

Optimalisasi Kondisi Proses Pencampuran untuk Meningkatkan Morfologi dan Sifat *Thermoplastic Vulcanizate* Berbasis Karet Alam dengan *Compatibilizer Maleated Natural Rubber*

Russita Martani, Bahruddin, Syarfi Daud, dan Nengsi Yanti

Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Riau

Kompleks Kampus Binawidya Jl HR. Subrantas KM 12,5 Panam, Pekanbaru 0761-566937

E-mail: bahruddin@unri.ac.id

Abstract

Morphology and properties of thermoplastic vulcanizate is strongly influenced by the conditions of the mixing process of raw materials and the compatibility between the phase. The purpose of this study was to determine the optimal temperature, rotor speed and compatibilizer. Thermoplastic vulcanizate was made in two stages. The first stage was the manufacture of rubber compounds using a roll mill at room temperature and speed of 20 rpm. Natural rubber materials used are natural rubber SIR 20. Curative ingredients and additives that are added include filler hybrid Carbon black/fly ash 30 phr, ratio 70/30, 5 phr paraffin, 5 phr ZnO, 3 phr stearic acid, 1 phr TMQ, 0,6 phr MBTS and 3 phr sulfur. The second phase of the resulting rubber compound was mixed with polypropylene (PP) and the compatibilizer maleated natural rubber (MNR) in the internal mixer. Ratio of NR / PP made it 70/30, while the MNR varied 2 and 5 phr. Varying conditions in the mixing process at a temperature of 170°C, 175°C and 180°C and speed of 40, 60 and 80 rpm. The results showed that the morphology and properties of optimal TPV obtained at 175°C temperature, rotor speed of 40 rpm and MNR 5 phr.

Keywords: *Compatibilizer, Maleated Natural Rubber, Morphology and Properties, Process Condition, Thermoplastic Vulcanizate*

1. Pendahuluan

Thermoplastic Vulcanizate (TPV) memiliki sifat seperti karet yang tervulkanisasi, namun bisa diproses seperti plastik. Material TPV yang sudah dikembangkan ke tahap komersial mulai menggantikan penggunaan *thermoset rubber* [1]. TPV dapat dibuat dari campuran polipropilen (PP) dan karet alam (NR) dengan dan tanpa penambahan *filler*. Permasalahan utama pencampuran PP, NR dan *filler* adalah belum dihasilkannya campuran yang kompatibel karena fasa NR tidak mudah berdistribusi ke dalam matriks PP. Fasa *filler* juga tidak mudah berdistribusi ke dalam fasa NR maupun PP. Salah satu metode yang digunakan untuk meningkatkan sifat mekanik TPV adalah dengan penambahan *compatibilizer* pada matriks TPV. Selain itu, kondisi proses pencampuran juga mempengaruhi sifat dan morfologi yang dihasilkan [2].

Pembuatan TPV berbasis karet alam pernah dilakukan oleh beberapa peneliti. Penelitian-penelitian tersebut antara lain TPV dengan campuran *filler* silika/*carbon black* [3]; komposit karet menggunakan *filler carbon black* dengan variasi suhu pencampuran [4]; TPV dengan *filler* serat

sabut sawit [5]; TPV dengan *filler* abu sawit/*carbon black* dan *compatibilizer* MAPP [6]; komposit polypropilen/nylon-6 dengan *compatibilizer* PP-g-MA [7]; TPV menggunakan dikumul peroksida (DCP) dan *N-N-m-Phenylenebismaleimide* (HVA-2) sebagai *compatibilizer* [8]; campuran *low density polyethylene* (LDPE)-Pati menggunakan maleat anhidrat (MA) sebagai *compatibilizer* [9]; pembuatan TPV melalui 3 tahap proses pencampuran [10].

Dari hasil penelitian-penelitian tersebut TPV yang dihasilkan belum optimal, sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari dan menentukan pengaruh kadar *compatibilizer* MNR dan kondisi proses, khususnya suhu dan kecepatan rotor terhadap peningkatan sifat dan morfologi *Thermoplastic Vulcanizate*.

2. Metodologi Penelitian

2.1. Bahan

Polipropilen (PF 1000) yang digunakan sebagai thermoplastic adalah Polytam PF1000 (film grade) dengan MFI 10 g/10 menit pada 230°C dan densitas 0,91 g/cm³, diproduksi oleh PT. Pertamina (persero), Plaju. Karet alam (SIR-20) dari PT Ricri Rumbai. Abu sawit dari PT. Sarikat Putra Riau Sorek, Pekanbaru. *Carbon black* tipe N330 dengan diameter 31 nm, iodine absorption Number 83. Sulfur sebagai curative agent, produksi PT. Ganda Mekar, Indonesia. ZnO (Zinc oxide) digunakan sebagai aktivator, produksi oleh Global Chemical, Thailand. Asam stearat digunakan sebagai ko-aktivator, produksi oleh PT. Sumi Asih Oleochemical Industry, Indonesia. Trimetil quinone (TMQ) tipe Flectol TMQ digunakan sebagai anti degradant, produksi oleh Flexys, Germany. Mercaptodibenzo-thiazole disulfide (MBTS) digunakan sebagai akselerator, produksi oleh Nanjing Chemical Plant, China. MA untuk grafting karet alam pada pembuatan MNR. Toluena untuk merefluks MNR, diproduksi oleh Merck KGaA, Darmstadt, Germany dan *paraffin* sebagai *plasticizer*.

2.2. Prosedur Penelitian

Adapun rancangan penelitian dari peningkatan sifat dan morfologi *Thermoplastic Vulcanizate* secara garis besar adalah sebagai berikut :

2.2.1. Penyiapan *Filler Hybrid*

Abu sawit dihaluskan dengan menggunakan ayakan 200 mesh, dimana pengayakan dilakukan pada Laboratorium Teknologi Bahan, Teknik Sipil, Universitas Riau dan kemudian dilakukan pengujian kandungan silika pada abu sawit, karena tipikal *abu sawit* yang mengandung silika cukup tinggi baik digunakan sebagai *filler*. Setelah itu abu sawit dicampurkan dengan *carbon black* dengan perbandingan sesuai dengan variabel *filler hybrid* yang digunakan.

2.2.2. Penyiapan *Maleated Natural Rubber (MNR)*

Karet alam (NR) dimastikasi di dalam internal mixer selama 2 menit dengan temperatur 135°C dan kecepatan rotor 60 rpm. Kemudian ditambahkan *maleat anhidrida* (MA) 10 phr dan di-mixer selama 10 menit. *Maleated anhidrida* (MA) yang tidak tergrafting pada karet alam dihilangkan dengan cara merefluks dengan toluena pada suhu 110°C selama 3 jam. Kemudian MNR dioven pada suhu 40°C selama 24 jam. Dari hasil uji derajat grafting dengan cara titrasi didapatkan bahwa nilai derajat grafting MNR yang digunakan untuk penelitian ini adalah 2,809.

2.2.3. Penyiapan Compound Karet

Compound karet disiapkan di dalam *roll mill* pada suhu kamar ($\pm 30^\circ\text{C}$) dengan kecepatan putaran *roll* 20 rpm. Dalam *roll mill* ini proses yang terjadi adalah mastikasi karet alam dan pencampuran karet dengan bahan-bahan aditif, yaitu *paraffin*, *carbon black*/abu sawit 70/30 %wt,

ZnO, asam stearat, TMQ, MBTS dan sulfur. Urutan proses ditunjukkan pada Tabel 1.

