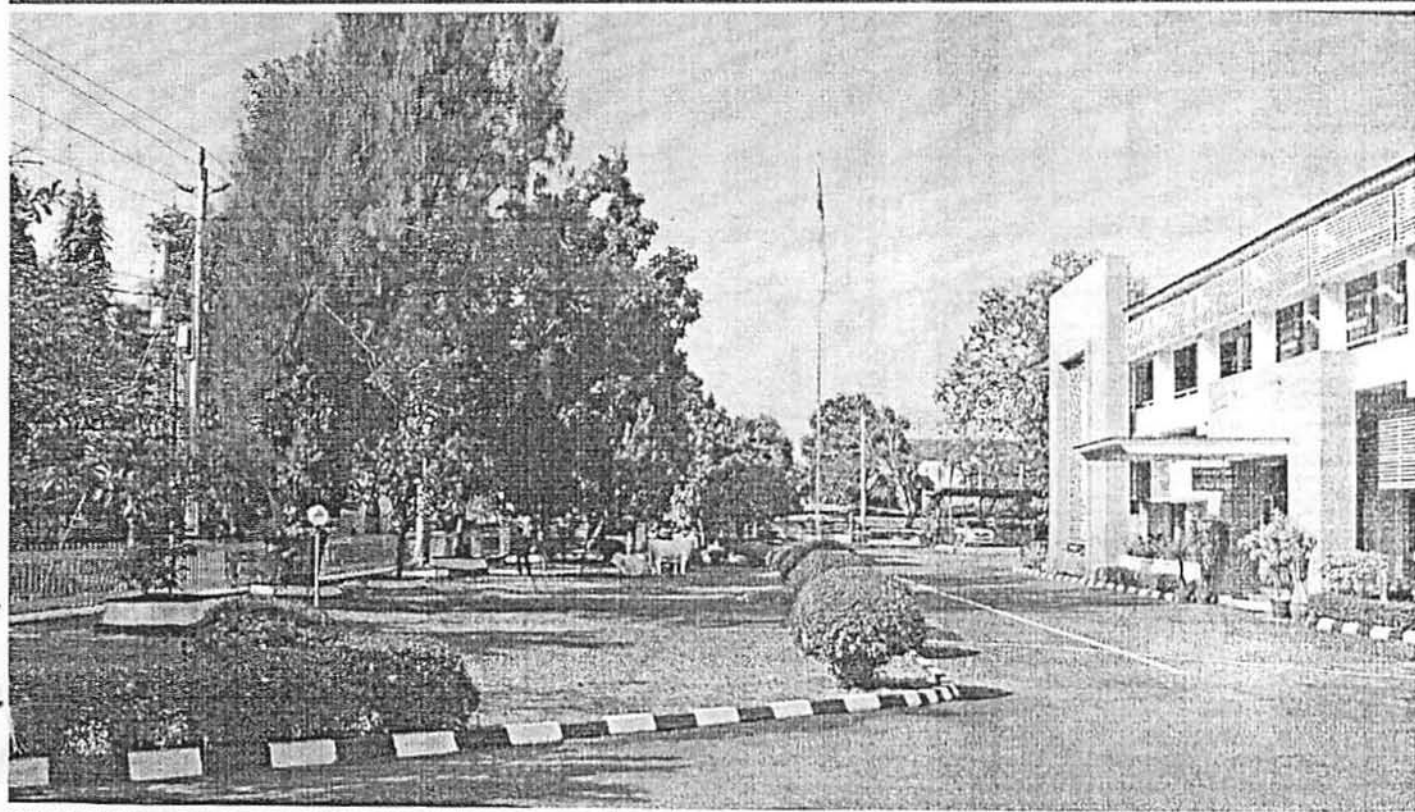


ISBN 978-979-8378-19-5

PROSIDING

**Seminar Nasional
Kulit, Karet, dan Plastik ke-3**

**PENELITIAN & PENGEMBANGAN
KULIT, KARET, DAN PLASTIK
DALAM MENDUKUNG HILIRISASI INDUSTRI**



**Kementerian
Perindustrian**
REPUBLIK INDONESIA



**PROSIDING
SEMINAR NASIONAL KULIT, KARET, DAN PLASTIK KE-3
PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN KULIT, KARET, DAN PLASTIK
DALAM MENDUKUNG HILIRISASI INDUSTRI**

ISBN:978-979-8378-19-5

© 2014 Balai Besar Kulit, Karet, dan Plastik

Hak cipta dilindungi Undang-undang. Dilarang memperbanyak sebagian maupun seluruh tulisan tanpa izin tertulis dari Editor. Permintaan dan pertanyaan terkait penggandaan dan hak cipta ditujukan Drs. Ir. Prayitno, Apt, M.Sc. dan Muhammad Sholeh, M.Eng., Balai Besar Kulit, Karet, dan Plastik atau E-mail ke bbkkp_jogja@kemenperin.go.id

Hak kekayaan Intelektual setiap makalah dalam prosiding ini menjadi milik penulis sesuai yang tercantum pada makalah.

