

**PENGARUH KONSENTRASI TAPIOKA TERHADAP SIFAT FISIK
BIODEGRADABLE FILM DARI BAHAN KOMPOSIT SELULOSA NANAS**

[The effects of tapioca concentration on physical characteristics of biodegradable film from composite materials of pineapple cellulose]

Diana Fransisca²⁾, Zulferiyenni¹⁾ dan Susilawati¹⁾.

¹⁾ Dosen Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Lampung

²⁾ Mahasiswa Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas pertanian, Universitas Lampung

ABSTRACT

This research was aimed to find the right concentration of tapioca to produce biodegradable films from composite materials of pineapple cellulose with the best physical characteristic. The research was designed using a Completely Randomized Block Design with starch concentration as the single factor. It was consisted of five levels 1%, 2%, 3%, 4% and 5% (w/v) with 5 replications. The data of visual observation and water vapor permeability were analyzed descriptively, while data of tensile strength were processed by analysis of variance. Data homogeneity and additivity were tested using Barlett and Tuckey tests. The data were analyzed further by LSD test at 5% level of significance. The best result was the biodegradable film from composite material of pineapple cellulose with 4% tapioca which produced 5228, 59 Mpa for tensile strength and 9.11 g/(m²/hr) for the water vapor permeability. The addition of tapioca in producing biodegradable film from composite material of pineapple cellulose could eliminate floc or the heterogen clump-forming film materials.

Keywords: Biodegradable film, tapioca, tensile strength.

Diterima : 11 Juni 2013

Disetujui : 29 Juli 2013

Korespondensi Penulis :
zulferiyenni_thp@unila.ac.id

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi pangan yang pesat menghasilkan berbagai produk pangan yang baru. Hampir seluruh produk pangan tersebut memerlukan kemasan dalam proses distribusi dan pemasarannya. Hal ini dibutuhkan untuk memperpanjang umur produk pangan tersebut. Kemasan yang sering digunakan untuk produk pangan adalah plastik. Bahan kemasan yang berasal dari polimer petrokimia atau yang lebih dikenal dengan plastik merupakan bahan kemasan yang paling banyak digunakan selama 20 tahun terakhir. Hal ini disebabkan karena berbagai plastik seperti fleksibel, mudah dibentuk,

transparan, tidak mudah pecah dan harga yang relatif murah (Kinzel,1992).

Plastik ternyata mempunyai kelemahan dari sisi lingkungan dan keamanan pangan. Sampah plastik menjadi masalah lingkungan berskala global. Plastik banyak dipakai dalam kehidupan sehari-hari, tetapi plastik yang beredar di pasaran saat ini merupakan polimer sintetik yang terbuat dari minyak bumi yang sulit untuk dihancurkan secara alami (*non-biodegradable*). Akibatnya semakin banyak yang menggunakan plastik, akan semakin meningkat pula pencemaran lingkungan (Averous, 2004).

Plastik kurang aman digunakan untuk mengemas pangan, karena secara

umum plastik tersusun dari monomer yang merupakan bagian atau rantai paling pendek yang membentuk polimer rantai panjang. Bila pangan dibungkus dengan plastik monomer-monomer ini dapat berpindah ke dalam pangan dan selanjutnya berpindah ke tubuh orang yang mengkonsumsinya. Bahan-bahan yang telah masuk ke dalam tubuh ini tidak larut dalam air sehingga tidak dapat dibuang keluar, baik melalui urin maupun feses. Penumpukan bahan kimia berbahaya dari plastik dapat memicu munculnya kanker (Mulyaji, 2012).

Seiring dengan kesadaran manusia, maka dikembangkanlah jenis kemasan dari bahan organik yang berasal dari bahan-bahan terbarukan (*renewable*) dan ekonomis. Salah satu bahan organik yang dapat digunakan untuk bahan baku kemasan ramah lingkungan adalah limbah padat dari pengolahan nanas (Billmeyer, 1987). Limbah padat pengolahan nanas salah satunya adalah ampas nanas. Penggunaan ampas nanas sebagai bahan baku karena ketersediaannya yang melimpah dan mudah didapat dari limbah berbagai industri pengolahan nanas yang kurang dimanfaatkan. Salah satu jenis kemasan yang bersifat ramah lingkungan adalah kemasan *biodegradable* film. Kelebihan *biodegradable* film sebagai pengemas produk pangan antara lain dapat melindungi produk dari pengaruh lingkungan dan kontaminan, sifatnya yang transparan sehingga penampakan produk yang dikemas masih terlihat (Latief, 2001).