2.2.4. Pencampuran *Material di Internal Mixer*

Didalam *internal mixer* dilakukan pencampuran PP, *compound* karet dan *compatibilizer*. *Compatibilizer* yang digunakan adalah MNR dengan kadar divariasikan 2 dan 5 phr. Untuk kondisi proses di *internal mixer* variasi kecepatan pengadukan untuk penambahan *compatibilizer* yaitu 40, 60 dan 80 rpm dan variasi suhu yaitu 170°C, 175°C, dan 180°C. Urutan proses pencampuran pada *internal mixer* ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 1. Tahapan pembuatan *compound* karet dalam *roll mill*

No	Aktivitas	Kuantitas (phr)	menit ke-
1	Karet	100	0
2	Penambahan <i>paraffin</i>	5	5
2	Penambahan <i>filler</i>	30	20
3	Penambahan ZnO	5	40
4	Penambahan Asam Stearat	2	45
5	Penambahan TMQ	1	55
6	Penambahan MBTS	0,6	70
7	Penambahan Sulfur	3	80
8	Penghentian proses pencampuran	-	85

Tabel 2. Tahapan proses pencampuran material dalam *internal mixer*

No	Aktivitas	kuantitas (phr)	Menit ke
1	Pelelehan PP	30	0
2	Penambahan kompon karet	70	4
3	Penambahan MNR	2 dan 5	8
4	Penghentian proses pencampuran	-	12

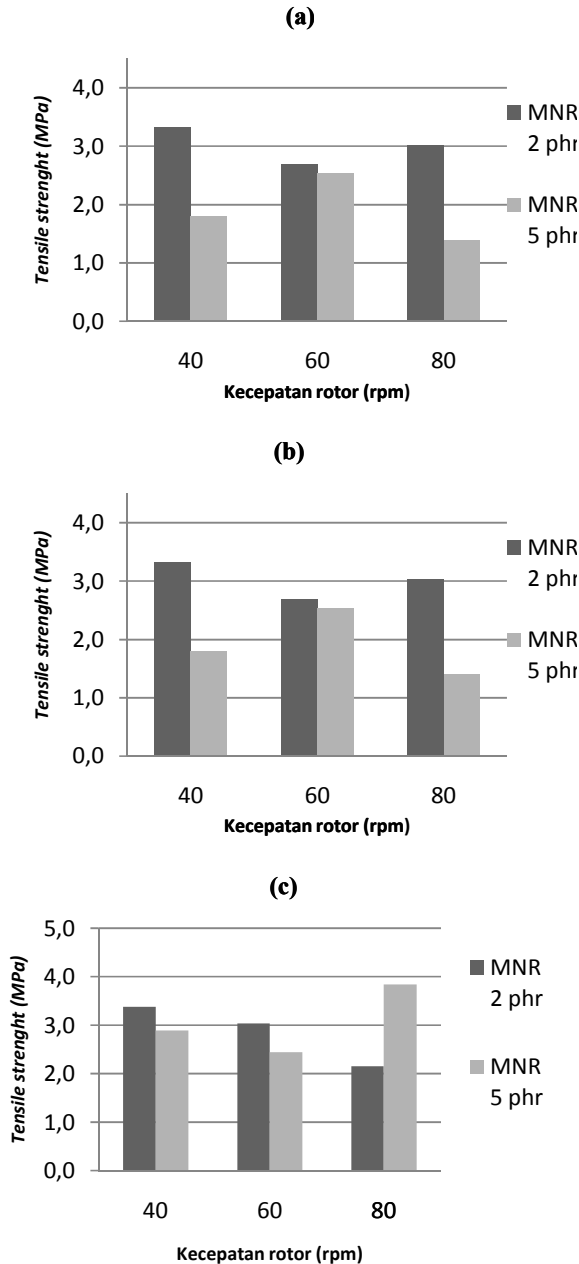
2.2.5. Pengujian Sifat Mekanik

Sebelum dilakukan analisa uji tarik, sampel campuran PP/NR dibentuk seperti lembaran *flat* dengan menggunakan alat *hot press* pada suhu 180°C dengan tekanan 50 bar selama 3-5 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 5 spesimen yang dipotong dari setiap titik pada lembaran sampel. Setelah itu, dilakukan uji tarik

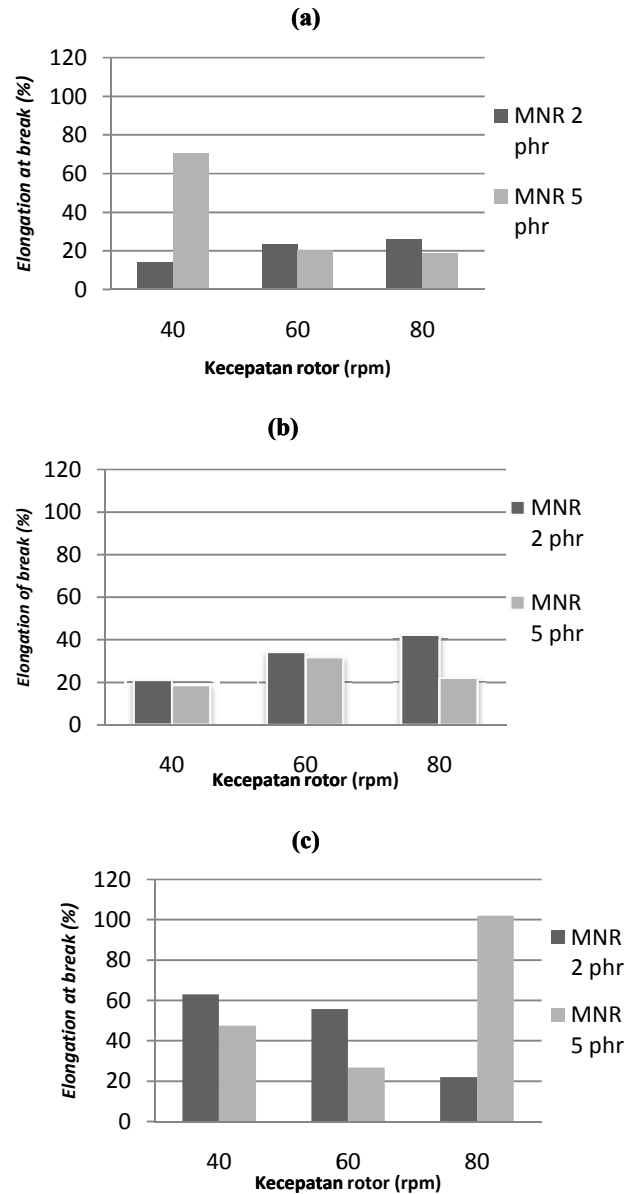
dengan beban 100 kg dan kecepatan 50 mm/menit. Hasil uji tarik yang diperoleh berupa grafik hubungan tegangan (*stress*) terhadap regangan (*strain*) dari masing-masing spesimen uji. Hasil uji tarik digunakan untuk menentukan *tensile strength*, *elongation at break* dan *modulus elastic* dari *blend*. Alat yang digunakan untuk melakukan uji *tensile* adalah *universal testing machine*.

