

Review: Polimer Nanokomposit Sebagai Bahan Kemasan

Utari Yolla Sundari^{1*}, Fauziah Fiardilla²

¹Prodi Teknologi Industri Pertanian Fakultas Pertanian, Universitas Palangka Raya

²Prodi Teknologi Industri Pertanian Fakultas Pertanian, Universitas Jambi

*Email: utariyolla22@tip.upr.ac.id

Abstrak

Keuntungan dari polimer nanokomposit yaitu memiliki sifat sebagai penguat (*reinforcements agent*) ataupun bahan pengisi yang berukuran nano (sangat kecil), tetapi memiliki sifat fungsional seperti peningkatan termal, mekanis, optik, dan konduktivitas. Bahkan penggunaan partikel dalam ukuran nano sebagai bahan pengisi polimer bukan hanya meningkatkan sifat kimia dan fisika bahan tetapi juga menurunkan biaya pembuatan jika digunakan sebagai bahan kemasan. Sehingga industri polimer termasuk industri kemasan pangan masih tetap perlu mengembangkan material lain yang lebih baik sebagai kemasan pangan. Salah satu material yang dikembangkan yaitu dalam bentuk komposit nano polimer. Polimer nanokomposit dapat digunakan sebagai bahan kemasan, yang memberikan sifat *biodegradable*. Komposit nano mampu memberikan pengembangan penggunaan polimer lapisan tipis/plastik yang bersifat mudah diurai (*biodegradable*). Ukuran polimer juga memberikan pengaruh terhadap laju degradasi, dalam ukuran nanopartikel laju degradasi mengalami peningkatan drastis.

Kata Kunci: kemasan, nanokomposit, polimer.

Pendahuluan

Polimer terdapat di alam dalam jumlah besar dan juga dapat disintesis di laboratorium. Pengetahuan mengenai polimer membuatnya kini dapat digunakan pada berbagai bidang dan tujuan tertentu. Terdapat banyak jenis polimer dengan berbagai sifat. Baird dan Dimitris (2014) menjelaskan bahwa terdapat dua jenis polimer terbaru yaitu yang terbaru (*identical*) dan yang memang baru (*new-to-world*). Polimer terbaru adalah polimer yang memiliki struktur kimia identik dengan polimer yang berasal dari minyak bumi saat ini, sebagai contoh bio-PE, bio-PP dan bio-PET. Penggunaan polimer begitu besar ada pada bidang pangan yaitu untuk pengemasan. Menurut Iriani *et al.* (2015), ketergantungan manusia terhadap kemasan plastik dalam kehidupan sehari-hari sangat tinggi terbukti dari jumlah produksi plastik dunia saat ini mencapai 100 juta ton setiap tahun. Hal yang menjadi permasalahan adalah selain bahan baku pembuatan plastik yang semakin terbatas, plastik sulit untuk terdegradasi oleh alam karena sebagian besar polimer memiliki sifat sangat tahan lama. Hal tersebut akan menimbulkan berbagai masalah lingkungan. Oleh karena itu dilakukan pemanfaatan teknologi guna memperbaiki sifat bahan polimer.

Sudibyo dan Tiurlan (2013) menjelaskan bahwa beberapa jenis komposit telah dikembangkan dengan cara memperkuat senyawa komposit tersebut ke polimer untuk meningkatkan sifat ketahanannya terhadap panas, mekanis dan hambatan lainnya. Namun masih ada beberapa kelemahan pada kedua sisi antar muka dari komponen-komponen yang sudah diperkuat tersebut. Sehingga industri polimer termasuk industri kemasan pangan masih tetap perlu mengembangkan material lain yang lebih baik sebagai kemasan pangan. Salah satu material terakhir yang dapat menjawab masalah di atas adalah pembuatan komposit polimer lalu dikembangkan menjadi komposit nano polimer. Aplikasi teknologi nano pada senyawa polimer sepertinya dapat membuka peluang baru untuk perbaikan sifat polimer. Teknologi nano berupa nanokomposit merupakan bidang yang cukup baru di Indonesia, apalagi nanokomposit biasanya terbuat dari bahan terbarukan (*renewable*). Menurut Haraguchi *et al.* (2013), penelitian nanokomposit berbasis polimer kini dikembangkan menggunakan bahan sumber terbarukan yang bertujuan melestarikan lingkungan. Sebagai contoh bahan yang digunakan yaitu serat alami, baik yang masih dalam bentuk alami maupun dalam bentuk yang telah disintesis dari bahan alami. Hal yang sama dijelaskan oleh Hadjajd *et al.* (2015), pemanfaatan komposit dari serat alami memberikan tantangan tersendiri bagi peneliti, hal tersebut demi melindungi lingkungan dan kesehatan masyarakat.

