

## Research Article

## Pengaruh Waktu Pengadukan pada Proses Poliblend *Poly Lactic Acid* dengan *Poly Ethylene Glycol-400* Terhadap Viskositas dan Densitas Bioplastik

*The Effect of Stirring Time on the Polyblend Process of Poly Lactic Acid with Poly Ethylene Glycol-400 on the Viscosity and Density of Bioplastics*

Puji Rahayu<sup>1\*</sup>, Sri Agustina<sup>2</sup>, Meta Pramesty<sup>2</sup>, Rosalina<sup>1</sup>, Dwi Kemala Putri<sup>1</sup>

<sup>1</sup>)Politeknik ATI Padang, Teknik Kimia Bahan Nabati, Indonesia

<sup>2</sup>)Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Teknik Kimia, Indonesia

\*correspondence email: [pujirahayu@poltekatipdg.ac.id](mailto:pujirahayu@poltekatipdg.ac.id)

Received: 05/04/2021; Revised: 08/12/2021; Accepted: 08/12/2021;

doi: [10.25273/cheesa.v4i2.8945.100-108](https://doi.org/10.25273/cheesa.v4i2.8945.100-108)

### Abstrak

Plastik sintetik diketahui sulit terurai tetapi penggunaannya semakin meningkat. Beberapa upaya telah dilakukan seperti pembakaran, daur ulang hingga penimbunan di *storage* khusus. Saat ini banyak peneliti mencari alternatif bahan dasar pembuatan plastik, salah satunya adalah *Poly Lactic Acid* (PLA). PLA merupakan material bioplastik yang tersusun dari monomer-monomer asam laktat dari hasil reaksi kondensasi langsung. Sifat PLA yang hidrofilik membuat bioplastik membutuhkan *plasticizer* sebagai komponen penyusun agar lebih kuat. *Plasticizer* yang aman dan ramah lingkungan salah satunya Poli Etilen Glikol 400 (PEG-400). PEG-400 mampu memperbaiki kekuatan mekanik yang lebih stabil sehingga banyak digunakan dalam industri farmasi, kosmetik bahkan pangan. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh lama waktu pengadukan terhadap proses poliblend dengan indikator pengukuran densitas, viskositas dan kadar air larutan campuran. PLA/PEG-400 memiliki nilai densitas tertinggi sebesar 1,272 g/mL yaitu pada pengadukan menit ke-30. Sedangkan, nilai viskositas dan kadar air tertinggi diperoleh pada PLA/PEG-400 pada pengadukan menit ke-50 sebesar 212 cm<sup>2</sup>/det dan 53,821%.

**Kata kunci:** asam laktat; bioplastik; PEG; PLA; poliblend

### Abstract

*Synthetic plastics are known to be difficult to decompose but their use is increasing. Several efforts have been made, such as burning, recycling and stockpiling in special storage. Currently, many researchers are looking for alternative raw materials for making plastic, one of which is Poly Lactic Acid (PLA). PLA is a bioplastic material composed of lactic acid monomers from the direct condensation reaction. The hydrophilic nature of PLA makes bioplastics require plasticizers as constituent components to make them stronger. One of the safe and environmentally friendly plasticizers is Poly Ethylene Glycol 400 (PEG 400). PEG 400 is able to improve mechanical strength which is more stable so it is widely used in the pharmaceutical, cosmetic and even food industries. The purpose of this study was to determine the effect of stirring time on the polyblend process with indicators for measuring density, viscosity and water content of the mixed solution. The polyblend PLA/PEG-400 produced the highest density value of 1.272 g/mL at the 30th minute stirring. The highest values of viscosity and water content were obtained in PLA/PEG-400 at 50th minute stirring of 212 cm<sup>2</sup>/s and 53.821%.*

**Keywords:** bioplastic; lactic acid; PEG; PLA; polyblend

## Pengaruh Waktu Pengadukan pada Proses Poliblend *Poly Lactic Acid* dengan *Poly Ethylene Glycol-400* Terhadap Viskositas dan Densitas Bioplastik

### 1. Pendahuluan

Plastik merupakan polimer kimia yang banyak digunakan dalam keseharian. Saat ini, hampir setiap produk berbahan plastik karena sifat mekaniknya yang unggul, seperti ringan, kuat, tahan terhadap air dan harganya terjangkau [1,2]. Sebanyak 1,9 juta ton kebutuhan plastik masyarakat Indonesia tercatat pada tahun 2002. Dua tahun berselang meningkat secara berturut-turut sebesar 2,1 juta ton dan 2,3 juta ton [3,4]. Tahun 2018, kebutuhan tersebut kembali meningkat 1% dari kenaikan ekonomi nasional. Selain itu, tercatat konsumsi plastik diasumsikan naik mencapai 6% pada Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara (APBN) 2019. Sedangkan timbunan sampah nasional dilaporkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) mencapai 67,8 juta ton pada tahun 2020 yang artinya Indonesia sudah memproduksi dan menggunakan berpuluh-puluh juta ton plastik. Dengan demikian, plastik sudah menjadi kebutuhan yang akan terus meningkat di setiap tahun [4,5,6].