3. Hasil dan Pembahasan

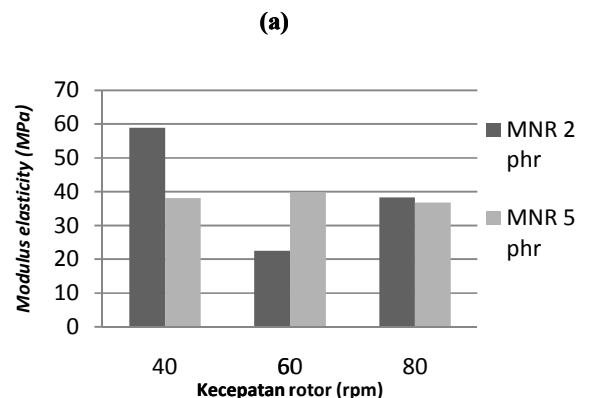
3.1. Pengaruh Kadar *Compatibilizer* Terhadap Sifat Mekanik TPV

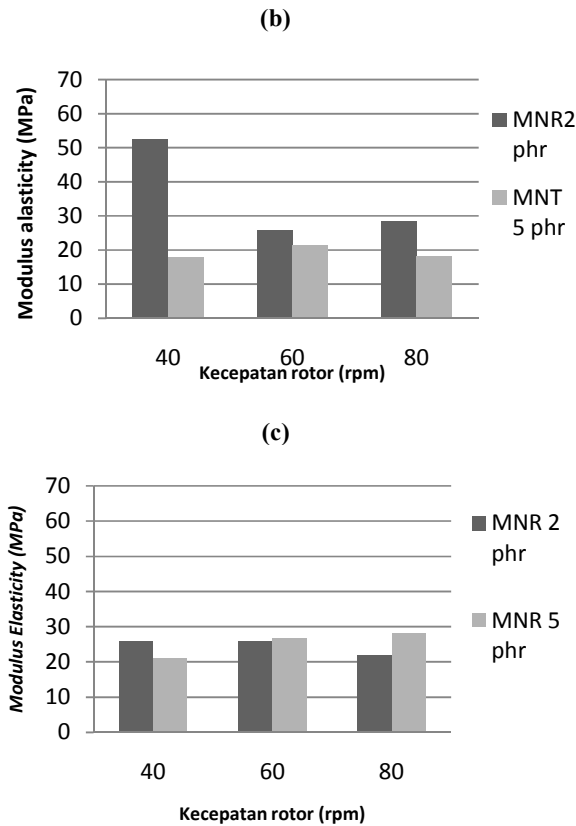


Gambar 1. Pengaruh *compatibilizer* MNR dan kecepatan rotor di *internal mixer* pada suhu (a) 170, (b) 175, (c) 180°C terhadap *Tensile strength*



Gambar 2. Pengaruh *compatibilizer* MNR dan kecepatan rotor di *internal mixer* pada suhu (a) 170, (b) 175, (c) 180°C terhadap *Elongation at break*





Gambar 3. Pengaruh *compatibilizer* MNR dan kecepatan rotor di *internal mixer* pada suhu (a) 170°C, (b) 175°C, (c) 180°C terhadap *Modulus elastic*

Berdasarkan nilai *tensile strength*, dapat diketahui bahwa kadar *compatibilizer* MNR mempengaruhi sifat mekanik dari TPV. Dapat dilihat pada gambar 1 bahwa nilai *tensile strength* TPV yang dihasilkan meningkat seiring meningkatnya kadar *compatibilizer* MNR yang digunakan pada material TPV [11]. *Compatibilizer* merupakan senyawa spesifik yang dapat memadukan karet alam dan PP yang tidak stabil menjadi lebih stabil. Gugus polar anhidrat dari MNR mengikat filler yang juga bersifat polar dan gugus NR berikatan dengan gugus NR dari kompon karet. Proses pengikatan ini menyebabkan interaksi karet alam dengan filler menjadi lemah. Hal ini menyebabkan PP lebih mudah berdistribusi pada karet alam.

Material TPV terdiri dari 70% karet alam. Interaksi antara karet alam dengan filler pada TPV dengan kadar *compatibilizer* MNR 2 phr masih terlalu kuat dan molekul-molekul karet alam kurang renggang sehingga PP masih sulit untuk berdistribusi pada karet alam. Sementara itu pada TPV dengan kadar *compatibilizer* MNR 2 phr, interaksi antara karet alam dengan filler lebih lemah dan molekul-molekul karet alam lebih renggang sehingga PP lebih mudah berdistribusi pada material karet alam. Sementara interaksi antara karet alam dengan filler pada kadar *compatibilizer* MNR 5 phr lebih baik dan menyebabkan matrik karet alam lebih renggang sehingga PP lebih mudah berdistribusi ke matrik karet alam. Campuran yang dihasilkan dengan menggunakan *compatibilizer* MNR 5 phr lebih homogen sehingga

memiliki sifat kuat tarik yang lebih baik. Nilai terbaik dari *tensile strength* yang dihasilkan pada penelitian ini adalah 4,0807 MPa.

Sama halnya dengan nilai *tensile strength*, semakin tinggi kadar *compatibilizer* yang digunakan pada materi TPV, maka semakin tinggi nilai *elongation at break* yang dihasilkan. Hal ini sesuai dengan teori yang menyatakan bahwa *compatibilizer* merupakan senyawa yang berfungsi mengurangi entalpi dari campuran sehingga campuran menjadi lebih mudah menjadi homogen dan semakin banyak *compatibilizer* yang digunakan entalpi akan semakin kecil dan campuran semakin homogeny [11]. Hal ini ditunjukkan oleh hasil uji *elongation at break*. Berdasarkan dengan hasil penelitian yang dilakukan sebelumnya yang menggunakan MA-g-PP sebagai *compatibilizer* hasil penelitian memiliki nilai *elongation at break* yang lebih besar [12]. Nilai *elongation at break* yang dihasilkan] adalah 85%. Sedangkan pada penelitian ini didapatkan nilai terbaik yang didapatkan pada penelitian ini adalah 102,03%.

Tabel 3. Perbandingan sifat mekanik berbagai sistem campuran *Thermoset* dan *Thermoplastic Vulcanizate*

Sistem Campuran	<i>Tensile Strength</i> (MPa)	<i>Elongation at Break</i> (%)
NR/PP dengan <i>compatibilizer silane</i> dan penambahan <i>filler silica</i> [13]	8,9	200,0
Pembuatan <i>Thermoset Rubber NR</i> dengan menggunakan campuran <i>filler silica/carbon black</i> [14]	31,0	700,0
NR/PP tanpa <i>filler</i> dan dengan <i>compatibilizer MA-g-PP</i> [15]	7,7	512,0
NR/PP dengan <i>filler carbon black</i> [16]	8,0	301,0
NR/PP dengan <i>filler</i> abu sawit [17]	10,8	247,6
NR/PP dengan <i>filler hybrid</i> abu sawit/ <i>carbon black</i> dan <i>compatibilizer MAPP</i> [6]	5,9	116,0
NR/PP dengan <i>filler hybrid</i> abu sawit/ <i>carbon black</i> dan <i>compatibilizer MNR</i> [penelitian ini]	4,1	102,0

Kenaikan nilai *elongation at break* ini disebabkan karena pada penggunaan MA-g-PP fase yang dimodifikasi adalah permukaan PP. Caranya yaitu dengan membentuk ikatan antara gugus MA dengan *filler* dan gugus PP dengan gugus PP lainnya. Sedangkan pada penggunaan *compatibilizer* MNR yang fase dimodifikasi adalah permukaan karet alam dengan cara mengikatkan MA pada *filler* dan gugus NR pada kompon karet dan selanjutnya

mendistribusikan PP pada kompon karet yang sudah lebih renggang. Karena pada pembuatan TPV ini komposisi yang digunakan adalah PP/NR 30/70 sehingga menyebabkan distribusi PP lebih baik dan campuran lebih homogen.

