



LAPORAN PENELITIAN HIBAH KOMPETENSI

Judul Kegiatan

**Pembuatan Termoplastik Elastomer Berbasis Karet Alam
Dengan Bahan Isian Berbasis Limbah Padat Industri Sawit**

Ketua Tim Peneliti

Dr. Ir. Bahruddin, MT

Angkatan Tahun 2011

(Tahun ke-2)

Universitas Riau

November, Tahun 2011

HIBAH KOMPETENSI

1. Judul Kegiatan : Pembuatan Termoplastik Elastomer Berbasis Karet Alam dengan Bahan Isian Berbasis Limbah Padat Industri Sawit
2. Ketua Tim Peneliti
 - a. Nama : Dr. Ir. Bahruddin, MT
 - b. Jenis Kelamin : laki-laki
 - c. NIP : 196808041997031003
 - d. Pangkat/Golongan : Penata Tk. 1/III d
 - e. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
 - f. Jurusan/Fakultas : Teknik Kimia/Teknik
 - g. Perguruan Tinggi : Universitas Riau
 - h. Alamat : Kampus Bina Widya KM. 12,5 Pekanbaru (0761)66596, Email: bahruddin@unri.ac.id
3. Anggota Peneliti : 2 (dua) orang

No	Nama	Bidang Keahlian	Instansi
1	Prof. Dr. Adrianto Ahmad, MT	Pengolahan Limbah	Fakultas Teknik Universitas Riau
2	Dr. Adhy Prayitno, MSc	Pengujian Bahan	Fakultas Teknik Universitas Riau

4. Tempat Penelitian : Laboratorium Teknologi Bahan Alam dan Mineral Jurusan Teknik Kimia Univ. Riau
5. Waktu Penelitian : 10 (sepuluh) bulan
6. Biaya Penelitian Tahun ke-1 : Rp 87.000.000,-

Mengetahui
Dekan Fakultas Teknik,

(Dr. Saiful Bahri, MSi)
NIP. 19600103 198603 1 003

Pekanbaru, 30 November 2011
Ketua Tim Pelaksana,



(Dr. Ir. Bahruddin, MT)
NIP. 19680804 199703 1 003

Menyetujui
Ketua Lembaga Penelitian,

(Prof. Dr. H. Usman M. Tang, MS)
NIP. 19640501 198903 1 011

DAFTAR ISI

LAPORAN KEGIATAN PENELITIAN PERGURUAN TINGGI

- A. Keterangan Umum
- B. Ringkasan
- C. Pendahuluan
- D. Prosedur Penelitian
- E. Hasil Penelitian
- F. Luaran
- G. Lanjutan Penelitian

LAMPIRAN 1. NASKAH ARTIKEL ILMIAH

LAMPIRAN 2. FOTO-FOTO KEGIATAN

LAPORAN KEGIATAN PENELITIAN PERGURUAN TINGGI

Kategori : Hibah Kompetensi Tahun : 2011 (Tahun 2)
Perguruan Tinggi : Universitas Riau Ketua Peneliti : Dr. Ir. Bahruddin, MT
Fakultas : Teknik

A. KETERANGAN UMUM

1. Judul Penelitian : Pembuatan Termoplastik Elastomer Berbasis Karet Alam dengan Bahan Isian Berbasis Limbah Padat Industri Sawit
2. Dibiayai oleh : Ditjen Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan Nasional, Nomor: 360/SP2H/PL/Dit. Litabmas/IV/2011, tanggal 14 April 2011
3. Biaya yang diajukan,
Biaya keseluruhan yang diajukan (3 tahun) : Rp 290.000.000,-
Biaya yang diusulkan (Tahun 2) : Rp 99.950.000,-
Biaya yang disetujui (Tahun 1) : Rp 87.000.000,-
4. Jangka waktu penelitian Tahun 1 : 10 bulan (Januari-Okt 2011)
5. Lokasi Penelitian:
Penelitian ini dilaksanakan di 2 (dua) lokasi, yaitu Laboratorium Teknologi Bahan Alam dan Mineral Jurusan Teknik Kimia Universitas Riau, dan Laboratorium Uji Polimer Pusat Penelitian Fisika LIPI Bandung.
6. Personalia penelitian:
 - 1) Ketua Peneliti,
 - a. Nama Lengkap : Dr. Ir. Bahruddin, MT
 - b. NIP/Golongan : 196808041997031003/IIIc
 - c. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
 - d. Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Kimia
 - e. Bidang Keahlian : Teknologi Polimer
 - f. Alokasi waktu : 12 jam/minggu

- g. Tugas dalam Tim : Penanggung jawab penelitian dan mengkoordinir semua kegiatan penelitian
- 2) Anggota Peneliti 1,
- a. Nama Lengkap : Prof. Dr. Adrianto Ahmad, MT
 - b. NIP/Golongan : 195810181987031001/IVa
 - c. Jabatan Fungsional : Guru Besar
 - d. Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Kimia
 - e. Bidang Keahlian : Teknologi Pengolahan Limbah
 - f. Alokasi waktu : 10 jam/minggu
 - g. Tugas dalam Tim : Membantu Ketua Peneliti dalam pelaksanaan penelitian dan mendokumentasikan semua hasil penelitian mulai tahap penyiapan bahan limbah padat pabrik kelapa sawit sampai dengan pembuatan sampel TPE
- 3) Anggota Peneliti 2,
- a. Nama Lengkap : Dr. Adhy Prayitno, MSc
 - b. NIP/Golongan : 195609301988111001/IIIc
 - c. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
 - d. Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Mesin
 - e. Bidang Keahlian : Pengujian Material
 - f. Alokasi waktu : 10 jam/minggu
 - g. Tugas dalam Tim : Membantu Ketua Peneliti dalam pelaksanaan penelitian dan mendokumentasikan semua hasil penelitian yang mencakup semua pengujian sampel

B. RINGKASAN

Termoplastik elastomer (TPE) merupakan suatu material yang mempunyai sifat dan fungsi yang mirip dengan karet ter vulkanisasi konvensional, namun dapat dilelehkan seperti termoplastik pada suhu tinggi. Karakteristik yang unik ini membuatnya banyak diminati sebagai alternatif dari karet ter vulkanisasi konvensional

dalam berbagai aplikasi, terutama untuk industri otomotif. Produk TPE komersial tersebut umumnya berbasis karet sintetik, sedangkan yang berbasis karet alam belum banyak dikembangkan. Penelitian-penelitian untuk membuat TPE berbasis karet alam dengan spesifikasi komersial juga belum dikembangkan secara optimal.

Secara umum, penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan sifat material TPE yang dibuat dari campuran plastik polipropilen dan karet alam menjadi standar komersial. Penelitian dilaksanakan dalam 3 (tiga) tahun dengan fokus kajian pada peningkatan sifat TPE berbasis karet alam dengan memanfaatkan limbah padat pabrik sawit, yaitu sabut buah sawit dan fly ash (abu sawit), baik secara individual maupun sebagai filler campuran bersama filler carbon black komersial (hibrid); dan dengan memanfaatkan plastisizer nabati dari turunan minyak sawit maupun campuran plastisizer nabati-plastisizer petroleum komersial.

Penelitian yang diusulkan ini bertujuan untuk meningkatkan sifat material TPE yang dibuat dari campuran plastik polipropilen dan karet alam menjadi standar komersial. Penelitian dilaksanakan dalam 3 (tiga) tahun dengan fokus kajian pada peningkatan sifat TPE berbasis karet alam dengan memanfaatkan limbah padat pabrik sawit, yaitu sabut buah sawit dan fly ash (abu sawit), baik secara individual maupun sebagai filler campuran bersama filler carbon black komersial (hibrid); dan dengan memanfaatkan kompatibilizer yang dikembangkan dari bahan karet alam itu sendiri.

Pada penelitian tahun pertama dan kedua sudah diperoleh hasil-hasil sebagai mana disimpulkan berikut ini:

- (1) Penggunaan fly ash sawit sebagai filler yang terdistribusi di dalam material campuran NR-PP, menghasilkan sifat kuat tarik yang baik, morfologi yang homogen, dan penyerapan air yang relatif sedikit ($< 0,15\%$ massa). Sifat mekanik terbaik diperoleh pada material TPV yang menggunakan filler fly ash sawit dengan ukuran partikel 100 mesh, yang menghasilkan nilai tensile strength 5,98 MPa dan elongation at break 357,33%.
- (2) Penggunaan plasticizer parafin dapat meningkatkan kuat tarik dari komposit NR-PP-Abu sawit pada komposisi 25 phr yaitu 9,6 MPa namun elongasi yang dihasilkan sangat rendah yaitu 209%. Sedangkan untuk jenis plasticizer minyak sawit

kuat tarik hanya mencapai 6 MPa, namun elongasinya cukup tinggi yaitu 357% pada komposisi 5 phr.

(3) Untuk TPE dari campuran NR/PP dengan filler sabut buah sawit, sifat mekanik yang baik diperoleh pada komposisi dan ukuran filler masing-masing 10 % massa dan 60 mesh, yaitu tensile strength 7,27 MPa dan elongation at break 198,93%, morfologi yang lebih homogen dan 0% penyerapan air. Sedangkan penambahan minyak nabati sebagai plasticizer relatif tidak mempengaruhi tensile strength.

(4) Penggunaan filler abu sawit dapat meningkatkan sifat tensile campuran NR/PP yang lebih baik dibandingkan penggunaan filler sabut buah sawit. Sifat tensile terbaik untuk rasio massa campuran NR/PP 70/30 adalah pada kadar abu sawit 30 phr, dimana tensile strength dari campuran tersebut dapat mencapai sebesar 9,6 MPa dan elongation at break 209%.

(5) Penggunaan filler abu sawit, baik yang ditingkatkan kadar silikanya maupun penggunaannya bersama carbon black komersial, dapat meningkatkan sifat NR vulkanisat. Sifat tensile terbaik diperoleh pada kadar filler 30 phr dengan rasio carbon black/abu sawit (200 mesh) 70/30, yaitu kuat tarik 19,6 MPa dan elongation at break 1500 %. Sedangkan untuk abu sawit yang ditingkatkan kadar silikanya dari 41% menjadi 64%, diperoleh sifat kuat tarik 15 MPa dan elongation at break 2040 %.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa filler dari limbah padat pabrik kelapa sawit (PKS), terutama abu sawit (fly ash) berpotensi untuk dikembangkan sebagai filler pada industri karet. Hal ini ditunjukkan oleh sifat mekanik material TPE dari campuran polipropilen dan karet alam yang relatif cukup baik, meskipun masih lebih rendah dibandingkan dengan jika menggunakan filler komersial seperti carbon black. Disamping itu juga terlihat bahwa spesifikasi yang diperoleh tersebut masih lebih rendah dibandingkan dengan material sejenis berbasis karet sintetik yang sudah komersial.

Tahap penelitian selanjutnya akan dilakukan peningkatan sifat tensile, mechanical dynamic, sifat termal dan morfologi material tersebut dengan memodifikasi proses pencampurannya dan pengembangan penggunaan kompatibilizer berbasis karet alam itu sendiri. Modifikasi yang akan dilakukan meliputi proses pencampuran pada berbagai shear-stress, suhu dan lamanya waktu

pencampuran. Sedangkan kompatibilizer berbasis karet alam dibuat dengan cara pencangkokan (grafting) gugus anhidrid dari maleic anhydride ke rantai polimer karet alam, sehingga menghasilkan kompatibilizer maleated natural rubber. Diperkirakan parameter-parameter tersebut sangat mempengaruhi performa material TPE dan Thermoset Rubber berbasis karet alam tersebut.

C. PENDAHULUAN

Motivasi utama dari penelitian ini adalah untuk memperluas areal penggunaan karet alam (sering disingkat dengan NR atau natural rubber) dengan mengembangkan NR menjadi produk-produk baru yang bernilai ekonomi sekaligus ramah lingkungan. Hal ini didorong oleh kenyataan bahwa Indonesia merupakan produsen karet terbesar kedua di dunia setelah Thailand (produksi sebesar 3,04 juta ton pada tahun 2009) dengan lahan karet terbesar di dunia (luas mencapai 3,52 juta ha ditahun 2009) (Media Data Riset, 2009). Diperkirakan akan menjadi negara penghasil NR terbesar di dunia pada tahun 2020 (Apriyantono, 2007). Saat ini sekitar 70% NR Indonesia saat ini hanya digunakan untuk pembuatan ban kendaraan. Perluasan areal penggunaan NR ini akan meningkatkan konsumsi NR Indonesia, dan pada gilirannya akan meningkatkan kesejahteraan petani Indonesia, khususnya petani karet.

Salah satu produk yang dapat dikembangkan dari bahan NR adalah termoplastik elastomer (TPE) (Pascual dkk, 2005). Material ini mempunyai sifat dan fungsi yang mirip dengan karet tervulkanisasi konvensional pada suhu ambien, namun dapat dilelehkan seperti termoplastik pada suhu tinggi. Sifat ini tidak akan dapat diperoleh pada karet yang divulkanisasi konvensional. Karakteristik yang unik tersebut membuatnya sangat berguna dan menarik sebagai alternatif dari elastomer konvensional dalam berbagai aplikasi dan pasar, seperti industri otomotif, kabel/kawat, alas kaki, pipa karet, tabung, dan peralatan olah raga (Burger dan Smit, 2000; dan Mangaraj, 2005).

Umumnya material TPE yang sudah dikembangkan dan sebagiannya sudah komersial adalah yang berbasis karet sintetik, seperti ethylene-propylene-diene (EPDM), ethylene-propylene rubber (EPR) dan butadiene acrylonitrile rubber (NBR), atau modifikasinya (Nakason dkk, 2006). Pembuatan TPE berbasis NR secara

komersial belum banyak berkembang. Hal ini disebabkan oleh spesifikasi teknis yang dihasilkannya relatif masih rendah dibandingkan dengan yang berbasis karet sintetik. Permasalahan ini menjadi tantangan tersendiri bagi para peneliti, terutama yang berada di kawasan Asia Tenggara yang menjadi produsen 90% karet alam dunia.

Roadmap penelitian yang sudah dikembangkan oleh Bahruddin dkk dalam meningkatkan morfologi dan sifat TPE meliputi improvisasi proses vulkanisasi dinamik dengan sulfur (Bahruddin, dkk, 2006; Bahruddin, dkk, 2007a; Bahruddin, dkk, 2007b; Bahruddin, dkk, 2007c; dan Bahruddin, dkk, 2007d), penggunaan kompatibilizer maleated polypropylene (Bahruddin, dkk, 2007e), modifikasi fasa NR sebelum dicampur dengan plastik polipropilen (Bahruddin, dkk, 2008), dan penggunaan filler carbon black (Bahruddin, dkk, 2009). Sebelumnya beberapa peneliti lain juga sudah mengembangkan metode-metode untuk meningkatkan sifat TPE berbasis karet alam, seperti vulkanisasi dinamik (Coran dan Patel, 1981; dan Tinker dkk, 1991), penggunaan kompatibilizer silane (Kuriakose dkk, 1985) dan trans-polyoctenylene rubber atau TOR (Halimatuddahlia dkk, 2005), maleasi fasa karet sebelum pencampuran dengan termoplastik (Nakason dkk, 2006), penggunaan plastisizer berbasis petroleum (Sabet dan Datta, 2000), dan penambahan bahan filler silika (Kuriakose dkk, 1985).

Secara umum, metode-metode yang sudah ada tersebut belum menghasilkan performa TPE yang optimal, sehingga masih perlu dikembangkan lebih lanjut. Seperti pada metode peningkatan sifat TPE dengan penambahan filler, jenis filler yang sudah dikembangkan adalah silika dan carbon black. Kami memperkirakan bahwa fly ash dari abu sawit dapat dikembangkan menjadi bahan filler untuk meningkatkan sifat mekanik TPE. Penggunaannya dapat sebagai pengganti maupun dicampur bersama-sama filler yang sudah dikembangkan sebelumnya. Hal ini dimungkinkan karena fly ash tersebut mengandung silika lebih dari 50% disamping kandungan mineral lainnya (Graille dkk., 1985). Bahan ini merupakan limbah padat pabrik kelapa sawit (PKS) dan tersedia dalam jumlah yang besar, terutama di Propinsi Riau. Disamping yang berbasis minyak bumi, plastisizer berbasis minyak sawit juga perlu dikembangkan karena ketersediaan minyak sawit di Indonesia melimpah dan lebih ramah lingkungan.

Penelitian ini merupakan pengembangan metode produksi material Termoplastik Elastomer (TPE) berbasis campuran plastik Polipropilen (PP) dan Karet Alam (NR). Metode yang dikembangkan adalah penambahan bahan-bahan aditif dari limbah padat pabrik sawit berupa sabut buah sawit dan abu sawit (fly ash) sebagai filler. Untuk meningkatkan distribusi partikel filler tersebut dalam matriks PP, juga dikembangkan penggunaan minyak nabati (sawit) sebagai plastisizer. Metode-metode tersebut dapat digunakan sebagai informasi ilmiah mengenai metode pemanfaatan limbah PKS sebagai filler pada industri karet.

D. PROSEDUR PENELITIAN

Penelitian dibagi dalam 3 (tiga) tahapan pelaksanaan dan meliputi eksperimen, pengujian dan pengamatan. Masing-masing tahapan akan dilaksanakan dalam 1 (satu) tahun anggaran. Bahan, peralatan (instrumentasi) dan pelaksanaan penelitian tahun pertama diuraikan sebagai berikut.

Bahan

Semua bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Tabel D.1.

Tabel D.1. Bahan-bahan Penelitian yang Sudah Dipersiapkan

No	Nama Bahan	Fungsi	Produsen	Cara memperoleh
1	Karet alam (SIR 20)	Fasa elastomer	PT. Hervenia Kampar Lestari- Sungai Pinang	Pembelian
2	Polipropilen (Polytam PF1000)	Fasa termoplastik	PT. Pertamina Plaju	Pembelian
3	Sulfur	Cross-link agent	PT. Ganda Mekar	Pembelian
4	Mercaptodibenzo-thiazoledisulfide (MBTS)	Accelerator	Nanjing Chemical Plant, China	Pembelian

5	Zinc oxide (ZnO)	Activator	Global Chemical, Thailand	Pembelian
6	Asam stearat	Co-activator	PT. Sumi Asih Oleochemical Industry, Indonesia	Pembelian
7	Trimethylquinone (Flectol TMQ)	Anti degradant	Flexys, Germany	Pembelian
8	MA-g-PP (Epolene E-43)	Kompatibilizer	Eastman, USA	Pembelian
9	Minarex	Plastisizer	PT. Pertamina	Pembelian
10	Parafin	Plastisizer	PT. Pertamina	Pembelian
11	Minyak Sawit	Plastisizer	PT. Salim Ivomas Pratama	Pembelian
12	Limbah serat buah sawit	Filler	PKS Sei Galuh (PTPN 5)	Pembelian
13	Limbah abu sawit (fly ash)	Filler	PKS Sei Galuh (PTPN 5)	Pembelian

Instrumen Penelitian

Peralatan untuk penelitian tahun ke-2 ini meliputi peralatan untuk penyiapan bahan isian (filler) dari limbah padat industri sawit (sabut buah sawit dan fly ash), penyiapan sampel campuran dan peralatan untuk pengujian sampel. Peralatan untuk penyiapan filler, meliputi:

- peralatan untuk pengecilan ukuran filler, yaitu Blender;
- Furnace untuk menghilangkan komponen volatil dalam abu sawit sehingga kadar silika meningkat; dan
- peralatan untuk menentukan ukuran mesh filler yang digunakan, yaitu Sieve Tray ukuran 60, 100, 140 dan 200 mesh.

Peralatan untuk penyiapan sampel, meliputi:

- peralatan untuk pembuatan kompon karet, yaitu Two-roll Mixing Mill, dengan spesifikasi : *control speed* Toshiba UF-S9 400 volt, 3,7 kw; motor Teco 1440 rpm, 5 hp; diameter roll 10 cm dan panjang roll 35 cm;
- peralatan untuk proses melt mixing (vulkanisasi dinamik), yaitu Internal Mixer jenis Labo Plastomill, volume chamber 60 cc; dan
- peralatan untuk penyiapan spesimen pengujian mekanik, yaitu Hydraulic Hot Press dan Punching Machine, model Gonno Hydraulic Press, load 210 kg/cm².

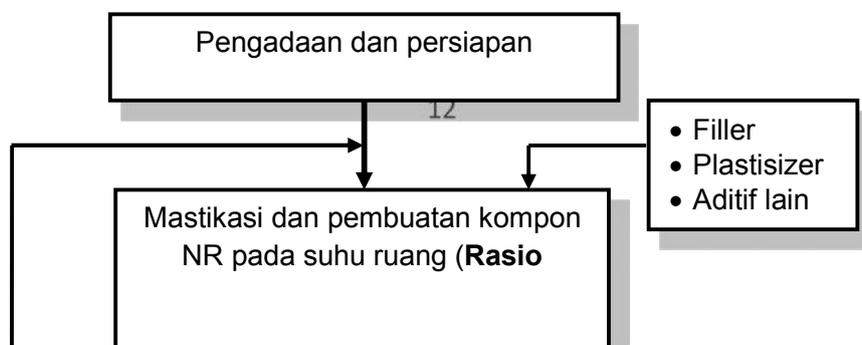
Peralatan untuk pengujian sampel, meliputi:

- peralatan untuk pengujian sifat tensile strength, elongation at break dan tension set, yaitu Instron Universal Tensile Machine (UTM), merk Orientec Co. Ltd, Model UCT-5T dengan loading maksimum 500 kg;
- peralatan untuk pengamatan morfologi, yaitu Scanning Electron Microscope (SEM), model JEOL JSM-T330A; dan
- Peralatan untuk pengujian serapan air.

Keseluruhan peralatan tersebut sudah tersedia di Laboratorium Uji Fisika Polimer LIPI Bandung dan Laboratorium Petrokimia PT. Pertamina (Persero) Pulogadung Jakarta, sebagaimana diperlihatkan fotonya pada Lampiran 2. Peneliti menggunakan peralatan-peralatan tersebut dengan cara menyewa.

Penyiapan Bahan

Penelitian tahun ke-1 difokuskan untuk menentukan komposisi dan ukuran filler dari limbah padat industri sawit (sabut buah sawit dan abu sawit) serta jenis plastisizer (minarex, parafin, minyak sawit) yang paling optimal meningkatkan morfologi dan sifat TPE. Pengujian sampel TPE meliputi morfologi skala mikro, sifat mekanik dan serapan air. Morfologi dipelajari dengan scanning electron microscopy (SEM), dan sifat mekanik dengan universal testing machine (UTM). Bagan alir penelitian tahun ke-1 dapat dilihat pada Gambar D.1.



Gambar D.1. Bagan Alir Penelitian Tahun 2

Penyiapan Bahan Filler

Digunakan jenis filler yang berasal dari limbah padat industri sawit, yaitu abu sawit (fly ash) dan filler hibrid dari campuran abu sawit dan carbon black komersial. Abu sawit dipreparasi sedemikian rupa untuk mengurangi kadar impuritis, sehingga kadar silikanya dapat meningkat. Selanjutnya dilakukan pengecilan ukuran dengan

blender; pengeringan lanjut dalam oven; dan pengayakan untuk mendapatkan ukuran 100, 140 dan 200 mesh.

Penyiapan Sampel Campuran

Sampel campuran NR/PP dibuat dalam dua tahapan proses, yaitu pembuatan kompon karet dan pencampurannya dengan PP dan kompatibilizer MA-g-PP. Kompon karet yang dimaksudkan disini adalah campuran yang terdiri dari karet alam (jenis SIR-20), filler, plastisizer, ZnO, asam stearat, TMQ, MBTS dan sulfur yang dibuat dengan menggunakan Two Roll Mixing Mill. Proses pembuatan kompon dilakukan pada suhu kamar dengan urutan proses pencampuran ditunjukkan pada Tabel D.2.

Tabel D.2. Schedule Pencampuran Material untuk Pembuatan Kompon dengan Menggunakan Two-Roll Mill

Aktivitas	Jumlah (phr)	Menit ke
Mastikasi NR	100	0
Penambahan plastisizer	variasi	5
Penambahan filler	variasi	10
Penambahan ZnO	5	15
Penambahan asam stearat	2	16
Penambahan TMQ	1	17
Penambahan MBTS	0,6	18
Penambahan Sulfur	3	20
Penghentian proses pencampuran	-	30

Pencampuran PP, kompon NR, plastisizer dan kompatibilizer menggunakan Internal Mixer, dengan urutan proses sebagaimana ditunjukkan pada Tabel D.3.

Tabel D.3. Schedule Pencampuran Material dalam Internal Mixer

Aktivitas	Menit ke
Pelelehan PP	0
Penambahan kompon NR	5
Penambahan kompatibilizer	6
Penghentian proses pencampuran	12

Proses pencampuran dilakukan pada suhu 180 °C dan kecepatan rotor 60 rpm. Komposisi NR dalam campuran dibuat konstan sebesar 70% massa, dengan komposisi kompatibilizer 5% massa. Kemudian hasil campuran tersebut dipersiapkan untuk pengujian sifat mekanik (tensile strength dan elongation at break) dan morfologi.

Pengujian Sifat Mekanik

Sifat mekanik yang diuji adalah tensile strength dan elongation at break. Penyiapan sampel untuk pengujian sifat mekanik dilakukan dalam dua tahap, yaitu pembuatan lembaran (slab) dan pemotongan lembaran tersebut menjadi spesimen uji. Pembuatan slab menggunakan peralatan hydraulic pressure. Peralatan tersebut dilengkapi dengan pemanas elektrik dan pendingin air. Ukuran slab adalah 15 x 21 cm dengan ketebalan 1,4 mm. Kondisi operasi pada saat pembuatan slab adalah tekanan 200 bar dan suhu 180 °C. Pemotongan slab menjadi spesimen uji menggunakan peralatan specimen punching machine. Selanjutnya seluruh spesimen disimpan dalam suatu kantong kedap udara pada suhu 25 °C sampai waktu pengujian dilakukan. Pengujian tensile strength dan elongation at break berdasarkan ISO 527-2 tipe 5A, load 100 kgf dan kecepatan tarik 50 mm/menit.

Pengujian SEM

Sampel terlebih dahulu direndam dalam nitrogen cair selama 5 menit untuk menghindari terjadinya perubahan bentuk fasa pada saat dilakukan pematangan. Selanjutnya sampel yang sudah dipatahkan, direndam dalam cyclohexane selama 48 jam untuk melarutkan fasa karet. Sebelum pengujian SEM, sampel tersebut terlebih dahulu dilapisi dengan emas selama 4 menit dengan kuat arus ion 10 mA (ketebalan \pm

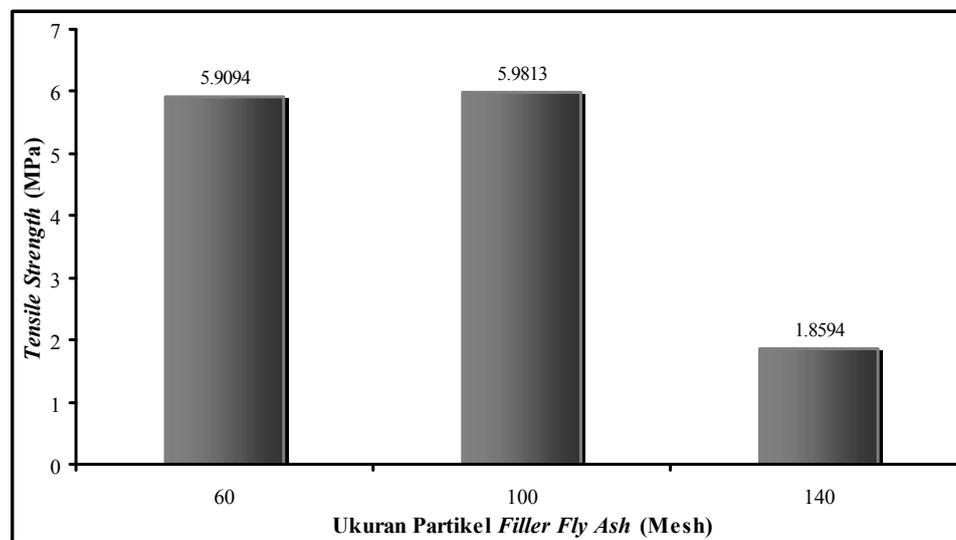
300 A^o), menggunakan JEOL Fine Coat (Ion Sputter). Pelapisan tersebut dilakukan untuk menghindari timbulnya muatan elektrostatik dari sampel pada saat pengujian SEM. Pengamatan morfologi dilakukan dengan SEM model JEOL JSM-T330A. Hasil pengujiannya merupakan micrograph dengan tingkat pembesaran 350 sampai 5000 kali.

