

POLIMER NANOKOMPOSIT SEBAGAI MASTER BATCH POLIMER BIODEGRADABLE UNTUK KEMASAN MAKANAN

(POLYMER NANO-COMPOSITE AS MASTER BATCH FOR BIODEGRADABLE FOOD PACKAGING)

Wiwik Pudjiastuti, Arie Listyarini Dan Sudirman

Peneliti Pada Balai Besar Kimia Dan Kemasan, Kementerian Perindustrian

Wiwikpudjiastuti@yahoo.com

ABSTRAK

Beberapa penelitian pembuatan plastik *biodegradable* telah dilakukan di Indonesia dengan menggunakan bahan dasar alam seperti pati, serat, dan lain-lain. Namun hasilnya belum dapat diaplikasikan sebagai kemasan makanan. Berdasarkan hal tersebut maka dilakukan penelitian pembuatan kemasan makanan dari polimer nanokomposit berbasis polimer termoplastik (Polietilen, PE dan Polipropilen, PP) dengan *filler* CaCO₃ dan tapioka berukuran nanopartikel dengan penambahan *plasticizer* dan aditif. Pembuatan kemasan berupa kantong plastik dilakukan dengan metoda ekstrusi *blow molding* dengan suhu proses 170°C untuk nanokomposit berbasis PE dan 180°C untuk nanokomposit berbasis PP. Hasil analisa yang meliputi uji sifat fisik/mekanik, sifat *barrier*, biodegradabilitas dan keamanan pangan menunjukkan bahwa polimer nanokomposit yang dihasilkan telah memenuhi syarat sebagai kemasan makanan dan mampu terdegradasi di alam (*biodegradable*).

Kata kunci : *biodegradable, filler, master batch, nanokomposit, polimer termoplastik*

ABSTRACT

Some research on developing biodegradable polymer from natural resources such as starch, fiber, etc have been conducted in Indonesia. However the result could not applied yet for food packaging. Objective of this research is to develop food packaging material from nano-composite based on thermoplastic polymers (Polyethylene, PE and Polyethylene, PP) using CaCO₃ and tapioca nanometer size as *filler*, glycerol as *plastisizer* and additive by extrusion blow molding process. Condition of the process are 170°C for PE based nano-composite and 170°C for PP based nano-composite. The result of the nano-composite test (physical/mechanical, barrier, biodegradability and migration) shows that these polymers are conformed to the requirements of food packaging specification and biodegradable.

Keywords : *biodegradable, filler, master batch, nano-composite, thermoplastic polymer*

PENDAHULUAN

Sejak perkembangan bahan polimer, para ilmuwan telah melakukan banyak usaha untuk memperbaiki sifat bahan ini agar lebih stabil, lebih kuat secara mekanik dan kimia serta tahan lama guna memenuhi kebutuhan hidup sehingga plastik dapat digunakan di berbagai sektor kehidupan manusia seperti rumah tangga, automotif, pertanian, kesehatan dan kemasan.

Penggunaan plastik sebagai bahan pengemas memungkinkan dilakukan

banyak variasi dan fungsi serbaguna, seperti melindungi, mengawetkan, menyimpan, dan memamerkan hasil. Penekanan fungsi tergantung dari komoditi yang bersangkutan.

Kemasan dari bahan plastik film saat ini menempati kedudukan yang cukup penting diantara bahan kemasan yang lain. Tabel 1 menunjukkan jumlah kebutuhan polimer/plastik di dunia dan pada tabel 2 menunjukkan komoditas berbagai polimer/plastik sintetik yang telah diperdagangkan di Indonesia (1998).

Tabel 1. Jumlah kebutuhan polimer dunia

Unit: ribuan ton

	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Polietilen	52.629	52.573	55.135	57.550	60.965	63.516
Polipropilen	29.177	31.220	33.315	35.775	36.875	40.955
PVC	25.243	27.101	27.617	28.495	29.295	29.920
Polistiren	10.325	10.530	10.955	11.105	11.485	11.735
ABS	4.183	4.471	5.003	5.319	5.594	5.849
PET	6.880	7.730	8.588	9.263	9.912	10.516
Engineering Polymer	4.705	4.786	5.071	5.382	5.698	6.073