Jika dibandingkan dengan penelitian-penelitian yang dilakukan sebelumnya, nilai *tensile strength* pada penelitian ini sangat rendah. Penurunan sifat ini terjadi karena penambahan MNR dilakukan setelah pelelehan PP di *internal mixer*. Karena fase yang dimodifikasi adalah permukaan karet alam, seharusnya penambahan *compatibilizer* MNR ditambahkan pada kompon karet terlebih dahulu di *roll mill* dan kemudian dicampurkan dengan PP di *internal mixer*. Pencampuran MNR setelah pelelehan PP menyebabkan kompon karet tidak bisa dimodifikasi secara maksimal oleh MNR.

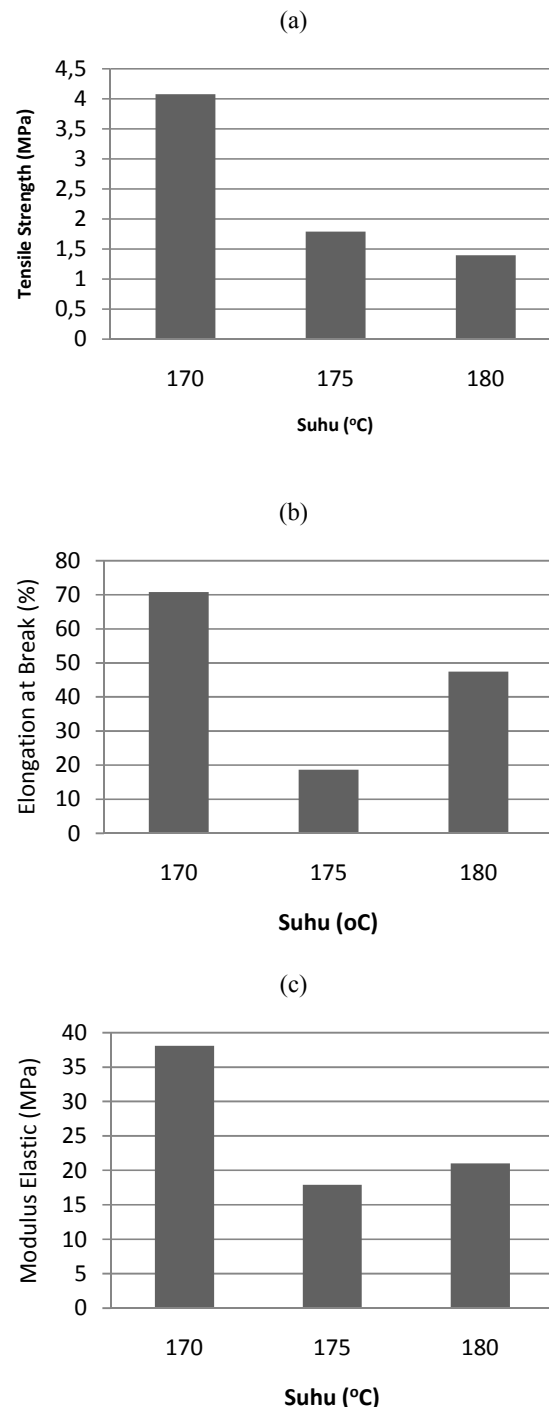
Dari hasil uji *modulus elastic* dapat diketahui bahwa elastisitas TPV yang dihasilkan lebih tinggi jika dibandingkan menggunakan *compatibilizer* MAPP. Hasil uji *modulus elastic* pada gambar 3 menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar *compatibilizer* MNR maka nilai *modulus elastic* akan semakin menurun. TPV dengan kadar *compatibilizer* MNR 2 phr cenderung memiliki nilai *modulus elastic* lebih tinggi dibandingkan TPV dengan kadar *compatibilizer* MNR 5 phr. Penurunan sifat ini terjadi karena permukaan karet yang telah tergrafting MNR terjadi pengikatan antara karet alam dengan MNR sehingga struktur karet alam menjadi bercabang. Percabangan ini yang menyebabkan sifat TPV menjadi lebih kaku dan kurang elastic [10]. Penambahan kadar *compatibilizer* MNR yang semakin banyak menyebabkan percabangan semakin banyak dan sifat TPV semakin kaku. Sedangkan dengan kadar MNR 2 phr sifat TPV lebih elastis karena tidak terbentuk percabangan. Hasil terbaik yang didapatkan pada penelitian ini adalah 58,933 MPa pada kadar MNR 2 phr.

Berdasarkan perbandingan dengan penelitian sebelumnya [6], dengan *modulus elastic* 35 MPa dan 36,2 [12], pada penelitian ini terjadi peningkatan nilai *modulus elastic*. Hal ini disebabkan karena penambahan MNR sebagai *compatibilizer* menyebabkan terjadinya pertambahan kadar NR pada campuran. Pada campuran TPV, NR berfungsi sebagai elastomer yang member sifat elastic pada campuran TPV.

3.2. Pengaruh Kadar Compatibilizer Terhadap Sifat Mekanik TPV

Dari Gambar 4 dapat dilihat bahwa kondisi proses, terutama suhu di *internal mixer* memberi pengaruh pada sifat mekanik TPV. Dapat dilihat bahwa semakin tinggi temperatur maka semakin menurun sifat mekanik TPV yang dihasilkan. Pada suhu 170°C didapatkan nilai uji sifat mekanik yang paling tinggi dibandingkan dengan suhu yang 175°C dan 180°C. hal ini berkaitan dengan penambahan MNR sebagai *compatibilizer* yang dapat menurunkan titik leleh [9]. hal ini menyebabkan campuran pada suhu 170°C terbentuk dengan sangat baik. Namun, peningkatan suhu justru menyebabkan campuran terlalu lama tervulkanisasi sehingga terbentuk *cyclic sulfide* pada fasa terdispersi karet alam, menyebabkan interaksi karet

alam dengan *filler* menjadi lemah. Hal ini sesuai dengan teori yang menyatakan bahwa temperatur yang terlalu tinggi pada proses vulkanisasi dapat merusak struktur campuran [2].



Gambar 4. Pengaruh temperatur terhadap sifat mekanik TPV (a) *tensile Strength*, (b) *elongation at break*, (c) *modulus elastic*

Dari hasil uji dapat diketahui bahwa hasil terbaik memiliki hasil uji mekanik *tensile strength* sebesar 4,0807

MPa, *elongation at break* 70,8280% dan *modulus elastic* sebesar 38,069 MPa yaitu pada kondisi 40 rpm, 170°C dan 5 phr MNR.

3.3. Pengaruh Kecepatan Rotor Terhadap Sifat Mekanik TPV

Kondisi proses berupa kecepatan rotor yang digunakan 40, 60 dan 80 rpm. Pada penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya kecepatan rotor yang digunakan berkisar antara 50-70 rpm. Dari hasil penelitian yang ditunjukkan pada gambar 1, 2 dan 3 dapat dilihat bahwa semakin tinggi kecepatan rotor yang digunakan maka semakin rendah sifat mekanik TPV seperti dinyatakan dalam teori bahwa kecepatan rotor yang terlalu tinggi dapat menyebabkan kerusakan material [2]. Hasil penelitian ini ditunjukkan dengan nilai *tensile strength*, *elongation at break* dan *modulus elastic* yang semakin menurun.

