

Pengaruh Jumlah Katalis Stannous Oktoat Pada Pembuatan Poli Asam Laktat dari Limbah Kulit Pisang (*Musa Paradisiaca* Linn)

Jurnal Scientia Indonesia

2015, Vol. 1(2) 109-130

© The Author(s) 2015

[10.15294/jsi.v8i1.35944](https://doi.org/10.15294/jsi.v8i1.35944)

This journal has been accredited by Ministry of Education, Culture, Research & Technology of Republic Indonesia ([Rank SINTA 6](#)).

Published biannually by:



All writings published in this journal are personal views of the author(s) and do not represent the views of this journal and the author's affiliated institutions. Author(s) retain copyrights under the license of [Creative Common Attribution 4.0 International \(CC BY 4.0\)](#)

Dita Pebriyanti

Program Studi Teknik Kimia Universitas

Lampung, Indonesia

ditapebriyanti52@gmail.com

Edwin Azwar

Program Studi Teknik Kimia Universitas

Lampung, Indonesia

edwin.azwar@eng.unila.ac.id

Yuli Darni

Program Studi Teknik Kimia Universitas

Lampung, Indonesia

yuli.darni@eng.unila.ac.id

History of Manuscript

Submitted :
Revised 1 :
Revised 2 :
Accepted :
Online since :

Abstract

Poly Lactic Acid made in this study uses lactic acid from the raw material of Kepok banana peel waste. The polymerization of *lactic acid* into *poly lactic acid* was carried

out using the *Ring Opening Polymerization* method. This study aims to obtain the best catalyst concentration and polymerization time of lactic acid in obtaining a high yield of poly lactic acid. Where the *stannous octoate* catalyst concentrations varied were 5%, 6% and 7% and the reaction time was 80 minutes, 100 minutes and 120 minutes. The analysis used is functional group analysis using *Fourier Transform Infra Red Spectroscopy* (FTIR), melting point test with *Difference Scanning Calorimetry* and *Scanning Electron Microscope* test. FTIR test results obtained that *Poly Lactic Acid* has an –OH group, this indicates that the raw material is pure or has few impurities so that PLA is obtained which has appropriate properties and is not much different from the standard. For the melting point test, the values of transition glass and transition melting were obtained, namely 60.5°C and 115.4°C, respectively. The highest amount of poly lactic acid was obtained from the addition of 7% catalyst and polymerization time of 120 minutes, with a yield of 47.442%.

Keywords: Banana Peel, Poly Lactic Acid, Ring Opening Polymerization

A. Introduction

Salah satu biopolimer yang sedang marak diteliti adalah *Poly Lactid Acid* (PLA). Hal ini dikarenakan kemampuan biodegradasinya yang tinggi sehingga tergolong sebagai polimer yang ramah lingkungan. PLA dapat dibentuk melalui proses esterifikasi asam laktat yang diperoleh dengan cara fermentasi oleh bakteri asam laktat dengan menggunakan substrat pati atau juga gula sederhana. Salah satu bahan berpati yang berpotensi untuk pembuatan asam

laktat sebagai bahan dasar polylactid acid yaitu limbah kulit pisang. Kulit pisang mempunyai kandungan selulosa yang tinggi sehingga sangat berpotensi untuk dijadikan bahan baku dalam pembuatan monomer asam laktat. Dengan memanfaatkan limbah kulit pisang yang mengandung pati sebagai bahan dasar PLA serta pengembangan terhadap proses sintesisnya, diharapkan dapat menekan biaya produksi PLA sehingga harga PLA diharapkan tidak lagi lebih mahal dari plastik konvensional sehingga terjangkau oleh masyarakat Indonesia dan masalah lingkungan yang disebabkan oleh plastik konvensional dapat diatasi.

Proses sintesa PLA dapat dilakukan dengan menggunakan metode *ring opening polymerization* (ROP). Proses polimerisasi PLA bergantung pada beberapa faktor, salah satu faktor tersebut adalah katalis yang akan digunakan. Katalis yang digunakan ini harus mempunyai sifat sebagai inisiator polimerisasi untuk memproduksi PLA. Material yang mempunyai sifat tersebut adalah katalis Stannous oktoat.

Penelitian terdahulu dengan Metode ROP telah dilakukan Purnavita, dkk (2017) yaitu mengenai produksi poli asam laktat dari limbah ampas pati aren dengan memvariasikan konsentrasi katalis stannous dan waktu reaksi. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa PLA memiliki karakteristik termal tertinggi diperoleh pada katalis Sn (II) Oct dengan konsentrasi 5% dan waktu reaksi selama 90 menit.

Berdasarkan uraian diatas, maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian mengenai pengaruh konsentrasi katalis Sn(Oct)₂ dan waktu reaksi pada pembuatan *poly lactic acid* (PLA) dengan menggunakan asam laktat dari pati kulit pisang kepok.

B. Landasan Teori

1. Pisang (*Musa Paradisiaca*)

Tanaman pisang merupakan tanaman penghasil buah yang banyak terdapat di Indonesia. Salah satu pemanfaatan kulit pisang yang belum banyak dilakukan oleh masyarakat adalah dengan memprosesnya menjadi bahan baku plastik *Biodegradable* atau bioplastik. Peranan kulit pisang dalam pembuatan

PLA adalah sebagai sumber glukosa yang merupakan bahan utama dalam fermentasi asam laktat. Asam laktat tersebut kemudian akan dipolimerisasi menjadi PLA.

