

EFEK PENAMBAHAN NANOCCLAY TERHADAP SIFAT MEKANIK DARI BLENDING PET/PP

Heru Santoso^{1*)}, Gatot Dwigustono¹

¹Sentra Teknologi Polimer – Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi
Gedung 460 Kawasan Puspiptek Serpong Tangerang Selatan 15314

*)Email:heru@sentrapolimer.com

Abstrak

Dengan berkembangnya kemampuan rekayasa material, polimer *blend* menjadi salah satu metode untuk merekayasa material polimer yang cukup penting karena aplikasinya yang cukup luas. Dalam penelitian ini telah dilakukan proses *blending* (pencampuran) antara material polimer polietilena tereftalat (PET) dengan polipropilena (PP) dengan bantuan kompatibilizer PP-g-MA. Proses pencampuran menggunakan mesin ekstrusi jenis *single screw* dengan setting parameter suhu 210°C, 230°C, 265°C dan 275°C pada putaran 50 rpm. Pengaruh penambahan nano pada sistem campuran PET/PP/PP-g-MA terhadap sifat mekanik dilakukan dengan menambahkan nanoclay dengan konsentrasi 1, 3, 5, 7 dan 10 % (rasio berat). Hasil pencampuran PET/PP/PP-g-MA dan penambahan *nanoclay* dikarakterisasi sifat mekaniknya yaitu *tensile strength*, *impact strength* dan sifat termalnya dengan DSC, TGA serta morfologinya dengan SEM. Pada penelitian ini didapatkan nilai optimal dari penambahan kompatibilizer PP-g-MA pada konsentrasi 7% (rasio berat) dengan nilai kuat tarik sebesar 29,25 MPa. Penambahan *nanoclay* dalam sistem campuran PET/PP/PP-g-MA pada konsentrasi 7 % (rasio berat) berpengaruh terhadap sifat mekanik, termal dan sifat morfologinya. Semakin besar penggunaan *nanoclay* menyebabkan sifat E-modulus meningkat, kuat tarik menurun, elongasi menurun dan kekuatan impak juga menurun. Kekuatan mekanik terbesar dicapai pada penambahan nano *nanoclay* 1 % (rasio berat) dan nilai E-modulus terbesar pada penggunaan nano *nanoclay* 10% (rasio berat). Sifat termal pada penambahan nano clay didapatkan kecenderungan meningkatkan kestabilan termal dan menurunnya derajat kristalinitas PP campuran PET/PP/PP-g-MA/nanoclay.

Abstract

Advancement of material engineering makes polymer blend as an important polymer material engineering method among other methods because of its wide applications. In this research, blending between polyethylene terephthalate (PET) and polypropylene (PP) polymer materials using compatibilizer PP-g-MA was produced. Single-screw extrusion machine with temperature parameters of 210°C, 230°C, 265°C and 275°C at 50 rpm was used during mixing process. The influence of nano supplementation on mixture system of PET/PP/PP-g-MA on mechanical properties was carried out by adding nano clay of 1, 3, 5, 7 and 10% (weight ratio). The mixing result of PET/PP/PP-g-MA and supplementation of nano clay was characterized mechanically (tensile strength, impact strength), thermally (DSC, TGA), and morphologically (SEM). Optimal value of compatibilizer PP-g-MA supplementation was obtained at concentration of 7% (weight ratio) with tensile strength of 29.25 MPa. Supplementation of nano clay into the system of 7% (weight ratio) influenced their mechanical, thermal, and morphological properties. The higher the ratio of nano clay, the higher the E-modulus property, the lower the tensile strength, the lower the elongation, and the lower the impact strength. The highest mechanical strength was obtained at nano clay supplementation of 1% (weight ratio) and the highest E-modulus value was obtained at nano clay supplementation of 10% (weight ratio). Thermal properties of nano supplementation tends to increase thermal stability and decrease crystallinity of PP mixed with PET/PP/PP-g-MA/nano clay.

