

---

Maret 2008

## **JURNAL TEKNOLOGI PERTANIAN**

**UNIVERSITAS MULAWARMAN**

### **Review**

Fungsi Biologi Asam Sialat, Produksi dan Peranannya dalam Industri Makanan Bayi (*Biological Function of Sialic Acid, Production, and Their Role in Infant Food Industry*) **Krishna Purnawan Candra**

### **Penelitian**

Pemanfaatan Ekstrak Kulit Kayu Akasia (*Acacia Auriculiformis*) sebagai Bahan Pengawet Telur Terhadap Kualitas dan Ketahanan Telur Selama Penyimpanan (*The Use of Acacia's (Acacia auriculiformis) Bark Extract As Eggs Preservation Agent On Eggs Quality and Shelf Life During Storage*) **Sukmiyati Agustin**

Kajian Pemanfaatan Tepung Bonggol Pisang (*Musa paradisiaca* Linn.) sebagai Substitusi Tepung Terigu dalam Pembuatan Mie Basah (*Study of Banana Tuber Flour (Musa paradisiaca Linn) as Ingredient Substitution of Wheat Flour in Making Wet Noodles*) **Bernatal Saragih, Odit Ferry K, dan Andi Sanova**

Karakterisasi Bioplastik Poli- $\beta$ -hidroksialkanoat yang Dihasilkan oleh *Ralstonia eutropha* pada Substrat Hidrosilat Pati Sagu dengan Pemlastis Isopropil Palmitat (*Characterization of Bioplastic Poly- $\beta$ -Hydroxyalkanoates Produced by *Ralstonia eutropha* on Hydrolyzed Sago Starch Substrate with Isopropyl Palmitate as Plastisizer*) **Khaswar Syamsu, Chilwan Pandji, dan Jummi Waldi**

Aktivitas Penangkapan Radikal Bebas DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhidrazyl) Beberapa Jenis Minuman Teh (*Scavenging activity of DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhidrazyl) free radical of some tea beverages*) **Dadan Rohdiana, Wisnu Cahyadi, dan Trisna Risnawati**

Aktivitas Kitin Deasetilase dari Bacillus K29-14 pada Media yang Mengandung Berbagai Jenis Kitin (*Chitin Deacetylase Activity of Bacillus K29-14 on Media Containing Various Forms of Chitin*) **Aswita Emmawati**

---

# **JTP**

## **JURNAL TEKNOLOGI PERTANIAN**

### **PENERBIT**

Program Studi Teknologi Hasil Pertanian  
Jurusan Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian  
Universitas Mulawarman  
Jl. Tanah Grogot Kampus Gunung Kelua  
Samarinda

### **PELINDUNG**

Juremi Gani

### **PENANGGUNG JAWAB**

Alexander Mirza

### **KETUA EDITOR**

Krishna Purnawan Candra (THP-UNMUL Samarinda)

### **EDITOR**

Dahrulsyah (TPG-IPB Bogor)  
Meika Syahbana Roesli (TIN-IPB Bogor)  
Muhammad Nurroufiq (BPTP-Samarinda)  
Neni Suswatini (THP-UNMUL Samarinda)  
Sulistyo Prabowo (THP-UNMUL Samarinda)  
Hudaida Syahrumsyah (THP-UNMUL Samarinda)

### **EDITOR PELAKSANA**

Hadi Suprpto  
Sukmiyati Agustin, Anton Rahmadi

### **ALAMAT REDAKSI**

Program Studi Teknologi Hasil Pertanian  
Fakultas Pertanian  
Universitas Mulawarman  
Jalan Tanah Grogot Kampus Gunung Kelua  
Samarinda 75123  
Telp 0541-749159  
e-mail: JTP\_unmul@yahoo.com

# JURNAL TEKNOLOGI PERTANIAN

## UNIVERSITAS MULAWARMAN

Volume 3 Nomor 2  
Maret 2008

Halaman

### Review

- Fungsi Biologi Asam Sialat, Produksi dan Peranannya dalam Industri Makanan Bayi (*Biological Function of Sialic Acid, Production, and Their Role in Infant Food Industry*) **Krishna Purnawan Candra** ..... 50

### Penelitian

- Pemanfaatan Ekstrak Kulit Kayu Akasia (*Acacia Auriculiformis*) sebagai Bahan Pengawet Telur Terhadap Kualitas dan Ketahanan Telur Selama Penyimpanan (*The Use of Acacia's (Acacia auriculiformis) Bark Extract As Eggs Preservation Agent On Eggs Quality and Shelf Life During Storage*) **Sukmiyati Agustin** ..... 58

- Kajian Pemanfaatan Tepung Bonggol Pisang (*Musa paradisiaca* Linn.) sebagai Substitusi Tepung Terigu dalam Pembuatan Mie Basah (*Study of Banana Tuber Flour (Musa paradisiaca Linn) as Ingredient Substitution of Wheat Flour in Making Wet Noodles*) **Bernatal Saragih, Odit Ferry K, dan Andi Sanova** ..... 63

- Karakterisasi Bioplastik Poli- $\beta$ -hidroksialkanoat yang Dihasilkan oleh *Ralstonia eutropha* pada Substrat Hidrosilat Pati Sagu dengan Pemlastis Isopropil Palmitat (*Characterization of Bioplastic Poly- $\beta$ -Hydroxyalkanoates Produced by Ralstonia eutropha on Hydrolyzed Sago Starch Substrate with Isopropyl Palmitate as Plastisizer*) **Khaswar Syamsu, Chilwan Pandji, dan Jummi Waldi**..... 68

- Aktivitas Penangkapan Radikal Bebas DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhidrazyl) Beberapa Jenis Minuman Teh (*Scavenging activity of DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhidrazyl) free radical of some tea beverages*) **Dadan Rohdiana, Wisnu Cahyadi, dan Trisna Risnawati**..... 79

- Aktivitas Kitin Deasetilase dari *Bacillus* K29-14 pada Media yang Mengandung Berbagai Jenis Kitin (*Chitin Deacetylase Activity of Bacillus K29-14 on Media Containing Various Forms of Chitin*) **Aswita Emmawati**... 82



## KARAKTERISASI BIOPLASTIK POLI- $\beta$ -HIDROKSIALKANOAT YANG DIHASILKAN OLEH *Ralstonia eutropha* PADA SUBSTRAT HIDROLISAT PATI SAGU DENGAN PEMLASTIS ISOPROPIL PALMITAT

(*Characterization of Bioplastic Poly- $\beta$ -Hydroxyalkanoates Produced by *Ralstonia eutropha* on Hydrolyzed Sago Starch Substrate with Isopropyl Palmitate as Plastisizer*)

**Khaswar Syamsu, Chilwan Pandji, Jummi Walidi**

Departemen Teknologi Industri Pertanian dan Pusat Penelitian Sumberdaya Hayati dan Bioteknologi,  
Institut Pertanian Bogor

Received 5 January 2008, accepted 15 February 2008

### ABSTRACT

Poly- $\beta$ -Hydroxyalkanoates (PHA) was produced by *Ralstonia eutropha* using fed batch cultivation method for 96 hours using hydrolyzed sago starch substrate. Bioplastic from PHA was then made by solution casting method with chloroform as solvent and isopropyl palmitate as plasticizer. The concentration of isopropyl palmitate (IPP) used in this research were 0 % (w/w) (as a control), 10 % (w/w), 15 % (w/w), and 20 % (w/w). Bioplastic characteristics which were tested were tensile strength, elongation at break, elastic modulus, functional groups, thermal properties, crystallinity, and density. Bioplastic with 15 % (w/w) IPP concentration gave the best result with a value of tensile strength of 4.6219 MPa; elongation at break of 2.8649 %; elastic modulus of 208.81 MPa; melting point of 168.8 °C; cristalinity of 53.97 % and density of 0.87333 g cm<sup>-3</sup>.

