Meningkatnya nilai *elongation at break* mengindikasikan mulai terbentuk campuran yang cukup merata antara fasa terdispersi KA kedalam fasa pendispersi PP. Untuk kenaikan temperatur pencampuran selanjutnya yaitu temperatur 185°C *elongation at break* yang dihasilkan sebesar 26,2%. Nilai *elongation at break* tertinggi terjadi pada temperatur pencampuran 185°C. Hal ini dikarenakan kehadiran *carbon black* yang dapat meningkatkan *elongation at break* jika ditinjau dari interaksi *filler carbon black* dan karet alam lebih kuat.

Permukaan *carbon black* yang bersifat non polar cocok dengan karet alam yang tersusun dari rantai hidrokarbon. Selain itu *carbon black* dengan ukuran partikel nano memberikan luas permukaan yang tinggi sehingga memberikan peluang yang besar untuk kontak dengan permukaan karet. Sehingga penambahan *carbon black* pada campuran *filler* silika akan meningkatkan sifat mekanik *elongation at break*. Walaupun memberikan nilai *elongation at break* tertinggi, nilai *elongation at break* tersebut masih belum mencapai standar *thermoplastic Vulcanizate* (TPV) yang diinginkan.

Gambar 7 memperlihatkan bahwa kondisi proses, terutama temperatur di *internal mixer* memberi

pengaruh pada sifat mekanik *modulus elastic* komposit PP/KA. *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 menurun seiring meningkatnya temperatur pencampuran dalam *internal mixer*. Nilai *modulus elastic* tertinggi diperoleh pada temperatur pencampuran 175°C yaitu sebesar 71,6 MPa. Ketika temperatur pencampuran ditingkatkan hingga 180°C nilai *modulus elastic* yang dihasilkan menjadi turun drastis, yaitu diperoleh nilai *modulus elastic* 8,7 MPa. Untuk kenaikan temperatur pencampuran selanjutnya yaitu temperatur 185°C *modulus elastic* kembali meningkat meskipun tidak signifikan, yaitu sebesar 10,8 MPa. Dari nilai *modulus elastic* yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa temperatur pencampuran optimal yang dapat menghasilkan sifat *modulus elastic* terbaik adalah pada temperatur 175°C.



Gambar 7. Pengaruh Temperatur Pencampuran Material Komposit PP/KA dengan Nisbah Filler Abu Sawit dengan Ukuran Partikel Direduksi/Carbon Black 30/70 terhadap Modulus Elastic

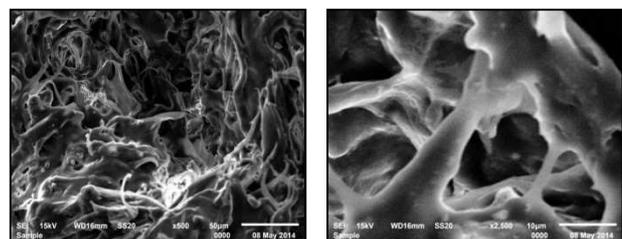
Nilai uji sifat mekanik yang optimal didapatkan pada temperatur 175°C. Penurunan terjadi ketika temperatur dinaikkan hingga menjadi 185°C. Penurunan sifat mekanik *modulus elastic* terjadi seiring dengan kenaikan temperatur pencampuran yang menyebabkan turunnya viskositas polipropilen. Penurunan viskositas 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).

Morfologi

Morfologi dari material komposit PP/KA 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/KA dengan nisbah *filler* abu sawit (ukuran direduksi)/*carbon black* 30/70 pada temperatur pencampuran 175°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.



(a)

(b)

Gambar 8. Mikrograf SEM Material Komposit PP/KA pada Nisbah Filler Abu Sawit dengan Ukuran Direduksi/Carbon Black 30/70 pada Temperatur Pencampuran 175°C (a) Perbesaran 500x, dan (b) Perbesaran 2500x

Dari Gambar 8(a) dapat dilihat distribusi *filler* yang cukup merata dan fasa KA yang terdispersi dalam matriks PP. Tampilan permukaan memperlihatkan rongga-rongga yang tersebar relatif merata. Hal ini menunjukkan adanya interaksi antara matriks PP dengan fasa karet dan *filler* abu sawit dengan ukuran direduksi/*carbon black* yang terdispersi di dalamnya. 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/KA. 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 pematangan terhadap sampel yang akan diuji SEM. Proses pematangan 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/KA menjadi rapuh.