E. HASIL PENELITIAN

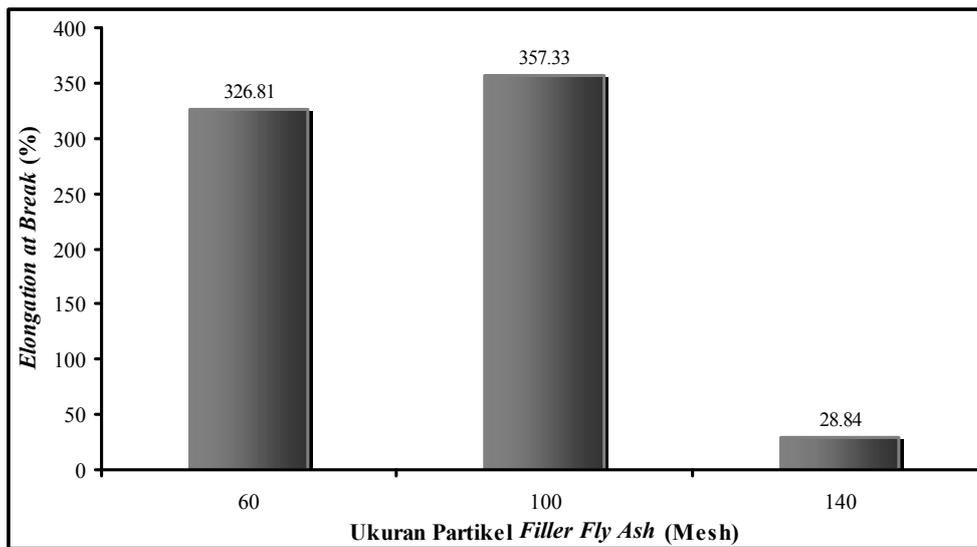
1. Pengaruh Ukuran dan Kadar Filler Abu Sawit

Sifat Mekanik

Sifat mekanik material campuran NR/PP ditentukan dari hasil uji tarik material tersebut. Parameter yang menjadi dasar utama dalam menilai kuat tarik adalah nilai *tensile strength* dan *elongation at break* yang dihasilkan. Hasil analisa uji tarik material campuran NR/PP untuk variasi ukuran partikel *filler fly ash* sawit, dapat dilihat pada Gambar E.1 dan E.2.



Gambar E.1. Pengaruh Ukuran Partikel *Filler Fly Ash* Sawit terhadap *Tensile Strength* dari Material Campuran NR/PP



Gambar E.2. Pengaruh Ukuran Partikel *Filler Fly Ash* Sawit terhadap *Elongation at Break* dari Material Campuran NR/PP

Terlihat bahwa pengaruh penambahan *filler fly ash* sawit pada material TPE dengan variasi ukuran partikel terhadap *tensile strength* dan *elongation at break*. Pada ukuran partikel *filler* 100 mesh, terjadi peningkatan sifat *tensile strength* dari 5,91 MPa (60 mesh) menjadi 5,98 MPa. Peningkatan yang terjadi tidak terlalu signifikan, hanya sekitar 1,22%. Namun pada ukuran partikel *filler* 140 mesh, terjadi penurunan sifat *tensile strength* yang cukup drastis sebesar 68,91% menjadi 1,86 MPa.

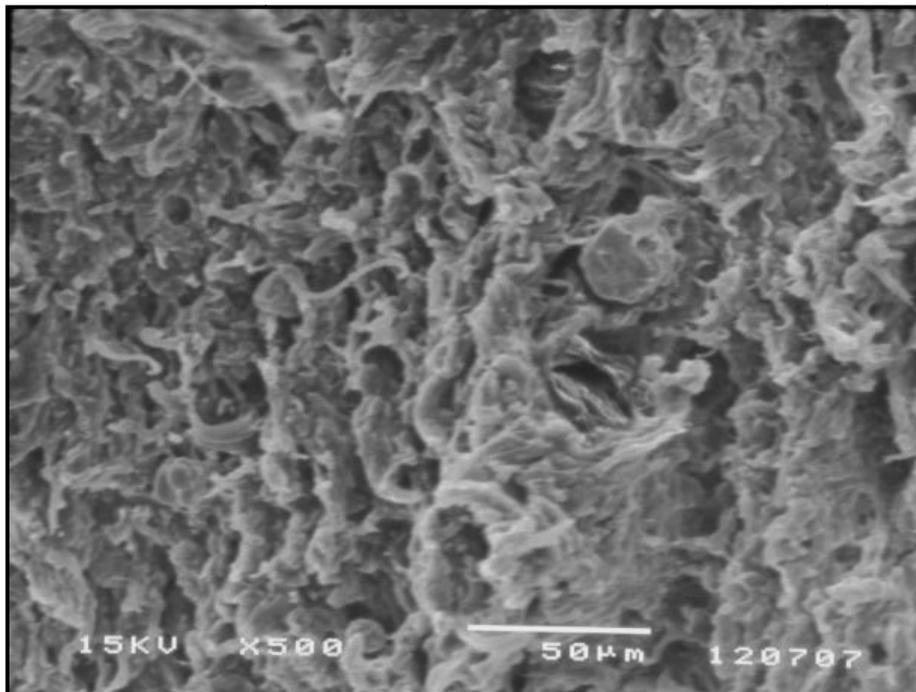
Sejalan dengan sifat *tensile strength*, sifat *elongation at break* juga mengalami peningkatan pada ukuran partikel *filler* 100 mesh. Peningkatan yang terjadipun tidak terlalu signifikan, hanya sebesar 9,34% dari 326,81% (60 mesh) menjadi 357,33%. Penurunan sifat *elongation at break* yang cukup drastis juga terjadi pada ukuran partikel *filler* 140 mesh, di mana nilai yang dihasilkan hanya sekitar 28,84%.

Dari hasil uji tarik material campuran NR/PP untuk variasi ukuran partikel *filler fly ash* sawit, diperoleh nilai *tensile strength* dan *elongation at break* terbaik adalah pada ukuran partikel *filler* 100 mesh. Sedangkan hasil analisa uji tarik material dengan nilai *tensile strength* dan *elongation at break* terendah adalah pada ukuran partikel *filler* 140 mesh. Secara teoritis, ukuran partikel *filler* yang semakin kecil akan meningkatkan kekuatan material polimer [Ciesielski, 1999]. Namun hasil yang

diperoleh justru sebaliknya, di mana ukuran partikel *filler* yang sangat kecil tidak menyebabkan campuran menjadi lebih homogen. Hal ini dapat terjadi karena pada ukuran partikel yang sangat kecil distribusi *filler* ke dalam molekul polimer tidak terjadi secara merata, sehingga dapat menyebabkan terjadinya penumpukan *filler* (aglomerasi) dan fasa campuran menjadi tidak stabil.

Morfologi

Mikrograf SEM dari material campuran NR/PP menggunakan *filler fly ash* sawit dengan ukuran partikel 100 dan 140 mesh ditunjukkan pada Gambar E.3 dan E.4.

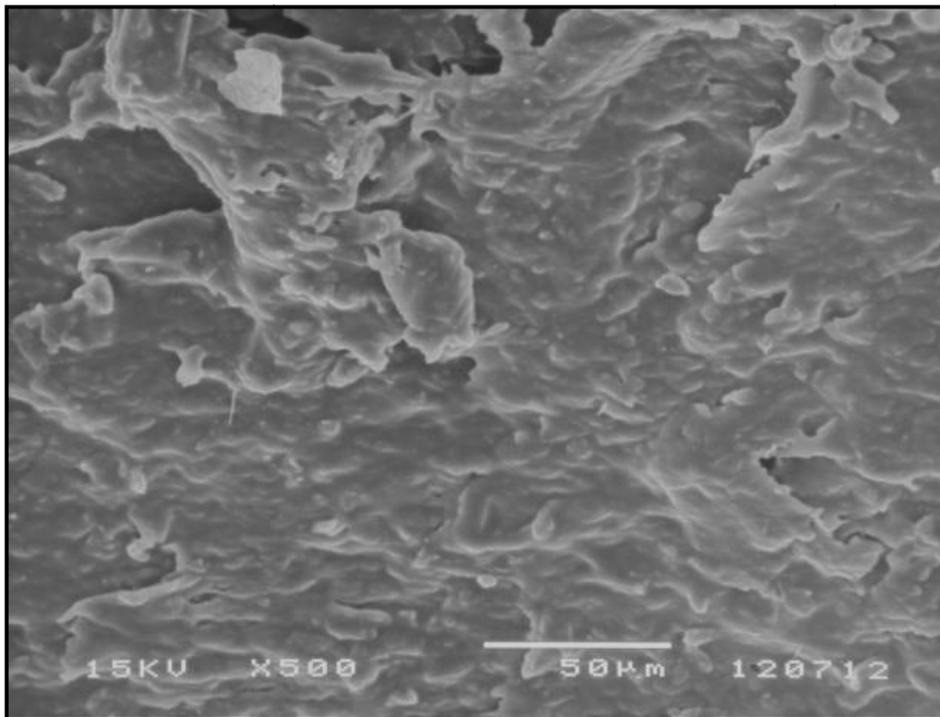


Gambar E.3. Mikrograf SEM Material Campuran NR/PP pada Ukuran Partikel *Filler Fly Ash* Sawit 100 Mesh

Mikrograf tersebut memperlihatkan distribusi *filler* dan partikel fasa NR yang terdispersi dalam matriks PP. Pada Gambar E.3, tampilan permukaan memperlihatkan rongga-rongga yang tersebar secara merata. Hal ini menunjukkan adanya interaksi antara matriks PP dengan fasa karet dan *filler fly ash* sawit yang terdispersi di dalamnya. Ruang

kosong/rongga yang berwarna hitam pada gambar tersebut adalah partikel karet yang terdistribusi ke dalam matriks PP, sedangkan warna abu-abu menunjukkan matriks PP. Partikel karet ini telah terlarut sebelumnya karena perendaman sampel dalam larutan sikloheksana, sehingga meninggalkan bekas berupa rongga yang merupakan tempat kedudukan fasa terdispersi. Hal ini menunjukkan adanya campuran yang lebih kompatibel sehingga meningkatkan sifat mekanis material.

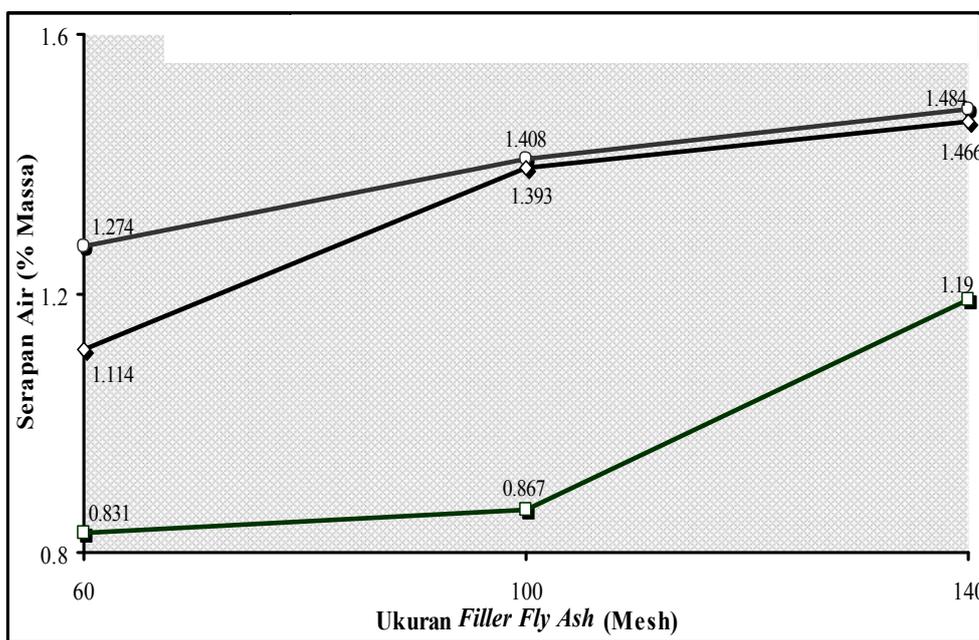
Pada Gambar E.4, tampilan permukaan memperlihatkan adanya lekukan dan tonjolan yang tidak merata. Interaksi antara matriks PP dengan fasa karet dan *filler fly ash* sawit yang terdispersi di dalamnya sangat kecil, terlihat dari sedikitnya jumlah rongga-rongga tempat kedudukan fasa terdispersi tersebut. Hal ini mengindikasikan aglomerasi *filler* pada permukaan. Akibatnya, campuran menjadi tidak homogen dan terjadi penurunan sifat-sifat mekanis material.



Gambar E.4. Mikrograf SEM Material Campuran NR/PP pada Ukuran Partikel *Filler Fly Ash* Sawit 140 Mesh

Sifat Serapan Air

Hasil analisa uji serapan air material campuran NR/PP untuk 9 sampel uji dapat dilihat pada Gambar 5.5. Gambar tersebut memperlihatkan kemampuan material campuran NR/PP dengan penambahan *filler fly ash* sawit dalam menyerap air. Terlihat bahwa untuk setiap peningkatan ukuran partikel *filler*, jumlah air yang dapat diserap juga mengalami kenaikan. Untuk peningkatan ukuran partikel *filler fly ash* sawit dari 60 mesh hingga 140 mesh, daya serap air mengalami kenaikan rata-rata masing-masing sebesar 0,105% massa, 0,176% massa, dan 0,180% massa.



Gambar E.5. Pengaruh Ukuran Partikel *Fly Ash* Sawit terhadap Sifat Serapan Air Material Campuran NR/PP

Peningkatan kuantitas serapan air material campuran NR/PP sangat dipengaruhi oleh komposisi *filler* yang ditambahkan (Chuayjuljit, 2007). Namun dari hasil uji serapan air yang telah dilakukan, terlihat bahwa ukuran partikel *filler* juga berpengaruh terhadap daya serap air material campuran NR/PP. Semakin kecil ukuran partikel *filler*, daya serap air akan semakin meningkat, karena luas permukaan *filler* akan semakin besar. Sehingga semakin banyak partikel yang dapat kontak dengan

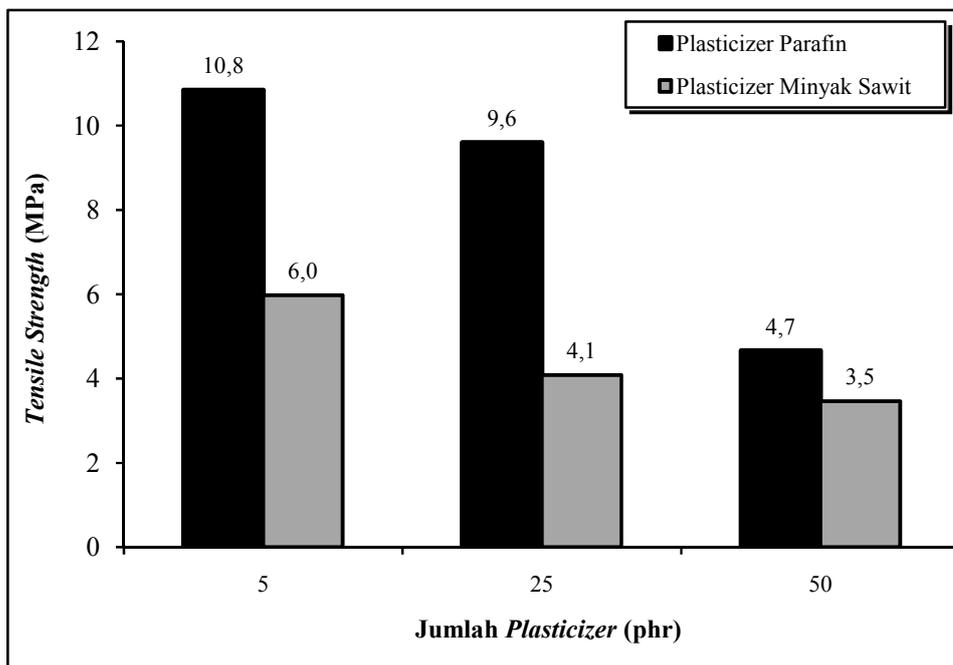
molekul air. Hal ini merupakan konsekuensi dan kontribusi dari *fly ash* sawit yang bersifat hidroskopis atau memiliki kemampuan dalam menyerap air.

Ditinjau dari sifat serapan air, dapat disimpulkan bahwa material campuran NR/PP dengan penambahn *filler fly ash* sawit cukup baik. Hal ini dapat dilihat dari jumlah air yang dapat diserap oleh material campuran NR/PP yang tidak terlalu besar, hanya berkisar 0,8-1,4% massa. Syarat material campuran NR/PP yang baik ditinjau dari kemampuannya menyerap air adalah jumlah air yang diperbolehkan untuk diserap oleh material tersebut tidak lebih dari 1,5% massa (Ismail dkk, 2001).

2. Pengaruh Plastisizer

Sifat Mekanik

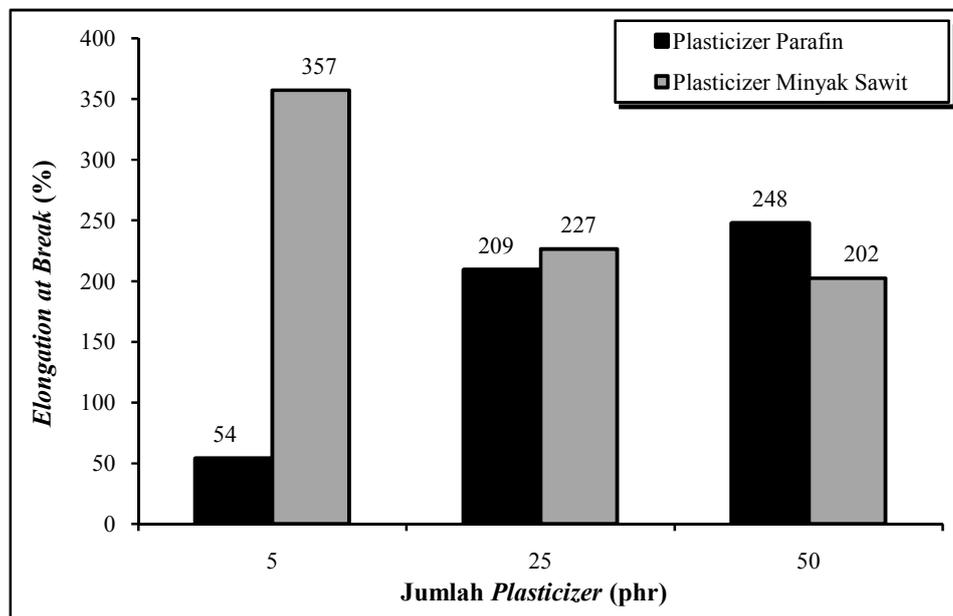
Perbandingan nilai *tensile strength*, dan *elongation at break* pada komposit NR/PP/Abu Sawit dengan penambahan *plasticizer* jenis parafin dan minyak sawit dapat dilihat pada Gambar E.6 dan E.7.



Gambar E.6. Perbandingan *Tensile Strength* pada Komposit PP/NR/Abu Sawit untuk Jenis *Plasticizer* Parafin dan Minyak Sawit

Penggunaan *plasticizer* dapat membantu proses penyebaran *filler* di dalam komposit PP/NR, karena *plasticizer* yang ditambahkan dapat memutuskan ikatan rantai polimer pada karet dan molekul *plasticizer* dapat menembus ke dalam matriks polimer (Alexander, 2007).

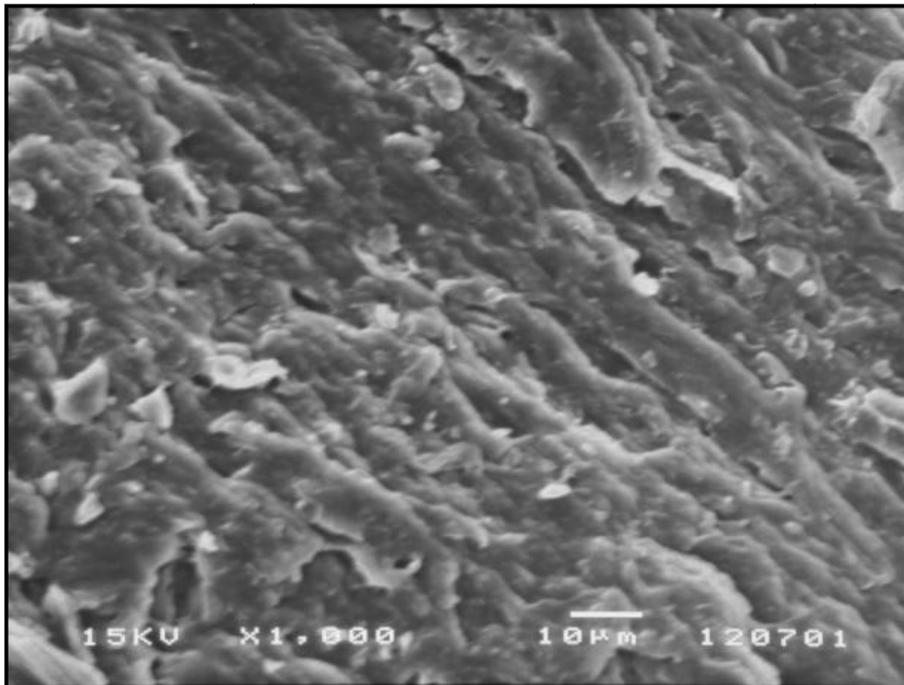
Komposit yang menggunakan *plasticizer* minyak sawit memperlihatkan nilai *tensile strength* yang lebih rendah dari parafin yaitu hanya mencapai 6 MPa pada jumlah *plasticizer* 5 phr, namun memberikan nilai *elongation at break* yang lebih tinggi dibandingkan parafin yaitu 357,33%. Hal ini disebabkan karena minyak sawit memiliki viskositas yang lebih tinggi daripada parafin, sehingga dapat meningkatkan viskositas komposit. Akibatnya intensitas *friction* yang terjadi antara komposit dengan *filler* semakin besar dan kontak yang terjadi akan semakin besar pula. Hal ini menghasilkan pencampuran yang lebih homogen dan fasa campuran lebih stabil. Namun di sisi lain titik didih minyak sawit yang lebih rendah dari pada parafin, menyebabkan *plasticizer* ini lebih mudah terdegradasi pada temperatur yang tinggi, sehingga mempengaruhi kinerja dan menurunkan sifat mekanik komposit.



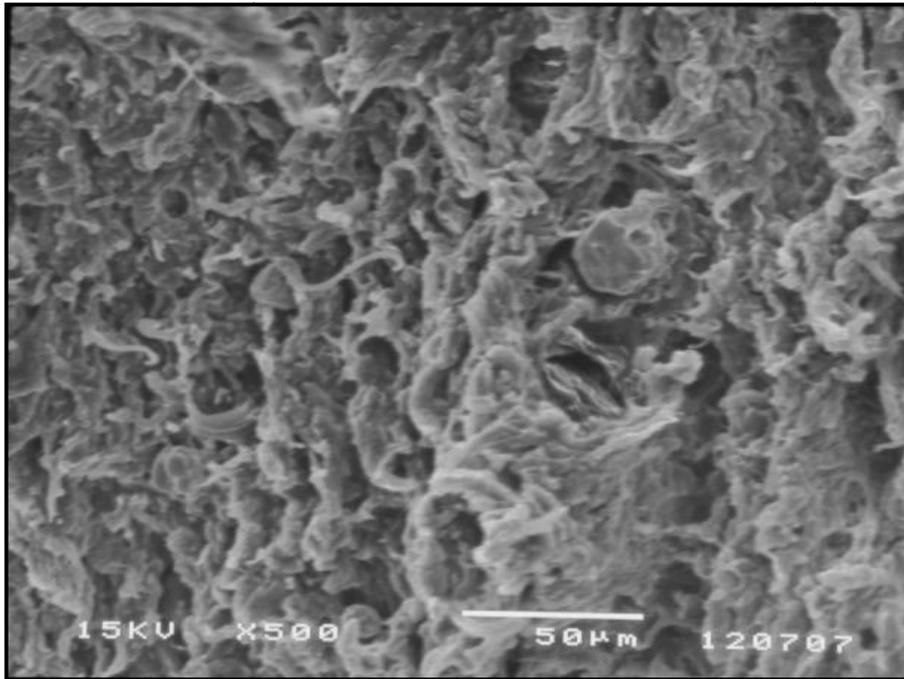
Gambar E.7. Perbandingan *Elongation at Break* pada Material PP-NR-Abu Sawit untuk Jenis *Plasticizer* Parafin dan Minyak Sawit

Morfologi

Distribusi *filler* abu sawit pada komposit yang menggunakan *plasticizer parafin* terlihat lebih homogen dalam fasa NR/PP, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar E.8 dan E.9. Pada komposit PP/NR ini, komponen NR dan *filler* abu sawit 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 komposit dengan *plasticizer parafin* menghasilkan distribusi partikel abu sawit dalam matrik yang lebih baik dibandingkan *plasticizer minyak sawit*. Hal ini dibuktikan dengan *tensile strength* komposit yang lebih baik (Gambar E.6) dan hasil pengamatan SEM (Gambar E.8 dan E.9).



Gambar E.8. Mikrograf SEM Komposit PP/NR/Abu Sawit untuk Jenis *Plasticizer Parafin* (25 phr)



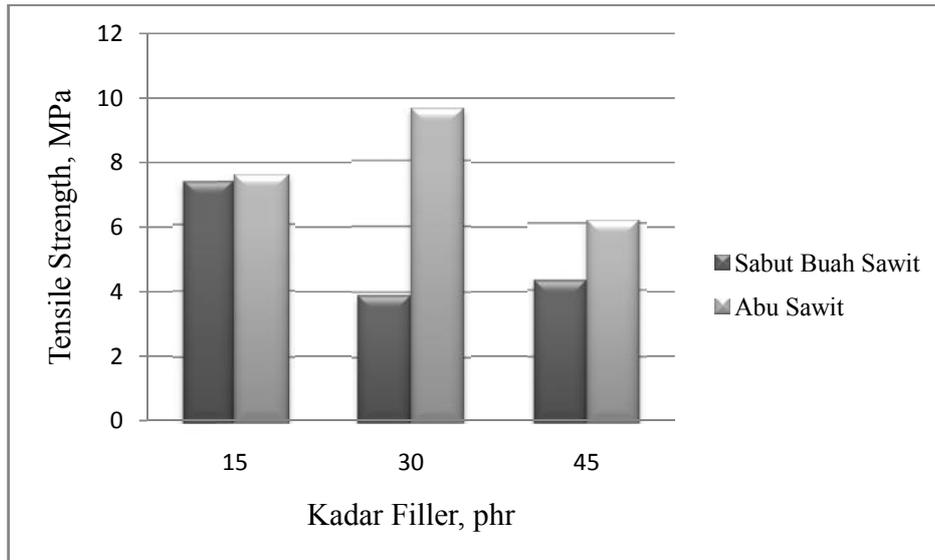
Gambar E.9. Mikrograf SEM Komposit PP/NR/Abu Sawit untuk Jenis *Plasticizer* Minyak Sawit (5 phr)

Adanya penambahan *plasticizer* dalam komposit NR/PP/Abu Sawit menyebabkan sifat *tensile strength* semakin menurun. Hal ini terjadi karena *plasticizer* dapat meregangkan jarak antara molekul karet sehingga gaya tarik menarik menjadi menurun, konsekuensinya tenaga yang dibutuhkan untuk menarik material tidak terlalu besar, sehingga nilai *tensile strength* yang dihasilkan juga semakin rendah. Di samping itu *plasticizer* dalam jumlah yang banyak juga menyebabkan *free volume* yang terbentuk hanya diisi oleh *plasticizer* saja. Akibatnya *filler* yang seharusnya terdistribusi ke dalam *free volume* tersebut tidak saling mengikat dan menjadi menumpuk di permukaan (aglomerasi). Hal ini mengakibatkan *interfacial force* melemah, sehingga jarak antara partikel karet akan semakin jauh. Akibat energi antara molekul yang semakin melemah, ikatan yang terjadi antar partikel karet akan terlepas, menyebabkan struktur komposit menjadi tidak rata.

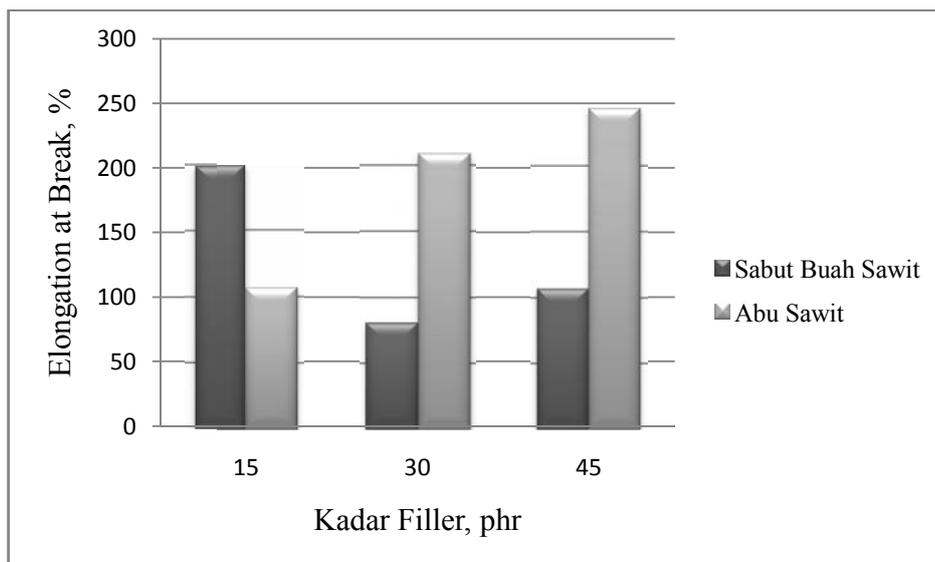
3. Perbandingan Sifat dan Morfologi TPE dengan Filler Berbeda

Perbandingan sifat tensile strength dan elongation at break campuran NR/PP dengan filler sabut buah sawit dan abu sawit, masing-masing dapat dilihat pada Gambar E.18 dan E.19. Dibandingkan dengan sistem campuran NR/PP dengan filler sabut buah sawit, sifat tensile strength TPV dengan filler abu sawit lebih baik pada seluruh kadar filler yang ditambahkan. Perbedaan sifat tersebut yang paling mencolok terjadi pada komposisi filler 30 phr, yaitu sebesar 146% (yaitu 3,9 MPa untuk filler sabut buah sawit dan 9,6 MPa untuk filler abu sawit). Namun pada kadar filler yang lebih besar (45 phr), sifat tensile strength mengalami penurunan (yaitu menjadi 6,1 MPa untuk filler abu sawit). Sifat elongation at break juga bervariasi terhadap kadar filler (Gambar E.19).

