

## BIOPLASTIK NATA DE CASSAVA SEBAGAI BAHAN EDIBLE FILM RAMAH LINGKUNGAN

Heru Pratomo dan Eli Rohaeti

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta  
Jl. Colombo No. 1 Yogyakarta 55281

### Abstrak

Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk mensintesis plastik ramah lingkungan dengan memanfaatkan limbah. Limbah berasal dari air bekas parutan singkong dibuat nata menggunakan bakteri *acetobacter xylinum*. Karakterisasi bioplastik meliputi penentuan gugus fungsi menggunakan *Infra Red* (IR), sifat termal menggunakan *Differential Thermal Analysis*, kristalinitas menggunakan *X-Ray Diffractometry*, sifat mekanik berupa kuat putus dan perpanjangan, pengamatan permukaan menggunakan *Scanning Electron Microscopy*, serta uji biodegradasi menggunakan lumpur aktif. Komponen utama penyusun *nata de cassava* adalah polimer selulosa. Hal ini ditunjukkan oleh gugus fungsi karakteristik yaitu gugus-OH bebas, C-H alifatik, C-O, struktur cincin piran, dan ikatan  $\beta$ -1,4-glikosidik. Keberadaan selulosa yang menyusun film bioplastik nata diperkuat oleh difraktogram XRD film nata yang menunjukkan adanya fase kristalin  $1\alpha$  dan  $1\beta$  pada  $15^\circ$  dan  $22,5^\circ$ . Keberadaan pelikel selulosa diperkuat juga oleh foto SEM. *Nata de cassava* merupakan film yang stabil secara termal ditunjukkan oleh pengurangan massa sebesar 20% pada temperatur  $400^\circ\text{C}$ . Proses biodegradasi menyebabkan pemutusan ikatan  $\beta$ -1,4-glikosidik sehingga molekul selulosa terurai kembali menjadi molekul-molekul glukosa.

Kata kunci: biodegradasi, bioplastik, *nata de cassava*, selulosa

### Abstract

*This research aimed to synthesize friendly plastic by using waste. Waste from cassava is made nata with using acetobacter xylinum. Characterizations of bioplastics were functional groups using IR, thermal properties using Differential Thermal Analysis, crystallinity using X-Ray Diffractometry, mechanical properties i.e. strength at break and strain at break, surface observing by using Scanning Electron Microscopy and biodegradation test using activated sludge. The primary component of nata de cassava was cellulose polymer. That is showed by functional groups i.e. -OH free, C-H alifatic, C-O, structure of piran ring, and  $\beta$ -1,4-glikosidik link. That cellulose is supported by XRD diffractogram for film, film of nata de cassava had crystalline phase  $1\alpha$  and  $1\beta$  at  $15^\circ$  dan  $22,5^\circ$ . The pellicle of cellulose is also supported SEM photo. Nata de cassava was stable film thermally, is showed by 20% of mass loss at  $400^\circ\text{C}$ . The biodegradation caused breaking of  $\beta$ -1,4-glikosidik link until cellulose molecule dissociated to glucose molecules.*

*Key words: biodegradation, bioplastic, nata de cassava, cellulose*

### PENDAHULUAN

Telah banyak berita di media televisi dan surat kabar tentang penggunaan kantong plastik berbasis minyak bumi sebagai

pembungkus minyak goreng dan langsung digunakan bersama minyak goreng untuk menggoreng bahan makanan. Bahan makanan yang digoreng dengan minyak

goreng dan pembungkus plastiknya menghasilkan bahan makanan lebih renyah dan elastis. Padahal pembungkus plastik tersebut bukan *edible film* melainkan terbuat dari minyak bumi sehingga dengan pemanasan akan menghasilkan zat yang membahayakan kesehatan. Dengan demikian sudah saatnya mulai memikirkan penggunaan plastik pembungkus makanan yang *edible* dan ramah lingkungan serta aman bagi kesehatan.

Selain itu, penggunaan plastik setiap tahunnya juga mengalami peningkatan terutama digunakan sebagai pembungkus makanan maupun non makanan, misalnya dalam bidang pertanian. Dalam bidang pertanian, plastik digunakan sebagai media tanam, media pembibitan dan tempat penyimpanan serta sebagai kantong penampung hasil panen. Peningkatan penggunaan plastik karena plastik lebih praktis dan ekonomis. Di samping manfaat yang bisa didapatkan, penggunaan plastik ternyata memiliki efek negatif. Masalah yang dapat ditimbulkan akibat peningkatan penggunaan plastik adalah semakin meningkatnya jumlah limbah plastik yang dihasilkan. Limbah plastik merupakan salah satu limbah yang sukar terurai secara alamiah, terutama plastik yang terbuat dari bahan minyak bumi, akibatnya, kelestarian lingkungan menjadi terancam.

Berbagai macam cara telah dilakukan untuk menangani pencemaran lingkungan

yang diakibatkan oleh limbah plastik (Anggara, 2001 dan Averous, 2002), di antaranya adalah penanggulangan limbah plastik dengan cara *reduce, reuse, recycle, burn* dan *biodegradation* (Budi Santoso, 2006; Eli Rohaeti dkk, 2003; Eli Rohaeti dkk, 2004). *Reduce* merupakan cara penanganan limbah dengan cara membatasi penggunaan plastik untuk mengurangi jumlah limbah yang dapat ditimbulkan. *Reuse* merupakan penanganan limbah plastik dengan cara pemakaian ulang limbah plastik tanpa merubah bentuk maupun fungsinya. *Recycle* merupakan pendaur-ulangan limbah plastik menjadi barang baru. *Burn* merupakan cara penanggulangan limbah plastik dengan cara pembakaran dan *biodegradation* yang menggunakan mikroba secara biologis atau alami. Metode atau cara penanggulangan limbah plastik yang paling aman dan bersahabat terhadap lingkungan adalah metode *biodegradation* atau biodegradasi. Metode biodegradasi sifatnya alami dan tidak menimbulkan zat baru yang dapat membahayakan lingkungan (Schnabel, 1981).

Jika dilihat dari sudut pandang kebutuhan manusia akan plastik yang sukar untuk dikurangi apalagi dihindari, maka diperlukan suatu terobosan baru atau alternatif untuk mengatasi masalah kelestarian lingkungan tanpa merugikan manusia. Salah satu alternatif yang dapat dipertimbangkan

adalah dengan menciptakan produk bioplastik yang lebih mudah terbiodegradasi sehingga aman bagi lingkungan (Jan van Beilen, 2006; Eli Rohaeti dan Senam, 2008). Untuk mewujudkan hal itu maka langkah pertama yang perlu dilakukan adalah mengkaji bahan baku pembuatan plastik dari bahan alam yang mudah terbiodegradasi melalui suatu penelitian.

