

**SINTESIS BIOPLASTIK (*Poly Lactic Acid*)
DARI BUAH MANGROVE *Sonneratia caseolaris***

**Lia Trinanda¹, Septi Dwi Narulita², Henny Indah Anggorowati³, Indira Afandi⁴,
Ingrid Ivana Siagian⁵, Rina Andayani⁶.**

Fakultas Kedokteran Program Studi Farmasi Universitas Hang Tuah Surabaya

lia.trinanda18@gmail.com

Abstrak: Sampah plastik tidak hanya menjadi obyek permasalahan yang dialami oleh Negara Indonesia namun juga menjadi permasalahan dunia. Pencemaran sampah plastik terbesar terjadi di laut yang menyebabkan kerusakan ekosistem di dalamnya dan akan berpengaruh terhadap kelangsungan hidup manusia karena ikan merupakan salah satu sumber bahan pangan terbesar. Dengan fokus permasalahan inilah kami melakukan penelitian sintesis bioplastik (*Poly Lactic Acid*), yakni plastik ramah lingkungan berasal dari buah mangrove *Sonneratia caseolaris*. Pemilihan buah mangrove menjadi bahan baku pembuatan *Poly Lactic Acid* (PLA) adalah karena memiliki potensi yang besar dalam segi ketersediaannya yang didasarkan pada data wilayah hutan mangrove Indonesia merupakan terbesar di dunia, sedangkan spesies *Sonneratia caseolaris* dipilih melalui survei lokasi Hutan Mangrove Wonorejo Surabaya bahwa buah mangrove *Sonneratia caseolaris* memiliki interval waktu berbuah yang lebih cepat dibandingkan dengan jenis lainnya dan banyak ditemukan berjatuhan di area wisata ini. Proses sintesis PLA dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu: (1) Isolasi pati; (2) Hidrolisis pati menjadi glukosa; (3) Fermentasi glukosa menjadi asam laktat; (4) Polimerisasi asam laktat menjadi PLA dibuat dengan dua variabel volume yang berbeda, yaitu 100 ml dan 200 ml. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan hasil sebagai berikut : Uji dengan metode titrimetri diperoleh kadar pati pada campuran pati sebesar 2,86%, Sehingga diperoleh kadar pati (bk) pada buah mangrove *Sonneratia caseolaris* adalah 62,72% dan rendemen pati sebesar 1,83%.; Uji dengan metode Luff-schrool sebelum hidrolisis diperoleh kadar glukosa sebesar 2,20% dan setelah hidrolisis sebesar 2,26%; Uji dengan metode titrimetri diperoleh kadar asam laktat sebesar 0,16%. Gugus fungsi utama dari PLA ditunjukkan melalui hasil analisa FTIR, yaitu C-H (2947^{-cm}), C-O (1099^{-cm}), C = O (1728^{-cm}), C – H (- CH₃) (1373^{-cm}) untuk volume 100 ml. Sedangkan untuk volume 200 ml diperoleh gugus fungsi utama PLA seperti C – H (2937^{-cm}), C – O (1101^{-cm}), C = O (1629^{-cm}).

Kata kunci: sintesis, bioplastik, *poly lactic acid*, mangrove, *Sonneratia caseolaris*.

Abstract : The plastic waste not only being the object problem of Indonesia but also international's problem. The biggest waste plastic pollution occur in the ocean which cause ecosystem damage inside and will impact to humans' life sustainability, because fish is one of the biggest source of food.. Focusing in this problem, we research on bio plastic synthesis (*Poly Lactic Acid*), means a friendly environmental plastic made from mangrove fruit *Sonneratia caseolaris*. The election of mangrove fruit to be the main raw production *Poly Lactic Acid* (PLA) is because it have a big potential from the availability which based on regional data, Indonesia Mangrove Forest is the biggest in the world, while spesies *Sonneratia caseolaris* chosen based on location survey Mangrove Forest at Wonorejo Surabaya that mangrove fruit *Sonneratia caseolaris* has a different interval result which faster than another species and many of them are founded in this tour area. The synthesis process PLA held on some steps, they are: (1) Starch isolation; (2) Hydrolysis pati becomes glucose; (3) Glucose fermentation into Lactic Acid; (4) Lactic Acid polymerization into PLA made by two indifferent variable volumes, they are 100 ml and 200 ml. Based on the research, the results are : a test use titrimetric method obtained starch level in mixing them is 2,86%, The obtained of starch level (bk) on mangrove fruit *Sonneratia caseolaris* is 62,72% and starch rendemen is 1,83%.; a test use Luff-schrool method before hydrolysis obtained glucose level on 2,20% and after hydrolysis is 2,26%; a test use titrimetric method

