

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari penelitian ini meliputi hasil analisa kekuatan tarik (*Tensile Strength*) dan analisa morfologi (SEM) material *Thermoplastic Elastomer* (TPE) pada berbagai komposisi karet dan sulfur.

4.1 Hasil Penelitian

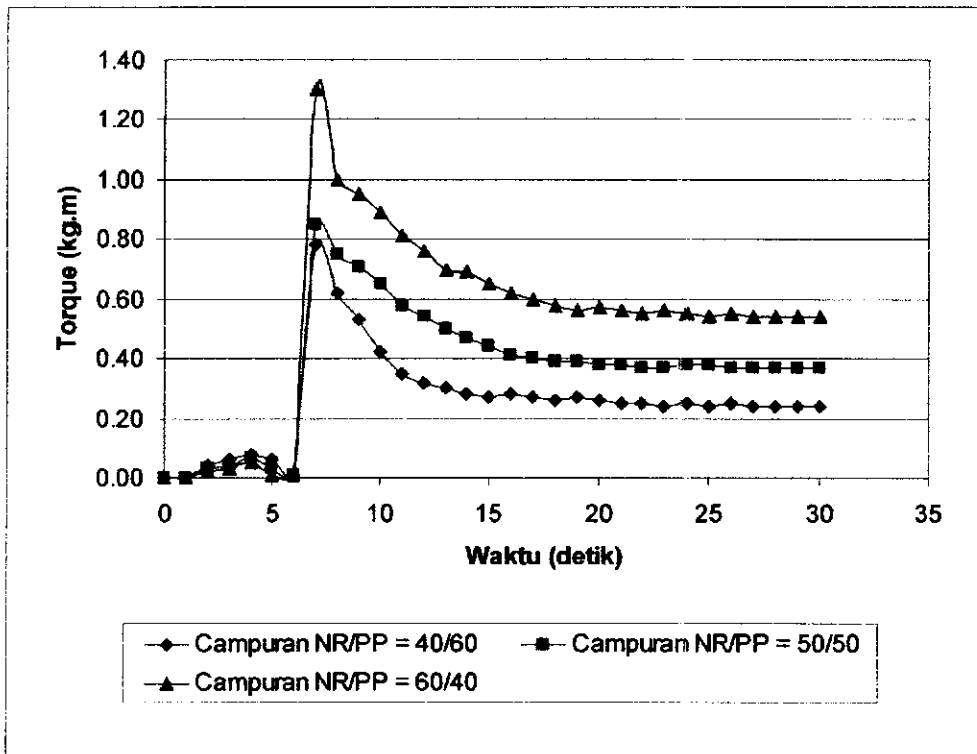
4.1.1 *Torque* saat Pencampuran

Pencampuran Karet alam (NR) dan *Polypropilene* (PP) dilakukan pada alat *internal mixer* dengan kondisi operasi suhu 180 °C, kecepatan rotor 60 rpm dan total waktu pencampuran pada masing-masing komposisi adalah 12 menit. Adapun data *torque* yang diperoleh pada saat pencampuran adalah sebagai berikut :