Tabel 2. Berbagai jenis polimer dengan nilai komoditas

No	Jenis Polimer/Plastik	Nilai ekspor (US \$ Juta)	Nilai impor (US \$ Juta)
1	Polietilen (PE)	82,793	97,173
2	Polipropilen (PP)	58,872	85,614
3	Polietilen tereftalat (PET)	205,324	61,738
4	Poli vinilklorida (PVC)	84,051	2,161
5	Polistiren (PS)	13,639	24,297
6	Crumb Rubber	900,354	1,027
7	Selulosa/Pulp	489,341	0,406

Sumber: INAplost 2004

Film didefinisikan sebagai lembaran yang fleksibel yang tidak mengandung bahan metalik, dengan ketebalan tidak lebih dari 0,01 inch atau 250 mikron. Film terbuat dari turunan selulosa dan sejumlah resin thermoplastik, terdapat dalam bentuk gulungan lembaran dan tabung yang dapat digunakan sebagai pembungkus, kantong, tas dan sampul.

Polipropilen merupakan satu jenis plastik yang umum digunakan untuk membuat kantong plastik serta paling mudah didapatkan di pasaran. Polipropilen memiliki titik leleh yang tinggi, transparan serta mempunyai kekedapan yang cukup bagus. Karenanya bagus untuk produk-produk makanan yang perlu sterilisasi dan perlu kekedapan terhadap uap air maupun oksigen.

Dengan bahan dasar yang digunakan, jenis plastik ini sangat membebani terutama karena limbahnya yang sangat tinggi sehingga berpengaruh terhadap biaya produksi termasuk proses daur ulang limbahnya. Masalah plastik daur ulang masih menyisakan banyak kontroversi dan diskusi para ilmuwan dan publik pemakainya terkait dengan tingkat keamanan dan kesehatan bagi pemakainya, terutama sejak diterbitkannya Peraturan Kepala Badan Pengawasan Obat dan Makanan RI No. HK 00.05.55.6497 tentang Bahan Kemasan Pangan tanggal 20 Agustus 2007, yang mulai diberlakukan pada bulan Agustus 2008 yang melarang penggunaan plastik daur ulang untuk kemasan makanan [6]. Oleh sebab itu saat ini banyak digunakan plastik (polimer) *biodegradable* dari monomer yang *biodegradable* seperti *polylactic acid* (PLA), *polyhydroxyalcanoates* (PHAs), *triglycerides*, *cellulose* dan *chitosan*.

Masalah yang seringkali muncul pada plastik jenis ini terutama untuk kemasan makanan adalah biaya produksi yang mahal dan sifat mekanik/fisik serta sifat barrier yang lebih rendah dibandingkan dengan polimer sintetik. Oleh sebab itu sampai saat ini pemakaian polimer sintetis (PP, PE,

PS, PVC, dan lain-lain) masih terus digunakan, akibatnya limbah plastik tersebut tetap menjadi masalah lingkungan dan kesehatan.

Polimer Nanokomposit

Dari berbagai penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, ternyata pembuatan polimer komposit berbasis berbagai polimer belum diperoleh polimer yang terbiodegradasi di alam oleh bakteri. Oleh sebab itu dikembangkan pembuatan polimer yang berasal dari monomer yang dapat dibiodegradasi, seperti *polylactic acid* (*PLA*), *polyhydroxyalkanates* (*PHAs*), dan *Triglycerides*, dapat juga digunakan polimer dengan sumber bahan alam, seperti : *cotton*, *wood*, *silk* dan karet alam. Tetapi polimer-polimer tersebut terbatas pada pemakaian dan harga yang mahal sehingga perlu dilakukan penelitian dengan mengembangkan polimer komposit seperti diatas. Berbagai penelitian polimer komposit telah dilakukan, seperti : pengaruh *filler* pasir dalam berbagai polimer, peranan serbuk jerami dan gergaji dalam polimer komposit, serta penambahan tepung maizena pada berbagai polimer.

Dari hal tersebut di atas, bila ukuran sampel polimer dilakukan dalam ukuran nanopartikel ternyata laju degradasi mengalami peningkatan yang drastis,