Tujuan utamanya adalah komposit serat alami dapat diaplikasikan oleh industri yang dikembangkan dengan menggunakan teknik yang sesuai untuk menghasilkan serat berkualitas baik untuk digunakan sebagai penguat untuk komposit polimer.

Sudibyo dan Tiurlan (2013) menjelaskan polimer nanokomposit sebagai campuran antara senyawa polimer dengan bahan pengisi (*filler*) senyawa organik atau anorganik dalam bentuk geometri tertentu, misalnya dalam bentuk serat/fiber, *flakes*, *spheres* dan *particulate*. Bila bahan pengisi mengandung partikel nano, maka akan menghasilkan sutau bahan matriks komposit nano polimerik. Keunggulan dari polimer nano-komposit yaitu adanya interaksi yang lebih antara bahan polimer dengan bahan pengisinya daripada komposit konvensional. Hal ini disebabkan karena larutan dispersi yang di dalamnya terdapat partikel nano yang seragam menyebabkan luas area antar muka matriks bahan pengisi menjadi luas dan besar, sehingga akan mengubah sifat mobilitas/pergerakan molekuler, tingkah laku yang lebih fleksibel serta sifat-sifat thermal dan mekanis materialnya. Mendukung pernyataan tersebut, menurut Iriani *et al.* (2015) penambahan komposit serat pada plastik dapat menambah kelenturan dan elastik modulus yang baik. Tetapi polimer-polimer tersebut terbatas pada pemakaian dan harga yang mahal sehingga perlu dilakukan penelitian dengan mengembangkan polimer komposit bahan alam. 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. Penambahan komposit serat dalam ukuran nanometer saat ini sedang berkembang karena nanoserat memiliki luas *interface* yang sangat besar sehingga apabila dikompositkan dan terdistribusi merata akan mengubah mobilitas molekuler dan sifat relaksi menghasilkan komposit fleksibilitas, kekakuan dan ketahanan panas serta listrik yang baik.

Pudjiastuti, Arie dan Sudirman (2012), menjelaskan bahwa 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 terurai (biodegradasi), seperti polylactic acid (PLA), polyhydroxyalkanates (PHAs) dan tryglycerides, dan dapat juga bersumber dari bahan alam seperti cotton, wood, silk dan karet alam. Hal yang sama dikemukakan oleh Baird dan Collias (2014) polimer yang bersifat biodegradable dapat berasal dari sumber daya terbarukan atau sumber daya minyak bumi. Polimer biodegradable dari sumber daya terbarukan adalah PLA, PHA, TPS, selulosa, kitin dan protein. Untuk mendapatkan *new-to-world* polimer (polimer baru) ada tiga cara yang dapat dilakukan yaitu dengan memanfaatkan polimer alami dan melakukan modifikasi, dengan menghasilkan *bio-based* monomer dengan cara fermentasi atau polimerisasi, dan dapat dengan menghasilkan *bio-based polymer* yang dihasilkan dengan bantuan mikroorganisme.

Pembahasan

Polimer

Polimer adalah molekul yang mempunyai massa molekul besar. Polimer terdapat di alam (benda hidup, baik binatang maupun tumbuhan, mengandung sejumlah besar bahan polimer) dan dapat juga disintesis di laboratorium. Polimer tinggi adalah molekul besar yang dibangun oleh pengulangan kesatuan kimia yang kecil dan sederhana. Kesatuan-kesatuan berulang itu setara atau setara dengan monomer, yaitu bahan dasar pembuat polimer. Akibatnya, molekul-molekul polimer umumnya mempunyai massa molekul yang sangat besar. Penggunaan polimer tergantung pada sifat polimer, dan sifat polimer ditentukan oleh struktur polimer itu sendiri. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi sifat polimer yaitu massa molekul dan struktur kristal (Cowd, 1991). Macam-macam nama polimer berdasarkan sumber dan strukturnya, dapat dilihat pada Tabel 1 (Carraher, 2003).