*Key words: Bioplastic, Poly- $\beta$ -Hydroxyalkanoates (PHA), *Ralstonia eutropha*, Hydrolyzed sago starch, Isopropyl palmitate*

### PENDAHULUAN

Penggunaan bahan dasar plastik yang dapat terdegradasi secara biologis oleh mikroorganisme alami terus dikembangkan dalam rangka mengurangi permasalahan lingkungan yang ditimbulkan oleh sampah-sampah non-organik, terutama sampah plastik. Keuntungan lain dari penggunaan bahan baku alami dalam pembuatan plastik adalah sifatnya yang merupakan sumber daya alam yang dapat diperbaharui, sehingga keberadaannya dapat terus dilestarikan.

Salah satu bahan bioplastik yang cukup penting dan masih terus diteliti serta dikembangkan sampai saat ini adalah Poli- $\beta$ -Hidroksialkanoat (PHA). PHA merupakan poliester hidroksialkanoat yang disintesa oleh sejumlah bakteri sebagai komponen simpanan energi dan karbon intraseluler yang diakumulasi sebagai granula dalam sitoplasma sel (Lee, 1996).

Dalam proses pembuatan bioplastik, PHA perlu ditambahkan pemlastis. Penambahan pemlastis baik sintetis maupun alami bertujuan

untuk memperbaiki sifat bioplastik yang dihasilkan, memperluas atau memodifikasi sifat dasarnya atau dapat memunculkan sifat baru yang tidak ada dalam bahan dasarnya (Spink dan Waychoff dalam Frados, 1958).

Berdasarkan komposisi asam lemak minyak sawit yang unik dengan kandungan asam lemak utama, yaitu asam oleat dan palmitat dalam fraksi olein dan stearin, maka kedua fraksi tersebut dapat dikonversi menjadi pemlastis. Salah satu ester asam lemak minyak sawit yang dapat dimanfaatkan sebagai pemlastis adalah isopropil palmitat (Sadi dan Purboyo, 1996).

Isopropil palmitat biasanya digunakan dalam pembuatan kosmetik sebagai pengental (*thickening agent*) dan emulsifier. Isopropil palmitat bersifat *edible* atau aman jika dikonsumsi karena isopropil palmitat dapat dihasilkan dari asam palmitat minyak sawit. Isopropil palmitat merupakan ester dari isopropil alkohol dan asam palmitat dengan nama

resmi 1-metil etil heksadekanat (Anonim, 2006a). Secara umum isopropil palmitat merupakan materi tidak beracun dan tidak menimbulkan iritasi.

Syamsu *et al* (2006b) telah mencoba penggunaan pemlastis sintetis seperti dimetil ftalat (DMF) dalam pembuatan bioplastik PHA. Nilai kuat tarik dan perpanjangan putus bioplastik dengan menggunakan pemlastis DMF berturut-turut adalah 3.382 MPa dan 23.88 %. Tetapi pemakaian pemlastis sintetis dalam pembuatan bioplastik PHA menghasilkan bioplastik yang bersifat *non-edible* sehingga tidak cocok jika digunakan sebagai bahan kemasan produk-produk pangan.

Pembuatan bioplastik dengan PHA sebagai biji plastik dan IPP sebagai pemlastis diharapkan menghasilkan bioplastik yang memiliki karakteristik yang baik dan dapat menjadi substitusi plastik-plastik konvensional yang berbasis petrokimia. Penggunaan bahan pemlastis yang bersifat alami dan *edible*, diharapkan dapat menghasilkan bioplastik yang tidak hanya aman jika dibuang ke lingkungan namun juga aman jika digunakan sebagai bahan kemasan pangan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan konsentrasi IPP terbaik sebagai pemlastis dalam pembuatan bioplastik PHA, serta mengetahui karakteristik bioplastik PHA yang dihasilkan dengan konsentrasi IPP terbaik.

## METODOLOGI

### Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan bioplastik ini antara lain; (1) Poli- $\beta$ -Hidroksialkanoat (PHA) sebagai biji plastik; (2) kloroform sebagai pelarut; (3) isopropil palmitat sebagai pemlastis. Poli- $\beta$ -Hidroksialkanoat (PHA) yang digunakan dalam penelitian ini adalah PHA hasil kultivasi secara *fed-batch* menggunakan bakteri *Ralstonia eutropha* IAM 12368 yang diperoleh dari IAM Culture Collection, Institute of Molecular and Cellular Bioscience, The University of Tokyo. Sumber karbon yang digunakan dalam substrat kultivasi adalah hidrolisat pati sagu yang dibuat dengan hidrolisis enzimatis pati sagu dengan enzim  $\alpha$ -amilase dan amiloglukosidase (Syamsu *et al.*, 2006a).

Bahan-bahan lain yang dibutuhkan untuk kultivasi bakteri dan isolasi PHA adalah *nutrient*

*broth*,  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ ,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CaCl}_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , *buffer* tris-hidroklorida, NaOH, NaOCl dan  $\text{NH}_4\text{OH}$ .

Alat-alat yang digunakan untuk kultivasi PHA adalah bioreaktor skala 13 liter dengan volume kerja 10 liter, autoklaf, pH meter, *waterbath shaker*, *rotary shaking inkubator*, sentrifus, penyaring vakum, termometer, oven, desikator, freezer, neraca analitik, *clean bench*, pipet mikro, ose bunsen, pendingin tegak, *hotplate*, lemari asap, plat kaca, dan alat-alat gelas.

Peralatan untuk pengujian yang digunakan meliputi alat pengukur kuat tarik dengan jenis Tensilon, alat untuk mengetahui gugus fungsi bahan yakni *Fourier Transform Infra Red* (FTIR), dan alat untuk menganalisa titik leleh polimer yaitu *Differential Scanning Calorimetry* (DSC).

### Metode Penelitian

Penelitian ini dibagi menjadi dua tahap, yaitu tahap persiapan bahan biji bioplastik dan tahap pembuatan serta karakterisasi bioplastik.

#### *Tahap persiapan bahan biji bioplastik*

Secara umum tahap persiapan bahan biji plastik terdiri dari dua tahapan utama, yaitu (1) persiapan kultur dan media kultivasi, (2) kultivasi PHA, dan (3) proses hilir PHA.

#### *Persiapan kultur dan media kultivasi*

Komposisi 1 L media yang digunakan terdiri atas hidrolisat pati sagu sebagai sumber karbon setara 30 g L<sup>-1</sup>, 5,66 g  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$  sebagai sumber nitrogen, 5,8 g  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  dan 3,8 g  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  sebagai sumber fosfat, serta mikroelemen yang terdiri dari 2,78 g  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , 1,98 g  $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ , 2,81 g  $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , 1,67 g  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , 0,17 g  $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , dan 0,29 g  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ .

Sebelum dilakukan proses kultivasi pada bioreaktor, terlebih dahulu kultur *R. eutropha* ditumbuhkan pada media propagasi selama 3 x 24 jam, pada suhu 34 °C dan kecepatan 150 rpm.