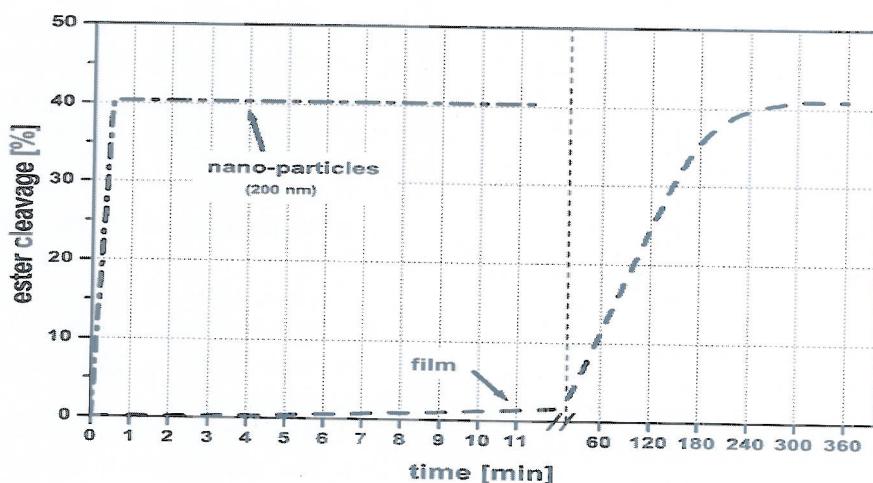
seperti diperlihatkan pada Gambar 1.

Mekanisme Degradasi

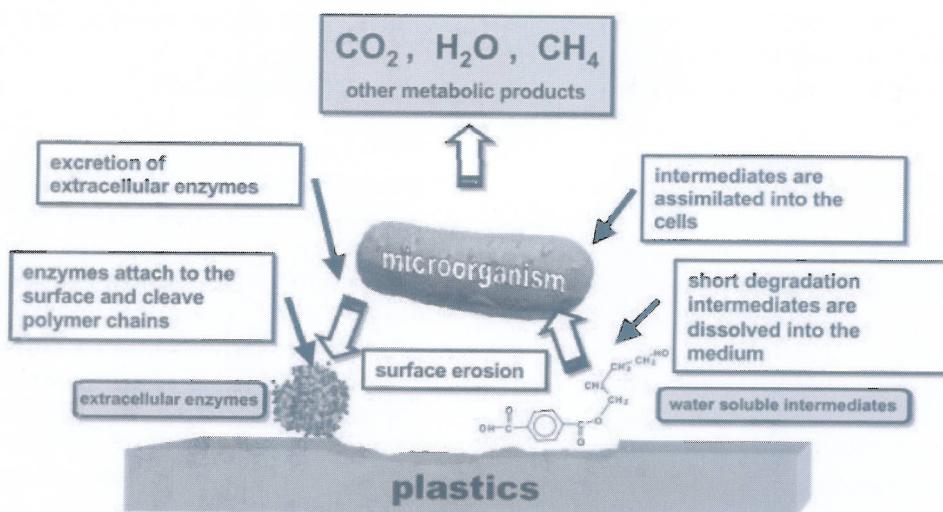
Degradasi polimer dapat disebabkan oleh berbagai faktor, seperti sinar matahari, panas, umur dan faktor alam. Oleh sebab itu dalam proses pembuatannya, polimer ditambah berbagai aditif guna mengatasi proses degradasi oleh berbagai faktor diatas [3]

Gambar 2 memperlihatkan mekanisme degradasi polimer/plastik di alam. *Surface erosion* pada polimer nanokomposit lebih besar dibandingkan polimer sintetik berbentuk komposit sehingga lama waktu dan proses biodegradasi polimer nanokomposit akan lebih baik, artinya *filler* berbentuk nanopartikel yang dicampur dengan polimer membentuk polimer nanopartikel mempunyai *surface erosion* yang lebih besar. Hasil dari mekanisme proses degradasi plastik akan dihasilkan gas CO_2 , H_2O , CH_4 dan produk lainnya.

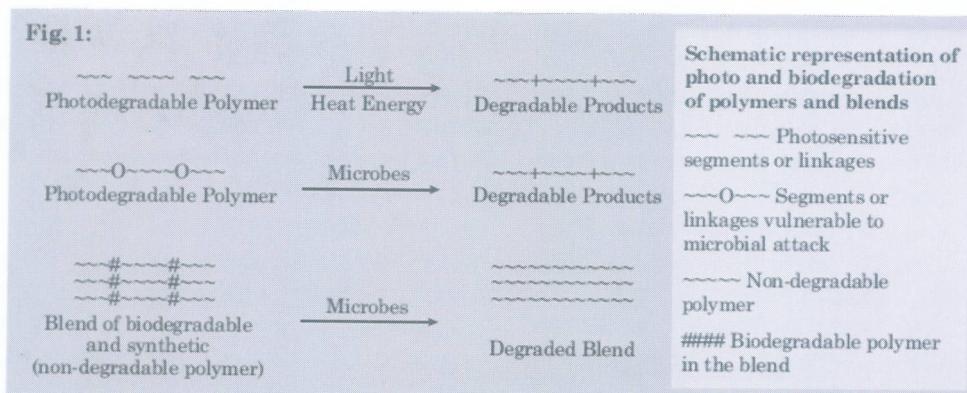
Gambar 3 menunjukkan cara bekerja bakteri (mikroba) di dalam tanah (alam terbuka) pada proses degradasi bahan polimer komposit. Untuk polimer nanokomposit yang dibuat dengan metode blending dan polimer nanokomposit yang mengandung oksigen akan mempermudah kerja mikroba di alam terbuka [5]