Jenis plastik yang banyak digunakan saat ini adalah polimer sintetik, yang memiliki dampak buruk bagi lingkungan. Polimer sintetik ini merupakan polimer yang diproduksi dari minyak bumi atau sering disebut petrokimia, yang menurut beberapa ahli jumlahnya semakin sedikit dan tidak dapat diperbaharui [1]. Beberapa jenis plastik sintetik yang banyak dijual di pasaran antara lain *Polypropylene* (PP), *Polyethylene* (PE), *Polyvinyl Chloride* (PVC) *Polystyrene* (PS) dan *Polyethylen Tereftalat* (PET). Jenis-jenis plastik tersebut tidak dapat terdegradasi oleh mikroorganisme [1]. Mikroorganisme yang ada di lingkungan khususnya tanah saat ini dianggap tidak mampu mengubah ataupun mensintesis enzim khusus pendegradasi

polimer petrokimia [1,5,7]. Akibatnya plastik tidak terurai meskipun tertimbun di dalam tanah, sehingga mempengaruhi nutrisi dan kualitas tanah bahkan air resapan dalam tanah.

Berbagai usaha dilakukan untuk memecahkan masalah ini diantaranya dengan pembakaran, daur ulang hingga penimbunan di *storage* khusus. Namun, hal tersebut dirasa belum efektif karena dapat menimbulkan efek negatif bahkan korosif dan beracun seperti HCl, HCN, NH<sub>3</sub> dan SO<sub>2</sub> terlebih pembakaran dilakukan dalam jumlah besar [8,9]. Daur ulang dan penimbunan juga akan berakibat buruk pada lingkungan, yaitu ketika barang-barang daur olahan dari plastik tidak lagi digunakan maka akan dibuang ke lingkungan. Sedangkan penimbunan pada *storage* khusus, juga tidak efektif karena tingkat pemakaian plastik semakin tahun semakin meningkat sehingga dibutuhkan *storage* khusus yang lebih besar kapasitasnya. Berdasarkan hal tersebut maka dibutuhkan alternatif bahan dasar pembuatan plastik yang alami. Spesifikasi kekuatan produk yang setara dengan plastik sintetik salah satunya adalah *Poly Lactic Acid* (PLA) [10,11].

*Poly Lactat Acid* atau Polimer Asam Laktat adalah material bioplastik yang terdiri dari monomer-monomer asam laktat dengan 3 (tiga) reaksi pembentukan. Reaksi tersebut adalah *direct condensation*, *azeotrop condensation* dan *lactide ring formation* [12]. Rahmayetty *dkk.* [13], melakukan sintesis polilaktida dari asam laktat dengan metode polimerisasi pembukaan cincin menggunakan katalis lipase. Azwar *dkk.* [2], menambahkan SnCl<sub>2</sub> pada sintesis Poli Laktida dan menghasilkan polimer dengan berat molekul 39.680,045 g/mol.

## Pengaruh Waktu Pengadukan pada Proses Poliblend *Poly Lactic Acid* dengan *Poly Ethylene Glycol-400* Terhadap Viskositas dan Densitas Bioplastik

Pemanfaatan PLA sebagai unsur alami dalam pembuatan plastik mulai berkembang. Ibrahim *dkk.* [14], menyebutkan PLA mampu menghasilkan film dengan kuat tarik 11 MPa dan *elongation* 77%. Trinanda *dkk.* [11], membuktikan bahwa buah mangrove mengandung PLA yang dapat dikembangkan sebagai sintesis bioplastik dengan uji FTIR.

PLA memiliki kekurangan yaitu kekuatan mekanik yang rendah dan hidrofilik [11,15,16], sehingga perlu dilakukan modifikasi struktur penyusunnya dengan menambahkan *plasticizer*. Salah satu *plasticizer* yang dapat digunakan adalah Poli Etilen Glikol 400 (PEG 400) [17,18,19]. Selain memiliki kemampuan untuk memperbaiki kekuatan mekanik dan sifat hidrofilik, PEG-400 memiliki sifat utama yang lebih stabil sehingga banyak digunakan dalam industri farmasi, kosmetik bahkan pangan [20].