Tabel 1. Nama Polimer berdasarkan Sumber dan Strukturnya

Nama bahan dasar	Nama Struktur bahan
Plyacrylonitrilc	Poly(1-cyanoethylene)
Poly(ethylene oxide)	Polyoxyethylene
Poly(ethylene terephthalate)	Polyoxyethyleneoxyterephthaloyl
Polyisobutylene	Poly(1,1-dimethylethylene)

Poly(methyl methacrylate)	Poly(1-methoxycarbonyl)-1-methylethylene
Polypropylene	Poly(1-methylethylene)
Polystyrene	Poly(1-phenylethylene)
Polytetrafluoroethylene	Polydifluoromethylene
Poly(vinyl acetate)	Poly(1-acetoxyethylene)
Poly(vinyl alcohol)	Poly(1-hydroxyethylene)
Poly(vinyl chloride)	Poly(1-chloroethylene)
Poly(vinyl butyral)	Poly(2-propyl-1,3-dioxane-4,6 diyl) methylene

Polimer Nanokomposit

Pemanfaatan nano teknologi ditujukan untuk memperbaiki sifat fisik dan kimia suatu bahan. Nanoteknologi adalah kemampuan untuk mengamati, mengukur, memanipulasi, dan pembuatan benda pada skala nanometer. Pengaturan materi dengan dimensi 1 sampai 100 nanometer (nm) (Monggilo, 2017). Nanokomposit didefinisikan sebagai suatu material multi-fase yang berasal dari kombinasi dua komponen atau lebih, yaitu : pertama, suatu komponen matriks sebagai suatu fase kontinu dan kedua, fase dimensional nano sebagai fase tidak kontinu yang berukuran satu dimensi ukuran nano dengan diameternya kurang dari 100 nm (Azeredo *et al.*, 2008). Nanokomposit polimer adalah bahan baru yang terdiri dari polimer dan pengisi anorganik / organik skala nano. Nanokomposit dapat diklasifikasikan berdasarkan dimensi dari pengisi berukuran nano, seseorang dapat membedakan nanopartikel isodimensional ketika ketiga dimensi dalam skala nanometer. Untuk memperoleh nanokomposit dengan sifat yang dapat diterima, distribusi pengisi homogen dalam matriks polimer diperlukan. Ukuran filler dan interaksi matriks pengisi adalah parameter utama yang mempengaruhi sifat nanokomposit (Azizy, 2014). Sudiby dan Tiurlan (2013) menjelaskan pengertian polimer nano-komposit sebagai campuran antara senyawa polimer dengan bahan pengisi (*filler*) senyawa organik atau anorganik dalam bentuk geometri tertentu, misalnya dalam bentuk serat/fiber, *flakes*, *spheres* dan *particulate*. Bila bahan pengisi mengandung partikel nano, maka akan menghasilkan suatu bahan matriks komposit nano polimerik. Keunggulan dari polimer nano-komposit yaitu adanya interaksi yang lebih antara bahan polimer dengan bahan pengisinya daripada komposit konvensional. Hal ini disebabkan karena larutan dispersi yang di dalamnya terdapat partikel nano yang seragam menyebabkan luas area antar muka matriks bahan pengisi menjadi luas dan besar, sehingga akan mengubah sifat mobilitas/pergerakan molekuler, tingkah laku yang lebih fleksibel serta sifat-sifat termal dan mekanis materialnya.

Menurut Santoso dan Gatot (2015), nanokomposit dapat dianggap sebagai struktur padat dengan dimensi berskala nanometer yang berulang dengan jarak antar-bentuk penyusun struktur yang berbeda. Material-material dengan jenis seperti itu terdiri atas padatan anorganik yang tersusun atas komponen organik. Selain itu, material nanokomposit dapat terdiri atas dua atau lebih molekul anorganik/organik dalam beberapa bentuk kombinasi dengan pembatas antar keduanya minimal satu molekul atau memiliki ciri berukuran nano. Nanokomposit dibuat dengan menyisipkan nanopartikel (*nanofiller*) ke dalam sebuah material makroskopis (matriks). Pencampuran nanopartikel ke dalam matriks penyusun merupakan bagian perkembangan dunia nanoteknologi. Setelah menambahkan sejumlah nanopartikel ke dalam material matriks, nanokomposit yang dihasilkan menunjukkan sifat yang lebih unggul dibandingkan sifat material sebelumnya.