Gambar 1. Pengaruh ukuran butir terhadap perbandingan laju degradasi (Shuh, 1995)



Gambar 2. Mekanisme proses degradasi plastik (Shuh, 1995)



Gambar 3. Cara kerja mikroba (bakteri) dalam proses degradasi (Shuh, 1995)

Beberapa penelitian pem-buatan plastik *biodegradable* ini telah dilakukan di Indonesia dengan menggunakan bahan dasar alam seperti pati, serat, selulosa dan lain-lain. Namun hasilnya belum bisa diaplikasikan untuk kemasan makanan. Penelitian terbaru juga telah dilakukan dengan membuat komposit antara polimer sintetis, tapioka dan CaCO₃, presipitat berukuran nano, namun penelitian ini masih merupakan penelitian dasar dengan hasil berupa lembaran plastik yang mempunyai sifat fisik, mekanik dan barrier belum sesuai untuk aplikasi kemasan makanan.

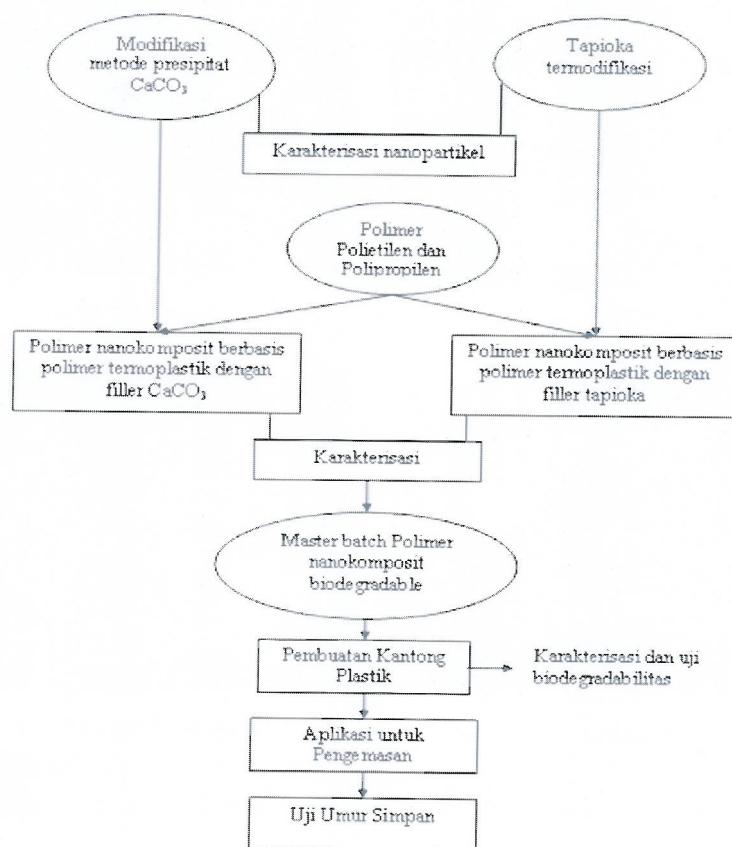
Mengingat hal tersebut di atas, perlu dilakukan penelitian lanjutan yang berbasis hasil penelitian sebelumnya dengan mengambil komposisi terbaik dengan

melakukan modifikasi dan diaplikasikan pada kemasan makanan dalam bentuk kantong plastik sehingga diharapkan dapat memperpanjang umur simpan makanan dan *biodegradable*.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian akan dilakukan di Laboratorium Kemasan Balai Besar Kimia dan Kemasan dan Laboratorium PTBIN - BATAN Jakarta.

Langkah-langkah utama dalam keseluruhan pembuatan bahan polimer nanokomposit sebagai *master batch* polimer *biodegradable* secara skematis dapat dilihat pada gambar 4.

