

## STUDI SIFAT MEKANIK DAN MORFOLOGI NANOKOMPOSIT BERBASIS POLIAMID 6/POLIPROPILEN/CLAY

Kusmono

Jurusan Teknik Mesin dan Industri

Universitas Gadjah Mada

Jln. Grafika 2 Yogyakarta 55281, Indonesia

Phone: (0274)-521673, FAX: (0274)-521673, E-mail: kusmono72@yahoo.com

### ABSTRACT

*Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh penambahan clay terhadap sifat mekanik dan morfologi dari nanokomposit berbasis poliamid 6 (PA6)/polipropilen (PP)/clay.*

*Nanokomposit berbasis PA6/PP/Clay dipreparasi dengan menggunakan metode melt compounding dengan mesin twin-screw extruder dan injection molding. Komposisi PA6/PP dibuat konstan 70/30 dan kandungan clay divariasi 0, 2, 4, 6, 8, 10 phr (per hundred resin). PA6/PP/clay dicampur dengan menggunakan mesin twin-screw extruder dan dilanjutkan dengan mesin injection molding untuk membuat spesimen uji tarik dan impak. Sifat mekanik dipelajari melalui pengujian tarik dan impak. Studi morfologi nanokomposit dilakukan dengan menggunakan x-ray diffraction (XRD) dan transmission electron microscopy (TEM).*

*Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekuatan tarik dan flexural strength matrik PA6/PP meningkat jika ditambahkan clay sampai 4% phr, tetapi lebih dari 4% phr clay mengakibatkan penurunan kekuatan tarik dari matrik PA6/PP. Penambahan clay telah menyebabkan peningkatan modulus Young dan flexural modulus sedangkan adanya clay justru menurunkan keuletan dan kekuatan impak dari matrik PA6/PP. Dari hasil analisis XRD dan pengamatan TEM diketahui bahwa nanokomposit dengan struktur eksfoliasi diperoleh pada nanokomposit PA6/PP/clay pada kandungan clay 4% phr dan aggloramerasi clay diamati pada struktur nanokomposit PA6/PP/clay dengan kandungan clay 10% phr.*

*Keywords:* nanokomposit, poliamid 6, polipropilen, clay

### 1. Pendahuluan

*Polymer/clay nanocomposite* merupakan kelas baru dari material komposit di mana *clay* yang tersusun lapisan silikat berukuran nanometer terdispersi/tersebar acak pada matrik polimer. Sebagai akibat penyebaran clay berukuran nanometer maka nanokomposit menunjukkan sifat superior disbanding komposit yang diperkuat serat. Hanya dengan penambahan clay yang sangat sedikit (<5% berat) ke dalam matrik polimer, dapat meningkatkan kekuatan, kekakuan, sifat gas barrier, kestabilan dimensi, dan tidak mudah terbakar<sup>[1]</sup>.

Biasanya, penggabungan polimer dengan *clay* akan menghasilkan pembentukan tiga jenis material komposit. Jenis pertama adalah komposit konvensional, yang mana ukuran dari material penguatnya berukuran mikrometer. Jenis komposit kedua adalah nanokomposit yang memiliki struktur interkalasi, di mana dibentuk dengan penyiapan satu atau lebih rantai molekul dari polimer ke dalam antar lapisan silikat dari clay. Jenis yang ketiga adalah nanokomposit yang memiliki struktur eksfoliasi,

di mana nanokomposit ini dibentuk ketika lapisan silikat clay yang berukuran tersebut secara individu di dalam matrik polimer yang kontinyu<sup>[2]</sup>.

*Blending* antara poliamid 6 (PA6) and polipropilen (PP) telah banyak menerima perhatian bagi kalangan industri maupun akademisi karena penggabungan antara PA6 dengan PP berarti menggabungkan sifat termomekanik yang baik dari PA6 dan sifat tahan terhadap lingkungan dan kemudahan proses dari PP<sup>[3]</sup>. Sejauh ini, penggabungan *clay* pada paduan PA6/PP belum banyak dilakukan dan diteliti. Feng dkk.<sup>[4]</sup> menyebutkan bahwa material penguat yang berukuran nanometer seperti *silica*, *calcium carbonates*, dan *clay* merupakan material yang bisa berfungsi sebagai compatibilizer antara campuran polimer yang tidak saling melarutkan (*immiscible*). Telah diketahui dengan baik bahwa PA6 bersifat polar sedangkan PP non polar, sehingga pencampuran PA6/PP merupakan pencampuran polimer yang *immiscible*.