Penelitian ini mengkaji masalah biodegradasi bioplastik dari nata yang merupakan terobosan baru plastik ramah lingkungan karena kemampuannya terbiodegradasi dan mudah disintesis. Bahan baku pembuatan nata dari limbah organik yang berasal dari air perasan parutan singkong sangat melimpah dan mudah didapatkan. Sebagai contoh, singkong yang diolah menjadi bermacam-macam produk khususnya produk makanan dan tepung tapioka, dihasilkan limbah sekitar 2/3 bagian atau sekitar 75% dari bahan mentahnya. Limbah bekas pengolahan itu disebut sebagai onggok. Onggok merupakan ampas singkong yang biasa digunakan sebagai makanan ternak, namun saat ini onggok bekas pengolahan tepung tapioka hanya dibuang sia-sia. Bahan buangan ini dapat mencemari lingkungan, apalagi jika musim hujan, karena onggok memiliki bau yang tidak sedap. Selain limbah padat (onggok) ternyata juga

terdapat limbah cair hasil pencucian dan penyaringan singkong. Limbah tersebut juga hanya dibuang sia-sia di sekitar sungai terdekat.

Kandungan serat, glukosa dan karbohidrat yang cukup tinggi dalam limbah organik yang digunakan dalam penelitian ini (singkong) dapat dimanfaatkan sebagai bioplastik yang ramah lingkungan. Dalam limbah organik tersebut masih banyak mengandung zat-zat yang terbuang sia-sia. Kandungan glukosa, karbohidrat dan serat (khususnya selulosa) merupakan komponen utama pembuatan nata, yang nantinya dapat digunakan untuk membuat film bioplastik. Bioplastik yang dihasilkan merupakan bioplastik yang tahan lama namun mudah terurai oleh bakteri pengurai. Untuk mempelajari sifat bioplastik tersebut dilakukan beberapa karakterisasi seperti analisis gugus fungsi, kristalinitas, sifat mekanik (yang meliputi kuat putus, perpanjangan, dan elastisitas), sifat termal, dan pengurangan massa serta laju pengurangan bioplastik yang dibiodegradasi (Schnabel, 1981; Eli Rohaeti dan Senam, 2008)

Tujuan khusus penelitian ini adalah untuk mempelajari sifat fisika dan kimia film bioplastik yang berasal dari limbah rumah tangga, yaitu *nata de cassava* berasal dari air perasan parutan singkong serta mempelajari

pengaruh waktu biodegradasi terhadap pengurangan dan laju pengurangan film bioplastik yang dihasilkan.

Berdasarkan studi literatur, *edible film* adalah salah satu jenis kemasan yang ramah lingkungan bahkan bisa langsung ikut dikonsumsi bersama pangan yang dikemasnya karena terbuat dari bagian bahan pangan alami tertentu. *Edible film* berperan sebagai lapisan yang dapat didegradasi oleh bakteri dan terbuat dari sumber daya yang dapat diperbaharui. Selain itu *edible film* memberikan perlindungan yang unik dengan mengurangi transmisi uap air, aroma, dan lemak dari bahan pangan yang dikemas, hal tersebut merupakan karakteristik yang tidak didapatkan pada kemasan konvensional. Keunggulan bioplastik yang berasal dari limbah organik yaitu: ramah lingkungan, dapat langsung dikonsumsi bersama bahan makanan yang dikemasnya, dan bahan baku cukup melimpah. Keunggulan tersebut yang mendasari pemilihan proses sintesis bioplastik untuk bahan *edible film* sebagai objek penelitian.

Urgensi (keutamaan) dari penelitian pembuatan bioplastik ini adalah dapat memberikan kontribusi terhadap pembaharuan dan pengembangan ipteks, yaitu antara lain dapat memberikan informasi tentang cara pembuatan bioplastik ramah lingkungan, khususnya bentuk film sebagai bahan *edible*

*film* berbasis limbah organik yang berasal dari rumah tangga. Penelitian sintesis bioplastik sebagai bahan *edible film* dengan menggunakan bahan baku yang berasal dari limbah rumah tangga masih jarang dilakukan, padahal bahan baku tersebut tersedia dalam jumlah yang melimpah di Indonesia.

## METODE PENELITIAN

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain FTIR 8300 *Shimadzu*, SEM merk Jeol T330A, alat uji tarik *Universal Testing Machine*, alat XRD, alat DTA-TGA, kompor gas, tabung gas, panci, saringan, loyang, stoples, sendok, pisau, gelas Ukur 500 mL, pengaduk, pipet, ember, rak, papan jemur, *glossy plate*, *oven*, *laminar flow*, *autoclave*, cawan petri, gelas kimia, Erlenmeyer, kawat oase, pembakar spirtus. Bahan-bahan yang digunakan antara lain air perasan parutan singkong, starter, cuka, urea, gula pasir, asam sulfat pekat, besi sulfat, etanol, natrium hidrosulfat, ammonium sulfat, natrium dihidrosulfat, magnesium sulfat, tripton, *bacto* agar, ekstrak ragi, aquadest, dan natrium klorida.

Sebelum membuat bioplastik, bahan-bahan organik diubah terlebih dahulu menjadi nata. Mula-mula limbah organik yang digunakan dalam percobaan, yaitu : air perasan parutan singkong dibersihkan dari

kotoran. Limbah organik tersebut selanjutnya direbus sampai mendidih. Pada saat perebusan, dilakukan penambahan gula pasir sebanyak 2,5% dan urea 0,5% dari banyaknya larutan. Setelah mendidih, dilakukan penyaringan untuk mendapatkan sari dari bahan hasil perebusan. Larutan yang sudah disaring didinginkan. Setelah dingin, dilakukan penambahan starter *Acetobacter xylinum* (1 botol untuk 5 bak fermentasi) dan asam asetat 0,75% dari larutan guna mempertahankan pH antara 3,0-4,0 (Pangchayont Sirikhajornnam dan panu Danwanichakul, 2006). Pada proses pembuatan nata pH dijaga pada rentang tersebut. Larutan hasil penyaringan difermentasikan dengan cara disimpan selama 2 hari. Setelah dua hari, nata siap dipanen. (Linda Tokarz, 2007)

Tahap pembuatan bioplastik dilakukan dengan mengeringkan nata hingga diperoleh lembaran. Pengeringan dilakukan dengan cara diangin-anginkan dan tidak terkena cahaya matahari langsung (Anggara, 2001 dan Averous, 2002).

Lembaran film dipotong-potong dan dicelupkan ke dalam etanol 70% pada ruang *laminar flow*. Lembaran kemudian dikeringkan dan disimpan di dalam cawan petri steril dan disimpan dalam oven pada temperatur 70°C sampai benar-benar kering. Lembaran film yang telah kering siap untuk dibiodegradasi (Eli Rohaeti dkk, 2004).