2. Asam Laktat

Asam laktat adalah asam karboksilat yang mempunyai rumus molekul $C_3H_6O_3$ ($CH_3.CHOH.COOH$). Asam laktat dalam larutan dapat melepaskan sebuah proton dari gugus asam, lalu menghasilkan ion lactate $CH_3(OH)COO^-$ (Narayanan, 2004 dalam Manfaati, 2010). Asam laktat merupakan senyawa yang memegang peran penting dalam beberapa proses biokimia (Averous, 2008). Penggunaan asam laktat dalam industri sangat luas, mulai dari dalam industri makanan dan minuman, farmasi ataupun kosmetik. Selain itu asam laktat juga dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan plastik *Biodegradable* atau bioplastik (Datta et al, 1995).

3. *Lactobacillus Plantarum*

Salah satu jenis mikroorganisme yang dapat menghasilkan asam laktat adalah bakteri (*Lactobacillus*). Dipilih bakteri *Lactobacillus plantarum*. Dikarenakan bakteri tersebut merupakan bakteri asam laktat yang memenuhi kriteria penting atau utama dalam fermentasi (Hofvendal, 2000). *Lactobacillus plantarum* merupakan salah satu bakteri penghasil asam laktat dengan kecenderungan hidup pada kondisi anaerob, sehingga hasil akhir fermentasi hanya berupa asam laktat.

4. *Poly Lactic Acid*

Poli asam laktat (PLA) merupakan poliester alifatik yang tersusun atas monomer asam laktat. PLA memiliki beberapa gugus hidroksil pada ujung rantainya. Adanya gugus ini mengakibatkan PLA dapat terdegradasi. Selain itu, polimer ini juga bersifat biokompatibel, yang artinya polimer ini dapat terdegradasi dalam tubuh tanpa menimbulkan efek yang berbahaya (Aveorus,2008). Penggunaan PLA disarankan baik sebagai *Biodegradable*

(contohnya adalah sebagai pengemas singkat) dan sebagai biokompatibel yang kontak dengan sel hidup (digunakan untuk aplikasi biomedis seperti implant, benang jahit, salut obat, dsb). PLA telah digunakan diberbagai bidang, mulai dari jas pelindung, pengemas makanan, kantong sampah, mulch film, shrink wrap serta rak (Jung Wee et al, 2006).

5. Polimerisasi Pembukaan Cincin (*Ring Opening Polymerization*)

Metode Ring Opening Polimer (ROP), yaitu suatu proses pembukaan cincin polimer melalui pemanasan atau esterifikasi. Prosesnya berdasarkan pada penghilangan air di bawah kondisi tekanan yang lebih rendah, tanpa pelarut, untuk menghasilkan dimer *intermediet*, yang dikenal sebagai laktida (Tamyiz, M., dkk, 2012). Polimerisasi PLA melalui metode ROP terdiri dari tiga tahap, yakni tahap polikondensasi asam laktat (Prepolimerisasi), depolimerisasi sehingga membentuk laktida dan dilanjutkan dengan polimerisasi pembukaan cincin.

6. Stannous Octoat (Sn(oct)₂)

Stannous oktoat merupakan katalis berbasis Sn atau salah satu katalis untuk sintesis laktida, karena memiliki tiga keuntungan, yakni : Katalis berbasis Sn menghasilkan derajat rasemisasi yang rendah pada suhu tinggi (Kricheldorf dan Serra, 1985), tingkat keracunannya sangat rendah daripada katalis logam lainnya dan prosedur pemurnian dari PLA telah diketahui dengan baik (Kricheldorf dan Lee, 1995). Stannous oktoat memiliki titik didih lebih dari 200°C. Hal tersebut membuat Stannous oktoat dapat mengontrol laju polimerisasi dan terjadinya rasemisasi pada suhu tinggi (Tamyiz, 2012).

C. Metode Penelitian

Penelitian ini dibagi menjadi 2 tahap. Tahap pertama dilakukan untuk membuat asam laktat dari limbah kulit pisang kepok. Dan tahap kedua dilakukan sintesis poli asam laktat dengan menggunakan metode ROP.

Penelitian Tahap Pertama

Prinsip utama pembuatan asam laktat pada penelitian ini adalah proses fermentasi glukosa dengan proses glikolisis. Karbohidrat mengalami pemecahan menjadi glukosa, dan selanjutnya glukosa diubah menjadi asam laktat dengan bantuan enzim yang dihasilkan oleh bakteri asam laktat (Ferdaus, dkk 2017).

Kulit pisang kepok ditimbang seberat 1500 gram dan ditambahkan akuades sebanyak 1 L, kemudian diblender dan disaring. Setelah itu dilakukan pengukuran pH filtrat kulit pisang kepok. Kemudian ke dalam filtrat kulit pisang kepok selanjutnya ditambahkan nutrisi: 0,8% KH_2PO_4 , 0,3% $MgSO_4$, 0,06% $ZnSO_4$, dan 0,01% $Fe_2(SO_4)$ (dalam % b/v) atau yang disebut media fermentasi. Pada media fermentasi ditambahkan $CaCO_3$ dengan konsentrasi yaitu 0,2%. Selanjutnya ke dalam erlenmeyer 250 mL, dimasukkan 100 mL media fermentasi dan 20 mL starter yang sudah diinokulasikan dengan 2 ose bakteri *Lactobacillus plantarum*, kemudian diinkubasi dengan kondisi anaerob pada 37° C selama 10 hari.

Setelah proses fermentasi selesai, dilakukan pengamatan jumlah bakteri dan kemudian dilakukan pemurnian asam laktat, selanjutnya ditentukan kadar asam laktatnya.

Adapun variabel yang digunakan pada penelitian ini:

1. Variabel tetap :
 - Jenis kulit pisang yang digunakan yaitu kulit pisang kepok;
 - Volume media fermentasi 120 mL pada erlenmeyer 250 mL;
 - Suhu fermentasi 37°C;
 - Jumlah kulit pisang yang dipakai adalah 1500 gram yang diekstrak dengan 1 L aquades.