Seminar Nasional Kelautan XII

"Inovasi Hasil Riset dan Teknologi dalam Rangka Penguatan Kemandirian Pengelolaan Sumber Daya Laut dan Pesisir"

Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan Universitas Hang Tuah, Surabaya 20 Juli 2017

obtained Lactic Acid levels on 0,16%. The main function of the group of PLA is shown by the result of analysis FTIR, it is C-H (2947^{-cm}), C-O (1099^{-cm}), C = O (1728^{-cm}), C - H (-CH₃) (1373^{-cm}) for volume in 100 ml. While for 200 ml volume obtained the main function of the PLA group like C - H (2937^{-cm}), C - O (1101^{-cm}), C = O (1629^{-cm}).

Keywords: *synthesis, bioplastics, poly lactic acid, mangrove, Sonneratia caseolaris.*

PENDAHULUAN

Sampah plastik tidak hanya menjadi obyek permasalahan yang dialami oleh Negara Indonesia namun juga menjadi permasalahan dunia. Pencemaran sampah plastik terbesar terjadi di laut yang menyebabkan kerusakan ekosistem di dalamnya dan akan berpengaruh terhadap kelangsungan hidup manusia karena ikan merupakan salah satu sumber bahan pangan terbesar masyarakat Indonesia.

Dengan fokus permasalahan inilah, kami menggagas sebuah konsep plastik *biodegradable*. Plastik *biodegradable* adalah jenis plastik yang bisa terurai oleh aktivitas mikroorganisme menjadi air dan karbondioksida di alam sehingga dengan demikian jenis plastik ini tidak akan tertimbun dan mencemari lingkungan.

Berdasarkan bahan baku yang dipakai, plastik *biodegradable* dibagi menjadi dua kelompok yaitu kelompok dengan bahan baku petrokimia seperti poli (ϵ - kaprolakton), (PCL) dan kelompok dengan bahan baku produk tanaman seperti pati dan selulosa dikenal dengan *Poly Lactic Acid* (PLA) atau sering disebut dengan bioplastik. PLA merupakan modifikasi asam laktat dari pati oleh mikroorganisme (Sanders, 2002).

Pati yang sudah dimanfaatkan sebagai sumber bahan baku pembuatan PLA ini berasal dari: jagung (Coniwanti, 2014), sagu (Maimunah, 2015), singkong (Wahyuningsih, 2015). Sedangkan bahan baku pembuatan PLA kami adalah berasal dari buah mangrove *Sonneratia caseolaris*.

Spesies *Sonneratia caseolaris* dipilih melalui survei lokasi Hutan Mangrove Wonorejo Surabaya, bahwa buah mangrove *Sonneratia caseolaris* memiliki interval waktu berbuah yang lebih cepat dibandingkan dengan jenis lainnya dan banyak ditemukan berjatuhan di area wisata ini. Buah bakau memiliki potensi yang sangat besar untuk dijadikan sebagai bahan baku, berikut beberapa penjelasannya:

1. Merupakan sumber bahan baku yang tersedia secara berkesinambungan, hal ini didasarkan pada data siklus berbuahnya yakni sepanjang tahun.
2. Merupakan bahan baku yang tersedia dalam jumlah besar, berdasar pada data wilayah hutan mangrove Indonesia merupakan yang terbesar di dunia.

Adapun proses sintesis PLA adalah melalui beberapa tahapan berikut: (1) Hidrolisis pati menjadi glukosa (2) Fermentasi glukosa menjadi asam laktat (3) Polimerisasi asam laktat menjadi PLA (4) Uji karakteristik PLA (uji FTIR).