Diterbitkan oleh :

Balai Besar Kulit, Karet, dan Plastik

Jalan Sokonandi No. 9 Yogyakarta 55166

Telp : (0274) 512929, 563939

Fax : (0274) 563655

E-mail : bbkkp_jogja@kemenperin.go.id

Website : www.bbkkp.go.id

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan berkah dan rahmadNya sehingga kegiatan Seminar Nasional Kulit, Karet dan Plastik ke-3 yang bertemakan Penelitian dan Pengembangan Kulit, Karet dan Plastik dalam Mendukung Hilirisasi Industri dapat diselenggarakan dengan baik dan lancar pada tanggal 29 Oktober 2014.

Tujuan diselenggarakan Seminar Nasional adalah untuk mengkomunikasikan hasil litbang bidang kulit, karet dan plastik kepada para peneliti, praktisi dan pengguna. Kesempatan ini dapat digunakan sebagai forum saling tukar menukar informasi, ide kreatif dan inovatif dalam rangka pengembangan potensi para peneliti serta meningkatkan jejaring kerjasama antar institusi, lembaga litbang, perguruan tinggi dan industri, sehingga akan terjalin komunikasi ilmiah yang efektif dan efisien.

Dengan telah terselenggaranya Seminar Nasional tersebut maka disusunlah Prosiding yang bertujuan untuk mempercepat pemasyarakatan hasil-hasil litbang kepada industri, perguruan tinggi, lembaga litbang dan masyarakat luas. Prosiding ini menampilkan 24 makalah hasil seleksi dari Tim Editor yang mencakup bidang kulit, karet, plastik dan pencemaran. Makalah berasal dari berbagai lembaga litbang dan perguruan tinggi. Selain itu, prosiding juga memuat hasil diskusi selama kegiatan Seminar Nasional berlangsung.

Kami mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu terselenggaranya Seminar Nasional Kulit, Karet, dan Plastik ke-3 yang bertemakan Penelitian dan Pengembangan Kulit, Karet, dan Plastik dalam Mendukung Hilirisasi Industri tahun 2014 ini. Harapan kami, semoga prosiding ini dapat bermanfaat bagi industri, perguruan tinggi, lembaga litbang dan masyarakat luas.

Kepala Balai Besar Kulit, Karet dan Plastik

Ramelan Subagyo, M.Eng., Sc

PENGARUH SUHU PENYIMPANAN TERHADAP SIFAT FISIK MEKANIK KEMASAN PLATIK RITEL

Indah Yuliasih dan Biantri Raynasari
Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian
Institut Pertanian Bogor
E-mail : ind_yul@yahoo.com

ABSTRAK

Plastik ritel biasanya digunakan untuk kemasan makanan dan non-makanan. Plastik ritel yang digunakan untuk kemasan produk segar harus memiliki fisik yang baik dan sifat mekanik untuk menjaga kualitas produk. Sifat mekanik kemasan plastik terlihat dari kekuatan tarik dan persentase elongasi, sedangkan sifat fisik terlihat dari permeabilitas uap air dan permukaan morfologi. Plastik Ritel yang memiliki sifat mekanik yang baik adalah HDPE dan HDPE *perforated*. Plastik *biodegradable* memiliki sifat mekanik dan fisik yang rendah karena pengaruh adanya campuran pati tapioka. Suhu penyimpanan mempengaruhi sifat mekanik plastik HDPE dan HDPE *perforated*, terutama pada penyimpanan suhu rendah. Sementara suhu penyimpanan tidak mempengaruhi sifat mekanik plastik *biodegradable*. Berdasarkan morfologi permukaan, penyimpanan pada suhu rendah akan mengubah permukaan plastik *biodegradable*. Hal ini terlihat dari meningkatnya jumlah dan bentuk butiran pati pada permukaan plastik. Permeabilitas uap air plastik HDPE dan HDPE *perforated* meningkat selama waktu penyimpanan, sedangkan plastik *biodegradable* menunjukkan penurunan.