- Waktu fermentasi yang digunakan adalah selama 10 hari;
- Jumlah CaCO_3 yang ditambahkan ke dalam media fermentasi yaitu 0,2% (dalam % b/v).

Penelitian Tahap Kedua

Metode selanjutnya yaitu polimerisasi pembukaan cincin (*ring opening polymerization* / ROP) yang dilakukan melalui tiga tahapan, yaitu polikondensasi asam laktat atau prepolimerisasi, depolimerisasi sehingga membentuk dimer laktida dan dilanjutkan dengan polimerisasi pembukaan cincin. Polikondensasi kemudian menghasilkan prepolimer asam laktat, lalu depolimerisasi mengubah prepolimer asam laktat menjadi senyawa siklik ester atau laktida dan kemudian polimerisasi laktida menghasilkan serbuk kristal PLA.

a. Tahap polikondensasi atau prepolimerisasi

Sebanyak 20 mL asam laktat dimasukkan ke dalam erlenmeyer buncher kemudian dihubungkan dengan penghisap vakum dan dilakukan pemanasan pada temperatur 150°C menggunakan hotplate stirrer sambil diaduk menggunakan magnetic stirrer dengan kecepatan rotor 150 rpm selama 3 jam dikontrol dengan termometer.

b. Tahap depolimerisasi

Prepolimer yang terbentuk kemudian dipanaskan pada temperatur 150°C serta diaduk dengan kecepatan 150 rpm dan dihubungkan dengan penghisap vakum selama 2 jam.

c. Tahap polimerisasi pembukaan cincin

Laktida yang dihasilkan pada proses depolimerisasi kemudian ditimbang seberat 10 gr. Kristal laktida dimasukkan pada erlenmeyer buncher dengan ditambah katalis Stannous Oktoat dengan variasi 5%, 6% dan 7%. Campuran tersebut dipanaskan pada tekanan 150 mmHg dengan temperatur 170°C dengan variasi waktu proses polimerisasi 80, 100 dan 120 menit. Produk PLA yang dihasilkan dilarutkan menggunakan kloroform, kemudian dilakukan sentrifugasi untuk memisahkan stannous oktoat. Endapan hasil sentrifugasi dipisahkan melalui penyaringan dan cairan bening hasil sentrifugasi

dimasukkan sedikit demi sedikit ke dalam larutan metanol berlebih, untuk mengendapkan PLA. PLA berupa serbuk kristal putih kekuningan yang terbentuk kemudian disaring dan dikeringkan dalam oven pada suhu 45°C selama 1-2 jam. Hasil dikarakterisasi dengan menggunakan analisis gugus fungsi (FTIR), titik leleh dengan DSC dan pengamatan permukaan polimer dengan SEM.

D. Hasil & Pembahasan

Pembuatan Asam Laktat

Setelah dilakukan penelitian diperoleh asam laktat dengan kadar asam laktat sebesar 65,20%, yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Asam Laktat 65,20%

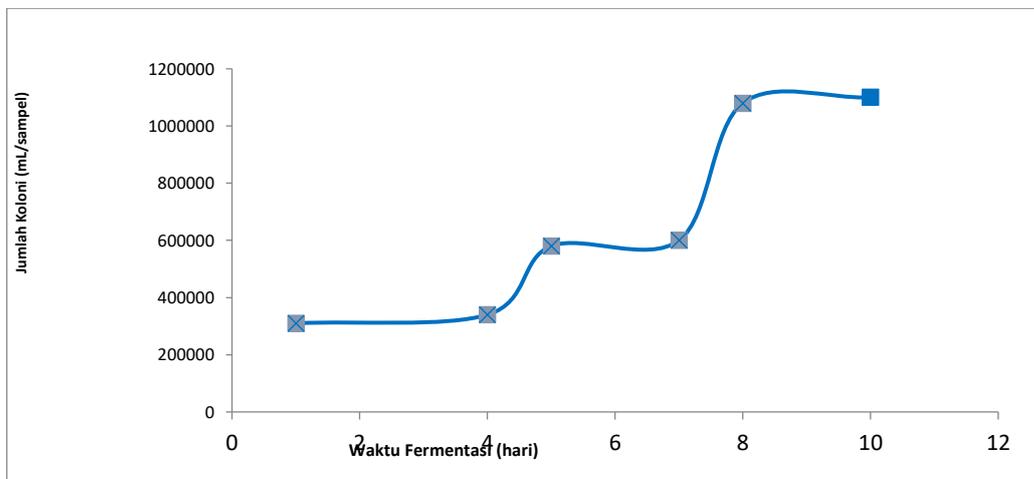
Pada Gambar 1. terlihat asam laktat memiliki warna kuning jernih. Dari penelitian yang dilakukan, didapatkan data analisis asam laktat yang ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengolahan Data Penelitian

Spesifikasi	Asam Laktat Sintesis	Asam Laktat Standard
Densitas (g/mol)	1,0314	1,2060
pH	5	5-8
Warna	Jernih	Jernih
Bau	Tidak berbau	Tidak berbau
Persentase (%)	65,20	50-80