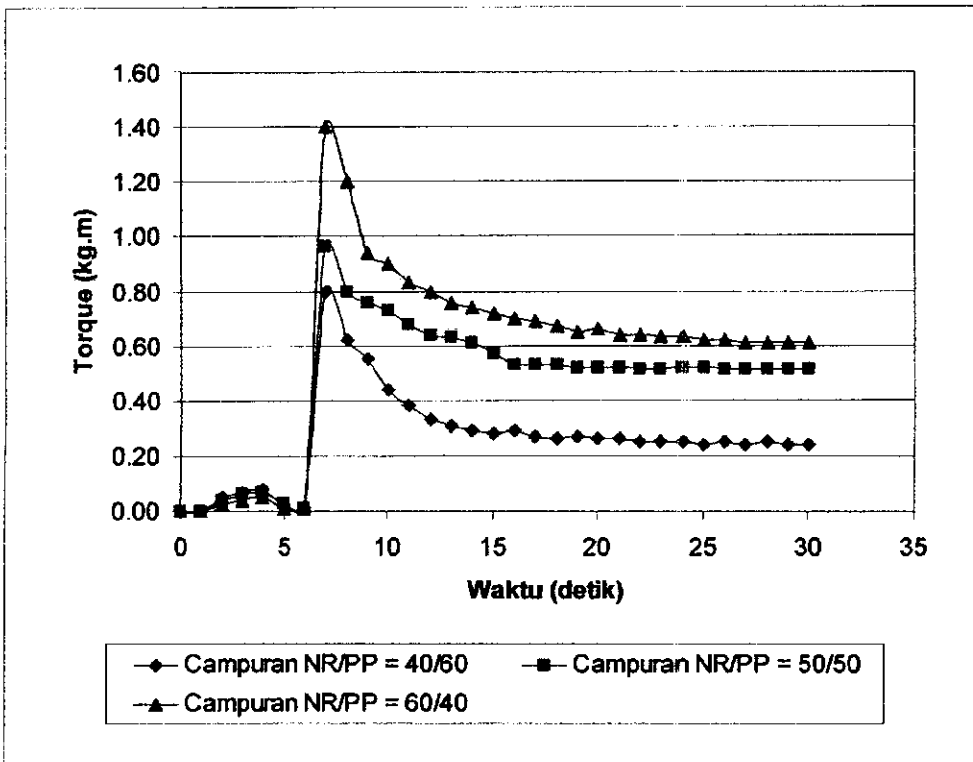
Tabel 4.1 Data *Torque* Pencampuran NR/PP

No	Komposisi NR/PP	Komposisi Sulfur (phr)	<i>Torque</i> konstan (kg.m)
1	40/60	1	0.24
	50/50		0.37
	60/40		0.54
2	40/60	3	0.31
	50/50		0.51
	60/40		0.61

Data *torque* pada tabel 4.1 merupakan data *torque* pada akhir proses pencampuran (pada kondisi *torque* konstan), dimana campuran telah dianggap homogen dan telah terjadi vulkanisasi dinamis pada karet. Untuk melihat fluktuasi perubahan *torque* selama proses pencampuran, akan dideskripsikan pada Gambar (4.1) dan (4.2) berikut :



Gambar 4.1 Grafik Hubungan *Torque* terhadap Waktu Pencampuran NR/PP pada Komposisi Sulfur = 1 phr



Gambar 4.2 Grafik Hubungan *Torque* terhadap Waktu Pencampuran NR/PP pada Komposisi Sulfur = 3 phr

4.1.2 Hasil Analisa Uji Tarik

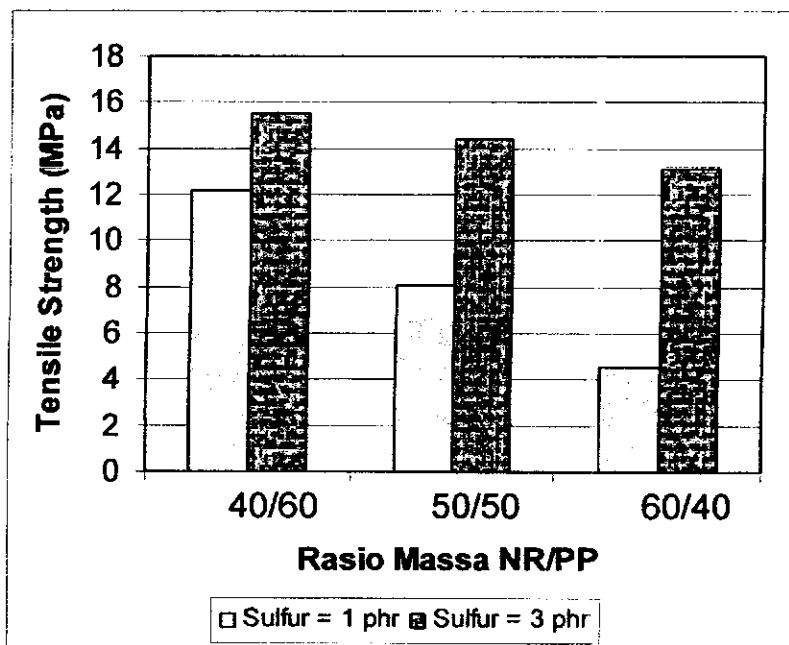
Pengujian kekuatan tarik material TPE ini menggunakan alat *Universal Testing Machine* dengan tipe *Orientec Co. Ltd, Model UCT-5T*. Metode standar pengujian yang digunakan adalah *ISO 527-3-5*. Pengujian dilakukan pada kondisi sebagai berikut :