Penyebaran *filler* yang cukup merata pada gambar dengan perbesaran yang lebih kecil belum mengindikasikan bahwa interaksi antara polimer dan *filler* juga akan baik. Hal ini berpengaruh terhadap nilai *tensile strength* material komposit PP/KA tersebut, dimana *tensile strength* yang dihasilkan masih rendah yaitu 2,4 Mpa dan belum mencapai standar TPV komersil. *Elongation at break* material komposit PP/KA pada penelitian ini juga masih rendah yaitu sebesar 14,9%. 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/KA. Nilai *modulus elastic* yang besar pada penelitian ini yaitu 71,6 MPa menunjukkan morfologi komposit PP/KA yang kuat dan keras.

KESIMPULAN

Kadar *filler* abu sawit (ukuran direduksi) yang semakin meningkat pada nisbah *filler* abu sawit (ukuran direduksi)/*carbon black* dan temperatur pencampuran yang semakin tinggi menghasilkan sifat mekanik material komposit PP/KA yang semakin rendah. Nisbah *filler* optimum diperoleh pada nisbah *filler* abu sawit(ukuran direduksi)/*carbon black* 30/70 dengan temperatur optimum pencampuran pada temperatur 175°C. Sifat mekanik terbaik dihasilkan nilai *tensile strength* 2,4 MPa, *elongation at break* 14,9 % dan *modulus elastic* sebesar 71,6 MPa. Penggunaan *filler* abu sawit dengan ukuran direduksi hingga 700-800 nm (*semi reinforcing*) mampu meningkatkan sifat *modulus elastic* komposit PP/KA.

DAFTAR PUSTAKA

- Artchomphoo., J dan D. Saijan, 2013, The Effect of Modified Natural Rubber and Silane on Properties of Silica Filled Natural Rubber Composite, *Journal of Applied Sciences Research*, p. 6032-6038.
- Badan Koordinasi Penanaman Modal (BKPM), 2013, *Ketersediaan Lahan Komoditi*

- Karet*, <http://regionalinvestment.bkpm.go.id>, diakses tanggal 12 Maret 2013.
- Bahrudin, Sumarno, G. Wibawa dan 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 Februari 2012.
- Dinas Perkebunan Provinsi Riau, 2012, <http://disbun.riau.go.id/index.php/artikel/87-potensi-dan-perkembangan-pasar-ekspor-karet-indonesia-di-pasar-dunia>, diakses tanggal 12 Maret 2013
- Folkes, M. J., 1993, *Polymer Blend and Alloys*, Great Britain: University Press, Cambridge.
- Haddadi-Asl, Wahid dan Toraj Mohammadi, 1996, Effect of Processing Methods and Conditions on Properties of Conductive Carbon-Polyolefins Composite, *Iranian Polymer Journal*, 153-164
- 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.
- Martani., R, 2011, "Pengaruh Kadar Compatibilizer Maleated Natural Rubber (MNR) dan Kondisi Proses Pencampuran Terhadap Morfologi dan Sifat Thermoplastic Vulcanizate (TPV) berbasis Karet Alam", Skripsi, Universitas Riau, Pekanbaru.
- Ramadhan. A, 2011, "Rasio Massa Filler Hybrid Abu Sawit/Carbon Black terhadap Morfologi dan Sifat Komposit Polipropilena/Karet Alam", Skripsi, Universitas Riau, Pekanbaru.
- Saowapark, T, N., Rattanasom, dan C. Deeprasertkula, 2007, Reinforcement of Natural Rubber with Silica/Carbon black Hibrid Filler, *Polymer Testing* 26, 369-377.
- Waqiyuddin, 2010, "The Effect of Carbon Black Loadings on Tensile Strength of Rubber Vulcanizate"s, Thesis, Faculty of Chemical and Natural Resources Engineering Universiti Malaysia Pahang, Malaysia
- Yanti., N, 2013, "Pengaruh Nisbah Compatibilizer MNR/mapp dan Waktu Pencampuran Terhadap Morfologi dan Sifat Thermoplastic Vulcanizate (TPV) berbasis Karet Alam", Skripsi, Universitas Riau, Pekanbaru