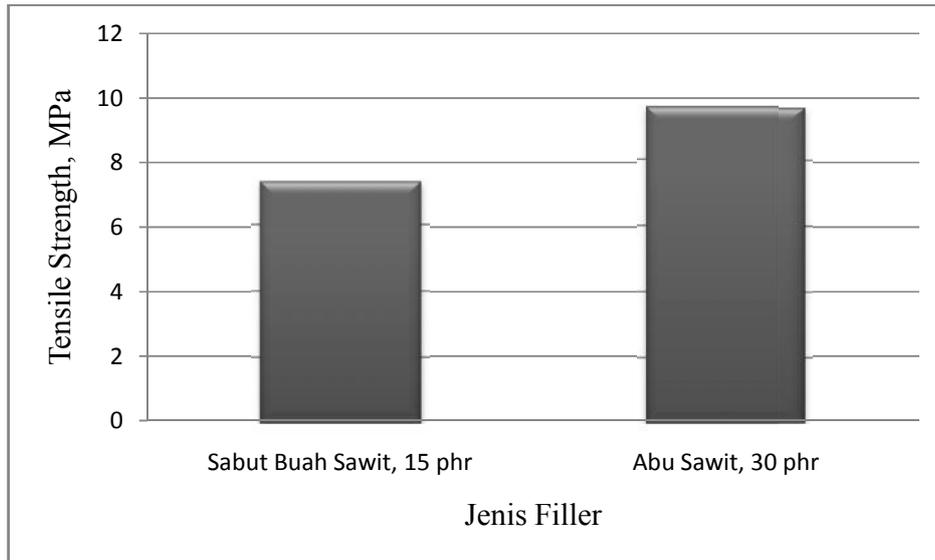
Campuran NR/PP dengan filler sabut buah sawit mempunyai sifat elongation at break yang lebih baik (199%) pada kadar rendah (15 phr), dan mengalami penurunan pada kadarnya yang lebih tinggi. Sebaliknya pada penggunaan filler abu sawit, sifat tersebut mengalami peningkatan seiring dengan peningkatan kadarnya 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 (Gambar E.20 dan E.21).



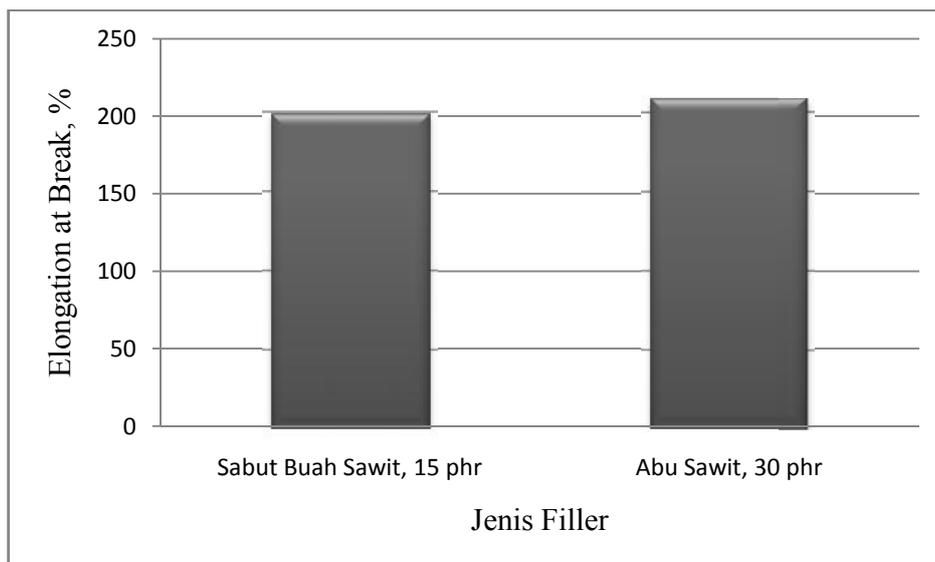
Gambar E.18. Pengaruh kadar filler terhadap sifat tensile strength untuk jenis filler berbeda



Gambar E.19. Pengaruh komposisi filler terhadap sifat elongation at break untuk jenis filler berbeda



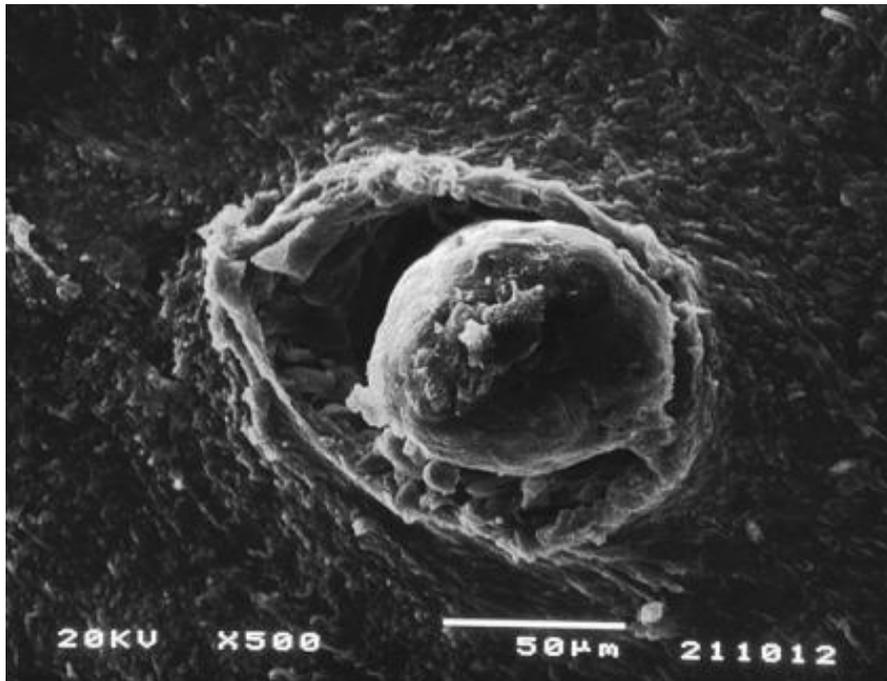
Gambar E.20. Perbandingan sifat tensile strength terbaik untuk penggunaan jenis filler berbeda



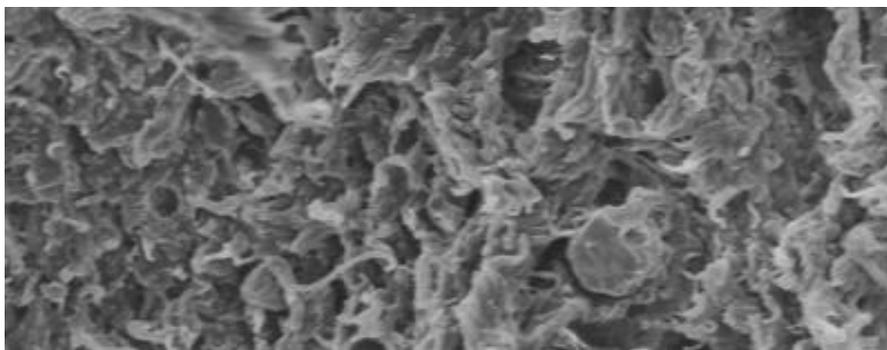
Gambar E.21. Perbandingan sifat elongation at break terbaik untuk penggunaan jenis filler berbeda

Uraian di atas menunjukkan bahwa secara umum kompatibilisasi filler abu sawit dengan campuran NR/PP relatif lebih baik dibandingkan dengan sabut buah sawit. Hal ini terjadi terutama pada kadar filler yang tinggi, sejalan dengan kondisi yang diinginkan dalam memilih suatu jenis filler pada pembuatan produk berbasis karet.

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 SiO₂ mencapai 41.45%). Perbedaan-perbedaan tersebut menghasilkan morfologi yang berbeda, dimana morfologi yang lebih baik adalah campuran NR/PP dengan filler abu sawit, sebagaimana dapat dilihat pada Gambar E.22 dan Gambar E.23. Hal ini menyebabkan sifat tensile campuran NR/PP dengan filler abu sawit juga menjadi lebih baik (Gambar E.20 dan E.21).



Gambar E.22. Mikrograf SEM campuran NR/PP dengan filler sabut buah sawit



Gambar E.23. Mikrograf SEM campuran NR/PP dengan filler abu sawit

Pada campuran NR/PP ini, komponen NR dan filler 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 campuran yang semakin meningkat (Coran dan Patel, 1981). Pada penelitian ini diperoleh bahwa penggunaan filler abu sawit dapat menghasilkan distribusi partikel dalam matrik yang lebih baik.

Pada penelitian ini, proses pencampuran NR/PP juga dilakukan secara vulkanisasi dinamik, sebagaimana metode yang sudah dikembangkan sebelumnya. Vulkanisasi dinamik fasa NR selama proses pencampuran meningkatkan viskositas campuran (Kuriakose dkk, 1985). Akibatnya aksi gesekan yang terjadi semakin meningkat selama proses pencampuran, sehingga ukuran partikel menjadi lebih kecil dan dispersi fasa NR dalam matrik PP lebih merata. Oleh karena itu, vulkanisasi dinamik dapat meningkatkan sifat tensile strength dan elongation at break. Vulkanisasi dinamik fasa NR dalam matrik PP mengubah sifat stress-strain menjadi seperti karet vulkanisasi, dimana ukuran partikel NR kecil dan dispersinya dalam PP merata. Ukuran dispersi yang kecil dan sifat cross-linked mejadikan partikel-partikel terdistribusi lebih memudahkan inisiasi dan pergerakan aliran matrik. Pada campuran

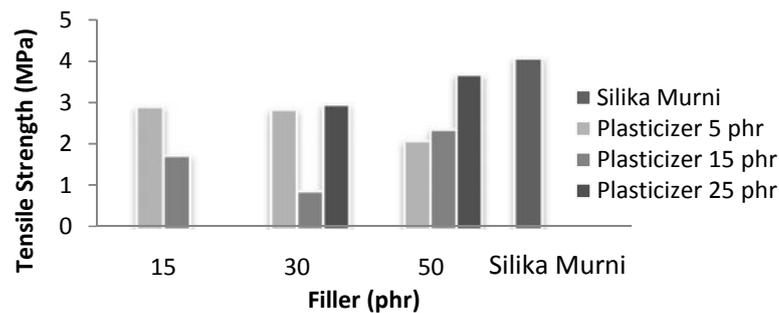
vulkanisasi dinamik dengan kadar NR lebih tinggi, perubahan bentuk fasa NR relatif kecil. Jika terjadi keretakan atau patah (fracture), hal ini disebabkan oleh aksi gesekan antara fasa NR dan PP.

Penggunaan kompatibilizer MA-g-PP juga menyebabkan terjadinya peningkatan interaksi kimia komponen-komponen. Interaksi tersebut menurunkan tegangan muka dan menghasilkan adhesi yang lebih baik, sehingga dapat membantu meningkatkan dispersi dan mempertahankan reflokulasi partikel NR yang terdispersi. Oleh karena itu, penggunaan kompatibiliser tersebut dapat menghasilkan peningkatan sifat tensile strength dan elongation at break dari campuran (Bahruddin dkk, 2007).

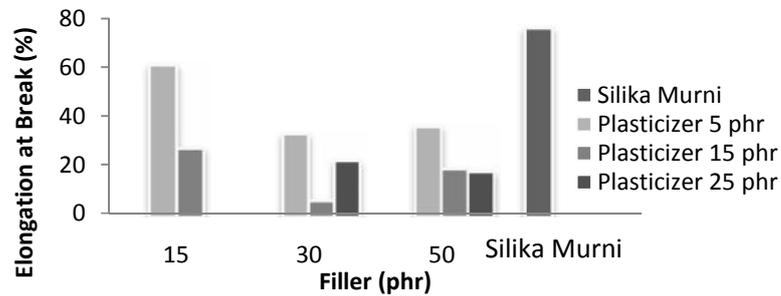
4. Pengaruh Peningkatan Kadar Silika dalam Filler Abu Sawit

Sifat mekanik untuk TPV yang menggunakan variasi rasio *plasticizer* minarex (5, 15 dan 25 phr) dan variasi rasio abu sawit yang telah difurnace (15, 30 dan 50 phr) ditunjukkan pada Gambar E.24, E.25 dan E.26. Abu sawit yang telah difurnace pada suhu 400 °C telah meningkat kadar silikanya. Sebelumnya kadar silika dalam abu sawit adalah 50,62%, dan setelah difurnace kadar silika meningkat menjadi 64,71%. Kadar *plasticizer* dan filler yang digunakan mempengaruhi tensile *strength*, *elongation at break* dan *modulus elastic* dari TPV. Tensile *strength* mengalami penurunan seiring dengan semakin banyaknya penambahan *plasticizer*. Ini disebabkan karena *plasticizer* dalam jumlah banyak dapat menurunkan viskositas yang tidak dapat dikendalikan campuran, sehingga dapat mengurangi stiffness (pengerasan) pada saat vulkanisasi [Ciesielski, 1999]. Ini terlihat dari variasi *plasticizer* 15 phr dan filler 15 phr yang menurun setelah penambahan penambahan *plasticizer* dari 5 phr menjadi 15 phr. Tensile *strength* menurun dari 2,83 Mpa menjadi 1,70 Mpa. Penambahan *plasticizer* harus diikuti dengan penambahan *filler* yang seimbang sehingga menghasilkan sifat mekanik yang tinggi. Seperti yang terlihat pada sifat tensile *strength* dan *modulus elastic* terbaik yang ada pada variasi *plasticizer* 25 phr dan filler 50 phr yang menghasilkan nilai sebesar 3,57 MPa dan 49,4 MPa. Penggunaan *plasticizer* dapat membantu proses penyebaran *filler* di dalam

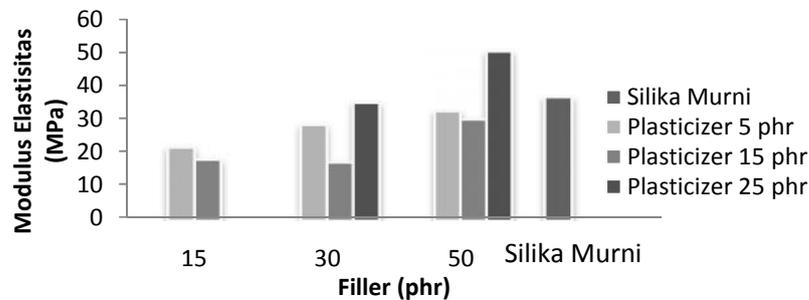
campuran PP/NR, karena *plasticizer* yang ditambahkan dapat memutuskan ikatan rantai polimer pada karet dan molekul *plasticizer* dapat menembus ke dalam matriks polimer [Alexander, 2007]. Penggunaan filler abu sawit yang mengandung komposisi silika yang sangat tinggi dapat meningkatkan *tensile strength*, *hardness*, *tear strength* dan *abrasion resistance* [Fumito,2001]. Sifat *elongation at break* terbaik terdapat pada *plasticizer* 5 phr dan *filler* 15 phr. Ini disebabkan kadar *plasticizer* yang tidak terlalu banyak dan *minarex* merupakan jenis *plasticizer mineral oil aromatic* yang dapat meingkatkan *flexibility*, *workability* dan *elongation*. [Wypych, 2004]. Namun pada variasi *plasticizer* 15 phr dan filler 30 phr terjadi penurunan sifat *tensile strength*, *elongation at break* dan *modulus elastic* yang sangat drastis. Ini disebabkan terjadinya aglomerasi filler yang menyebabkan kurang meratanya penyebaran filler. Silika dalam abu sawit memiliki interaksi yang lemah dengan polimer dan memiliki kecenderungan yang kuat untuk menggumpal (aglomerasi) serta membentuk jaringan-jaringan *filler* pada kompon karet [Wang, 2001]. Hal ini disebabkan oleh permukaan silika yang polar, yang memiliki gugus hidroksil dan akan berusaha membentuk ikatan hidrogen dengan molekul silika atau dengan material kimia lain yang bersifat polar [Saowapark, 2005]. Akibat terjadinya penggumpalan, proses distribusi filler tidak optimal dan menyebabkan fasa campuran menjadi tidak stabil dan rapuh.



Gambar E.24: Pengaruh Kadar *Plasticizer Minarex* dan Kadar *Filler* Abu Sawit terhadap *Tensile Strength* pada TPV



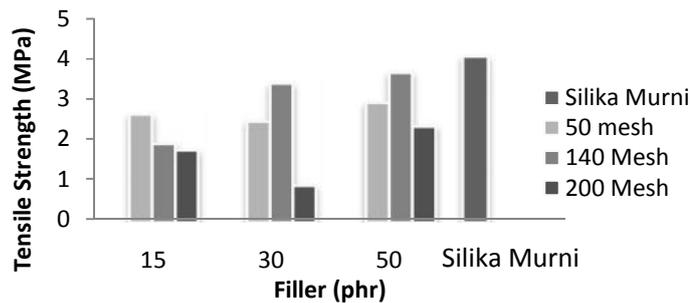
Gambar E.25: Pengaruh Kadar *Plasticizer Minarex* dan Kadar *Filler* Abu Sawit terhadap *Elongation at Break* pada TPV



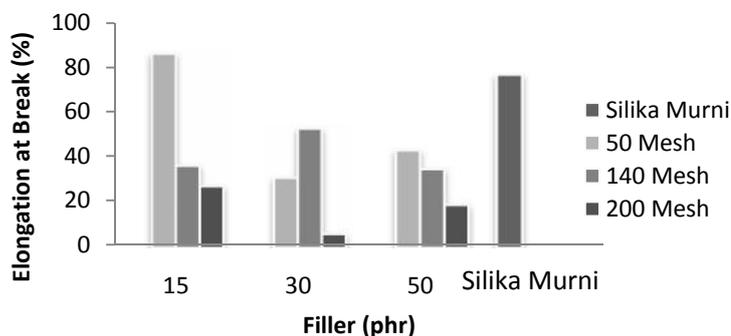
Gambar E.26: Pengaruh Kadar *Plasticizer Minarex* dan Kadar *Filler* Abu Sawit terhadap *Modulus Elastic* pada TPV

Sifat mekanik untuk TPV yang menggunakan variasi ukuran *filler* abu sawit (50, 140 dan 200 mesh) dan variasi kadar *filler* abu sawit yang telah difurnace (15, 30 dan 50 phr) ditunjukkan pada Gambar E.27, E.28 dan E.29. *Tensile strength* tertinggi terdapat pada sampel TPV dengan ukuran partikel abu sawit 140 mesh dan kadar abu sawit 50 phr, yaitu 3,59 MPa. *Tensile strength* akan mengalami peningkatan seiring dengan semakin kecilnya ukuran *filler* sehingga luas permukaan menjadi besar yang memudahkan *filler* untuk berinteraksi dengan karet [Peng, 2007]. *Elongation at break* terbaik terdapat pada ukuran partikel 50 mesh dan kadar *filler* 15 phr. Ini disebabkan tidak terlalu banyaknya jumlah *filler* yang ditambahkan sehingga nilai *elongation at break* tidak menurun. Karena penggunaan *filler* yang semakin banyak akan memperkuat tensilanya [Fumito,2001]. Tetapi TPV pada *filler* ukuran 200 mesh dan kadar *filler* 30 phr terjadi penurunan *tensile strength* dan *elongation at break* yang

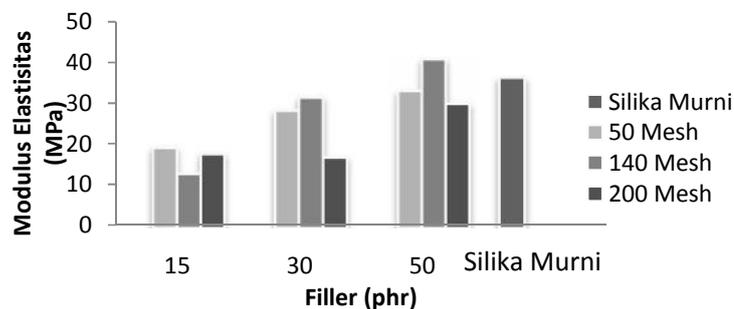
signifikan, yaitu pada nilai 0,87 MPa dan 6%. Hal ini dikarenakan terjadinya aglomerasi pada saat pencampuran filler sehingga filler tidak terdistribusi merata. *Filler* abu sawit yang telah difurnace mengandung kadar silika tinggi memiliki interaksi yang lemah dengan polimer dan memiliki kecenderungan yang kuat untuk menggumpal (aglomerasi) serta membentuk jaringan-jaringan *filler* pada kompon karet [Wang, 2001]. Sampel TPV yang menghasilkan *modulus elastic* tertinggi terjadi pada ukuran *filler* 140 mesh dan kadar 50 phr. Nilai modulus elastic yang tinggi ini dikarenakan filler mengandung silica dalam jumlah besar. Sifat dari silika meningkatkan tensile strength, hardness, tear strength dan abrasi resistance [Fumito, 2001]. Namun terkadang terjadi penurunan modulus elastic walaupun kadar silika lebih tinggi, ini disebabkan proses pencampuran plasticizer dan filler lebih homogen.



Gambar E.27: Pengaruh Ukuran *Filler* dan Kadar *Filler* Abu Sawit terhadap *Tensile Strength* pada TPV



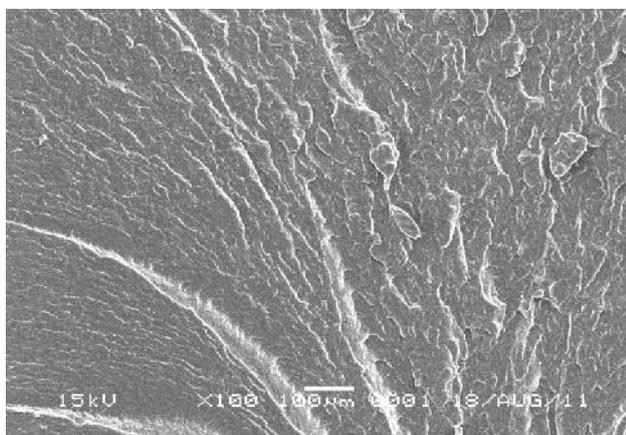
Gambar E.28: Pengaruh Ukuran *Filler* dan Kadar *Filler* Abu Sawit terhadap *Elongation at Break* pada TPV



Gambar E.29: Pengaruh Ukuran *Filler* dan Kadar *Filler* Abu Sawit terhadap *Modulus Elastic* pada TPV

Morfologi

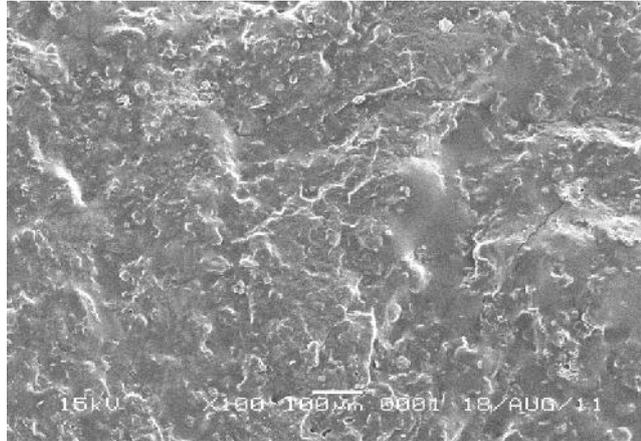
Mikrograf SEM TPV yang menunjukkan penyebaran *filler* yang merata dapat dilihat pada penggunaan *filler* silika murni. Hal ini dapat dilihat pada Gambar E.30. Ukuran partikel silika yang sangat kecil menyebabkan *filler* terdistribusi secara merata pada fasa karet sehingga tidak terjadi aglomerasi. Sehingga menghasilkan sifat yang baik juga, yaitu *tensile strength* dan *elongation at break* sebesar 3,98 MPa dan 75%.



Gambar E.30: Mikrograf SEM TPV pada Penggunaan *Filler* Silika

Pada TPV dengan kadar *plasticizer* 15 phr, ukuran dan komposisi *filler* 200 mesh dan 30 phr, penyebaran *filler* kurang merata, karena penambahan *plasticizer* sehingga terjadi aglomerasi *filler* seperti yang terlihat pada Gambar E.31. Hal ini berpengaruh terhadap nilai *tensile strength* dan *elongation at break* TPV tersebut,

dimana nilai yang dihasilkan sangat rendah yaitu 0,87 MPa dan 6%. Morfologinya terlihat dari mikrograf SEM dimana terdapat lekukan dan patahan yang disebabkan oleh aglomerasi filler.

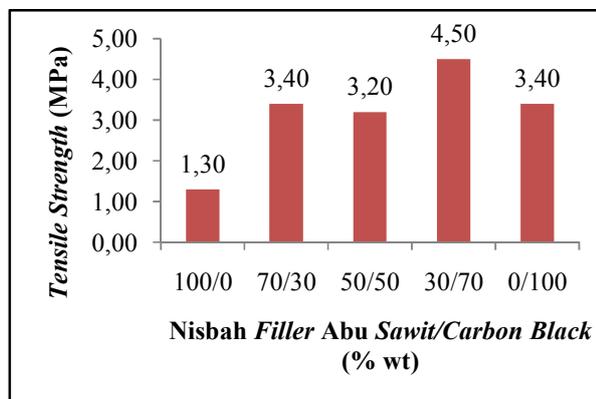


Gambar E.31: Mikrograf SEM TPV pada Kadar Platicizer 15 phr, Ukuran dan Komposisi filler 200 mesh dan 30 phr

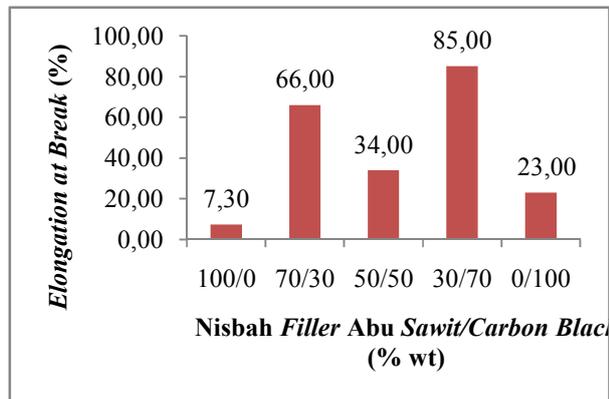
5. Pengaruh Penggunaan Filler Hibrid Carbon Black-Abu Sawit

Sifat Mekanik

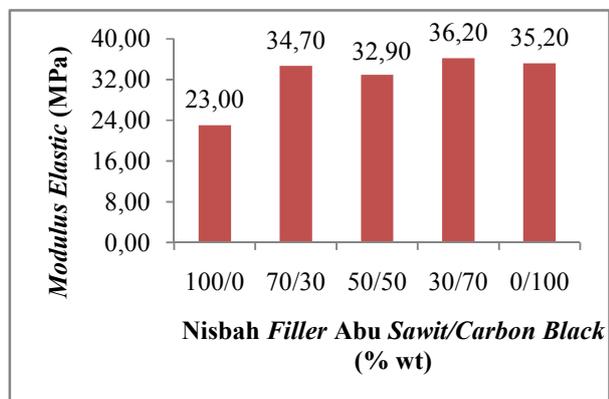
Parameter yang menjadi dasar utama dalam menilai sifat mekanik suatu material adalah nilai *tensile strength*, *elongation at break* dan *modulus elastic*. Hasil analisa uji tarik material campuran PP/NR untuk variasi nisbah *filler* hibrid dapat dilihat pada Gambar E.32, E.33 dan E.34.