1. Temperatur ruang uji 23⁰ C
2. Kelembaban ruang uji 50%
3. Kecepatan tarik 50 mm/menit
4. Skala load cell 10% dari 100 kgf
5. Pengukur tebal : Digital Micrometer
6. Penjepit : Berigi, kapasitas 100 kgf

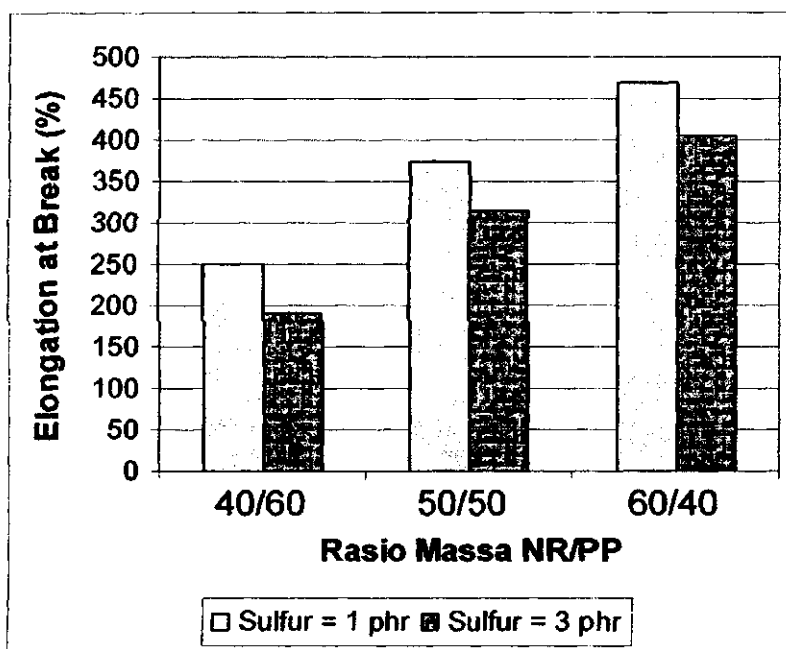
Adapun hasil yang diperoleh dari pengujian ini adalah sebagai berikut :

Tabel. 4.2 Data Hasil Analisa Uji Tarik

No	Komposisi PP/NR	Komposisi Sulfur (phr)	Tensile Strength (Mpa)	Elongation at Break (%)
1	40/60	1	12.204	248.96
	50/50		8.063	373.52
	60/40		4.578	468.40
2	40/60	3	15.496	190.04
	50/50		14.429	314.76
	60/40		13.126	404.16