Kata Kunci : plastik ritel, plastik *biodegradable*, sifat fisik mekanik

PENDAHULUAN

Plastik merupakan bahan pengemas yang paling banyak digunakan karena sifatnya yang ringan, fleksibel, transparan, tahan air, praktis, dan harganya relatif murah dibandingkan dengan bahan pengemas lain. Plastik juga dapat dengan mudah dibentuk sesuai kebutuhan. Jenis kantung plastik yang umum digunakan adalah plastik sintesis yang dibuat dari minyak bumi seperti polietilen. Selain sifat bahan bakunya yang terbatas dan tidak dapat diperbaharui, kemampuan plastik sintesis untuk hancur di lingkungan juga sangat rendah. Plastik biodegradabel merupakan salah satu inovasi yang diciptakan untuk mengurangi jumlah pencemaran yang disebabkan sampah plastik. Plastik biodegradabel terbuat dari campuran polimer sintesis dengan bahan alami seperti pati atau selulosa.

Fungsi kemasan plastik terus berkembang seiring dengan meningkatnya gaya hidup konsumen. Bagi konsumen yang berasal dari kalangan menengah ke atas, berbelanja di supermarket dinilai lebih higienis dan praktis jika dibandingkan dengan berbelanja di pasar tradisional. Oleh karena itu semakin banyak supermarket yang menjual produk segar seperti sayur, buah, ikan, dan daging. Sebagai pengemasnya digunakan plastik berbentuk kantung sekali pakai yang disebut plastik retail. Umumnya kantung plastik digunakan untuk mewadahi produk selama pengangkutan dari supermarket ke rumah, namun penggunaannya bertambah menjadi wadah penyimpanan dalam lemari pendingin di rumah. Hal ini disebabkan konsumen menginginkan kepraktisan tanpa harus memindahkan produk ke wadah lain.

Penyimpanan pada suhu rendah merupakan salah satu cara untuk menjaga produk pangan dari kerusakan akibat proses metabolisme pascapanen dan aktivitas mikroorganisme. Namun produk pangan mudah bereaksi terhadap perubahan suhu dan kelembaban. Perubahan ini akan mengakibatkan kerusakan fisik, kimia, maupun mikrobiologis pada produk. Oleh karena itu sebagai kemasan, plastik diharapkan dapat mempertahankan sifat fisik dan mekaniknya agar dapat tetap menjaga kualitas produk yang dikemas. Dengan adanya perubahan kondisi lingkungan, dalam hal ini penyimpanan pada suhu rendah, plastik dapat mempertahankan sifatnya sebagai pelindung kemasan.

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh suhu dan lama waktu penyimpanan terhadap sifat fisik dan mekanik kemasan plastik retail (plastik HDPE, HDPE *perforated* dan plastik *biodegradable*)

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah plastik biodegradabel, plastik HDPE, dan plastik HDPE *perforated*. Plastik *biodegradable* dan plastik HDPE diproduksi oleh PT Tirta Marta Cikupa, Tangerang. Plastik *biodegradable* merupakan plastik komposit pati tapioka, sedangkan plastik HDPE *perforated* diproduksi oleh Crownpoly Inc., Los Angeles, California.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah lemari pendingin yang memiliki *chiller* dan *freezer* serta wadah plastik yang digunakan sebagai wadah penyimpanan sampel. Selain itu digunakan termometer untuk memeriksa suhu penyimpanan. Pengujian sifat mekanik dilakukan dengan menggunakan *tensile strength* Hounsfield H5KS, *humidity chamber*, dan *scanning electron microscope* Zeiss EVO 50.

Metode

Penyimpanan plastik kemasan retail dilakukan pada suhu yang berbeda. Hal ini bertujuan untuk melihat pengaruh suhu penyimpanan terhadap sifat plastik retail. Penyimpanan dilakukan pada suhu 24-28°C yang mewakili suhu ruang. Penyimpanan yang mewakili suhu dingin dan suhu beku dilakukan pada lemari pendingin yang memiliki *chiller* dengan suhu 3-7°C dan *freezer* pada suhu (-10)-(-6)°C. Penyimpanan dilakukan selama 30 hari.

