

Reologi Nanokomposit Polipropilen/*Multiwalled Carbon Nanotube*/Organoclay

Bambang Afrinaldi, Chandra Liza, dan Syah Johan Ali Nasiri
Balai Teknologi Polimer – Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT)
Gedung 460 Kawasan Puspiptek, Tangerang 15314, Indonesia
E-mail: bambang.afrinaldi@bppt.go.id

Received: 22-Mar-2017 Revised: 22-Apr-2017 Accepted: 29-Mei-2017

ABSTRAK

Reologi Nanokomposit Polipropilen/*Multiwalled Carbon Nanotube*/Organoclay. Adanya nanopartikel *organoclay* (OC) dapat mempengaruhi sifat reologi dari nanokomposit polimer. Penelitian ini mempelajari pengaruh OC terhadap sifat reologi dalam nanokomposit Polipropilen/*Multiwalled Carbon Nanotube*/Organoclay (PP/MWCNT/OC) yang dibuat dengan teknik *melt mixing*. Peningkatan temperatur dan frekuensi menyebabkan penurunan viskositas lelehan nanokomposit. Di sisi lain, penambahan OC dapat meningkatkan viskositas lelehan hingga 56,4%, *storage modulus* hingga 70,9%, dan *loss modulus* hingga 66,5% dari nanokomposit PP/MWCNT/OC dibandingkan tanpa penambahan OC.

Kata Kunci: *multiwalled carbon nanotube, organoclay, nanokomposit, reologi*

ABSTRACT

Rheology of Polypropylene/*Multiwalled Carbon Nanotube*/ Organoclay Nanocomposite. The presence of organoclay nanoparticles (OC) may affect the rheological properties of polymer nanocomposites. This research studied the effect of OC on rheological properties in Polypropylene/*Multiwalled Carbon Nanotube*/Organoclay (PP/MWCNT/OC) nanocomposites made with melt mixing technique. An increase in temperature and frequency causes a decrease in the melt viscosity of the nanocomposite. On the other hand, the addition of OC can increase melt viscosity up to 56.4%, storage modulus up to 70.9%, and modulus loss up to 66.5% of PP/MWCNT/OC nanocomposite compared with that of without OC addition.

Keywords: *multiwalled carbon nanotube, organoclay, nanocomposite, rheology*

PENDAHULUAN

Carbon nanotube (CNT) merupakan material yang banyak dipelajari sejak penemuannya oleh Iijima [1]. Ada dua jenis CNT yaitu *single wall carbon nanotube* (SWCNT) dan *multiwalled carbon nanotube* (MWCNT). Penggunaan CNT pada komposit polimer dapat meningkatkan konduktivitas listrik, kekuatan mekanik, dan stabilitas panas [2-4]. Hal ini menyebabkan nanokomposit polimer ini digunakan untuk beberapa aplikasi seperti pada peralatan elektronik, *electromagnetic interfere shielding* (EMI), dan untuk aplikasi kekuatan struktur [5-7]. Beberapa teknik untuk membuat nanokomposit polimer CNT adalah dengan in-situ polimerisasi, *solution mixing*, dan *melt mixing*. Diantara semua teknik tersebut, teknik *melt mixing* merupakan teknik yang paling mudah untuk membuat nanokomposit yang berasal dari poliolefin seperti polipropilen (PP) dan polietilen (PE).

Dispersi CNT dalam matriks polimer merupakan salah satu kunci untuk meningkatkan sifat-sifat dari nanokomposit. Beberapa metode yang digunakan untuk meningkatkan dispersi CNT adalah dengan menggunakan kompatibilizer, memodifikasi permukaan CNT, dan dengan menggunakan *filler* kedua [3,8,9]. Terkait dengan penggunaan *filler* kedua, para peneliti telah mempelajari penggunaan organoclay (OC) sebagai *filler* kedua untuk meningkatkan dispersi CNT [9]. Sifat-sifat nanokomposit juga menunjukkan peningkatan dengan adanya penambahan *filler* tersebut [10,11].

Reologi merupakan suatu cabang ilmu yang mempelajari sifat aliran suatu material akibat pengaruh tegangan (*stress*). Sifat reologi suatu nanokomposit polimer dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya adalah jumlah *filler* yang digunakan, aspek rasio dan dispersi dari *filler*, berat molekul dari matriks polimer, serta interaksi antara *filler* dengan matriks [12-14]. Informasi mengenai sifat reologi ini merupakan hal yang penting bagi industri pemrosesan komposit polimer [15].