Gambar 4.3 Grafik Hubungan *Tensile Strength* terhadap Rasio Massa NR/PP

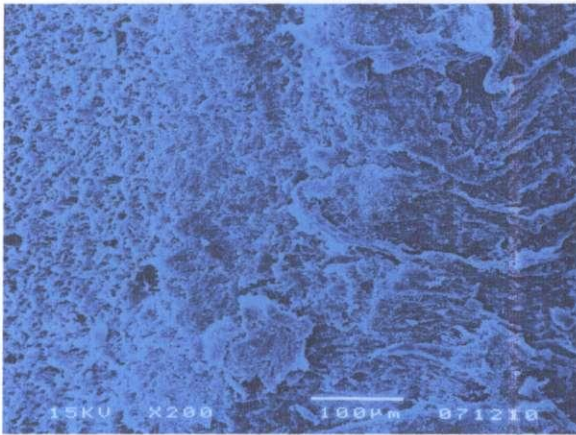


Gambar 4.4 Grafik Hubungan *Elongation* terhadap Rasio Massa NR/PP

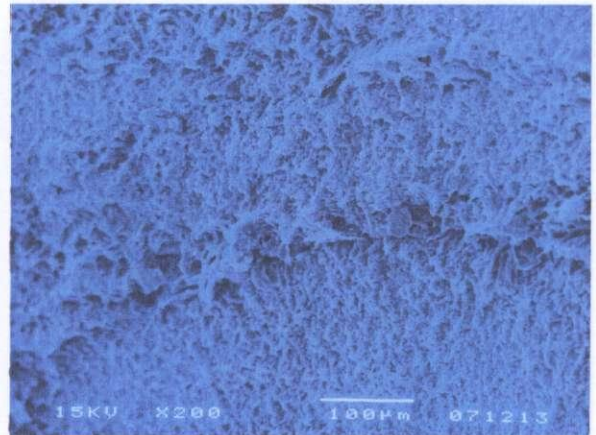
4.1.3 Hasil Analisa Morfologi

Pengamatan morfologi pada penelitian ini menggunakan alat uji SEM (*Scanning Electron Microscope*) dengan tipe JEOL T330A. Kondisi operasi pada saat pengujian adalah tegangan 15 kV, arus 0.5 mA dan perbesaran 100x – 10.000x. Sampel yang di foto adalah sampel yang memiliki kekuatan uji tarik terbaik pada salah satu komposisi sulfur, yang pada penelitian ini terdapat pada sampel dengan komposisi sulfur 3 phr. Hal ini bertujuan untuk membandingkan distribusi NR pada matriks *Polypropilene* pada berbagai komposisi NR/PP. Adapun hasil yang diperoleh pada uji SEM ini adalah sebagai berikut :

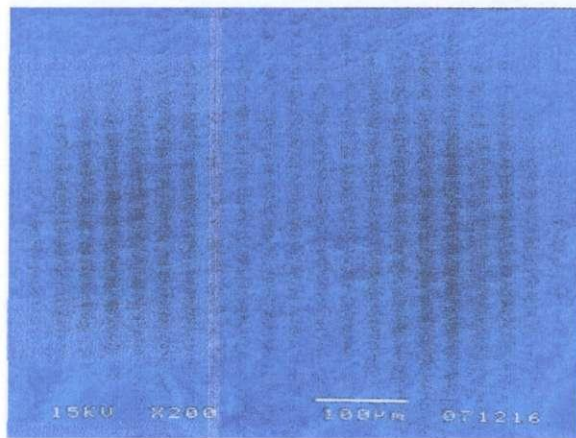
1. Perbesaran 200x



(a)



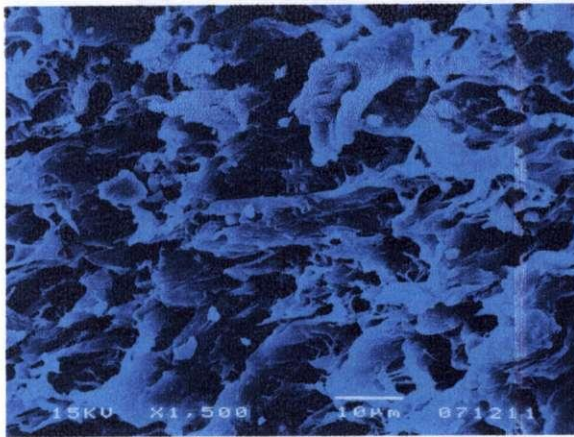
(b)



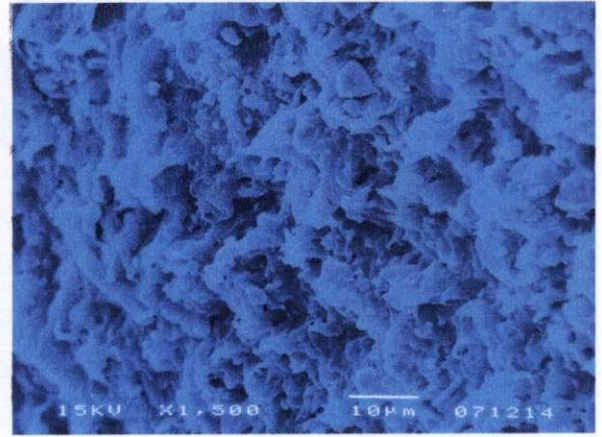
(c)