Penelitian ini membahas tentang proses pembuatan PLA dari asam laktat melalui proses polimerisasi kondensasi langsung. Selain itu, pengamatan yang dilakukan adalah memvariasikan waktu polimerisasi pada pembentukan PLA serta mengetahui efektifitas *plasticizer* PEG-400 yang dianalisis dari nilai densitas dan viskositasnya.

## 2. Metode Penelitian

### 2.1 Alat dan Bahan

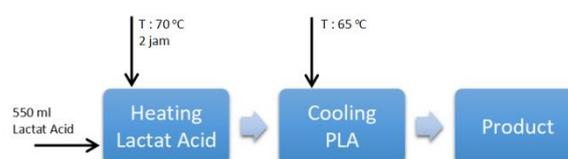
Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *hot plate thermo Scientific*, *Beaker Glass* 250 mL, pengaduk, Oven laboratorium UN 55 53 L dan cetakan aluminium.

Bahan-bahan yang digunakan adalah PLA ( $C_3H_6O_3$ ) Merck, dan *Polyethylene Glycol* (PEG-400) Alpha Chemical.

Terdapat 3 (tiga) tahapan utama pada penelitian ini yaitu: polimerisasi, poliblend dan analisis.

### 2.2 Polimerisasi

Proses ini dilakukan untuk membentuk PLA dengan proses polimerisasi langsung seperti ditampilkan pada Gambar 1.

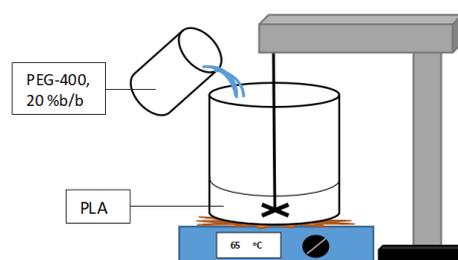


**Gambar 1.** Diagram proses polimerisasi asam laktat

Metode ini merupakan modifikasi dari penelitian Azwar *dkk.* [2], Ibrahim *dkk.* [14], dan Rahmayetti *dkk.* [13], yaitu larutan asam laktat sebanyak 550 mL disiapkan dalam labu leher tiga pada *water batch* dengan suhu 70 °C. Lebih lanjut, dilakukan pengadukan pada larutan tersebut selama 2 jam. Setelah itu, suhu operasi diturunkan menjadi 65 °C. Hasil pemanasan tersebut menghasilkan larutan PLA. Larutan tersebut diambil sebanyak 100 mL sebagai acuan atau larutan pembanding.

### 2.3 Poliblend

Poliblend adalah proses pencampuran PLA dengan *plasticizer* PEG-400. Proses poliblend dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Proses poliblend PLA dengan PEG-400

## Pengaruh Waktu Pengadukan pada Proses Poliblend *Poly Lactic Acid* dengan *Poly Ethylene Glycol-400* Terhadap Viskositas dan Densitas Bioplastik

Adapun tahapan pada poliblend yaitu menyiapkan larutan PEG-400 20% b/b, kemudian larutan tersebut ditambahkan ke dalam PLA yang telah didinginkan pada suhu 65 °C. Campuran tersebut disebut larutan PLA/PEG-400 yang kemudian diaduk selama 1 jam dengan besaran pengadukan 15 rpm. Sampel yang akan diuji diambil pada menit ke-20; 30; 40 dan 50 selama waktu pengadukan sebanyak 10 mL. Larutan bioplastik tersebut kemudian dicetak pada cetakan dan didiamkan selama 12 jam.

### 2.4 Analisis

#### 2.4.1 Densitas

Larutan PLA/PEG-400 yang dihasilkan dari proses polimerisasi diukur densitasnya menggunakan *picnometer*.

#### 2.4.2 Viskositas

Larutan PLA/PEG-400 yang dihasilkan dari proses polimerisasi diukur viskositasnya menggunakan *viscometer Ostwald*.