METODE PENELITIAN

Waktu dan lokasi penelitian

Waktu Penelitian dilakukan selama lima bulan. Penelitian dilakukan di Laboratorium Universitas Hang Tuah Surabaya tepatnya di Laboratorium Kimia GC dan Laboratorium Analisis Farmasi Gedung F-VII Prodi Farmasi

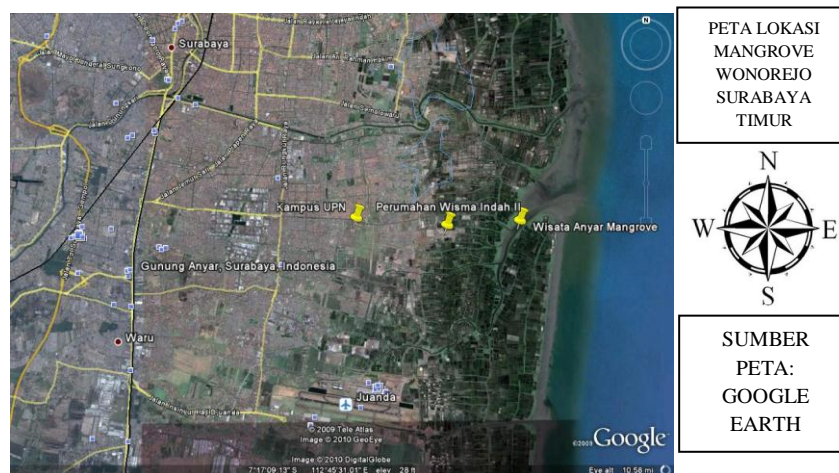
Pengambilan Sampel

Sampel yang digunakan pada penelitian kami adalah buah mangrove spesies *Sonneratia caseolaris*. Sampel di ambil dari Kawasan Wisata Hutan Mangrove Wonorejo Surabaya Timur, Provinsi Jawa Timur yang tampak pada Gambar 3.1.

Seminar Nasional Kelautan XII

"Inovasi Hasil Riset dan Teknologi dalam Rangka Penguatan Kemandirian Pengelolaan Sumber Daya Laut dan Pesisir"

Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan Universitas Hang Tuah, Surabaya 20 Juli 2017



Gambar 1. Lokasi Hutan Mangrove Wonorejo, Surabaya, Jawa Timur

Alat dan Bahan

Analisis laboratorium terhadap sampel buah mangrove menggunakan peralatan meliputi: pisau, blender, penyaring, baskom, cawan, oven, sendok tanduk, beaker glass, waterbath, pipet tetes, erlenmeyer, tabung reaksi, gelas ukur, kertas saring, hot plate, statif, termometer, timbangan. Bahan penelitian meliputi sampel buah mangrove *Sonneratia caseolaris*, bakteri *Lactobacillus bulgaricus*, aquadest dan HCl.

Hidrolisis Pati menjadi Glukosa

Isolasi Pati.

Sampel buah mangrove *Sonneratia caseolaris* yang telah diambil sebanyak 2 kg dicuci dan dikupas kulit buahnya, diblender hingga halus dengan menambahkan aquadest. Kemudian disaring untuk memisahkan filtrat dari residu, penyaringan dilakukan dengan menggunakan kain jarang (serbet) untuk memisahkan antara ampas dan pati yang telah dilarutkan oleh air sehingga ketika disaring, air bersama-sama dengan pati akan keluar dalam sampel dan dihasilkan filtrat, residunya dibuang. Kemudian diendapkan, pati akan terendap seluruhnya dan terpisah dari air, endapan yang didapat diletakkan dalam cawan kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu $\pm 37^{\circ}\text{C}$ selama 20 jam sehingga diperoleh pati dan ditimbang berat akhir untuk menghitung kadar (%) pati.

Hidrolisis.

Proses hidrolisis menggunakan pati dan air dengan perbandingan 1 : 22,5. Sebanyak 20 g pati di blender hingga homogen dengan menambahkan aquadest 450 ml, sampel yang telah homogen dimasukkan dalam beaker glass kemudian dipanaskan pada suhu 80°C pada pH 2 dengan menambahkan larutan HCl selama 60 menit dan didinginkan. Sampel yang telah dingin selanjutnya dianalisa kadar (%) glukosanya dengan menggunakan metode Luff Schrool.