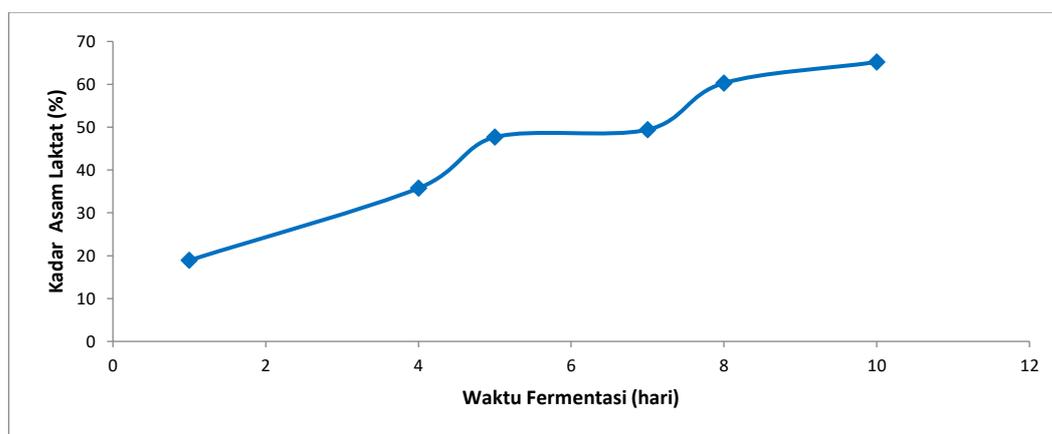
Sumber : Ilmu Pangan dan Gizi, 1987

Pertumbuhan bakteri sangat dipengaruhi oleh kondisi pH media awal fermentasi. Dan jika kondisi pH media tidak sesuai, maka bakteri yang hidup juga tidak optimal. Selain pH media, faktor lain seperti proses fermentasi, waktu fermentasi dan konsentrasi CaCO₃ juga sangat berpengaruh terhadap jumlah bakteri yang akan dihasilkan. Hasil penelitian dibawah ini merupakan hubungan antara waktu fermentasi asam laktat terhadap jumlah bakteri yang dihasilkan dan disajikan pada gambar 2.



Gambar 2. Hubungan antara waktu fermentasi asam laktat terhadap jumlah bakteri yang dihasilkan

Dari Gambar 2. dapat dilihat bahwa jumlah bakteri yang terdapat pada media hasil fermentasi semakin naik dan meningkat. Pertumbuhan bakteri diatas sangat dipengaruhi oleh kondisi pH media tempat tinggal bakteri tersebut hidup. Hasil penelitian dibawah ini merupakan hubungan antara waktu fermentasi asam laktat terhadap kadar asam laktat yang didapat, dan disajikan pada gambar 3.



Gambar 3. Hubungan antara waktu fermentasi terhadap kadar asam laktat yang dihasilkan

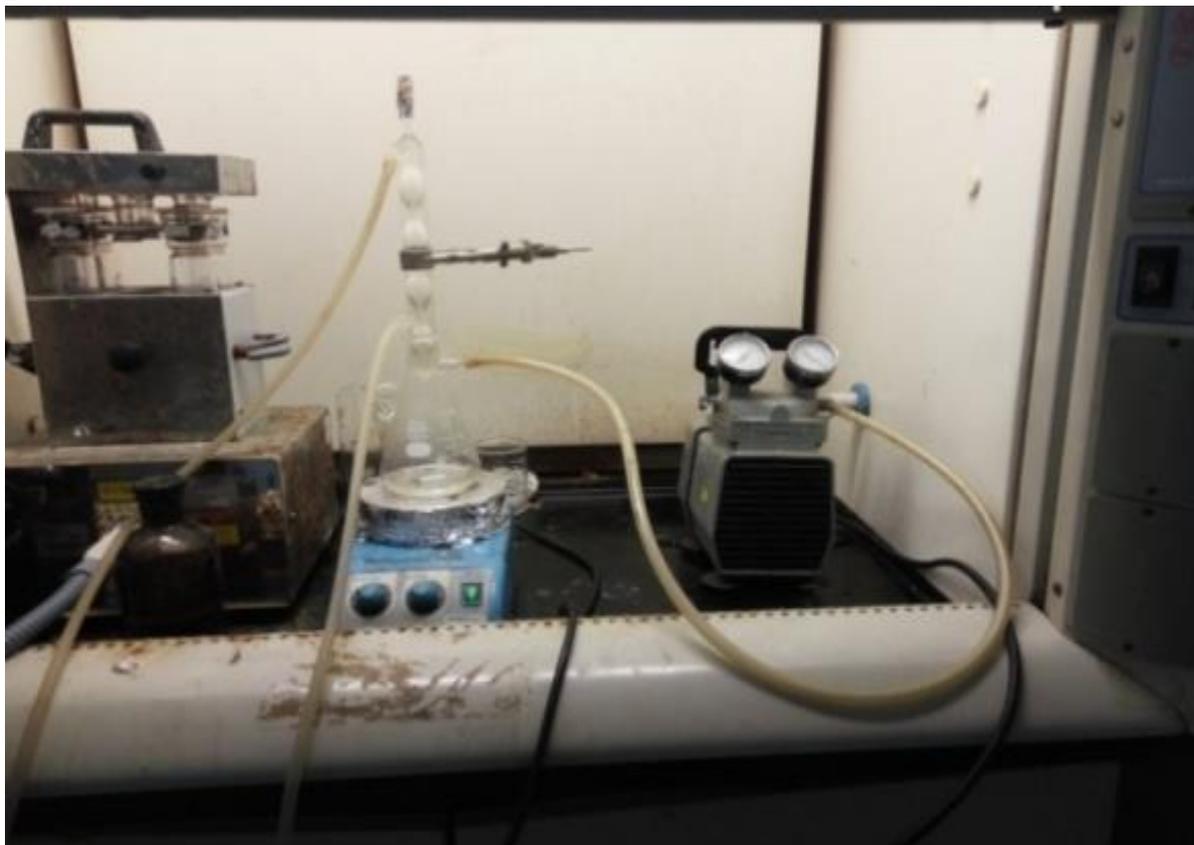
Dari gambar 3. dapat dilihat bahwa dengan bertambahnya hari maka asam laktat yang dihasilkan pun semakin meningkat. Hal ini dikarenakan seiring dengan bertambahnya waktu fermentasi asam laktat maka bakteri *lactobacillus plantarum* pun akan terus bertumbuh dan berkembang biak sehingga enzim laktat dehidrogenase yang dihasilkan semakin bertambah dan semakin banyak pula asam laktat yang akan dihasilkan atau dikeluarkan.