Secara umum *biodegradable* film diartikan sebagai film yang dapat didaur ulang dan dapat dihancurkan secara alami. Dalam kondisi dan waktu tertentu *biodegradable* film akan mengalami perubahan dalam struktur kimianya karena aktifitas mikroorganisme seperti

bakteri, jamur, dan alga. *Biodegradable* film dapat pula diartikan sebagai suatu material polimer yang berubah menjadi senyawa dengan berat molekul rendah dimana paling sedikit satu tahap degradasinya melalui metabolisme organisme secara alami (Latief, 2001).

Satriyo (2012), telah melakukan kajian formulasi *biodegradable* film dari komposit selulosa nanas, kitosan, gliserol dan *carboxymethyl cellulose* (CMC). Hasil dari kajian tersebut didapatkan formulasi terbaik untuk *biodegradable* film yaitu pada penambahan konsentrasi kitosan 1,5 %, gliserol 0,5% dan CMC 1% yang memiliki nilai kuat tarik 199,63 Mpa. Namun pada *biodegradable* film yang dihasilkan terdapat flok atau gumpalan bahan pada permukaan film. Oleh karena itu pada penelitian ini dilakukan penambahan tapioka dalam pembuatan *biodegradable* film untuk menghilangkan flok pada permukaan film dan menghasilkan film yang memiliki sifat fisik seunggul sifat plastik. Penggunaan tapioka pada pembuatan *biodegradable* film karena ketersediaannya melimpah, harga relatif murah, tingkat biodegradabilitas yang tinggi jika dibandingkan dengan pati jenis lain. Namun perlu dicari konsentrasi tapioka yang optimal untuk menghasilkan *biodegradable* film yang memiliki sifat fisik terbaik. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan konsentrasi tapioka yang menghasilkan sifat fisik *biodegradable* film dari bahan komposit selulosa nanas terbaik.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan dasar yang digunakan untuk pembuatan *biodegradable* film dalam penelitian ini adalah nanas yang diperoleh dari pasar tradisional di kota

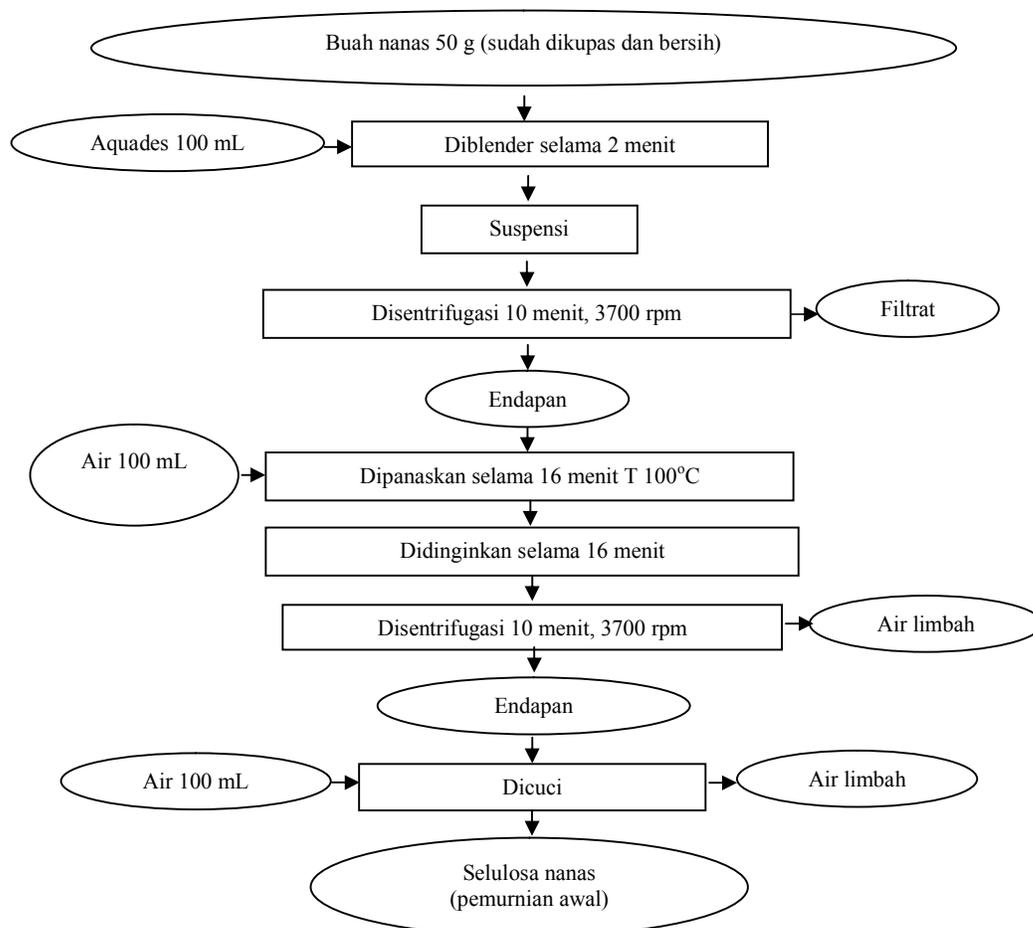
Bandar Lampung. Sedangkan bahan lain yang digunakan adalah gliserol, kitosan, aquades, tapioka, etanol, NaClO, NaOH, HCl dan CMC (*Carboxymethyl Cellulose*).