Teknologi Pembuatan Polimer Nanokomposit

Ada tiga metode yang umum digunakan untuk membuat komposit nano polimer, yaitu cara pelarutan/pemecahan, teknik polimerisasi interlamellar atau polimerisasi *in situ*, dan pengolahan dengan cara pencairan atau peleburan (*melting processing*). Cara pelarutan/pemecahan dapat digunakan untuk membentuk bahan/material komposit nano saling tersusup dan terkelupas. Keuntungan dari metode ini adalah sintesis komposit nano yang diisipkan berdasarkan polimer dengan polarisasi rendah atau tanpa polarisasi sama sekali, namun cara ini sering kali sulit diterapkan di industri karena akan membutuhkan pelarut dalam jumlah banyak. Contoh penerapan metode pelarutan/pemecahan, komposit tanah liat (*clay*) dikembungkan dalam suatu pelarut. Kemudian ditambahkan larutan polimer dan molekul-molekul polimer akan memperluas area di antara lapisan-lapisan bahan pengisi. Pelarut yang didapat (*solvent*) diuapkan dengan cara evaporasi. Untuk cara kedua, yaitu teknik polimerisasi

interlamellar atau polimerisasi secara alamiah (*in situ*), menggembungkan bahan pengisi dengan absorpsi dari larutan monomernya. Setelah bahan monomer tersebut dipenetrasi ke dalam di antara lapisan-lapisan silikat, maka polimerisasi akan diinisiasi oleh panas, radiasi atau penyatuan. Metode ketiga yaitu dapat dengan cara penyisipan dengan cara peleburan dan sintesis dalam baki. Dalam hal ini, pada cara peleburan, bahan pengisi komposit nano dicampur dengan polimer yang sudah dilebur, lalu dibentuk ke dalam material akhir. Metode penyisipan dengan cara peleburan dan sintesis dalam baki (*template*) merupakan cara yang biasa dipakai sebagai akibat karena kurangnya bahan pelarut (*solvent*), cocok untuk proses industri polimer karena prosedur mudah dan dapat dalam skala produksi besar (Sudibyo dan Tiurlan, 2013).

Iriani *et al.* (2015) merancang pembuatan film dari polivinil alkohol dengan penambahan bahan pengisi berupa nanoselulosa untuk menghasilkan sifat film komposit yang sifat mekanisnya setara plastik konvensional. PVA memiliki kompatibilitas yang baik jika ditambahkan filler berupa nanoselulosa sehingga dapat menghasilkan produk nanokomposit yang ramah lingkungan. Nanoselulosa yang digunakan sebagai bahan komposit berasal dari serat daun nanas. Nanoselulosa merupakan selulosa dengan ukuran diameter dalam nanometer 2-20 nm, termasuk nanokomposit yang ringan dan memiliki kekuatan besar. Metode yang digunakan pada pembuatan film komposit adalah *casting solution*. Struktur morfologi dari film komposit yang dihasilkan berdasarkan hasil SEM (Scanning Electron Microscopy), nanoselulosa terdispersi secara merata pada film komposit, hal tersebut akan berpengaruh terhadap sifat mekanis.

Hal yang sama dinyatakan oleh Azizy (2014), bahwa bahan berbasis selulosa telah banyak digunakan sebagai *templates*, *stabilizers* dan *carriers* dalam sintesis nanomaterial logam. Nanopartikel anorganik adalah jenis pengisi *nanosized* yang telah terbukti berhasil digunakan dalam bahan polimer. Nanopartikel anorganik memberikan sifat baru pada bahan polimer induk. Namun demikian, pembentukan agregat akan secara signifikan menurunkan penerapan nanopartikel anorganik. Sebagian besar ligan surfaktan dan polimer dibuat dari bahan petrokimia yang tidak terbarukan dan menemukan alternatif *biodegradable* terbarukan pada dasarnya penting karena melemahnya sumber daya bahan bakar fosil.