Selama periode penyimpanan dilakukan pengujian terhadap sifat mekanik dan fisik plastik ritail. Sifat mekanik plastik yang diuji adalah kuat tarik dan elongasi/perpanjangan putus (ASTM D-638, 1991). Pengujian ini dilakukan setiap dua hari sekali. Untuk sifat fisik plastik yang diuji adalah sifat morfologi permukaan dengan teknik *Scanning Electron Microscope* (SEM) dan *Water Vapour Transmission Rate* (WVTR). Kedua uji ini dilakukan pada hari ke-0, ke-15, dan ke-30 masa penyimpanan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat Mekanik Plastik

Sifat mekanik kemasan plastik terlihat dari kekuatan tarik dan persentase elongasi yang menggambarkan kemampuan plastik untuk mempertahankan keutuhan dari plastik yang diaplikasikan untuk mengemas produk makanan. Selama waktu penyimpanan maupun pemakaiannya, plastik dapat mengalami perubahan sifat mekaniknya.

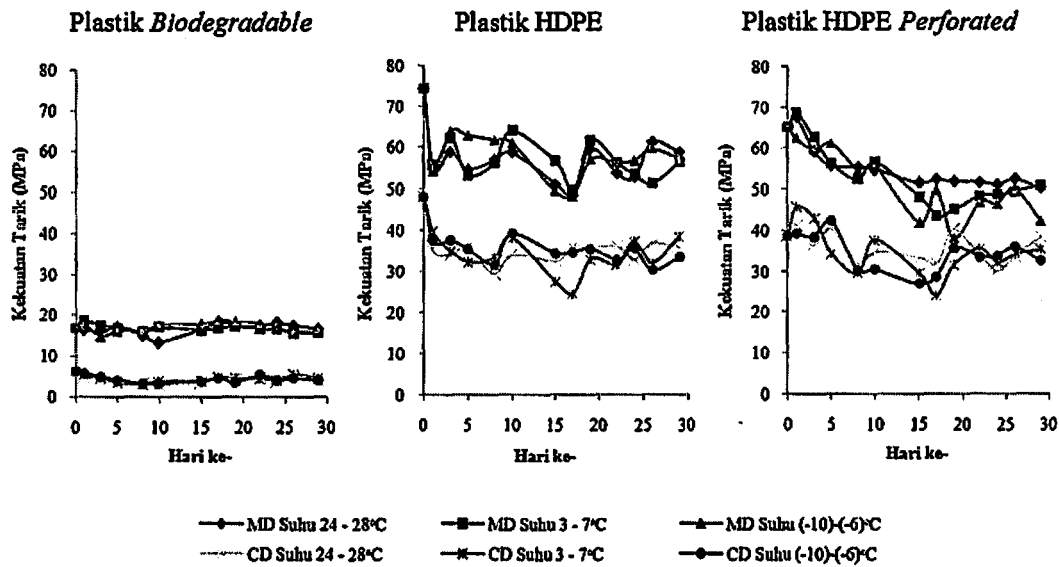
Kuat tarik dan elongasi plastik diukur dengan memberikan gaya pada sampel yang diteliti. Sebagai bahan kemasan, plastik harus memiliki kekuatan tarik maupun perpanjangan putus (elongasi) yang baik karena hal ini akan berpengaruh pada kekuatan terhadap kontak fisik dengan benda lain sehingga plastik tidak mudah sobek dan lebih tahan lama. Polimer dengan kekuatan tarik dan perpanjangan putus (elongasi) yang tinggi tergolong ke dalam jenis polimer yang kuat dan liat. Apabila suatu bahan memiliki kuat tarik yang tinggi namun tidak diimbangi dengan perpanjangan putus yang tinggi, maka cenderung akan menghasilkan plastik yang mudah patah (*brittle*). Pada lembaran plastik yang dihasilkan, terbentuk orientasi film yang disebut *machine direction* (MD) dan *cross-machine direction* (CD). MD adalah orientasi rantai molekul yang searah dengan arah mesin, sedangkan CD melintang dengan arah mesin.

Kekuatan Tarik

Kuat tarik merupakan ukuran besarnya beban atau gaya yang dapat ditahan sebelum suatu contoh rusak atau putus. Kekuatan tarik timbul sebagai reaksi dari ikatan polimer antara atom-atom atau ikatan sekunder antara rantai polimer terhadap gaya luar yang diberikan (Van, 1991). Hasil pengujian awal kuat tarik pada plastik *biodegradable* adalah 16.75 MPa (MD) dan 6.35 MPa (CD), plastik HDPE 74.29 MPa (MD) dan 48.14 MPa (CD), serta plastik HDPE *perforated* 65.21 MPa (MD) dan 38.71 MPa (CD). Kedua jenis plastik HDPE berada pada rentang nilai yang sama, sedangkan nilai kuat tarik plastik *biodegradable* lebih rendah karena adanya campuran pati pada matriks polimernya. Keberadaan pati pada matriks polimer menyebabkan kekuatan ikatan antar polimernya menjadi lebih lemah. Kekuatan tarik pada orientasi MD menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan pada orientasi

CD. Hal ini menunjukkan orientasi mesin sangat mempengaruhi sifat mekanik plastik yang dihasilkan.