#### 2.4.3 Kadar Air

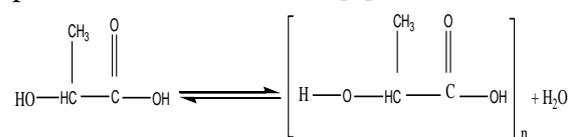
Proses pengukuran kadar air dilakukan dengan pengeringan produk hasil cetakan dengan oven. Suhu operasi pengeringan adalah 105 °C selama 8 jam dan ditimbang setiap 1 jam sekali sampai konstan.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Polimerisasi Asam Laktat

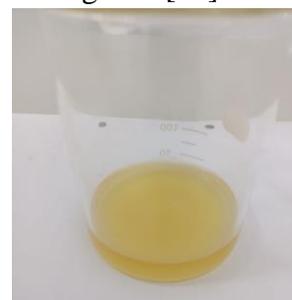
Jenis polimerisasi asam laktat pada penelitian ini adalah sintesis dengan metode *direct condensation* dengan reaksi bolak-balik (*reversible*) seperti pada Gambar 3. Dari hasil reaksi polimerisasi asam laktat tersebut, air merupakan hasil samping yang kurang diharapkan. Dalam penelitiannya, Rahmayetti *dkk.* [13]

menyatakan bahwa molekul air harus selalu minimum karena dapat menyebabkan proses polimerisasi tidak maksimal. Jika massa molekul air rendah maka PLA yang dihasilkan memiliki massa molekul yang tinggi. Selain temperatur polimerisasi, massa molekul PLA juga dipengaruhi oleh *optical purity* laktida. [11]. Sedangkan untuk penggunaan pada bioplastik massa molekul PLA yang disarankan memiliki nilai di atas 100.000 g/mol [1]. Massa molekul PLA dapat ditingkatkan salah satunya dengan polimerisasi kondensasi [1].



Gambar 3. Pembentukan PLA [11]

Dari proses polimerisasi kondensasi yang telah dilakukan selama 2 jam menghasilkan PLA berwarna kekuningan dan bening (Gambar 4). PLA jenis ini biasanya hasil campuran rasemik (D,L-PLA) yang mempunyai struktur acak dan tidak beraturan (*amorf*), sehingga lebih diminati untuk dijadikan bahan baku plastik [6]. Selain itu, (D,L-PLA) memiliki waktu degradasi yang lebih cepat dari pada L-PLA. Proses polimerisasi juga dipengaruhi oleh waktu proses dan suhu, sehingga berpengaruh juga pada massa molekul PLA. Massa molekul PLA yang dihasilkan masih dalam kategori rendah yaitu 500-2300 g/mol [10].



Gambar 4. Hasil Polimerisasi Asam Laktat

## Pengaruh Waktu Pengadukan pada Proses Poliblend *Poly Lactic Acid* dengan *Poly Ethylene Glycol-400* Terhadap Viskositas dan Densitas Bioplastik

### 3.2 Poliblend PLA dengan PEG-400 (PLA/PEG-400)

Selama proses poliblend dilakukan pengadukan secara terus-menerus dengan kecepatan 15 rpm. Hal tersebut dimaksudkan agar reaksi antar komponen pembentuk bioplastik dapat berlangsung secara sempurna. Proses pengadukan dan pemanasan bertujuan untuk menguapkan sedikit air dari produk samping proses polimerisasi kondensasi sebelumnya.

PEG-400 dengan rumus kimia  $[-CH_2-CH_2-O]_n$  bertindak sebagai *plasticizer* karena senyawa ini merupakan molekul hidrofilik yang berukuran kecil sehingga dapat dengan mudah masuk dan berikatan dengan rantai PLA. Masuknya PEG-400 ke dalam ikatan PLA akan mengurangi interaksi dan kedekatan antar rantai molekul sehingga pergerakan rantai molekul menjadi lebih bebas. Dengan penambahan PEG-400 maka bioplastik yang dihasilkan akan lebih fleksibel dan sifat rapuh (retak) dapat berkurang.

### 3.3 Karakteristik PLA

Karakteristik dari PLA didefinisikan melalui sifat fisik dan sifat kimia seperti densitas dan viskositas. Penelitian ini menghasilkan data densitas dan viskositas seperti pada Tabel 1.

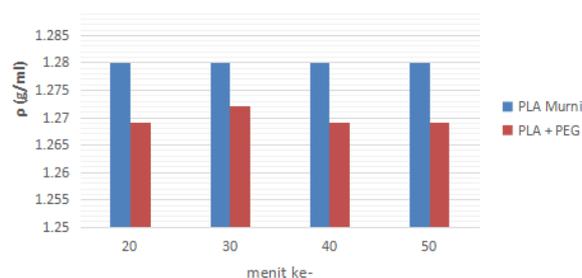
**Tabel 1.** Data Hasil Analisis Larutan Bioplastik

Sampel	Waktu blending (g/mL)	$\rho$ (g/mL)	$\mu$ (cm <sup>2</sup> /det)	Kadar air (%)
PLA Murni		1,280	111	64,711
PLA/PEG-400	20	1,269	195,33	23,112
	30	1,272	202	27,959
	40	1,269	206	42,344
	50	1,269	212	53,821