Aplikasi Polimer Nanokomposit Pada Kemasan

Potensi penerapan polimer nano-komposit dalam kemasan pangan pada prinsipnya mencakup 4 yaitu pertama aplikasi komposit nano polimer tanah liat, yang telah banyak dihasilkan produknya oleh industri. Biostruktur polimer yang digabung dengan tanah liat nano dapat mengurangi/meminimalisir gas pada lapisan tipis biopolimer, yang artinya akan mengurangi jumlah gas oksigen yang masuk dalam kemasan dan meningkatkan permeabilitas uap air. Manfaat dari polimer nano komposit tanah liat dalam kemasan pangan adalah terhadap kinerja berbagai jenis polimer yang lebih baik karena adanya partikel nano tanah liat, termasuk meningkatnya transisi gelas/*glass transition*. Aplikasi kedua, polimer matriks nano-komposit untuk kemasan pangan diterapkan sejak serat selulosa diketahui sebagai senyawa polimer alami yang tinggi kekuatannya. Selulosa lebih murah atau kompetitif, mudah diperoleh, ramah lingkungan dan menggunakan energi yang rendah dalam proses pabrikasinya. Prinsip proses dan teknologi pembuatan komposit nano matriks polimer terdiri dari 2 jenis penguatan kembali nano (*nano-reinforcements*), yakni serat selulosa-mikrofibril dan *whiskers*. Hal ini disebabkan karena penguatan kembali nano serat selulosa dapat menghasilkan pengaruh yang sangat besar terhadap perbaikan sifat modulus matriks polimer. Penerapan matriks polimer nanokomposit berpotensi pada pengembangan kemasan plastik berbasis pati untuk produk pangan yang mudah didegradasi secara alamiah. Namun, sifat kerapuhan pati memerlukan penggunaan bahan *plasticisers* seperti senyawa polimer poliol yang dapat memperbaiki sifat fleksibilitas pati. Aplikasi ketiga yaitu polimer nanokomposit sebagai bahan antimikroba dan keempat aplikasi polimer nanokomposit sebagai alat sensor dan pendeteksi gas pada kerusakan pangan Sudibyo dan Tiurlan (2013).

Fakhuzy (2014) membuat film dari nanokomposit dengan memanfaatkan serat bambu Ampel. Nanofiber dan polivinil alkohol (PVA) digunakan sebagai penguat film nanokomposit. Proses yang digunakan untuk menghasilkan nanofiber adalah proses kimia dengan alkali-*bleaching* dan proses mekanis *disc refiner*-ultrasonikasi. Metode yang digunakan yaitu film *casting*. Film nanokomposit ini memiliki kualitas yang lebih baik berdasarkan sifat optik, termal, densitas dan mekanis jika

dibandingkan film yang dihasilkan dari PVA saja. Meningkatnya nilai *young's modulus* dan *tensile strength* film nanokomposit setelah ditambahkan nanofiber disebabkan adanya interaksi dan dispersi dengan PVA melalui ikatan hidrogen. Selain itu meningkatnya nilai *tensile strength* dipengaruhi oleh ukuran serat selulosa yang dihasilkan, semakin kecil ukuran serat maka luas permukaannya juga meningkat sehingga *tensile strength* dihasilkan juga meningkat. Luas permukaan nanofiber selulosa meningkatkan nilai kerapatan, yang menghasilkan distribusi luas dan volume yang merata sehingga meningkatkan efek kekuatan. Ukuran serat yang lebih kecil terdispersi ke PVA dengan baik, hal ini karena ikatan yang terjadi secara homogen. Ukuran serat berpengaruh terhadap PVA komposit, semakin kecil ukuran serat maka semakin tinggi *interface area* dan probabilitas ikatan hidrogen.

Polimer yang dapat *biodegradable* seperti PLA, poli (butilena adipat-co-terephthalate) (PBAT), dan pati termoplastik (TPS), memiliki potensi besar untuk menggantikan polimer berbasis fosil, menghindari penggunaan bahan polimer yang sulit didaur ulang, dan membantu mengurangi dampak bagi lingkungan. Namun jika dibandingkan dengan polimer yang telah disebutkan diatas, ada pengembangan penelitian kearah yang lebih baik yaitu, bio-nanocomposites (BNC) yang mana memiliki setidaknya satu dimensi dalam dimensi skala nano dan matriksnya polimer *biodegradable*. Idealnya, BNC dapat didaur ulang atau diperlakukan bersama dengan limbah organik lainnya pada pengomposan dan menghasilkan kompos, serta aman bagi lingkungan.

Aguirre *et al.* (2018), menggunakan PLA (Poly(lactic acid) sebagai bahan polimer untuk kemasan film, yang dikombinasi dengan nanoclays sebagai *nanofillers*. Penggabungan nanoclays ke dalam matriks polimer *biodegradable* merupakan pendekatan yang menjanjikan tidak hanya untuk meningkatkan kinerja polimer tetapi juga untuk meningkatkan laju *biodegradasi* dalam kondisi pengomposan. Namun, efek dari nanoclays berbeda dan organo-modifiers pada *degradasi abiotik* dan *biotik* dari PLA yang masih perlu penelitian lebih lanjut. Telah diketahui bahwa mekanisme *biodegradasi* PLA melibatkan hidrolisis kimia, namun hal yang perlu diketahui adalah peran mikroorganisme dan bagaimana mereka dipengaruhi oleh keberadaan nanopartikel.