Alat-alat yang digunakan adalah *Universal Testing Machine* (UTM) yang dibuat oleh *Orientec Co. Ltd* dengan model UCT- 5T , timbangan digital, glass Erlenmeyer, desikator, shaker water bath, pH meter, blender, beaker glass, sentrifugus, penangas air, dan peralatan laboratorium lainnya.

Metode Penelitian

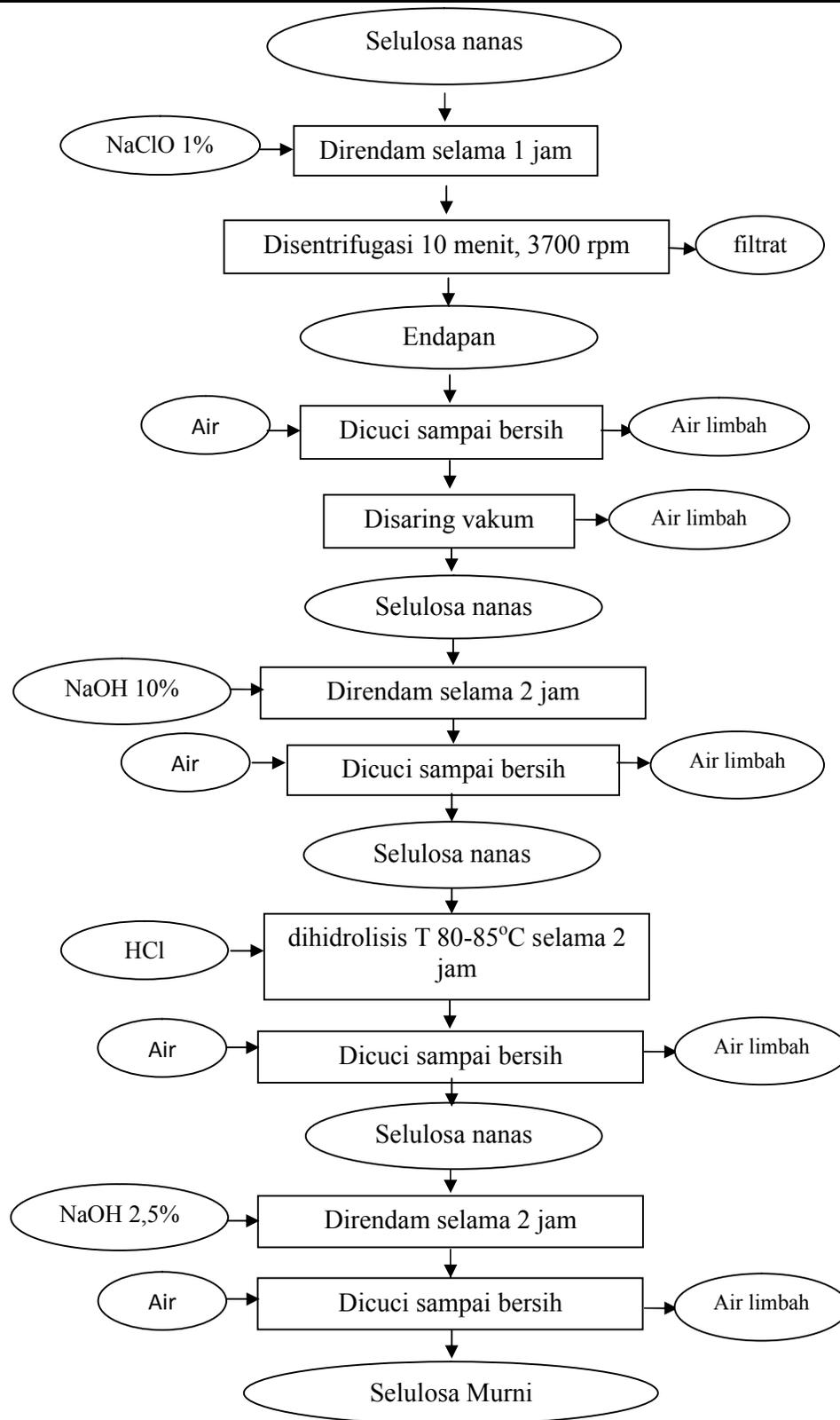
Cara Kerja

1. Prosedur untuk memperoleh selulosa murni ampas nanas

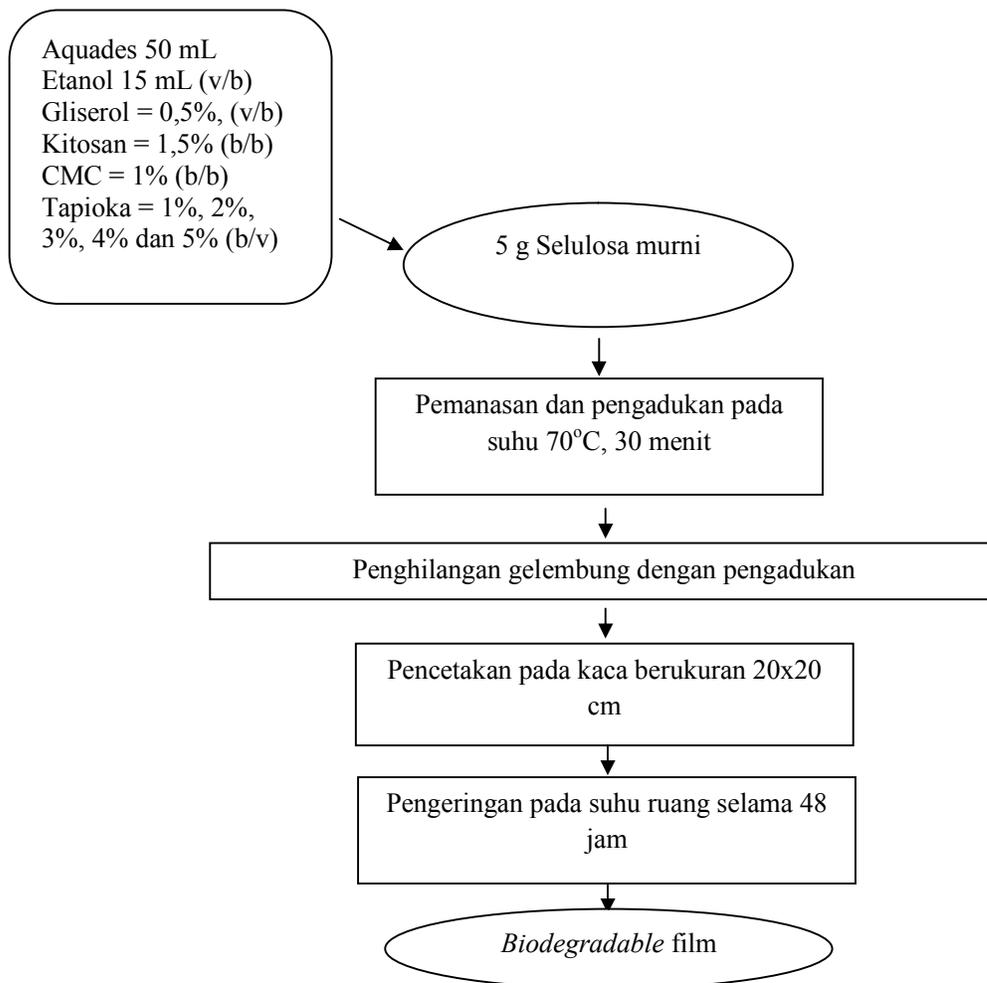


Gambar 1. Diagram alir pemurnian awal selulosa nanas.

Sumber : Satriyo (2012)



Gambar 2. Diagram alir pemurnian selulosa
Sumber : Satriyo (2012)

2. Prosedur pembuatan *biodegradable* film

Gambar 3. Diagram alir pelaksanaan penelitian
Sumber : Satriyo (2012)

Pengamatan

Pengamatan yang dilakukan pada penelitian ini adalah penampakan visual *biodegradable* film, kuat tarik (*tensile strength*) (ASTM D 638 M-III, 1998) dan permeabilitas uap air (ASTM E-96/96M).

Pengamatan Visual

Pengamatan visual dilakukan dengan menggunakan camera visual biasa (Casio Exilim EX-ZS6). *Biodegradable* film yang dihasilkan difoto untuk mengetahui penampakan fisik film ada

tidaknya flok atau kehomogenan lembaran film.

Uji Kuat tarik (ASTM D 638 M-III, 1998)

Alat yang digunakan untuk pengujian adalah *Universal Testing Machine* (UTM) yang dibuat oleh *Orientec Co. Ltd* dengan model UCT- 5T yang berada di Laboratorium Kimia Fisik, Prodi Kimia FMIPA-ITB. Lembaran sampel dipotong menggunakan *dumbbell cutter* ASTM D638 M-III. Kondisi pengujian dilakukan pada temperatur

ruang uji dengan suhu 27°C, kelembaban ruang uji 65%, kecepatan tarik 1 mm/menit, skala *load cell* 10% dari 50 N. Kekuatan tarik dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut : (Sutiani, 1997 dalam Waldi, 2007).

$$t = \frac{F_{maks}}{A}$$

Keterangan :

t : Kekuatan tarik (MPa)

Fmaks : Gaya kuat tarik (N)

A : Luas permukaan contoh (mm²)

Permeabilitas Uap Air (ASTM E-96/96M)

Permeabilitas Uap Air diukur dengan menggunakan *Water Vapour Transmission Rate Tester* Bergerlehr yang berada di Laboratorium Uji dan Kalibrasi, Balai Besar Kimia dan Kemasan (BBKK) Jakarta. Sebelum diukur bahan dikondisikan pada ruang bersuhu 25°C, RH 50% selama 24 jam. Bahan penyerap air (desikan) diletakkan dalam cawan sehingga permukaannya berjarak sekitar 3 mm dari bahan yang akan diuji. Tutup cawan diletakkan

menghadap ke atas dan cincin logam diletakkan sehingga cincin tersebut menekan film, dan disekrupkan pada cawan. Cawan ditimbang dengan ketelitian 0,0001 gram, kemudian diletakkan dalam *humidity chamber*, ditutup kemudian kipas dijalankan. Cawan ditimbang setiap jam dan ditentukan pertambahan berat cawan. Selanjutnya dibuat grafik hubungan antara pertambahan berat (mg) dengan waktu (jam). Nilai WVTR (*Water Vapor Transmission Rate* = laju transmisi uap air) dihitung dengan rumus :

$$WVTR = 4,8 \times \frac{m}{t} \quad (\text{g/m}^2/24 \text{ jam})$$

keterangan :

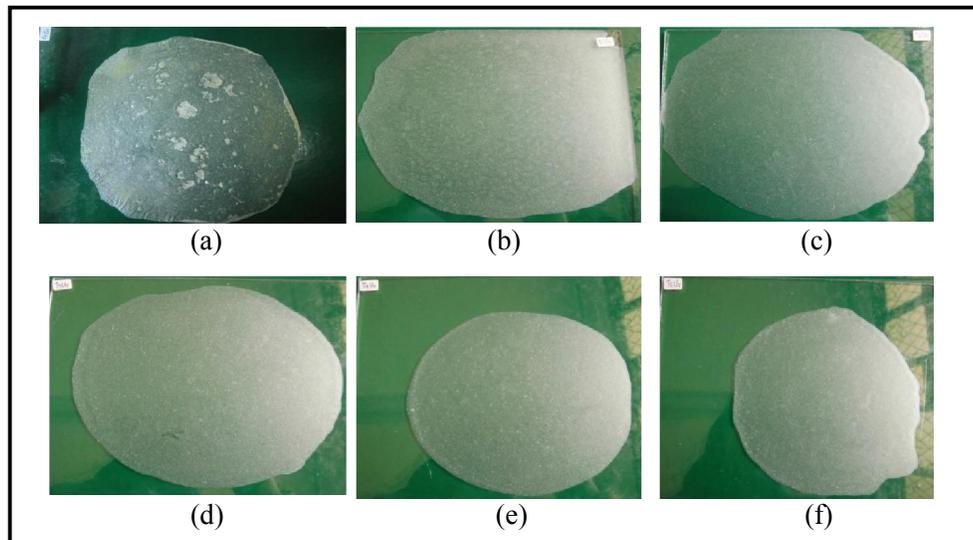
m : Pertambahan berat per satuan luas sampel (mg/cm²)

t : Waktu antar 2 penimbangan terakhir (jam)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penampakan Visual

Penampakan visual *biodegradable* film yang dihasilkan pada penelitian ini disajikan pada Gambar 1.



Gambar 4. (a) *Biodegradable* film (Satriyo, 2012), (b) *Biodegradable* film dengan penambahan tapioka 1%, (c) Penambahan tapioka 2%, (d) Penambahan tapioka 3%, (e) Penambahan tapioka 4%, (f) Penambahan tapioka 5%.

Pada Gambar 4, terlihat secara visual bahwa *biodegradable* film yang dihasilkan dari bahan komposit selulosa nanas dengan penambahan tapioka tampak homogen dan tidak terdapat flok pada permukaan lembaran film. Dibandingkan dengan *biodegradable* film yang dihasilkan Satriyo (2012) pada Gambar 4 (a), *biodegradable* film yang dihasilkan pada penelitian ini secara visual terlihat lebih homogen. Hal ini diduga karena adanya penambahan tapioka pada pembuatan *biodegradable* film tersebut. Penambahan tapioka berfungsi sebagai stabilizer dan sebagai bahan pengisi rongga-rongga permukaan *biodegradable* film sehingga film yang dihasilkan akan memiliki pori-pori yang kecil (Wahyu, 2008). Pembuatan *biodegradable* film dari bahan komposit selulosa nanas dengan penambahan tapioka menghasilkan penampakan film yang homogen hal ini diduga selulosa dan tapioka mampu berikatan dengan baik sehingga film yang dihasilkan secara visual akan tampak homogen.

Pada dasarnya pembuatan *biodegradable* film dengan penambahan tapioka menggunakan prinsip gelatinisasi. Gelatinisasi pati akan terjadi dengan adanya penambahan air dan pemanasan pada suhu tinggi. Pada proses gelatinisasi terjadi pengrusakan ikatan hidrogen intermolekuler. Ikatan hidrogen ini mempunyai peranan untuk

mempertahankan struktur integritas granula. Gugus hidroksil yang bebas akan menyerap molekul air, sehingga terjadi pembengkakan granula pati. Semakin banyak jumlah gugus hidroksil dan molekul pati, maka kemampuan untuk menyerap air semakin besar. Hal ini disebabkan air yang sebelumnya bebas bergerak diluar granula pati menjadi terperangkap dan tidak dapat bergerak bebas lagi setelah mengalami gelatinisasi (Greenwood dalam Mindarwati, 2006). Gelatinisasi mengakibatkan ikatan amilosa akan cenderung saling berdekatan karena adanya ikatan hidrogen. Proses pengeringan akan mengakibatkan penyusutan sebagai akibat lepasnya air, sehingga gel membentuk film yang stabil (Wahyu, 2008).

Kuat Tarik

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa konsentrasi tapioka berpengaruh nyata pada taraf 5% terhadap kuat tarik *biodegradable* film yang dihasilkan. Nilai kuat tarik tertinggi yaitu 5228,59 Mpa dihasilkan oleh *biodegradable* film dengan penambahan tapioka pada konsentrasi 4%. Nilai kuat tarik terendah yaitu 1252,78 Mpa dihasilkan oleh *biodegradable* film dengan penambahan tapioka pada konsentrasi 1%. Pengaruh konsentrasi tapioka terhadap kuat tarik *biodegradable* film dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengaruh konsentrasi tapioka terhadap kuat tarik *biodegradable* film

Perlakuan	Rata-rata kuat tarik (Mpa)
Konsentrasi Tapioka 4%	5228,59 a
Konsentrasi Tapioka 3%	3398,06 b
Konsentrasi Tapioka 5%	2426,80 bc
Konsentrasi Tapioka 2%	1777,40 cd
Konsentrasi Tapioka 1%	1252,78 d

BNT 5% = 977,28

Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada uji BNT taraf 5%

Hasil uji BNT kuat tarik *biodegradable* film pada taraf 5% menunjukkan bahwa konsentrasi tapioka 4% berbeda nyata dengan konsentrasi tapioka 1%, 2%, 3% dan 5%. Kuat tarik dengan konsentrasi tapioka 3% berbeda nyata dengan konsentrasi tapioka 1%, 2% dan 4% namun tidak berbeda nyata dengan konsentrasi tapioka 5%. Kuat tarik dengan konsentrasi tapioka 5% berbeda nyata dengan konsentrasi 1% dan 4%, namun tidak berbeda nyata terhadap konsentrasi tapioka 2% dan 3%. Kuat tarik dengan konsentrasi tapioka 2% berbeda nyata dengan konsentrasi tapioka 3%, 4% dan 5% namun tidak berbeda nyata dengan konsentrasi tapioka 1%. Sementara kuat tarik dengan konsentrasi tapioka 1% berbeda nyata dengan konsentrasi tapioka 3%, 4% dan 5% namun tidak berbeda nyata dengan konsentrasi tapioka 2%. Perbedaan nilai kuat tarik yang dihasilkan tersebut disebabkan oleh perbedaan konsentrasi tapioka yang ditambahkan pada pembuatan *biodegradable* film. Penambahan tapioka pada konsentrasi 4% memberikan nilai kuat tarik tertinggi, hal ini diduga tapioka dan selulosa nanas mampu berikatan dengan baik. Menurut Ban dalam Darni dan Utami (2010), faktor penting yang mempengaruhi kuat tarik *biodegradable* film adalah affinitas antara komponen penyusunnya. Affinitas merupakan suatu fenomena dimana molekul tertentu memiliki kecenderungan untuk bersatu dan berikatan.

Semakin meningkat affinitas, semakin banyak terjadi ikatan antar molekul. Kekuatan suatu bahan dipengaruhi oleh ikatan kimia penyusunnya. Ikatan kimia yang kuat bergantung pada jumlah ikatan molekul dan jenis ikatannya. Ikatan kimia yang kuat akan sulit diputus, sehingga untuk

memutuskan ikatan yang kuat tersebut dibutuhkan energi yang besar pula (Darni dan Utami, 2010).

Dilihat dari konsentrasi tapioka yang ditambahkan kuat tarik mengalami peningkatan pada konsentrasi tapioka 1% sampai 4%, namun pada penambahan konsentrasi tapioka 5% kuat tarik mengalami penurunan. Hal ini disebabkan pada penambahan konsentrasi tapioka yang tinggi, granula pati akan cepat tergelatinisasi. Gelatinisasi akan membuat ikatan molekul yang terbentuk antara komponen pembentuk film menjadi lemah. Ikatan hidrogen granula pati akan melemah atau mengalami kerusakan jika pati dipanaskan dengan pengadukan (Swinkles, 1985). Peningkatan pengelembungan granula oleh pengaruh panas akan meningkatkan viskositas pasta suspensi pati sampai mencapai tingkat pengembangan maksimum atau viskositas maksimum yaitu viskositas puncak pada saat pati mengalami gelatinasi sempurna. Makin besar kemampuan mengembang granula pati maka viskositas pasta makin tinggi dan akhirnya menurun kembali setelah pecahnya granula pati (Swinkles, 1985).

Suspensi pati bila dipanaskan, granula-granula akan menggelembung karena menyerap air dan selanjutnya mengalami gelatinasi dan mengakibatkan terbentuknya pasta yang ditandai dengan kenaikan viskositas pasta. Kenaikan viskositas ini disebabkan oleh terjadinya pengelembungan granula pati khususnya amilosa. Proses ini berlanjut terus hingga viskositas puncak pasta tercapai, kemudian viskositas menurun akibat gaya ikatan antara granula-granula pati yang telah mengembang dan tergelatinasi menjadi berkurang oleh pemanasan yang tinggi dan pengadukan yang keras. Selain itu struktur granula pati juga pecah

sehingga menyebabkan penurunan viskositas pasta serta stabilitas viskositas pasta rendah (Bean dan Setser, 1992).

Nilai kuat tarik tertinggi dari *biodegradable* film yang dihasilkan pada penelitian ini yaitu sebesar 5228,59 Mpa. Penelitian Satriyo (2012), menunjukkan *biodegradable* film dari bahan komposit selulosa nanas memiliki nilai kuat tarik 199,63 Mpa. Dibandingkan dengan penelitian Satriyo (2012), kuat tarik yang dihasilkan pada penelitian ini lebih tinggi, hal ini diduga karena tidak terdapat flock pada permukaan film sehingga film yang terbentuk memiliki ikatan yang stabil.

Permeabilitas Uap Air

Permeabilitas uap air diukur dari *biodegradable* film yang memiliki nilai kuat tarik tertinggi yaitu *biodegradable* film dengan penambahan konsentrasi tapioka 4 %. Dari hasil pengukuran didapatkan nilai permeabilitas uap air sebesar 9,11 g/(m²/hari). Berpedoman pada JIS (*Japanesse Industrial Standard*) dalam Mindarwati (2006), *biodegradable* film yang dikategorikan untuk kemasan makanan mempunyai nilai permeabilitas uap air maksimum 7 g/(m²/hari). *Biodegradable* film yang dihasilkan pada penelitian ini memiliki nilai permeabilitas uap air yang mendekati nilai standar namun sedikit lebih tinggi dari standar untuk kemasan makanan.

Astuti (2008), menggunakan bahan baku kitosan dengan penambahan asam lemak dan essensial oil untuk menghasilkan *biodegradable* film. Pada penelitian tersebut *biodegradable* film kitosan dengan pelarut asetat 1% mempunyai nilai permeabilitas antara 0,7961 sampai 0,927 g/(m²/hari) sedangkan yang menggunakan pelarut asam laktat 2% mempunyai nilai permeabilitas antar 1,3914 sampai 1,7317

g/(m²/hari). *Biodegradable* film kitosan yang paling optimum sifat barriernya terhadap uap air adalah pada formulasi asam asetat 1% dan penambahan asam palmitat 10%.

Paramawati (2001), melakukan pembuatan *biodegradable* film dari zein jagung dengan penambahan berbagai *plastisizer*. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa *biodegradable* film dengan penambahan asam laurat, asam oktanoat, asam laktat, polietilen glikol dan trietilen glikol menghasilkan permeabilitas uap air berturut yaitu 1,24 ;1,53;1,22; 2,88; 3,10; dan 1,78 g/(m²/hari).