Fermentasi Glukosa menjadi Asam Laktat

Memasukkan bakteri *Lactobacillus bulgaricus* (1 tabung reaksi) ke dalam erlenmeyer yang berisi larutan glukosa hasil hidrolisis sebanyak 10 ml kemudian diinkubasi selama 8 jam pada suhu 45°C . Ditambahkan 90 ml larutan glukosa hasil hidrolisis dalam sampel yang telah diinkubasi sebelumnya dan diinkubasi kembali selama selama 8 jam pada suhu 45°C . Ditambahkan 900 ml larutan glukosa hasil hidrolisis, dari 1000 ml larutan di ambil sebanyak 150 ml sebagai starter kemudian di tambahkan pada 1500 ml larutan glukosa hasil proses hidrolisis dan diinkubasi selama 72 jam pada suhu 45°C . Hasil fermentasi asam laktat dianalisis menggunakan metode titrimetri.

Seminar Nasional Kelautan XII

" Inovasi Hasil Riset dan Teknologi dalam Rangka Penguatan Kemandirian Pengelolaan Sumber Daya Laut dan Pesisir"

Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan Universitas Hang Tuah, Surabaya 20 Juli 2017

Polimerisasi Asam Laktat Menjadi PLA (*Poly Lactic Acid*)

Larutan asam laktat sebanyak 100 ml dan 200 ml di masukkan kedalam beaker glass kemudian dipanaskan pada suhu 120°C selama 1 jam dengan menggunakan hot plate. Setelah 1 jam dilanjutkan pemanasan menggunakan oven pada suhu 150° C selama 24 jam. PLA yang dihasilkan didinginkan pada suhu ruang dan ditimbang

Uji Karakteristik PLA

Uji *Fourier Transform Infra Red* (FTIR)

Uji FTIR di lakukan di Fakultas MIPA Laboratorium Instrumental Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Preparasi Sampel buah *Sonneratia caseolaris*

Buah mangrove *Sonneratia caseolaris* diambil sesuai dengan lokasi penelitian yang telah disebutkan sebelumnya. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar. 2 Buah Mangrove *Sonneratia caseolaris*

Isolasi Pati

Pada preparasi sampel yang dilakukan pada isolasi pati dilakukan pencucian endapan pati sebanyak empat kali hingga bersih. Pencucian endapan tersebut dilakukan agar tidak adanya kontaminan atau zat – zat pengotor yang dapat mempengaruhi kualitas pati. Proses pengovenan pati dilakukan pada suhu 37°C selama 20 jam dikarenakan jika dilakukan pada suhu yang tinggi dan waktu pengeringan yang terlalu lama menyebabkan terjadinya perubahan warna bahan serta terjadinya penurunan mutu bahan (Lidiasari, E. et al., 2006).

Dari hasil isolasi pati diperoleh campuran pati sebanyak 1281 gram. Pada campuran pati yang diperoleh dari buah mangrove *Sonneratia caseolaris* tersebut dilakukan pengujian kadar air dan kadar pati. Metode pengujian yang digunakan pada pengujian kadar pati yaitu metode titrimetri. Metode titrimetri mengacu pada analisis kimia kuantitatif yang dilakukan dengan menetapkan volume suatu larutan yang konsentrasinya diketahui dengan tepat (Vogel,1994). Sedangkan pengujian kadar air dengan metode gravimetri merupakan cara penentuan jumlah zat berdasarkan pada penimbangan hasil reaksi setelah bahan yang dianalisis direaksikan (Harjadi 1993).

Tabel 1. Hasil Uji Kandungan Pati dari buah mangrove *Sonneratia caseolaris*

Parameter Uji	Satuan	Hasil Uji	Metode Uji
Kadar Air	%	95.44	Gravimetri
Pati	%	2.86	Titrimetri

Berdasarkan tabel hasil uji kandungan pati diatas dapat dilihat bahwa kadar air yang terkandung dalam pati dari buah mangrove *Sonneratia caseolaris* dengan menggunakan metode *gravimetric* yaitu 95.44%, sedangkan kadar pati menggunakan metode *titrimetric* yaitu 2.86%. Sehingga diperoleh kadar pati (bk) pada buah mangrove *Sonneratia caseolaris* adalah 62,72% dan rendemen pati sebesar 1,83%.