Medium malka padat dibuat dengan cara menambahkan bacto agar 6 g dan  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  sebanyak 0,4 g ke dalam 400 mL akuades dalam labu erlenmeyer kemudian ditutup dengan kapas bebas lemak dan aluminium foil, dilelehkan dan disterilkan dalam *autoklaf* pada temperatur 120°C, tekanan 15 psi selama 15 menit, kemudian didinginkan sampai temperatur 60°C. Setelah itu ditambahkan 8 mL larutan A (1 liter larutan yang mengandung 73,4 g  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  dan 32,4 g  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  pada pH 7,2), 8 mL larutan B (20,5 g  $\text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  dilarutkan dalam air destilasi dan volume akhir dibuat 1 L), dan 4 mL larutan C (1,83 g  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  dilarutkan dalam air destilasi steril kemudian 1 tetes  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat ditambahkan ke dalamnya dan volume dibuat 1 L) ke dalam larutan bacto agar dalam ruang *laminar flow*, kemudian dikocok sampai homogen. Setelah itu dipindahkan ke dalam beberapa cawan petri masing-masing 25 mL per cawan. Setelah memadat disimpan dalam temperatur kamar. (Eli Rohaeti dan Senam, 2008)

Proses yang dilakukan dalam biodegradasi bioplastik adalah pertama-tama menyiapkan lumpur aktif yang telah didiamkan beberapa jam hingga terpisah bagian padatnya di bawah, dan bagian cairannya di atas. Kemudian mengambil bagian cairan dari lumpur aktif yang telah terpisah dengan padatnya. Di dalam

*laminar flow* dilakukan penuangan cairan kultur lumpur aktif ke dalam gelas kimia steril. Film nata yang telah disterilkan terlebih dahulu kemudian dicelupkan ke dalam kultur campuran dan diletakkan dalam cawan petri yang berisi medium malka padat serta dibiarkan dalam ruang 37°C selama 5 hari, 10 hari, 15 hari, dan 20 hari. Adapun penggantian medium dilakukan setiap 5 hari sekali. Proses biodegradasi dihentikan dengan mencelupkan film nata ke dalam etanol 70%. Kemudian dicuci beberapa kali dengan menggunakan akuades dan film nata siap untuk dikarakterisasi (Eli Rohaeti dkk, 2003).

Metode yang digunakan dalam preparasi sampel adalah dengan pembuatan pellet KBr. Sampel nata digerus dengan menggunakan mortar. Campuran yang sudah homogen ditekan dan diperoleh pellet KBr. Selanjutnya menganalisis sampel dengan menggunakan FTIR pada daerah 400-4000  $\text{cm}^{-1}$  sehingga diperoleh spektrum FTIR. Teknik FTIR ini digunakan untuk melihat puncak serapan dari gugus fungsi yang ada dalam produk bioplastik.

Penentuan kristalinitas bioplastik dilakukan dengan alat XRD, yaitu dengan cara meletakkan sampel bioplastik dalam suatu tempat sehingga dapat berotasi pada salah satu sumbu. Kemudian menyinari sampel tersebut dengan sinar-X, sehingga

perangkat bidang yang ada dalam kristal memantulkan berkas sinar-X. Selanjutnya berkas sinar tersebut diterima oleh detektor, sehingga diperoleh difraktogram. Difraktogram sampel polimer yang dihasilkan mengandung daerah kristalin dan amorf yang bercampur secara acak. Difraktogram sinar-X polimer kristalin memiliki puncak yang tajam, sedangkan polimer amorf memiliki puncak yang melebar.

Sifat termal dengan alat DTA-TGA dilakukan di laboratorium polimer Akedemi Teknologi Kulit Yogyakarta. Sifat Termal dikarakterisasi dengan Teknik *Differential Thermal Analysis* dan *Thermogravimetric Analysis* dengan cara sebagai berikut setiap sampel film nata dimasukkan ke dalam krus tempat sampel dan diletakkan di dalam alat DTA-TGA. Kondisi alat diukur dan dioperasikan pada suhu 30°C-400°C dengan kecepatan pemanasan 10°C/menit.

Sifat mekanik berupa uji tarik dilakukan di laboratorium uji polimer Pusat Penelitian Fisika LIPI Bandung. Sifat mekanik dikarakterisasi dengan menggunakan Alat Uji Tarik *Universal Testing Machine* dengan kecepatan tarik 5 mm/menit, skala *load cell* 4% dari 100 kgf. Metode pengujian merupakan metode standar SI 527-2, pada kondisi suhu 23°C dan kelembaban 50%, > 40 jam. Sampel yang sudah berbentuk *dumbbell* dijepitkan pada alat uji tarik

serrated mini modified dengan kapasitas 100 kgf.

Morfologi permukaan film nata diamati dengan menggunakan alat SEM (*Scanning Electron Microscope*) merk JEOL T330A di laboratorium Uji Polimer Pusat penelitian Fisika LIPI Bandung. Metode ujinya berupa *Secondary Electron Image* (SEI) dan preparasi sampel dilakukan dengan teknik *coating* permukaan sampel dengan Emas (Au). Kondisi operasi yaitu tegangan 15 kV, arus 0,5 mA, dan perbesaran 2000x.

Langkah yang dilakukan untuk mengukur persentase pengurangan massa yaitu dengan menimbang polimer sebelum dan setelah dilakukan biodegradasi. Persen pengurangan massa sesungguhnya dapat dihitung dengan memasukkan faktor koreksi massa yang diperoleh dari kontrol negatif ke dalam massa sampel awal sebelum proses biodegradasi.

Untuk menentukan biodegradabilitas (laju pengurangan massa) bioplastik dilakukan dengan menimbang bioplastik sebelum dan sesudah dilakukan inkubasi. Kemudian selisih keduanya dibagi dengan waktu inkubasi.

Penentuan sifat mekanik film nata berupa kuat putus, perpanjangan saat putus, dan modulus *Young*. Kuat putus (*strength at break*) dihitung menggunakan persamaan (1).

Perpanjangan saat putus (*elongation at break*) dihitung menggunakan persamaan (2).

Modulus *Young* dihitung menggunakan persamaan (3).

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (1)$$

$\sigma$  = kuat putus bahan  
F = beban pada saat putus  
A = luas penampang

$$\varepsilon = \frac{L_t - L_o}{L_o} \times 100\% \quad (2)$$

$\varepsilon$  = perpanjangan saat putus (%)  
L<sub>t</sub> = panjang pada saat putus  
L<sub>o</sub> = panjang mula-mula

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (3)$$

E = modulus *Young*  
 $\sigma$  = kuat putus bahan  
 $\varepsilon$  = perpanjangan saat putus

Penentuan tingkat biodegradabilitas bioplastik dengan cara uji pengurangan sampel polimer sesungguhnya sebelum mengalami proses biodegradasi dihitung dengan rumus :

$$W_i = W_{is} - (W_{is} \cdot C)$$

Keterangan :

W<sub>i</sub> = massa sampel sesungguhnya sebelum dibiodegradasi.

W<sub>is</sub> = massa sampel awal tanpa faktor koreksi.

C = faktor koreksi, diperoleh dari kontrol negatif yang dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$C(\%) = \frac{W_{ic} W_{fc}}{W_{ic}} \times 100\%$$

$W_{ic}$  = massa sampel sebelum diinkubasi (dalam kontrol negatif)

$W_{fc}$  = massa sampel sesudah diinkubasi (dalam kontrol negatif)

Persen pengurangan sesungguhnya ditentukan dengan rumus berikut:

$$\% \text{ pengurangan massa} = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\%$$

$W_i$  = massa sampel sesungguhnya sebelum diinkubasi.

$W_f$  = massa sampel sesudah biodegradasi.

Penentuan laju pengurangan massa dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$v = \frac{W_i - W_f}{\Delta t}$$

$v$  = laju pengurangan massa.