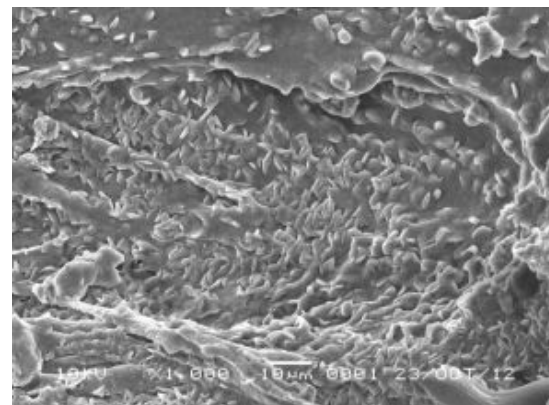
Sifat mekanik ini berkaitan dengan penambahan *compatibilizer* MNR pada campuran yang berfungsi menurunkan titik leleh. Dengan penurunan titik leleh material kecepatan rotor yang dibutuhkan untuk mencampurkan material tidak terlalu besar. Pada kecepatan rotor 40 rpm dapat dimastikasi dengan baik. Penambahan kecepatan rotor pada proses dapat menyebabkan kerusakan pada material sehingga hasil uji sifat mekanik yang dihasilkan menurun. Terutama jika dilakukan pada suhu tinggi, maka akan terbentuk *cyclic sulfide* pada fasa terdispersi karet alam, menyebabkan interaksi karet alam dengan *filler* menjadi lemah. Dari hasil uji dapat diketahui bahwa hasil terbaik memiliki hasil uji mekanik *tensile strength* sebesar 4,0807 MPa, *elongation at break* 70,8280% dan *modulus elastic* sebesar 38,069 MPa yaitu pada kondisi 40 rpm, 170°C dan 5 phr MNR.

3.4. Morfologi TPV

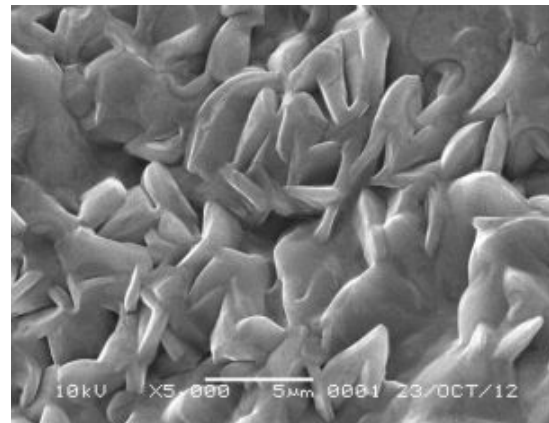
Morfologi dari material komposit PP/NR diketahui berdasarkan hasil uji SEM (*Scanning Electron Microscopy*). Dalam analisis foto SEM dapat diketahui bentuk dan perubahan permukaan dari material yang diuji. Pada prinsipnya bila terjadi perubahan pada material, misalnya patahan, lekukan, dan perubahan struktur dari permukaan, maka material tersebut cenderung 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 pada foto SEM. Data atau tampilan yang diperoleh adalah data dari permukaan atau dari lapisan yang tebalnya sekitar 20µm dari permukaan. Gambar permukaan yang diperoleh merupakan topografi dengan segala tonjolan, lekukan, dan lubang pada permukaan.

Analisa morfologi dilakukan pada sampel dengan penggunaan *compatibilizer* MNR 4 phr pada kondisi proses 40 rpm dan 170°C dan sebagai pembandingnya TPV dengan kadar *compatibilizer* MNR 2 phr dengan kondisi proses 40 rpm dan 170°C serta TPV dengan kadar *compatibilizer* MNR 5 phr dengan kondisi proses 80 rpm dan 180°C. Mikrograf SEM dari kedua sampel itu dapat dilihat pada Gambar 5, 6 dan 7.

Gambar 5 (a) memperlihatkan distribusi *filler* yang terikat bersama matriks karet dan pada saat terjadi vulkanisasi dinamis, karet termastikasi akan terdistribusi di dalam matriks PP. Tonjolan dan tumpukan pada Gambar 5 (a) adalah partikel abu sawit dan *carbon black* yang tidak terdistribusi dengan baik di dalam matriks karet sehingga terjadi aglomerasi, serta pada waktu pencampuran di dalam *internal mixer* fasa terdispersi (kompon karet) tidak terdispersi dengan baik pada fasa pendispersinya (PP). Gambar 5 (b) dengan perbesaran 5.000x memperlihatkan tonjolan dan rongga kosong yang menunjukkan bahwa karet termastikasi tidak bercampur baik dalam matriks PP. Rongga kosong antar polimer dan *filler* terjadi karena kecenderungan abu sawit yang membentuk aglomerasi dikarenakan silika pada abu sawit memiliki gugus hidroksil yang akan membantu ikatan hydrogen dengan molekul silika atau material kimia lain yang bersifat polar.



(a)



(b)

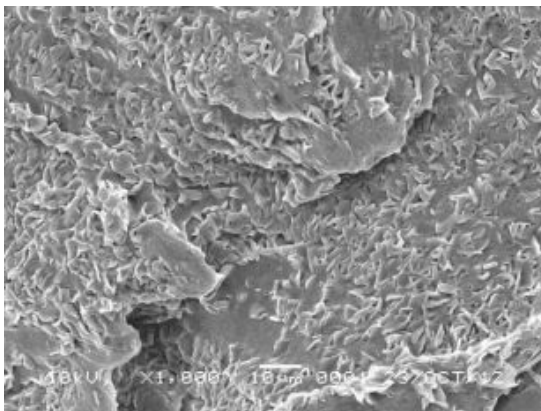
Gambar 5. Mikrograf SEM pada komposit PP/NR pada Penggunaan *compatibilizer* MNR 2 phr pada suhu 170°C dan kecepatan rotor 40 rpm (a) perbesaran 1.000x, dan (b) perbesaran 5.000x

Penyebaran karet yang tidak merata pada matriks PP juga terjadi karena suhu yang tidak mencapai titik leleh termoplastik serta kecepatan rotor yang kurang sehingga pencampuran menjadi kurang homogen. Kadar *compatibilizer* MNR yang hanya 2 phr juga menyebabkan

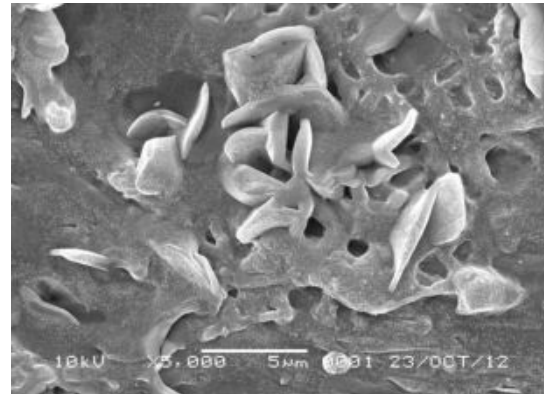
modifikasi *interfase* karet alam tidak sempurna sehingga penyebaran karet alam pada matriks PP juga kurang maksimal. Penyebaran *filler* yang tidak merata pada Gambar 5. (a) dan adanya rongga kosong pada Gambar 5 (b) mengindikasikan bahwa interaksi antara karet dan PP tidak baik. Hal ini berpengaruh terhadap nilai sifat mekanik TPV. Dari sampel TPV dengan kadar *compatibilizer* MNR 2 phr pada suhu 170°C dan kecepatan rotor 40 rpm memiliki nilai *tensile strength*, *elongation at breaks* dan *modulus elastic* berturut-turut 3,1486 MPa, 14,1870 % dan 58,9330 MPa.

Gambar 6 (a) memperlihatkan bahwa *filler* juga tidak dapat berdistribusi dengan baik pada karet. Hal ini menyebabkan terjadi aglomerasi sehingga ketika dilakukan pencampuran kompon karet dengan PP di dalam *internal mixer*, karet sebagai fasa terdispersi tidak dapat terikat dengan baik pada fasa PP sebagai fasa pendispersinya. Gambar 6 (b) memperlihatkan banyak terdapat tonjolan dan rongga pada permukaannya. Rongga kosong terjadi karena kecenderungan abu sawit yang membentuk aglomerasi. Aglomerasi ini terjadi karena silika pada abu sawit memiliki gugus hidroksil yang berusaha membantu ikatan hydrogen dengan molekul silika atau material kimia lain yang bersifat polar.