**Kultivasi PHA secara fed-batch (Syamsu et al., 2006a)**

Kultivasi *fed-batch* dilakukan pada bioreaktor skala 13 liter, volume kerja 10 liter, pH 6,9, agitasi 150 rpm, suhu 34 °C dan aerasi 0,2 vvm. Kultivasi dilakukan selama 96 jam. Metode pengumpulan dilakukan pada saat mikroba memasuki fase pertumbuhan stationer yaitu pada jam ke-48. Umpan berupa hidrolisat pati sagu yang setara dengan 20 g L<sup>-1</sup> kultur dengan kecepatan pengumpulan konstan 1,7 mL menit<sup>-1</sup>.

**Proses hilir PHA (Lee, 1996; Imamura et al., 2001)**

Setelah proses kultivasi selesai, cairan kultivasi disentrifugasi pada kecepatan 13.000 rpm selama 10 menit. Proses sentrifugasi terdiri dari empat tahap, yaitu (i) pemisahan biomassa dari fase cair, (ii) pencucian endapan biomassa yang diperoleh dengan aquades, (iii) dinding sel dipecah dan dihancurkan (*digest*) dengan NaOCl 0,2 % selama 1 jam, (iv) pencucian ekstrak PHA dengan aquades. Ekstrak biji plastik PHA kasar yang diperoleh kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu ± 50 °C selama 24 jam.

PHA kering yang diperoleh dihaluskan dan kemudian dilarutkan dalam kloroform dengan perbandingan 1 gram PHA kering banding 50 ml kloroform. Larutan kemudian diaduk dan dipanaskan pada suhu ± 50 °C selama 24 jam. Untuk mencegah penguapan pelarut, maka dipasang pendingin tegak. Setelah itu, larutan disaring dengan menggunakan kertas saring *wathman* 42 pada penyaring vakum. Filtrat hasil saringan yang mengandung PHA yang terlarut dalam kloroform diuapkan pada lemari asap untuk memperoleh PHA kering yang lebih murni.

**Tahap pembuatan bioplastik****Motode pembuatan bioplastik (Syamsu et al., 2006b)**

Proses pembuatan bioplastik dilakukan dengan teknik *solution casting*. Proses pembuatan bioplastik dimulai dengan pencampuran PHA, kloroform, dan isopropil palmitat. Pencampuran dilakukan dengan pengadukan biasa sampai terbentuk larutan PHA-kloroform-isopropil palmitat yang homogen. Kemudian larutan yang telah homogen dituang pada cetakan (plat kaca).

**Penentuan jumlah kloroform**

Menurut Lee (1996), untuk melarutkan satu bagian PHA diperlukan 20 bagian pelarut. Jumlah pelarut yang optimal akan ditentukan dengan cara melarutkan PHA pada kloroform dengan perbandingan PHA-kloroform 1:5, 1:10, 1:15 dan 1:20.

**Penentuan jumlah PHA**

Jumlah PHA yang digunakan disesuaikan dengan ketebalan bioplastik yang akan dihasilkan. Jumlah PHA yang diperlukan adalah jumlah PHA yang mampu menutupi seluruh permukaan cetakan dan memenuhi ketebalan yang ditentukan yaitu ± 0,05 mm.

**Penentuan jumlah Isopropil Palmitat**

Jumlah isopropil palmitat yang ditambahkan tergantung pada jumlah PHA yang akan digunakan. Pada penelitian ini akan diujikan konsentrasi isopropil palmitat mulai dari 0 % (kontrol), 10 %, 15 %, dan 20 % (b/b) dari jumlah PHA.

**Karakterisasi bioplastik****Sifat Mekanis (ASTM D 638 M-III, 1998)**

Pengujian sifat mekanis meliputi uji kuat tarik, perpanjangan putus, dan elastis modulus. Alat yang digunakan untuk pengujian adalah Universal Testing Machine (UTM) yang dibuat oleh Orientec Co. Ltd. dengan model UCT-5T. Lembaran sampel dipotong menjadi dumbbell ASTM D638 M-III. Kondisi pengujian dilakukan pada temperatur ruang uji dengan suhu 27 °C, kelembaban ruang uji 65 %, kecepatan tarik 1 mm menit<sup>-1</sup>, skala *load cell* 10 % dari 50 N, dan pengukuran ketebalan sampel yang akan diuji menggunakan *Digital Micrometer*.

**Gugus Fungsi (ASTM E 1252-88, 1998)**

Gugus fungsi PHA dapat dideteksi dengan menggunakan alat *Fourier Transform Infra-Red Spectrometer* (FTIR). Tipe alat FTIR yang digunakan dalam penelitian ini adalah FTIR-4300. Metode pengujian berdasarkan ASTM E 1252-88 yaitu dengan menggunakan

metode KBr (Kalium Bromida) yang dipadatkan. Metode ini digunakan pada selang bilangan gelombang antara 5000 – 400  $\text{cm}^{-1}$  (2 – 25  $\mu\text{m}$ ).

#### Sifat Termal (ASTM D 3418, 1998)

Alat yang digunakan adalah *Differential Scanning Calorimetry* (DSC) dengan tipe *Seiko Instruments Inc.*, analisa sifat termal meliputi pengukuran suhu pelelehan (*melting point*,  $T_m$ ), suhu transisi kaca (*glass transition temperature*,  $T_g$ ), dan perubahan entalpi sampel selama proses tersebut. Sampel ditimbang  $\pm 5$  mg kemudian dimasukkan kedalam *crucible* 40  $\mu\text{L}$ . Analisa dilakukan dengan pemanasan sampel dari temperatur kamar hingga 200  $^{\circ}\text{C}$ . Kecepatan pemanasan adalah 10  $^{\circ}\text{C}$  menit<sup>-1</sup>. Nitrogen cair digunakan untuk pendinginan dengan kecepatan aliran 50 mL menit<sup>-1</sup>.

#### Densitas (Rabek, 1983)

Sampel dibentuk segi empat, kemudian diukur panjang, lebar, tebal, dan beratnya. Densitas diperoleh dari pembagian berat sampel (g) dengan volumenya ( $\text{cm}^3$ ).

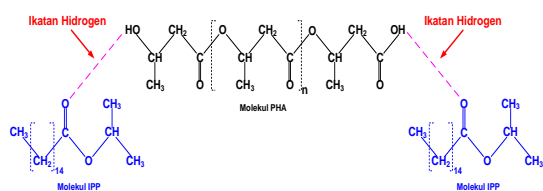
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Persiapan Bahan Biji Bioplastik

Rendemen PHA murni yang diperoleh setelah proses pemurnian dengan kloroform adalah sebesar  $\pm 40$  %. Dari hasil analisa FTIR yang dilakukan Atifah (2006) diketahui bahwa bakteri *R. eutropha* dapat menghasilkan PHA terutama jenis poli- $\beta$ -hidroksibutirat (PHB). Ciri khas poli-HB adalah adanya gugus metil ( $\text{CH}_3$ ) yang terdeteksi pada bilangan gelombang 1375-1450  $\text{cm}^{-1}$  (Nur, 1989).

### Pembuatan Bioplastik

Terbentuknya lembaran bioplastik dengan penambahan pemlastis IPP (isopropil palmitat) diduga terjadi karena adanya ikatan hidrogen antara molekul PHA dengan molekul IPP. Proses pembentukan ikatan hidrogen ini dapat dilihat pada Gambar 1.