Gambar E.32: Pengaruh Nisbah *Filler* Hibrid Abu Sawit/
Carbon Black terhadap *Tensile Strength*
dari Material TPV (Massa *filler* 50 phr)



Gambar E.33: Pengaruh Nisbah *Filler* Hibrid Abu Sawit/
Carbon Black terhadap *Elongation at Break*
dari Material TPV (Massa *filler* 50 phr)



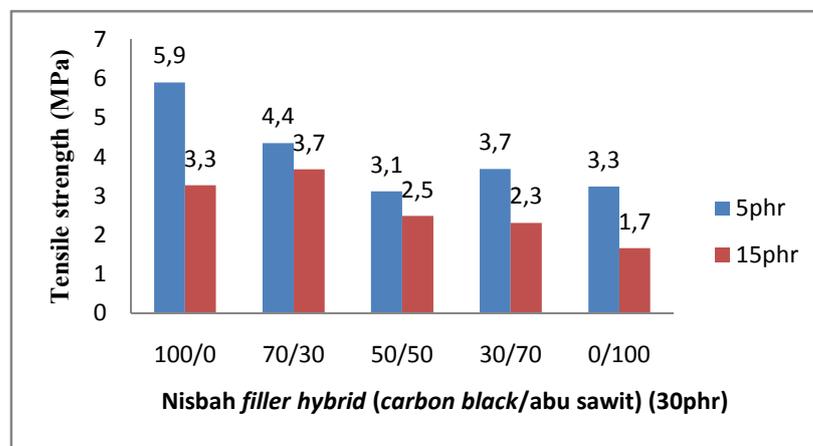
Gambar E.34: Pengaruh Nisbah *Filler* Hibrid Abu Sawit/
Carbon Black terhadap *Modulus Elastic*
dari Material TPV (Massa *filler* 50 phr)

Berdasarkan hasil *tensile strength* pada Gambar E.32, komposisi abu sawit di dalam *filler* hibrid dapat mempengaruhi nilai dari *tensile strength*. Dari hasil

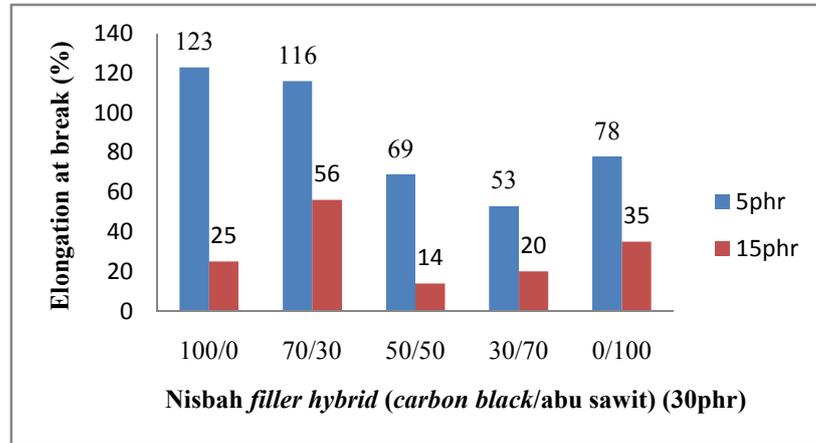
pengujian, kadar silika yang ada di dalam abu sawit adalah sebesar 57%. Silika memiliki interaksi yang lemah dengan polimer dan memiliki kecenderungan yang kuat untuk menggumpal (aglomerasi) serta membentuk jaringan-jaringan *filler* pada kompon karet (Wang, 2001). Hal ini disebabkan oleh permukaan silika yang polar, yang memiliki gugus hidroksil dan akan berusaha membentuk ikatan hidrogen dengan molekul silika atau dengan material kimia lain yang bersifat polar (Saowapark, 2005). Akibat terjadinya penggumpalan, proses distribusi filler tidak optimal dan menyebabkan fasa campuran menjadi tidak stabil dan rapuh.

Sedangkan *carbon black* yang juga digunakan sebagai *filler*, memiliki karakteristik yang berbeda dengan abu sawit. *Carbon black* memiliki luas permukaan yang tinggi, hal ini disebabkan partikel *carbon black* memiliki ukuran nano. Sehingga akan memberikan gaya antar fasa (*interfacial force*) yang besar antara *filler* dengan polimer sehingga menjaga kestabilan elastisitas campuran dan akibat dari tingginya aktivitas permukaan juga akan berdampak buruk karena memberikan panas yang tinggi (Wang, 2001).

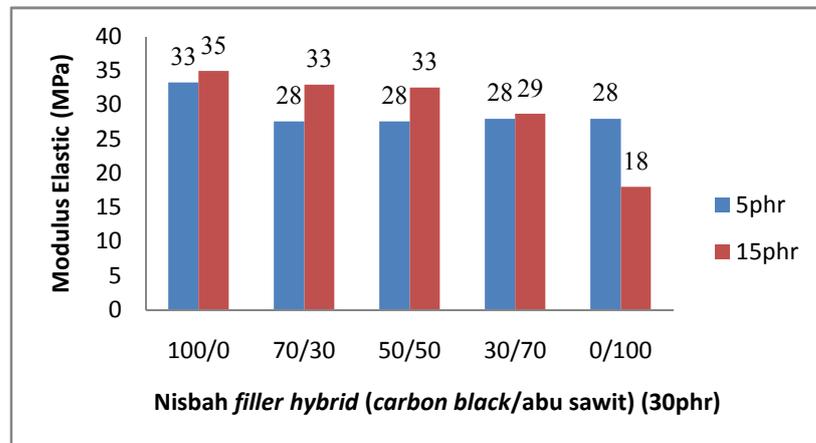
Ketika proses vulkanisasi terjadi ikatan *crosslink* dengan rantai sulfur yang masih panjang menjadi cepat putus, kemudian akibat dari dampak panas yang tinggi yang diberikan *carbon black*, akan cepat terbentuk ikatan *cyclic sulfide* yaitu ikatan sulfur dengan atom C terdekat pada molekul-molekul karet alam. Hal dapat menyebabkan penggumpalan pada fasa karet alam, sehingga interaksi *filler* dengan karet alam menjadi lemah.



Gambar E.35: Pengaruh Penambahan *Plasticizer Minarex* untuk setiap nisbah *filler hybrid* terhadap *Tensile Strength*



Gambar E.36: Pengaruh Penambahan *Plasticizer Minarex* untuk setiap nisbah *filler hybrid* terhadap *Elongation at Break*



Gambar E.37: Pengaruh Penambahan *Plasticizer Minarex* untuk setiap nisbah *filler hybrid* terhadap *Elastic Modulus*

Dari Gambar E.35, E.36 dan E.37 dapat dilihat pengaruh penambahan *plasticizer* untuk setiap nisbah *filler hybrid* dalam 30 phr pada campuran PP/NR terhadap *tensile strength*, *elongation at break* dan *elastic modulus*. Sifat *tensile*

strength mengalami penurunan ketika penambahan *plasticizer minarex* 5 phr menjadi 15 phr yaitu sebesar 33,925% untuk rata-rata setiap penambahan *filler hybrid*. Penurunan ini terjadi karena kadar *plasticizer* yang bertambah menyebabkan *free volume* pada karet yang seharusnya terisi oleh *filler* akan terisi oleh *plasticizer* itu sendiri, sehingga sifat mekanik dari TPV yang diharapkan dapat meningkat dari penambahan *filler* khususnya nilai *tensile strength* tidak tercapai. *Plasticizer minarex* berfungsi sebagai distributor *filler* pada karet dan dapat menurunkan kekentalan dari karet sehingga interaksi antar molekular pada karet akan semakin kecil dan akan terbentuk *free volume*. Penggunaan *plasticizer minarex* dapat membantu proses penyebaran *filler* di dalam matriks karet, karena *plasticizer* yang ditambahkan dapat memutuskan ikatan rantai polimer pada karet dan molekul *plasticizer* dapat menembus ke dalam matriks polimer (Alexander, 2007)

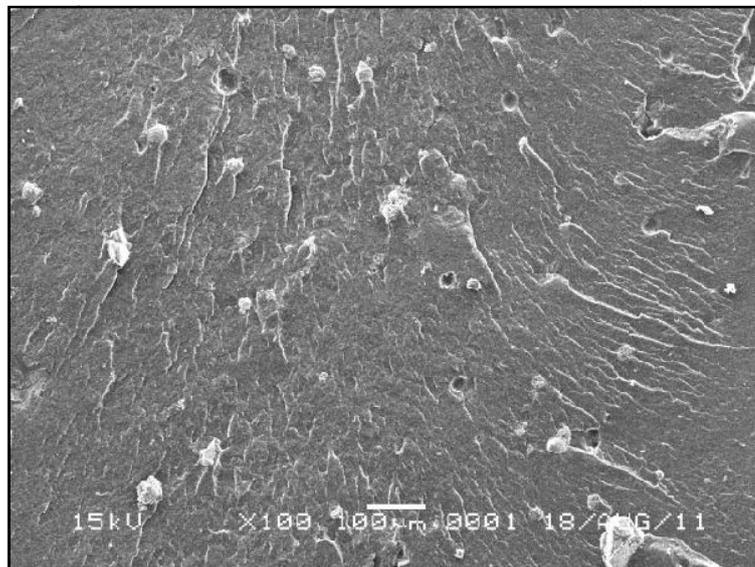
Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa *tensile strength* material TPV dengan kadar *plasticizer minarex* 5 phr cukup baik dan homogen. Namun pada beberapa nisbah *filler* yang dimasukkan kedalam matriks karet, *carbon black* memegang peranan penting dalam peningkatan nilai *tensile strength* dibandingkan dengan abu sawit. Hal ini mungkin saja terjadi karena ukuran partikel *carbon black* yang sangat kecil yaitu 31 nm, memungkinkan persebaran cukup merata di dalam matriks karet dibandingkan dengan ukuran partikel abu sawit yaitu 200 mesh. Nilai *tensile strength* dan *elongation at break* yang baik pada kadar *plasticizer minarex* 5 phr menunjukkan jumlah *plasticizer* dengan kadar yang relatif sedikit akan membantu penyebaran *filler hybrid*, dibandingkan dengan kadar *plasticizer* 15 phr.

Sifat *tensile* material TPV untuk kadar *plasticizer minarex* 15 phr kurang baik dan tidak homogen. Kondisi seperti ini mengindikasikan bahwa distribusi *filler* di dalam matriks karet tidak merata. Keadaan ini disebabkan oleh sifat *plasticizer* sebagai pendistribusi *filler* tidak optimal akibat *free volume* yang seharusnya terisi oleh partikel *filler* diisi oleh *plasticizer* itu sendiri, karena perbandingan kadar *plasticizer minarex* dan komposisi *filler hybrid* akan optimal dalam jumlah tertentu, menurut Hoffman (1989) kadar *plasticizer* optimal antara 5-25 phr yang digunakan dalam membantu penyebaran *filler* dalam matriks karet, sedangkan komposisi *filler hybrid* optimal dalam matriks menurut Rattanasom (2006) yaitu 30 phr, dan dari penelitian

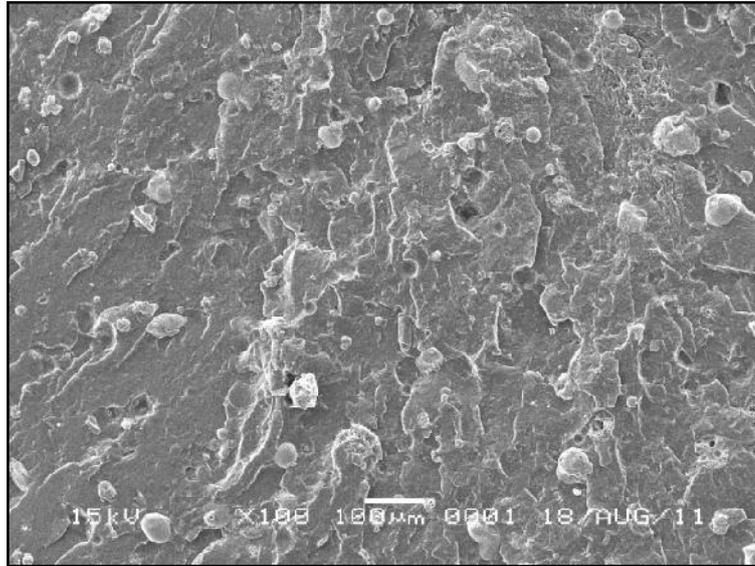
ini dapat disimpulkan perbandingan optimal *plasticizer minarex* dan filler hybrid didalam matriks karet yaitu 1:6 phr. Selain itu, adanya *plasticizer* dalam material TPV menyebabkan sifat elastisitas meningkat tetapi kekuatan tarik semakin menurun karena penyebaran *filler* yang tidak merata. Sehingga nilai *tensile strength* dan *elongation at break* yang dihasilkan pada kadar *plasticizer minarex* 15 phr lebih kecil dibandingkan pada kadar *plasticizer minarex* 5 phr.

Morfologi TPV

Morfologi TPV diketahui berdasarkan hasil uji SEM (*Scanning Electron Microscopy*). Pengujian dilakukan pada permukaan patahan sampel. Pada prinsipnya bila terjadi perubahan pada material, misalnya patahan, lekukan dan perubahan struktur dari permukaan, maka material tersebut akan mengalami perubahan energi. Energi yang berubah tersebut dapat dipancarkan, dipantulkan dan diserap serta diubah bentuknya menjadi fungsi gelombang elektron yang dapat ditangkap dan dibaca hasilnya oleh SEM (Surya, 2010).



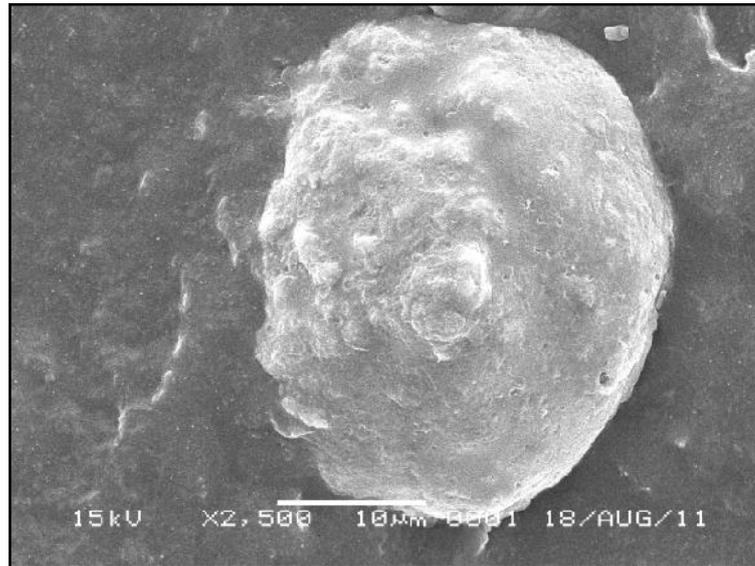
Gambar E.38: Mikrograf SEM Material TPV pada Nisbah *Filler* Hybrid 30/70 dengan Massa *Filler* 50 phr



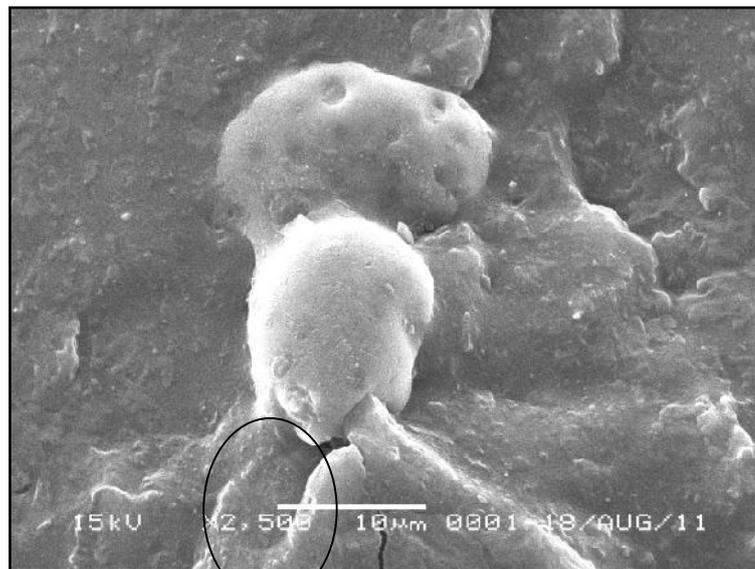
Gambar E.39: Mikrograf SEM Material TPV pada Nisbah *Filler* Hibrid 100/0 dengan Massa *Filler* 50 phr

Gambar E.38 dan E.39 memperlihatkan morfologi material TPV dengan menggunakan SEM, sampel yang dianalisa adalah sampel yang memiliki nilai uji tarik tertinggi dan terendah pada massa *filler* 50 phr, dengan tujuan agar dapat dibandingkan morfologi dari kedua sampel tersebut. Dari Gambar E.38 dapat dilihat permukaan yang terbentuk merata dan permukaan dari patahan tersebut memiliki tekstur yang homogen. Gambar E.38 juga memperlihatkan rongga-rongga yang terbentuk relatif sedikit serta kecil. Bagian yang berwarna gelap pada hasil mikrograf tersebut merupakan fasa terdispersi dari partikel-partikel karet yang terdistribusi merata ke dalam matriks PP yang berwarna lebih terang atau putih keabu-abuan. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa interaksi fasa karet dengan matriks PP lebih baik jika dibandingkan dengan hasil SEM pada Gambar E.39.

Pada Gambar E.39, hasil mikrograf yang diperlihatkan memiliki tekstur permukaan yang tidak homogen dan lebih kasar. Ada beberapa tonjolan kecil dan rongga-rongga yang lebih banyak, serta adanya aglomerasi dari *filler* abu sawit yang menyebabkan permukaan menjadi tidak merata dan interaksi karet alam dengan polipropilen yang sangat lemah sehingga terjadi penurunan sifat mekanik pada sampel.



Gambar E.40: Mikrograf SEM Interaksi *Filler* Abu Sawit dalam Material TPV dengan Nisbah *Filler* Hibrid 30/70 dan Massa *Filler* 50 phr

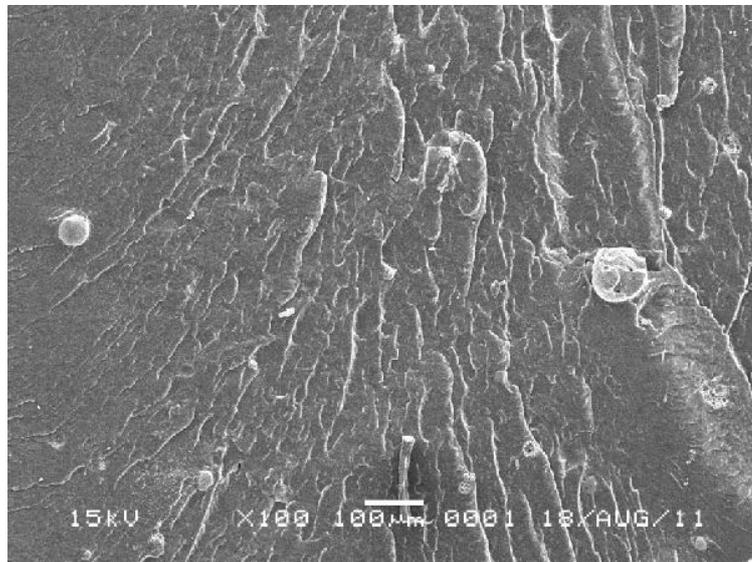


Gambar E.41: Mikrograf SEM Interaksi *Filler* Abu Sawit dalam Material TPV dengan Nisbah *Filler* Hibrid 100/0 dan Massa *Filler* 50 phr

Selanjutnya pada Gambar E.40 dan E.41 dapat dilihat interaksi *filler* abu sawit pada material TPV. Gambar E.40 memperlihatkan interaksi yang bagus antara *filler* dengan campuran PP. *Filler* melekat sangat baik dan tidak adanya retakan yang terbentuk, serta tidak ada aglomerasi antara partikel-partikel abu sawit pada kondisi

nisbah *filler* 30/70. Interaksi *filler* lebih kuat dengan polipropilen daripada dengan karet alam, polipropilen berwarna putih menyelimuti dan lebih banyak berada di sekitar *filler*.

Begitu juga pada Gambar E.41 dapat dilihat adanya aglomerasi *filler* abu sawit, bahkan tampilan permukaan juga memperlihatkan adanya lekukan-lekukan yang terbentuk. Aglomerasi yang terbentuk juga akan menimbulkan retakan-retakan pada permukaan material, akibat dari terganggunya interaksi antara fasa terdispersi karet alam dengan matriks PP yang disebabkan oleh penggumpalan dan interaksi oleh *filler* yang lebih kuat terhadap matriks PP daripada karet alam.



Gambar E.42: Mikrograf SEM Material Campuran PP/NR dengan *Plasticizer* 5 phr dan komposisi *filler hybrid* 30 phr

Dari Gambar E.42 dapat terlihat jelas distribusi partikel karet di dalam matriks PP, dimana ruang kosong berbentuk seperti pori pada matriks PP (berwarna hitam) pada gambar tersebut, sedangkan warna putih pada gambar adalah partikel karet. Campuran dengan kuat tarik terbaik memiliki ukuran ruang kosong yang lebih kecil daripada campuran dengan kuat tarik terburuk. Sebagaimana yang telah dijelaskan pada analisa uji tarik, bahwa ukuran partikel terdistribusi menjadi kecil karena komposisi karet yang besar dan vulkanisasi dinamik yang terjadi pada fasa karet. Vulkanisasi dinamik fasa karet selama proses pencampuran meningkatkan viskositas

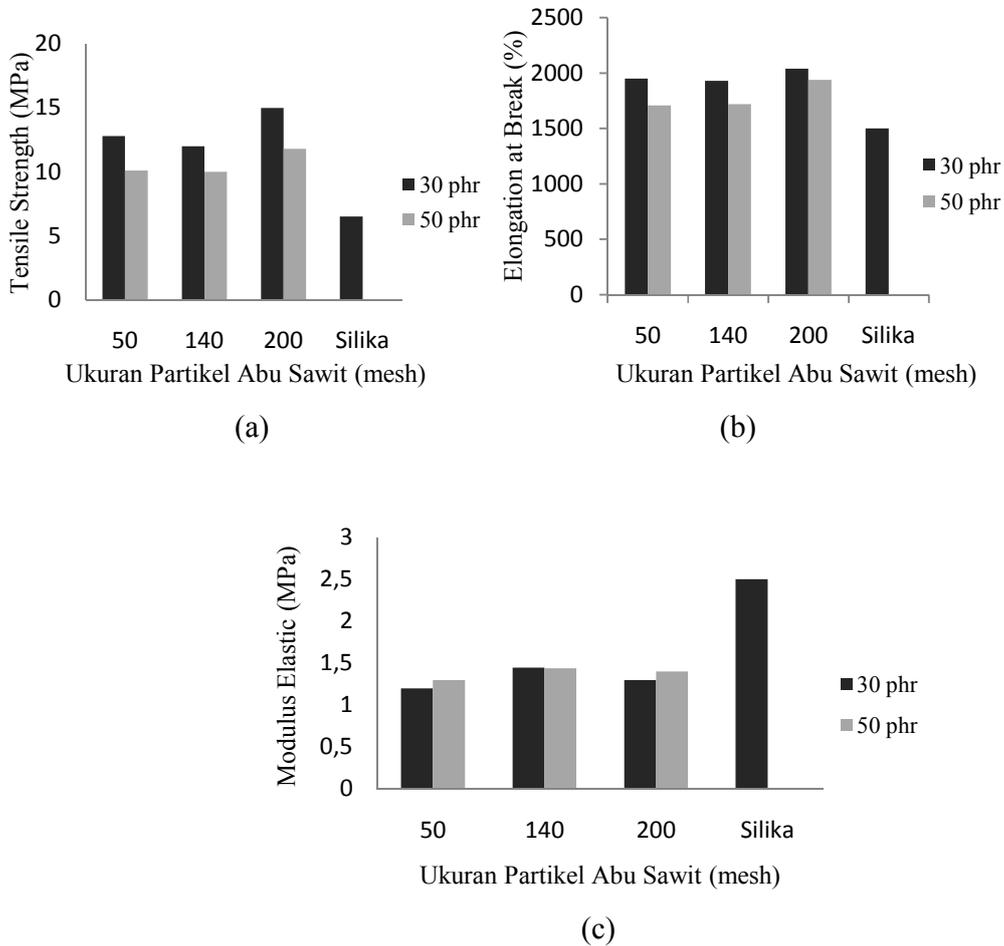
campuran [Kuriakose, 2006]. Sehingga *friction* antara partikel karet dengan *filler* dan *plasticizer* maupun *friction* antara partikel karet dan PP meningkat selama proses pencampuran. Hal ini menyebabkan ukuran partikel terdistribusi menjadi lebih kecil dan distribusi fasa karet dalam matriks PP lebih seragam. Analisa morfologi ini adalah visualisasi yang membenarkan pernyataan teoritis tentang korelasi pendistribusian *filler* oleh *plasticizer* dalam matriks karet serta partikel karet termastikasi oleh MAPP dalam matriks PP mempengaruhi kuat tarik campuran. Keseragaman distribusi fasa terdispersi dapat meningkatkan kuat tarik campuran (Bahrudin, 2007).

6. Sifat dan Morfologi NR Vulkanisat dengan Filler Abu sawit

Sifat mekanik

Sifat mekanik untuk TR yang menggunakan *filler* abu sawit (30 dan 50 phr) dengan perlakuan awal dan variasi ukuran partikel abu sawit ditunjukkan pada Gambar E.43. Kadar *filler* dan ukuran partikel *filler* yang digunakan mempengaruhi sifat mekanik dari TR. *Tensile strength* mengalami peningkatan seiring dengan semakin kecilnya ukuran partikel *filler*. Peningkatan terjadi karena dengan semakin kecilnya ukuran partikel *filler*, maka *filler* tersebut memiliki luas permukaan yang lebih besar sehingga memudahkan *filler* untuk kontak atau berinteraksi dengan karet [Peng, 2007]. *Tensile strength* tertinggi terdapat pada sampel TR dengan ukuran partikel abu sawit 200 mesh pada total *filler* 30 dan 50 phr, yaitu 15 dan 11,8 MPa dan *elongation at break* 2040 dan 1940 %. Namun pada TR dengan ukuran partikel abu sawit 140 mesh, terjadi penurunan *tensile strength*, yaitu 12 dan 10 MPa. Hal ini disebabkan silika memiliki interaksi yang lemah dengan polimer dan cenderung menyebabkan aglomerasi [Wang dkk., 2001]. Aglomerasi cenderung terjadi karena permukaan silika yang polar, memiliki gugus hidroksil dan akan berusaha membentuk ikatan hidrogen dengan molekul silika atau dengan material kimia lain yang bersifat polar [Saowapark, 2005]. Penurunan ini menyebabkan *elongation at break* sampel tersebut juga menurun. Seharusnya, *tensile strength* berbanding terbalik dengan *elongation at break* jika TR menggunakan silika, karena silika dapat meningkatkan *hardness*. Namun pada TR ini diperoleh nilai *elongation at break* yang

sebanding dengan *tensile strength*. Hal ini terjadi karena penggunaan kadar *plasticizer* yang sesuai dengan kadar *filler* yang digunakan.

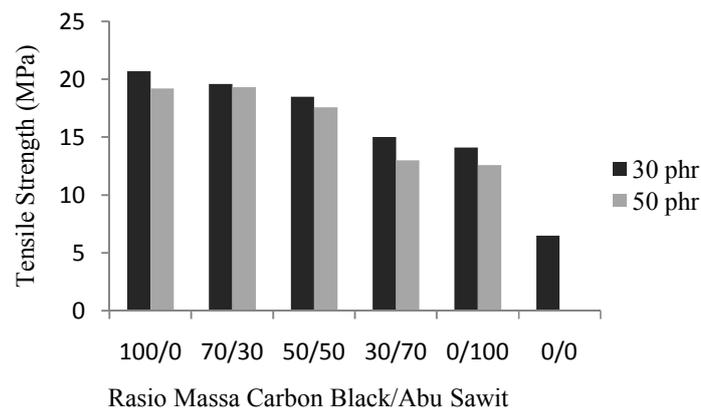


Gambar E.43: Pengaruh Ukuran Partikel Abu Sawit dan Kadar *Filler* terhadap Sifat Mekanik TR

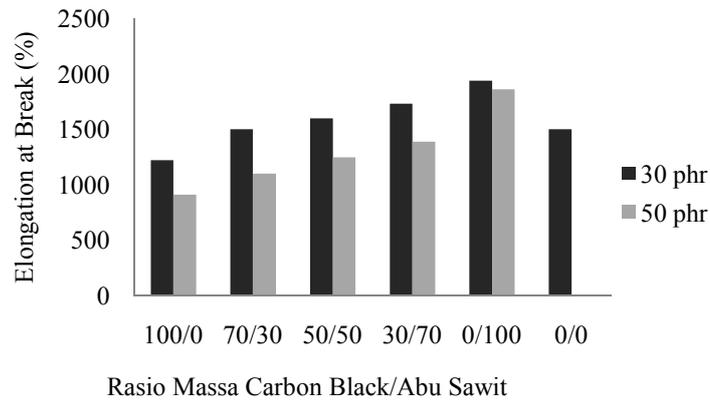
Ketika *tensile strength* menurun pada ukuran partikel 140 mesh, maka nilai *elongation at break* juga menurun menjadi 1930 dan 1720 %. Sementara untuk *tensile strength* terendah terdapat pada sampel TR yang menggunakan abu sawit ukuran 50 mesh dikarenakan ukuran partikel abu sawit lebih besar dibanding sampel TR lainnya. Namun jika dibandingkan dengan sampel TR yang menggunakan silika, *tensile strength* sampel TR dengan silika ini jauh lebih rendah. Hal ini dikarenakan terjadinya aglomerasi pada saat pencampuran *filler* sehingga *filler* tidak terdistribusi

merata. Salah satu penyebab terjadinya aglomerasi tersebut yaitu proses vulkanisasi yang terjadi lebih awal akibat adanya kenaikan suhu pada saat mastikasi. Sampel TR dengan *filler* yang telah di-*furnace* memiliki *modulus elastic* tertinggi pada sampel dengan ukuran partikel abu sawit 140 mesh. Jika dibandingkan dengan TR yang menggunakan silika, *modulus elastic* TR dengan ukuran partikel abu sawit 140 mesh lebih rendah. Nilai *modulus elastic* yang tinggi ini dikarenakan *filler* memiliki kadar silika yang lebih tinggi dibanding abu sawit. Namun terkadang terjadi penurunan *modulus elastic* walaupun kadar silika lebih tinggi dan ini disebabkan proses pencampuran *plasticizer* dan *filler* lebih homogen.