Keunggulan Polimer Nanokomposit dalam Penerapannya Pada Kemasan

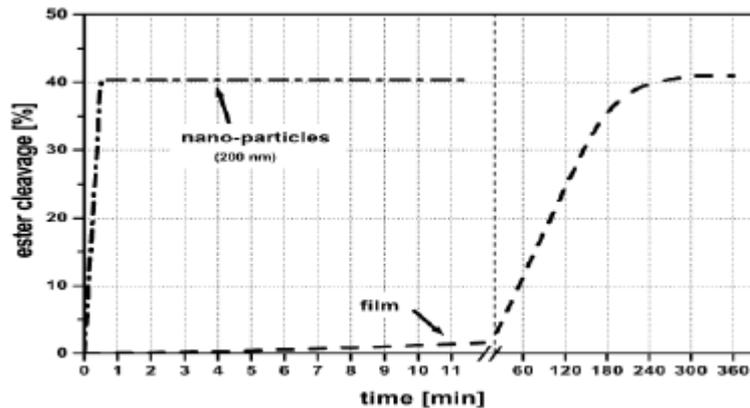
Penerapan teknologi nano melalui pengembangan dan aplikasi polimer nanokomposit dalam kemasan pangan memberikan arah perubahan penting pada sektor kemasan. Komposit nano mampu memberikan pengembangan penggunaan polimer lapisan tipis/plastik yang bersifat mudah diurai (*biodegradable*), sejak ditemukan adanya teknologi proses penguatan kembali nano yang bisa memperbaiki semua kinerja pada biopolimer, sehingga menjadikannya bersifat lebih kompetitif dibandingkan dengan polimer sintesis, dapat memperkuat sifat mekanis polimer, sifat thermal dan hambatan terhadap gas (Sudibyo dan Tiurlan, 2013).

Keuntungan dari polimer nanokomposit adalah penguat pada kontennya sebagai pengisi berukuran nano yang sangat kecil, tetapi sifat fungsional seperti peningkatan termal, mekanis, optik, dan konduktivitas juga merupakan sifat ciri khas dari polimer nanokomposit. Bahkan penggunaan partikel dalam ukuran nano sebagai bahan pengisi polimer tidak hanya dapat sebagai *reinforcements agent* (penguat) yang meningkatkan sifat kimia dan fisika bahan tetapi juga menurunkan biaya pembuatan (Azizi, 2014).

Pudjiastuti *et al* (2012) melakukan pembuatan bahan polimer nanokomposit sebagai *master batch* polimer *biodegradable*, bahan yang digunakan untuk polimer berbasis polimer termoplastik yaitu dengan filler CaCO₃ dan dengan filler tapioka. Aplikasi dari master batch polimer nanokomposit adalah untuk pembuatan kantong plastik yang dapat diaplikasikan untuk kemasan makanan yang diharapkan dapat memperpanjang umur simpan makanan dan *biodegradable*. Sanches *et al* (2014), mengembangkan nanokomposit poliuretan (PU) dengan mencampurkan selulosa nanofibril dan suspensi poliuretan. Selulosa nanofibril sebagai nanofiller akan meningkatkan kekuatan tarik poliuretan. Penggunaan nanopartikel kedalam matriks polimer akan meningkatkan sifat termal dan mekanik dari matriks polimer bahkan pada kandungan pencampuran yang rendah sekalipun. Pemilihan selulosa nanofibril sebagai nanofiller juga karena sifatnya yang *biodegradable*, *low density*, dan ketersediaan mudah. Selulosa adalah polisakarida yang terdiri dari rantai linier yang terdiri dari unit pengulangan β -D-glukopiranososa yang dihubungkan oleh ikatan (1,4) α -glikosidik. Microfiber selulosa