**Gambar 4.** Tahapan penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Awal Tapioka

Analisa awal tapioka yang digunakan sebagai filler adalah seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Analisa awal tapioka

No	Parameter	Hasil Uji
1.	Kadar Air (%)	13,62
2.	Kadar Abu (%)	0,03
3.	Kadar pati sebagai karbohidrat (%)	55,98
4.	Kadar Amilosa (g/100 g)	27,41

Pembuatan dan Karakterisasi *Filler*

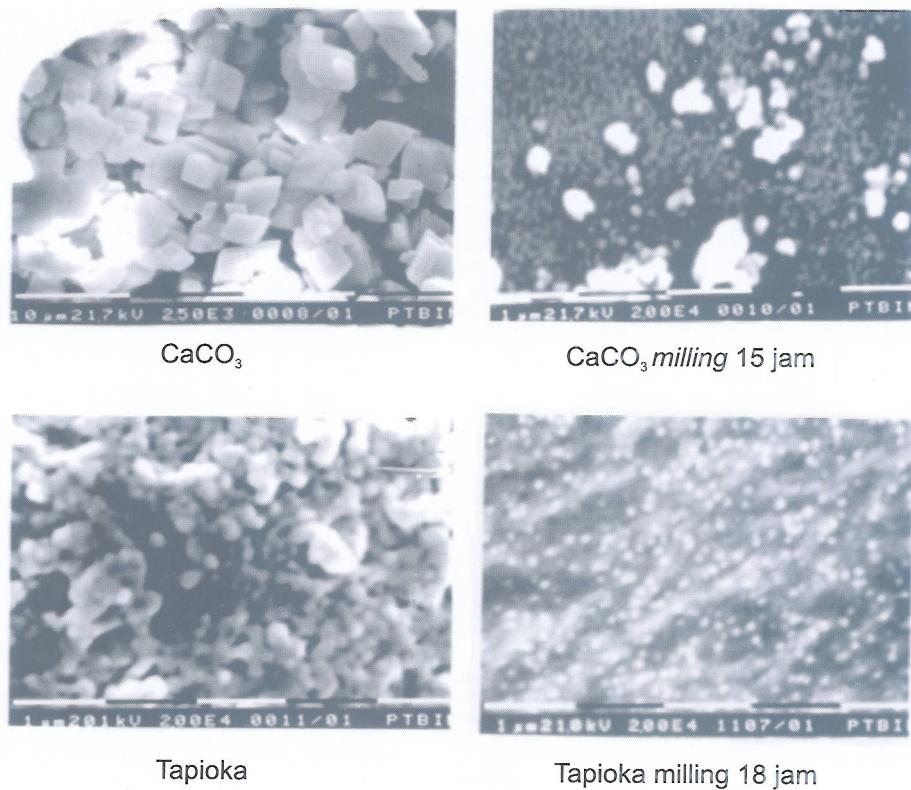
Berukuran Nanopartikel

Filler yang digunakan yaitu CaCO_3 dan tapioka termodifikasi yang dibuat nanopartikel dengan metode *milling* dengan kapasitas vial 20 mg. Perbandingan antara

cuplikan dengan bola-bola yang digunakan adalah 1:3. Waktu *milling* yang digunakan adalah waktu optimum yang telah diperoleh pada penelitian sebelumnya yaitu 15 jam untuk CaCO_3 dan 18 jam untuk tapioka. Setelah dikarakterisasi dengan SEM atau TEM diperoleh ukuran XRD, CaCO_3 sebesar 100 nm dan tapioka sebesar 90 nm. Hasil karakterisasi dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Parameter pengukuran XRD terhadap *filler* CaCO_3

Koef C	0.0041483
Ukuran Kristalit, t (Angstrom)	216.9564
Koef M	-0.0026504
Strain Mikro	2.04147E-3



Gambar 5. Hasil karakterisasi SEM terhadap *filler* CaCO_3 dan tapioka (700x)



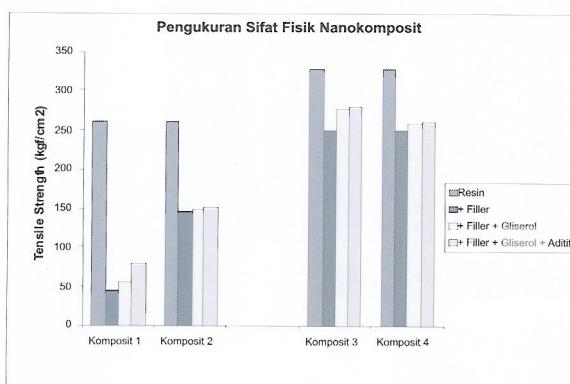
Gambar 6. Hasil karakterisasi TEM terhadap CaCO_3 dan tapioka.(500x)