**Figure 1. Hypothetical mechanism of hydrogen bonding between PHA and IPP molecules.**

Karena hanya memiliki sebuah elektron, atom hidrogen hanya dapat berikatan dengan sebuah atom lain. Akan tetapi, pada keadaan tertentu, sering dijumpai bahwa atom hidrogen dapat pula berikatan cukup kuat dengan dua buah atom lain. Pada keadaan demikian terbentuk ikatan hidrogen antara atom-atom tersebut dengan atom H dengan energi ikat 0,1 eV. Dalam ikatan hidrogen, atom H bersifat sebagai ion positif terutama bila berikatan dengan atom-atom yang elektronegatif, seperti F, O dan N. Salah satu contoh ikatan hidrogen adalah ikatan antara dua molekul asam etanoat (asam cuka) (Anonim, 2006b).

Gugus OH yang terdapat pada kedua ujung polimer PHA merupakan ikatan kovalen polar antara O dan H. Menurut Sukardjo (1985), ikatan kovalen merupakan ikatan yang terbentuk dengan pembagian elektron.

Pada ikatan kovalen antara atom O dan atom H pada gugus OH diujung rantai polimer PHA, elektron tidak terbagi merata dan akan lebih dekat kepada atom yang mudah menarik elektron. Atom O merupakan atom dengan elektronegativitas tinggi sehingga akan menarik elektron dari atom H. Penarikan elektron ke arah atom O menyebabkan atom H semakin menjauh karena terbentuk kutub positif pada atom H dan kutub negatif pada atom O.

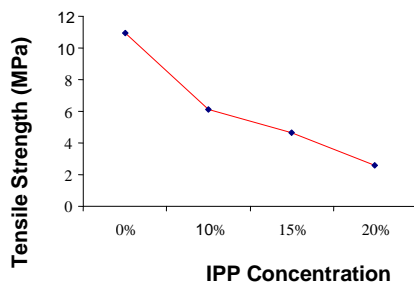
Atom O dengan ikatan rangkap yang terdapat pada gugus ester molekul IPP cenderung kurang stabil sehingga memungkinkan membentuk ikatan hidrogen dengan atom H terpolarisasi yang terdapat pada ujung rantai polimer PHA. Menurut Sukardjo (1985), ikatan hidrogen tersebut terbentuk karena gaya elektrostatik antara H dan O. Ikatan hidrogen sifatnya lebih lemah dari pada ikatan kovalen. Ikatan hidrogen terjadi antara atom-atom yang sangat polar, yaitu atom-atom yang mempunyai elektronegativitas tinggi seperti F, O, dan N dengan atom H.

**Karakteristik Bioplastik**

**Sifat Mekanis**

Pengujian sifat mekanis meliputi pengujian kuat tarik, perpanjangan putus dan *elastic modulus*. Gambar 2 merupakan grafik perbandingan nilai kuat tarik bioplastik pada berbagai selang konsentrasi. Penambahan pemlastis bisa memperlonggar ikatan mulokul-molekul PHA, karena pemlastis tersisip secara fisika pada rantai polimer. Pemlastis juga menjadikan PHA yang tadinya kaku menjadi lebih lunak dan elastis sehingga kuat tarik turun atau dengan kata lain beban yang dibutuhkan untuk memutuskan bioplastik menjadi berkurang. Semakin banyak pemlastis yang ditambahkan maka kuat tarik akan berkurang.

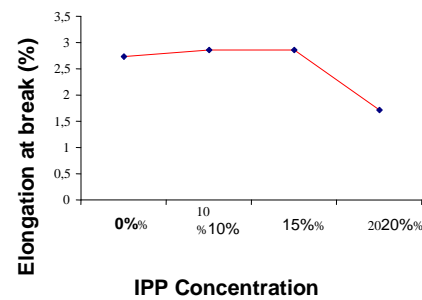
Nilai kuat tarik pada konsentrasi IPP 0 % (b/b), 10 % (b/b), 15 % (b/b), dan 20 % (b/b) berturut adalah sebesar 10,923 MPa, 6,1371 MPa, 4,6219 MPa, dan 2,6160 MPa.



**Figure 2. Effect of IPP concentration of tensile strength.**

Penambahan pemlastis IPP menyebabkan terbentuknya interaksi molekuler dengan rantai polimer PHA dalam bentuk ikatan hidrogen (Gambar 1). Ikatan hidrogen merupakan ikatan yang sangat lemah, lebih lemah dari ikatan kovalen (Sukardjo, 1985). Pembentukan ikatan hidrogen tersebut menyebabkan peningkatan kecepatan respon viskoelastis dan mobilitas molekuler rantai polimer PHA. Peningkatan mobilitas molekuler tersebut menjadikan kekompakan molekul menjadi berkurang. Kekompakan molekul polimer yang semakin berkurang seiring dengan peningkatan konsentrasi IPP yang kemudian menyebabkan semakin sedikitnya gaya yang dibutuhkan untuk menarik bahan sehingga kuat tarik bahan semakin turun.

Pada penambahan pemlastis dengan konsentrasi 30 % (b/b), bioplastik masih terbentuk, tapi lembaran bersifat sangat rapuh dan tidak dapat dilakukan pengujian kuat tarik. Hal ini menandakan bahwa pencampuran antara PHA dengan IPP telah jenuh.



**Figure 3. Effect of IPP concentration on elongation at break**

Perpanjangan putus merupakan perubahan panjang material sampai material tersebut putus akibat menerima gaya regangan pada pengujian kuat tarik. Peningkatan konsentrasi IPP akan meningkatkan kecepatan respon viskoelastis dan mobilitas molekuler rantai polimer PHA. Meningkatnya mobilitas molekuler rantai polimer ditunjukkan dengan bahan semakin elastis sehingga perpanjangan putus cenderung akan meningkat. Peningkatan tersebut akan berlaku selama masih terbentuk interaksi molekuler rantai polimer dengan pemlastis.

Pada Gambar 3, dapat kita lihat bahwa nilai perpanjangan putus bioplastik bertambah dengan penambahan IPP sebagai pemlastis. Namun, setelah konsentrasi IPP 15 % (b/b) perpanjangan putus bioplastik menurun. Hal ini disebabkan karena interaksi molekuler PHA dengan IPP tidak terjadi lagi. Nilai perpanjangan putus pada konsentrasi 0 % (b/b), 10 % (b/b), 15 % (b/b), dan 20 % (b/b) berturut-turut adalah sebesar 2,7262 %, 2,8534 %, 2,8649 %, dan 1,7147 %. Perpanjangan putus bioplastik pada konsentrasi 15 % (b/b) IPP merupakan nilai maksimum. Hal ini menandakan bahwa penambahan IPP dengan



konsentrasi 15 % (b/b) sebagai pemlastis mencapai jumlah optimum untuk pembuatan bioplastik dari PHA hasil kultivasi *R. eutropha* pada substrat hidrolisat pati sagu.

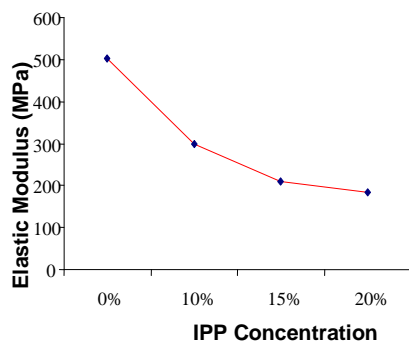


Figure 4. Effect of IPP Concentration on elastic modulus.