Tabel 2. Kadar Proksimat Buah Pedada (*Sonneratia caseolaris*) (Manalu,dkk.,2013)

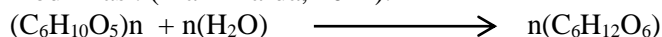
Komponen	Buah Pedada (%)
Kadar air (bb)	84,76 ± 0,10 ^a
Kadar abu (bk)	8,40 ± 1,05 ^a
Kadar lemak (bk)	4,82 ± 0,88 ^a
Kadar protein (bk)	9,21 ± 1,22 ^a
Kadar Karbohidrat (bk)	77,57 ± 3,15 ^a

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Manalu, RDE dkk, 2013 buah mangrove *Sonneratia caseolaris* mengandung karbohidrat sebanyak 77,57 %. Kandungan karbohidrat tersebut didapatkan berdasarkan hasil berat kering buah mangrove *Sonneratia caseolaris*.

Hidrolisis Pati menjadi Glukosa

Pati yang diperoleh dari hasil isolasi pati kemudian dihidrolisis dengan cara menambahkan larutan HCl dan dipanaskan pada suhu 80°C selama 60 menit. Campuran pati sebelum hidrolisis dan sesudah hidrolisis kemudian diuji kadar glukosanya dengan metode Luff-Schoorl.

Pada proses hidrolisis senyawa karbohidrat yang ada dipecah menjadi gula-gula sederhana (monosakarida) dengan bantuan asam yaitu HCl dan panas. Monosakarida yang terbentuk kemudian dianalisis dengan Metode Luff-Schoorl. Prinsip analisis dengan Metode Luff-Schoorl yaitu reduksi Cu²⁺ menjadi Cu¹⁺ oleh monosakarida. Monosakarida bebas akan mereduksi larutan basa dari garam logam menjadi bentuk oksida atau bentuk bebasnya. Kelebihan Cu²⁺ yang tidak tereduksi kemudian dikuantifikasi dengan titrasi iodometri (SNI 01-2891-1992). Osborne dan Voogt (1978) mengatakan bahwa Metode Luff-Schoorl dapat diaplikasikan untuk produk pangan yang mengandung gula dengan bobot molekuler yang rendah dan pati alami atau modifikasi. (Manikharda, 2011).



(Tjokroadikoesoemo, 1993)

Berdasarkan tabel hasil uji kadar glukosa diatas dapat dilihat kandungan glukosa pada pati yang belum dihidrolisis yaitu 2.20% sedangkan kadar pati yang telah dihidrolisis sebesar 2.26%. Dapat dilihat dari hasil uji tersebut terjadi peningkatan kadar glukosa sebesar 0,06%

Semakin tinggi temperatur hidrolisa kadar glukosa yang terbentuk semakin banyak. Kenaikan kadar glukosa akibat kenaikan temperatur hidrolisa sesuai dengan persamaan Arrhenius yaitu $k = A \cdot e^{-E_a/RT}$ yang menunjukkan semakin tinggi temperatur, nilai konstanta kecepatan reaksi hidrolisa semakin besar. Maka reaksi pembentukan glukosa semakin cepat dan akan terbentuk produk yang lebih banyak untuk waktu hidrolisa yang sama. Kadar glukosa yang

dihasilkan semakin besar seiring dengan bertambahnya waktu reaksi. Semakin lama waktu reaksi maka semakin besar kesempatan untuk bereaksi.

Tabel 3. Hasil uji kadar glukosa pada campuran pati buah mangrove *Sonneratia caseolaris*.

No.	No Analisa	Kode	Satuan	Gula Total
1.	P 2632	Pati Sebelum Hidrolisis	%	2.20
2.	P 2633	Pati Sesudah Hidrolisis	%	2.26

Fermentasi Glukosa menjadi Asam Laktat

Percobaan dilakukan dengan melakukan fermentasi asam laktat dengan masa inkubasi selama 72 jam. Menurut (Sibirian, dkk.) proses fermentasi selama 72 jam merupakan fermentasi yang dapat menghasilkan total asam paling tinggi. Fermentasi dilakukan dengan menggunakan bakteri *Lactobacillus Bulgaricus* (bakteri hemofermentatif) akan menghasilkan 80% asam laktat (Hidayat, 2006). Proses inkubasi dilakukan pada suhu 45°C dan pH larutan di buat 5 sesuai dengan kondisi optimum pertumbuhan *L. bulgaricus* (Sneath et al, 1986). Pada larutan hasil fermentasi dilakukan uji kadar asam laktat dengan metode titrimetri.