Pada penelitian ini dipelajari pengaruh penambahan OC terhadap sifat reologi nanokomposit PP/MWCNT/OC yang diproses dengan teknik *melt mixing*. Sifat reologi dianalisa menggunakan metode *oscillatory frequency sweep* pada beberapa temperatur.

METODE PERCOBAAN

Bahan dan Alat

Polipropilen dengan *grade* PP HI10HO yang diperoleh dari PT. Chandra Asri Petrochemical Tbk digunakan sebagai matriks. Polipropilen *graft maleic anhydride* (PP-g-MA) dengan merk Epolene[®] E-43 Wax dari Eastman sebagai kompatibilizer. Antioksidan Irganox B215 FF dari BASF

digunakan untuk mencegah degradasi material. MWCNT dari Cheaptubes dengan diameter luar 30-50 nm dan panjang 10-20 μm digunakan sebagai *filler* utama. Organoclay Nanomer 1.44PT dari Nanocor digunakan sebagai *filler* kedua.

Peralatan yang digunakan adalah internal mixer Haake Rheomix PolyDrive Mixing tipe Rheomix 600p (Laboratory mixer) dengan tipe rotor Roller Blades untuk pencampuran nanokomposit dan Rotational Rheometer merk Thermo Scientific tipe Haake MARS III dengan jenis geometri pelat adalah *parallel plate* dengan diameter 20 mm untuk analisa sifat reologi.

Metode

Komposit dibuat dengan dua tahap. Tahap pertama adalah pembuatan *masterbatch* PP/MWCNT dan PP/OC. Tahap kedua adalah pembuatan nanokomposit PP/MWCNT/OC dengan mencampurkan PP dengan *masterbatch* PP/MWCNT dan PP/OC yang telah dibuat sebelumnya. Semua tahapan ini dilakukan dengan menggunakan internal mixer Haake Rheomix PolyDrive Mixing dengan kondisi seperti penelitian sebelumnya [16]. Pada penelitian ini digunakan konsentrasi MWCNT sebesar 1,4 wt% sesuai dengan nilai *rheological percolation threshold* yang diperoleh pada penelitian sebelumnya [16], sedangkan konsentrasi OC divariasikan dari 0 – 2,5 wt%.

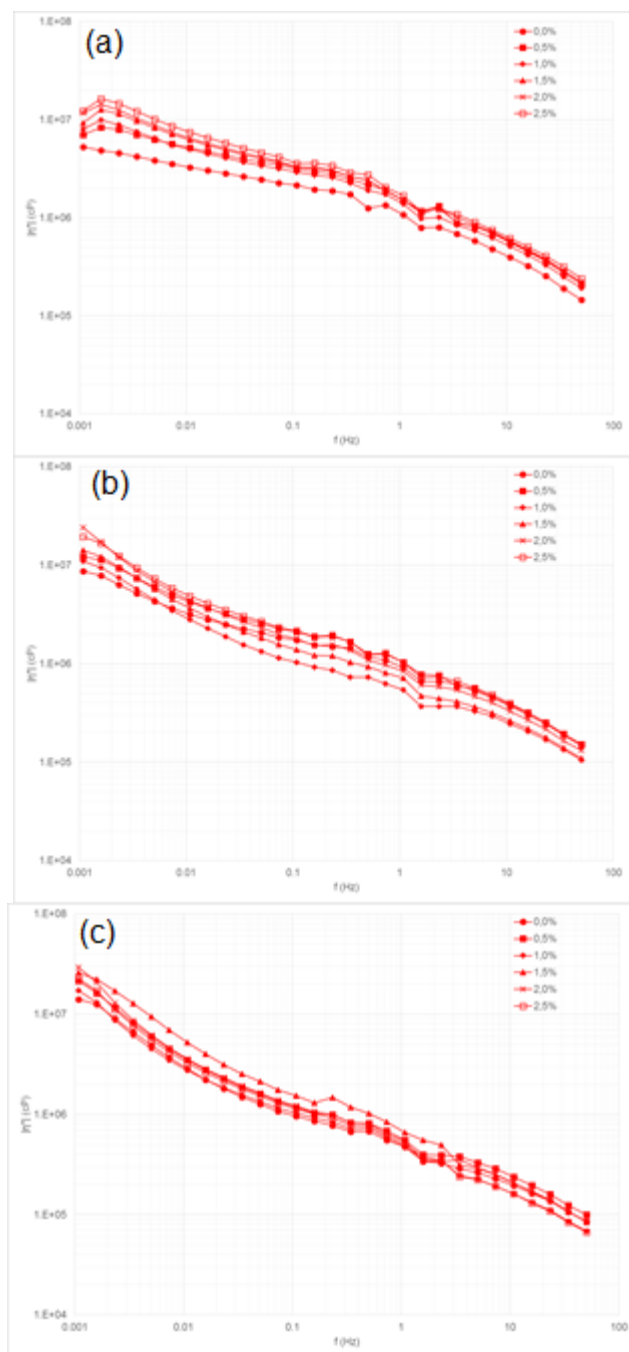
Analisa sifat reologi menggunakan metode *oscillatory frequency sweep* dengan frekuensi 0,001 – 100 Hz pada *strain* sebesar 0,5. Pengukuran dilakukan pada temperatur 180, 200, dan 220°C.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Viskositas lelehan nanokomposit PP/MWCNT/OC mengalami penurunan seiring dengan peningkatan frekuensi. Hal ini menunjukkan bahwa lelehan nanokomposit PP/MWCNT/OC bersifat non-Newtonian (Gambar 1). Penurunan viskositas akibat meningkatnya *shear rate* ini disebut *shear thinning*. Hal ini dapat dijelaskan bahwa pada frekuensi tinggi terjadi peningkatan pergerakan molekul polimer yang menyebabkan berkurangnya entanglement antar rantai pada polimer. Akibatnya adalah semakin sedikit rantai polimer yang berada dalam keadaan *entanglement* dalam waktu yang cukup lama sehingga viskositas menjadi turun [17].

Penurunan viskositas juga terjadi akibat meningkatnya temperatur. Hal ini sesuai dengan prediksi bahwa pergerakan molekul polimer akan meningkat pada temperatur tinggi. Meningkatnya pergerakan molekul ini menyebabkan volume bebas dari molekul nanokomposit menjadi meningkat.

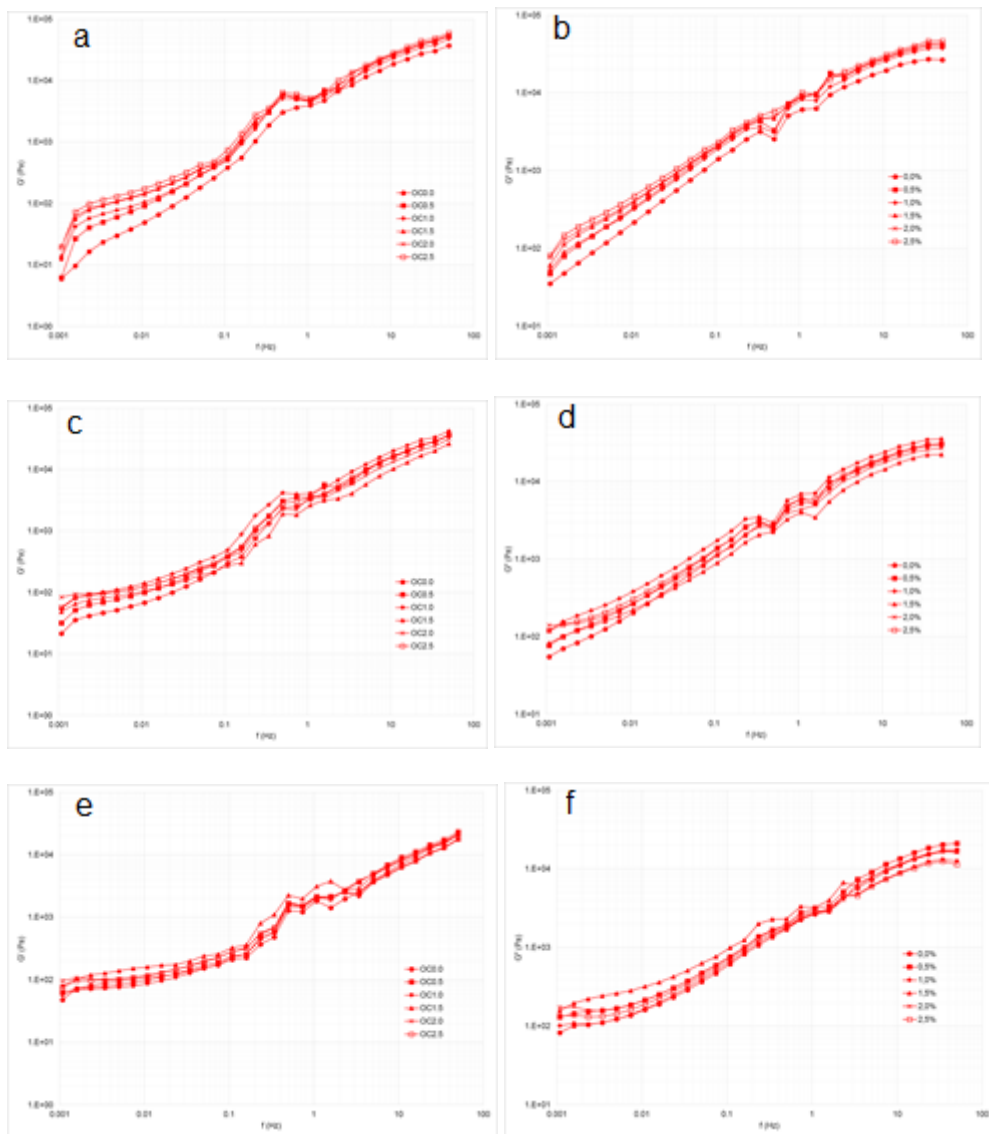
Akibat meningkatnya volume bebas tersebut adalah menurunnya viskositas lelehan dari nanokomposit [18].



Gambar 1. Viskositas PP/MWCNT/OC sebagai fungsi frekuensi pada suhu: (a) 180°C, (b) 200°C, dan (c) 220°C

Reologi Nanokomposit Polipropilen/*Multiwalled Carbon Nanotube*/Organoclay
(Bambang Afrinaldi)

Gambar 1 juga memperlihatkan bahwa adanya OC dalam nanokomposit dapat meningkatkan viskositas. Peningkatan viskositas ini dapat dijelaskan bahwa dengan adanya organoclay maka pergerakan molekul polimer menjadi terhalang. Akibat dari terhalangnya pergerakan molekul tersebut adalah peningkatan viskositas. Peningkatan viskositas terbesar terjadi pada penambahan OC sebanyak 2,5 wt% dimana mampu meningkatkan viskositas nanokomposit sebesar 56,4% pada temperatur 180°C dan frekuensi 1 Hz.



Gambar 2. Storage dan loss modulus PP/MWCNT/OC sebagai fungsi frekuensi pada 180°C (a dan b), 200°C (c dan d), dan 220°C (e dan f)

Storage modulus (G') menunjukkan keadaan *solid-like*, sedangkan *loss modulus* (G'') menunjukkan *liquid-like* dari suatu material yang bersifat viskoelastik. Gambar 2 memperlihatkan bahwa nilai G' dan G'' nanokomposit PP/MWCNT/OC meningkat dengan bertambahnya frekuensi. Selain itu, adanya penambahan OC juga meningkatkan nilai G' dan G'' dari nanokomposit PP/MWCNT/OC yang menunjukkan terbentuknya interaksi antara OC dengan polimer [19]. Peningkatan nilai G' tertinggi terjadi pada temperatur 220°C dengan penambahan OC sebanyak 1,5 wt% dimana meningkatkan G' sebesar 70,9% pada frekuensi 1 Hz. Sedangkan peningkatan nilai G'' tertinggi terjadi pada temperatur 180°C dengan penambahan OC sebanyak 2,5 wt% dimana meningkatkan G'' sebesar 66,5% pada frekuensi 1 Hz. Peningkatan nilai G' dan G'' ini terjadi karena adanya interaksi filler-filler dan filler-polimer yang ada pada sistem nanokomposit. Selain penambahan OC, temperatur juga mempengaruhi nilai G' dan G'' yaitu peningkatan temperatur akan menurunkan nilai G' dan G'' . Penurunan nilai G' dan G'' tersebut disebabkan karena meningkatnya pergerakan molekul polimer sebagai akibat dari naiknya temperatur.

KESIMPULAN

Pembuatan nanokomposit PP/MWCNT/OC telah dibuat dengan menggunakan metode *melt mixing* dengan penambahan OC hingga 2,5 wt%. Peningkatan temperatur dan frekuensi menyebabkan menurunnya viskositas lelehan nanokomposit PP/MWCNT/OC. Sedangkan jumlah organoclay yang ditambahkan ke dalam sistem nanokomposit akan meningkatkan viskositas lelehan dimana peningkatan tertinggi sebesar 56% diperoleh pada penambahan OC sebanyak 2,5 wt% di temperatur 180°C.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Balai Teknologi Polimer yang telah mendukung penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Iijima S. Helical microtubules of graphitic carbon. *Nature* 1991;354:56-8.
- [2]. Szentes A, Varga Cs, Horvath G, Bartha L, Konya Z, Haspel H, Szel J, Kukovecz A. Electrical resistivity and thermal properties of