Gambar 4.5 Foto SEM pada permukaan campuran NR/PP dengan Perbesaran 200x : (a) rasio massa NR/PP 40/60 (b) rasio massa NR/PP 50/50 (c) rasio massa NR/PP 60/40

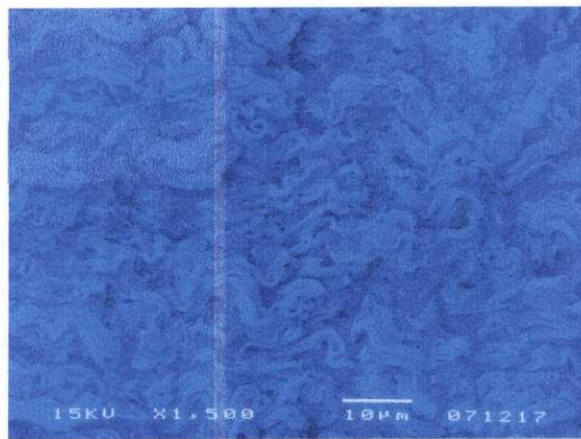
2. Perbesaran 1500x



(a)



(b)

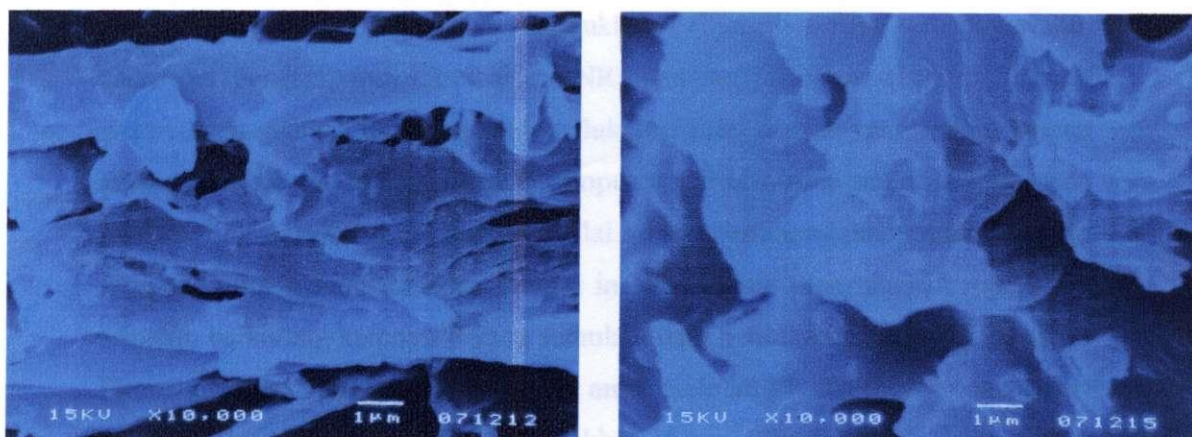


(c)

Gambar 4.6 Foto SEM pada permukaan campuran NR/PP dengan Perbesaran 1500x : (a) rasio massa NR/PP 40/60 (b) rasio massa NR/PP 50/50 (c) rasio massa NR/PP 60/40

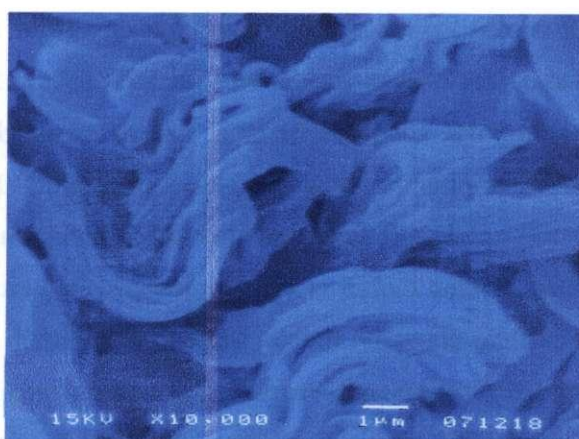
3. Perbesaran 10.000x

3.2.3 Jangrutan Partikel



(a)