Pengaruh penambahan *clay* terhadap morfologi dan sifat mekanik dari nanokomposit PA6/PP/clay akan dipelajari pada penelitian ini. Morfologi nanokomposit akan dipelajari menggunakan XRD dan TEM, sedangkan sifat mekanik akan ditentukan melalui pengujian tarik, flexural, dan impak.

## 2. Metodologi

### 2.1. Material

PA6 (grade Amilan CM1017) dibeli dari Toray Nylon Resin AMILAN, Jepang. PP (Pro-Fax SM240) disuplai dari Titan Himont Polymer (M) Sdn.Bhd., Malaysia. *Clay* yang digunakan adalah grade Nanomer I.30TC yang dibeli dari Nanocor, Inc., USA. *Clay* ini berbentuk serbuk putih yang mengandung montmorillonite (70 wt %) dan octadecylamine (30 wt %) dan berukuran rata-rata 16-22  $\mu\text{m}$ . Komposisi dari sampel yang dibuat ditunjukkan seperti pada Tabel 1.

Kode sampel	Kandungan	Komposisi (phr)
PA6/PP	PA6/PP	70/30
PA6/PP/2TC	PA6/PP/clay	70/30/2
PA6/PP/4TC	PA6/PP/clay	70/30/4
PA6/PP/6TC	PA6/PP/clay	70/30/6
PA6/PP/8TC	PA6/PP/clay	70/30/8
PA6/PP/10TC	PA6/PP/clay	70/30/10

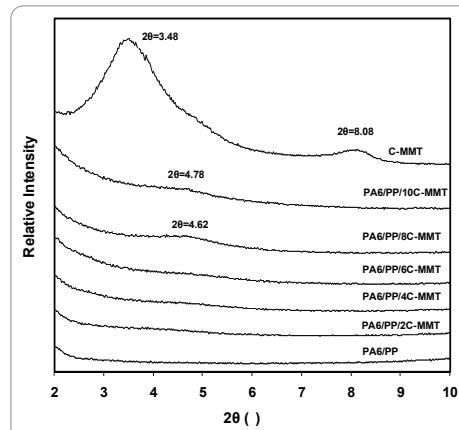
### 2.2. Preparasi nanokomposit PA6/PP/clay

PA6/PP/clay pertama dicampur dan dimasukkan ke dalam mesin *co-rotating intermeshing twin-screw extruder* (BERSTORFF ZE 25) pada suhu barrel 230-240°C dan kecepatan 70 rpm. Komposisi PA6/PP (70/30) dan clay divariasi dari 0, 2, 4, 6, 8, 10 phr. Pellet hasil ekstrusi selanjutnya diproses untuk membuat spesimen uji tarik dan impak menggunakan mesin *injection molding* (ARBURG ALLROUNDER 750-210 320 D) pada suhu barrel 240-250°C dan suhu cetakan 70°C. Sifat tarik, flexural, dan impak ditentukan dengan pengujian tarik, flexural dan impak. Morfologi nanokomposit dikarakterisasi dengan menggunakan XRD dan TEM