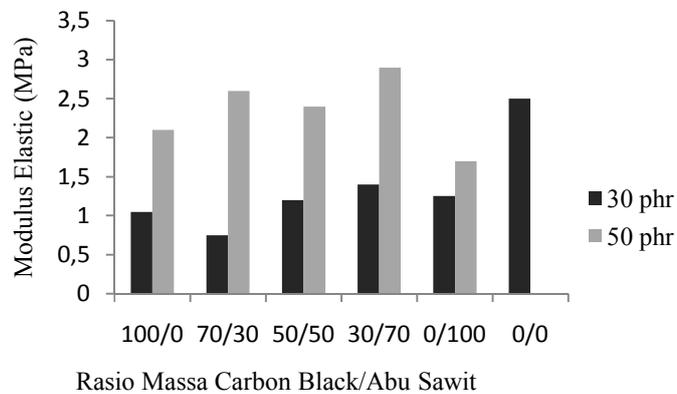
Sifat mekanik untuk TR yang menggunakan *filler* abu sawit (30 dan 50 phr) tanpa perlakuan awal ditunjukkan pada Gambar E.44. Dari Gambar E.44 dapat dilihat pengaruh rasio *filler hybrid* pada TR terhadap *tensile strength*, *elongation at break* dan *modulus elastic*.



(a)



(b)



(c)

Gambar E.44: Pengaruh Rasio Massa *Filler Hybrid* dan Kadar *Filler* terhadap Sifat Mekanik TR

Sifat *tensile strength* mengalami peningkatan sebanding dengan peningkatan kadar *carbon black* dari *filler* tersebut. Pada kadar *filler hybrid* 30 dan 50 phr, sampel yang memiliki rasio massa *filler hybrid carbon black/abu sawit* 70/30 memiliki *tensile strength* terbesar yaitu 19,6 dan 19,3 MPa, *elongation at break* 1500 dan 1100 % dan *modulus elastic* 0,75 dan 2,6 MPa. Hal ini dikarenakan ukuran partikel dari *carbon black* lebih kecil daripada abu sawit. Ukuran partikel yang kecil ini menyebabkan luas permukaan *carbon black* lebih besar sehingga terjadi kontak atau interaksi yang lebih baik antara *filler hybrid* yang mengandung *carbon black* lebih

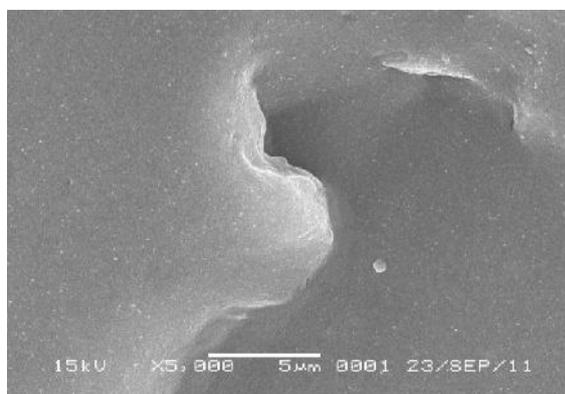
banyak dengan polimer [Wang dkk., 2000]. Begitu juga pada TR dengan kadar *filler hybrid* 50 phr.

Untuk *tensile strength* terendah terdapat pada sampel dengan rasio massa *carbon black*/abu sawit 0/100, yaitu 14,1 dan 12,6 MPa, *elongation at break* 1940 dan 1860 %, dan *modulus elastic* 1,25 dan 1,7 MPa. Namun jika dibandingkan dengan TR yang menggunakan *filler carbon black*, *tensile strength* yang diperoleh pada TR dengan *filler carbon black* ini lebih besar. Hal ini karena ukuran partikel *carbon black* yang lebih kecil dibanding dengan abu sawit. Dan jika dibandingkan dengan TR yang menggunakan *filler silika*, *tensile strength* yang diperoleh pada TR yang menggunakan silika jauh lebih rendah. Selain dikarenakan ukuran partikel yang lebih besar dibanding *carbon black*, silika juga cenderung membentuk aglomerasi karena bersifat polar. Gugus hidroksil yang dimiliki silika akan berusaha membentuk ikatan hidrogen dengan molekul silika atau material kimia lain yang bersifat polar [Saowapark, 2005].

Tensile strength TR yang dihasilkan berbanding terbalik dengan *elongation at break* yang diperoleh. Seharusnya, penggunaan *carbon black* akan meningkatkan *elongation at break*, namun karena pada TR ini digunakan *filler hybrid carbon black*/abu sawit, maka kemampuan *carbon black* untuk meningkatkan *elongation* berkurang akibat adanya silika yang bersifat meningkatkan kekerasan. Dari sampel TR yang menggunakan *filler* abu sawit baik yang mengalami perlakuan awal dan tidak, sebagian besarnya dapat direkomendasikan sebagai material *thermoset rubber* yang baik digunakan sebagai kompon ban dalam kendaraan bermotor (kecuali sampel Silika TR) karena memiliki rata-rata nilai *tensile strength* yang lebih besar dari 11,8 MPa dan *elongation at break* besar dari 500 % [SNI 06-1542-2006]. Sampel TR dengan *filler hybrid* yang memiliki *modulus elastic* tinggi terdapat pada rasio *carbon black*/abu sawit 30/70 (*filler* total 30 phr) dan silika pada *filler* total 50 phr. Nilai *modulus elastic* yang tinggi ini dikarenakan *filler* mengandung silika dalam jumlah besar. Sifat dari silika meningkatkan *tensile strength*, *hardness*, *tear strength* dan *abrasion resistance* [Fumito dkk., 2001]. Namun terkadang terjadi penurunan *modulus elastic* walaupun kadar silika lebih tinggi, ini disebabkan proses pencampuran *plasticizer* dan *filler* lebih homogen.

Morfologi

Micrograph SEM TR dengan rasio massa *filler hybrid carbon black*/abu sawit 100/0 dan kadar *filler* 30 phr ditunjukkan pada Gambar E.45. Dari gambar tersebut dapat dilihat penyebaran *filler* yang merata pada NR, rongga kosong yang terlihat dari gambar juga lebih sedikit dibanding sampel TR lainnya. Hal ini menyebabkan nilai rata-rata *tensile strength* yang dihasilkan juga baik, yaitu 20,7 MPa. Ukuran partikel *carbon black* yang kecil meningkatkan kemampuan *filler* untuk berinteraksi atau kontak dengan NR.

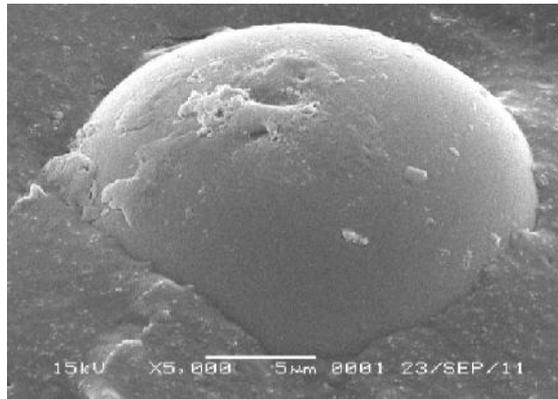


Gambar E.45: Micrograph SEM TR dengan Rasio Massa *Filler Hybrid Carbon Black*/Abu Sawit 100/0 dan Kadar *Filler* 30 phr

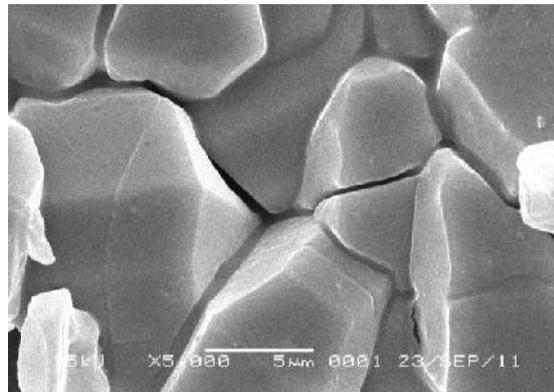
Pada TR dengan rasio massa *filler hybrid carbon black*/abu sawit 50/50 dan kadar *filler* 30 phr, penyebaran *filler* cukup merata. Pada Gambar E.46 terlihat partikel silika yang berinteraksi atau kontak dengan karet, hanya sedikit terdapat rongga kosong. Hal ini berpengaruh terhadap nilai *tensile strength* TR tersebut, dimana *tensile strength* yang dihasilkan lebih rendah dari TR dengan rasio massa *carbon black*/abu sawit 100/0 yaitu 18,5 MPa.

Sementara pada TR yang menggunakan silika dengan kadar *filler* 30 phr, *filler* tidak terdistribusi dengan baik. Terjadi aglomerasi *filler* hingga TR terlihat pecah-pecah seperti yang terlihat pada Gambar E.47. Hal ini terjadi karena adanya kenaikan suhu pada saat mastikasi yang menyebabkan sebagian karet mengalami pra-vulkanisasi sehingga karet mengalami kejenuhan. Ketika silika berinteraksi dengan

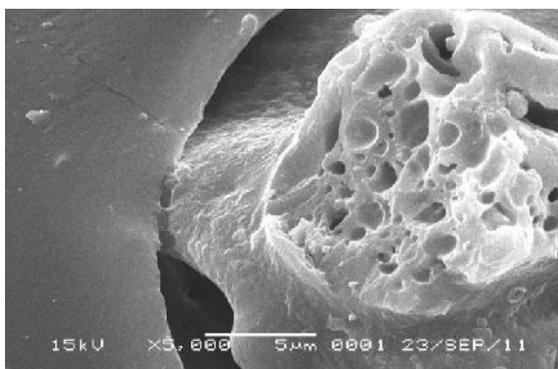
karet, masih banyak terlihat rongga-rongga kosong yang mengakibatkan nilai *tensile strength* yang diperoleh lebih rendah daripada TR dengan variasi rasio massa *filler* lainnya, yaitu 6,5 MPa.



Gambar E.46: Micrograph SEM TR dengan Rasio Massa *Filler Hybrid Carbon Black*/Abu Sawit 50/50 dan Kadar *Filler* 30 phr



Gambar E.47: Micrograph SEM TR dengan Kadar Silika 30 phr



Gambar E.48: Micrograph SEM TR dengan Kadar Abu Sawit 30 phr dan Ukuran Partikel Abu Sawit 200 mesh

Untuk TR dengan *filler* yang mengalami perlakuan awal, hasil terbaik diperoleh pada kadar abu sawit 30 phr dan ukuran partikel abu sawit 200 mesh. Ini dapat terlihat dari Gambar E.48, dimana morfologi TR lebih baik dari TR lainnya meskipun masih terdapat rongga-rongga kosong ketika silika berinteraksi dengan karet. Hal ini dipengaruhi kadar *filler* dan ukuran partikel abu sawit yang lebih kecil dibanding TR lainnya. *Tensile strength* yang diperoleh pada TR ini 15 MPa. Sementara TR dengan hasil terburuk diperoleh pada TR yang menggunakan *filler* silika dengan kadar *filler* 30 phr. *Tensile strength* yang diperoleh pun juga rendah, yaitu 6,5 MPa.

Perbandingan sifat *tensile strength* dan *elongation at break* untuk berbagai sistem campuran NR/PP pada rasio massa 70/30 dengan penambahan *filler*, ditunjukkan pada Tabel E.3. Terlihat bahwa penggunaan *filler* sabut buah sawit maupun abu sawit menghasilkan sifat mekanik yang relatif lebih rendah dibandingkan dengan penggunaan *filler* carbon black komersial. Namun penggunaan *filler* dari limbah padat industri sawit, terutama abu sawit, mempunyai sejumlah potensi keuntungan. Beberapa diantaranya adalah bahwa abu sawit merupakan limbah industri sawit yang berpotensi untuk dimanfaatkan, ramah lingkungan, harganya yang lebih murah dan tersedia dalam jumlah yang besar serta berkesinambungan. Disamping itu, sifat campuran NR/PP dengan *filler* abu sawit yang relatif masih rendah masih dimungkinkan ditingkatkan lagi dengan cara beberapa modifikasi, baik terhadap abu sawit itu sendiri maupun teknik pemrosesannya. Bagi industri pengolahan sawit sendiri, teknologi yang tepat dan menguntungkan terhadap pemanfaatan salah satu limbah padat yang dihasilkan ini merupakan hal yang sangat diharapkan.

Tabel E.3. Perbandingan sifat mekanik beberapa sistem campuran NR/PP pada rasio massa 70/30

Sistem Campuran	Sifat Mekanik
-----------------	---------------

	Tensile Strength (MPa)	Elongation at Break (%)
NR/PP, kompatibel Silane, filler Silika 20 phr (Kuriakose dkk, 1985)	8,9	200
NR/PP, kompatibel MA-g-PP, filler carbon black 45 phr (Bahruddin dkk, 2009)	9,8	413
NR/PP, kompatibel MA-g-PP, filler carbon sabut buah sawit 15 phr (penelitian ini)	7,3	199
NR/PP, kompatibel MA-g-PP, filler abu sawit 30 phr (penelitian ini)	9,6	209

F. LUARAN

Tahun 1:

- 3 artikel ilmiah yang sudah diseminarkan dalam seminar nasional (terlampir)
- 1 artikel ilmiah yang sudah dipublikasikan dalam Jurnal Teknik Kimia Indonesia (JTKI), Vol. 9, No. 2, Hal. 62-68, Tahun 2010, ITB Bandung (terlampir)
- Menghasilkan 4 buah skripsi mahasiswa Program Studi Teknik Kimia Universitas Riau

Tahun 2:

- Draft buku ajar “ Pengantar Teknologi Karet”
- 1 artikel ilmiah yang sudah dipublikasikan dalam jurnal “teknobiologi” Vol. 2, No. 1, hal. 77-84, Tahun 2011 (Lampiran 1)
- 1 artikel ilmiah yang sudah disubmit ke jurnal internasional “Procedia Chemistry” (Lampiran 1)

- 1 artikel ilmiah yang akan dipublikasikan pada Seminar Internasional “International Polymer Science & Technology (IPST)” Asian Polymer Assosiation (APA) Bali, 28 Nov – 1 Dec 2011 (Lampiran 1)
- 2 artikel ilmiah yang akan dipublikasikan pada Seminar Nasional “Teknik Kimia Cipto Utomo-2011” ITENAS Bandung, 10 November 2011 (Lampiran 1)
- Sudah terjalin komunikasi Ilmiah bidang teknologi karet dalam skala internasional (sebagai Peer Reviewer untuk Jurnal “Applied Polymer Science”) dan skala nasional
- Menghasilkan 6 buah skripsi untuk mahasiswa Program Studi Teknik Kimia Universitas Riau

G. LANJUTAN PENELITIAN

Penelitian tahun pertama dan kedua ini diharapkan dapat diteruskan di tahun ke-3 (Tahun 2012) untuk melengkapi data naskah pembuatan buku ajar “Pengantar Teknologi Karet” dan naskah artikel ilmiah lanjutan untuk dipublikasikan pada seminar nasional/internasional maupun jurnal nasional terakreditasi/internasional. Pada tahun ke-3 akan dilakukan peningkatan sifat tensile, mechanical dynamic, sifat termal dan morfologi material tersebut dengan memodifikasi proses pencampurannya dan pengembangan penggunaan kompatibilizer berbasis karet alam itu sendiri. Modifikasi yang akan dilakukan meliputi proses pencampuran pada berbagai shear-stress, suhu dan lamanya waktu pencampuran. Sedangkan kompatibilizer berbasis karet alam dibuat dengan cara pencangkokan (grafting) gugus anhidrid dari maleic anhydride ke rantai polimer karet alam, sehingga menghasilkan kompatibilizer maleated natural rubber. Diperkirakan parameter-parameter tersebut sangat mempengaruhi performa material TPE dan Thermoset Rubber berbasis karet alam tersebut.

Lampiran 1. Naskah Artikel Ilmiah

Pengaruh *Filler* Abu Sawit terhadap Morfologi dan Sifat Karet Alam Tervulkanis

Bahrudin*, [Lili Saktiani](#), Tri Meilika Weni, Nirwana, Zulfansyah

Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Riau

Kampus Bina Widya KM 12.5 Panam-Pekanbaru

Telp./Fax. 0761-566937

*bahrudin02@yahoo.com

ABSTRAK

Silika umum digunakan sebagai filler dalam industri karet. Abu sawit merupakan salah satu limbah pabrik sawit yang banyak mengandung silika sehingga berpotensi digunakan sebagai filler thermoset rubber (TR). Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh rasio (carbon black/abu sawit) dan ukuran partikel abu sawit dengan peningkatan kadar silika yang digunakan terhadap sifat dan morfologi TR. Rasio massa filler hybrid carbon black/abu sawit yang digunakan 100/0; 70/30; 50/50; 30/70; dan 0/100 dengan kadar total filler 30 dan 50 phr (per hundred rubber). Untuk TR yang menggunakan filler abu sawit digunakan abu sawit dengan variasi ukuran partikel 50, 140 dan 200 mesh. Proses mastikasi dilakukan dengan menggunakan roll mill pada suhu kamar dan kecepatan putar roll 20 rpm. Sebagai bahan curative digunakan sulfur dengan kadar 3 phr. Proses vulkanisasi dilakukan pada suhu 150 °C dan tekanan 50 kgf/cm². Pengujian sampel TR meliputi kuat tarik (tensile strength), elongation at break dan modulus elastic dengan menggunakan alat universal testing machine, standar yang digunakan adalah ISO 527-2 type 5A serta morfologi dengan menggunakan alat Scanning Electron Microscopy (SEM). Hasil uji morfologi terbaik diperoleh pada TR yang memiliki rasio carbon black/abu sawit 70/30 dengan kuat tarik 19,6 MPa, elongation at break 1500 % dan modulus elastic 0,75 MPa. Pada rasio tersebut, filler terdistribusi lebih merata ke dalam karet. Ukuran partikel abu sawit yang lebih kecil (200 mesh) memberikan sifat yang lebih baik dengan kadar filler sebesar 30 phr, dimana kuat tarik yang diperoleh 15 MPa, elongation at break 2040 % dan modulus elastic 1,3 MPa.

Kata kunci : abu sawit, carbon black, filler hybrid, karet alam (natural rubber)

1. Pendahuluan

Karet merupakan polimer yang mempunyai sifat elastis dan digolongkan atas dua bagian yaitu, karet sintetik dan karet alam. Bentuk utama karet alam, terdiri dari 97 % cis – 1,4 – polyisoprene. Karet alam ini memiliki sifat antara lain mudah teroksidasi pada suhu tinggi, tidak tahan terhadap ozon dan minyak. Indonesia memberikan kontribusi sekitar 21,5% dari total produksi dunia, dan merupakan negara penghasil karet alam terbesar kedua di dunia setelah Thailand [Budiman, 2002]. Umumnya produk karet alam Indonesia adalah jenis SIR-20, dengan kualitas didasarkan pada Standart Nasional Indonesia (SNI: 06-1903-1990). Standar tersebut mensyaratkan komposisi maksimum komponen bukan karet dalam SIR-20 adalah: kotoran 0,20%, abu 1,00%, zat menguap 0,80%, dan nitrogen 0,60%.

Karet alam yang telah mengalami *crosslinking* (*thermoset rubber*) tidak dapat diproses kembali namun memiliki daya tahan yang lebih baik dari sebelumnya, yaitu tahan terhadap temperatur yang ekstrim, bahan-bahan kimia, air, sinar UV, dan tidak mudah terdegradasi sehingga sangat cocok sebagai bahan dalam pembuatan ban [Graham dan Zhang, 2008]. Dalam pembuatan ban, digunakan sekitar 70 % lebih dari karet alam dunia sedangkan sisanya digunakan dalam pembuatan kabel, o-rings, dan sebagainya [Chapman, 2007].

Dari beberapa penelitian mengenai TR diketahui bahwa *filler* sangat berpengaruh terhadap sifat mekanik karet alam. Penggunaan *carbon silica dual phase filler* memberikan sifat dinamik, *tear resistance* dan *abrasion resistance* yang lebih baik [Wang dkk., 2001]. Sifat mekanik dan dinamik optimum diperoleh pada saat kadar silika rendah, yaitu 20 dan 30 phr [Saowapark, 2005]. Penggunaan *plasticizer* juga dapat meningkatkan sifat mekanik, ketahanan, dan mempercepat terjadinya vulkanisasi pada karet yang menggunakan silika [Alexander, 2007]. Dari penelitian tersebut, *filler* yang sering digunakan adalah silika. Dengan adanya sekitar 116 pabrik *crude palm oil* (CPO) di provinsi Riau yang menghasilkan limbah berupa abu sawit, maka pada penelitian ini digunakan *filler* abu sawit. Diketahui abu sawit ini mengandung kadar silika sekitar 57,75 %. Dengan penggunaan abu sawit ini tentunya akan meminimalisir biaya produksi *thermoset rubber* sekaligus memanfaatkan limbah pabrik CPO. Pada penelitian ini penulis mempelajari morfologi dan sifat *thermoset rubber* dengan menggunakan *filler* abu sawit.

2. Metodologi

Bahan

Karet alam yang digunakan adalah jenis SIR-20, diproduksi oleh PT Hervenia Kampar Lestari, Riau. Abu sawit yang digunakan berukuran 200 mesh yang telah dioven pada suhu 110 °C selama 1 jam yang berasal dari pabrik CPO Sarikat Putra Riau, Indonesia. Selain abu sawit, pada penelitian ini juga digunakan *filler carbon black* tipe N330 dengan diameter rata-rata partikel 31 nm yang diproduksi oleh PT Arzeta Chemical Bandung dan silika. Sulfur digunakan sebagai *curative agent*, diproduksi oleh PT. Ganda Mekar, Indonesia. Mercaptodibenzo thiazole disulfide (MBTS) digunakan sebagai akselerator, diproduksi Nanjing Chemical Plant, China. *Zinc oxide* digunakan sebagai aktivator, produksi Global Chemical, Thailand. Asam stearat digunakan sebagai ko-aktivator, produksi PT Sumi Asih Oleochemical Industry, Indonesia. *Trimethylquinone* (TMQ) tipe Flectol TMQ digunakan sebagai *anti degradant*, produksi

oleh Flexys, Jerman. *Minarex* digunakan sebagai *plasticizer*, diproduksi oleh PT. Pertamina (persero) Pulogadung.

Alat

Peralatan yang digunakan untuk pembuatan kompon karet yaitu *roll mill* dengan spesifikasi: *control speed Toshiba UF-S9* 400 volt, 3,7 kw; motor *Teco* 1440 rpm, 5 hp; diameter roll 10 cm dan panjang roll 35 cm. Untuk proses vulkanisasi sekaligus pembentukan slab digunakan *Hot Press* dan *Cold Press* jenis *Gonno Hydraulic Press*, kapasitas 210 kg/cm². Peralatan yang digunakan untuk menguji spesimen meliputi: *Universal Testing Machine*, model UCT-5T produksi *Orientec Co. Ltd* dengan metode standar berdasarkan ISO 527-2 yang digunakan untuk pengujian sifat mekanik dan *analytical scanning electron microscope* tipe *JSM-6360LA*, produksi *JEOL* Jepang untuk pengamatan morfologi.

Penyiapan kompon

Kompon dibuat dengan menggunakan *roll mill* yang dilakukan pada suhu ruang. Kompon karet merupakan campuran yang terdiri dari SIR-20, *filler*, *plasticizer*, ZnO, asam stearat, TMQ, MBTS, dan sulfur. Berikut ini merupakan urutan proses pencampuran yang ditunjukkan pada Tabel 1. Ukuran dan jenis *filler* yang digunakan divariasikan. *Filler* abu sawit yang digunakan berukuran 50, 140 dan 200 mesh dengan perlakuan awal yaitu di-*furnace* pada suhu 400 °C. Pada penelitian ini juga digunakan *filler hybrid carbon black*/abu sawit dengan rasio massa 100/0; 70/30; 50/50; 30/70; dan 0/100. Selain itu juga digunakan *filler silica* sebagai pengontrol. Untuk TR yang menggunakan *filler hybrid* ini, tidak dilakukan perlakuan awal terhadap *filler* dan ukuran abu sawit yang digunakan 200 mesh. Pembentukan *slab* dilakukan dengan menggunakan *hot press* pada suhu 150 °C selama ± 10 menit dengan tekanan 50 kg/cm² dan *cold press* pada suhu ruang selama ± 5 menit dengan tekanan 50 kg/cm².

Tabel 1: Schedule Pencampuran Material untuk Kompon Karet menggunakan Roll Mill

Aktivitas	Jumlah (phr)	Waktu pencampuran (menit)
Mastikasi karet	100	15
Penambahan <i>plasticizer</i>	2,5	5
Penambahan <i>filler</i>	30 dan 50	20
Penambahan ZnO	5	15
Penambahan asam stearat	3	5
Penambahan TMQ	1	3

Penambahan MBTS	0,6	2
Penambahan sulfur	3	3
<i>Finishing</i>	-	5

Pengujian sampel

Pengujian sifat mekanik

Pengujian sifat mekanik meliputi: kuat tarik, *elongation at break* dan *elastic modulus*. Penyiapan sampel dilakukan dalam dua tahap, yaitu pembuatan lembaran (*slab*) dan pemotongan lembaran tersebut menjadi spesimen uji. Pembuatan slab menggunakan *hot press* dan *cold press* jenis *Gonno Hydraulic Press*, kapasitas 210 kg/cm². Ukuran spisel yang digunakan adalah 14 x 14 cm dengan ketebalan 1,8 mm. Kondisi operasi pada saat pembuatan *slab* yaitu tekanan 50 kg/cm² dan suhu 150 °C. Selanjutnya merupakan pemotongan *slab* menjadi spesimen uji dengan menggunakan alat potong *dumbbell* sesuai standar ISO 527-2 tipe 5A. Seluruh spesimen yang telah dipotong dibiarkan pada suhu ruang selama 2 x 24 jam sebelum dilakukan uji tarik. Pengujian sifat mekanik ini menggunakan *universal testing machine* berdasarkan ISO 527-2. Spesimen ditarik dengan kecepatan 500 mm/menit.

Pengujian SEM

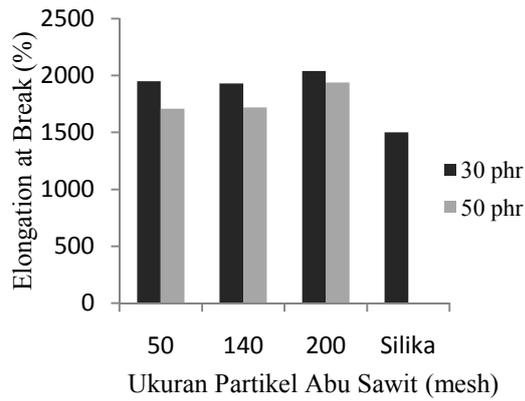
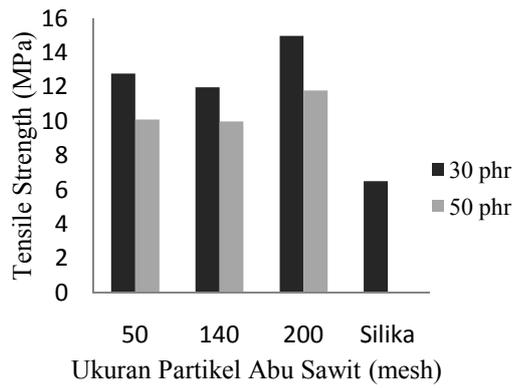
Sebelum pengujian SEM dilakukan, sampel direndam terlebih dahulu dalam nitrogen cair. Hal ini bertujuan untuk menghindari perubahan bentuk permukaan sampel ketika dipatahkan, karena bagian yang akan diuji adalah pada permukaan patahan dari sampel. Selanjutnya sampel dilapisi dengan emas untuk menghindari timbulnya muatan elektrostatis pada saat dilakukan pengujian. Hasil pengujian SEM berupa *micrograph* dengan 4 perbesaran, 100, 1000, 2500 dan 5000 kali perbesaran. Hasil SEM ini digunakan untuk mengamati distribusi dan ukuran partikel karet alam skala mikron.