### 3.4 Analisis Densitas

Analisis densitas dilakukan untuk melihat perubahan densitas setelah proses polimerisasi dengan perbandingan waktu

pengadukan. Adapun hasil analisis tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Hasil analisis densitas PLA dan PLA/PEG-400 dengan variasi waktu pengadukan

Hasil analisis menunjukkan penambahan PEG-400 tidak berpengaruh secara signifikan terhadap PLA. Sampel pertama merupakan PLA murni, dengan nilai densitas sebesar 1,28 g/mL, sedangkan PLA/PEG-400 menit ke-30 diperoleh nilai densitas sebesar 1,272 g/mL yaitu memiliki selisih 0,01 g/L yang bisa dianggap tidak ada perubahan. Hasil tersebut tidak jauh berbeda pada pengambilan sampel pertama yaitu PLA murni dengan PLA/PEG-400 pada menit ke 30. Berdasarkan hasil tersebut diketahui bahwa waktu pengadukan pada proses poliblend tidak berpengaruh secara signifikan terhadap nilai densitas yang dihasilkan. Proses pengadukan dilakukan sebagai upaya untuk mengurangi kadar air saja yang terkandung dalam larutan bioplastik dan tidak berpengaruh terhadap proses pencampuran. Densitas bioplastik PLA mengacu pada PLA murni pada penelitian ini yaitu 1,28 g/mL sehingga penambahan PEG-400 dapat direkomendasikan karena mampu meningkatkan kelenturan bioplastik yang dihasilkan. Jamshidian *dkk.* [21], menyebutkan karakteristik fisik dari PLA memiliki *melt density* dan *solid density* dari 1,073 – 1,252 g/mL. Meskipun nilai

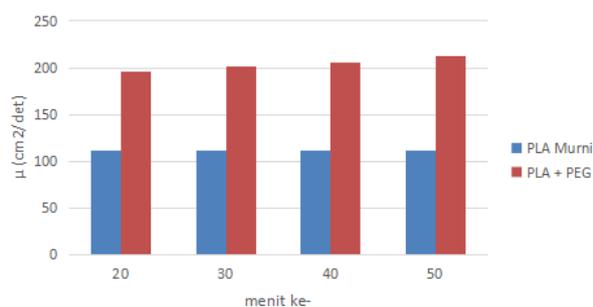
## Pengaruh Waktu Pengadukan pada Proses Poliblend *Poly Lactic Acid* dengan *Poly Ethylene Glycol-400* Terhadap Viskositas dan Densitas Bioplastik

densitas yang diperoleh pada penelitian ini lebih tinggi, tetapi hasil tersebut masih diperbolehkan dengan selisih nilai 0,03 g/mL.

PEG-400 berperan sebagai *plasticizer* yang mampu melenturkan bioplastik yang dihasilkan. Nilai densitas merupakan nilai kerapatan dari suatu zat, semakin tinggi nilai densitas kerapatannya semakin besar. Ketika suatu campuran mengalami pelenturan, kerapatannya akan semakin kecil sehingga berpengaruh terhadap sifat mekanik dari bioplastik yang menyebabkan plastik yang dihasilkan akan mudah rusak. Proses pengadukan dapat mengurangi kadar air pada bioplastik sehingga tidak mudah hancur. Hasil ini menggambarkan bahwa PEG-400 pada bioplastik yang dihasilkan bersifat lentur tetapi tetap kuat. PEG-400 juga sering digunakan sebagai pelarut dibidang farmasi sehingga aman bagi tubuh manusia. Selain itu, bioplastik yang dihasilkan aman juga bila digunakan sebagai kemasan makanan [12,14].

### 3.5 Analisis Viskositas

Analisis viskositas dilakukan untuk melihat perubahan kekentalan pada sampel setelah proses polimerisasi dengan variasi waktu pengadukan. Hasil analisis tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Hasil analisis viskositas PLA dan PLA/PEG-400 dengan variasi waktu pengadukan