(b)



(c)

Gambar 4.7 Foto SEM pada permukaan campuran NR/PP dengan Perbesaran 10.000x : (a) rasio massa NR/PP 40/60 (b) rasio massa NR/PP 50/50 (c) rasio massa NR/PP 60/40

4.2 Pembahasan

4.2.1 *Torque* saat Pencampuran

Gambar (4.1) dan (4.2) menunjukkan hubungan *torque* terhadap waktu pada saat pencampuran karet alam (NR) dan *polypropilene* (PP) di *internal mixer*. Pada gambar ini dapat dilihat fluktuasi nilai *torque* yang terjadi karena tahanan pada rotor saat mengaduk campuran. Nilai *torque* mulai terlihat pada saat awal PP dimasukkan, kemudian nilai *torque* perlahan-lahan mulai menurun sampai akhirnya menjadi konstan. Hal ini disebabkan oleh tahanan rotor yang semakin berkurang karena PP yang semula dalam bentuk butiran mulai mencair. PP mencair disebabkan karena gesekan antar molekul PP dan transfer panas dari alat. Keadaan *torque* konstan menunjukkan bahwa PP telah mencair sempurna [Ismail, 2005]. Inilah tahap awal fluktuasi nilai *torque* pada saat pencampuran.

Tahap kedua fluktuasi terjadi ketika NR yang telah di mastikasi dan ditambahkan zat aditif dimasukkan kedalam *internal mixer*. Pada saat ini nilai *torque* melonjak drastis. Hal ini disebabkan karena viskositas NR yang tinggi sehingga menyebabkan tahanan yang terjadi pada rotor besar. Namun seiring berjalannya waktu, nilai *torque* semakin lama semakin menurun hingga tercapai nilai konstan. Penurunan ini disebabkan molekul-molekul NR yang merenggang karena pengadukan dan pencampuran yang terjadi antara NR dan PP. Pada saat inilah terjadinya distribusi molekul-molekul NR pada matriks PP dan terbentuk ikatan. Keadaan konstan pada nilai *torque* menandakan bahwa campuran telah homogen dan telah terjadi vulkanisasi dinamis pada NR [Charoen, 2006].

Pada tabel 4.1 dapat dilihat bahwa semakin besar komposisi NR dan sulfur maka nilai *torque* yang dihasilkan semakin besar. Hal ini disebabkan oleh viskositas campuran yang terbentuk semakin besar karena komposisi NR yang semakin bertambah. Selain itu, ikatan *crosslink* terjadi lebih baik dan sempurna pada komposisi sulfur yang semakin besar (komposisi optimal) [Bahrudin, 2007].

4.2.2 *Stress-Strain Properties*

Kekuatan *stress* (tegangan) dan *strain* (regangan) pada uji tarik material mendeskripsikan keadaan properti dari material tersebut. Hal yang paling besar mempengaruhi kekuatan *stress/tensile* dan *strain/elongation* suatu material campuran adalah komposisi zat penyusun material tersebut. Demikian juga halnya dengan material *Thermoplastic Elastomer* (TPE) yang dibuat dari campuran karet alam (NR) dan *Polypropilene* (PP) dengan vulkanisasi dinamis ini. Komposisi NR dan PP yang menyusun campuran ini sangat mempengaruhi properti campuran yang terbentuk. Pengaruh komposisi pada campuran NR/PP ini ditunjukkan pada Gambar (4.3) dan (4.4).

Gambar (4.3) menunjukkan hubungan Tensile strength terhadap berbagai komposisi NR/PP pada komposisi sulfur 1 dan 3 phr. Pada gambar ini terlihat bahwa semakin besar komposisi PP dalam campuran maka semakin besar *stress strength* yang dihasilkan, dimana dalam hal ini *stress strength* tertinggi terdapat pada campuran dengan rasio massa NR/PP 40/60 sedangkan yang terendah terdapat pada campuran dengan rasio massa NR/PP 60/40.