Gambar 6 menunjukkan mikrogaf SEM yang lebih baik daripada Gambar 5. Gambar 6 memiliki struktur yang lebih halus dan penyebaran *filler* yang merata. Hal ini terjadi karena TPV pada Gambar 6 memiliki kadar *compatibilizer* yang lebih banyak yaitu 5 phr. Hal ini menyebabkan modifikasi *interfase* karet alam lebih sempurna sehingga distribusi karet sebagai fasa terdispersi pada PP sebagai fasa pendispersi lebih sempurna dan campuran yang dihasilkan lebih homogen. Hal ini juga ditunjukkan dengan nilai mekanik yaitu nilai *tensile strength*, *elongation at breaks* dan *modulus elastic* yaitu 4,0807 MPa, 70,8280 % dan 38,0690 MPa.



(a)

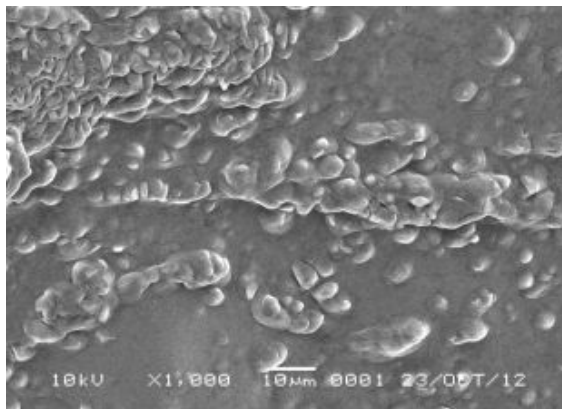


(b)

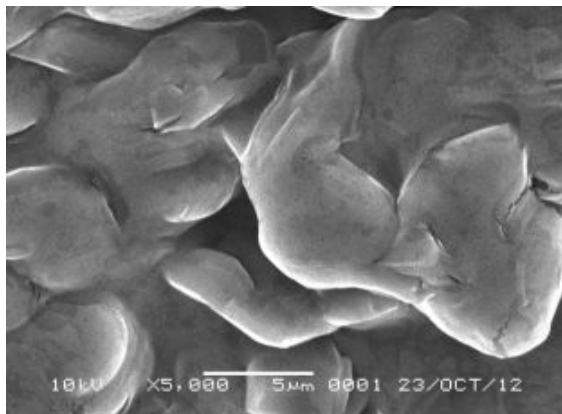
Gambar 6. Mikrograf SEM pada Komposit PP/NR pada Penggunaan *compatibilizer* MNR 5 phr pada suhu 170°C dan kecepatan rotor 40 rpm (a) perbesaran 1.000x, dan (b) perbesaran 5.000x

Gambar 7 (a) menunjukkan mikrogaf SEM dengan banyak tonjolan. Hal ini menunjukkan bahwa penyebaran karet sebagai fasa terdispersi tidak dapat terdistribusi dengan baik pada matriks PP sebagai fasa pendispersi. Hal ini terjadi karena *filler* abu sawit dan *carbon black* tidak tersebar merata pada karet sehingga menyebabkan aglomerasi *filler* pada karet alam. Gambar 7(b) memperlihatkan banyak terdapat tonjolan dan retakan pada permukaan. Tonjolan terjadi karena aglomerasi. Sedangkan retakan terjadi karena suhu operasi dan kecepatan rotor yang terlalu tinggi sehingga merusak material TPV. Suhu dan kecepatan rotor yang semakin tinggi akan menyebabkan campuran semakin homogen sehingga morfologi dan sifat campuran semakin baik. Namun, suhu dan kecepatan rotor yang terlalu tinggi akan menyebabkan kerusakan material sehingga mempengaruhi morfologi dan sifat campuran.

Meskipun secara morfologi Gambar 7 lebih halus daripada Gambar 5 dan 6, namun retakan yang terjadi akibat suhu yang terlalu tinggi dan kecepatan rotor yang terlalu cepat pada sampel di Gambar 7 menyebabkan sifat mekaniknya berkurang. Hal ini ditunjukkan dengan nilai *tensile strength*, *elongation at breaks* dan *modulus elastic* yaitu 3,8419 MPa, 102,03 % dan 28,2320 MPa. Gambar 5, 6 dan 7 sebenarnya merupakan 3 TPV terbaik yang dihasilkan pada penelitian ini standar masing-masing. Gambar 4.6 merupakan PV terbaik dengan nilai *modulus elastic* terbesar. Gambar 6 merupakan TPV terbaik dengan nilai *tensile strength* terbesar dan Gambar 8 merupakan TPV terbaik dengan nilai *elongation at break* terbesar. Dengan mempertimbangkan nilai sifat mekanik yang lain maka diambil kondisi terbaik TPV adalah yang ditampilkan pada Gambar 6 yaitu TPV dengan kadar *compatibilizer* MNR 5 phr dengan suhu operasi 170°C dan kecepatan rotor 40 rpm.



(a)



(b)

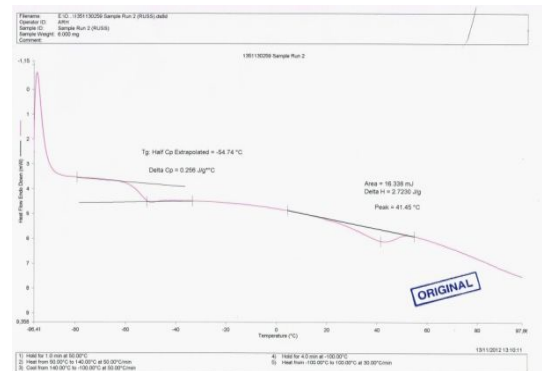
Gambar 7. Mikrograf SEM pada Komposit PP/NR pada Penggunaan *compatibilizer* MNR 5 phr pada suhu 180°C dan kecepatan rotor 80 rpm (a) perbesaran 1.000x, dan (b) perbesaran 5.000x

3.5. Sifat Termal

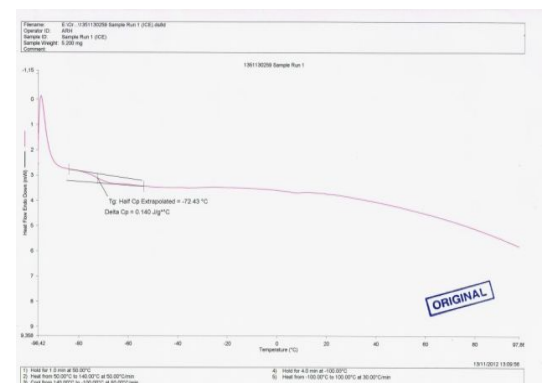
Sifat termal TPV diketahui dari hasil uji *differential scanning calorimetry* (DSC) dengan standarisasi ASTM D3418-08. Analisis DSC digunakan untuk mempelajari transisi fase, seperti melting, suhu transisi glass (T_g), atau dekomposisi eksotermik, serta untuk menganalisa kestabilan terhadap oksidasi dan kapasitas panas suatu bahan. Temperatur transisi gelas (T_g) merupakan salah satu sifat fisik penting dari polimer yang menyebabkan polimer tersebut memiliki daya tahan terhadap panas atau suhu yang berbeda-beda. Dimana pada saat temperatur luar mendekati temperatur transisi glassnya maka suatu polimer mengalami perubahan dari keadaan yang keras kaku menjadi lunak seperti karet [20].