Karakterisasi Awal Polipropilen dan Polietilen

Uji awal dilakukan terhadap lembaran polietilen dan polipropilen tanpa *filler* meliputi uji WVTR, O₂TR dan *tensile strength*. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh nilai WVTR yang relatif sama antara lembaran polietilen dan lembaran polipropilen berkisar 0,8685 – 1,074 g/m²/24 jam. Sedangkan untuk O₂TR lembaran polietilen memberikan nilai yang lebih besar dibanding polipropilen. Lembaran polipropilen nilai O₂TR sebesar 10,51 cc/m²/24 jam dan lembaran polietilen berkisar antara 14,55 – 16,73 cc/m²/24 jam. Untuk nilai *tensile strength* tidak memberikan perbedaan yang nyata untuk lembaran polipropilen dan polietilen.

Tabel 5. Nilai *melt flow index* resin

No	Kode Resin	Nilai <i>Melt Flow Index</i> (g/10 menit)
1.	LLDPE	1,2688
3.	HDPE	0,5515
4.	PP 10	15, 9456



Karakterisasi Sifat Fisik/Mekanik Polimer Nanokomposit

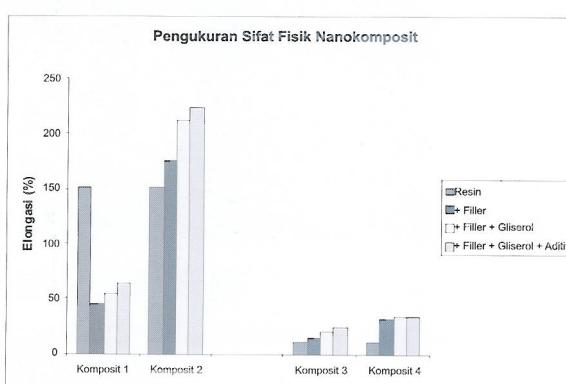
Gambar 7 menunjukkan bahwa penambahan *filler* (tapioka dan CaCO₃) nanopartikel dapat menurunkan sifat fisik/mekanik dari polimer nanokomposit. Sifat tersebut dapat meningkat dengan penambahan *plasticizer* dan aditif.

Karakterisasi Sifat Barrier Polimer Nanokomposit

Gambar 8 menunjukkan bahwa dengan penambahan *filler* (tapioka dan CaCO₃) nanopartikel dapat meningkatkan sifat barrier (Laju transmisi uap air, WVTR dan laju transimisi gas O₂, O₂TR). Sifat barrier nanokomposit PE/tapioka menurun dengan ditambahkannya *plasticizer* dan aditif, sedangkan PE/CaCO₃ mengalami peningkatan.

Morfologi Polimer Nanokomposit

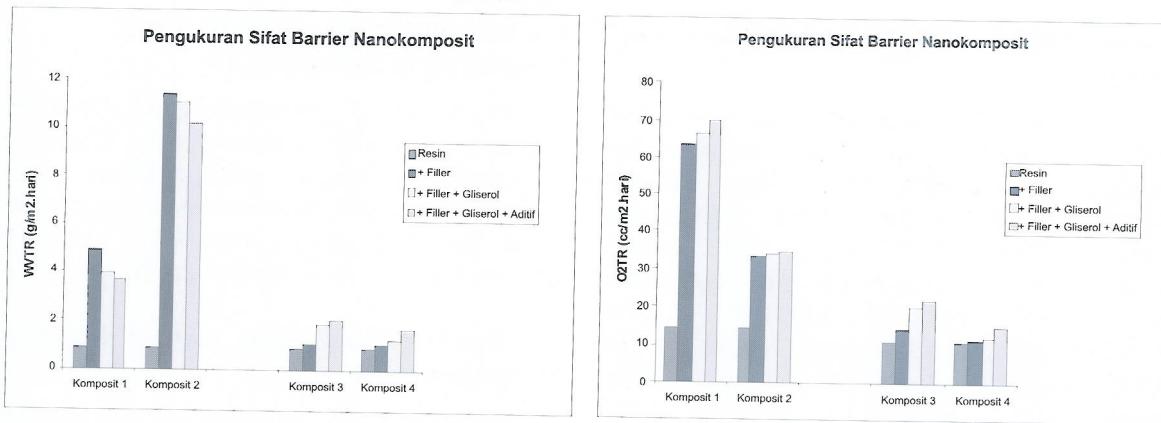
Untuk mengetahui morfologi polimer nanokomposit juga dilakukan karakterisasi menggunakan Scanning Electron Microscope (SEM) seperti terlihat pada gambar 9.