Gambar 4 menyajikan nilai *elastic modulus* bioplastik yang dibuat dengan pemlastis IPP. *Elastic modulus* atau yang lebih dikenal sebagai tingkat kekakuan bahan (polimer), semakin turun dengan peningkatan jumlah IPP yang ditambahkan sebagai pemlastis. Nilai *elastic modulus* pada konsentrasi 0 % (b/b), 10 % (b/b), 15 % (b/b), dan 20 % (b/b) berturut-turut adalah sebesar 500,99 MPa, 298,18 MPa, 208,81 MPa, dan 182,64 MPa. Dengan semakin meningkatnya kecepatan respon viskoelastis dan mobilitas molekuler rantai polimer PHA karena penambahan IPP sebagai pemlastis, maka elastisitas bahan akan meningkat dan tingkat kekakuan bahan akan semakin turun. Penurunan tingkat kekakuan bahan ini akan menurunkan nilai *elastic modulus* bioplastik.

Konsentrasi IPP sebesar 15 % (b/b) merupakan jumlah optimum pemlastis pada pembuatan bioplastik menggunakan PHA hasil kultivasi *R. eutropha* pada substrat hidrolisat pati sagu dengan pemlastis IPP.

Pada Gambar 5 dapat dilihat bahwa terdapat titik *yield* pada grafik hubungan kuat tarik dan perpanjangan putus pada bioplastik dengan konsentrasi IPP 15 % (b/b), dimana pada titik ini terjadi perubahan dari deformasi elastis menjadi deformasi plastis. Ciri ini menunjukkan bahwa bioplastik berpotensi memiliki perpanjangan putus yang lebih besar.

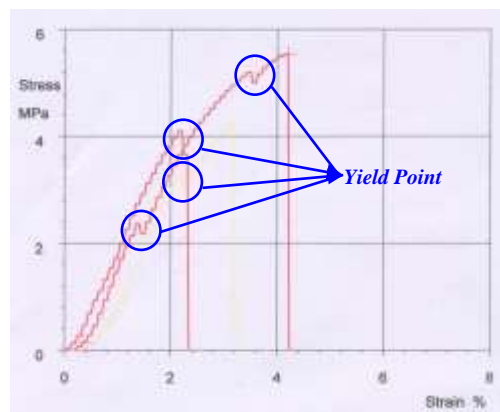


Figure 5. Relationship between tensile strength and elongation at break at IPP concentration of 15%

#### Analisa gugus fungsi (ASTM E 1252-88, 1998)

Berdasarkan pengujian gugus fungsi sampel bioplastik dengan konsentrasi IPP 15 % (b/b) (Gambar 6b), diperoleh informasi beberapa puncak (*peak*) yang muncul. Kemunculan banyak *peak* ini menunjukkan bahwa dalam bioplastik terdapat banyak jenis ikatan. PHA merupakan suatu poliester yang mempunyai beberapa gugus fungsi dominan seperti karbonil ester ( $C = O$ ), ikatan polimerik  $C - O - C$ ,  $OH$ ,  $CH$ , dan  $CH_2$ . Sebagai pembanding pengujian gugus fungsi PHA dengan konsentrasi pemlastis 0 % (b/b) (Syamsu *et al.*, 2006b), dapat dilihat pada Gambar 6a.

Hasil identifikasi gugus fungsi yang tersaji pada Tabel 6 menunjukkan bahwa semua gugus fungsi dominan dari molekul PHA muncul pada spektra FTIR bioplastik tanpa pemlastis. Gugus fungsi tersebut meliputi karbonil ester ( $C = O$ ), ikatan polimerik  $C - O - C$ ,  $OH$ ,  $CH$ , dan  $CH_2$ . Sedangkan pada spektra FTIR bioplastik dengan konsentrasi IPP 15 % (b/b) tidak terdapat *peak* gugus  $OH$ . Penambahan IPP menyebabkan terbentuknya ikatan hidrogen yang menyebabkan atom H pada gugus  $OH$  molekul PHA semakin menjauh dari atom O. Akibatnya *peak* gugus  $OH$  tidak muncul pada spektra FTIR bioplastik dengan konsentrasi IPP 15 % (b/b).

Dari hasil spektrum pada kedua jenis sampel maka dapat diidentifikasi bahwa terdapat banyak jenis ikatan. Identifikasi secara lengkap disajikan pada Tabel 1.

Spektra FTIR bioplastik dengan konsentrasi IPP 15 % (b/b) tidak memunculkan *peak* untuk gugus OH. Penambahan IPP menyebabkan atom H pada gugus OH molekul PHA semakin menjauh dari atom O dan kemudian atom H berikatan hidrogen dengan atom O pada gugus IPP. Akibatnya *peak* untuk gugus OH yang pada sampel bioplastik 0 % (b/b) pemlastis yang muncul pada panjang gelombang

2974,79  $\text{cm}^{-1}$ , tidak muncul pada spektra FTIR bioplastik dengan konsentrasi IPP 15 % (b/b).

Penambahan IPP dengan konsentrasi 15 % (b/b) merupakan jumlah optimum pemlastis dalam bioplastik. Hal ini ditandai dengan ketidak munculan *peak* untuk gugus OH pada sampel bioplastik 15 % (b/b) konsentrasi IPP karena semua gugus OH pada ujung rantai molekul PHA telah berikatan hidrogen dengan atom O yang terdapat pada molekul IPP.

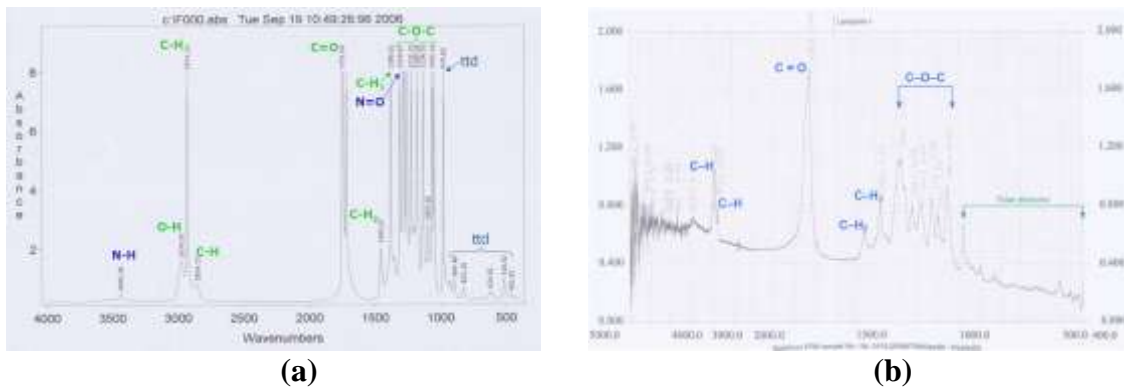


Figure 6. Functional groups analysis (a) bioplastic without plastisizer (Syamsu *et al.*, 2006b); (b) bioplastic with IPP plastisizer of 15 % (w/w)

Table 1. FTIR Spectra identification of bioplastic produced

Bioplastic without plastisizer			Bioplastic with 15 % IPP		
Wave number ( $\text{cm}^{-1}$ )	Intensity	Identification	Wave number ( $\text{cm}^{-1}$ )	Intensity	Identification
3440.38	Medium	NH amide protein	2977.9*	Medium	C - H
2974.79*	Medium	<b>OH carboxylate</b>	2854.4*	Medium	C - H
2931.13*	Sharp	C - H	1724.2**	Sharp	C = O
2854.13*	Medium	C - H <sub>2</sub>	~ 1455	Medium	C - H <sub>2</sub>
1751.04*	Sharp	C = O	1380.9*	Medium	C - H <sub>3</sub>
1455.57*	Medium	C - H <sub>2</sub>	1300 - 1100*	Medium	C - O - C polimer
1380.61*	Sharp	C - H <sub>3</sub>	1000 - 500	Low	Unidentified
1310.87	Sharp	N = O			
1310.87-1064.10*	Sharp	C - O - C polimer			
979.65-462.83	Medium	Unidentified			

Notes : Identification is based on Nur (1989)

\* PHA functional group

\*\* PHA and IPP functional groups

**Sifat Termal (ASTM D 3418, 1998)**

Pengujian sifat termal meliputi pengujian suhu peralihan kaca  $T_g$  (glass transition) dan suhu pelelehan  $T_m$  (melting point).