Menurut Gunawan (2009) permeabilitas uap air yang rendah dapat menghambat hilangnya air dari produk yang dikemas. Dengan menggunakan *biodegradable* film yang memiliki nilai permeabilitas uap air yang rendah kesegaran produk yang dikemas akan terjaga. Selain itu, dapat menghambat kerusakan akibat reaksi hidrolisa dan kerusakan oleh mikroorganismen karena adanya air.

Faktor penting yang akan berpengaruh terhadap permeabilitas film adalah sifat kimia polimer. Komponen kimia berperan penting dalam menentukan sifat film yang terbentuk. Polimer dengan polaritas tinggi seperti tapioka, pada umumnya akan menghasilkan film dengan nilai permeabilitas uap air yang tinggi. Hal ini disebabkan polimer polaritas tinggi mempunyai ikatan hidrogen yang besar (Callegarin, dalam Paramawati, 2001).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa *biodegradable* film dari bahan komposit

selulosa nanas yang memiliki sifat fisik terbaik diperoleh dari penambahan konsentrasi tapioka 4% yang menghasilkan nilai kuat tarik 5228, 59 Mpa dan permeabilitas uap air 9,11 g/(m²/hari). Penambahan tapioka juga dapat menghilangkan flock atau gumpalan bahan pada permukaan lembaran film.

DAFTAR PUSTAKA

- [ASTM] *American Society for Testing and Material*. 1998. *Annual Book of ASTM Standards*. Philadelphia.
- Astuti, B. C. 2008. Pengembangan *edible film* kitosan dengan penambahan asam lemak dan *esensial oil*: upaya perbaikan sifat *barrier* dan aktivitas antimikroba (Skripsi). Fakultas Teknologi Pertanian IPB. Bogor
- Averous, L. 2004. Biodegradable multiphase systems based on plasticized starch: A review, *J. Of Macromolecular Science*. (12): 123-130.
- Bean, M.M. and Setser, C.S. 1992. *Polysaccharides, Sugar and Sweeteners in Food Theory and Application*. Jane Bowers (eds) Second Eds. Maxwell Mac Millan Internationals Editions. New York.
- Billmeyer, Jr., F.W. 1987. *Text Book Of Polimer Science*. A Willey-interscience publication, John Willey and Sons, Newyork. 578 pp.
- Darni, Y dan U. Herti. 2010. Studi pembuatan dan karakteristik sifat mekanik dan hidrofobisitas bioplastik dari pati sorgum. *J. Rekayasa Kimia dan Lingkungan*. 7(1) : 88-93
- Gunawan, V. 2009. Formulasi dan aplikasi *edible coating* berbasis pati sagu dengan penambahan vitamin c pada paprika. (Skripsi). Fakultas Teknologi Pertanian IPB. Bogor.
- Kinzel, B., 1992. Protein-rich edible coatings for foods. *Agricultural research*. May 1992 : 20-21
- Latief, R. 2001. Teknologi kemasan plastik biodegradabel. http://www.hayati_ipb.com/users/rudyet/individu_2001/Rindam_latief.htm-87k. Diakses pada 30 Juni 2012.
- Mindarwati, E. 2006. Kajian pembuatan edibel film komposit dari karagenan sebagai pengemas bumbu mie instant rebus. (Tesis). IPB. Bogor.
- Mulyaji, 2012. Bahaya plastik pembungkus makanan bagi kesehatan. <http://mulyaji.wordpress.com/2012/04/19/Bahaya-plastik-pembungkus-makanan-bagi-kesehatan/> Diakses pada 10 Januari 2013.
- Paramawati, R. 2001. Kajian fisik dan mekanik terhadap karakteristik film kemasan organik dari α -zein jagung. (Tesis). IPB. Bogor.
- Satriyo. 2012. Kajian penambahan chitosan, gliserol, dan carboxy methyl cellulose terhadap karakteristik *biodegradable* film dari bahan komposit selulosa nanas. (Skripsi). Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
- Swinkles, J.M. 1985. *Source of Starch, Its Chemistry and Physics*. In: Van Beynum, G.M.A. and Roels, J.A. (eds). *Starch Conversion Technology*. Marcell Dekker, Inc. New York and Basel.
- Wahyu, M.K. 2008. Pemanfaatan pati singkong sebagai bahan baku edible film. Universitas Padjadjaran. Bandung.
- Waldi, J. 2007. Pembuatan bioplastik poli- β -hidroksialkanoat (pha) yang dihasilkan oleh *Rastonia eutropha* pada substrat hidrolisat pati sagu dengan pemlastis isopropil palmitat. (Skripsi). Fakultas Teknologi Pertanian IPB. Bogor.