3. Hasil dan Pembahasan

Sifat mekanik

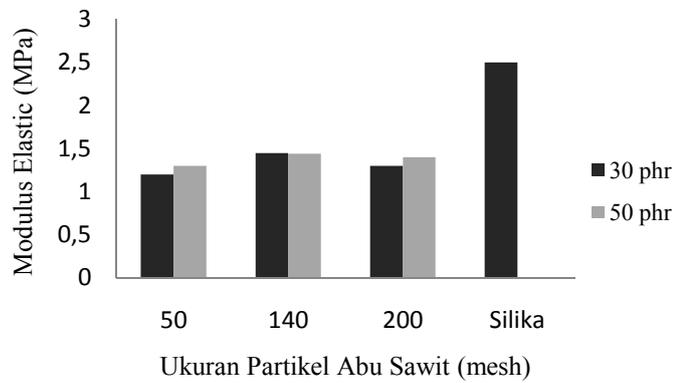
Sifat mekanik untuk TR yang menggunakan *filler* abu sawit (30 dan 50 phr) dengan perlakuan awal dan variasi ukuran partikel abu sawit ditunjukkan pada Gambar 1a, 1b dan 1c. Kadar *filler* dan ukuran partikel *filler* yang digunakan mempengaruhi sifat mekanik dari TR. *Tensile strength* mengalami peningkatan seiring dengan semakin kecilnya ukuran partikel *filler*. Peningkatan terjadi karena dengan semakin kecilnya ukuran partikel *filler*, maka *filler* tersebut memiliki luas permukaan yang lebih besar sehingga memudahkan *filler* untuk kontak atau berinteraksi dengan karet [Peng, 2007]. *Tensile strength* tertinggi terdapat pada sampel TR dengan ukuran partikel abu sawit 200 mesh pada total *filler* 30 dan 50 phr, yaitu 15 dan 11,8 MPa dan *elongation at break* 2040 dan 1940 %. Namun pada TR dengan ukuran partikel abu sawit 140 mesh, terjadi penurunan *tensile strength*, yaitu 12 dan 10 MPa. Hal ini disebabkan silika memiliki

interaksi yang lemah dengan polimer dan cenderung menyebabkan aglomerasi [Wang dkk., 2001]. Aglomerasi cenderung terjadi karena permukaan silika yang polar, memiliki gugus hidroksil dan akan berusaha membentuk ikatan hidrogen dengan molekul silika atau dengan material kimia lain yang bersifat polar [Saowapark, 2005]. Penurunan ini menyebabkan *elongation at break* sampel tersebut juga menurun. Seharusnya, *tensile strength* berbanding terbalik dengan *elongation at break* jika TR menggunakan silika, karena silika dapat meningkatkan *hardness*. Namun pada TR ini diperoleh nilai *elongation at break* yang sebanding dengan *tensile strength*. Hal ini terjadi karena penggunaan kadar *plasticizer* yang sesuai dengan kadar *filler* yang digunakan. Ketika *tensile strength* menurun pada ukuran partikel 140 mesh, maka nilai *elongation at break* juga menurun menjadi 1930 dan 1720 %. Sementara untuk *tensile strength* terendah terdapat pada sampel TR yang menggunakan abu sawit ukuran 50 mesh dikarenakan ukuran partikel abu sawit lebih besar dibanding sampel TR lainnya. Namun jika dibandingkan dengan sampel TR yang menggunakan silika, *tensile strength* sampel TR dengan silika ini jauh lebih rendah. Hal ini dikarenakan terjadinya aglomerasi pada saat pencampuran *filler* sehingga *filler* tidak terdistribusi merata. Salah satu penyebab terjadinya aglomerasi tersebut yaitu proses vulkanisasi yang terjadi lebih awal akibat adanya kenaikan suhu pada saat mastikasi. Sampel TR dengan *filler* yang telah di-*furnace* memiliki *modulus elastic* tertinggi pada sampel dengan ukuran partikel abu sawit 140 mesh. Jika dibandingkan dengan TR yang menggunakan silika, *modulus elastic* TR dengan ukuran partikel abu sawit 140 mesh lebih rendah. Nilai *modulus elastic* yang tinggi ini dikarenakan *filler* memiliki kadar silika yang lebih tinggi dibanding abu sawit. Namun terkadang terjadi penurunan *modulus elastic* walaupun kadar silika lebih tinggi dan ini disebabkan proses pencampuran *plasticizer* dan *filler* lebih homogen.



1(a)

1(b)

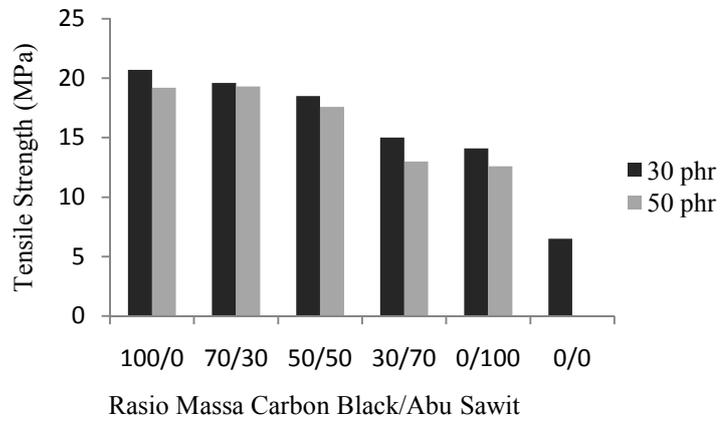


1(c)

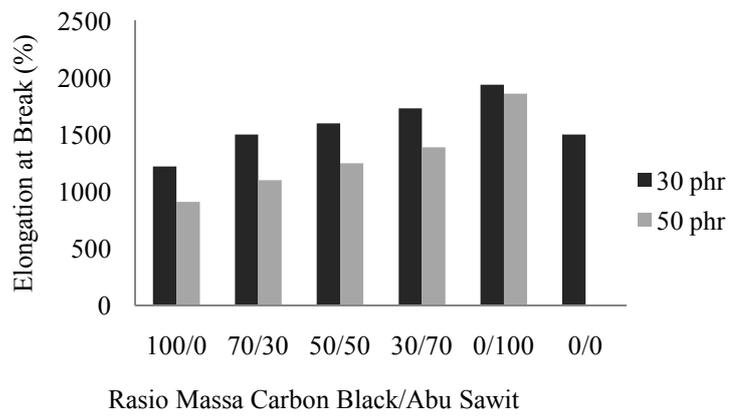
Gambar 1: Pengaruh Ukuran Partikel Abu Sawit dan Kadar *Filler* terhadap Sifat Mekanik TR

Sifat mekanik untuk TR yang menggunakan *filler* abu sawit (30 dan 50 phr) tanpa perlakuan awal ditunjukkan pada Gambar 2(a), 2(b) dan 2(c). Dari Gambar 2(a), 2(b)

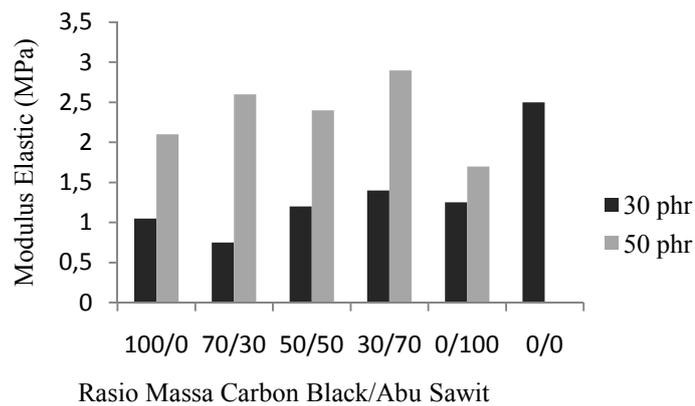
dan 2(c) dapat dilihat pengaruh rasio *filler hybrid* pada TR terhadap *tensile strength*, *elongation at break* dan *modulus elastic*.



2(a)



2(b)



2(c)

Gambar 2: Pengaruh Rasio Massa *Filler Hybrid* dan Kadar *Filler* terhadap Sifat Mekanik TR

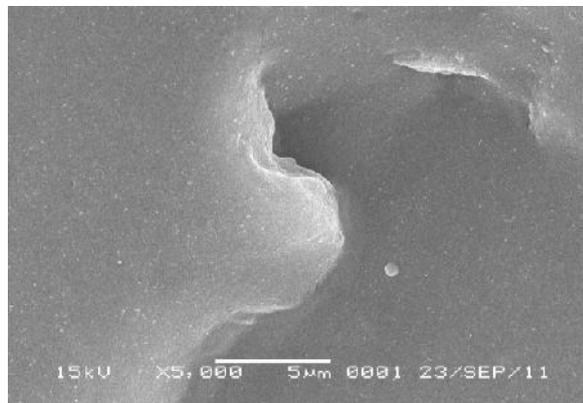
Sifat *tensile strength* mengalami peningkatan sebanding dengan peningkatan kadar *carbon black* dari *filler* tersebut. Pada kadar *filler hybrid* 30 dan 50 phr, sampel yang memiliki rasio massa *filler hybrid carbon black/abu sawit* 70/30 memiliki *tensile strength* terbesar yaitu 19,6 dan 19,3 MPa, *elongation at break* 1500 dan 1100 % dan *modulus elastic* 0,75 dan 2,6 MPa. Hal ini dikarenakan ukuran partikel dari *carbon black* lebih kecil daripada abu sawit. Ukuran partikel yang kecil ini menyebabkan luas permukaan *carbon black* lebih besar sehingga terjadi kontak atau interaksi yang lebih baik antara *filler hybrid* yang mengandung *carbon black* lebih banyak dengan polimer [Wang dkk., 2000]. Begitu juga pada TR dengan kadar *filler hybrid* 50 phr.

Untuk *tensile strength* terendah terdapat pada sampel dengan rasio massa *carbon black/abu sawit* 0/100, yaitu 14,1 dan 12,6 MPa, *elongation at break* 1940 dan 1860 %, dan *modulus elastic* 1,25 dan 1,7 MPa. Namun jika dibandingkan dengan TR yang menggunakan *filler carbon black*, *tensile strength* yang diperoleh pada TR dengan *filler carbon black* ini lebih besar. Hal ini karena ukuran partikel *carbon black* yang lebih kecil dibanding dengan abu sawit. Dan jika dibandingkan dengan TR yang menggunakan *filler silika*, *tensile strength* yang diperoleh pada TR yang menggunakan silika jauh lebih rendah. Selain dikarenakan ukuran partikel yang lebih besar dibanding *carbon black*, silika juga cenderung membentuk aglomerasi karena bersifat polar. Gugus hidroksil yang dimiliki silika akan berusaha membentuk ikatan hidrogen dengan molekul silika atau material kimia lain yang bersifat polar [Saowapark, 2005]. *Tensile strength* TR yang dihasilkan berbanding terbalik dengan *elongation at break* yang diperoleh. Seharusnya, penggunaan *carbon black* akan meningkatkan *elongation at break*, namun karena pada TR ini digunakan *filler hybrid carbon black/abu sawit*, maka kemampuan *carbon black* untuk meningkatkan *elongation* berkurang akibat adanya silika yang bersifat meningkatkan kekerasan. Dari sampel TR yang menggunakan *filler*

abu sawit baik yang mengalami perlakuan awal dan tidak, sebagian besarnya dapat direkomendasikan sebagai material *thermoset rubber* yang baik digunakan sebagai kompon ban dalam kendaraan bermotor (kecuali sampel Silika TR) karena memiliki rata-rata nilai *tensile strength* yang lebih besar dari 11,8 MPa dan *elongation at break* besar dari 500 % [SNI 06-1542-2006]. Sampel TR dengan *filler hybrid* yang memiliki *modulus elastic* tinggi terdapat pada rasio *carbon black*/abu sawit 30/70 (*filler* total 30 phr) dan silika pada *filler* total 50 phr. Nilai *modulus elastic* yang tinggi ini dikarenakan *filler* mengandung silika dalam jumlah besar. Sifat dari silika meningkatkan *tensile strength*, *hardness*, *tear strength* dan *abrasion resistance* [Fumito dkk., 2001]. Namun terkadang terjadi penurunan *modulus elastic* walaupun kadar silika lebih tinggi, ini disebabkan proses pencampuran *plasticizer* dan *filler* lebih homogen.

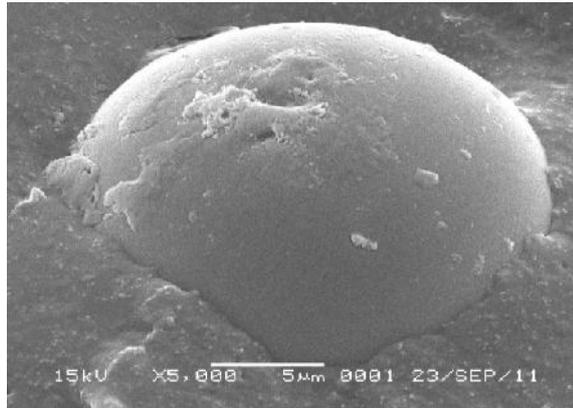
Morfologi

Micrograph SEM TR dengan rasio massa *filler hybrid carbon black*/abu sawit 100/0 dan kadar *filler* 30 phr ditunjukkan pada Gambar 3. Dari gambar tersebut dapat dilihat penyebaran *filler* yang merata pada NR, rongga kosong yang terlihat dari gambar juga lebih sedikit dibanding sampel TR lainnya. Hal ini menyebabkan nilai rata-rata *tensile strength* yang dihasilkan juga baik, yaitu 20,7 MPa. Ukuran partikel *carbon black* yang kecil meningkatkan kemampuan *filler* untuk berinteraksi atau kontak dengan NR.



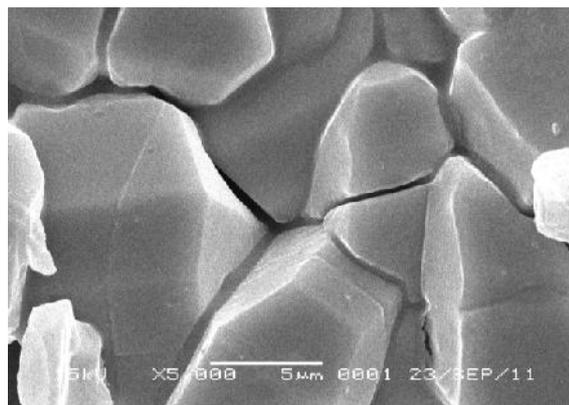
Gambar 3: Micrograph SEM TR dengan Rasio Massa *Filler Hybrid Carbon Black*/Abu Sawit 100/0 dan Kadar *Filler* 30 phr

Pada TR dengan rasio massa *filler hybrid carbon black*/abu sawit 50/50 dan kadar *filler* 30 phr, penyebaran *filler* cukup merata. Pada Gambar 4 terlihat partikel silika yang berinteraksi atau kontak dengan karet, hanya sedikit terdapat rongga kosong. Hal ini berpengaruh terhadap nilai *tensile strength* TR tersebut, dimana *tensile strength* yang dihasilkan lebih rendah dari TR dengan rasio massa *carbon black*/abu sawit 100/0 yaitu 18,5 MPa.



Gambar 4: Micrograph SEM TR dengan Rasio Massa *Filler Hybrid Carbon Black*/Abu Sawit 50/50 dan Kadar *Filler* 30 phr

Sementara pada TR yang menggunakan silika dengan kadar *filler* 30 phr, *filler* tidak terdistribusi dengan baik. Terjadi aglomerasi *filler* hingga TR terlihat pecah-pecah seperti yang terlihat pada Gambar 5. Hal ini terjadi karena adanya kenaikan suhu pada saat mastikasi yang menyebabkan sebagian karet mengalami pra-vulkanisasi sehingga karet mengalami kejenuhan. Ketika silika berinteraksi dengan karet, masih banyak terlihat rongga-rongga kosong yang mengakibatkan nilai *tensile strength* yang diperoleh lebih rendah daripada TR dengan variasi rasio massa *filler lainnya*, yaitu 6,5 MPa.



Gambar 5: Micrograph SEM TR dengan Kadar Silika 30 phr



Gambar 6: Micrograph SEM TR dengan Kadar Abu Sawit 30 phr dan Ukuran Partikel Abu Sawit 200 mesh

Untuk TR dengan *filler* yang mengalami perlakuan awal, hasil terbaik diperoleh pada kadar abu sawit 30 phr dan ukuran partikel abu sawit 200 mesh. Ini dapat terlihat dari Gambar 6, dimana morfologi TR lebih baik dari TR lainnya meskipun masih terdapat rongga-rongga kosong ketika silika berinteraksi dengan karet. Hal ini dipengaruhi kadar *filler* dan ukuran partikel abu sawit yang lebih kecil dibanding TR lainnya. *Tensile strength* yang diperoleh pada TR ini 15 MPa. Sementara TR dengan hasil terburuk diperoleh pada TR yang menggunakan *filler* silika dengan kadar *filler* 30 phr. *Tensile strength* yang diperoleh pun juga rendah, yaitu 6,5 MPa.

4. Simpulan

Penggunaan *filler* abu sawit yang telah di-*furnace* pada suhu 400 °C dapat meningkatkan kadar silika dari *filler* tersebut. Kadar silika yang lebih tinggi ini akan menghasilkan TR dengan nilai *tensile strength* yang lebih tinggi. Ukuran partikel abu sawit dan kadar *filler* yang digunakan juga berpengaruh terhadap *tensile strength* yang dihasilkan. Semakin kecil ukuran dan kadar *filler* abu sawit akan meningkatkan *tensile strength* dan *elongation at break* dari TR. Pada TR yang menggunakan *filler hybrid* tanpa perlakuan awal, diperoleh nilai *tensile strength* yang tinggi sebanding dengan peningkatan kadar *carbon black* didalam *filler hybrid* tersebut dikarenakan ukuran partikel *carbon black* yang lebih kecil daripada abu sawit. *Tensile strength* pada TR dengan *filler hybrid* ini berbanding terbalik dengan nilai *elongation at break*. Hal ini karena adanya silika dari abu sawit yang bersifat meningkatkan *hardness*, sehingga mengurangi kemampuan *carbon black* untuk meningkatkan *elongation*. Pada TR yang menggunakan *filler* dengan ataupun tanpa perlakuan awal, apabila nilai *tensile strength* yang dihasilkan bagus, maka penyebaran *filler* pada NR cenderung baik, hanya sedikit terdapat rongga-rongga kosong pada TR. Hal ini dapat dilihat dari morfologinya.

Pustaka

1. Alexander M., Philip K. dan Eby T. T. Effectiveness of Cardanol as Plasticizer for Silica-Filled Natural Rubber, *ProQuest Science Journals*, **23**, 43-45, 2007.
2. BSNi., Kompon Ban dalam Kendaraan Bermotor, *SNI 06-1542-2006*, 2006.
3. Budiman A. F. S. Recent Development in Natural Rubber Prices, *FAO, Consultation on Agricultural Commodity Price Problems*, Rome, 25-26 March 2002.
4. Chapman A. V. Natural Rubber and NR-based polymers: Renewable Materials with Unique Properties, Tun Abdul Razak Research Centre, Malaysian Rubber Board, 2007.
5. Fumito Y., Nozomu S., Masayoshi I. dan Hiroyuki K. Effects of Secondary Structure of Fillers on the Mechanical Properties of Silica Filled Rubber Systems, *Polymer*, **42**, 9523-9529, 2001.
6. Graham dan Zhang. Rubber Products-Thermoset Rubber, <http://www.chinamould.com>, 2008.
7. Peng, Yam Kok. The Effect of Carbon Black and Silica Fillers on Cure Characteristics and Mechanical Properties of Breaker Compounds, *Master of Science Thesis*, Universitas Science Malaysia, 2007.
8. Saowapark T. Reinforcement of Natural Rubber with Silica/Carbon Black Hybrid Filler, *Thesis*, Mahidol University, 2005.
9. Wang M. J., Zhang P. dan Mahmud K. Carbon Silica Dual Phase Filler, A New Generation Reinforcing Agent for Rubber, *Wilson Applied Science and Technology*, **74**, 124-128, 2001
10. Wang M. J., Tu H., Murphy L. J. dan Mahmud K. Effect of Functionalization of Carbon Black on Rubber Properties, *Rubber Chem Technology*, **73**, 666, 2000.

Pengaruh *Filler* Abu Sawit dan *Plasticizer* *Minarex* terhadap Morfologi dan Sifat *Thermoplastic Vulcanizate* (TPV) Berbasis Karet Alam

Bahrudin*, M Ihsan Saputra, Permata T Hagana S, Irdoni HS

Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Bina Widya KM 12.5 Panam – Pekanbaru
Telp./Fax. 0761-566937

*bahrudin02@yahoo.com

ABSTRAK

Pembuatan Thermoplastic Vulcanizate (TPV) berbasis karet alam (NR) belum komersial. Hal ini disebabkan oleh rendahnya spesifikasi teknis dari produk yang diperoleh. Penelitian ini bertujuan untuk meninjau pengaruh kadar dan ukuran partikel filler abu sawit serta kadar plasticizer minarex terhadap morfologi dan sifat, TPV berbasis karet alam. Penyiapan sampel dilakukan dalam dua tahap, yaitu pembuatan kompon karet menggunakan roll mill pada suhu kamar dan kecepatan roll 20 rpm dengan bahan-bahan seperti NR, abu sawit sebagai filler, minarex sebagai plasticizer, silika sebagai filler pembanding, sulfur sebagai curative agent, mercaptodibenzothiazylsulfide (MBTS) sebagai vulcanization accelerator, seng oksida (ZnO) dan asam stearat sebagai aktivator dan co-aktivator, trimethylquinone (TMQ) sebagai anti degradant dan pencampuran kompon karet, kompatibilizer maleated anhydrid polipropylene (MAPP) dengan polipropilen (PP) di dalam internal mixer pada suhu 180°C dan kecepatan rotor 60 rpm. Pengujian sampel meliputi uji tarik menggunakan universal testing machine (UTM) dengan standar ISO 527-2 type 5A dan morfologi menggunakan scanning electron microscopic (SEM). Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar kadar filler dan semakin kecil ukuran filler akan meningkatkan tensile strength dan penggunaan plasticizer minarex relatif tidak mempengaruhi distribusi filler dalam fasa karet. Hasil terbaik diperoleh pada ukuran dan kadar filler 50 mesh dan 15 phr serta kadar plasticizer minarex 5 phr. Analisa morfologi memperlihatkan bahwa penggunaan plasticizer yang semakin banyak akan menyebabkan aglomerasi filler sehingga dapat menurunkan sifat mekanik TPV.

Keyword: *abu sawit, minarex, natural rubber (NR), polipropilen (PP)*

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara dengan luas lahan karet terbesar di dunia. Dengan luas areal mencapai 3,43 juta hektar pada tahun 2009, Indonesia mengungguli areal karet Thailand dengan luas 2,76 juta hektar [PTPN VIII, 2010]. Salah satu material yang dapat dikembangkan dari karet alam adalah kombinasi karet alam (NR) dengan polipropilen (PP) sebagai komponen termoplastik yang dikenal dengan *thermoplastic vulcanizate* (TPV). Material ini mempunyai sifat seperti karet yang tervulkanisasi, namun bisa diproses seperti plastik. Penelitian untuk meningkatkan sifat mekanik dari TPV sudah banyak dilakukan dengan berbagai metode. Seperti pembuatan TPV berbasis karet alam dengan tanpa penggunaan filler (Bahrudin, dkk., 2007) dan pembuatan TPV dengan menggunakan *filler* abu sawit (*fly ash*) (Surya, 2010). Namun, hasil penelitian Surya menunjukkan bahwa sifat mekanik yang dihasilkan masih rendah karena kandungan silika dalam abu sawit yang kecil. Pada penelitian ini, abu sawit terlebih dahulu *difurnace* pada suhu 400°C, sehingga kadar

silikanya meningkat. Perlakuan ini dilakukan karena silika dapat meningkatkan *tensile strength*, *hardness*, *tear strength* dan *abrasion resistance*.

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan sifat mekanik dari TPV. Salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan penambahan bahan-bahan aditif seperti *filler* dan *plasticizer*. *Filler* digunakan sebagai komponen pengisi atau penguat dalam matriks karet alam [Hildayati dkk, 2009], dan *plasticizer* berguna untuk mempermudah distribusi *filler* dalam partikel komposit [Alexander, 2007]. *Filler* yang digunakan adalah abu sawit yang mengandung komposisi silika yang cukup tinggi dan *plasticizer* yang digunakan adalah *minarex* yang merupakan jenis *mineral oil* aromatik yang cocok apabila di *blending* dengan karet alam.

2. Metodologi

Bahan

Karet alam yang digunakan adalah jenis SIR-20, diproduksi oleh PT Hervenia Kampar Lestari, Riau. Polipropilen yang digunakan sebagai komponen termoplastik adalah Polytam PF1000 yang diproduksi oleh PT Pertamina (persero), Plaju. Abu sawit yang digunakan berukuran 200 mesh yang telah di *furnace* pada suhu 400 °C selama 4 jam yang berasal dari pabrik CPO Sarikat Putra Riau, Indonesia. Sulfur digunakan sebagai *curative agent*, produksi oleh PT. Ganda Mekar, Indonesia. Mercaptodibenzo thiazole disulfide (MBTS) digunakan sebagai akselerator, diproduksi oleh Nanjing Chemical Plant, China. *Zinc oxide* digunakan sebagai aktivator, diproduksi oleh Global Chemical, Thailand. Asam stearat digunakan sebagai ko-aktivator, diproduksi oleh PT. Sumi Asih Oleochemical Industry, Indonesia. Trimethylquinone (TMQ) tipe Flectol TMQ digunakan sebagai anti degradant, produksi oleh Flexys, Germany. *Minarex* digunakan sebagai *plasticizer*, diproduksi oleh PT. Pertamina (persero).

Alat

Peralatan yang digunakan untuk pembuatan kompon karet yaitu roll mill dengan spesifikasi: control speed Toshiba UF-S9 400 volt, 3,7 kw; motor Teco 1440 rpm, 5 hp; diameter roll 10 cm dan panjang roll 35 cm. Internal mixer jenis Labo Plastomill, kapasitas 50 cc sebagai alat utama pencampur karet mastikasi dengan polipropilen. Untuk proses vulkanisasi sekaligus pembentukan slab digunakan Hot Press dan Cold Press jenis Gonno Hydraulic Press, kapasitas 210 kg/cm². Peralatan yang digunakan untuk menguji spesimen blend meliputi: Universal Testing Machine, model UCT-5T produksi Orientec Co. Ltd dengan metode standar berdasarkan ISO 527-2 yang digunakan untuk pengujian sifat mekanik dan analytical scanning electron microscope tipe JSM-6360LA, produksi JEOL Jepang untuk pengamatan morfologi.

Penyiapan sampel

Pembuatan kompon karet dilakukan dengan menggunakan roll mill yang dilakukan pada suhu ruang. Kompon karet merupakan campuran yang terdiri dari SIR-20, *filler*, *plasticizer*, ZnO, asam stearat, TMQ, MBTS, dan sulfur. Berikut ini merupakan urutan proses pencampuran yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Schedule Pencampuran Material Kompon Karet Menggunakan Roll Mill

Aktivitas	Jumlah (phr)	Waktu pencampuran (menit)
Mastikasi karet	100	10
Penambahan <i>plasticizer</i>	5, 15, 25	5
Penambahan filler	15, 30, 50	5
Penambahan silika	30	5
Penambahan ZnO	5	1
Penambahan asam stearat	3	1
Penambahan TMQ	1	1
Penambahan MBTS	0,6	2
Penambahan sulfur	3	2
Finishing	-	3

Pada penelitian ini juga dilakukan variasi ukuran *filler* yang digunakan. *Filler* abu sawit yang digunakan berukuran 50, 140 dan 200 mesh dengan perlakuan awal yaitu difurnace pada suhu 400 °C.

Proses pencampuran kompon karet dengan PP dan kompatibilizer MaPP dilakukan di dalam *internal mixer* pada suhu 180°C dan kecepatan rotor 60 rpm selama ± 12 menit. Rasio PP/NR dibuat sebesar 30/70 dan komposisi MAPP sebesar 5% massa. Tahapan - tahapan proses pencampuran dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Schedule Pencampuran Material dalam Internal Mixer

Aktivitas	Menit ke-
Pelelehan PP	0
Penambahan MAPP	4
Penambahan kompon karet	8
Penghentian proses pencampuran	12

Pengujian Sifat Mekanik

Standar yang biasa digunakan untuk material TPV adalah ISO 527-2 type 5A. Sebelum dilakukan analisa uji tarik, sampel campuran PP/Karet alam di bentuk seperti lembaran *flat* dengan menggunakan alat *hot press*. Caranya dengan memotong sampel kecil-kecil (± 1 cm), kemudian potongan sampel ditempatkan pada cetakan (*spisel*) berbentuk persegi dengan panjang sisi 13 cm dan ketebalan 2 mm (ISO 527-2 5A). Kedua permukaan *spisel* ditutupi dengan *glossing plate*. Alat *hot press* dipersiapkan dan diset pada suhu 170 °C, kemudian sampel *dipress* pada tekanan 50 bar selama 10 menit. Setelah itu, sampel didinginkan dengan *cold press* pada suhu ruang dan tekanan 50 bar selama 5 menit dan terbentuklah sampel campuran PP/NR dalam bentuk lembaran-lembaran.

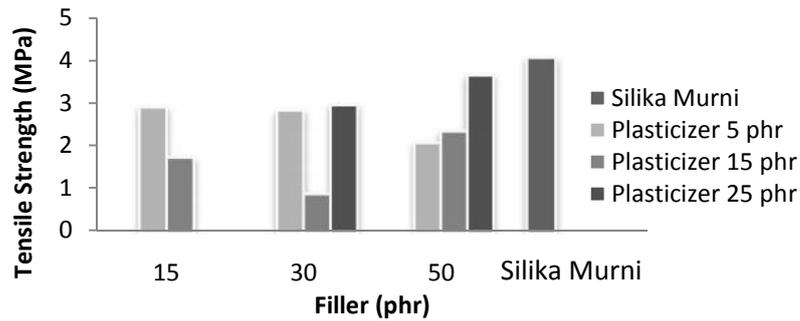
Tahap berikutnya adalah pemotongan lembaran untuk membentuk spesimen menggunakan alat *dumbbell*. Jumlah spesimen pada uji tarik minimal 4 spesimen yang dipotong dari setiap titik pada lembaran sampel. Setelah itu, dilakukan uji tarik dengan beban 100 kgf dan kecepatan 500 mm/menit. Hasil uji tarik yang diperoleh berupa grafik hubungan tegangan (*stress*) terhadap regangan (*strain*) dari masing-masing spesimen uji. Sifat mekanik yang diuji adalah tensile *strength* dan *elongation at break*.