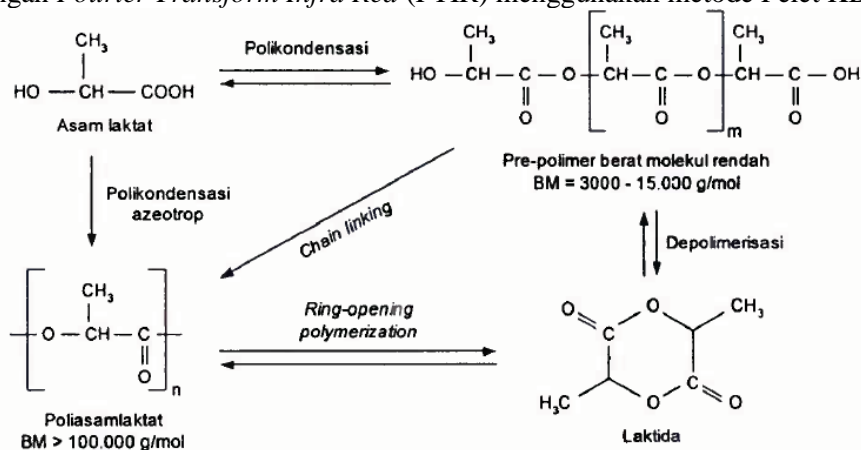
Tabel 4. Hasil uji kadar asam laktat pada larutan hasil fermentasi

Analisa	Metode	Satuan	Hasil
Asam Laktat	Titrimetri	%	0.16

Berdasarkan tabel hasil uji kadar asam laktat diatas dapat dilihat bahwa kandungan asam laktat dalam larutan hasil fermentasi sebesar 0.16%

Polimerisasi Asam Laktat Menjadi PLA (*Poly Lactic Acid*)

Larutan asam laktat dimasukkan kedalam *beaker glass* kemudian dipanaskan pada suhu 120°C selama 1 jam dengan menggunakan hot plate yang bertujuan untuk menguapkan air yang terkandung didalamnya. Setelah 1 jam di lanjutkan pemanasan menggunakan oven pada suhu 150°C selama 24 jam karena semakin tinggi suhu pemanasan akan menghasilkan residu karbon yang banyak dan terjadi oksidasi yang berlebih sehingga menghasilkan warna PLA yang lebih pekat. Hasil polimerisasi yang diperoleh berwarna cokelat tua. Kemudian PLA yang dihasilkan didinginkan pada suhu ruang dan ditimbang. (Lukmana,2007). Kemudian hasil polimerisasi diuji dengan *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) menggunakan metode Pelet KBr.



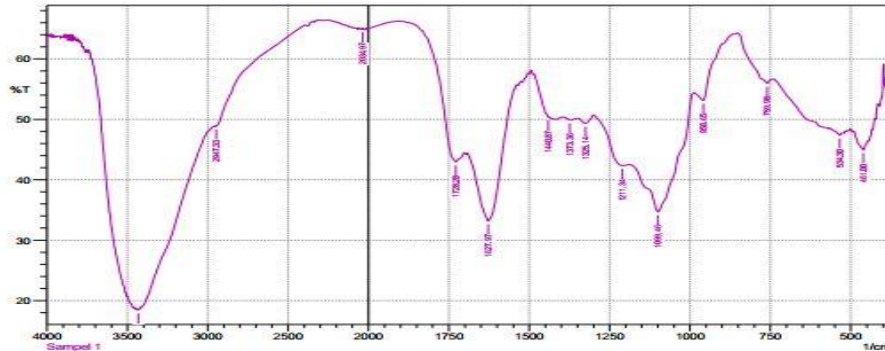
Gambar 3. Reaksi Polimerisasi Asam Laktat menjadi PLA (Merck Index, 2006)