$\Delta t$  = waktu yang dibutuhkan untuk biodegradasi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakter Nata yang Dihasilkan dari Limbah Air Perasan Parutan Singkong

Pada Tabel 1 ditunjukkan sifat fisik *nata de cassava* yang dihasilkan dari air perasan parutan singkong setelah mengalami pemeraman atau fermentasi selama 2-3 hari.

Nata yang dihasilkan sebagai bahan dasar bioplastik bertekstur kenyal, licin, dan transparan. Ketebalan nata yang baik digunakan sebagai bahan dasar bioplastik adalah nata dengan umur pemeraman 2-3 hari, selebihnya nata yang terbentuk akan terlalu tebal dan sulit dikeringkan untuk dijadikan bioplastik. Berdasarkan hasil penelitian, tidak seperti *nata de coco*, nata yang dihasilkan dari air perasan parutan singkong berwarna putih kekuningan. Nata yang dihasilkan pada umumnya juga tidak sebaik nata yang dibuat dari *nata de coco*. Walaupun bertekstur kenyal dan licin, namun kondisi pelikel selulosa yang dihasilkan tidak merata sehingga terdapat bagian yang tipis dan bagian lainnya tebal. Oleh sebab itu, diperlukan komposisi yang tepat pada proses pembuatan *nata*. Proses pembuatan *nata*, selain *nata de coco*, memerlukan komposisi yang berbeda untuk setiap jenis nata.

*Nata* yang dapat digunakan sebagai bahan dasar bioplastik adalah nata yang memiliki ketebalan yang merata di semua bagiannya serta tidak bergelambir. Untuk itu

Tabel 1. Sifat Fisik *Nata de Cassava* dari Limbah Rumah Tangga

No	Sifat fisik	<i>Nata de cassava</i>
1	Bentuk	Lembaran kenyal berlapis-lapis
2	Warna	Putih kekuningan
3	Transparan / tidak	Transparan
4	Tekstur	Kenyal dan licin

perlu diperhatikan beberapa hal yang dapat mempengaruhi kualitas nata sebagai bahan dasar bioplastik antara lain:

1) Keasaman larutan atau pH

Pembuatan *nata* memanfaatkan aktivitas bakteri *Acetobacter Xylinum* sehingga diperlukan kondisi yang nyaman untuk bakteri tersebut berkembang. *Acetobacter Xylinum* dapat berkembang biak dengan baik pada pH 3-4. Oleh karena itu dalam proses pemeraman sedapat mungkin pH larutan dibuat 3-4 dengan menambahkan asam asetat glasial. Suhu optimum untuk pertumbuhan bakteri adalah sekitar 35°C (Purnomo, 2009). Pada suhu ini bakteri dapat berkembang biak dengan baik. Untuk itu pada proses pemeraman, wadah harus ditempatkan dalam ruangan yang suhu dan kelembabannya terjaga. Perubahan suhu secara ekstrim akibat perubahan cuaca (pancaroba) menyebabkan kualitas nata yang dihasilkan kurang baik, selain itu proses pembentukan nata menjadi sedikit lambat (Anggara, 2001 dan Wahyono, 2009).

2) Tempat pemeraman

Tempat pemeraman berkaitan dengan adanya gangguan atau guncangan pada saat proses pemeraman. Adanya guncangan tersebut dapat menyebabkan nata yang terbentuk menjadi berlapis-lapis dan bergelambir sehingga pada saat dibuat menjadi bioplastik akan mengelupas dan rapuh.

3) Bahan tambahan

Nata terbentuk akibat aktivitas bakteri *Acetobacter xylinum*, bakteri tersebut menggunakan unsur-unsur hara seperti N, H, O, dan C untuk menyusun lapisan nata. Dengan demikian dalam proses pembuatan nata harus diperhatikan apakah bahan dasar sudah mengandung unsur hara tersebut dalam jumlah yang cukup.

**Karakter Film Bioplastik Nata dari Limbah Rumah Tangga**

Film plastik *nata* dibuat dengan cara diangin-anginkan tanpa terkena sinar matahari langsung. Proses pengeringan membutuhkan waktu kurang lebih 24 jam. Bioplastik yang dihasilkan dari *nata* secara

Tabel 2. Sifat Fisik Film Bioplastik Berasal dari *Nata de Cassava*

No	Sifat fisik	<i>Nata de cassava</i>
1	Bentuk	Lembaran seperti kertas
2	Warna sebelum dicelupkan dalam alkohol	Kuning kecoklatan
3	Warna setelah dicelupkan dalam alkohol	Bening transparan
4	Transparan / tidak	Transparan
5	Tekstur	Kasar



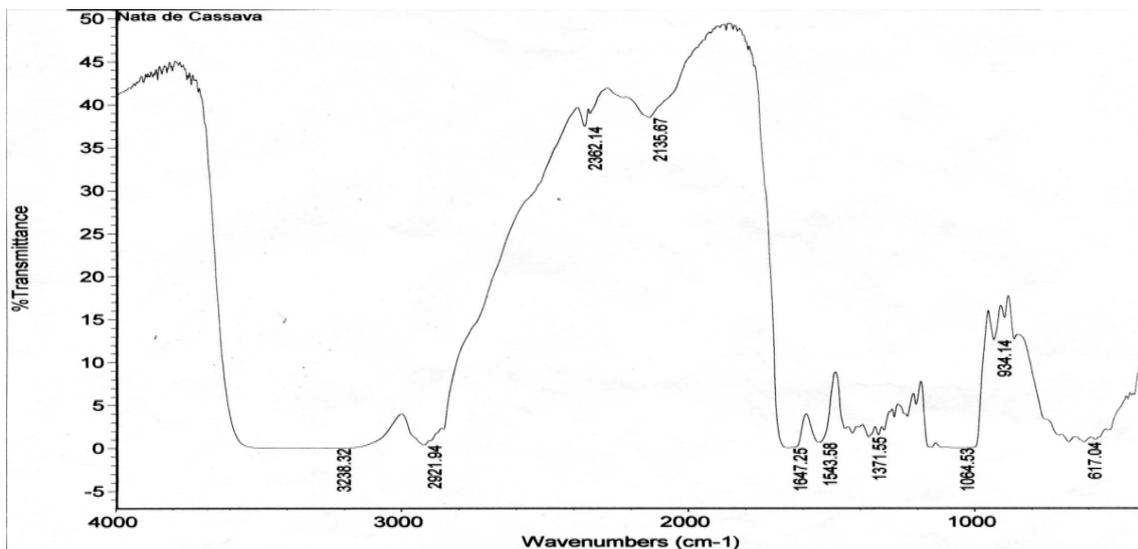
Gambar 1. Film *Nata de Cassava*

fisik berbentuk seperti plastik transparan hanya saja agas sedikit keruh. Pada Tabel 2 ditunjukkan sifat fisik lembaran bioplastik dari berbagai nata yang dihasilkan dan pada Gambar 1 ditunjukkan lembaran nata yang diperoleh.

Bioplastik yang dihasilkan berwarna sedikit keruh karena pengaruh tumbuhnya jamur pada permukaan nata, hal ini dapat diatasi dengan mencuci bioplastik tersebut dengan larutan alkohol 70%. Setelah dicuci dengan alkohol 70% bioplastik akan menjadi

sangat jernih dan transparan. Film plastik nata yang dihasilkan dari air parutan singkong berwarna coklat transparan dan bertekstur sedikit kasar. Bentuk film yang dibuat menyerupai lembaran kertas yang transparan. Film nata tersebut dicelupkan ke dalam larutan alkohol 70% sehingga warna film yang semula coklat menjadi tidak berwarna.

Gambar 2 ditunjukkan spektrum FTIR bioplastik dari nata. Selanjutnya tabel korelasi gugus fungsi dari bioplastik nata



Gambar 2. Spektrum FTIR Film Bioplastik *Nata de Cassava*

Tabel 3. Gugus Fungsi Lembaran Bioplastik Nata Hasil Analisis Spektrum FTIR

No.	Bilangan Gelombang (cm <sup>-1</sup> )	Gugus Fungsi
1.	3400,01	-OH
2.	2896,14	C-H Alifatik
3.	1636,03	Siklik piran
4.	1110,20	β – 1,4- Gikosidik
5.	617,04	Aromatik

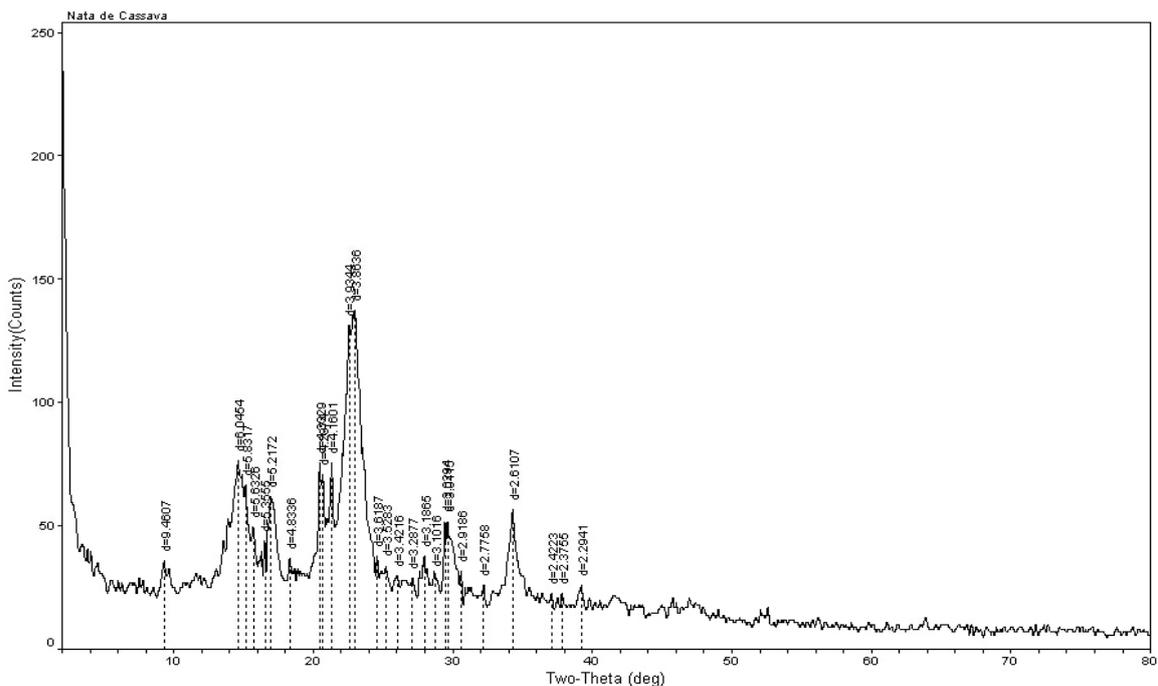
hasil analisis spektrum FTIR ditunjukkan oleh Tabel 3. Berdasarkan Terdapat beberapa vibrasi *stretching* yang menunjukkan gugus fungsi yang terdapat pada film *Nata*, yaitu:

- a. Puncak vibrasi melebar diperlihatkan di daerah 3400,01 cm<sup>-1</sup>

Vibrasi ini menunjukkan vibrasi daerah ulur hidrogen dengan ikatan O–H). Bentuk puncak yang melebar serta transmiansi yang mendekati nilai 0% menunjukkan bahwa jumlah gugus fungsi –OH yang terdapat dalam sampel bioplastik sangat banyak.

- b. Puncak vibrasi di daerah 2896,14 cm<sup>-1</sup>

Vibrasi ini menunjukkan vibrasi ikatan C–H alifatik. C–H alifatik merupakan ikatan antara atom C–H yang satu dengan C–H yang lainnya yang tersusun secara melingkar/siklik. Gugus C–H tersebut merupakan komponen utama penyusun film dikarenakan intensitas yang dihasilkan dari analisis FTIR cukup rendah yaitu 2,730%. Berdasarkan hukum Lambert-Beer diketahui bahwa transmitansi berbanding terbalik dengan absorbansi. Jadi semakin kecil



Gambar 3. Difraktogram XRD Film Bioplastik *Nata de Cassava*

transmitansinya maka jumlah komponen dalam sampel semakin banyak.

c. Puncak vibrasi daerah  $1636,03\text{ cm}^{-1}$

Puncak ini menunjukkan vibrasi daerah yang berikatan secara siklik atau bentuk cincin aromatik.

d. Puncak vibrasi melebar di daerah  $1110,20\text{ cm}^{-1}$

Puncak vibrasi ini menunjukkan adanya ikatan C–O. Dalam selulosa juga terdapat ikatan C–O yang berikatan secara glikosidik yang ditunjukkan oleh vibrasi di daerah  $1371,92\text{--}1428,00\text{ cm}^{-1}$ .

e. Puncak vibrasi di daerah  $617,04\text{ cm}^{-1}$

Puncak vibrasi pada daerah  $617,04\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya ikatan C–C.

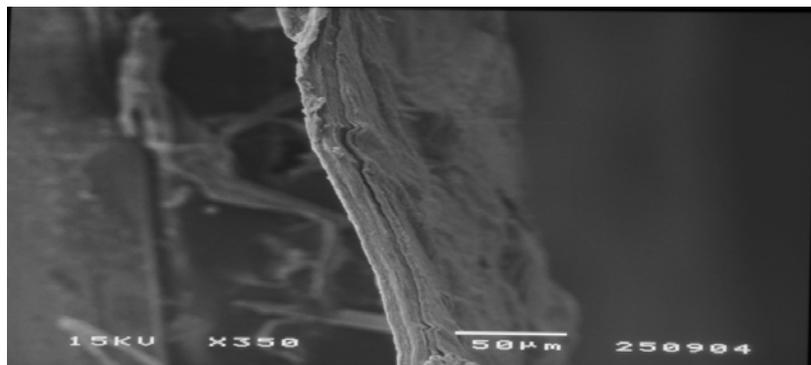
Berdasarkan hasil analisis FTIR dapat diketahui bahwa bioplastik memiliki gugus fungsi karakteristik yang sama dengan selulosa, yaitu adanya gugus O–H bebas, C–H alifatik,  $\text{--C=C--}$ , cincin aromatik, struktur piran, ikatan  $\beta\text{-1,4-glikosidik}$ , dan ikatan C–C tunggal. Ikatan  $\beta\text{-1,4-glikosidik}$

dan gugus O–H bebas yang ditunjukkan dengan pita melebar, hal tersebut berarti di dalam film nata yang dihasilkan tersusun atas rantai polimer selulosa [13, 15].

Keberadaan selulosa yang menyusun film bioplastik nata berasal dari limbah rumah tangga diperkuat oleh difraktogram XRD seperti ditunjukkan oleh Gambar 4. Berdasarkan difraktogram XRD film nata, menunjukkan adanya fase kristalin  $1\alpha$  dan  $1\beta$  masing-masing pada  $15^\circ$  dan  $22,5^\circ$ . Fase kristalin selulosa  $1\alpha$  dan  $1\beta$  masing-masing pada bidang  $1001\alpha$ ,  $1101\beta$ , dan  $0101\beta$  terjadi pada sudut  $15^\circ$ , bidang  $1101\alpha$  dan  $2001\beta$  pada sudut  $22,5^\circ$  (Barud et al. (2007)).

Struktur selulosa yang menyusun film nata berbentuk benang-benang fibril seperti ditunjukkan oleh foto SEM nata pada Gambar 4.

Selanjutnya hasil uji sifat mekanik berupa uji tarik menggunakan alat *Universal Testing Machine* model UCT-5T dengan metode uji ISO 527-2 yang dilakukan pada



Gambar 4. Foto SEM Permukaan Film *Nata de Cassava*

Tabel 4. Hasil Uji Tarik Sampel Film *Nata de Cassava*

No	Sampel nata	Nilai
1	<i>Tensile strength</i> (MPa)	73,9
2	<i>Break strength</i> (MPa)	73,9
3	<i>Break strain</i> (%)	1,8
4	<i>Modulus Young</i> (MPa)	4106

suhu 23<sup>0</sup>C dengan kelembaban ruang uji 50% ditunjukkan oleh Tabel 4. Kecepatan tarik pada pengujian sifat mekanik adalah 5 mm/menit, *load cell* 4% dari 100 kgf. Untuk spesimen uji tarik berbentuk *dumbble* dipreparasi dengan ISO 527-2-5A, menggunakan pengukur ketebalan berupa *micrometer digital*, penjepitnya berupa *serrated mini modified* dengan kapasitas 100 kgf.

Berdasarkan data pada Tabel 4, film *nata de cassava* menunjukkan kekuatan tarik pada saat putus sebesar 73,9 MPa. Nilai tersebut lebih rendah dibandingkan *nata de coco* tetapi lebih tinggi dibandingkan dengan *nata de oryza*. Perpanjangan saat putus *nata de cassava* sangat rendah. Dengan demikian *nata de cassava*, keelastisannya sangat rendah. Untuk meningkatkan keelastisan bioplastik dapat dilakukan dengan penambahan bahan pemlastis (Bourtoom, 2006). Namun berdasarkan data modulus *young nata de cassava* sangat tinggi. Modulus *Young* menunjukkan perbandingan *tensile strength* terhadap *break strain*. Bahan yang sangat kaku akan menunjukkan nilai modulus *Young* tinggi. *Nata de cassava* memiliki

modulus *Young* sangat tinggi pada penelitian ini. Dengan demikian film bioplastik dari *nata de cassava* menunjukkan kekakuan sangat tinggi.

Berdasarkan analisis sifat termal dengan alat *Differential Thermal Analysis* dan *Thermogravimetric Analysis* (DTA-TGA) selanjutnya dapat diperoleh termogram DTA dan TGA untuk film *nata de cassava*. Film *nata de cassava* menunjukkan puncak eksoterm pada 60,92°C. Puncak eksoterm yang muncul merupakan temperatur kristalisasi, terjadi pada saat transisi dari satu fasa kristalin ke fasa kristalin lainnya. Film nata yang dihasilkan mengalami transisi dari fasa kristalin  $\alpha$  ke  $\beta$ . Hal tersebut diperkuat oleh difraktogram XRD *nata de cassava* pada Gambar 3 menunjukkan intensitas suatu daerah kristalin (sekitar 250°) sangat tajam. Transisi gelas dari film *nata de cassava* sebesar 150°C. Tingginya transisi gelas dari nata yang berasal dari limbah air rebusan parutan singkong menunjukkan film nata yang dihasilkan sangat kaku. Hal tersebut didukung oleh hasil uji sifat mekanik film *nata de cassava* memiliki modulus *Young*

Tabel 5. Perubahan Massa *Nata de Cassava* Hasil Analisis TGA sebagai Fungsi Temperatur

Temperatur ( $^{\circ}\text{C}$ )	Massa (%)	Kehilangan massa (%)
50	99,17	0,83
100	96,68	3,32
150	94,35	5,65
200	94,20	5,80
250	91,66	8,34
300	87,47	12,53
350	83,74	16,36
400	80,00	20,00

sangat tinggi. Sifat fisik dan kimia bioplastik dapat diperbaiki sesuai tujuan penggunaannya dengan cara modifikasi (Weiping Ban et al., 2005).

Tabel 5 ditunjukkan massa *nata de cassava* pada temperatur yang bervariasi. *Nata de cassava* merupakan film yang stabil secara termal. Pada temperatur  $400^{\circ}\text{C}$ , massa film *nata de cassava* sebesar 80% atau mengalami pengurangan massa sebesar 20%. Berdasarkan Tabel 5 dapat diketahui bahwa sampai temperatur  $250^{\circ}\text{C}$ , film nata mengalami kehilangan massa di bawah 10%.

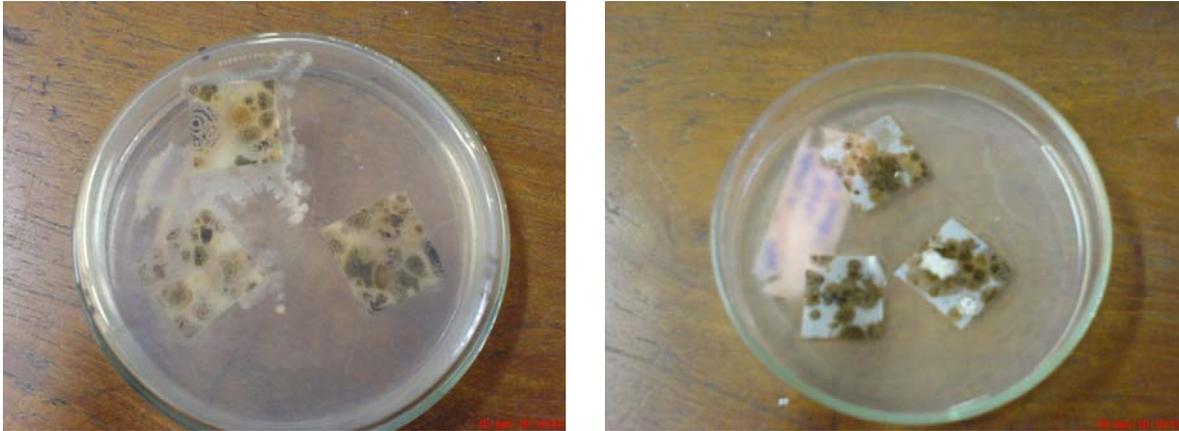
#### **Kemudahan Biodegradasi Film Bioplastik Nata dari Limbah Rumah Tangga**

Pada Tabel 6 ditunjukkan keadaan film nata setelah mengalami biodegradasi pada selang waktu tertentu. Pada biodegradasi selama 5 hari, keadaan film nata yang berlubang dan berwarna hitam. Pada biodegradasi selanjutnya lubang menjadi bertambah banyak, kemudian film sangat lunak dan lama kelamaan film hancur atau terbiodegradasi secara sempurna (Gambar 5).

Gambar 6 ditunjukkan spektrum FTIR film nata sesudah mengalami biode-

Tabel 6. Pengamatan Fisik Film *Nata de Cassava* setelah Dibiodegradasi

Hari ke-	Pengamatan
5	Film menjadi agak tebal kembali, warna film menjadi putih, terdapat beberapa bagian yang berlubang berwarna hitam.
10	Lubang menjadi semakin banyak.
15	Film menjadi sangat lunak dan hancur
20	Film sudah terbiodegradasi sempurna

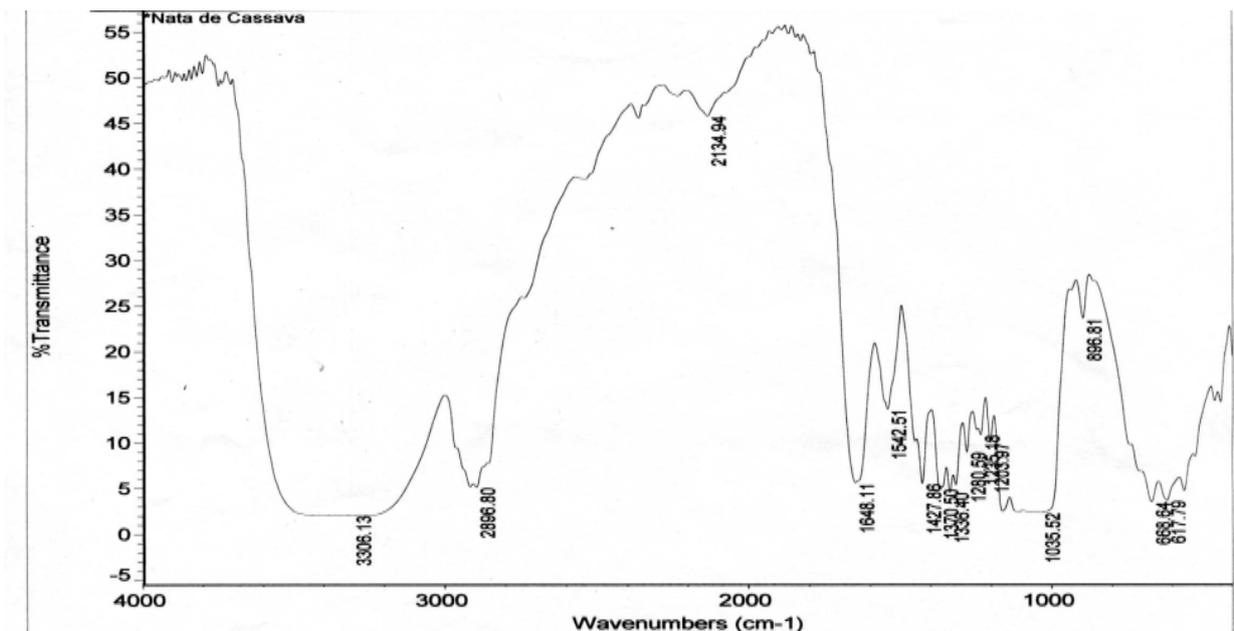


Gambar 5. Film *Nata de Cassava* sesudah Biodegradasi dalam Lumpur Aktif selama 15 Hari (Kiri) dan 20 Hari (Kanan)

gradasi selama 15 hari. Film nata yang dihasilkan menunjukkan spektrum FTIR dengan gugus fungsi sama sebagaimana tabel korelasi hasil analisis spektrum FTIR film nata sesudah biodegradasi pada Tabel 7.

Untuk hasil FTIR setelah proses biodegradasi pada Gambar 6 dibandingkan

dengan hasil FTIR film nata sebelum biodegradasi pada Gambar 2 menunjukkan jenis vibrasi ikatan yang terjadi atau keberadaan gugus fungsi dalam film nata sebelum dengan sesudah biodegradasi adalah sama. Dengan demikian proses biodegradasi tidak menyebabkan perubahan gugus fungsi.



Gambar 6. Spektra FTIR Film *Nata de Cassava* sesudah Biodegradasi

Tabel 7. Hasil Analisis Gugus Fungsi Nata Sesudah Biodegradasi selama 15 Hari

No	Bilangan Gelombang (cm <sup>-1</sup> )	Gugus Fungsi
1	3306,13	-OH bebas
2	2896,80	C-H alifatik
3	1648,11	-C=C-- aromatik
4	1203,97 – 1427,86	Struktur piran
5	1035,52	C-O
6	617,79 – 668,64	-C-C- tunggal

Hal ini menunjukkan bahwa dalam proses biodegradasi pemutusan ikatan terjadi pada ikatan  $\beta$ -1,4-glikosidik sehingga molekul selulosa terurai kembali menjadi molekul-molekul glukosa secara bertahap, ditunjukkan oleh jenis gugus fungsi yang sama antara molekul selulosa dengan molekul glukosa. Selanjutnya dapat dilihat misalnya pada film nata de coco bahwa puncak vibrasi pada daerah 3400,01 cm<sup>-1</sup> mengalami penyempitan dan peningkatan transmitansi. Hal ini menunjukkan bahwa gugus -OH dalam sampel bioplastik semakin berkurang.

Hal tersebut sesuai dengan Hukum Lambert-Beer yang menyatakan bahwa transmitansi berbanding terbalik dengan absorbansi dan konsentrasi. Hal serupa terjadi pada gugus fungsi karakteristik yang lain seperti C-H alifatik pada daerah 2896,14 cm<sup>-1</sup> yang mengalami penyempitan serta kenaikan transmitansi dari 2,73% menjadi 26,06%, gugus fungsi C=H pada daerah 1636,03 cm<sup>-1</sup>

yang mengalami kenaikan transmitansi dari 3,787% menjadi 44,736%, ikatan  $\beta$ -1,4-glikosidik yang mengalami kenaikan transmitansi dari 1,944% menjadi 23,873% dan gugus fungsi yang lainnya juga mengalami kenaikan transmitansi secara signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi penurunan jumlah gugus fungsi pada bioplastik.

Berdasarkan Tabel 7 dapat diketahui bahwa jenis gugus fungsi dari film nata sesudah mengalami biodegradasi menunjukkan jenis yang sama dengan gugus fungsi pada film nata sebelum biodegradasi. Dengan demikian biodegradasi menyebabkan pemutusan ikatan glikosidik dan menghasilkan jenis gugus fungsi yang sama dengan molekul glukosa.