Sintesis *Poly Lactic Acid* (PLA) dengan Metode *Ring Opening Polimerization* (ROP)

Poli asam laktat dapat diproduksi melalui tiga tahap yaitu tahap polikondensasi asam laktat (prepolimerisasi), tahap pembentukan laktida (depolimerisasi) dan tahap polimerisasi pembukaan cincin (Averous, 2008).

Penelitian ini memodifikasi metode yang sudah dilakukan oleh Gunawan, Rasmita A., dkk (2012), Tamyiz, M., dkk (2012) dan Ulya, M., dkk (2012). Modifikasi yang dilakukan adalah perbedaan asam laktat dan jenis

katalis. Katalis yang digunakan adalah Stannous Oktoat ($Sn(Oct)_2$) dan asam laktat yang digunakan adalah asam laktat dari pati kulit pisang kepek. Adapun rangkaian alat yang digunakan dalam penelitian ini ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Rangkaian Alat Penelitian

1. Tahap Prepolimerisasi

Tahap ini menghasilkan prepolimer asam laktat yang berwarna jernih. Prepolimer yang terbentuk merupakan hasil dari penggabungan secara kondensasi berulang dari monomer asam laktat. Kandungan air pada asam laktat dihilangkan dengan cara pemanasan yang kemudian disedot oleh pompa vakum. Kandungan air yang terdapat pada asam laktat akan menghidrolisis polimer yang terbentuk sehingga polimer yang terbentuk akan terurai kembali menjadi monomernya. Adapun hasil prepolimerisasi asam laktat yang dihasilkan ditampilkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Prepolimer Asam Laktat

2. Sintesis Kristal Laktida

Tahap ini menghasilkan kristal laktida yang terbentuk dari uap prepolimer yang didinginkan oleh pompa vakum sehingga tersublimasi menjadi kristal jernih yang ditampilkan pada Gambar 6. Tahap ini menggunakan katalis Stannous Oktoat ($Sn(Oct)_2$) dengan tujuan tidak memproduksi tambahan air karena produk samping (air) yang dihasilkan pada polimerisasi kondensasi PLA harus dihilangkan agar bobot PLA yang diperoleh tidak mengandung air yang akan mengurangi persen *yield* yang dihasilkan.



Gambar 6. Kristal Laktida

3. Polimerisasi

Tahap polimerisasi adalah tahap terakhir dalam sintesa PLA dengan metode pembukaan cincin laktida. Tahapan ini menghasilkan PLA yang berwarna kuning kecoklatan dan putih kekuningan yang ditampilkan pada Gambar 7. Warna kuning kecoklatan atau putih kekuningan pada polimer ini diakibatkan oleh kandungan oksigen yang mengoksidasi reaksi polimerisasi, hal tersebut terjadi karena pada tahap ini pemanasan dilakukan pada tekanan 1 atm sehingga tidak dilengkapi oleh penyedot vakum. Polimer dengan *yield* tinggi ini dapat dibentuk karena polimer bebas dari pelarut, seperti air.



Gambar 7. Polimerisasi PLA

Karakteristik *Poly Lactic Acid* (PLA)

1. Penentuan *Yield* PLA

Jumlah katalis dan waktu polimerisasi yang berbeda akan memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap *yield* PLA yang akan diperoleh. Semakin banyak jumlah katalis yang ditambahkan dan semakin lama waktu reaksi maka kecepatan reaksi akan semakin besar dan jumlah produk PLA yang dihasilkan akan semakin banyak.

Dari penelitian yang dilakukan, didapatkan data *yield*

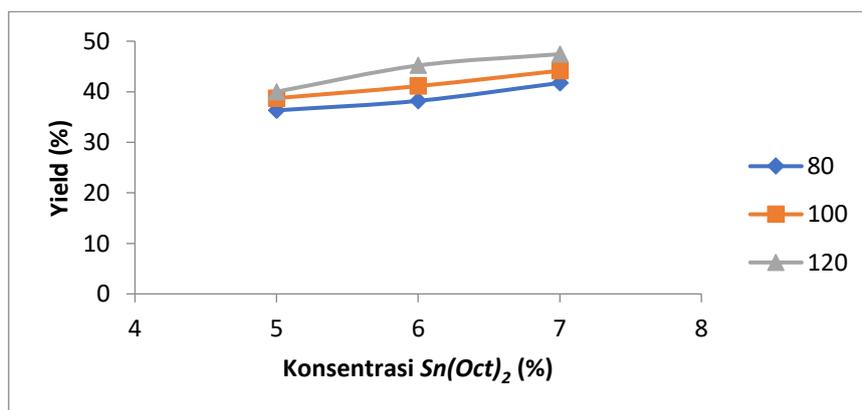
PLA yang ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Yield Poly lactic Acid (PLA) pada masing-masing sampel

Sampel	Waktu (menit)	Konsentrasi (%)	Suhu (°C)	Yield (%)
1	80	5	170	36,313
2	80	6	170	38,1955
3	80	7	170	41,7395
4	100	5	170	38,722
5	100	6	170	41,1195
6	100	7	170	44,1605
7	120	5	170	40
8	120	6	170	45,195
9	120	7	170	47,442

Dari Tabel 2. diperoleh bahwa semakin banyak jumlah katalis yang ditambahkan dan semakin lama waktu polimerisasinya maka *yield* poli asam laktat yang diperoleh akan semakin besar.