Keywords: *blending PET/PP, compatibilizer PP-g-MA, single screw extrusion, nano clay.*

1. Pendahuluan

Pencampuran polimer (*polymer blend*) memainkan peranan yang penting dalam industri polimer, tidak hanya untuk pengembangan material baru tetapi juga untuk tujuan daur ulang. Polyethylene terephthalate (PET) merupakan salah satu termoplastik komoditi yang penting karena fleksibilitas aplikasi dan volume produksinya. PET

adalah polimer termoplastik aromatik linear yang luas aplikasinya seperti dalam benang sintetik, elektronik, industri dan pengemas bahan rumah tangga. Sebagai material termoplastik, PET mudah untuk diproses dengan cara proses ekstrusi, injeksi molding, blow molding, dan termoforming. Pada dasa warsa terakhir ini, PET telah banyak digunakan dalam berbagai macam aplikasi karena material ini mempunyai ketahanan aus yang tinggi,

ketahanan panas yang unggul, ketahanan leleh (*fatigue*), ketahanan kimia dan kemampuan dapat didaur ulang. Kekurangan dari material PET adalah kekuatan *impact* yang rendah, menyerap air dan kecepatan kristalisasi yang rendah sehingga membatasi dalam penggunaan aplikasi tertentu. Sedangkan material polipropilena (PP) merupakan jenis termoplastik semikristalin yang secara luas digunakan dalam serat dan pengemas karena sifatnya yang baik sebagai *barrier properties*, pemrosesan yang mudah, harga yang murah, berat yang ringan dan mempunyai kekuatan *impact* yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan PET.

Pencampuran polietilena tereftalat (PET) dan polyolefin (seperti PP dan PE) telah menarik kegiatan penelitian yang cukup besar karena kedua bahan tersebut merupakan termoplastik yang paling sering digunakan, terutama digunakan sebagai bahan pengemas plastik. PET dapat meningkatkan kekakuan (*stiffness*) poliolefin pada temperatur yang lebih tinggi. Sementara poliolefin bisa memfasilitasi kristalisasi PET oleh nukleasi heterogen yang mempengaruhi kekakuan campuran. Namun, karena perbedaan sifat kimia dan polaritas, blending PET/Poliolefin menunjukkan kekuatan *impact* yang rendah. Oleh karena itu, penambahan *compatibilizer* sangat diperlukan untuk mendapatkan daya adhesi yang lebih baik antara dua campuran ini dan untuk meningkatkan sifat mekaniknya.

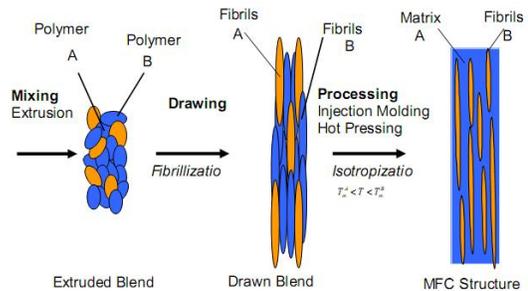
Kompatibiliser (*compatibilizer*) merupakan senyawa kimia yang memiliki fungsi sebagai pengikat antara matrik dan penguat pada sistem komposit. Kompatibiliser sendiri hanya digunakan untuk mengikat dua atau lebih material yang secara alamiah tidak bisa (sulit) bercampur, sebagai contoh plastik dengan material alam seperti kayu, logam dan keramik. Polietilena tereftalat (PET) dan PP tidak kompatibel dan pencampuran mereka akan menghasilkan fase besar dengan ikatan antar muka yang lemah dan sifat mekanik yang rendah. Polietilena tereftalat (PET) dan polipropilena (PP) yang diketahui sepenuhnya tidak bercampur (*immiscible*) dan membutuhkan modifikasi antar muka (*interfacial*) untuk mendapatkan campuran yang baik dan untuk meningkatkan daya adhesi *solid-state*. Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mendapatkan *compatibilizer* antara PET dan PP dengan berbagai jenis seperti maleat anhidrida (MA), asam akrilik, atau fungsionalisasi metakrilat glycidyl.