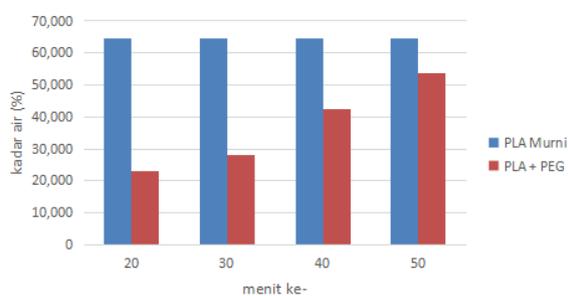
Gambar 5 menunjukkan bahwa kenaikan viskositas terjadi seiring dengan lamanya waktu polimerisasi. PLA murni memiliki viskositas lebih rendah yaitu sebesar 111 cm<sup>2</sup>/det dibandingkan PLA/PEG-400 yaitu berturut-turut 195,33; 202; 206 dan 212 cm<sup>2</sup>/det pada menit ke-30, 40, dan 50. Peningkatan viskositas tersebut membuktikan bahwa penambahan elastisitas terjadi karena faktor lama waktu pengadukan. Pada proses pengadukan terjadi pengurangan kadar air yang menjadikan larutan bioplastik lebih kental. Semakin lama pengadukan semakin banyak pula air yang menguap sehingga terjadi pengentalan. Pengentalan tersebut diharapkan agar kerapatan dari molekul pembentuk terjadi lebih maksimal sehingga bioplastik yang dihasilkan akan lebih lentur dan tidak mudah pecah. Lama waktu pengadukan berpengaruh terhadap nilai viskositas yang dihasilkan, semakin lama waktu pengadukan nilai viskositas makin meningkat. Dalam kata lain, larutan yang semula encer setelah pemanasan dan pengadukan menjadi larutan yang lebih kental.

*Blending* PEG-400 ke dalam PLA akan meningkatkan viskositas seiring penambahan waktu *blending*. Hal ini terjadi karena proses pengadukan dapat membantu suatu campuran merata secara sempurna sehingga larutan bioplastik lebih homogen [10,22]. Nilai viskositas menggambarkan kekentalan dari suatu cairan dengan menghitung jarak tempuh suatu cairan terhadap waktu perpindahannya. Selain itu, viskositas juga berkaitan dengan kemampuan suatu zat dalam menghadapi tekanan maupun tegangan. Sehingga, semakin tinggi nilai viskositasnya maka kemampuan bertahan terhadap tekanan maupun tegangan suatu zat akan semakin tinggi [23].

## Pengaruh Waktu Pengadukan pada Proses Poliblend *Poly Lactic Acid* dengan *Poly Ethylene Glycol-400* Terhadap Viskositas dan Densitas Bioplastik

### 3.6 Analisis Kadar Air

Hasil analisis kadar air dapat dilihat pada Gambar 6. Dari hasil perhitungan kadar air, PLA yang dihasilkan cukup mengandung banyak air. Pada pembuatan bioplastik kandungan kadar air yang disarankan tidak melebihi 55% [6]. Hasil penelitian ini menunjukkan hasil pengukuran kadar air tertinggi adalah 63% untuk PLA murni sedangkan untuk PLA/PEG-400 dihasilkan nilai kadar air tertinggi adalah 53% pada menit ke 50. Meskipun hasil tersebut terbilang tinggi tetapi rentangnya masih dibawah nilai PLA murni. Sehingga disimpulkan bahwa penambahan PEG-400 secara umum dapat mengurangi kadar air. Namun, bila dibandingkan dengan lama waktu pengadukan, hasil hitung kadar air semakin tinggi saat pengadukan dilakukan lebih lama. Hal itu bukan sesuatu yang diharapkan karena seharusnya lama waktu pengadukan mampu mengurangi kadar air lebih banyak.



**Gambar 6.** Hasil analisis kadar air PLA dan PLA/PEG-400 dengan variasi waktu pengadukan

Pada pengadukan menit ke 20, 30 dan 40 dihasilkan persen kadar air sebesar 23,112%, 27,959% dan 42,344% yang masih dibawah kadar air yang disyaratkan. Hasil tersebut dimungkinkan karena uap air yang teruapkan kembali mengembun dan masuk ke dalam larutan bioplastik, sehingga perhitungan kadar air meningkat.

Azwar *dkk.* [2] menyarankan dilakukan distilasi agar kondensasi pada pemanasan PLA tidak menurunkan rendemen.

Kadar air ini sebenarnya bisa menjadi sesuatu yang baik karena bioplastik diharapkan agar lebih mudah terurai saat dibuang ke lingkungan. Proses penguraian plastik dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti, unsur tanah, iklim, udara dan air [11]. Air merupakan faktor penting karena kelembaban yang dihasilkan mampu mempercepat pertumbuhan bakteri sehingga proses penguraian lebih cepat. Hanya saja masih perlu penambahan *reinforcing element* yang tetap aman dan tidak bersifat kontaminan bila digunakan sebagai kemasan makanan.

### 4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa lamanya waktu *blending* PLA dengan PEG-400 mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap nilai viskositas dan kadar air. Nilai viskositas yang diperoleh cukup membuktikan bahwa lama waktu pengadukan sangat berpengaruh terhadap nilai viskositas yang menunjukkan tingkat kekentalan larutan bioplastik yang akan dicetak. Semakin lama waktu pengadukan akan membuat larutan bioplastik semakin kental dan memiliki kerapatan yang maksimal.