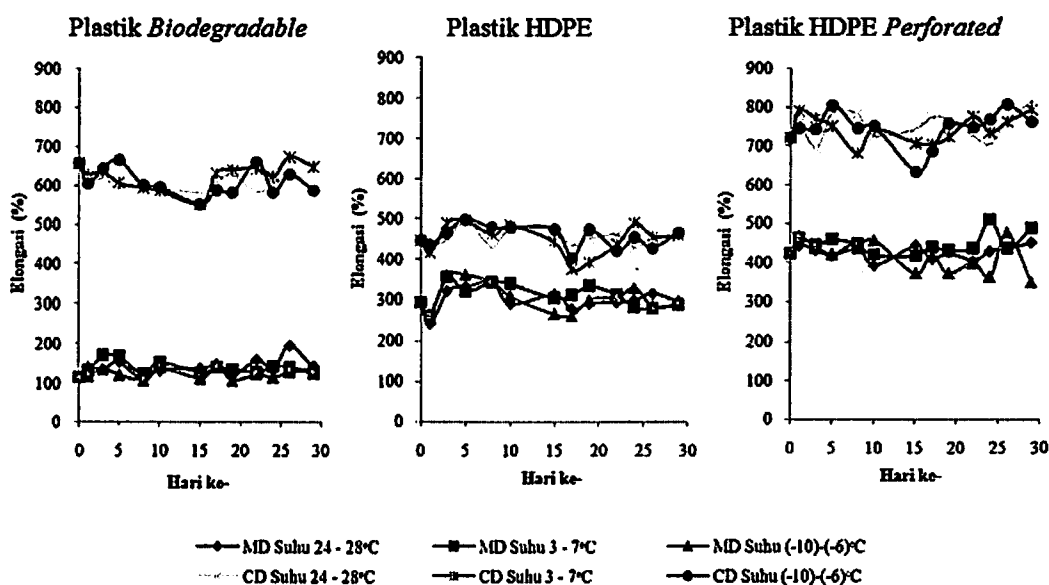
Pengaruh suhu dan lama waktu penyimpanan terhadap kuat tarik plastik retail pada orientasi MD dan CD ditampilkan pada Gambar 1. Selama 30 hari waktu penyimpanan, nilai kuat tarik plastik *biodegradable* tidak menunjukkan perubahan yang signifikan baik pada orientasi MD maupun CD. Nilai kuat tarik plastik *biodegradable* cenderung konstan. Hal ini menunjukkan penyimpanan pada berbagai suhu tidak mempengaruhi nilai kuat tarik plastik *biodegradable*. Kondisi ini berbeda pada penyimpanan plastik HDPE dan plastik HDPE *perforated*. Kedua plastik ini menunjukkan perubahan kekuatannya selama penyimpanan. Pada plastik HDPE *perforated*, penurunan kekuatan tarik paling besar pada penyimpanan suhu rendah.



Gambar 1. Pengaruh suhu dan lama waktu penyimpanan terhadap kuat tarik plastik retail pada orientasi yang berbeda

Penurunan nilai kuat tarik plastik HDPE *perforated* pada orientasi MD terlihat lebih besar jika dibandingkan dengan orientasi CD. Hal ini menunjukkan kerapatan antar molekul polietilen pada HDPE *perforated* lebih renggang pada orientasi MD yang menyebabkan plastik mudah putus atau robek jika terjadi kerusakan mekanis pada orientasi tersebut. Penurunan nilai kuat tarik plastik HDPE memiliki pola yang

plastik HDPE. Persen elongasi kedua jenis plastik ini cenderung tetap konstan baik pada orientasi MD maupun CD pada berbagai suhu penyimpanan.