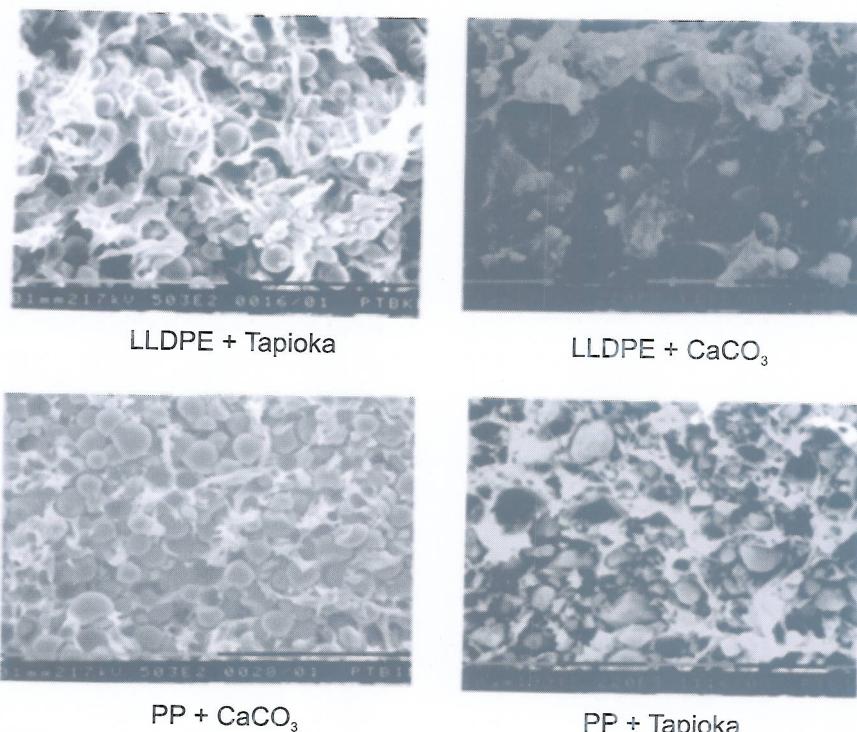
Gambar 7. Uji sifat fisik/mekanik nanokomposit

Tabel 6. Karakterisasi lembaran polietilen dan polipropilen awal

No	Kode Resin	Ketebalan (mm)	Kuat Tarik (kgf/cm ²)	Elongasi (%)	WVTR (g/m ² /24 jam)	O ₂ TR
1.	LLDPE	0,45	260,97	1524,21	0,8685	14,55
2.	HDPE	0,44	82,55	121,90	1,074	16,73
3.	PP 10	0,36	327,51	10,46	0,9063	10,51



Gambar 8. Uji sifat barrier (WVTR dan O₂TR) nanokomposit



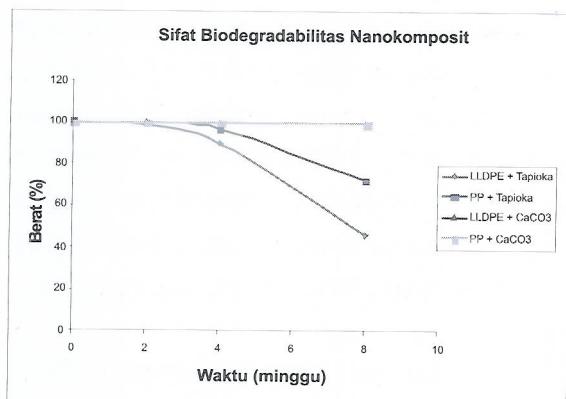
Gambar 9. Morfologi polimer nanokomposit dengan perbesaran 1000x

Sifat Biodegradabilitas

Hasil uji biodegradabilitas dengan metode *soil burial test* menunjukkan polimer nanokomposit PE/tapioka mengalami degradasi paling tinggi dibanding polimer nanokomposit lainnya. Polimer nanokomposit PE/CaCO₃ dan PP/CaCO₃ tidak menunjukkan adanya degradasi setelah pemendaman selama 4 minggu.