Pembuatan komposit berpenguat mikrofibril (*microfibrillar reinforced composites* : MFC) mencakup tiga langkah dasar seperti ditunjukkan pada gambar 1 yaitu :

- *Mixing and Extrusion*, yaitu proses ekstrusi campuran secara meleleh dari polimer *immiscible* yang mempunyai perbedaan temperatur leleh (T_m) yang

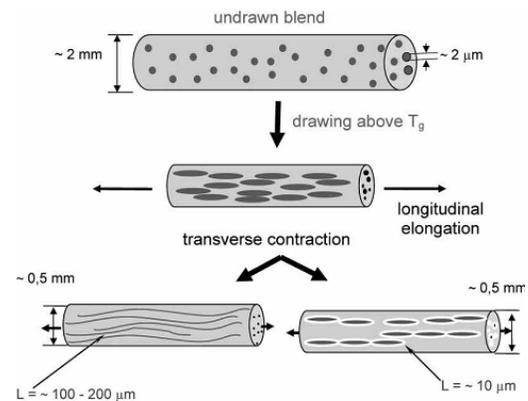
menghasilkan campuran filamen isotropik dan kontinyu.

- *Drawing and Fibrillation* : penarikan dalam kondisi dingin untuk mendapatkan orientasi dari kedua fase. Langkah ini menghasilkan orientasi mikrofibril yang tinggi sepanjang arah aksial atau sumbu simetri.
- *Post-processing* : perlakuan termal pada temperatur antara kedua temperatur leleh (T_m) dari kedua polimer untuk menjamin pembentukan matrik isotropik, sementara masih mempertahankan orientasi fibril yang tinggi.



Gambar 1. Prinsip Dasar Pembentukan Komposit Mikrofibril (MFC)

Selama langkah penarikan dan pembentukan benang, kedua polimer dikonversi menjadi keadaan yang terorientasi tinggi. Dengan kemajuan proses penarikan dingin, polimer yang awalnya membentuk partikel berbentuk bola diubah menjadi bentuk *ellipsoid*. Proses selanjutnya bentuk *ellipsoid* ini menjadi lebih tipis dan akhirnya berubah menjadi silinder. Mekanisme kualitatif pembentukan benang (*fibril*) selama proses penarikan dingin dalam campuran *immiscible* dijelaskan pada gambar 2.



Gambar 2. Skema mekanisme pembentukan mikrofibril

Pada penelitian ini bertujuan untuk membuat komposit polimer-polimer dengan sistem blending

antara PET dengan PP menggunakan kompatibilizer PP-g-MA. Hasil pembuatan komposit PET/PP selanjutnya ditambahkan filler nano clay untuk melihat pengaruhnya terhadap sifat mekanik komposit ini.

2. Metode Penelitian

Bahan dan Peralatan yang digunakan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah resin PP tipe Trilene HI35HO dari PT. Tri Polyta Indonesia, PET tipe SKY PET BL-8050 produksi SK Keris, PP-g-MA tipe Epolene E43 produksi Eastman, Nanoclay tipe Benton[®]107 produksi *Elements Specialties* dan antioksidan (Irganox 1010 dan Irgafos 168). Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain : mesin *Single Screw Extruder* merek Collin dengan panjang screw 75 cm (L/D=25) dan alat *Injection Molding* merek Battenfeld dengan panjang screw 54 cm (L/D=18).

Cara Kerja

Pembuatan *Blending* PET/PP/PP-g-MA

Pembuatan *blending* PET/PP/PP-g-MA mengacu pada penelitian yang dilakukan Wenjing Li pada jurnal *Journal of Applied Polymer Science*. PET sebelum digunakan untuk *blending* dipanaskan terlebih dahulu pada suhu 100°C selama 12 jam untuk menghindari degradasi hidrolitik selama proses ekstrusi. Sampel *compatibilizer* PP-g-MA sebelum digunakan juga dipanaskan pada suhu 80°C selama 12 jam. Setelah itu, material PET, PP, PP-g-MA dan antioksidan dicampurkan dengan cara diaduk selama 5 menit. Komposisi masing-masing komponen *blending* dapat dilihat pada tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Komposisi pembuatan *blending* PET/PP dengan *compatibilizer* PP-g-MA