Kadar air yang diperoleh dari penelitian ini memiliki rentang yang cukup sebagai syarat larutan bioplastik yaitu tidak melebihi 55% yaitu pada penelitian ini dihasilkan kadar air tertinggi 53% pada pengadukan menit ke 50. Hasil tersebut sebenarnya dapat disempurnakan dengan proses kondensasi agar uap air yang telah menguap tidak kembali lagi ke dalam

## Pengaruh Waktu Pengadukan pada Proses Poliblend *Poly Lactic Acid* dengan *Poly Ethylene Glycol-400* Terhadap Viskositas dan Densitas Bioplastik

larutan bioplastik yang menghasilkan kadar airnya meningkat pada saat pengadukan lebih lama. Sedangkan untuk nilai densitas yang diperoleh tidak mengalami perubahan yang signifikan.

Hasil penelitian menunjukkan PEG-400 tidak mempengaruhi densitas pada larutan bioplastik.

### Daftar Rujukan

- [1] Wijayanti, K. P., Dermawan, N., Faisah, S. N., Prayogi, V., Judiawan, W., Nugraha, T., & Listyorini, N. T. (2016). Bio-degradable Bioplastics sebagai Plastik Ramah Lingkungan. *Surya Octagon Interdisciplinary Journal of Technology*, 1(2), 131-153
- [2] Azwar, E., Sinulingga, R. F., & Hanif, M. (2018). Pengaruh Konsentrasi SnCl<sub>2</sub> dan Temperatur Polimerisasi pada Sintesis Poli Laktida dengan Metode Ring-Opening Polymerization. *Prosiding, Seminar Nasional SINTA yang diselenggarakan FT UNILA, tanggal 19 Oktober 2018*. Lampung: Universitas Negeri Lampung.
- [3] Pambudi, H., Indrawati, S. M., Mardiasmo, & Hadiyanto. *Bumi Dalam Kantong Plastik*. (2019). Media Keuangan. Jakarta
- [4] Devi, B. C., Febriansyah, B. A., Nurkhamidah, S., & Rahmawati, Y. (2019). Studi Pemilihan Proses Pabrik Poly-L-Lactic Acid (PLLA) dari Tetes Tebu. *Jurnal Teknik ITS*, 8(2), 164-169, Retrieved from <https://ejurnal.its.ac.id/index.php/teknik/article/view/46456>
- [5] Natalia, E. V & Muryeti. (2020). Pembuatan Plastik Biodegradable Dari Pati Singkong Dan Kitosan. *Journal Printing and Packaging Technology*, (1), 57-68.
- [6] Qodriyatun, S. N. (2019). *Sampah plastik dan implikasi kebijakan pembatasan plastik sekali pakai terhadap industri dan masyarakat* (Cetakan pertama.). Jakarta: Pusat Penelitian Badan Keahlian DPR RI bekerja sama dengan Intrans Publishing.
- [7] Said, A. (2018). Sintesis plastik biodegradable berbahan komposit pati sagu-kitosan sisik ikan katamba (*Lethrinus lentjam*). *QUANTUM: Jurnal Inovasi Pendidikan Sains*, 9(1), 23-30. Retrieved from <https://ppjp.ulm.ac.id/journal/index.php/quantum/article/view/4857>
- [8] Hidayati, S., Zuidar, A. S., & Ardiani, A. (2015). Aplikasi sorbitol pada produksi biodegradable film dari nata de cassava. *Reaktor*, 15(3), 195-203. doi: 10.14710/reaktor.15.3.195-203
- [9] Utomo, S. (2012). Bahan berbahaya dan beracun (B-3) dan keberadaannya di dalam limbah. *Jurnal Konversi*, 1(1), 37-46. Retrieved from <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/konversi/article/view/1120>
- [10] Kaitian X., Kozluca, A., Denkbass E. B., & Piskin E. (1995). Poly (D, L-Lactic Acid) Homopolymers: Synthesis and Characterization. *Turkish Journal of Chemistry*, 20(1), 43-53.
- [11] Trinanda, L., Narulita S. D., Anggorowati, H. I., Afandi, I., Siagian, I. I., Andayani, R. (2017). Sintesis Bioplastik (Poly Lactic Acid) dari Buah Mangrove Sonneratia Caseolaris. *Prosiding, Seminar Nasional Kelautan XII yang diselenggarakan oleh FTIK Universitas Hang Tuah, tanggal 20 Juli 2017*. Surabaya : Universitas Hang Tuah.
- [12] Kemala, T., Sjahriza A. & Komariah S. (2010). Emulsi dan Ultrasonikasi dalam Pembentukan Nanoenkapsulasi Ibuprofen Tersalut Polipaduan Poli (Asam Laktat) dengan Poli (e-Kaprolakton). *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 12(3), 181-187. Retrieved from <http://jurnal.batan.go.id/index.php/jsmi/article/view/4612>
- [13] Rahmayetty, Ria D, Irawan A, Suhendi E, Sukirno, Prasetya B, Gozan M. (2016). Sintesis Polilaktida (PLA) dari Asam Laktat Dengan Metode Polimerisasi Pembukaan Cincin Menggunakan Katalis Lipase. *Prosiding, Seminar Nasional Sains dan Teknologi yang diselenggarakan oleh FT UMJ, tanggal 8 November 2016*. Jakarta: Universitas Muhammadiyah Jakarta. Retrieved from <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek/issue/view/94/showToc>