Gambar 2. Pengaruh suhu dan lama waktu penyimpanan terhadap perpanjangan putus (*elongasi*) plastik retail pada orientasi yang berbeda

Perubahan nilai persen elongasi selama penyimpanan terlihat pada plastik HDPE *perforated*. Pada orientasi MD, nilai elongasi menurun pada (-10)-(-6)^oC. Penurunan sifat plastis plastik ini dapat disebabkan rusaknya ikatan sekunder dan uap air yang terikat karena kelembaban yang rendah. Adanya uap air yang ikut terikat membuat plastik menjadi lebih kaku dan mudah patah.

Berdasarkan hasil pengukuran nilai kuat tarik dan persen elongasi, plastik HDPE *perforated* memiliki kekuatan mekanik yang terbaik dengan nilai kuat tarik dan elongasi yang tinggi, disusul dengan plastik HDPE. Plastik HDPE *perforated* tidak dapat mempertahankan sifat mekanisnya pada suhu rendah, terutama pada suhu (-10)-(-6)^oC. Penurunan kekuatan tarik cukup besar pada penyimpanan suhu rendah dibandingkan dengan penyimpanan pada suhu 24-28^oC. Plastik *biodegradable* memiliki sifat mekanik yang kurang baik jika dibandingkan dengan plastik jenis HDPE. Namun plastik biodegradabel memiliki kemampuan dalam mempertahankan kekuatan mekaniknya walaupun disimpan pada suhu rendah. Sifat mekanik plastik *biodegradable* yang baik dapat disebabkan ikatan yang kuat antar molekul

penyusunnya. Penggunaan jenis dan konsentrasi *plasticizer* yang tepat dapat meningkatkan sifat mekanik plastik.

Sifat Fisik Plastik

Sifat fisik plastik dapat diketahui dengan mengukur permeabilitas uap air dan mengamati morfologi permukaan permukaan plastik. Permeabilitas uap air berkaitan dengan ketahanan plastik sebagai *barrier* bagi kemasan. Semakin besar nilainya maka akan menunjukkan bahwa plastik tersebut semakin mudah dilewati uap air dan gas.

Permeabilitas Uap Air

Permeabilitas uap air dihitung melalui laju transmisi uap air atau *water vapour transmission rate* (WVTR). Nilai permeabilitas suatu jenis film perlu diketahui karena dapat dipergunakan untuk memperkirakan daya simpan produk yang dikemas di dalamnya. Nilai permeabilitas juga dapat digunakan untuk menentukan produk atau bahan apa yang sesuai untuk kemasan tersebut. WVTR merupakan slope dari plot jumlah uap air yang hilang tiap waktu dibagi oleh luas film (Krochta, 1997).

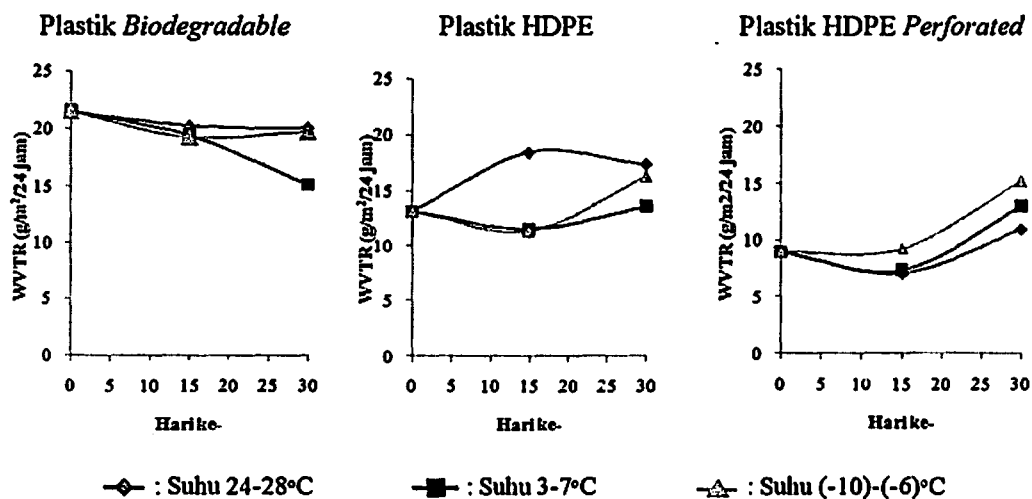
Hasil uji WVTR awal menunjukkan plastik *biodegradable* memiliki nilai paling tinggi yaitu 21.56 g/m²/24 jam dibandingkan dengan plastik HDPE 13.10 g/m²/24 jam dan HDPE *perforated* sebesar 8.99 g/m²/24 jam. Plastik *biodegradable* memiliki densitas rendah karena adanya campuran pati pada matriks polimernya. Hal ini menyebabkan plastik *biodegradable* memiliki permeabilitas uap air yang lebih tinggi dibandingkan jenis plastik lainnya. Hal ini didukung dengan pernyataan Bierley *et al.* (1988) bahwa plastik dengan densitas yang rendah menandakan bahwa plastik tersebut memiliki struktur yang terbuka, artinya mudah atau dapat ditembusi fluida seperti air, oksigen, atau karbon dioksida. Densitas plastik yang tinggi disebabkan oleh banyaknya rantai yang lurus pada matriks polimernya. Yam (2007) juga mengungkapkan dalam kondisi kelembaban yang tinggi, air terabsorpsi ke dalam polimer dan berinteraksi dengan ikatan polar untuk menggembungkan struktur polimer. Pada saat yang bersamaan, permeabilitas gas juga akan meningkat dengan cepat.

Nilai WVTR yang besar pada pengujian awal plastik *biodegradable* dapat disebabkan karena adanya pati yang menyusun matriks plastik tersebut. Transmisi uap air mudah terjadi melalui bagian film yang bersifat hidrofilik, dalam hal ini adalah

pati. Hal ini sesuai dengan yang diungkapkan Krochta (1997) bahwa permeabilitas uap air tergantung pada perbandingan bahan yang bersifat hidrofilik dan hidrofobik dalam formulasi film. Film dari polisakarida mempunyai ketahanan yang rendah terhadap uap air.

Pengaruh suhu penyimpanan terhadap nilai WVTR plastik retail ditampilkan pada Gambar 3. Penyimpanan plastik pada semua suhu menurunkan nilai WVTR plastik *biodegradable*, terutama pada suhu 3-7°C. Hal ini menunjukkan molekul uap air yang mampu menembus plastik menjadi semakin sedikit. Sulitnya molekul uap air untuk menembus plastik dapat disebabkan ikatan yang kuat antar molekul penyusun plastik *biodegradable*. Oleh karena itu plastik biodegradabel dapat mempertahankan sifat fisiknya pada suhu rendah.

Untuk plastik HDPE dan HDPE *perforated* menunjukkan peningkatan laju transmisi uap air. Hal ini diduga disebabkan karena pengaruh suhu yang rendah selama penyimpanan menyebabkan terjadinya ikatan antar molekul plastik rusak sehingga menyebabkan kristalinitas plastik menurun. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Equistar (2004), permeabilitas plastik dapat dipengaruhi oleh struktur kristalin dari plastik. Daerah kristalin pada plastik lebih tahan terhadap permeabilitas gas dan uap air, sedangkan daerah amorf lebih mudah untuk ditembusi oleh molekul uap air dan gas. Untuk meningkatkan daerah kristalin pada plastik dapat dilakukan dengan menggunakan resin berdensitas tinggi.



Gambar 3. Pengaruh suhu dan lama waktu penyimpanan terhadap WVTR plastik retail

Morfologi Permukaan

Pengujian morfologi permukaan plastil dengan SEM dilakukan untuk melihat hasil mikroskopis permukaan plastik pada perbesaran 200x. Hasil pengujian morfologi permukaan plastik retail pada suhu penyimpanan (-10)-(-6)°C ditunjukkan pada Gambar 4. Morfologi permukaan HDPE *perforated* dan plastik HDPE lebih homogen dibandingkan dengan morfologi permukaan plastik *biodegradable*. Hal ini disebabkan karena adanya pati yang terikat pada matriks polimer plastik.