No	Formula	Komposisi (rasio % berat)		
		PET	PP	PP-g-MA
1	PP Murni	0	100	0
2	PET/PP/C1	25	74	1
3	PET/PP/C3	25	72	3
4	PET/PP/C5	25	70	5
5	PET/PP/C7	25	68	7
6	PET/PP/C10	25	65	10
7	PET/PP/C15	25	60	15

Pembuatan Komposit Mikrofibribil PET/PP

Sebelum dilakukan proses pembuatan komposit mikrofibribil dengan alat *single screw*, material PET dipanaskan terlebih dahulu pada 100°C selama 12 jam. Material PP-g-MA dipanaskan pada suhu 80°C selama 12 jam. Setelah itu, material PET, PP, PP-g-MA, filler *nanoclay* dan antioksidan dicampurkan

dengan mengaduk selama 5 menit. Komposisi masing-masing komponen *blending* pada tahap ini dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Komposisi penambahan filler *nanoclay* pada pembuatan komposit mikrofibribil

No	Formula	Komposisi (rasio % berat)			
		PET	PP	PP-g-MA	Filler clay
1	PET/PP/OC1	25	67	7	1
2	PET/PP/OC3	25	65	7	3
3	PET/PP/OC5	25	63	7	5
4	PET/PP/OC7	25	61	7	7
5	PET/PP/OC10	25	58	7	10

Hasil formulasi kompon kemudian dimasukan dalam alat ekstrusi *single screw* dengan *setting* parameter suhu 210°C, 230°C, 265°C, 270°C dan 275°C dengan putaran 50 rpm. Proses pencampuran material dalam alat ekstrusi dilakukan selama 2 kali. Sampel kompon kemudian dibuat pelet dengan bantuan alat *pelletizer*. Pelet hasil *blending* dengan alat ekstrusi kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 75°C selama 12 jam.

Proses Pembuatan Spesimen uji *dog bone*

Sampel pelet hasil ekstrusi yang telah dikeringkan, dimasukan dalam alat *injection molding* dengan *setting* parameter suhu 185°C, 190°C, 195°C dan 200°C. Hasil spesimen uji *dogbone* digunakan untuk pengujian mekanik *tensile strength*, *tensile modulus*, *elongasi* dan *impact strength*; uji termal dengan DSC dan TGA serta uji morfologi menggunakan SEM.

3. Hasil dan Pembahasan

Karakterisasi Sifat Mekanik

Pengukuran tensile elongasi dan tensile modulus adalah salah satu indikasi terpenting dari kekuatan suatu material dan sifat yang paling banyak ditentukan dari bahan plastik. Uji tensile adalah pengukuran kemampuan material untuk menahan gaya dari tarikan untuk menentukan sejauh mana materi mengalami peregangan sebelum putus. Tensile modulus mengindikasikan kekakuan relatif dari material yang dapat ditentukan dari diagram *stress-strain*. Berbagai jenis bahan plastik sering dibandingkan berdasarkan kekuatan tarik, elongasi, dan data modulus tarik. Pengujian dalam penelitian ini meliputi pengujian kekuatan tarik (*tensile strength*), *tensile* modulus (E modulus), elongasi dan kekuatan impak (*impact strength*).

Data sifat mekanik pembuatan pembuatan *blending* PET/PP/PP-g-MA dan komposit mikrofibril PET/PP/PP-g-MA dapat dilihat pada tabel 3 dan tabel 4 di bawah ini.

Tabel 3. Data sifat mekanik *blending* PET/PP/PP-g-MA

Nama Sampel	Tensile (MPa)	E-Modulus (GPa)	Elongasi (%)	Impact (kJ/m ²)
PET Murni	62.71	1.112	34.03	116.88
PP Murni	29.79	0.710	140.70	79.13
PET/PP/C1	26.19	0.955	6.11	19.27
PET/PP/C3	27.37	1.025	4.30	15.99
PET/PP/C5	28.15	0.984	5.54	15.16
PET/PP/C7	29.25	0.961	6.41	18.70
PET/PP/C10	28.82	0.954	5.87	22.60
PET/PP/C15	29.10	0.930	6.87	17.68