Uji Keamanan Pangan

Uji keamanan pangan terhadap polimer nanokomposit dilakukan sesuai peraturan Kepala BPOM No. HK 00.05.55.6497. Hasil untuk semua polimer nanokomposit yang dihasilkan telah sesuai peraturan tersebut dengan nilai logam berat termigrasi (Pb, Cd, Hg, Cr⁶⁺) kurang dari 1 bpj, spesifik migrasi (fraksi ksilena dan heksana) sama dengan nol.



Gambar 10. Uji biodegradabilitas nanokomposit

Uji Masa Simpan

Dengan metode akselerasi kadar air, diperoleh masa simpan produk makanan kering selama 27 hari untuk PE dan 41 hari untuk PP. Sedangkan untuk plastik nanokomposit belum dapat diperoleh hasil.

KESIMPULAN

Polimer nanokomposit yang telah dibuat dengan *filler* tapioka atau CaCO₃ dengan tambahan aditif telah memenuhi spesifikasi untuk kemasan makanan baik dari sifat fisik/mekanik, *barrier* (JIS Z 1707-1997) maupun migrasinya terhadap makanan (Peraturan Kepala BPOM RI No. HK 00.05.55.6497) dan mampu terdegradasi di alam (*biodegradable*).

DAFTAR PUSTAKA

Piyush B. Shuh, S. Bandopadhyay and Jayesh R. Bellare, *Polymer Degradation and Stability*, 47, 1995, 165-173.

Aloma K.K., Sudirman, Betha, Tri Darwinto, Dian I., Anik S., dan Evi H., *Analisis Kekuatan Tarik Komposit Polipropilen-Pasir dan Perhitungan Secara Teoritis*,

Prosiding Simposium Nasional Polimer III, Himpunan Polimer Indonesia (HPI), Bandung, 8 Agustus 2001, ISBN 979-96915-0-8, Hal. 35-40.

Rollf Joachim Muller, *Biodegradability of Polymers : Regulations and Methods for Testing*, Gesellschaft fur Biotechnologische Forschung mbH, Braunschweig, Germany., p. 374.

Rollf Joachim Muller, *Biodegradability of Polymers : Regulations and Methods for Testing*, Gesellschaft fur Biotechnologische Forschung mbH, Braunschweig, Germany. p.368.

ENVIS, *Indian Centre For Plastics In The Environment*, Volume 1, Issue 4, August 2003, India.

Peraturan Kepala Badan Pengawasan Obat dan Makanan RI No. HK 00.05.55.6497 tentang Bahan Kemasan Pangan , tanggal 20 Agustus 2007.

Joseph C.Salamone, "Polymeric Materials Encyclopedia", Volume 1, CRC Press, New York, 1996.

Anidya Fista Wibyanti, Maria Paristiwati, Sudirman and Aloma KK, *The Effect of Nanometer CaCO₃ To The Properties Of HDPE-CaCO₃ Nanocomposites*, International Conference on Advanced and Sustainable Polymer, Bandung, August 4-5, 2008

Aloma.KK, Teguh Yulius SPP and Sudirman, *The Effect of Particle Size CaCO₃ on The Thermal Properties of CaCO₃/ Polypropylene Composites*, International Conference on Advanced and Sustainable Polymer, Bandung, August 4-5, 2008

Suryani, Yusmaniar, Grace Tj. Sulungbudi, and Sudirman, *The Influence of Nanometer CaCO₃ Addition To The Physical and Mechanical Properties of Polypropylene-CaCO₃ Composite*, International Conference on Advanced and Sustainable Polymer, Bandung, August 4-5, 2008

Nur Fitriyani, Yusmaniar, Aloma K.K. and Sudirman, *Influence of Mecrometer and nanometer Size of Cassava Starch Addition to Mecahmical and Physical properties of Polypropilene Based Composite*, International Conference on Advanced and Sustainable Polymer, Bandung, August 4-5, 2008

Sudirman, Aloma Karo-karo, Gace Tj.Tulungbudi, Wiwik Pudjiastuti dan Isn

Marlijanti, *Analysis of Physical and Mechanical Properties of Calcium Carbonate Thermoplastic Composite*, Proceeding Establishing a Research Network on Natural Polymer to Support the Development of Sustainable Industry in Indonesia, AIRD-MOIT, Jakarta, 2008.

Taufan Hidayat, Dhiah Nuraini, Sinta Rismayani, Wiwik Pudjiastuti dan Isananto Winursito, *Status of AIRD's R&D on Natural Polymer*, Proceeding Establishing a Research Network on Natural Polymer to Support the Development of Sustainable Industry in Indonesia, AIRD-MOIT, Jakarta 2008.

UU RI No.18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah