

PEMBUATAN BAHAN KEMASAN MAMPU URAI HAYATI (BIODEGRADABLE PACKAGING) DARI TEPUNG TAPIOKA

Oleh :

*Budi utami *)*
Wiwik Pudjiastuti

Abstract.

Experiment of biodegradable packaging from cassava starch has been done in a laboratory scale by preparing 9 formulation containing several type of substances. Physical properties and biodegradability from each formulation have been evaluated. Comparing with JIS Z 1707 - 1975, formulation 7 has the best physical properties using for food packaging with thickness = 0,15 mm, tensile strength = 189,39 kgf/cm², elongation = 112,919 %, WVTR = 43,29 g/m². 24 hr and biodegradability = 2 weeks.

I. PENDAHULUAN

Dari tahun ketahun kemajuan teknologi semakin meningkat, utamanya pada sektor industri. Hal ini membawa dampak semakin meningkatnya pula kebutuhan kemasan baik kemasan primer maupun kemasan sekunder. Selama periode 1989 - 1995 kebutuhan kemasan untuk keperluan ekspor mencapai 20 % per tahun, dan diperkirakan pada periode 1995 - 2000 akan mencapai 25 % per tahun, dan salah satu jenis kemasan yang banyak diperlukan adalah kemasan fleksibel untuk makanan. Sampai saat ini bahan kemasan fleksible untuk makanan yang banyak digunakan adalah polimer yang berasal dari minyak bumi seperti Poli Propilene (PP), Poli Etilene (PE), Poli Vinil Klorida (PVC) dan bahan-bahan sejenis dengan sifat-sifat tidak mudah terdegradasi oleh alam sehingga banyak menimbulkan berbagai masalah terhadap lingkungan. Untuk mengantisipasi

keinginan masyarakat dunia umumnya, khususnya Indoncsia terhadap lingkungan yang bersih di masa mendatang, maka perlu dilakukan penelitian pembuatan bahan kemasan mampu urai hayati yang yang pada akhirnya dapat membantu menyelesaikan sedikit problem terhadap pencemaran lingkungan. Bahan kemasan yang mudah terdegradasi adalah polimer yang dibuat dari sumber nabati seperti pati, selulosa atau protein yang tersedia melimpah di Indonesia dengan penambahan bahan aditif seperti plastisizer, lubricant atau bahan tambahan lain. Data dari Biro Pusat Statistik (1994), produksi ketela pohon di Indonesia sebesar 15.729.232 ton. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh bahan kemasan mampu urai hayati dengan sifat fisik yang baik yang mempunyai kemampuan melindungi produk yang dikemas tanpa mengurangi daya tariknya.

*) *Staf Peneliti Unit Kemasan
Balai Pengembangan Pupuk dan Petrokimia
Balai Besar Industri Kimia*

II. Teori.

Polimer telah berkembang menjadi materi-

al yang sangat penting, yang dapat disintesa dan dapat dimodifikasi sesuai dengan kepentingan manusia, sehingga memberi peluang bagi penelitian untuk aplikasi baru. Apakah polimer itu ? Polimer adalah makromolekul dengan berat molekul 10^4 yang terdiri dari unit yang lebih kecil yang disebut monomer. Polimer ada yang berasal dari alam, dan ada yang sintetis. Polimer alam antara lain karet alam, katun, sutera, wool, selulosa dan protein. Sedangkan polimer sintetis banyak jenisnya antara lain Polietilen (PE), Poli Propilen (PP), Poli Vinil Klorida (PCV) dan lain-lain, yang selama ini banyak digunakan di Indonesia.

II.1. Dasar-dasar Polimer Mampu Urai Hayati (Biodegradable) .

Teknologi polimer mampu urai hayati memberikan pilihan yang sangat berarti terhadap polimer yang berasal dari minyak bumi, yang banyak menimbulkan masalah limbah padat. Selain itu dorongan pengembangan teknologi ini adalah karena masalah yang ditimbulkan oleh plastik tak mampu urai hayati dalam sistem ekosistem laut yang mengakibatkan kerusakan pada kehidupan laut. Permasalahan terbaru yang mendapat tanggapan dari "Marine Pollution Control Act" USA, adalah mengenai perjanjian internasional untuk larangan pembuangan sampah plastik kelaut tahun 1994. Polimer mampu urai hayati merupakan hal yang menarik dalam upaya menanggulangi limbah padat dan polusi laut, karena hasil teknologi ini tidak memerlukan proses "Landfilled", dapat memasuki siklus geokimia setiap waktu dan dengan bahan dari sumber-sumber yang dapat diperbarui. Polimer mampu urai hayati didefinisikan sebagai polimer yang proses perusakannya

oleh sistem biologi atau mikroorganisme seperti bakteri atau jamur.

II.1.1. Polimer Alam Mampu Urai Hayati

II.1.1.1. Polisakarida

A. Pati (Starch)

Pati disintesa dari tanaman dan dikarakterisasi dengan 2 polimer utama, amilosa (linier α - 1,4 D glukosa, BM - 1×10^5 sampai 2×10^6) dan amilopektin (α -1,4 D glukosa, BM - 4×10^7 sampai 4×10^8). Variasi rasio tergantung pada jenis, biasanya 27 % amilosa dalam pati jagung. Pati digunakan sebagai bahan dasar karena harganya murah, ketersediaan yang cukup, dan dapat digunakan pada proses panas dengan menggunakan proses plastik konvensional. Masalah pati berkisar pada pengaruh air selama proses dan stabilitas sesudah proses. Pati terbatas kemampuannya dalam term sifat-sifat mekanisme, oleh karena itu pati hanya digunakan sebagai modifikasi dengan polimer lain. Baru-baru ini, beberapa perusahaan secara komersial telah memproses secara termal campuran pati yang mengandung persentase tinggi untuk aplikasi yang luas. Sebagai contoh pati berbasis termoplastik diproduksi oleh Novanont (Fertec) dengan kapasitas 15.000 ton pada tahun 1992 (Materi Bi, 1992).

A.1. Tapioka

Tapioka adalah salah satu jenis pati yang berasal dari tumbuhan umbi-umbian dengan nama lain singkong (Manihot Utilisima Pohl). Tapioka tersusun paling sedikit tiga komponen utama yaitu amilosa dan amilopektin serta material lain seperti pro-

tein dan lemak. Umumnya tapioka mengandung 15 - 30 % amilosa, 75 - 80 % amilopektin dan 5 - 10 % material antara.

Sifat-sifat fisika tapioka :

- Ukuran partikel rata-rata 20 μ .
- bentuk oval, amorf dan semikristalin.
Unit kristal lebih tahan terhadap perlakuan asam kuat dan enzim, sedangkan amorf sifatnya labil terhadap asam kuat dan enzim. Bagian amorf dapat menyerap air dingin sampai 30 % tanpa merusak struktur pati secara keseluruhan.
- Jika dipanaskan pada suhu 60 - 75 °C, partikel akan mengalami "swelling" seperti gelatin membentuk pasta atau sol, serta molekul linier pendek akan terlarut. Pasta atau sol dapat membentuk gel karena pendinginan, tergantung pada jenis dan konsentrasi pati. Suhu gelatinasi dapat berubah dengan penambahan bahan kimia seperti soda kostik, urea dan beberapa amine.

Dibanding jenis pati lain, tapioka mempunyai persentase pati tertinggi dan protein terendah, serta viskositas tinggi. Dengan sifat-sifat tersebut, maka tapioka banyak digunakan oleh industri kertas, tekstil dan bahan baku makanan.

B. Selulosa

Selulosa dibentuk oleh tumbuhan serta tersedia banyak di dalam biosphere. Selulosa tidak larut dalam air dan pelarut organik. Selain itu masih ada beberapa jenis polisakarida lain seperti chitosan (chitin), pullulan dan lain-lain.

II.1.1.2. Protein

Yang termasuk dalam golongan ini adalah kolagen (gelatin), kasein, albumin, elastin, fibrinogen dan lain-lain.

II.1.1.2. Poliester

Polihidroksi alkanoat merupakan satu jenis poliester yang banyak dijumpai di alam.

II.1.2. Polimer Sintetis Mampu urai Hayati.

A. Polivinil alkohol (PVA)

Polivinil alkohol adalah salah satu jenis polimer polihidroksi resin sintetis yang larut dalam air, dibuat dengan hidrolisa polivinil asetat. Dalam bentuk film, PVA mempunyai kuat tarik dan kekuatan abrasi yang tinggi, dan mempunyai sifat barrier oksigen lebih baik dibanding jenis polimer lain. Penggunaan utama dari PVA adalah untuk fiber, perekat dan emulsi polivinil butirat serta untuk tekstil dan kertas.

B. Jenis-jenis polimer sintesis lain adalah:

- * Polianhidrida
- * Poliamida
- * Poliuretan

II.2. Pengaruh Aditif pada Sifat-sifat Plastik.

II.2.1. Plastisizer

Plastisizer adalah aditif yang digunakan untuk menambah kelenturan dari polimer. Adakalanya hanya digunakan sebagai pelengkap sebuah proses polimerisasi tanpa dimaksudkan untuk mengubah secara permanen sifat lentur dari plastik yang di-

Tabel II.1. Sifat-sifat Fisik Polivinil Alkohol

Sifat	Nilai	Keterangan
Bentuk	Berwarna putih gading dengan serbuk granular	
Specific gravity	1,27 - 1,31	Bertambah dengan derajat kristalisasi
Kuat tarik, M pa - Derajat hidrolisa 98-99%	67 - 110	Bertambah dengan derajat kristalisasi (perlakuan panas) menurun dalam humiditas dan bertambah dalam Berat Molekul.
- Derajat hidrolisa 87-89%	24 - 79	Bertambah dengan berat molekul dan menurun dengan humiditas.
Elongasi (%)	0 - 300	Bertambah dengan humiditas
Glas Transition, °C 98 - 99 % D.H 87 - 89 % D.II	85 58	
Melting point, °C D.H 98 - 99 % D.H 87 - 89 %	230 180	
Stabilitas dalam pengaruh sinar matahari		Baik

hasilkan, dan akan menguap begitu produk akhir dibuat. Pemakaian jenis plastisizer ini sering menimbulkan bau pada plastik yang dihasilkan. Biasanya plastisizer dipilih karena kelarutannya dalam polimer. Plastisizer dapat juga menjadi jenis yang tidak terlarut dan hanya akan terdispersi secara mekanik seluruhnya dari polimer. Jenis ini tidak efektif dalam penambahan sifat lentur polimer. Sebagian besar plastisizer cair adalah bahan organik dengan berat molekul yang ringan dan Tg 125 - 225 °C. Semua jenis aditif akan mempengaruhi keseluruhan sifat polimer. Dan apabila hanya menggunakan plastisizer, maka pengaruhnya hanya menambah kelenturan. Karena alasan tersebut, plastisizer seharusnya hanya digunakan dalam jumlah minimum. Didasarkan interaksinya yang bagus terhadap gugus hidroksil dari pati, maka air merupakan plastisizer yang baik untuk pati.

II.2.2. Lubricant

Lubricant memberikan pengaruh terhadap sifat-sifat fisik plastik. Fungsinya adalah untuk memperbaiki kelancaran proses yaitu meningkatkan daya alir sehingga terjadi difusi diantara rantai molekul polimer, sehingga polimer akan bergerak lebih bebas. Jenis-jenis lubricant adalah gliserol mono stearat dan polietilen glikol stearat, dapat berfungsi menambah nilai kuat tarik dan elongasi.

II.2.3. Nucleating Agent

Sifat-sifat termoplastik suatu polimer sangat tergantung pada derajat kristalisasi dan morfologis dari fase kristalnya. Nucleating agent berfungsi untuk mengontrol sifat-sifat kristalisasi dari plastik dengan tahapan sebagai berikut :

1. Menambah suhu kristalisasi pada range 10 - 20 °C.
2. Mempercepat kristalisasi
3. Mengatur distribusi ukuran partikel pada saat kristalisasi.

Klasifikasi Nucleating Agent :

1. Bahan pengisi anorganik dan pigmen-pigmen seperti: talk, kaolin dan silika gel,
2. Garam-garam dari asam karboksilat
3. Sodium organophosphat
4. Debenzolidene sorbitol

Beberapa keuntungan nucleating agent :

- Mengurangi waktu injection molding sampai 30 %.
- Memperbaiki sifat-sifat optik, sifat mekanik, stabilitas dimensi dan ketahanan oksidasi.
- Memiliki melting point tinggi dengan sifat panas yang baik dan tidak berbau.

III. Bahan dan Metoda

III.1. Bahan dan Alat

Bahan dasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah tepung tapioka dan polivinil alkohol dengan bahan pembantu air, gliserol, sorbitol, poli etilen glikol, gliseril monostearat dan talk. Tepung tapioka yang digunakan diperoleh dipasaran dengan sifat kimia sebagai berikut : kadar pati 83 %, kadar air 8,10 %, protein 4,18 % dan kadar abu 0,14 %. PVA yang digunakan diperoleh dipasaran dengan derajat hidrolisa 89 %, titik leleh 178,5 °C dan Tg 56,6 °C. Alat-alat yang digunakan berupa alat cetak lembaran plastik (compression press), neraca analitik, oven, alat-alat pengujian sifat fisik bahan kemasan dan alat-alat gelas.

III.2. Metodologi Penelitian

Penelitian dilakukan dengan membuat beberapa formula pada berbagai komposisi bahan dasar antara lain : tepung tapioka, PVA, pelarut dan nucleating agent. Bahan-bahan padat dicampur terlebih dahulu serta diaduk sampai homogen lalu dimasukkan sedikit demi sedikit ke dalam campuran pelarut dan plastisizer sambil diaduk sampai campuran menjadi pasta. Pasta yang sudah terbentuk dituangkan dalam plate dan dipanaskan pada suhu 105 °C selama 15 menit dan selanjutnya dimasukkan ke dalam alat cetak pada suhu 110 °C dan tekanan 300 kgf/cm² untuk memperoleh lembaran plastik. Proses pendinginan dilakukan pada suhu ruangan. Untuk mendapatkan bahan kemasan (plastik) mampu urai hayati dengan sifat fisik yang baik, penelitian dilakukan dalam 2 (dua) tahap, meliputi :

1. Penelitian Pendahuluan.

Bahan-bahan padatan dicampur terlebih dahulu serta diaduk sampai homogen. Campuran bahan padat dibuat dengan perbandingan tapioka : PVA = 1 : 1; 2 : 1 dan 3 : 2. Ke dalam pelarut, sedikit demi sedikit ditambahkan campuran padat. Pelarut yang digunakan berupa campuran air dan gliserol sebanyak 50 % dengan perbandingan air dan gliserol 5 : 1, sebagai nucleating agent dipakai talk sebanyak 2 %. Pengadukan dilakukan sampai campuran berubah menjadi pasta. Pasta yang sudah terbentuk dipanaskan dalam oven pada suhu 105 °C selama 15 menit dan selanjutnya dimasukkan kedalam alat cetak (compression press) pada suhu 110 °C dan tekanan 300 kgf/cm².

Proses pendinginan dilakukan pada suhu ruangan. Hasil yang diperoleh berupa lembaran plastik, dikondisikan dalam ruang pengujian pada suhu 110 ± 2 °C dan kelembaban relatif 50 ± 5 % untuk selanjutnya diuji sifat fisiknya. Bahan yang mempunyai sifat fisik terbaik adalah plastik yang dibuat dengan perbandingan tepung tapioka dan PVA 1 : 1. Selanjutnya penelitian utama dilakukan dengan variabel jenis pelarut dan perbandingannya dengan air.

2. Penelitian Utama

Atas dasar hasil uji fisik lembaran plastik hasil penelitian pendahuluan dilakukan penelitian utama dengan menggunakan variabel jenis dan perbandingan jumlah plastisizer.

Jenis plastisizer yang digunakan adalah :

- campuran air dan gliserol
- campuran air dan sorbitol
- campuran air dan polietilen glikol
- campuran air dan gliserol monostearat.

Dari jenis-jenis plastisizer tersebut di atas, dengan plastisizer berupa campuran air dan sorbitol menghasilkan plastik dengan sifat fisik terbaik. Untuk itu penelitian dilanjutkan dengan melakukan variasi pada perbandingan jumlah plastisizer.

Perbandingan jumlah plastisizer yang digunakan :

- air : sorbitol = 5 : 1
- air : sorbitol = 4 : 1
- air : sorbitol = 3 : 1

Plastik yang dihasilkan dari penelitian ini diuji sifat fisiknya berupa :

- ketebalan
- kuat tarik

- kekuatan mulur (elongasi)

- laju transmisi uap air.

dan juga dilakukan pengujian daya degradasinya dalam tanah.

Pengukuran Sifat Fisik

Lembaran plastik yang telah dibuat dikondisikan pada ruang pengujian dengan suhu 23 ± 2 °C dan kelembaban relatif 50 ± 5 % selama 24 jam. Kuat tarik dan elongasi diukur dengan menggunakan peralatan uji tarik Auto Strain tipe 216 YZ (Yasuda Seiki, Japan) dengan kecepatan 50 mm/detik. Laju transmisi uap air (WVTR) diuji pada humidity chamber "Berger Munchen" tipe RSM 763 BFK, Jerman. Sedangkan laju transmisi gas O₂ diuji dengan peralatan Burger Munchen, Jerman. Pengujian dilakukan masing-masing untuk 10 contoh uji.

Evaluasi Daya Degradasi

Contoh uji dipotong dengan ukuran 4 x 4 cm dengan terlebih dahulu dikondisikan pada ruang pengujian selama 24 jam sebelum dievaluasi. Evaluasi dilakukan dengan menanam contoh uji sedalam 10 cm dari permukaan tanah. Jarak antar contoh uji adalah 10 cm. Pengamatan dilakukan setiap 2 minggu dengan cara mengangkat contoh uji, lalu dibersihkan. Selanjutnya disimpan dalam ruang pengujian selama 48 jam pada suhu 23 ± 2 °C dan kelembaban relatif 50 ± 5 %.

Pengamatan yang dilakukan meliputi :

- kenampakan
- perubahan berat
- kuat tarik.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1. Hasil

Plastik yang diperoleh untuk masing-

masing formula yang dibuat, diuji sifat fisiknya. Hasil pengujian yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel IV.1.

Tabel IV.1. Hasil pengujian sifat-sifat fisik bahan kemasan mampu urai hayati.

Formula	Tebal, mm	Kuat Tarik		Elongasi, %	WVTR, g/m ² , 24 Jam
		kgf/15 mm	kgf/cm ²		
formula 1	0,176	1,97	74,65	188,3	162,9
formula 2	0,146	0,06	48,54	98,95	278,4
formula 3	0,186	1,24	44,39	192,39	158,64
formula 4	0,138	0,68	32,68	134,51	288,72
formula 5	0,150	4,26	189,39	112,91	43,29
formula 6	0,182	5,22	191,35	25,15	33,18
formula 7	0,187	7,7	276,67	14,46	28,32
formula 8	0,131	2,02	102,95	101,17	54,24
formula 9	0,147	1,99	90,29	74,27	64,08

IV.2. Pembahasan

Berpedoman pada JIS Z 1707 - 1975, "Lembaran Plastik untuk Kemasan Makanan", yang dikategorikan lembaran adalah yang mempunyai ketebalan maksimum 0,25 mm. Plastik hasil percobaan untuk seluruh formula hasil penelitian dapat digolongkan dalam kategori lembaran karena mempunyai ketebalan < 0,25 mm (Tabel IV.1). Sifat-sifat fisik plastik seperti kuat tarik, kuat mulur (elongasi), laju transmisi uap air (WVTR) dipersyaratkan pada mutu lembaran plastik untuk kemasan makanan. Dari sifat-sifat tersebut, plastik formula 7 mempunyai nilai terbaik yaitu 189,39 kgf/cm² (4,26 kgf/15 mm) untuk kuat tarik, elongasi 112,91 % serta WVTR adalah 43,29 g/m² 24 jam. Dengan demikian, atas dasar JIS Z 1707 - 1975 plastik tersebut dapat diklasifikasikan plastik grade 6

dengan mutu yang dipersyaratkan adalah : kuat tarik min 4,0 kgf/15 mm, elongasi minimal 70 %, namun WVTR maksimal 7 g/m². 24 jam masih belum terpenuhi. Hasil penelitian yang diperoleh menunjukkan bahwa plastik yang diperoleh masih mempunyai nilai WVTR di bawah standar yang diharapkan. Untuk itu masih diperlukan upaya peningkatan sifat tersebut.

V. KESIMPULAN

Bahan kemasan mampu urai hayati dari tepung tapioka dan polivinil alkohol adalah jenis plastik mampu urai hayati yang mempunyai kemampuan terdegradasi dalam waktu 2 minggu. Bahan kemasan mampu urai hayati yang mempunyai sifat-sifat fisik terbaik adalah dari formula 10 dengan komposisi :

- Tepung Tapioka : 24,2 %

- PVA : 24,2 %
- Air + Sorbitol : 49,0 % dengan perbandingan 5 : 1.
- Talk : 2,6 %

dan menurut JIS Z 1707 - 1975 digolongkan dalam grade 6, kecuali untuk sifat WVTR.

VI. DAFTAR PUSTAKA

1. Chauncey Ching,Phd, David L. Kaplan,Phd, Edwin L. Thomas,Phd, "Biodegradable Polymers and Packaging", USA, 1993.

2. Fred W. Bill Meyer Jr., "Textbook of Polymer Science", 2nd edition, John Wiley and Sons, USA, 1972.

3. G. Sudesh Kumar, "Biodegradable Polymers", Marcel Dekker Inc., New York, 1987.

4. JIS Z 1707 - 1975, "Plastic Film for Food Packaging".

5. Mark, Bikales, "Encyclopedia of Polymer Science and Engineering", vol.1, 2 and 17, John Wiley and Sons, second edition, New York, 1990.

6. Y. Doi,K "Biodegradable Plastics and Polymers", Elsevier, Tokyo, 1994.

-----ooooo00000ooooo-----