

Volume 16, Nomor 2, Oktober 2011 ISSN: 1412-3991

**JURNAL PENELITIAN**

# Saintek

- Sintesis dan Karakterisasi  $\text{SnO}_2$  Sebagai Upaya Pengembangan Produk Hilir Timah Putih Untuk Meningkatkan Devisa Nasional
- Peningkatan Karoten dalam Roti Manis dengan Substitusi *Puree* Ubi Jalar Oranye pada Tepung Terigu
- Uji Sitotoksik Beberapa Senyawa Mono Para Hidroksi Kalkon Terhadap *Cancer Cell Line T47D*
- Performansi Pemakaian Energi pada Sistem Pendingin Bangunan Menggunakan Kendali Termostat, *On/Off* Digital dan Logika Fuzzy
- Studi Kompleksasi Lantanum dengan Senyawa Makrosiklis dan Karakterisasi Sebagai Elektroda Selektif Ion Lantanum
- Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) pada Daerah Aliran Sungai Ongkak Mongondow di Desa Muntoi Kabupaten Bolaang Mongondow
- Bioplastik *Nata De Cassava* Sebagai Bahan *Edible Film* Ramah Lingkungan

LPPM  
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

SAINTEK

Volume  
16

Nomor  
2

Halaman  
99 - 190

YOGYAKARTA

ISSN: 1412-3991

# JURNAL PENELITIAN **Saintek**

**Penerbit:**

Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat  
Universitas Negeri Yogyakarta

**Pemimpin Umum/Penanggung Jawab:**

Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat  
Universitas Negeri Yogyakarta

**Redaksi:**

Ketua : Prof. Dr. Sri Atun  
Sekretaris : Retno Arianingrum, M.Si.  
Redaktur Ahli : 1. Dr. Wardan Suyanto, M.A.  
2. Dr. dr. BM Wara Kushartanti, M.S.  
Redaktur Pelaksana : Retno Hidayah, Ph.D.  
Anggota Redaktur : 1. Dr. Heru Kuswanto  
2. Slamet Widodo, M.T.  
3. Agus Budiman, M.Pd., M.T.  
Mitra Bestari : 1. Prof. K.H. Sugijarto, Ph.D.  
2. Prof. Dr. Indyah Sulistyarto, M.S.

**Tata Usaha/Pelaksana:**

Poni Pujiyati, S.Si.

**Setting dan Tata Letak:**

Rini Astuti, S.IP.

**Alamat Redaksi/Tata Usaha:**

Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM)  
Universitas Negeri Yogyakarta

Gg. Guru, Kampus Karangmalang, Yogyakarta 55281

Telepon (0274) 586168 pesawat 242, 262, Fax. (0274) 518617

Website: <http://www.uny.ac.id/penelitian-dan-pengabdian/lemlit>

Email: [lppm.uny@gmail.com](mailto:lppm.uny@gmail.com) [lppm@uny.ac.id](mailto:lppm@uny.ac.id)

Jurnal Penelitian Saintek merupakan lanjutan dari Jurnal Penelitian Iptek dan Humaniora

Frekuensi terbit: setiap bulan April dan Oktober

Semua tulisan yang ada dalam Jurnal Penelitian Saintek bukan merupakan cerminan sikap dan/atau pendapat Dewan Redaksi. Tanggung jawab terhadap isi dan/atau akibat dari tulisan tetap terletak pada penulis.

Daftar Isi .....	i
<b>Sintesis dan Karakterisasi SnO<sub>2</sub> Sebagai Upaya Pengembangan Produk Hilir Timah Putih Untuk Meningkatkan Devisa Nasional</b> <i>Oleh: A.K. Prodjosantoso, Endang Widjajanti L.F.X., M. Pranjoto Utomo</i> .....	99 - 110
<b>Peningkatan Karoten dalam Roti Manis dengan Substitusi Puree Ubi Jalar Oranye pada Tepung Terigu</b> <i>Oleh: Ichda Chayati</i> .....	111 - 120
<b>Uji Sitotoksik Beberapa Senyawa Mono Para Hidroksi Kalkon Terhadap Cancer Cell Line T47D</b> <i>Oleh: Retno Arianingrum, Indyah Sulistyoyo Arty, Sri Atun</i> .....	121 - 132
<b>Performansi Pemakaian Energi pada Sistem Pendingin Bangunan Menggunakan Kendali Termostat, On/off Digital dan Logika Fuzzy</b> <i>Oleh: Henry Nasution</i> .....	133 - 144
<b>Studi Kompleksasi Lantanum dengan Senyawa Makrosiklis dan Karakterisasi Sebagai Elektroda Selektif Ion Lantanum</b> <i>Oleh: Suyanta, Sunarto, Lis Permana Sari</i> .....	145 - 159
<b>Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) pada Daerah Aliran Sungai Ongkak Mongondow di Desa Muntoi Kabupaten Bolaang Mongondow</b> <i>Oleh: Parabelem T.d. Rompas</i> .....	160 - 171
<b>Bioplastik Nata De Cassava Sebagai Bahan Edible Film Ramah Lingkungan</b> <i>Oleh: Heru Pratomo dan Eli Rohaeti</i> .....	172 - 190

## 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 aliphatic, 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

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

*aminer 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

$$\varepsilon = \frac{Lt - Lo}{Lo} \times 100\% \quad (2)$$

$\varepsilon$  = perpanjangan saat putus (%)  
Lt = panjang pada saat putus  
Lo = 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 :

$W_i$  = massa sampel sesungguhnya sebelum dibiodegradasi.

$W_{is}$  = massa sampel awal tanpa faktor koreksi.

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

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