Hubungan antara jumlah katalis stannous oktoat terhadap *yield* PLA yang diperoleh pada berbagai waktu polimerisasi asam laktat dapat dilihat pada grafik pada Gambar 8.



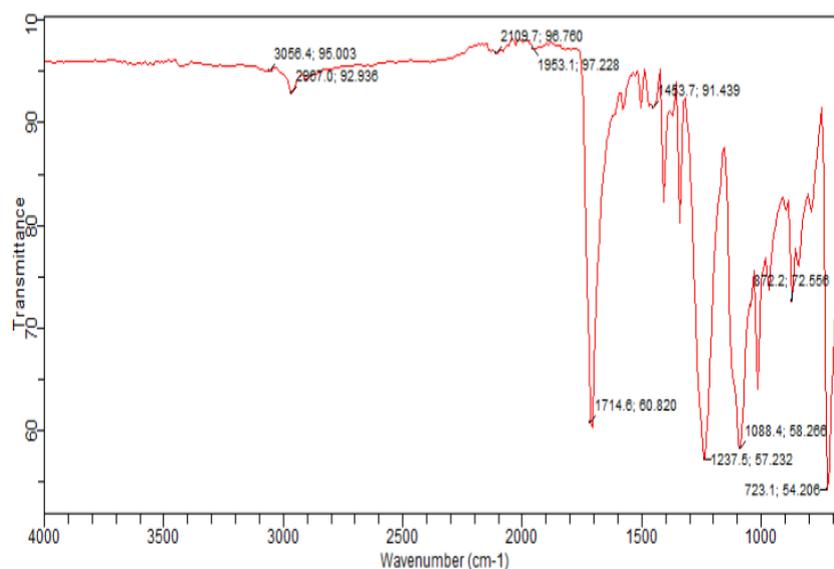
Gambar 8. Hubungan antara jumlah katalis stannous oktoat terhadap *yield* PLA yang diperoleh pada berbagai waktu polimerisasi

Pada Gambar 8. terlihat nilai *yield* tiap sampel mengalami kenaikan. Kenaikan tersebut meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi stannous oktoat yang divariasikan dari 5%, 6% dan 7%. Kenaikan *yield* juga meningkat seiring dengan bertambahnya waktu polimerisasi asam laktat yang divariasikan dari 80 menit, 100 menit dan 120 menit. Sedangkan untuk suhu polimerisasi untuk setiap sampel adalah tetap yaitu 170°C.

2. Analisis Fourier Transfer Infra Red (FTIR)

Analisis FTIR dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi apa saja yang terdapat pada *Poly (lactic) Acid*. Analisis ini dilakukan dengan melihat bentuk spektrumnya yaitu dengan melihat puncak-puncak spesifik yang menunjukkan jenis gugus fungsional yang dimiliki oleh senyawa tersebut. Dalam kimia organik, fungsi utama dari spektrometri inframerah adalah mengenal (elusidasi) struktur molekul, khususnya gugus fungsional seperti OH, C = O, C = C.

Untuk Spektrum FTIR PLA hasil penelitian hanya diambil satu sampel terbaik dengan *yield* tertinggi yaitu pada konsentrasi katalis $Sn(Oct)_2$ 7%, pada waktu polimerisasi 120 menit dan suhu 170°C yang ditampilkan pada gambar 9.



Gambar 9. Spektrum FTIR Sampel PLA 7% $Sn(Oct)_2$, Waktu Polimerisasi 120 Menit dan Suhu 170°C

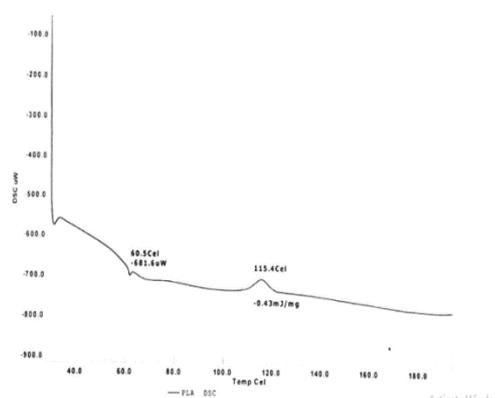
Spektrum inframerah PLA secara jelas memperlihatkan regangan O-H gugus hidroksil dengan indikasi kuat terbentuknya ikatan hidrogen, sebagaimana terlihat dari puncak lebar di daerah bilangan gelombang $3071\text{-}1\text{ cm}^{-1}$ (Gambar 9).

Gugus karbonil sebagai regangan C=O ditunjukkan pada bilangan gelombang 1759 cm^{-1} (Gambar 4.9). Gugus hidroksil serta ikatan hidrogen yang menghilang pada PLA sebagai akibat telah terjadinya polimerisasi. Gugus metilen sebagai regangan C-H tampak semakin kuat pada PLA standar maupun hasil sintesis di daerah gelombang 2997 cm^{-1} (Gambar 9). Hasil spektrum ini membuktikan telah terbentuknya PLA melalui metode *Ring Opening Polimerisasi* (ROP) dari asam laktat kulit pisang kepok.

3. Analisa dengan *Difference Scanning Calorimeter* (DSC)

DSC merupakan suatu teknik analisa termal yang mengukur energi yang diserap atau diemisikan oleh sampel sebagai fungsi waktu dan suhu. Analisis DSC (*Difference Scanning Calorimeter*) dapat menentukan kapasitas panas (*heat capacity, ΔH*), suhu perubahan dari keadaan kaku ke keadaan elastis (*transition glass, T_g*) dan suhu perubahan dari padat menjadi cair (*transition melting, T_m*) (Widiarto, 2007).