Seminar Nasional Kelautan XII

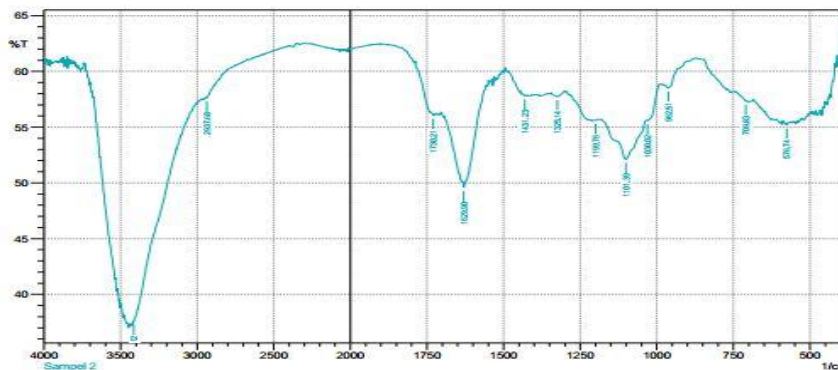
"Inovasi Hasil Riset dan Teknologi dalam Rangka Penguatan Kemandirian Pengelolaan Sumber Daya Laut dan Pesisir"

Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan Universitas Hang Tuah, Surabaya 20 Juli 2017

Metode Pelet KBr yaitu cuplikan padatan digerus kemudian ditambah KBr kemudian penggerusan dilanjutkan hingga tercampur secara sempurna. Campuran tersebut dimasukkan dalam wadah kemudian divakumkan untuk melepaskan air, kemudian campuran tersebut dipres beberapa saat pada tekanan 8 hingga 20 to per satuan luas. (Hardjono,1992).



Gambar 4. Data pengamatan uji FTIR Hasil Polimerisasi untuk volume 100 ml



Gambar 5. Data pengamatan uji FTIR Hasil Polimerisasi untuk volume 200 ml

Tabel 5. Data pengamatan uji FTIR Hasil Polimerisasi untuk volume 100 ml dan 200 ml

Komponen PLA (Poly Lactic Acid)	Bilangan gelombang			
	C – H	C - O	C = O	C – H(- CH ₃)
100 ml	2947 ^{-cm}	1099 ^{-cm}	1728 ^{-cm}	1373 ^{-cm}
200 ml	2937 ^{-cm}	1101 ^{-cm}	1099 ^{-cm}	1431 ^{-cm}

Uji FTIR dilakukan pada hasil polimerisasi untuk volume 100 ml (Gambar 4) dan 200 ml (Gambar 5). Pembacaan FTIR menunjukkan sampel yang telah disintesis memiliki nilai panjang gelombang yang mirip dengan struktur Poly Lactic Acid (PLA) . Hasil dari pembacaan spectra FTIR untuk volume 100 ml dengan panjang gelombang 2947^{-cm} terbukti adanya gugus C – H (alkana), pada panjang gelombang 1099^{-cm} terbukti dengan adanya gugus C – O (ether). Pada panjang gelombang 1728^{-cm} ditemukan adanya gugus C = O dan terdapat gugus C – H (- CH₃) dengan panjang gelombang 1373^{-cm}. Sedangkan untuk volume 200 ml hasil pembacaan spectra FTIR pada panjang gelombang 2937^{-cm} terbukti dengan adanya gugus C – H , pada panjang gelombang 1099^{-cm} terbukti dengan adanya gugus C – O. Pada panjang gelombang 1099^{-cm} terbukti dengan adanya gugus C=O dan gugus C – H(- CH₃) dengan panjang gelombang 1431^{-cm}.

Seminar Nasional Kelautan XII

"Inovasi Hasil Riset dan Teknologi dalam Rangka Penguatan Kemandirian Pengelolaan Sumber Daya Laut dan Pesisir"

Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan Universitas Hang Tuah, Surabaya 20 Juli 2017

KESIMPULAN

PLA dapat disintesis dari pati yang diperoleh dari buah mangrove *Sonneratia caseolaris* melalui proses hidrolisis pati menjadi glukosa, fermentasi glukosa menjadi asam laktat, dan polimerisasi asam laktat menjadi PLA. Dari hasil uji FTIR pada hasil polimerisasi diperoleh gugus fungsi utama dari PLA yaitu C-H (2947-cm^{-1}), C-O (1099-cm^{-1}), C = O (1728-cm^{-1}), C – H (-CH₃) (1373-cm^{-1}) untuk volume 100 ml. Sedangkan untuk volume 200 ml diperoleh gugus fungsi utama PLA seperti C – H (2937-cm^{-1}), C – O (1101-cm^{-1}), C = O (1629-cm^{-1}).