TPV yang diuji adalah sampel dengan kadar MNR 5 phr pada suhu 170°C dan kecepatan rotor 40 rpm. Sampel TPV ini menggunakan *filler hybrid carbon black/abu sawit* (70/30) 30 phr. Sebagai pembandingnya diuji sampel TPV dengan *filler* abu sawit 30 phr dan *plasticizer paraffin* 50 phr. Sampel utama yang digunakan (matriks) merupakan polimer yang bersifat amorf, sehingga pada pengujian ini yang terdeteksi hanyalah nilai transisi glass (T_g) saja.

Campuran yang homogen akan menampilkan T_g yang tunggal. Hasil analisa sifat termal dengan DSC dapat dilihat pada grafik berikut ini :



(a)



(b)

Gambar 8. Hasil DSC untuk TPV dengan (a) *filler hybrid carbon black/abu sawit* pada kadar *compatibilizer* MNR 5 phr, suhu 170°C dan kecepatan rotor 40 rpm, (b) *filler* abu sawit 30 phr dan tanpa *compatibilizer*

Grafik pada Gambar 8 (a) memperlihatkan kurva peningkatan nilai *heat flow* secara drastis dan kemudian nilai *heat flow* kembali menurun secara drastic sehingga terbentuk puncak tertinggi pada TPV dengan *filler hybrid carbon black/abu sawit* pada kadar *compatibilizer* MNR 5 phr, suhu 170°C dan kecepatan rotor 40 rpm. Puncak tertinggi ketika *heat flow* meningkat dan langsung menurun secara drastis inilah titik transisi TPV. Dari grafik diperoleh titik transisi TPV pada suhu -54,74°C dengan delta Cp sebesar 0,256 J/g°C. Puncak tertinggi untuk TPV dengan kecepatan rotor 40 rpm, dan (b) *filler* abu sawit 30 phr dan tanpa *compatibilizer* diperoleh pada suhu -72,43°C dan *heat flow* 0,140 J/g°C.

Hasil analisa termal pada Gambar 8 dan Tabel 4 menunjukkan bahwa TPV yang dihasilkan cukup homogen, hal ini dibuktikan karena pada bahan tersebut hanya terdapat T_g yang tunggal. Suhu transisi TPV dengan *compatibilizer* MNR 5 phr yang menggunakan *filler hybrid carbon black/abu sawit* lebih tinggi dari pada suhu transisi TPV yang menggunakan *filler* abu sawit tanpa

menggunakan *compatibilizer*. Menurut Gurusmary [2008], nilai Tg karet alam berkisar di antara -72°C sampai 75°C. Suhu transisi TPV dengan *compatibilizer* MNR 5 phr yang menggunakan *filler hybrid carbon black*/abu sawit - 54,74°C dan suhu transisi TPV yang menggunakan *filler* abu sawit tanpa menggunakan *compatibilizer* -72,43°C. Pada temperatur tersebut, karet alam menunjukkan sifat elastisitasnya, dengan temperatur di bawah nilai tersebut maka terjadi pergeseran sifat dari elastis menuju sifat *glassy*.

Tabel 4. Hasil analisa termal

No	Sampel	Suhu Transisi, Tg (°C)	Heat Flow (J/g°C)
1	TPV MNR 5 phr	-54,74	0,256
2	TPV <i>filler</i> Abu sawit 30phr	-72,43	0,140

Penurunan Tg pada TPV dengan *compatibilizer* MNR 5 phr yang menggunakan *filler hybrid carbon black*/abu sawit terjadi karena TPV yang menggunakan *filler hybrid* mengandung *carbon black*. *Carbon black* ini menyebabkan TPV memiliki sifat yang lebih kaku sehingga lebih mudah patah pada suhu rendah. Sementara TPV yang hanya menggunakan abu sawit sebagai *fillernya* memiliki sifat yang lebih lunak sehingga memiliki ketahanan yang lebih tinggi pada suhu rendah. Selain itu penambahan MNR sebagai *compatibilizer* turut meningkatkan suhu transisi TPV.

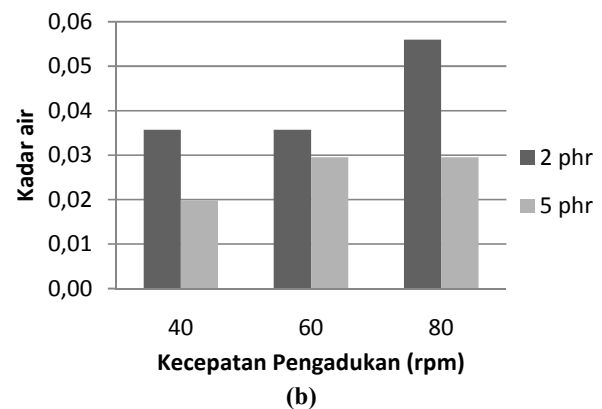
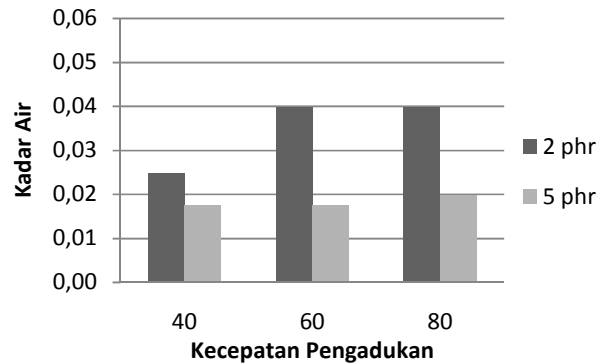
3.6. Sifat Serapan Air

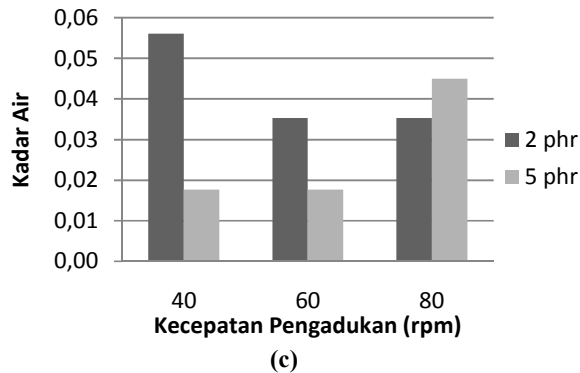
Sifat serapan air ditentukan berdasarkan jumlah air yang terserap di dalam material campuran PP/NR. Uji serapan air dilakukan dengan perendaman selama 6 hari sampai diperoleh massa konstan dari sampel yang berukuran 1cm x 1 cm x 2 mm. Setiap sampel diuji dua kali untuk memperoleh hasil yang lebih akurat. Karena penyebaran *filler* dalam setiap spesimen berbeda antara satu dan yang lainnya, maka spesimen diambil secara acak dari masing-masing sampel, dengan tujuan agar mendapatkan massa air rata-rata yang terserap. Uji serapan air diharap TPV yang dihasilkan menyerap air sesedikit mungkin. Semakin sedikit TPV menyerap air, maka semakin baik morfologi dan sifat mekaniknya. Sebaliknya, semakin banyak air yang berhasil diserap oleh TPV, maka semakin tidak baik morfologi dan sifat mekaniknya.