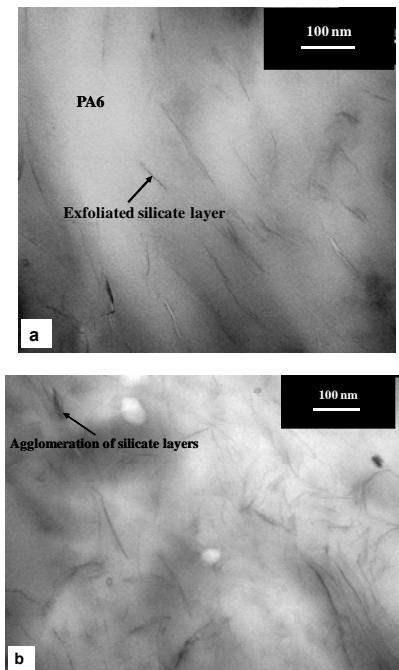
## 3. Hasil dan Pembahasan

Gambar 1 menunjukkan hasil analisis XRD untuk clay, campuran PA6/PP, dan nanokomposit PA6/PP/clay. Dari Gambar 1 dapat diketahui bahwa clay (C-MMT) menunjukkan puncak difraksi yang tajam pada  $2\theta=3,48^\circ$  dan sebuah peak yang lemah pada  $2\theta=8,08^\circ$ . Puncak difraksi pada  $2\theta=3,48^\circ$  menunjukkan jarak antar lapisan silikat pada clay adalah 2,54 nm. Setelah penggabungan clay (kandungan 2 dan 4 phr) ke dalam PA6/PP maka puncak difraksi tidak muncul. Ini berarti bahwa nanokomposit (PA6/PP/2TC dan PA6/PP/4TC) memiliki morfologi/struktur eksfoliasi. Sedangkan untuk

nanokomposit dengan kandungan clay yang lebih besar dari 4 phr menunjukkan adanya puncak difraksi. Ini diartikan bahwa PA6/PP/6TC, PA6/PP/8TC, dan PA6/PP/10TC memiliki struktur campuran interkalasi dan eksfoliasi.



Gambar 1. Pola difraksi dari clay, PA6/PP, dan nanokomposit PA6/PP/clay



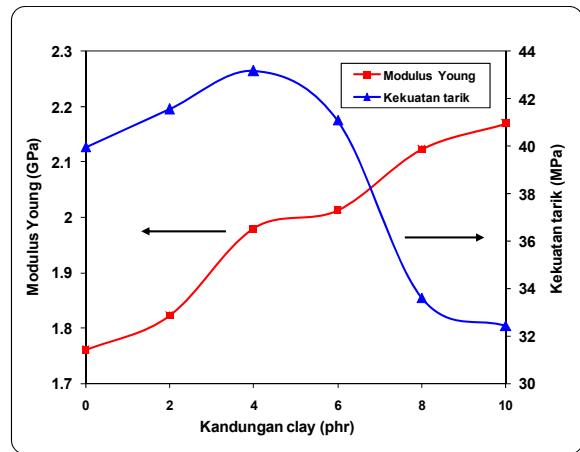
Gambar 2. Foto TEM untuk nanokomposit  
(a) PA6/PP/4TC dan (b) PA6/PP/10TC

Gambar 2a menunjukkan foto TEM dari nanokomposit PA6/PP/4TC. Garis hitam menunjukkan



lapisan silikat clay sedangkan matriksnya adalah fasa PA6. Lapisan silikat yang berukuran nanometer tampak tersebar secara individu dan acak pada matriks PA6 yang juga menunjukkan bahwa struktur eksfoliasi diamati pada nanokomposit PA6/PP/4TC. Clay lebih mudah tersebar di matriks PA6 daripada di PP. Hal ini mungkin disebabkan karena clay memiliki afinitas yang lebih tinggi terhadap PA6 yang bersifat polar sementara PP bersifat polar. Gambar 2b menunjukkan foto TEM untuk nanokomposit PA6/PP/10TC. Dari Gambar 2b dapat diketahui bahwa garis hitam yang memiliki ketebalan yang besar (lapisan silikat) daripada pada Gambar 2a. Selain itu, kumpulan lapisan silikat juga diamati pada nanokomposit PA6/PP/10TC. Ini dapat dikatakan bahwa struktur campuran interkalasi dan eksfoliasi diamati pada nanokomposit PA6/PP/10TC.