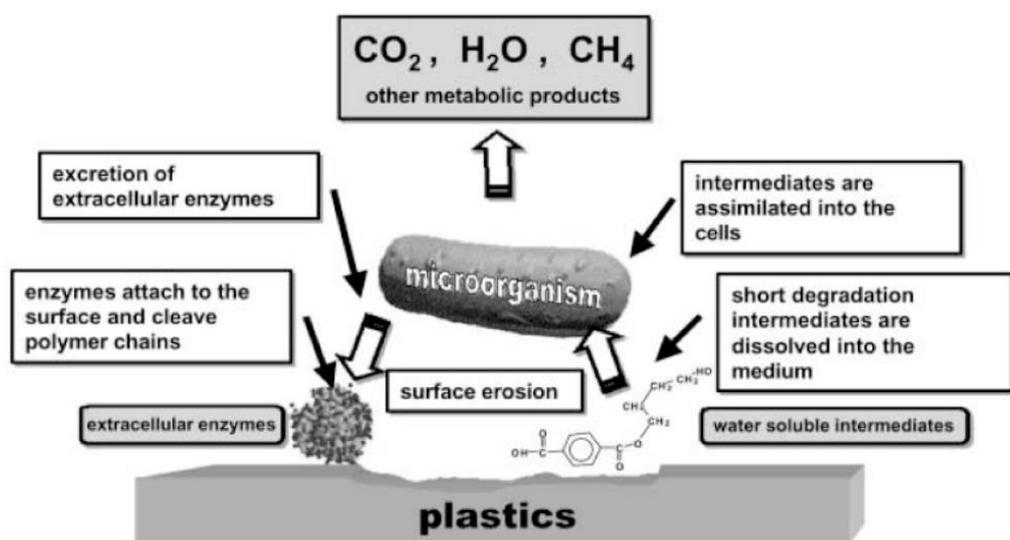
terdiri dari daerah yang terurut, biasa disebut nanofibril, nanowhiskers yang dihubungkan oleh rantai selulosa dengan sifat amorf. Nanofibril dapat diekstrak dengan cara hidrolisis asam terkontrol, karena akan lebih mudah menghidrolisis daerah amorf, meninggalkan kristal dengan diameter dan panjang yang secara langsung tergantung pada kondisi hidrolisis dan sumber. Selulosa Nanofibril memiliki gugus hidroksil berlimpah (OH) di permukaan yang dapat membentuk ikatan hidrogen dengan matriks polimer dan antara nanofibers, mengembangkan matrik penguatan yang kuat.

Degradasi polimer dapat disebabkan oleh berbagai faktor, seperti sinar matahari, panas, umur dan faktor alam. Penambahan bahan aditif pada polimer dimaksudkan untuk mengatasi proses degradasi yang disebabkan oleh faktor-faktor tersebut. Ukuran polimer juga memberikan pengaruh terhadap laju degradasi, dalam ukuran nanopartikel laju degradasi mengalami peningkatan drastis. Gambar 1. menunjukkan pengaruh ukuran butir terhadap laju degradasi (Pudjiastuti *et al.*, 2012).



Gambar 1. Pengaruh ukuran butir terhadap perbandingan laju degradasi (Shuh, 1995 dalam Pudjiastuti *et al.*, 2012)

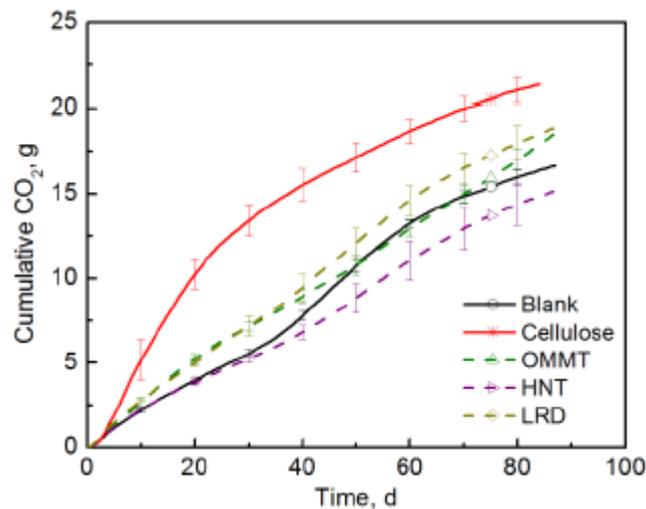
Jika dibandingkan dengan polimer sintetik, hal lain yang menjadi keuntungan dari polimer nanokomposit adalah memiliki *surface erosion* lebih besar, sehingga lama waktu dan proses biodegradasi polimer nanokomposit akan lebih baik, artinya filler berbentuk nanopartikel yang dicampur dengan polimer membentuk polimer nanopartikel memiliki kemampuan biodegradasi. Hasil dari mekanisme proses degradasi plastik akan menghasilkan gas CO₂, H₂O dan produk lainnya (Pudjiastuti, 2012).



Gambar 2. Mekanisme degradasi plastik oleh mikroorganisme

Pendekatan dengan menggunakan jumlah CO₂ untuk melihat daya degradasi juga dilakukan pada penelitian Agguire *et al.* (2018), untuk mengevaluasi efek dari nanoclays pada biodegradasi

memanfaatkan mikroba, selulosa sebagai salah satu jenis nanoclays yang digunakan menghasilkan CO₂ dengan jumlah yang signifikan selama 40 hari pengujian. Gambar 3. menunjukkan kurva kumulatif CO₂ dan% mineralisasi diperoleh dari tes biodegradasi yang berbeda untuk evaluasi PLA dan PLA-BNC, serta berbagai nanoclays dan surfaktan.