Pengujian Scanning Elektron Microscopy (SEM)

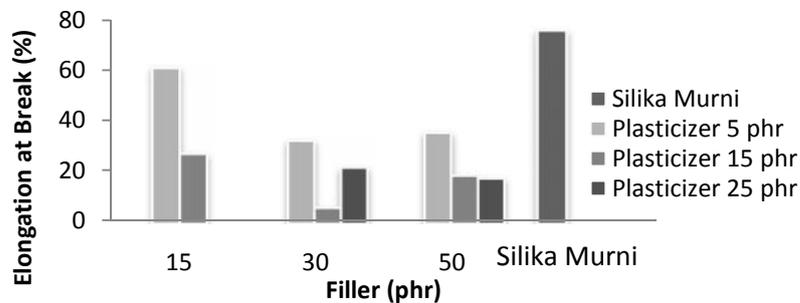
Pengujian SEM dilakukan dengan terlebih dahulu sampel direndam dalam nitrogen cair. Hal ini bertujuan untuk menghindari perubahan bentuk permukaan sampel ketika dipatahkan, karena bagian yang akan diuji adalah pada permukaan patahan dari sampel. Selanjutnya sampel dilapisi dengan emas menggunakan ion sputter JFC-1100 untuk menghindari timbulnya muatan elektrostatik pada saat dilakukan pengujian. Hasil pengujian SEM berupa mikrograf dengan perbesaran 100 sampai 5000 kali perbesaran. Hasil SEM ini digunakan untuk mengamati distribusi dan ukuran partikel karet alam skala mikron.

3. Hasil

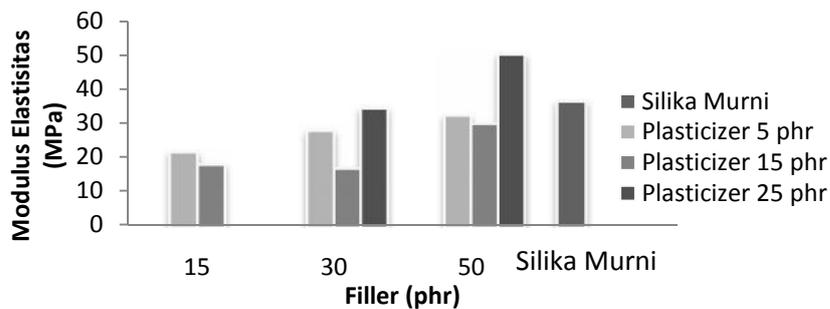
Sifat mekanik untuk TPV yang menggunakan variasi rasio *plasticizer* minarex (5, 15 dan 25 phr) dan variasi rasio abu sawit yang telah difurnace (15, 30 dan 50 phr) ditunjukkan pada Gambar 1, 2 dan 3. Abu sawit yang telah difurnace pada suhu 400 °C telah meningkat kadar silikanya. Sebelumnya kadar silika dalam abu sawit adalah 50,62%, dan setelah difurnace kadar silika meningkat menjadi 64,71%. Kadar *plasticizer* dan filler yang digunakan mempengaruhi tensile *strength*, *elongation at break* dan *modulus elastic* dari TPV. Tensile *strength* mengalami penurunan seiring dengan semakin banyaknya penambahan *plasticizer*. Ini disebabkan karena *plasticizer* dalam jumlah banyak dapat menurunkan viskositas yang tidak dapat dikendalikan campuran, sehingga dapat mengurangi stiffness (pengerasan) pada saat vulkanisasi [Ciesielski, 1999]. Ini terlihat dari variasi *plasticizer* 15 phr dan filler 15 phr yang menurun setelah penambahan penambahan *plasticizer* dari 5 phr menjadi 15 phr. Tensile *strength* menurun dari 2,83 Mpa menjadi 1,70 Mpa. Penambahan *plasticizer* harus diikuti dengan penambahan *filler* yang seimbang sehingga menghasilkan sifat mekanik yang tinggi. Seperti yang terlihat pada sifat tensile *strength* dan *modulus elastic* terbaik yang ada pada variasi *plasticizer* 25 phr dan filler 50 phr yang menghasilkan nilai sebesar 3,57 MPa dan 49,4 MPa. Penggunaan *plasticizer* dapat membantu proses penyebaran *filler* di dalam campuran PP/NR, karena *plasticizer* yang ditambahkan dapat memutuskan ikatan rantai polimer pada karet dan molekul *plasticizer* dapat menembus ke dalam matriks polimer [Alexander, 2007]. Penggunaan filler abu sawit yang mengandung komposisi silika yang sangat tinggi dapat meningkatkan tensile *strength*, *hardness*, *tear strength* dan *abrasion resistance* [Fumito, 2001]. Sifat *elongation at break* terbaik terdapat pada *plasticizer* 5 phr dan *filler* 15 phr. Ini disebabkan kadar *plasticizer* yang tidak terlalu banyak dan *minarex* merupakan jenis *plasticizer mineral oil aromatic* yang dapat meningkatkan *flexibility*, *workability* dan *elongation*. [Wypych, 2004]. Namun pada variasi *plasticizer* 15 phr dan filler 30 phr terjadi penurunan sifat tensile *stength*, *elongation at break* dan *modulus elastic* yang sangat drastis. Ini disebabkan terjadinya aglomerasi filler yang menyebabkan kurang meratanya penyebaran filler. Silika dalam abu sawit memiliki interaksi yang lemah dengan polimer dan memiliki kecenderungan yang kuat untuk menggumpal (aglomerasi) serta membentuk jaringan-jaringan *filler* pada kompon karet [Wang, 2001]. Hal ini disebabkan oleh permukaan silika yang polar, yang memiliki gugus hidroksil dan akan berusaha membentuk ikatan hidrogen dengan molekul silika atau dengan material kimia lain yang bersifat polar [Saowapark, 2005]. Akibat terjadinya penggumpalan, proses distribusi filler tidak optimal dan menyebabkan fasa campuran menjadi tidak stabil dan rapuh.



Gambar 1: Pengaruh Kadar *Plasticizer Minarex* dan Kadar *Filler* Abu Sawit terhadap *Tensile Strength* pada TPV



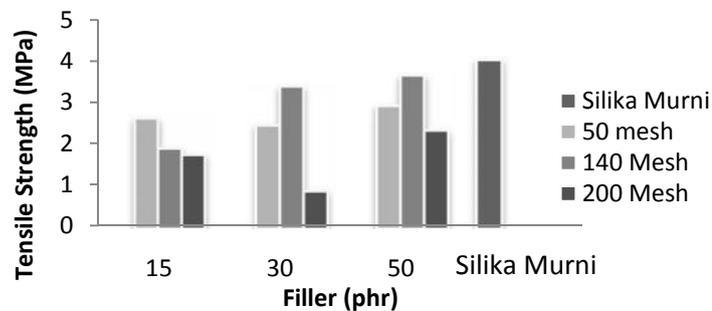
Gambar 2: Pengaruh Kadar *Plasticizer Minarex* dan Kadar *Filler* Abu Sawit terhadap *Elongation at Break* pada TPV



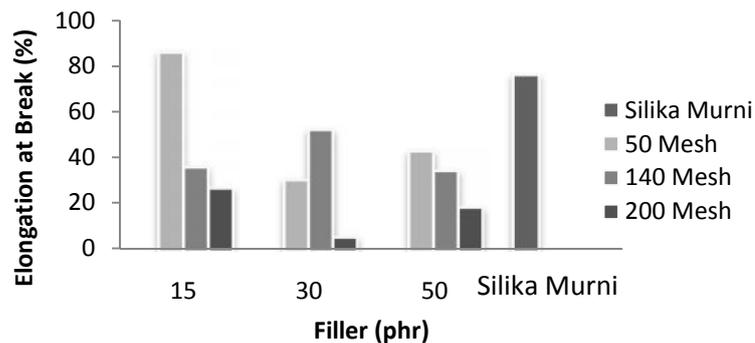
Gambar 3: Pengaruh Kadar *Plasticizer Minarex* dan Kadar *Filler* Abu Sawit terhadap *Modulus Elastic* pada TPV

Sifat mekanik untuk TPV yang menggunakan variasi ukuran *filler* abu sawit (50, 140 dan 200 mesh) dan variasi kadar *filler* abu sawit yang telah difurnace (15, 30 dan 50 phr) ditunjukkan pada Gambar 4, 5 dan 6. *Tensile strength* tertinggi terdapat pada sampel TPV dengan ukuran partikel abu sawit 140 mesh dan kadar abu sawit 50 phr, yaitu 3,59 MPa. *Tensile strength* akan mengalami peningkatan seiring dengan semakin kecilnya ukuran *filler* sehingga luas permukaan menjadi besar yang memudahkan *filler* untuk berinteraksi dengan karet [Peng, 2007]. *Elongation at break* terbaik terdapat pada ukuran partikel 50 mesh dan

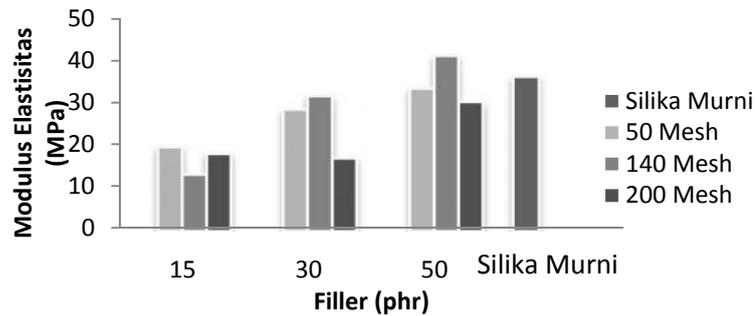
kadar *filler* 15 phr. Ini disebabkan tidak terlalu banyaknya jumlah *filler* yang ditambahkan sehingga nilai *elongation at break* tidak menurun. Karena penggunaan *filler* yang semakin banyak akan memperkuat tensilnya [Fumito,2001]. Tetapi TPV pada *filler* ukuran 200 mesh dan kadar *filler* 30 phr terjadi penurunan *tensile strength* dan *elongation at break* yang signifikan, yaitu pada nilai 0,87 MPa dan 6%. Hal ini dikarenakan terjadinya aglomerasi pada saat pencampuran *filler* sehingga *filler* tidak terdistribusi merata. *Filler* abu sawit yang telah difurnace mengandung kadar silika tinggi memiliki interaksi yang lemah dengan polimer dan memiliki kecenderungan yang kuat untuk menggumpal (aglomerasi) serta membentuk jaringan-jaringan *filler* pada kompon karet [Wang, 2001]. Sampel TPV yang menghasilkan *modulus elastic* tertinggi terjadi pada ukuran *filler* 140 mesh dan kadar 50 phr. Nilai modulus elastic yang tinggi ini dikarenakan *filler* mengandung silica dalam jumlah besar. Sifat dari silika meningkatkan *tensile strength*, *hardness*, *tear strength* dan *abrasion resistance* [Fumito, 2001]. Namun terkadang terjadi penurunan modulus elastic walaupun kadar silika lebih tinggi, ini disebabkan proses pencampuran plasticizer dan *filler* lebih homogen.



Gambar 4: Pengaruh Ukuran *Filler* dan Kadar *Filler* Abu Sawit terhadap *Tensile Strength* pada TPV



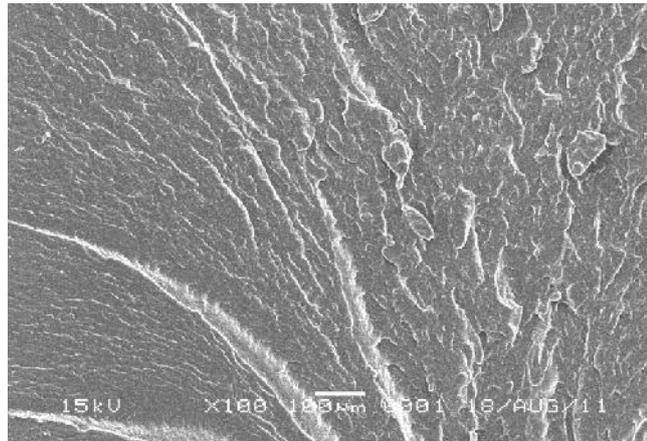
Gambar 5: Pengaruh Ukuran *Filler* dan Kadar *Filler* Abu Sawit terhadap *Elongation at Break* pada TPV



Gambar 6: Pengaruh Ukuran *Filler* dan Kadar *Filler* Abu Sawit terhadap *Modulus Elastic* pada TPV

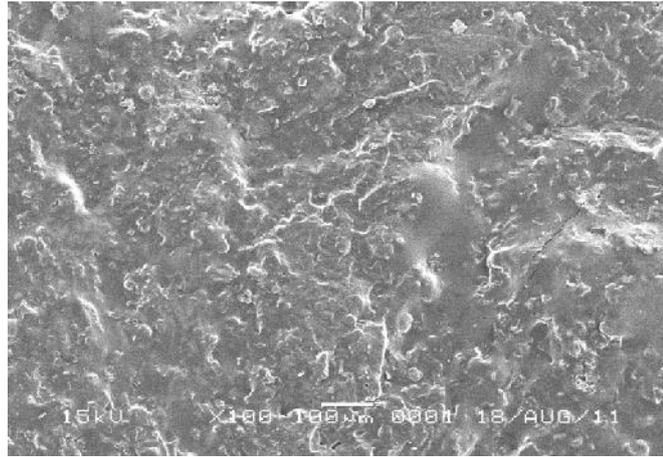
Morfologi

Mikrograf SEM TPV yang menunjukkan penyebaran *filler* yang merata dapat dilihat pada penggunaan *filler* silika murni. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 7. Ukuran partikel silika yang sangat kecil menyebabkan *filler* terdistribusi secara merata pada fasa karet sehingga tidak terjadi aglomerasi. Sehingga menghasilkan sifat yang baik juga, yaitu *tensile strength* dan *elongation at break* sebesar 3,98 MPa dan 75%.



Gambar 7: Mikrograf SEM TPV pada Penggunaan *Filler* Silika

Pada TPV dengan kadar *plasticizer* 15 phr, ukuran dan komposisi *filler* 200 mesh dan 30 phr, penyebaran *filler* kurang merata, karena penambahan *plasticizer* sehingga terjadi aglomerasi *filler* seperti yang terlihat pada Gambar 8. Hal ini berpengaruh terhadap nilai *tensile strength* dan *elongation at break* TPV tersebut, dimana nilai yang dihasilkan sangat rendah yaitu 0,87 MPa dan 6%. Morfologinya terlihat dari mikrograf SEM dimana terdapat lekukan dan patahan yang disebabkan oleh aglomerasi *filler*.



Gambar 8: Mikrograf SEM TPV pada Kadar Plasticizer 15 phr, Ukuran dan Komposisi filler 200 mesh dan 30 phr

Kesimpulan

Penggunaan *plasticizer* yang semakin banyak akan menurunkan sifat mekanik TPV yang dihasilkan. Namun penambahan *plasticizer* harus diikuti dengan penambahan *filler* agar dihasilkan sifat mekanik yang lebih baik. Penggunaan *filler* abu sawit yang telah difurnace pada suhu 400°C meningkatkan kadar silika yang membantu menghasilkan tensile strength yang lebih baik pada TPV. Ukuran partikel dan kadar *filler* abu sawit yang digunakan juga berpengaruh terhadap *tensile strength* yang dihasilkan. Semakin kecil ukuran dan kadar *filler* abu sawit akan meningkatkan *tensile strength* dan *elongation at break* dari TPV. Pada TPV yang menggunakan penambahan *plasticizer* tanpa diikuti penambahan *filler* akan menghasilkan aglomerasi *filler* dan penyebaran *filler* yang tidak merata sehingga dihasilkan sifat mekanik dari TPV yang menurun. Hal ini dapat dilihat dari morfologinya.

Pustaka

1. Alexander, M., P. Kurian., dan E. T. Thachil., Effectiveness of Cardanol as Plasticizer for Silica-Filled Natural Rubber, *ProQuest Science Journals*, 23, 43-45, 2007.
2. Bahruddin, Sumarno, G. Wibawa, dan N. Soewarno, 2007, The Effect of Maleated Polypropilene on the Morphology and Mechanical Properties of Dynamically Vulcanized Natural Rubber/Polypropilene Blends, *Proceeding of 14th Regional Symposium on Chemical Engineering*, Yogyakarta, 4-5 Desember 2007.
3. Ciesielski, Andrew, 1999, An Introduction to Rubber Technology, *Rapra Technology Limited*, United Kingdom.
4. Fumito, Y., dkk, Effects of Secondary Structure of Fillers on the Mechanical Properties of Silica Filled Rubber Systems, *Polymer*, 42, 9523-9529, 2001.
5. Gusnita, I., 2010, Pengaruh Rasio Massa Abu Sawit–Karet Alam Terhadap Morfologi dan Sifat Material *Thermoplastic Vulkanizate*, *Skripsi*, Universitas Riau.
6. Hildayati, dkk, 2009, Sintesis dan Karakterisasi Bahan Komposit Karet Alam-Silika,, *Seminar Nasional Pascasarjana IX*, Surabaya, 12 Agustus 2009.
7. Peng, Yam Kok., The Effect of Carbon Black and Silica Fillers on Cure Characteristics and Mechanical Properties of Breaker Compounds, *Master of Science Thesis*, Universitas Science Malaysia, 2007.
8. PTPN VIII, 2010, Produk Kebun Karet Indonesia Rendah, <http://pn8.co.id/>, 6 Mei 2011 Saowapark, T., Reinforcement of Natural Rubber with Silica/Carbon Black Hybrid Filler, *Thesis*, Mahidol University, 2005

9. Wang, M. J., Zhang, P., dan Mahmud, K., Carbon Silica Dual Phase Filler, A New Generation Reinforcing Agent for Rubber, *Wilson Applied Science and Technology*, 74, 124-128, 2001
10. Wang, M. J., Tu, H., Murphy, L. J., dan Mahmud, K., Effect of Functionalization of Carbon Black on Rubber Properties, *Rubber Chem Technology*, 73, 666, 2000
11. Wypych, G., 2004, Handbook of Plasticizer, Chemtec Publishing, Toronto.

Pengaruh Rasio Massa Filler Hibrid Abu Sawit (Fly Ash)/Carbon Black dan Plasticizer Minarex Terhadap Morfologi dan Sifat Komposit Polipropilen/Karet Alam

Nirwana*, Aska Ramadhan, Baihaki, Ida Zahrina, Bahruddin

Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Riau

Kampus Bina Widya KM 12.5 Panam – Pekanbaru

Telp./Fax. 0761-566937; Email: nirwana.hamzah@yahoo.com

Abstrak

Pembuatan TPV berbasis karet alam belum komersial. Hal ini disebabkan oleh rendahnya spesifikasi teknis dari produk yang diperoleh. Penelitian ini bertujuan untuk meninjau pengaruh penggunaan filler hibrid abu sawit/carbon black dan plasticizer minarex terhadap morfologi dan sifat komposit PP/NR. Blend dilakukan dengan menggunakan roll mill dengan kondisi operasi pada suhu kamar dan kecepatan putar roll 20 rpm. Vulkanisasi dinamik dilakukan di dalam internal mixer dengan perbandingan rasio massa tetap PP/NR 30/70 pada suhu 180 °C dan kecepatan rotor 60 rpm. Sulfur digunakan sebagai vulcanizing agent, komposisi sulfur yang digunakan adalah 3 phr (per hundred rubber).

Properti yang di analisa adalah kekuatan tarik (tensile strength) campuran PP/NR yang diuji dengan menggunakan alat universal testing machine, standar yang digunakan adalah ISO 527-2 type 5A. Morfologi campuran di analisa dengan menggunakan alat Scanning Electron Microscopy (SEM). Hasil menunjukkan bahwa sifat mekanik terbaik diperoleh pada campuran PP/NR dengan penambahan filler hibrid 50 phr (per hundred rubber) dan plasticizer minarex 5 phr. Analisa morfologi memperlihatkan bahwa penggunaan komposisi abu sawit (fly ash) yang terlalu banyak akan menyebabkan aglomerasi filler yang dapat menurunkan sifat mekanik material. Hal ini terlihat dari mikrograf SEM dimana terdapat lekukan dan patahan yang disebabkan oleh aglomerasi filler.

Keywords : filler hibrid; karet alam (natural rubber); polipropilen (PP); minarex.

1. Pendahuluan

Salah satu produk yang dapat dikembangkan dari karet alam adalah *thermoplastic vulcanizate (TPV)*. Material TPV memiliki karakteristik pengolahan dari *thermoplastic* dan

kinerja fungsional dari karet tervulkanisasi (Sabet, 2000). TPV yang sangat populer pada saat ini adalah Polipropilen/EPDM (Etilen-propilen-diene-monomer) yang mempunyai beberapa keunggulan sifat. Campuran kedua bahan ini menghasilkan produk-produk terutama dalam industri mobil seperti bumper, panel pintu, kibasan lumpur (*mudflaps*) dan bagian dalam mobil (*interior*).

Akan tetapi, EPDM adalah karet sintetis yang harus diimport dari luar negeri sehingga biaya pengadaannya relatif mahal (Surya, dkk., 2008). Beberapa peneliti sudah mengembangkan metode-metode untuk meningkatkan sifat dan morfologi TPV berbasis karet alam. Metode yang digunakan antara lain vulkanisasi dinamik pada pembuatan PP/EPDM (Naskar, 2004). Selanjutnya penggunaan *filler* silika/*carbon black* dalam pembuatan TR (*Thermoset Rubber*) (Saowapark, 2005). Penelitian juga pernah dilakukan pada pembuatan TPV berbasis karet alam tanpa menggunakan *filler* (Bahruddin, dkk., 2007) dan *filler* abu sawit (*fly ash*) (Gusnita, 2010). Dari penelitian-penelitian tersebut, hasilnya belum sesuai dengan yang diharapkan yaitu menghasilkan material TPV yang memiliki sifat mekanik yang tinggi menggunakan bahan yang murah dan mudah didapat.

2. Metodologi

Bahan

Penelitian dilakukan dengan metode eksperimen. Bahan-bahan yang digunakan meliputi plastik polipropilen (PP) sebagai komponen termoplastik, karet alam (NR) jenis SIR 20 sebagai komponen elastomer, abu sawit/*carbon black* sebagai *filler* hibrid, sulfur sebagai *vulcanizing agent*, Ma-g-PP sebagai *compatibilizer*, MBTS sebagai *accelerator*, Seng Oksida (ZnO) dan Asam Stearat sebagai aktivator dan co-aktivator, *Trimethylquinone* (TMQ) sebagai anti *degradant*, Nitrogen Cair sebagai bahan pengeras sampel uji SEM, Minarex sebagai *plasticizer*.

Peralatan

Peralatan yang digunakan yaitu peralatan untuk persiapan sampel TPV meliputi *roll mill*, *internal mixer* dan peralatan untuk pengujian sampel meliputi *hot press*, alat potong *Dumbbell*, peralatan uji *stress-strain* yaitu *universal testing machine*, peralatan untuk pengamatan morfologi sampel skala mikron yaitu *Scanning Electron Microscopy* (SEM), peralatan untuk uji penyerapan air, peralatan untuk uji kadar air abu sawit, *Atomic Absorption Spectrophotometric* (AAS).

Penyiapan Blend

Proses penyiapan kompon karet dapat dilakukan dengan cara penambahan *filler* dan bahan aditif pada *roll mill*. Karet alam (*Natural Rubber*) dan *plasticizer minarex* dicampur terlebih dahulu dalam alat *roll mill* pada suhu kamar (± 30 °C) dengan kecepatan putaran *roll* 20 rpm. Karet dan *plasticizer* dimastikasi dengan menggiling karet alam dan *plasticizer* selama ± 15 menit sampai teksturnya halus dan lunak, kemudian ditambahkan abu sawit/*carbon black* (*filler*), dilanjutkan dengan penambahan bahan aditif TMQ selama ± 5 menit. Setelah itu ditambahkan ZnO, asam stearat, dan MBTS secara berturut-turut. Kemudian ditambahkan sulfur sebagai bahan *vulcanizing* untuk memvulkanisasi karet. Setelah semua bahan aditif ditambahkan, maka dilakukan penggilingan/mastikasi akhir selama ± 5 menit. Di dalam *internal mixer* dilakukan pencampuran kompon karet dengan PP dan Ma-g-PP, pada suhu 180°C dan kecepatan

rotor 60 rpm selama \pm 10 menit. Berdasarkan penelitian Gusnita (2010), rasio PP/NR dibuat sebesar 30/70 dan komposisi MAPP sebesar 5% massa.

Tabel 1 : Tahapan Proses Pencampuran Material dalam *Roll Mill*

Tahapan	Aktivitas	Waktu Proses (menit ke)
1	Karet alam(<i>Natural Rubber</i>)	-
2	Penambahan <i>Minarex</i>	5
3	Abu sawit/ <i>carbon black</i> (<i>Filler</i>)	20
4	Penambahan TMQ	40
5	Penambahan ZnO	45
6	Penambahan Asam Stearat	55
7	Penambahan MBTS	70
8	Penambahan Sulfur	80
9	Penghentian proses pencampuran	85

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

Tahapan	Aktivitas	Waktu Proses (menit ke)
1	Pelelehan PP	-
2	Penambahan Ma-g-PP	4
3	Penambahan kompon karet	6
4	Penghentian proses pencampuran	10

Pengujian Sifat Mekanik

Untuk material TPV, standar yang biasa digunakan adalah ISO 527-2 5A. Sebelum dilakukan analisa uji tarik, sampel campuran PP/Karet alam di bentuk seperti lembaran *flat* dengan menggunakan alat *hot press*. Caranya dengan memotong sampel kecil-kecil (\pm 1 cm), kemudian potongan sampel ditempatkan pada cetakan (*spisel*) berbentuk persegi dengan panjang sisi 13 cm dan ketebalan 2 mm (ISO 527-2 5A). Kedua permukaan *spisel* ditutupi dengan *glossing plate*. Alat *hot press* dipersiapkan dan diset

pada suhu 180 °C, kemudian sampel yang telah berada didalam cetakan dipanaskan hingga mencair sempurna. Setelah itu, sampel dipress dengan tekanan 10 bar secara berulang-ulang (± 15 kali). Kemudian sampel dipress kembali pada tekanan 50 bar selama 2 menit. Setelah itu, sampel didinginkan dan terbentuklah sampel campuran PP/NR dalam bentuk lembaran-lembaran.

Tahap berikutnya adalah pemotongan lembaran untuk membentuk spesimen menggunakan alat *dumbbell*. Jumlah spesimen pada uji tarik minimal 4 spesimen yang dipotong dari setiap titik pada lembaran sampel. Setelah itu, dilakukan uji tarik dengan beban 100 kgf dan kecepatan 500 mm/menit. Hasil uji tarik yang diperoleh berupa grafik hubungan tegangan (*stress*) terhadap regangan (*strain*) dari masing-masing spesimen uji. Sifat mekanik yang diuji adalah tensile strength dan elongation at break.

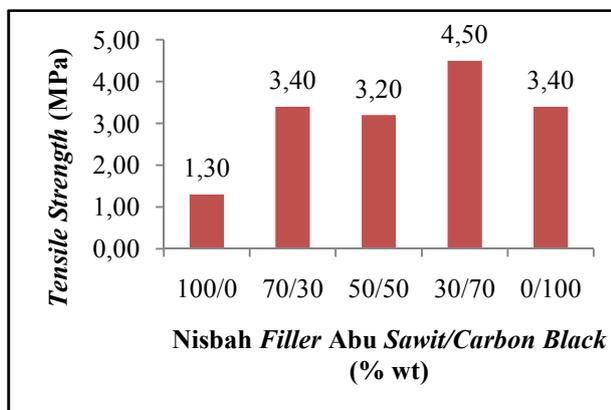
Pengujian Scanning Elektron Microscopy (SEM)

Sebelum dilakukan analisa SEM, sampel yang akan *discan* terlebih dahulu di rendam di dalam nitrogen cair selama ± 2 menit agar tekstur campuran menjadi keras dan awet. Kemudian sampel dipatahkan. Perendaman sampel pada nitrogen cair bertujuan agar permukaan sampel tidak rusak pada saat dipatahkan. Setelah itu, sampel di rendam di dalam larutan *siklohexane* selama 12 jam agar fasa karet yang terdistribusi kedalam matriks PP larut. Dengan ini akan terlihat jelas distribusi karet alam di dalam matriks plastik yang ditunjukkan dengan ruang kosong pada permukaan sampel. Kemudian sampel dilapisi emas (*coating* emas) agar sampel bersifat konduktor. Setelah itu sampel *discan* dengan perbesaran 1500x sampai 10.000x. Perbesaran ini dipilih karena memungkinkan untuk dapat mengamati distribusi abu sawit di dalam kompon karet dengan cukup jelas (Gusnita, 2010).

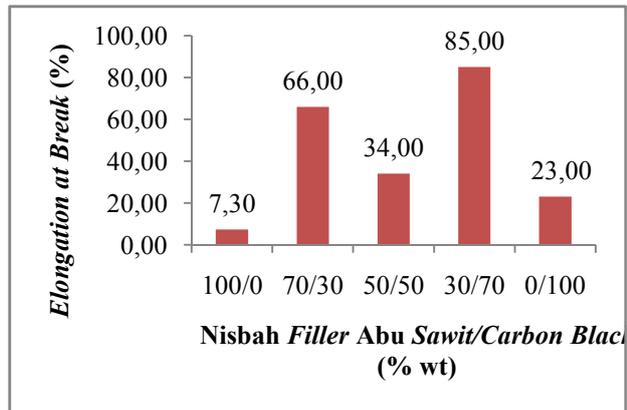
3. Hasil dan Diskusi

Sifat Mekanik

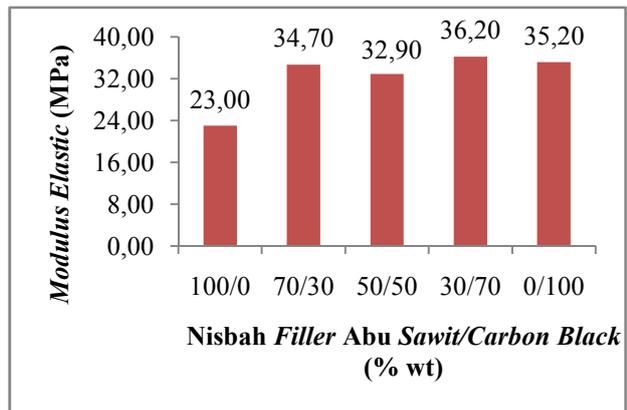
Parameter yang menjadi dasar utama dalam menilai sifat mekanik suatu material adalah nilai *tensile strength*, *elongation at break* dan *modulus elastic*. Hasil analisa uji tarik material campuran PP/NR untuk variasi nisbah *filler* hibrid dapat dilihat pada Gambar 1, 2 dan 3.



**Gambar 1 : Pengaruh Nisbah *Filler* Hibrid Abu Sawit/
Carbon Black terhadap *Tensile Strength*
dari Material TPV (Massa *filler* 50 phr)**



**Gambar 2 : Pengaruh Nisbah *Filler* Hibrid Abu Sawit/
Carbon Black terhadap *Elongation at Break*
dari Material TPV (Massa *filler* 50 phr)**

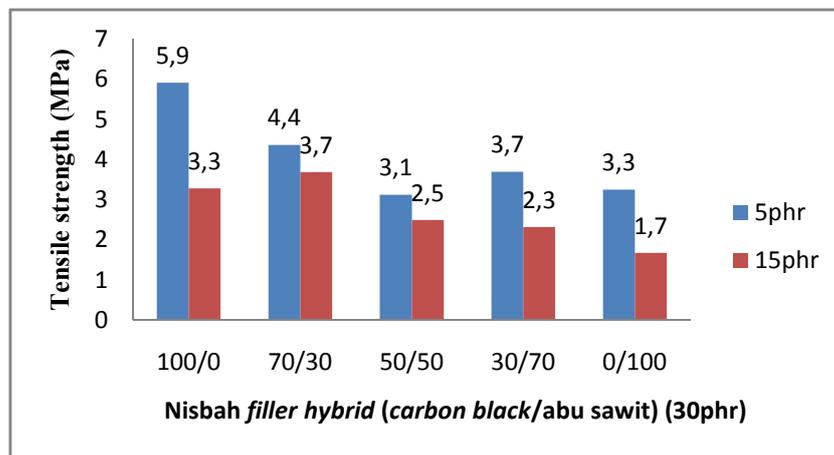


**Gambar 3 : Pengaruh Nisbah *Filler* Hibrid Abu Sawit/
Carbon Black terhadap *Modulus Elastic*
dari Material TPV (Massa *filler* 50 phr)**

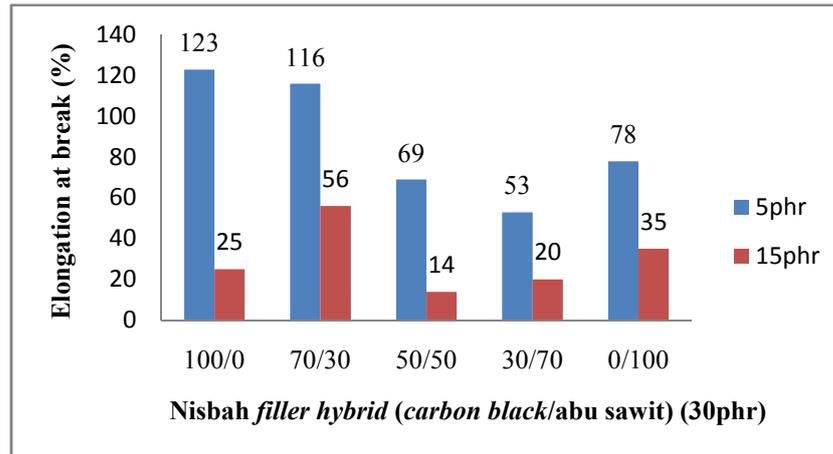
Berdasarkan hasil *tensile strength* pada Gambar 1, komposisi abu sawit di dalam *filler* hibrid dapat mempengaruhi nilai dari *tensile strength*. Dari hasil pengujian, kadar silika yang ada di dalam abu sawit adalah sebesar 57%. Silika memiliki interaksi yang lemah dengan polimer dan memiliki kecenderungan yang kuat untuk menggumpal (aglomerasi) serta membentuk jaringan-jaringan *filler* pada kompon karet (Wang, 2001). Hal ini disebabkan oleh permukaan silika yang polar, yang memiliki gugus hidroksil dan akan berusaha membentuk ikatan hidrogen dengan molekul silika atau dengan material kimia lain yang bersifat polar (Saowapark, 2005). Akibat terjadinya penggumpalan, proses distribusi *filler* tidak optimal dan menyebabkan fasa campuran menjadi tidak stabil dan rapuh.

Sedangkan *carbon black* yang juga digunakan sebagai *filler*, memiliki karakteristik yang berbeda dengan abu sawit. *Carbon black* memiliki luas permukaan yang tinggi, hal ini disebabkan partikel *carbon black* memiliki ukuran nano. Sehingga akan memberikan gaya antar fasa (*interfacial force*) yang besar antara *filler* dengan polimer sehingga menjaga kestabilan elastisitas campuran dan akibat dari tingginya aktivitas permukaan juga akan berdampak buruk karena memberikan panas yang tinggi (Wang, 2001).

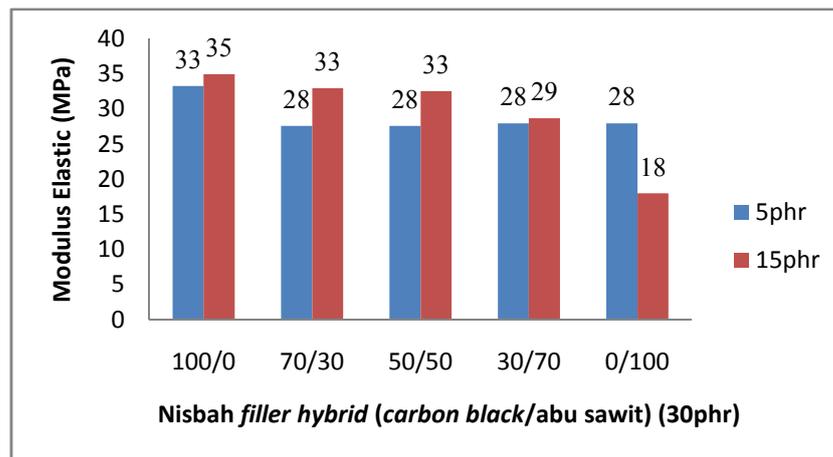
Ketika proses vulkanisasi terjadi ikatan *crosslink* dengan rantai sulfur yang masih panjang menjadi cepat putus, kemudian akibat dari dampak panas yang tinggi yang diberikan *carbon black*, akan cepat terbentuk ikatan *cyclic sulfide* yaitu ikatan sulfur dengan atom C terdekat pada molekul-molekul karet alam. Hal dapat menyebabkan penggumpalan pada fasa karet alam, sehingga interaksi *filler* dengan karet alam menjadi lemah.



Gambar 4: Pengaruh Penambahan *Plasticizer Minarex* untuk setiap nisbah *filler hybrid* terhadap *Tensile Strength*



Gambar 5: Pengaruh Penambahan *Plasticizer Minarex* untuk setiap nisbah *filler hybrid* terhadap *Elongation at Break*



Gambar 6: Pengaruh Penambahan *Plasticizer Minarex* untuk setiap nisbah *filler hybrid* terhadap *Elastic Modulus*

Dari Gambar 4, 5 dan 6 dapat dilihat pengaruh penambahan *plasticizer* untuk setiap nisbah *filler hybrid* dalam 30 phr pada campuran PP/NR terhadap *tensile strength*, *elongation at break* dan *elastic modulus*. Sifat *tensile strength* mengalami penurunan ketika penambahan *plasticizer minarex* 5 phr menjadi 15 phr yaitu sebesar 33,925% untuk rata-rata setiap penambahan *filler hybrid*. Penurunan ini terjadi karena kadar *plasticizer* yang bertambah menyebabkan *free volume* pada karet yang seharusnya terisi oleh *filler* akan terisi oleh *plasticizer* itu sendiri, sehingga sifat mekanik dari TPV yang diharapkan dapat meningkat dari penambahan *filler* khususnya nilai *tensile strength* tidak

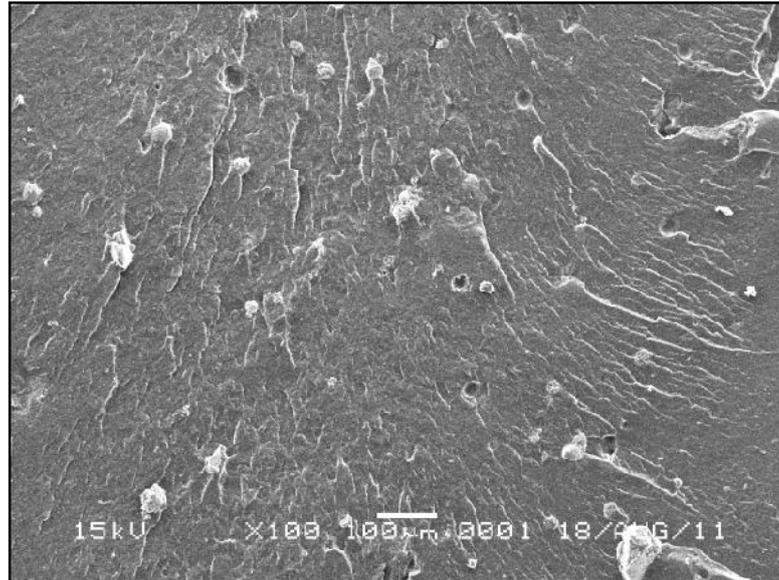
tercapai. *Plasticizer minarex* berfungsi sebagai distributor *filler* pada karet dan dapat menurunkan kekentalan dari karet sehingga interaksi antar molekular pada karet akan semakin kecil dan akan terbentuk *free volume*. Penggunaan *plasticizer minarex* dapat membantu proses penyebaran *filler* di dalam matriks karet, karena *plasticizer* yang ditambahkan dapat memutuskan ikatan rantai polimer pada karet dan molekul *plasticizer* dapat menembus ke dalam matriks polimer (Alexander, 2007)

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa *tensile strength* material TPV dengan kadar *plasticizer minarex* 5 phr cukup baik dan homogen. Namun pada beberapa nisbah *filler* yang dimasukkan kedalam matriks karet, *carbon black* memegang peranan penting dalam peningkatan nilai *tensile strength* dibandingkan dengan abu sawit. Hal ini mungkin saja terjadi karena ukuran partikel *carbon black* yang sangat kecil yaitu 31 nm, memungkinkan persebaran cukup merata di dalam matriks karet dibandingkan dengan ukuran partikel abu sawit yaitu 200 mesh. Nilai *tensile strength* dan *elongation at break* yang baik pada kadar *plasticizer minarex* 5 phr menunjukkan jumlah *plasticizer* dengan kadar yang relatif sedikit akan membantu penyebaran *filler hybrid*, dibandingkan dengan kadar *plasticizer* 15 phr.

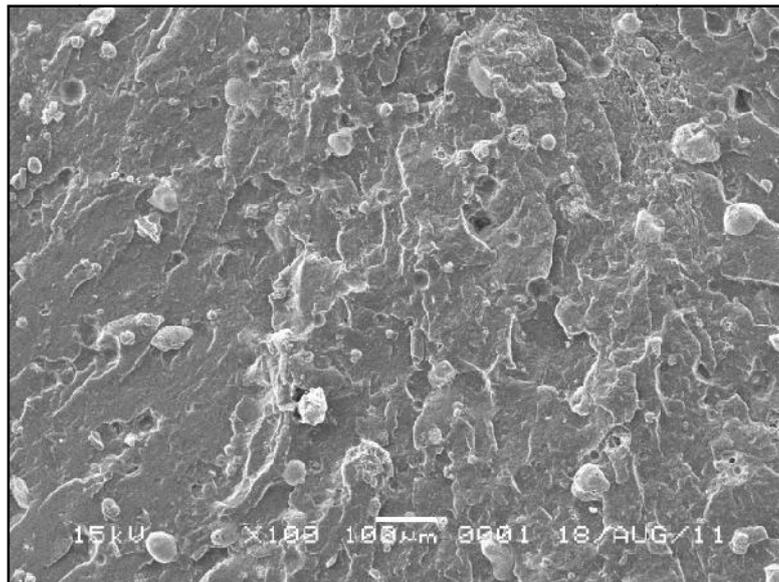
Sifat *tensile* material TPV untuk kadar *plasticizer minarex* 15 phr kurang baik dan tidak homogen. Kondisi seperti ini mengindikasikan bahwa distribusi *filler* di dalam matriks karet tidak merata. Keadaan ini disebabkan oleh sifat *plasticizer* sebagai pendistribusi *filler* tidak optimal akibat *free volume* yang seharusnya terisi oleh partikel *filler* diisi oleh *plasticizer* itu sendiri, karena perbandingan kadar *plasticizer minarex* dan komposisi *filler hybrid* akan optimal dalam jumlah tertentu, menurut Hoffman (1989) kadar *plasticizer* optimal antara 5-25 phr yang digunakan dalam membantu penyebaran *filler* dalam matriks karet, sedangkan komposisi *filler hybrid* optimal dalam matriks menurut Rattanasom (2006) yaitu 30 phr, dan dari penelitian ini dapat disimpulkan perbandingan optimal *plasticizer minarex* dan *filler hybrid* didalam matriks karet yaitu 1:6 phr. Selain itu, adanya *plasticizer* dalam material TPV menyebabkan sifat elastisitas meningkat tetapi kekuatan tarik semakin menurun karena penyebaran *filler* yang tidak merata. Sehingga nilai *tensile strength* dan *elongation at break* yang dihasilkan pada kadar *plasticizer minarex* 15 phr lebih kecil dibandingkan pada kadar *plasticizer minarex* 5 phr.

Morfologi TPV

Morfologi TPV diketahui berdasarkan hasil uji SEM (*Scanning Electron Microscopy*). Pengujian dilakukan pada permukaan patahan sampel. Pada prinsipnya bila terjadi perubahan pada material, misalnya patahan, lekukan dan perubahan struktur dari permukaan, maka material tersebut akan mengalami perubahan energi. Energi yang berubah tersebut dapat dipancarkan, dipantulkan dan diserap serta diubah bentuknya menjadi fungsi gelombang elektron yang dapat ditangkap dan dibaca hasilnya oleh SEM (Surya, 2010).



Gambar 7: Mikrograf SEM Material TPV pada Nisbah *Filler* Hibrid 30/70 dengan Massa *Filler* 50 phr

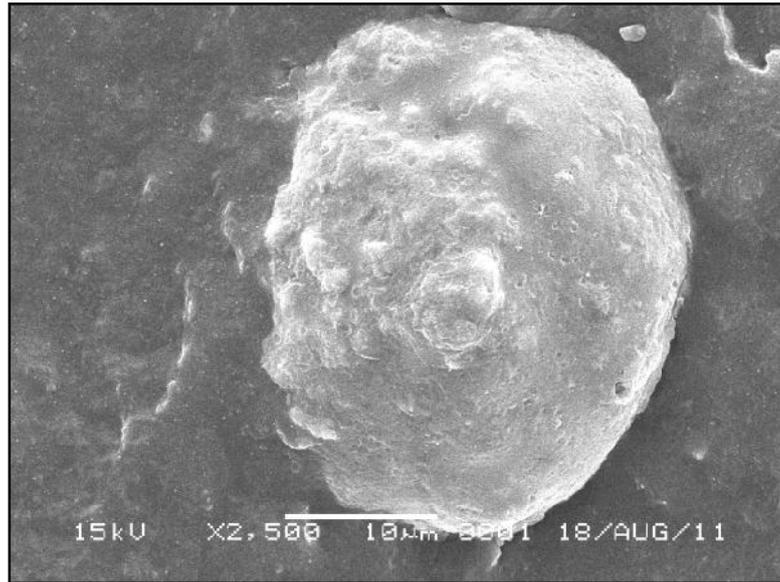


Gambar 8: Mikrograf SEM Material TPV pada Nisbah *Filler* Hibrid 100/0 dengan Massa *Filler* 50 phr

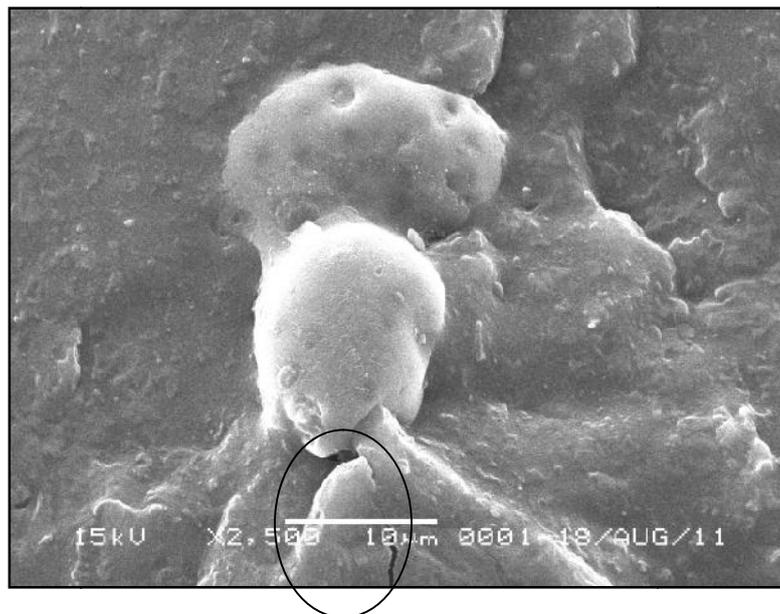
Gambar 7 dan 8 memperlihatkan morfologi material TPV dengan menggunakan SEM, sampel yang dianalisa adalah sampel yang memiliki nilai uji tarik tertinggi dan terendah pada massa *filler* 50 phr, dengan tujuan agar dapat dibandingkan morfologi dari kedua sampel tersebut. Dari Gambar 7 dapat dilihat permukaan yang terbentuk merata dan permukaan dari patahan tersebut memiliki tekstur yang homogen. Gambar 7 juga memperlihatkan rongga-rongga yang terbentuk relatif sedikit serta kecil. Bagian yang berwarna gelap pada hasil mikrograf tersebut merupakan fasa terdispersi dari partikel-partikel karet yang terdistribusi merata ke dalam matriks PP yang berwarna lebih terang

atau putih keabu-abuan. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa interaksi fasa karet dengan matriks PP lebih baik jika dibandingkan dengan hasil SEM pada Gambar 8.

Pada Gambar 8, hasil mikrograf yang diperlihatkan memiliki tekstur permukaan yang tidak homogen dan lebih kasar. Ada beberapa tonjolan kecil dan rongga-rongga yang lebih banyak, serta adanya aglomerasi dari *filler* abu sawit yang menyebabkan permukaan menjadi tidak merata dan interaksi karet alam dengan polipropilen yang sangat lemah sehingga terjadi penurunan sifat mekanik pada sampel.



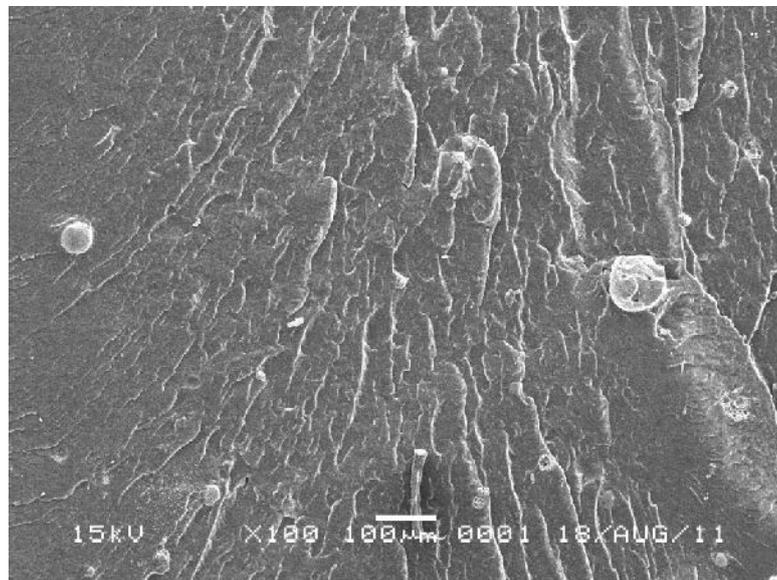
Gambar 9: Mikrograf SEM Interaksi *Filler* Abu Sawit dalam Material TPV dengan Nisbah *Filler* Hibrid 30/70 dan Massa *Filler* 50 phr



Gambar 10: Mikrograf SEM Interaksi *Filler* Abu Sawit dalam Material TPV dengan Nisbah *Filler* Hibrid 100/0 dan Massa *Filler* 50 phr

Selanjutnya pada Gambar 9 dan 10 dapat dilihat interaksi *filler* abu sawit pada material TPV. Gambar 9 memperlihatkan interaksi yang bagus antara *filler* dengan campuran PP. *Filler* melekat sangat baik dan tidak adanya retakan yang terbentuk, serta tidak ada aglomerasi antara partikel-partikel abu sawit pada kondisi nisbah *filler* 30/70. Interaksi *filler* lebih kuat dengan polipropilen daripada dengan karet alam, polipropilen berwarna putih menyelimuti dan lebih banyak berada di sekitar *filler*.

Begitu juga pada Gambar 10 dapat dilihat adanya aglomerasi *filler* abu sawit, bahkan tampilan permukaan juga memperlihatkan adanya lekukan-lekukan yang terbentuk. Aglomerasi yang terbentuk juga akan menimbulkan retakan-retakan pada permukaan material, akibat dari terganggunya interaksi antara fasa terdispersi karet alam dengan matriks PP yang disebabkan oleh penggumpalan dan interaksi oleh *filler* yang lebih kuat terhadap matriks PP daripada karet alam.



Gambar 11: Mikrograf SEM Material Campuran PP/NR dengan *Plasticizer* 5 phr dan komposisi *filler hybrid* 30 phr

Dari Gambar 11 dapat terlihat jelas distribusi partikel karet di dalam matriks PP, dimana ruang kosong berbentuk seperti pori pada matriks PP (berwarna hitam) pada gambar tersebut, sedangkan warna putih pada gambar adalah partikel karet. Campuran dengan kuat tarik terbaik memiliki ukuran ruang kosong yang lebih kecil daripada campuran dengan kuat tarik terburuk. Sebagaimana yang telah dijelaskan pada analisa uji tarik, bahwa ukuran partikel terdistribusi menjadi kecil karena komposisi karet yang besar dan vulkanisasi dinamik yang terjadi pada fasa karet. Vulkanisasi dinamik fasa karet selama proses pencampuran meningkatkan viskositas campuran [Kuriakose, 2006]. Sehingga *friction* antara partikel karet dengan *filler* dan *plasticizer* maupun *friction* antara partikel karet dan PP meningkat selama proses pencampuran. Hal ini menyebabkan ukuran partikel terdistribusi menjadi lebih kecil dan distribusi fasa karet dalam matriks PP lebih seragam. Analisa morfologi ini adalah visualisasi yang membenarkan pernyataan teoritis tentang korelasi pendistribusian *filler* oleh *plasticizer* dalam matriks karet serta partikel karet termastikasi oleh MAPP dalam matriks PP

mempengaruhi kuat tarik campuran. Keseragaman distribusi fasa terdispersi dapat meningkatkan kuat tarik campuran (Bahrudin, 2007).

4. Simpulan

Setelah dilakukan penelitian ada beberapa hal yang dapat disimpulkan dari hasil dan pembahasan pada Bab IV, yaitu sebagai berikut :

1. Sifat mekanik nilai *tensile strength* dan *elongation at break* terbaik diperoleh pada campuran *filler* hibrid abu sawit/*carbon black* 30/70 dengan massa *filler* 50 phr, nilai *tensile strength* sebesar 4,50 MPa dan *elongation at break* sebesar 85,00%.
2. Penggunaan komposisi abu sawit (*fly ash*) yang terlalu banyak akan menyebabkan terjadinya penurunan sifat mekanik *tensile strength* dan *elongation at break* material TPV.
3. Berdasarkan perbandingan dengan penelitian terdahulu, penggunaan *plasticizer* dalam jumlah besar (pada penelitian ini sebesar 15 phr) akan menurunkan sifat mekanik *tensile strength* dan *elongation at break* material TPV.
Kecepatan tarik pengujian juga berpengaruh terhadap sifat mekanik *tensile strength* dan *elongation at break* material TPV, apabila kecepatan tarik terlalu besar akan menyebabkan material mudah putus.

Pustaka

1. Alexander, M., P. Kurian., dan E.T Thachil, 2007, Effectiveness of Cardanol as *Plasticizer* for Silica-Filled Natural Rubber, *Progress in Rubber, Plastics, and Recycling Technology*, hal 43
2. Bahrudin, Sumarno, G. Wibawa, dan N. Soewarno, 2007, The Effect of Maleated Polypropilene on the Morphology and Mechanical Properties of Dynamically Vulcanized Natural Rubber/Polypropilene Blends, *Proceeding of 14th Regional Symposium on Chemical Engineering*, Yogyakarta.

3. Bahruddin, 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_Bahruddin_Ibrahim_ITS_5.pdf, 22 Februari 2011.
4. Gusnita, I, 2010, Pengaruh Rasio Massa Abu Sawit-Karet Alam Terhadap Morfologi dan Sifat Material *Thermoplastic Vulcanizate*, *Skripsi*, Universitas Riau.
5. Hoffman, W., 1989, *Rubber Technology Handbook*, Oxford Univercity Press, Canada, 296-303
6. Naskar, K, 2004, Dynamically Vulcanized PP/EPDM The Thermoplastic Elastomer: Exploring Novel Routes for Crosslinking With Peroxides, *Thesis*, University of Twente, Enschede. The Netherlands.
7. Sabet, S.A. dan S. Datta, 2000, *Thermoplastic Vulcanizates*, Paul, D.R., dan C.B. Bucknall, *Polymer Blends*, 2, John Wiley & Sons: 517-555.
8. Surya, C.S.D, 2010, Pengaruh Ukuran Partikel Fly Ash (Abu Sawit) Terhadap Morfologi dan Sifat Thermoplastic Vulcanizate (TPV) Berbasis Karet Alam, *Skripsi*, Universitas Riau.
9. Surya, I., Halimatuddahlia, dan Maulida, 2008, Modifikasi Bahan Elastomer Termoplastik Polipropilena/Karet Alam (PP/NR) Dengan Proses Pemvulkanisian Dinamik, *Jurnal Penelitian Rekayasa*, 2(1), 37-42.
10. Rattanasom, N., Saowapark, T., dan Deeprasertkul, C. 2006. Reinforcement of Natural Rubber with Silica/Carbon black Hybrid Filler, *Polymer Testing*: 369-377.
11. Wang, M.J., P. Zhang, dan K. Mahmud, 2001, Carbon-Silica Dual Phase Filler, A New Generation Reinforcing Agent For Rubber, *Rubber Chemistry and Technology*, 74 (1), 124.

Lampiran 2. Foto-foto Dokumentasi



Gambar 1

Abu Sawit yang Digunakan dalam Penelitian



Gambar 2

Bahan Aditif yang Digunakan Dalam Penelitian



Gambar 3. Two-roll Mixing Mill



Gambar 4

Proses finishing pembuatan kompon NR dalam Roll Mixing Mill



Gambar 5. Internal Mixer



Gambar 6

Produk TPE hasil pencampuran dalam Internal Mixer



Gambar 7. Hot Press



Gambar 8

Sampel yang akan di-press dalam Hot Press untuk Pembuatan Slab



Gambar 9. Hasil Slab



Gambar 10. Alat Dumbbell untuk Penyiapan Spesimen



Gambar 11. Spesimen untuk Pengujian Tensile



Gambar 12. Universal Testing Machine (UTM) untuk Pengujian Tensile



Gambar 13. Scanning Electron Microscopy (SEM)



Gambar 14. Visco Elastomer (VE)