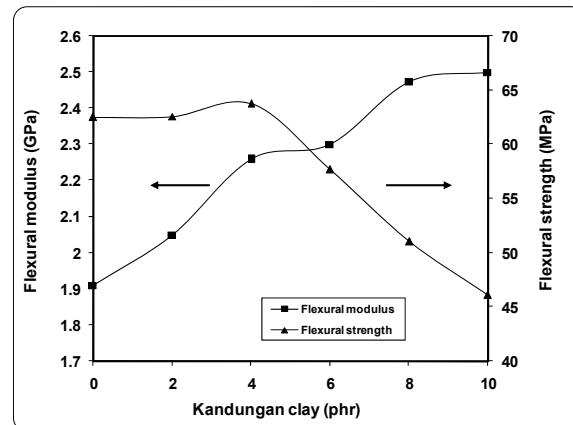
Pengaruh penambahan clay terhadap modulus Young dan kekuatan tarik dari nanokomposit PA6/PP/clay ditunjukkan pada Gambar 3. Tampak bahwa penambahan clay terhadap campuran PA6/PP meningkatkan modulus Young secara hampir linier. Ini berarti bahwa adanya clay telah meningkatkan kekakuan campuran PA6/PP. Peningkatan kekakuan akibat adanya clay dimungkinkan disebabkan karena sifat dasar dari clay sendiri yang merupakan material yang memiliki kekakuan yang tinggi yang kemudian membatasi gerakan molekul polimer. Selain itu juga mungkin berkaitan dengan struktur nanokomposit, luas kontak permukaan dari clay yang besar sehingga menyebabkan ikatan yang kuat antara matriks polimer dengan lapisan silikat clay.



Gambar 3. Pengaruh clay terhadap modulus Young dan kekuatan tarik dari nanokomposit PA6/PP/clay

Gambar 3 juga menunjukkan pengaruh clay terhadap kekuatan tarik. Ini dapat diketahui bahwa penambahan clay sampai 4 phr terhadap campuran

PA6/PP telah menyebabkan peningkatan kekuatan tarik. Hal ini kemungkinan disebabkan karena lapisan silikat yang berukuran nanometer dapat tersebar secara acak yang memberikan struktur eksfoliasi pada nanokomposit PA6/PP/2TC dan PA6/PP/4TC. Bukti struktur eksfoliasi ditunjukkan dari foto TEM seperti pada Gambar 2a. Lapisan silikat yang tersebar secara individu memiliki luas kontak permukaan yang besar sehingga dapat berikatan kuat dengan matriks PA6 yang selanjutnya memberikan efek pada peningkatan kekuatan tarik. Penggabungan clay lebih dari 4 phr justru sebaliknya memberikan efek negatif yakni menurunkan kekuatan tarik. Hal ini kemungkinan disebabkan karena terjadinya penurunan derajat penyebaran eksfoliasi dari lapisan silikat clay pada nanokomposit dengan kandungan clay yang tinggi (<4 phr). Selain itu, adanya aglomerasi/pengumpulan clay seperti terlihat pada foto TEM (Gambar 2b) juga menyebabkan penurunan kekuatan tarik. Aglomerasi clay dipercaya menjadi tempat konsentrasi tegangan dan menjadi awal terjadinya retak sehingga kekuatan akan turun.



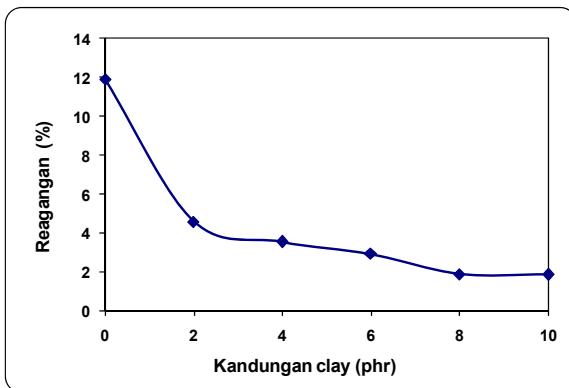
Gambar 4. Pengaruh clay terhadap flexural modulus dan flexural strength dari nanokomposit PA6/PP/clay

Gambar 4 menjelaskan hubungan antara clay dengan flexural modulus dan flexural strength dari nanokomposit PA6/PP/clay. Pengaruh penambahan clay terhadap flexural modulus dan flexural strength memiliki hasil yang mirip dengan sifat tarik seperti pada Gambar 3. Penambahan clay meningkatkan flexural modulus hampir secara linier. Hal ini juga disebabkan karena pengaruh dari sifat lebih kaku dari partikel clay dari pada matriks polimer. Penambahan clay sampai 4 phr menyebabkan kenaikan flexural strength dan lebih dari 4 phr justru memberikan efek sebaliknya. Hasil ini konsisten dengan sifat tarik seperti Gambar 3. Hal ini juga disebabkan hal yang sama bahwa pada kandungan 2 dan 4 phr, nanokomposit memiliki struktur eksfoliasi