Berdasarkan Tabel 8 dapat disimpulkan bahwa semakin bertambahnya waktu biodegradasi, persen pengurangan massa film nata semakin meningkat pula. Film nata

Tabel 8. Pengurangan Massa Rata-Rata Film *Nata de Cassava* selama Biodegradasi

Hari ke	Pengurangan massa rata-rata (%)
5	29,033
10	62,220
15	78,902

mengalami biodegradasi sempurna pada hari ke-20, film nata hancur dan tidak dapat diambil karena menyatu dengan medium malka. Dengan demikian terbukti bahwa film bioplastik dari nata ternyata mudah mengalami biodegradasi. Oleh sebab itu, perlu adanya bahan tambahan agar film nata menjadi tahan lama namun dapat dibiodegradasi ketika tidak dipergunakan lagi.

*Nata de cassava* menunjukkan pengurangan massa sebesar 78,902% ketika biodegradasi selama 15 hari. Dengan demikian, nata yang dihasilkan termasuk film nata yang mudah dibiodegradasi. Hal tersebut dapat disebabkan oleh adanya gugus fungsi yang dapat dihidrolisis oleh enzim berada pada daerah yang mudah diakses.

Tabel 9 menunjukkan laju pengurangan massa film nata pada proses biodegradasi. Semakin bertambahnya waktu biodegradasi, laju pengurangan massa *film nata de cassava*

mengalami penurunan. Laju pengurangan massa terbesar diperlihatkan pada 5 hari pertama biodegradasi. Hal ini disebabkan oleh masih banyaknya nutrisi atau kandungan gugus fungsi yang akan menjadi sumber nutrisi yang dibutuhkan mikroorganisme pengurai pada 5 hari pertama. Semakin lama biodegradasi, gugus fungsi yang terdapat dalam film nata terbiodegradasi semakin berkurang karena semakin banyak gugus fungsi yang sudah mengalami hidrolisis sebelumnya sehingga nutrisi atau senyawa yang dibutuhkan mikroorganisme menjadi berkurang. *Nata de cassava* menunjukkan laju pengurangan massa cukup tinggi untuk setiap variasi waktu biodegradasi.

## KESIMPULAN

Karakteristik film *nata de cassava* yang dihasilkan ditinjau dari gugus fungsi menunjukkan bahwa komponen utama

Tabel 9. Laju Pengurangan Massa Film Nata selama Biodegradasi

Hari ke	Laju pengurangan massa rata-rata (mg/hari)
5	1,867
10	1,300
15	1,177

penyusun nata adalah polimer selulosa. Hal ini ditunjukkan dengan gugus fungsi karakteristik yaitu gugus-OH bebas, C-H alifatik, C-O, struktur cincin piran, struktur aromatik, ikatan C-C dan ikatan  $\beta$ -1,4-glikosidik. Gugus fungsi tersebut merupakan gugus fungsi karakteristik untuk selulosa. Keberadaan selulosa yang menyusun film bioplastik nata berasal dari limbah rumah tangga yaitu air rebusan parutan singkong yang diperkuat oleh difraktogram XRD film nata yang menunjukkan adanya fase kristalin  $1\alpha$  dan  $1\beta$  pada  $15^\circ$  dan  $22,5^\circ$ . Keberadaan pelikel selulosa diperkuat juga oleh foto SEM film nata. Film *nata de cassava* bersifat kaku ditunjukkan oleh *tensile strength* dan modulus *Young* sangat tinggi, tetapi *break strain* sangat rendah. *Nata de cassava* merupakan film yang stabil secara termal ditunjukkan oleh massa film sebesar 80% atau mengalami pengurangan massa sebesar 20% pada temperatur  $400^\circ\text{C}$ . Seiring bertambahnya waktu biodegradasi, massa bioplastik yang berkurang semakin banyak dengan kata lain persen pengurangan massanya meningkat. Proses biodegradasi menyebabkan pemutusan ikatan  $\beta$ -1,4-glikosidik sehingga molekul selulosa terurai kembali menjadi molekul-molekul glukosa.

#### DAFTAR PUSTAKA

Anggara. (2001). Pati tapioka dan pati jagung. [www.Natadecassava.wordpress.com](http://www.Natadecassava.wordpress.com).

*com*. Diunduh pada tanggal 1 Januari 2010.

Averous, Luc. (2002). "Biodegradable multi-phase systems based on plasticized starch: a review". *Journal of Macromolecular Science*, United Kingdom.

Barud, H.S., C. A. Ribeiro, Marisa S. Crespi, M. A. U. Martines, J. Dexpert-Ghy, R. F. C. Marques, Y. Messaddel and S.J.L. Ribeiro. (2007). "Thermal Characterization of Bacterial Cellulose-Phosphate Composite Membrane". *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, Vol 87 (3), 815-818.

Bourtoom. (2006). "Effect of plasticizer type and concentration on the properties of edible film from water-soluble fish proteins in surimi wash-water". *Food Science and Technology International*, Vol. 12, No. 2, 119-126.

Budi Santoso. (2006). "Karakterisasi komposit *edible film* buah kolang-kaling (*Arenga Pinnata*) dan Lilin Lebah (*Beeswax*)". *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, Vol 17.

Eli Rohaeti, N.M. Surdia, C.L. Radiman, E. Ratnaningsih. (2003). "Pengaruh variasi komposisi amilosa terhadap kemudahan biodegradasi poliuretan". *Jurnal Matematika & Sains*, Volume 8 No.4, 157-161.

Eli Rohaeti, N.M.Surdia, C.L.Radiman, E. Ratnaningsih. (2004). "Pengaruh dua macam perlakuan mikroorganisme terhadap kemudahan degradasi poliuretan hasil sintesis dari monomer Polietilen Glikol berat molekul 400 dengan Metilen-4,4'-difenildiisiosianat". *Proc. ITB Sains & Tek.*, Volume 36A No.1, 1-9

Eli Rohaeti dan Senam. (2008). "Efek minyak nabati pada biodegradasi poli

uretan hasil sintesis dari PEG400 dan MDI".  
*Laporan Penelitian*. Jakarta: Dikti.

Jan van Beilen. (2006). <http://www.bioplasticsmagazine.net>. Diakses tanggal 1 Januari 2010.

Linda Tokarz. (2007). "Edible films made from dairy, biofuel byproducts". *Agricultural Research Magazine*, May/June 2007.

Pongchayont Sirikhajornnam dan Panu Danwanichakul. (2006). <http://id.shvoong.com/exact-sciences/1803964-proses-pembuatan-nata-coco>, Diakses tanggal 1 Januari 2010.

Purnomo, Dayu Senoaji ANP. (2009). "Pembuatan dan karakterisasi edible film dari pati ubi kayu dan ganyong dengan

penambahan sorbitol dan gliserol".  
*Skripsi*, Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Malang.

Schnabel, W. (1981). Biodegradation dalam *Polymer Degradation, Principles and Practical Applications*. New York: Macmillan Publishing Co, Inc., 154- 176.

Wahyono. (2009). "Karakteristik edible film berbahan dasar kulit dan pati biji durian (*durio sp*) untuk pengemasan buah strawberry". *Tesis*, Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Weiping Ban et al. (2005). "Improving the physical and chemical functionality of starch-derived films with biopoly-mers". *Journal of Applied Polymer Science 2006* Vol. 100, United States.