Gambar 3. Kurva jumlah CO₂ pada beberapa jenis nanoclays (Agguire *et al.*, 2018)

Kesimpulan

Polimer nanokomposit merupakan campuran antara senyawa polimer dengan bahan pengisi (*filler*) senyawa organik atau anorganik dalam bentuk geometri tertentu, dalam ukuran nanometer. Bila bahan pengisi mengandung partikel nano, maka akan menghasilkan suatu bahan matriks komposit nano polimerik. Keunggulan dari polimer nanokomposit yaitu adanya interaksi yang lebih antara bahan polimer dengan bahan pengisinya daripada komposit konvensional. Polimer nanokomposit dapat digunakan sebagai bahan kemasan, yang memberikan sifat biodegradable. Komposit nano mampu memberikan pengembangan penggunaan polimer lapisan tipis/plastik yang bersifat mudah diurai (*biodegradable*). Ukuran polimer juga memberikan pengaruh terhadap laju degradasi, dalam ukuran nanopartikel laju degradasi mengalami peningkatan drastis.

Daftar Pustaka

- Aguirre, E.C, Rafael, A, Susan, S, Maria, R dan Terence, Marsh. 2018. Impact of Nanoclay on the Biodegradation of Poly(Lactic Acid) Nanocomposite. *MDPI Polymers Journal*, 10 (2), 202.
- Azizy S. 2014. *Preparation and Characterization of Polyvinil Alcohol/ Chitosan Bio-Nanocomposites Reinforced With Cellulose Nanocrystals, Cellulose Nanocrystals/Zinc Oxide and Cellulose Nanocrystals/Zinc Oxide-Silver Nanoparticles*. [Tesis] School of Graduates, Universiti Putra Malaysia.
- Baird D.G dan Dimitris I.C. 2014. *Polymer Processing : Principles and Design*. Second Edition. Canada.
- Carraher C.E. 2003. *Polymer Chemistry*. Sith Edition, Revised and Expanded. Marcel Dekker, Inc. New York
- Cowd M.A. 1991. *Kimia Polimer*; terjemahan Harry Firman. Bandung, Penerbit ITB.
- Fakhrzy. 2014. *Sintesa dan Karakterisasi Nanokomposit dari Selulosa Bambu Ampel (Bambusa vulgaris)*. [Tesis] Institut Pertanian Bogor.

- Hadjadj A, Omar J, Ahmed T, Mickael G, Fouad M, El M.M, dan Tighzert. 2015. Effect of Cellulose Fiber Content on Physical Properties of polyurethane Based Composites. *Composite Structures*, 135, 217-223.
- Haraguchi S.K, Adriano A.S, Ernandes T, Gizilene M, Edvani C.M dan Adley F. 2013. Glycerol-derived Polyurethane Nanocomposite Containing Cellulose Nanowhiskers. *Acta scientiarum Technology, Maringa V 35, N 4, Page 747-755*.
- Mongillo, John F. 2017. *Nanotechnology 101*. First Published 2007. Greenwood Press Publishing Group, Inc. USA. 299 hal.
- Iriani E.S, Kendri W, Titi C.S, dan Asep W.P. 2015. Sintesis Nanoselulosa dari Serat Nanas dan Aplikasinya sebagai Nanofiller pada Film Berbasis Polivinil Alkohol. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*, 12 (1):11-19.
- Pudjiastuti W., Arie L., dan Sudirman. 2012. Polimer Nanokomposit Sebagai Master Batch Polimer Biodegradable untuk Kemasan Makanan. *Jurnal Riset Industri*, VI (1): 51-60.
- Sanches A.O, Luciano H.S.R, Luiz F.M, Michael, Walter dan Jose. 2012. Influence of Cellulose Nanofibrils on Soft and Hard Segments of Polyurethane/Cellulose Nanocomposites and Effect of Humidity on Their Mechanical Properties. Elsevier, *Polymer Testing* 40, 99-105.
- Santoso H dan Gatot D. 2015. Efek Penambahan Nanoclay Terhadap Sifat Mekanik dari Blending PET/PP. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 16 (1): 59-63.
- Sudibyo A dan Tiurlan F.H. 2013. Potensi Penerapan Polimer Nanokomposit dalam Kemasan Pangan. *Jurnal Kimia Kemasan*, 35 (1): 6-19.