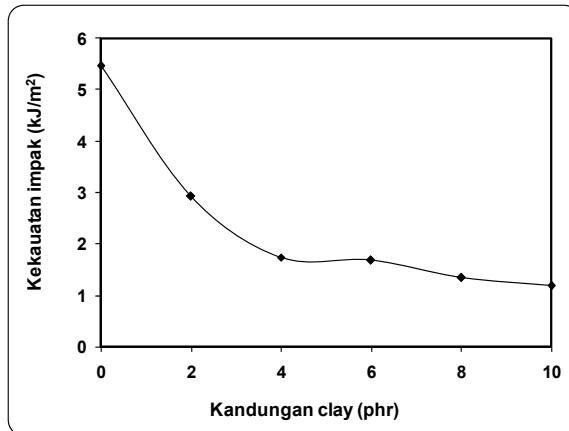


sedangkan pada  $> 4$  phr strukturnya adalah campuran interkalasi dan eksfoliasi.

Gambar 5 menunjukkan bahwa penambahan clay menurunkan regangan atau keuletan campuran PA6/PP secara drastis. Penurunan keuletan ini disebabkan karena terbatasnya gerakan rantai molekul dari polimer akibat adanya partikel clay yang kaku. Hasil yang mirip juga ditemukan pada pengaruh clay terhadap kekuatan impak seperti ditunjukkan pada Gambar 6. Adanya clay pada campuran PA6/PP juga menyebabkan penurunan kekuatan impak. Berdasarkan Gambar 5 dan 6 dapat disimpulkan bahwa penambahan clay pada campuran PA6/PP telah menurunkan keuletan. Inilah bukti kelemahan sifat yang dimiliki oleh nanokomposit berbasis polimer dan clay.



Gambar 5. Pengaruh clay terhadap regangan dari nanokomposit PA6/PP/clay



Gambar 6. Pengaruh clay terhadap kekuatan impak dari nanokomposit PA6/PP/clay

#### 4. Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian

ini adalah sebagai berikut:

- Penambahan clay meningkatkan kekuatan tarik dan flexural strength untuk kandungan clay  $< 4$  phr, sedangkan  $> 4$  phr memberikan efek sebaliknya yakni menurunkan kekuatan
- Adanya clay meningkatkan modulus Young dan flexural modulus dari matriks campuran PA6/PP
- Penurunan keuletan diperoleh pada nanokomposit PA6/PP dengan adanya clay

#### Acknowledgements

Penulis mengucapkan terima kasih kepada AUN/SEED-Net JICA Jepang yang telah mendanai penelitian ini. Juga diucapkan terima kasih kepada Prof. Zainal Arifin Mohd Ishak dan Dr. Chow WS atas bimbingannya selama studi S3.

#### Daftar Isi

- [1] Pramoda, K.P., Liu, T., Liu, Z., He, C., and Sue, H.J. *Thermal Degradation Behaviour of Polyamide 6/Clay Nanocomposites*, Polymer Degradation and Stability 81 (2003), 47-56.
- [2] Liu, T., Lim, K.P., Tjiu, W.C., Pramoda, K.P., and Chen, Z.K. *Preparation and Characterization of Nylon 11/Organoclay Nanocomposites*, Polymer 44 (2003), 3529 – 3535.
- [3] Campoy, I., Arribas, J.M., Zaporta, M.A.M., Marco, C., Gomez, M.A., and Fatou, J.G. *Crystallization Kinetics of Polypropylene-Polyamide Compatibilized Blends*, Europe Polymer Journal, 31 (1995), 475-480.
- [4] Feng, M., Gong, F., Zhao, C., Chen, G., Zhang, S., and Yang, M. *Effect of Clay on the Morphology of Blends of Polypropylene and Polyamide 6/Clay Nanocomposites*, Polymer International 53 (2004), 1529-1537.