Tabel 4. Hasil pengujian mekanik komposit mikrofibril PET/PP/PP-g-MA/nanoclay

Nama Sampel	Tensile (MPa)	E-Modulus (GPa)	Elongasi (%)	Impact (kJ/m ²)
PP Murni	29.79	0.710	140.70	79.13
PET/PP/OC1	24.62	0.942	8.206	20.554
PET/PP/OC3	24.48	0.988	5.950	17.004
PET/PP/OC5	24.41	0.984	4.992	13.264
PET/PP/OC7	23.85	1.022	4.315	10.491
PET/PP/OC10	21.36	1.033	3.169	10.31

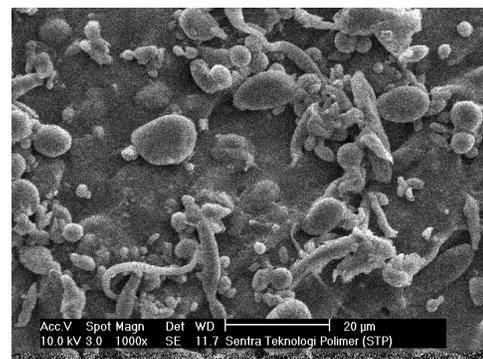
Dari data tabel 3 terlihat PET mempunyai sifat mekanik yang jauh lebih unggul bila dibandingkan dengan polimer PP, sehingga PET sangat memungkinkan digunakan sebagai penguat dalam pencampuran PET/PP. Kekuatan tarik (*tensile strength*) terbesar pada penambahan kompatibilizer ini dicapai pada sampel PET/PP/C7 yaitu penambahan PP-g-MA sebesar 7 rasio % berat. Data sampel PET/PP/C7 digunakan untuk melihat pengaruh penambahan filler nanoclay terhadap sifat mekanik dari komposit mikro fibril PET-PP.

Pada hasil pengujian mekanik komposit mikro fibril PET/PP (tabel 4) terlihat secara umum bahwa ada sifat mekanik yang mengalami penurunan dibandingkan dengan bahan baku PP sebagai matriksnya. Penambahan filler *nanoclay* belum meningkatkan kekuatan tarik bila dibandingkan dengan sampel sebelum ditambahkan filler yaitu sampel C7. Nilai kekuatan tarik material pada sampel C7 sebesar 29.25 MPa. Sementara nilai sampel-sampel yang lain di bawah nilai C7. Turunnya kekuatan tarik ini dimungkinkan karena adanya penambahan filler *nanoclay* dalam komposit mikrofibril PET/PP mengganggu pembentukan fiber selama proses ekstrusi. PET dalam campuran polimer cenderung membentuk *droplet* (butiran-butiran kecil) sehingga fungsi PET

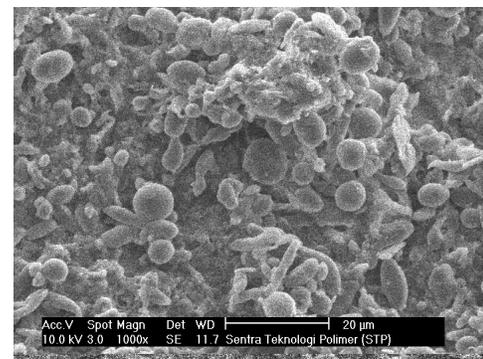
sebagai penguat sebagai benang menjadi berkurang. Hal ini dapat dilihat pada struktur mikro dari pengujian SEM di bawah ini.



Gambar 3. Foto struktur mikro sebelum penambahan filler *nanoclay* sampel PET/PP/C7



Gambar 4. Foto struktur mikro setelah penambahan filler *nanoclay* sampel PET/PP/OC1



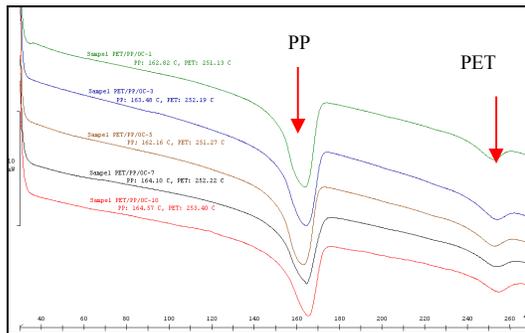
Gambar 5. Foto struktur mikro setelah penambahan filler *nanoclay* sampel PET/PP/OC5

Karakterisasi Sifat Termal

Untuk melihat efek termal penambahan filler *nanoclay* dalam komposit PET/PP/PP-g-MA dilakukan pengujian dengan alat TGA dan DSC. Pengujian TGA dimaksudkan untuk melihat pengaruh kestabilan termal adanya penambahan

filler. Sedang karakterisasi perilaku titik leleh selama penambahan filler diamati dengan alat DSC. Tabel 4 memperlihatkan bahwa penambahan filler *nanoclay* secara signifikan meningkatkan suhu dekomposisi termal dari PP murni. Semakin besar filler yang ditambahkan semakin meningkat suhu dekomposisi termal.

Pengamatan titik leleh polimer PP dan PET pada campuran PET/PP secara umum sedikit mengalami perubahan titik lelehnya (gambar 4). Pada titik leleh polimer PP campuran PET/PP terjadi penurunan T_m dibandingkan dengan PP murninya. Ini artinya penambahan kompatibilizer dan filler telah terjadi ikatan antara PP dan PET dengan bantuan kompatibilizernya.



Gambar 6. Termogram DSC pada komposit PET/PP/PP-g-MA/filler *nanoclay*

4. Kesimpulan

Penggunaan kompatibilizer PP-g-MA dalam pencampuran PET/PP dimaksudkan agar sifat *immiscible* dalam campuran ini menjadi lebih *miscible*. Pada penelitian ini didapatkan nilai optimal dari penambahan kompatibilizer PP-g-MA pada konsentrasi 7% (rasio berat) dengan nilai kuat tarik sebesar 29.25 MPa. Penambahan filler *nanoclay* dalam sistem komposit PET/PP/PP-g-MA pada konsentrasi 7 % (rasio berat) berpengaruh terhadap sifat mekanik, termal dan sifat mikronya. Dari sifat mekanik terlihat bahwa semakin besar penggunaan filler *nanoclay* menyebabkan sifat E-modulus meningkat, kuat tarik menurun, elongasi menurun dan kekuatan impak juga menurun. Kekuatan mekanik terbesar dicapai pada penambahan filler 1 %(rasio berat) dan nilai E-modulus terbesar pada penggunaan filler 10% (rasio berat).

Daftar Acuan

- [1].N.C. Abdul Razak, I.M. Inuwa, A. Hassan and S. A. Samsudin, Effects of compatibilizers on mechanical properties of PET/PP blend, Composite Interfaces, 20 (2013), p. 507-515.
- [2].Ozcan Koysuren, Sertan Yesil and Goknur Bayram, Effect of Solid State Grinding on Properties of PP/PET Blends and Their Composites with Carbon Nanotubes, Journal of Applied Polymer Science, 118 (2010), p. 3041–3048.
- [3].Wenjing Li, Alois K.Schlarb, Michael Evstatiev, Study of PET/PP/TiO₂ Microfibrillar Structured Composites, Part 2: Morphology, and Mechanical Properties, Journal of Applied Polymer Science, 113 (2009), p. 3300-3306.
- [4].Wenjing Li, Alois K.Schlarb, Michael Evstatiev, Study of PET/PP/TiO₂ Microfibrillar Structured Composites, Part 1: Preparation, Morphology, and Dynamic Mechanical Analysis of Fibrillized Blends, Journal of Applied Polymer Science, 113 (2009), p. 1471-1479.
- [5].Austin, J. R., Kontopoulou, M. “Effect of organoclay content on the rheology, morphology and physical properties of polyolefin elastomers and their blends with polypropylene. Polymer Engineering and Science, 46 (2006), p. 1491-1501.
- [6].R. J. Shields, D. Bhattacharyya, S. Fakirov, Fibrillar polymer–polymer composites: morphology, properties and applications, Journal of Materials Science, 43 (2008), p. 6758-6770.
- [7].M.Akbari, A.Zadhoush,& M.Haghighat, PET/PP Blending by Using PP-g-MA Synthesized by Solid Phase, Journal of Applied Polymer Science, 104 (2007), p.3986-3993.