Hasil analisa DSC dari bioplastik tanpa pemlastis (7a) dan bioplastik dengan konsentrasi IPP 15% (7b) dapat dilihat pada Gambar 7. Pada Gambar 7a dan 7b terlihat bahwa bioplastik PHA memiliki 2 buah *peak* suhu pelelehan yaitu pada suhu 149,84 °C dan 168,72 °C untuk PHA tanpa pemlastis dan 148,7 °C dan 168,8 °C untuk bioplastik dengan konsentrasi IPP 15 % (b/b). Kemunculan dua *peak* yang berbeda pada masing-masing spektra DSC bioplastik menunjukkan bahwa pada bioplastik terdapat dua buah komponen. Komponen yang lebih dominan ditandai dengan *peak* yang tajam. Komponen tersebut diduga PHA yang merupakan bahan baku dalam pembuatan bioplastik.

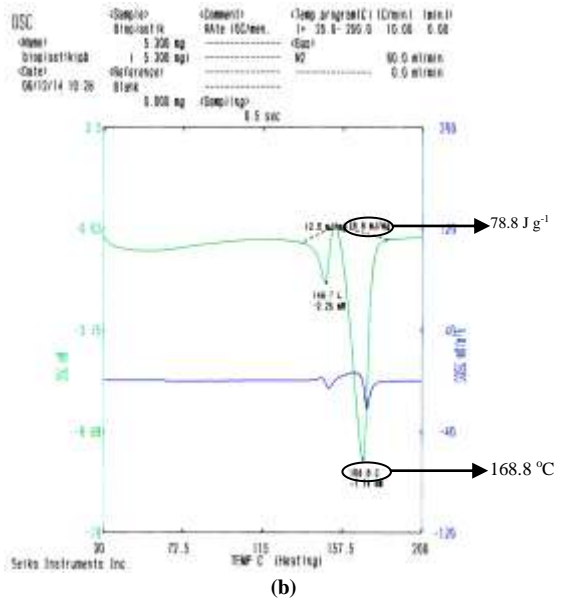
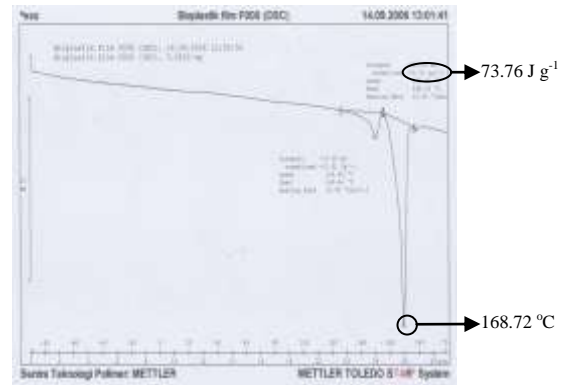
Dari hasil analisa DSC diketahui bahwa titik leleh PHA tanpa pemlastis adalah 168,72 °C, dan bioplastik dengan konsentrasi IPP 15 % (b/b) adalah 168,8 °C. Hasil analisa DSC ini relatif sama, atau dapat dikatakan bahwa tidak terjadi perubahan titik leleh yang signifikan dengan penambahan pemlastis IPP.

Menurut Jandali dan Widmann (1995), suhu transisi kaca ( $T_g$ ) dapat dianalisa dengan menggunakan DSC. Suhu transisi kaca terdeteksi oleh adanya *peak* yang berbentuk seperti anak tangga (tanpa puncak) yang menunjukkan terjadinya peralihan bentuk dari kaca ke termoplastik atau karet.

Pada hasil analisa sifat termal bioplastik tidak ditemukan *peak* yang menunjukkan adanya  $T_g$ . Tidak terdeteksinya  $T_g$  disebabkan keterbatasan alat untuk pengujian sifat termal karena selang temperatur pengujian yang digunakan adalah antara 30 °C sampai 200 °C Lee (1996) dan Poirier *et al.* (1995), menyatakan bahwa PHB mempunyai  $T_g$  pada suhu sekitar 5 °C.

**Derajat Kristalinitas**

Knapczyk dan Simon dalam Kent (1992) menyatakan bahwa polimer termoplastik yang derajat kristalinitasnya tinggi meleleh lebih tajam pada suhu tinggi dari pada polimer amorf. Berdasarkan hal tersebut maka analisa derajat kristalinitas lebih didasarkan pada ketajaman *peak* yang terbentuk pada saat suhu pelelehan.



**Figure 7. Thermal characteristics of PHA without plasticizer (a), PHA with 15% (w/w) IPP as plasticizer**

Dari hasil analisa DSC (Gambar 7) terlihat bahwa *peak* suhu pelelehan bioplastik tanpa pemlastis lebih tajam dari pada bioplastik dengan konsentrasi IPP 15% (b/b). *Peak* yang lebih tajam menunjukkan bahwa polimer mempunyai derajat kristalinitas tinggi, maka bioplastik tanpa pemlastis mempunyai derajat kristalinitas yang lebih besar dari pada bioplastik IPP 15% (b/b).

Hal ini sesuai dengan pernyataan Billmeyer (1994) yang menyatakan bahwa keberadaan pemlastis akan menyebabkan peningkatan jumlah fraksi amorf sehingga menurunkan suhu pelelehan dan derajat kristalinitas polimer tersebut.

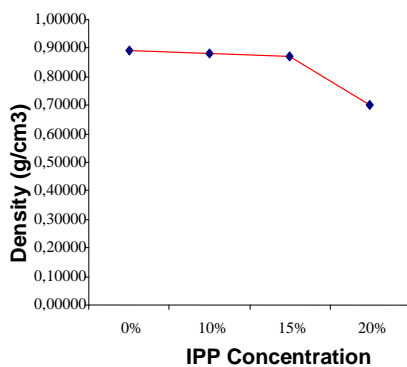
Metode penentuan derajat kristalinitas yang digunakan ini juga berdasarkan pada pernyataan Allcock dan Lampe (1981) yang menyatakan bahwa pada suhu pelelehan,

polimer kristalin meleleh menjadi cairan viskous secara lebih tajam dari pada polimer amorf. Billmeyer (1994) menambahkan bahwa penambahan pemlastis menyebabkan peningkatan jumlah fraksi amorf sehingga menurunkan suhu pelelehan ( $T_m$ ) dan derajat kristalinitas. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa penambahan pemlastis IPP menyebabkan derajat kristalinitas bioplastik menjadi turun.