Gambar (4.4) menunjukkan hubungan *Elongation at break* terhadap berbagai komposisi NR/PP pada komposisi sulfur 1 dan 3 phr. Pada gambar ini terlihat bahwa semakin besar komposisi NR maka semakin besar elongasi yang terjadi. Dalam hal ini, elongasi tertinggi terdapat pada campuran dengan rasio massa NR/PP 60/40 sedangkan elongasi terendah terdapat pada campuran dengan rasio massa 40/60.

Dari penjelasan sebelumnya dapat disimpulkan bahwa bertambahnya komposisi PP dalam campuran menyebabkan meningkatnya Tensile strength dan menurunnya elongasi. Demikian juga sebaliknya, semakin bertambahnya komposisi NR dalam campuran menyebabkan meningkatnya elongasi dan menurunnya Tensile strength. Hal ini disebabkan karena distribusi molekul NR terdistribusikan ke dalam matriks PP, dimana pada saat komposisi NR rendah, maka ukuran partikel karet terdistribusikan ke dalam matriks PP besar. Karena kemungkinan terjadinya ikatan *crosslink* pada molekul karet kecil. Oleh sebab itu, sifat mekanik yang paling dominan pada komposisi ini adalah sifat mekanik dari PP yaitu memiliki tensile strength yang tinggi dan elongasi

yang rendah. Sedangkan pada komposisi NR yang besar, ukuran partikel NR ter Vulkanisasi yang terdistribusi kedalam matriks PP menjadi kecil, karena diantara molekul NR saling membentuk ikatan *crosslink* yang kuat. Sehingga pada kondisi ini sifat mekanik dari NR yang paling mendominasi. Dimana NR memiliki elongasi yang tinggi dan tensile streng yang rendah [Charoen. 2006]

Selain Komposisi NR/PP, hal lain yang mempengaruhi tensile strength dan elongasi campuran NR/PP ini adalah komposisi sulfur sebagai bahan curatif. Pada laporan ini, pengaruh komposisi sulfur terhadap sifat mekanik campuran tidak dibahas secara detail. Namun secara umum, komposisi sulfur berpengaruh terhadap kesempurnaan ikatan *crosslink* yang terbentuk pada molekul-molekul NR dan homogenitas campuran yang terbentuk. Seperti yang dapat dilihat pada Gambar (4.3) dan (4.4), dari kedua gambar ini dapat dilihat bahwa *tensile strength* dan elongasi pada komposisi sulfur 3 phr lebih besar daripada komposisi sulfur 1 phr. Hal ini terjadi karena pada komposisi sulfur yang lebih besar, ikatan *crosslink* pada molekul NR pada saat vulkanisasi dinamis lebih sempurna dan distribusi molekul-molekul NR pada matriks PP lebih merata sehingga homogenitas campuran yang dihasilkan lebih baik [Bahrudin, 2007].

4.2.3 Morfologi Properties

Keadaan morfologi material campuran NR/PP dapat dilihat pada Gambar (4.5), (4.6), dan (4.7) dengan perbesaran masing-masing 200x, 1500x dan 10.000x. Pada masing-masing perbesaran terlihat bahwa semakin besar komposisi NR pada campuran maka distribusi fasa NR didalam matriks PP akan semakin seragam. karena pada saat pencampuran di *internal mixer*, gesekan yang terjadi antara molekul NR semakin besar pada komposisi NR yang besar. Sehingga menyebabkan ukuran partikel NR yang terdistribusi kedalam matriks PP semakin kecil. apabila ukuran partikel NR yang terdistribusi ini semakin kecil, maka akan dihasilkan campuran dengan homogenitas yang baik. Hal ini terlihat dari kerapatan molekul-molekul campuran [Bahrudin, 2007].

Selain itu, pada komposisi NR dan sulfur yang semakin besar akan menghasilkan ikatan *crosslink* yang semakin baik karena peluang interaksi antar partikel karet besar sehingga intensitas terbentuknya ikatan *crosslink* pada partikel NR pada saat vulkanisasi semakin baik. Oleh karena itu, campuran yang dihasilkan lebih homogen yang terlihat dari kerapatan molekul yang semakin baik.