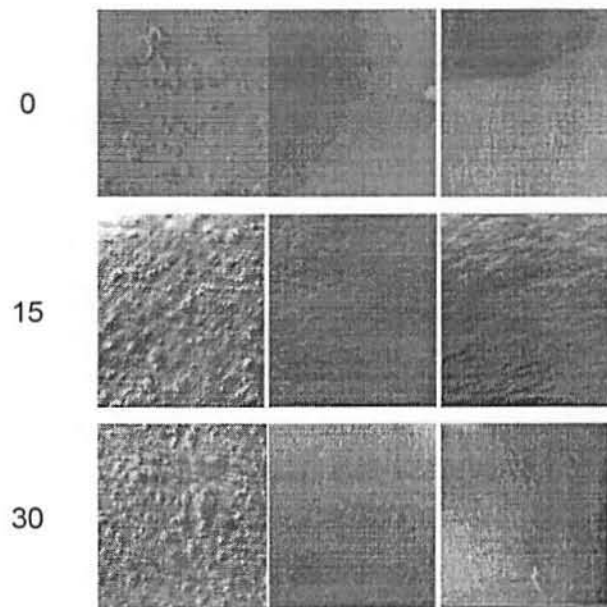
Granula pati terlihat tersebar dengan berbagai macam ukuran. Perbedaan ukuran ini akan mempengaruhi sifat mekanik dan fisik plastik *biodegradable*. Hasil penelitian yang dilakukan Gunawan *et al.* (2007) dimana plastik polietilen yang dikompositkan dengan pati tapioka ukuran nanometer dapat menurunkan sifat mekanik, namun meningkatkan sifat degradabilitasnya. Gelembung pada permukaan plastik biodegradabel yang merupakan plastik komposit pati dapat disebabkan kadar air yang berlebihan pada pembuatan pati termoplastis. Kadar air yang berlebihan akan menyebabkan pati teraglomerasi dan memberikan efek negatif terhadap interaksi *interfacial* antara pati dengan polimer. Demikian pula kadar air yang rendah akan mengurangi aglomerasi granula pati selama proses pencampuran plastik.

Hasil pengujian morfologi plastik HDPE dan HDPE *perforated* menunjukkan permukaan yang halus dan homogen selama penyimpanan pada suhu (-10)-(-6)°C. Plastik HDPE dan HDPE *perforated* tidak mengalami kerusakan seperti adanya robekan atau kerutan. Hal ini diduga karena ikatan rantai polimer plastik jenis HDPE lebih rapat sehingga tidak mudah untuk rusak kecuali adanya kerusakan mekanis yang disengaja.

A

B

C



Keterangan :

A : plastik *biodegradable*

B : plastik HDPE

C : plastik HDPE *perforetad*

Gambar 4. Pengaruh lama waktu penyimpanan terhadap morfologi permukaan plastik retail pada suhu penyimpanan (-10)-(-6)^oC (perbesaran 200 x)

KESIMPULAN

Plastik retail yang memiliki sifat mekanik yang baik adalah plastik HDPE *perforated* dan plastik HDPE, sedangkan plastik biodegradabel memiliki sifat mekanik tidak sebaik plastik tersebut tetapi memiliki nilai persen elongasi yang baik pada orientasi CD. Suhu penyimpanan mempengaruhi sifat mekanik plastik HDPE *perforated* dan plastik HDPE, dimana terjadi penurunan kekuatan tarik pada semua suhu, namun sifat elongasinya dapat dipertahankan. Pada plastik biodegradabel, penyimpanan pada semua suhu tidak mempengaruhi sifat mekanik plastik secara signifikan. Selama waktu penyimpanan, permeabilitas uap air plastik HDPE *perforated* dan plastik HDPE meningkat, sedangkan plastik biodegradabel menunjukkan penurunan pada semua suhu penyimpanan. Berdasarkan morfologi permukaannya, plastik HDPE *perforated* dan plastik HDPE memiliki permukaan yang lebih halus dan homogen, sedangkan pada plastik biodegradabel terdapat granula pati pada permukaannya sehingga terlihat tidak homogen.

DAFTAR PUSTAKA

- Bierley AW, Heat RJ, Scott MJ. 1988. *Plastic Material Properties and Applications*. New York: Chapman & Hall Publishing.
- Billmeyer FW. 1971. *Text of Polymer Science*. New York: John Wiley and Son Inc.
- Equistar. 2004. *A Guide To Polyolefin Film Extrusion*. Houston: Lyondell Chemical Company.
- Gunawan I, Deswita, Aloma KK, Sudirman. 2007. *Sintesis dan Karakterisasi Komposit High Density Polyethylene - Pati Tapioka*. Tangerang: Pusat Teknologi Bahan Industri Nuklir – BATAN, Puspiptek.
- Krochta JM. 1997. Edible composite moisture-barrier films. *In: Blakistone B(ed). Packaging Yearbook: Application*. National Food Processors Association, pp 38-51.
- Krochta JM. 2007. Film, edible. *In: Yam KL(ed). The Wiley Encyclopedia of Packaging Technology*. 3rd edition. Canada: A Wiley Interscience Publication, John Wiley & Sons Inc., pp 457-464.
- Yam KL. 2007. Gas permeation of packaging materials. *In: Yam KL(ed). The Wiley Encyclopedia of Packaging Technology*. 3rd edition. Canada: A Wiley Interscience Publication, John Wiley & Sons Inc., pp 551-555.