**Densitas**

Menurut Lafferty *et al.* dalam Rehm dan Reed (1988), Poli-HB memiliki densitas antara 1,171 sampai 1,260 g cm<sup>-3</sup>. Nilai yang lebih kecil menunjukkan struktur amorf sedangkan nilai densitas yang lebih tinggi menunjukkan struktur kristalin. Berdasarkan pernyataan diatas, maka diduga bioplastik PHA pada penelitian ini memiliki struktur amorf yang lebih dominan.

Dari hasil pengukuran densitas bioplastik pada semua selang konsentrasi yang dibuat, didapatkan data bahwa densitas menurun sejalan dengan penambahan pemlastis. Grafik perbandingan densitas pada berbagai selang konsentrasi IPP dapat dilihat pada Gambar 8. Nilai densitas yang diperoleh pada konsentrasi 0 % (b/b), 10 % (b/b), 15 % (b/b), dan 20 % (b/b) pemlastis IPP berturut-turut adalah 0,89143, 0,88000, 0,87333, dan 0,69895.



**Figure 8. Effect of IPP concentration on density**

Densitas bioplastik berhubungan dengan sifat mekanis bioplastik tersebut. Poli- $\beta$ -hidroksialkanoat merupakan polimer rantai lurus dan memiliki kerapatan yang tinggi. Penambahan pemlastis akan menurunkan gaya tarik-menarik antar rantai polimer sehingga kerapatannya berkurang.

Akibatnya densitas bioplastik menurun seiring dengan peningkatan konsentrasi pemlastis. Penurunan densitas akan menyebabkan nilai kuat tarik dan nilai *elastic modulus* turun, karena kerapatan bioplastik berkurang, sehingga gaya yang dibutuhkan untuk memutuskan bioplastik semakin berkurang. Hal ini dapat dibuktikan dengan melihat hasil pengujian kuat tarik (Gambar 2) dan *elastic modulus* (Gambar 4), dimana kuat tarik dan *elastic modulus* semakin turun seiring dengan peningkatan jumlah konsentrasi pemlastis.

Densitas bioplastik juga mempengaruhi nilai derajat kristalinitas. Penurunan densitas bioplastik karena molekul-molekul pemlastis meningkatkan mobilitas molekul-molekul polimer dan membuat polimer menjadi lebih amorf. Struktur molekul amorf memiliki kerapatan yang relatif lebih rendah daripada molekul kristalin. Penurunan kerapatan molekul menyebabkan derajat kristalinitas bioplastik menjadi turun.

**KESIMPULAN**

Isopropil palmitat yang merupakan ester dari isopropil alkohol dan asam palmitat, dapat digunakan sebagai pemlastis pada pembuatan bioplastik dengan menggunakan PHA dari hasil kultivasi *Ralstonia eutropha* secara *fed batch* pada substrat hidrolisat pati sagu yang digunakan.

Kuat tarik bioplastik PHA yang dibuat dengan menggunakan pemlastis IPP semakin turun seiring dengan peningkatan konsentrasi IPP sebagai pemlastis. Nilai kuat tarik pada konsentrasi IPP 0 % (b/b), 10 % (b/b), 15 % (b/b), dan 20 % (b/b) berturut-turut adalah sebesar 10,923 MPa, 6,1371 MPa, 4,6219 MPa, dan 2,6160 MPa.

Nilai perpanjangan putus bioplastik sampai batas tertentu meningkat dengan peningkatan konsentrasi IPP sebagai pemlastis. Nilai perpanjangan putus bioplastik dengan konsentrasi IPP 0 % (b/b), 10 % (b/b), 15 % (b/b), dan 20 % (b/b) adalah berturut-turut sebesar 2,7262 %, 2,8534 %, 2,8649 %, dan 1,7147 %.

Nilai *elastic modulus* bioplastik cenderung menurun dengan peningkatan konsentrasi IPP sebagai pemlastis. Nilai *elastic modulus* bioplastik dengan konsentrasi IPP 0 % (b/b), 10 % (b/b), 15 % (b/b), dan

20 % (b/b) adalah berturut-turut sebesar 500,99 MPa, 298,18 MPa, 208,81 MPa, dan 182,64 MPa.

Pada pengujian kuat tarik, bioplastik dengan konsentrasi IPP 15 % (b/b) memiliki titik *yield*, dimana titik ini menandakan terjadinya proses perpindahan deformasi elastis pada deformasi plastis dan memungkinkan bioplastik ini untuk memiliki perpanjangan putus yang lebih besar. Berdasarkan karakteristik mekanik tersebut dapat dinyatakan bahwa bioplastik yang dibuat dengan konsentrasi IPP 15 % (b/b) adalah yang terbaik.

Analisa gugus fungsi bioplastik tanpa pemlastis menunjukkan puncak (*peak*) dominan untuk gugus fungsi PHA yaitu adanya gugus C = O ester, gugus C – O – C polimer, gugus OH, gugus CH<sub>2</sub>, gugus C – C, dan gugus CH<sub>3</sub>. Sedangkan analisa gugus fungsi untuk bioplastik dengan konsentrasi IPP 15 % (b/b) tidak menunjukkan puncak (*peak*) untuk gugus OH. Berkurangnya jumlah OH menandakan terbentuknya ikatan hidrogen antara molekul PHA dengan molekul IPP, karena semua gugus OH pada rantai PHA telah berikatan hidrogen dengan gugus O pada rantai molekul IPP.

Dengan membandingkan ketajaman *peak* hasil analisa DSC didapatkan kesimpulan bahwa bioplastik tanpa pemlastis mempunyai derajat kristalinitas yang lebih besar dari pada derajat kristalinitas bioplastik IPP 15 % (b/b). Densitas bioplastik menurun sejalan dengan peningkatan jumlah konsentrasi IPP yang digunakan sebagai pemlastis.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Kantor Menteri Negara Riset dan Teknologi Republik Indonesia yang telah menyediakan dana penelitian melalui RUT XII.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Allcock HR, Lampe FW (1981) Contemporary Polymer Chemistry. Prentice-Hall Inc, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Anonim (2006a) Pengembangan Teknologi Untuk Nilai Tambah Sawit. <http://www.seafast-info.com>. Diakses pada 4 Mei 2006.
- Anonim (2006b) Kekristalan Zat Padat. [www.unej.ac.id/fakultas/mipa/web\\_fisika/webkuliah/](http://www.unej.ac.id/fakultas/mipa/web_fisika/webkuliah/) [4 Mei 2006].
- ASTM D 638 M-III (1998). Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting. West Conshohocken, PA.
- ASTM D 3418 (1998) Standard Test Method for Transition Temperatures of Polymers by Differential Scanning Calorimetry. West Conshohocken, PA
- ASTM E 1252-88 (1998) Standard Test Method for Functional Groups Identification. West Conshohocken, PA
- Atifah, N (2006) Pemanfaatan Hidrolisat Pati Sagu Sebagai Sumber Karbon Pada Produksi Bioplastik Polihidroksialkanoat Secara *Fed-Batch* oleh *Ralstonia eutropha*. Tesis. Sekolah Pascasarjana IPB, Bogor
- Billmeyer FW (1994) Text of Polymer Science. John Wiley and Sons, New York.
- Imamura T, Yano T, Kobayashi S, Suda S, dan Honma, T (2001) Method for producing microbial polyester. United States Patent Application: 20010031488.
- Jandali MZ, Widmann G (1995) Thermoplastics: Collected Applications Thermal Analysis. Mettler Toledo, Switzerland.
- Knapczyk JK, Simon RHM. Synthetic Resins and Plastic. Dalam Kent JA (ed) (1992) Riedel's Handbook of Industrial Chemistry. 9<sup>th</sup> edition. Van Nostrans Reinhold, New York.
- Lafferty RM, Korsatko B, Korsatko W (1988) Special Microbial Processes. Dalam Rehm HJ, Reed G (ed) Biotechnology. Vol.6b. VCH Publisher, New York.
- Lee SY (1996) Bacterial polyhydroxyalkanoates. *Biotechnol Bioeng* 49:1-14
- Nur MA (1989) Spektroskopi. Pusat Antar Universitas - Institut Pertanian Bogor (PAU-IPB), Bogor.