Hasil analisa uji serapan air pada TPV dengan menggunakan *compatibilizer* MNR dengan variasi temperatur dan kecepatan pengadukan pada *internal mixer* dapat dilihat pada Gambar 9. Gambar 9 (a) yaitu pada suhu pencampuran 170°C memperlihatkan bahwa pada TPV dengan kadar MNR 2 phr, kadar air yang diserap meningkat seiring dengan peningkatan kecepatan pengadukan, meskipun pada kecepatan pengadukan 60 dan 80 kadar air yang diserap sama. TPV dengan kadar 5 phr juga terjadi hal yang sama, yaitu terjadi peningkatan kadar

air seiring dengan peningkatan kecepatan pengadukan. Gambar 9 (b), yaitu pada suhu pencampuran 175°C juga terjadi hal yang sama. Kadar air yang diserap oleh TPV meningkat seiring dengan meningkatnya kecepatan pengadukan. Hal ini juga terjadi pada Gambar 9 (c) pada suhu pencampuran 180°C pada kadar MNR 5 phr. Namun, pada suhu pencampuran 180°C dengan kadar MNR 2 phr kadar air yang diserap menurun seiring dengan meningkatnya kecepatan pengadukan.

Semakin tinggi kecepatan rotor dan temperatur, maka semakin baik sifat dan morfologi campuran hingga mencapai titik maksimum [2]. Jika kecepatan rotor dan temperatur melebihi titik maksimum akan menyebabkan degradasi polimer sehingga sifat dan morfologi campuran akan kembali menurun. Pada penelitian ini kadar air meningkat seiring dengan peningkatan kecepatan pengadukan, namun peningkatan itu dimulai pada kecepatan pengadukan 60 rpm. Jadi, dari ketiga grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa kecepatan pengadukan yang optimum adalah 40 rpm, karena pada kecepatan pengadukan inilah kadar air yang paling kecil. Suhu optimal adalah 170°C karena pada suhu 175°C dan 180°C suhu terlalu tinggi sehingga menyebabkan campuran polimer terdegradasi. Hal ini dapat dibuktikan dari besarnya serapan air pada TPV di suhu 180°C. Pengaruh kadar MNR dapat dilihat pada Gambar 9. Dapat dilihat bahwa pada setiap kondisi proses kadar air pada TPV dengan kadar MNR 2 phr selalu lebih besar daripada TPV dengan kadar MNR 5 phr. Hal ini membuktikan bahwa semakin besar kadar MNR pada campuran TPV maka akan semakin kompatibel campuran tersebut.





Gambar 9. Grafik Pengaruh kecepatan pengadukan dan kadar MNR terhadap serapan kadar air pada suhu (a) 170°C, (b) 175°C dan (c) 180°C

4. Kesimpulan

Penambahan MNR sebagai *compatibilizer* pada pembuatan TPV meningkatkan sifat mekanik dan suhu transisi TPV. Semakin besar kadar MNR maka semakin baik sifat mekaniknya. Semakin tinggi temperatur proses dan kecepatan rotor, maka semakin menurun sifat mekaniknya. Kondisi terbaik secara keseluruhan didapatkan pada kadar *compatibilizer* 5 phr pada temperatur 170°C dan 40 rpm dengan nilai *tensile strength* 4,0807 MPa, *elongation at break* 70,8280% dan *modulus elastic* sebesar 38,069 MPa.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Lembaga Penelitian Universitas Riau yang telah memberikan bantuan dana pada penelitian ini melalui DIPA Universitas Riau Tahun Anggaran 2010 dengan No. Kontrak 99/H19.2/PL/2010 Tanggal 16 April 2010.

DAFTAR PUSTAKA

- 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.
- Baihaki, Ramadhan A, Nirwana, I. Zahrina dan Bahrudin, 2011, Pengaruh Kadar Plasticizer Minarex dan Nisbah Filler Hybrid Abu Sawit/Carbon Black Terhadap Morfologi dan Sifat Thermoplastic Vulcanizate Berbasis Karet Alam, Proceeding of on Chemical Engineering, Bandung.
- Blanco, A., 2002, A Soft Touch and Cosmetic Perfection, Proquest Scientist Journal : 36
- Folkes, M. J., 1993, Polymer Blend and Alloys, Great Britain: University Press, Cambridge.
- Firdaus, P., 2009, Pengaruh Filler Carbon Blnk Terhadap Morfologi dan Sifat Termoplastik Elastomer Berbasis Karet Alam, Skripsi, Universitas Riau.
- Gusnita, I., 2010, Pengaruh Rasio Massa Abu Sawit – Karet Alam Terhadap Morfologi dan Sifat Material Thermoplastik Vulcanizate, Skripsi, Universitas Riau
- Halimatuddahlia dan H. Ismail, 2008, Kekuatan Tarik dan Kandungan Gel Campuran Karet Alam (NR) dan Polipropilena (PP): Pengaruh Penambahan Bahan Sambung Silang Dicumil Peroksida (DCP) dan N-N-m-Phenylenebismaleimide (HVA-2), Medan: Universitas Sumatera Utara
- Hidayati, R. E., 2008, “Sintesis Zeolit dari Abu Layang Batubara : Kajian Pengaruh Waktu Hidrotermal awal Terhadap pembentukan Zeolit”, Tesis, ITS, Surabaya.
- Jovanovic, S. S., V. Jovanovic dan G. Markovi, 2009, Thermal and vulcanization kinetic behaviour of Acrylonitrile butadiene rubber reinforced by carbon Black, Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 94 (2008) 3, 797–803
- Kuriakose, B., S. K. Chakraborty dan S. K. DE, 1985, Scanning Electron Microscopy Studies on Tensile Failure of Thermoplastic Elastomer from Polypropilene-Natural Rubber Blends, Material Chemistry and Physics, Vol. 12: 157-170.
- Naskar, K., R. R. Babu dan N. K. Singha, 2010, Effects of mixing sequence on peroxide cured polypropylene (PP)/ethylene octene copolymer (EOC) thermoplastic Vulcanizates (TPVs), Part. II. Viscoelastic characteristics, J Polym Res 18:31–39.
- Ramadhan A, Nirwana, Baihaki, I. Zahrina dan Bahrudin, 2011, Pengaruh Rasio Massa Filler Hybrid Abu Sawit (Fly Ash)/Carbon Black dan Plasticizer Minarex Terhadap Morfologi dan Sifat Komposit Polipropilen/Karet Alam, Proceeding of on Chemical Engineering, Bandung.
- Rattanasom, N., T. Saowapark, dan C. Deeprasertkul, 2006, Reinforcement of Natural Rubber with Silica/Carbon black Hybrid Filler, Polymer Testing: 369-377.
- Saowapark, T., 2005, Reinforcement of Natural Rubber with Silica/Carbon Black Hybrid Filler, Thesis, Mahidol University.
- Shashidhara, G. M., D. Biswas, B. S. Pai, A. K. Kadiyala, G. S. W. Feroze dan M. Ganesh, 2009, Effect of PP-g-MAH compatibilizer content in polypropylene/nylon-6 blends, Polym. Bull. 63:147–157.
- Solehah, L., 2009, Pengaruh Filler Serat Sabut Sawit Terhadap Morfologi dan Sifat Termoplastik Elastomer Berbasis Karet Alam, Pekanbaru: Universitas Riau.
- Surya, C. S. D., 2010, Pengaruh Ukuran Partikel Fly Ash (Abu Sawit) Terhadap Morfologi dan Sifat Thermoplastik Vulcanizate (TPV) Berbasis Karet Alam, Pekanbaru : Universitas Riau.
- Utracki, L. A. and Sammut, 1990, On the uniaxial extensional flow polystyrene/polyethylene blends. Polym. Eng Sci. 30 (17) : 1019-1026.

Yuniari, A., 2011. Morphology and physical properties of low density polyethylene (LDPE) and starch blend-grafted maleic anhydride (LDPE-SARCH-g-MAH), Jurnal riset industry vol. V, no. 3, Hal 239-247.