**Pengaruh Waktu Pengadukan pada Proses Poliblend *Poly Lactic Acid* dengan *Poly Ethylene Glycol-400* Terhadap Viskositas dan Densitas Bioplastik**

- 
- [14] Ibrahim A., Wijaya H. C., Achmadi S., S, Haryadi Y. (2006). Polikondensasi Azeotropik Asam Laktat menjadi Poli Asam Laktat sebagai Bahan Baku Kemasan. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 8(1), 58-64. Retrieved from <http://jurnal.batan.go.id/index.php/jsmi/article/view/4819>
- [15] P. Nurindah R., Siswanto, R. Djony I. (2016). Pengaruh Katalis Stannous Oktoat (Sn(Oct)<sub>2</sub>) Terhadap Karakteristik *Poly Lactic Acid* (PLA). *Jurnal Fisika dan Terapannya Unair*, 4(2), 53-61.
- [16] Warsiki E., & Farobie O. (2007). Review Pembuatan Asam Polilaktat (PLA) dari Gliserol sebagai Hasil Samping Industri Biodiesel. *Konferensi Nasional 2007: Pemanfaatan Hasil Samping Industri Biodiesel dan Industri Etanol serta Peluang Pengembangan Industri Integratednya*, 305-315.
- [17] Rifqiani A., Desnita R., & Luliana S. (2019). Pengaruh Penggunaan PEG-400 dan Gliserol sebagai Plasticizer Terhadap Sifat Fisik Sediaan Patch Ekstrak Etanol Herba Pegagan (*Centella Asiatica* (L) Urban). *Jurnal Mahasiswa Farmasi Fakultas Kedokteran UNTAN*, 4(1), 1-10. Retrieved from <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jmfarmasi/article/view/34068>
- [18] Maruddin F., Ako A., Hajrawati, Taufik M. (2017). Karakteristik Edile Film Berbahan Whey dan Kasein yang Menggunakan Jenis Plasticizer Berbeda. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Peternakan, Unhas Makassar*, 5(2), 97-101. Retrieved from <https://journal.unhas.ac.id/index.php/peternakan/article/view/3081>
- [19] Nofiandi D., Rasyadi Y., Zaunit M. M., Pratiwi M. (2021). Formulasi dan Karakterisasi Edible Film dari Poliblen Pati Umbi Talas Kimpul - Polivinil Alkohol. *Jurnal Katalisator*, 6(1), 88-98. Retrieved from <http://publikasi.lldikti10.id/index.php/katalisator/article/view/281>
- [20] Nurminah, M. (2002). Penelitian Sifat Berbagai Bahan Kemasan Plastik dan Kertas serta Pengaruhnya Terhadap Bahan yang Dikemas. *Jurnal Fakultas Pertanian USU*, 1-13.
- [21] Jamshidian, M., Tehrany E. A., Imran M., Jacquot M., & Desobry S. (2010). Poly-Lactic Acid: Production, Applications, Nanocomposites, and Release Studies. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 9, 552-571. doi: 10.1111/j.1541-4337.2010.00126.x
- [22] Wang N., Yu J., & Ma X. (2007) Preparation and characterization of thermoplastic starch/PLA blends by one-step reactive extrusion, *Polymer International*, 56(11), 1440–1447, doi: 10.1002/pi.2302
- [23] Warsito, Suciwati W., S, & Isworo D. (2012) Desain dan Analisis Pengukuran Viskositas dengan Metode Bola Jatuh Berbasis Sensor Optocoupler dan Sistem Akuisisinya pada Komputer, *Jurnal Natur Indonesia*, 14(3), 230-235. doi: 10.31258/jnat.14.3.230-235