Adapun hasil analisis DSC untuk satu sampel terbaik dengan *yield* tertinggi dapat dilihat pada gambar 10. untuk konsentrasi katalis $\text{Sn}(\text{Oct})_2$ 7%, pada waktu polimerisasi 120 menit dan suhu 170°C .



Gambar 10. Spektrum *Differential Scanning Calorimetry* (DSC) Sampel PLA 7% $\text{Sn}(\text{Oct})_2$, Waktu Polimerisasi 120 Menit dan Suhu 170°C

Dari grafik pada gambar 10. dapat diperoleh *temperature transition glass* ($T_g^{\circ}\text{C}$) dan *temperature transition melting* ($T_m^{\circ}\text{C}$) yang ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Analisis DSC

Spesifikasi	Sintesis	Standard
T_g ($^{\circ}\text{C}$)	60,5	51-61
T_m ($^{\circ}\text{C}$)	115,4	110-220

Sumber : (U. Edlund, A dan C. Albertson, 2002)

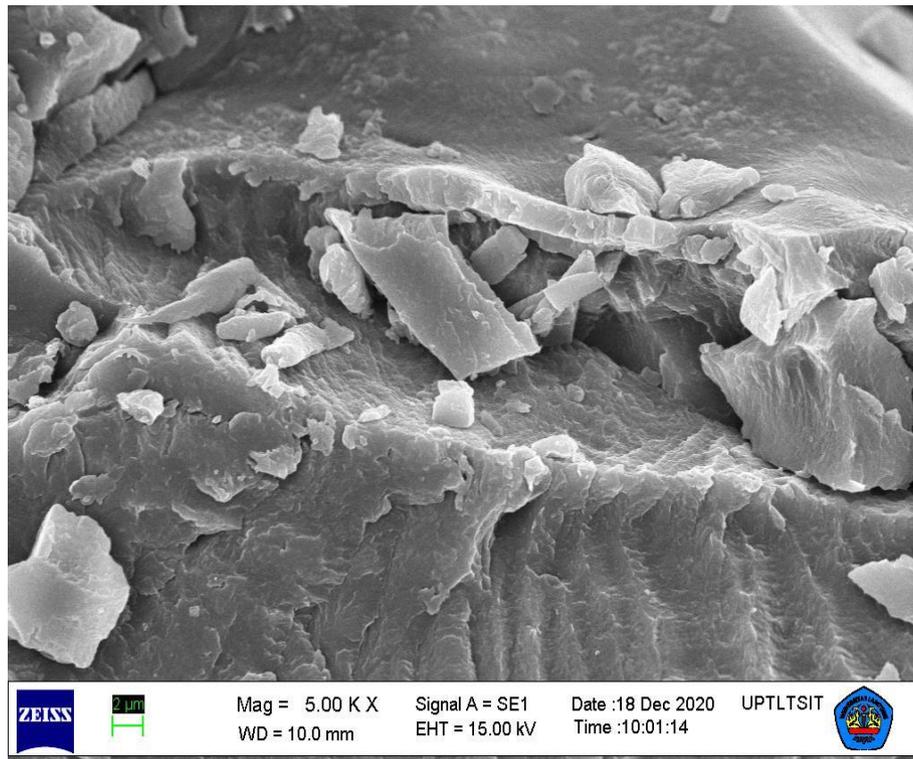
Hasil pengukuran *Temperature Transition Glass* ($T_g^{\circ}\text{C}$) pada Gambar 10. menunjukkan bahwa PLA sintesis yang dihasilkan mempunyai nilai T_g yaitu $60,5^{\circ}\text{C}$. Nilai *Temperature Transition Glass* ($T_g^{\circ}\text{C}$) ini sesuai dengan PLA standar yaitu sebesar $51-61^{\circ}\text{C}$.

Selanjutnya untuk *Temperature Transition Melting* ($T_m^{\circ}\text{C}$) PLA standar sebesar $110-220^{\circ}\text{C}$. Pada Gambar 10. menunjukkan bahwa PLA sintesis yang dihasilkan sebesar $115,4^{\circ}\text{C}$. Hasil pengukuran untuk nilai *Temperature Transition Melting* ($T_m^{\circ}\text{C}$) ini sesuai dengan PLA standar. Hal ini pun membuktikan bahwa PLA telah terbentuk melalui metode *Ring Opening Polymerization* (ROP).

4. Analisa dengan *Scanning Electron Microscope* (SEM)

Struktur morfologi dari campuran polimer merupakan sifat yang penting untuk memahami sifat-sifat campuran polimer, khususnya sifat mekanis. SEM dapat membantu untuk mengetahui dan mengenal bentuk dan perubahan permukaan dari suatu sampel.

Adapun hasil analisis SEM untuk satu sampel terbaik dengan *yield* tertinggi dapat dilihat pada gambar 11. untuk konsentrasi katalis $\text{Sn}(\text{Oct})_2$ 7%, pada waktu polimerisasi 120 menit dan suhu 170°C .



Gambar 11. Morfologi *Scanning Electron Microscope* (SEM) Sampel PLA 7% $Sn(Oct)_2$, Waktu Polimerisasi 120 Menit dan Suhu $170^\circ C$

Dari Gambar 11. hasil SEM menunjukkan bahwa material PLA yang disintesis dalam penelitian ini menghasilkan PLA dengan porositas tertentu. Perbesaran ini menunjukkan bahwa adanya rongga-rongga pada struktur morfologi PLA. Dapat dilihat terdapat struktur permukaan dan bentuk putus dari PLA akibat deformasi tarik (Suprakas, 2003).