DAFTAR PUSTAKA

- Coniwanti, Pamilia, dkk. 2014. *Pembuatan Plastik Biodegradable dari Pati Jagung dengan Penambahan Qitosan dan Pemplastis Gliserol*. Vol. 20 No. 4 Tersedia: jtk.unsri.ac.id (10 November 2016).
- Harjadi, W. 1993. *Ilmu Kimia Analitik Dasar*. Jakarta : Penerbit P.T Gramedia Pustaka Utama.
- Hardjono, S. 1992. *Spektroskopi Inframerah Edisi Pertama*. Yogyakarta: Liberty
- Hidayat, Nur., Masdiana CP., dan Sri H. 2006. *Mikrobiologi Industri*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Lidiasari, E., et al. Pengaruh Suhu Pengeringan Tepung Tapi Ubi Kayu Terhadap Mutu Fisik dan Kimia Yang Dihasilkan. *Jurnal Teknologi Pertanian*. Universitas Sriwijaya, Sumatera Selatan.
- Lukmana. 2007. *Pembuatan dan Pencirian Poli (Asam Laktat) dengan Metode Polikondensasi Menggunakan Katalis Timah (II) Oktoat*. Bogor Tersedia: <http://repository.ipb.ac.id/jspui/bitstream/123456789/60206/5/BAB%20IV%20Hasil%20dan%20Pembahasan.pdf>
- Manikharda. 2011. "Perbandingan Metode Dan Verifikasi Analisis Total Karbohidrat Dengan Metode Luff-Schoorl Dan Anthrone Sulfat". *Skripsi*. Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor.
- Manalu RDE; dkk. 2013. Kandungan Zat Gizi Makro dan Vitamin Produk Buah Pedada (*Sonneratia caseolaris*) (online). Tersedia: ejournal.litbang.depkes.go.id.
- Merck Index. 2006. *The Merck Index*. Merck and CO.Inc, New Jersey.U.S.A.: Merck Research Laboratories.
- Pulungan, Maimunah Hindun, Fenny Suryo, Wignyanto. 2015. *Pembuatan Plastik Biodegradable Pati Sagu (Kajian Penambahan Kitosan dan Gelatin)*. Prosiding Seminar Agro Industri dan Lokakarya Nasional FKPT/TPI. Malang: Universitas Brawijaya.
- Sanders, et al. 2002. *Tissue Response to microfibers of Different Polymers: Polyester, Polyethylene, Polylactic acid, and Polyurethane (online)*. Vol 62(2). Tersedia: www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12209942 (15 September 2016).
- Sastrohamidjojo, Hardjono. 1992. *Spektroskopi Inframerah*. Yogyakarta: Liberty Yogyakarta.
- Siburian, dkk. Pemanfaatan Pati Tapioka Sebagai Bahan Baku Pembuatan Plastik Biodegradable (Kajian Lama Fermentasi dan Konsentrasi Gliserol). Malang: Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya.
- Sneath, P.H.A, N.S. Mair, ME. Sharpe, JG. Holt. 1986. *Bergeys Manual of Systematic Bacteriology*. Vol 2. Williams and Wilkins. Baltimore
- Tjokroadikosoemo, P.S. 1993. *HFS dan Industri Ubi Kayu Lainnya*. Jakarta : P.T Gramedia Pustaka Utama
- Vogel. 1994. *Kimia Analisis Kuantitatif Anorganik*. Alih bahasa P. Hadyana. A dan Setiono. L. Jakarta: Buku Kedokteran EGC.
- Wahyuningsih, dkk. 2015. *Sintesis Film Kemasan Ramah Lingkungan dari Ampas Tapioka Asam Poli Laktat dan Pemplastis Gliserol, Kajian Karakteristik Mekanik*. Semarang: ISBN.