- Poirier Y, Nawrath C, Somerville C (1995) Production of polyhydroxyalkanoates, a family of biodegradable plastics and elastomers, in bacterial and plant. *Biotechnol* 13: 142-150.
- Rabek JF (1983) *Experimental Methods in Polymer Chemistry, Physical Principles and Applications*. A Wiley-Interscience Publication, New York.
- Spink WP, Waychoff WF (1958) Plasticizers. *Dalam Frados J (ed) Modern Plastic Encyclopedia Issue*. Hildrent Press Inc, New York.
- Sukardjo (1985) *Ikatan Kimia*. Rineka Cipta, Yogyakarta.
- Sadi S, Purboyo G (1996) Konsep agroindustri untuk produksi plasticizer dari minyak secara terpadu. *Warta PPKS* 4(2): 75-83.
- Syamsu K, Fauzi AM, Hartoto L, Suryani A, Atifah N (2006a) Production of PHA (Poly Hydroxy Alkanoates) by *Ralstonia eutropha* on Hydrolysed Sago Starch as Main Substrate using Fed-Batch Cultivation Method. *Proceedings of the 1<sup>st</sup> International Conference on Natural Resources Engineering and Technology (INRET) 2006*. Putra Jaya-Malaysia, 24-25 Juli 2006. p 153-157.
- Syamsu K, Fauzi AM, Hartoto L, Suryani A, Atifah N, Juari (2006b). *Kajian Pengaruh Penambahan Dimetil Phtalat (DMP) terhadap Karakteristik Bioplastik dari Poly-3-Hidroksialkanoat (PHA) Hasil Kultivasi Ralstonia eutropha pada Hidrolisat Pati Sagu*. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian* 16(2): 51-57.

# PEDOMAN PENULISAN

## Jurnal Teknologi Pertanian

### Universitas Mulawarman

#### Pengiriman

Jurnal Teknologi Pertanian Universitas Mulawarman menerima naskah berupa artikel hasil penelitian dan ulasan balik (*review*) yang belum pernah dipublikasikan pada majalah/jurnal lain. Penulis diminta mengirimkan tiga eksemplar naskah asli beserta *softcopy* dalam disket yang ditulis dengan program *Microsoft Word*. Naskah dan disket dikirimkan kepada:

#### Editor Jurnal Teknologi Pertanian

d. a. Program Studi Teknologi Hasil Pertanian  
Jurusan Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian  
Universitas Mulawarman  
Jalan Pasir Belengkong  
Samarinda 75123

#### Format

**Umum.** Naskah diketik dua spasi pada kertas A4 dengan tepi atas dan kiri 3 centimeter, kanan dan bawah 2 centimeter menggunakan huruf *Times New Roman 12 point*, maksimum 12 halaman. Setiap halaman diberi nomor secara berurutan. Ulasan balik ditulis sebagai naskah sinambung tanpa subjudul Bahan dan Metode, Hasil dan Pembahasan. Selanjutnya susunan naskah dibuat sebagai berikut :

**Judul.** Pada halaman judul tuliskan judul, nama setiap penulis, nama dan alamat institusi masing-masing penulis, dan catatan kaki yang berisi nama, alamat, nomor telepon dan faks serta alamat E-mail jika ada dari *corresponding author*. Jika naskah ditulis dalam bahasa Indonesia tuliskan judul dalam bahasa Indonesia diikuti judul dalam bahasa Inggris.

**Abstrak.** Abstrak ditulis dalam bahasa Inggris dengan judul "ABSTRACT" maksimum 250 kata. Kata kunci dengan judul "Key word" ditulis dalam bahasa Inggris di bawah abstrak.

**Pendahuluan.** Berisi latar belakang dan tujuan.

**Bahan dan Metode.** Berisi informasi teknis sehingga percobaan dapat diulangi dengan teknik yang dikemukakan. Metode diuraikan secara lengkap jika metode yang digunakan adalah metode baru.

**Hasil.** Berisi hanya hasil-hasil penelitian baik yang disajikan dalam bentuk tubuh tulisan, tabel, maupun gambar. Foto dicetak hitam-putih pada kertas licin berukuran setengah kartu pos.

**Pembahasan.** Berisi interpretasi dari hasil penelitian yang diperoleh dan dikaitkan dengan hasil-hasil penelitian yang pernah dilaporkan (publikasi).

**Ucapan Terima Kasih.** Digunakan untuk menyebutkan sumber dana penelitian dan untuk memberikan penghargaan kepada beberapa institusi atau orang yang membantu dalam pelaksanaan penelitian dan atau penulisan laporan.

**Daftar Pustaka.** Daftar Pustaka ditulis memakai sistem nama tahun dan disusun secara abjad. Beberapa contoh penulisan sumber acuan:

#### Jurnal

Wang SS, Chiang WC, Zhao BL, Zheng X, Kim IH (1991) Experimental analysis and computer simulation of starch-water interaction. *J Food Sci* 56: 121-129.

#### Buku

Charley H, Weaver C (1998) *Food a Scientific Approach*. Prentice-Hall Inc USA

#### Bab dalam Buku

Gordon J, Davis E (1998) Water migration and food storage stability. Dalam: *Food Storage Stability*. Taub I, Singh R. (eds.), CRC Press LLC.

#### Abstrak

Rusmana I, Hadioetomo RS (1991) *Bacillus thuringiensis* Berl. dari peternakan ulat sutra dan toksisitasnya. Abstrak Pertemuan Ilmiah Tahunan Perhimpunan Mikrobiologi Indonesia. Bogor 2-3 Des 1991 hA-26.

#### Prosiding

Prabowo S, Zuheid N, Haryadi (2002) Aroma nasi: Perubahan setelah disimpan dalam wadah dengan suhu terkendali. Dalam: *Prosiding Seminar Nasional PATPI*. Malang 30-31 Juli 2002 hA48.

#### Skripsi/Tesis/Disertasi

Meliana B (1985) Pengaruh rasio udang dan tapioka terhadap sifat-sifat kerupuk udang. Skripsi Fakultas Teknologi Pertanian UGM Yogyakarta.

#### Informasi dari Internet

Hansen L (1999) Non-target effects of Bt corn pollen on the Monarch butterfly (Lepidoptera: Danaidae). <http://www.ent.iastate.edu/entsoc/ncb99/pr og/abs/D81.html> [21 Agu 1999].

Bagi yang naskahnya dimuat, penulis dikenakan biaya Rp 75.000,00 (tujuh puluh lima ribu rupiah).

Hal lain yang belum termasuk dalam petunjuk penulisan ini dapat ditanyakan langsung kepada REDAKSI JTP