- compatibilized multi-walled carbon nanotube/polipropilen composites. *eXPRESS Polym Lett* 2012;6:494-502.
- [3]. Prashantha K, Soulestin J, Lacrampe MF, Claes M, Dupin G, Krawczak P. Multi-walled carbon nanotube filled polipropilen nanocomposites based on masterbatch route: Improvement of dispersion and mechanical properties through PP-g-MA addition. *eXPRESS Polym Lett* 2008;2:735-45.
- [4]. Cabezas AL, Liu X, Chen Q, Zhang SL, Zheng LR, Bin Zhang Z. Influence of carbon nanotubes on thermal stability of water-dispersible nanofibrillar polyaniline/nanotube composite. *Materials (Basel)* 2012;5:327-35.
- [5]. Thomassin JM, Jérôme C, Pardoën T, Bailly C, Huynen I, Detrembleur C. Polymer/carbon based composites as electromagnetic interference (EMI) shielding materials. *Mater Sci Eng R Reports* 2013;74:211-32.
- [6]. Al-Saleh MH. Electrically conductive carbon nanotube/polipropilen nanocomposite with improved mechanical properties. *Mater Des* 2015;85:76-81.
- [7]. Song K, Zhang Y, Meng J, Green EC, Tajaddod N, Li H, Minus ML. Structural polymer-based carbon nanotube composite fibers: Understanding the processing-structure-performance relationship. *Materials (Basel)* 2013;6:2543-77.
- [8]. Levchenko V, Mamunya Y, Boiteux G, Lebovka M, Alcouffe P, Seytre G, Lebedev E. Influence of organo-clay on electrical and mechanical properties of PP/MWCNT/OC nanocomposites. *Eur Polym J* 2011;47:1351-60.
- [9]. Mohsin MEA, Arsad A, Gulrez SKH, Muhamad Z, Fouad H, Alothman OY. Enhanced dispersion of carbon nanotubes in high density polyethylene matrix using secondary nanofiller and compatibilizer. *Fibers Polym* 2015;16:129-37.
- [10]. Prashantha K, Soulestin J, Lacrampe MF, Krawczak P. Processing and characterization of polipropilen filled with multiwalled carbon nanotube and clay hybrid nanocomposites. *Int J Polym Anal Charact* 2014;19:363-71.
- [11]. Mohsin MEA, Arsad A, Fouad H, Jawaid M, Alothman OY. Enhanced mechanical and thermal properties of CNT/HDPE nanocomposite using MMT as secondary filler. *AIP Conf Proc* 2014;1599:206-9.
- [12]. Ray SS. Rheology of polymer/layered silicate nanocomposites. *J Ind Eng Chem* 2006;12:811-42.
- [13]. Chen DTN, Wen Q, Janmey PA, Crocker JC, Yodh AG. Rheology of soft materials. *Annu Rev Condens Matter Phys* 2010;1:301-22.
- [14]. Litchfield DW, Baird DG. The rheology of high aspect ratio nanoparticle filled liquids. *Rheol Rev* 2006;1-60.

- [15]. Zhu J, Wei S, Li Y, Sun L, Haldolaarachchige N, Young DP, Southworth C, Khasanov A, Luo Z, Guo Z. Surfactant-free synthesized magnetic polypropylene nanocomposites: Rheological, electrical, magnetic, and thermal properties. *Macromolecules* 2011;44:4382-91.
- [16]. Afrinaldi B, Juwono AL, Liza C, Nasiri SJA. Effect of multi wall carbon nanotube content on the electrical and rheological properties of polipropilen-based nanocomposites. *MATEC Web Conf* 2016;78(1092):1-8.
- [17]. Bai J, Goodridge RD, Hague RJMM, Song M, Okamoto M. Influence of carbon nanotubes on the rheology and dynamic mechanical properties of polyamide-12 for laser sintering. *Polym Test* 2014;36:95-100.
- [18]. Jain AK, Gupta NK, Nagpal AK. Effect of dynamic cross-linking on melt rheological properties of polipropilen/ethylene-propylene-diene rubber blends. *J Appl Polym Sci* 2000;77:1488-1505.
- [19]. Kumar M, Shanmuga Priya N, Kanagaraj S, Pugazhenth G. Melt rheological behavior of PMMA nanocomposites reinforced with modified nanoclay. *Nanocomposites* 2016;2:109-16.