Setelah selesai polimerisasi, PLA yang terbentuk dalam penelitian ini tampak seperti kumpulan butiran-butiran serbuk padatan.

E. Kesimpulan

Jumlah katalis dan waktu polimerisasi yang berbeda akan memberikan pengaruh yang bermakna terhadap *yield* poli asam laktat yang dihasilkan. Semakin banyak jumlah katalis yang ditambahkan dan lamanya waktu polimerisasi pada proses polimerisasi asam laktat maka semakin besar *yield* poli asam laktat yang diperoleh.

Yield Poly (lactic) Acid tertinggi didapat pada konsentrasi Sn(Oct)₂ 7% pada waktu 120 menit dan suhu polimerisasi 170°C yaitu sebesar 47,442% dan *Yield Poly (lactic) Acid* yang terkecil pada waktu 80 menit dan konsentrasi Sn(Oct)₂ 5% suhu polimerisasi 170°C yaitu sebesar 36,313%. *Yield* PLA ini masih dibawah 50% dikarenakan kurang sempurnanya proses kondensasi asam laktat sehingga jumlah laktida yang terbentuk kurang maksimal. Selain itu juga dikarenakan adanya pembekuan laktida disepanjang kolom pendingin atau erlenmeyer sehingga menyebabkan jumlah asam laktat yang bereaksi membentuk poli asam laktat pun rendah.

F. Acknowledgments

None

G. Declaration of Conflicting Interests

Authors state there is no conflict of interests in this research and or publication of his work.

H. Funding Information

None

I. References

- Ahda Yusuf dan Berry Satria H. 2008. *Pengolahan Limbah Kulit Pisang Menjadi Pektin dengan Metode Ekstraksi*. Jurnal. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.
- Avella, M. e. (2009). *Eco-challenges of biobased polymer composites*. *Materials* , 2, 911 925.
- Averous L, Belgacem MN, Gandini A, editor. 2008. *Poly(lactic) Acid: Synthesis, Properties and Applications, in Monomers, Polymers and Composites from Renewable Resources*. Ed ke-1. Amsterdam: Elsevier Ltd.
- Dewati, Retno. 2008. *Limbah Kulit Pisang Kepok Sebagai Bahan Baku Pembuatan Etanol*. Surabaya. UPN Press.

-
- Domínguez, J.M. and Vázquez, M. 1999. *Effect of the operational conditions on the lactic acid production by Rhizopus oryzae*. *Ciencia e Tecnología Alimentos* 2(3):113-118.
- Edlund U., & Albertsson AC. 2002. *Degradable Polymer Microspheres for Controlled Drug Delivery*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg: *Advances in Polymer Science*, Vol. 157.
- Elisa, Rinihapsari. 2017, *Pengaruh Jumlah Katalis Tin (II) Octoate Pada Pembuatan Poli Asam Laktat dengan Menggunakan Asam Laktat dari Eceng Gondok*. Tesis. Yogyakarta. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Ferdaus, Fani., Okta, WM., dkk. 2017. *Pengaruh pH, Konsentrasi Substrat, Penambahan Kalsium Karbonat dan Waktu Fermentasi Terhadap Perolehan Asam Laktat dari Kulit Pisang*. Tesis. Surabaya. Universitas Katolik Widya Mandala.
- Gentile, Piergiorgio., Chiono, Valeria., Carmagnola, Irene., and Hatton, Paul. V., 2014, *An Overview of Poly (lactic-co glycolic) Acid (PLGA)-Based Biomaterials for Bone Tissue Engineering*. *International Journal of Molecular Sciences*.
- Gunatillake PA, Raju A. (2003). *Biodegradable synthetic polymers for tissue engineering*. *Eur Cells and Materials*. 5:1-16.
- H. R, Kricheldorf,.; Kreiser-Saunders, I.; Boettcher, C. 1995. *Polymer*, 36,1253-1259.
- H. R. Kricheldorf and A. Serra, 1985. *Polym. Bull.*, 14, 497.
- Hofvendahl K, Haegerdal BH. 2000. *Factors affecting the fermentative lactic acid production from renewable resources*. *Enzyme Microb Technol* 26: 87-107.
- Hyon, SH. 2000. *Biodegradable Poly(Lactic Acid) Microsphere for Drug Delivery System*. *Yonsei Medical Journal* Vol. 41, No. 6, pp. 720-734.
- Lu Y, Chen SC. (2004). *Micro and nanofabrication of biodegradable polymers for drug delivery*. *Advanced drug Delivery Reviews*. 56:1621-1633.
- Purnavita, S., Sriyana, H.Y., dan Hartini, S., 2017, *Produksi Poli Asam Laktat Dari Limbah Ampas Pati Aren, Momentum*, Vol. 13, No. 1, Hal. 53-56.
- S.J. Téllez-Luis, A.B. Moldes, M. Vázquez, J.L. Alonso, *Alternative media for lactic acid production by Lactobacillus delbrueckii NRRL B-445*, *Food Bioprod. Process.* 81 (2003) 250– 256.
- Tamyiz, M. 2012. *Pengaruh Konsentrasi Katalis Timah (II) Oktoat Terhadap Viskositas dan Massa Molekul Poli(Asam Laktat) pada Polimerisasi Asam Laktat dengan Metode Ring Opening Polymerization*. Surabaya. Universitas Negeri Surabaya.

Wee Y J, Kim J N and Ryu H W. 2006. *Biotechnological Production of Lactic Acid and Its Recent Applications Food Technol. Biotechnol* 44 163-72.