

PENGARUH PENAMBAHAN PLA PADA PATI TERPLASTISASI GLISEROL TERHADAP SIFAT MEKANIK *BLEND FILM*

Rahmayetty, Nufus Kanani, Endarto Yudo W

Jurusan Teknik Kimia, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Jl. Jend. Sudirman Km. 3, Cilegon-Banten
rahmayetty@untirta.ac.id

Abstrak

Poli-asam laktat (PLA) merupakan polimer yang *biocompatible*, *biodegradable*, tidak beracun dan nonkarsinogenik bagi tubuh manusia serta berasal dari sumber daya terbarukan, sehingga sangat baik digunakan untuk aplikasi medis dan pengemasan makanan. Pada penggunaannya, PLA masih memiliki kendala karena sifatnya yang getas, mudah rapuh dengan *elongation at break* kurang dari 10% dan hidrofobik, sehingga membatasi kondisi pemrosesan polimer tersebut. Pati singkong merupakan biopolimer yang kesediaannya cukup berlimpah dengan sifatnya hidrofilik sehingga sangat mudah terdegradasi. Modifikasi PLA dengan cara *blending* dengan pati singkong terplastisasi gliserol merupakan upaya untuk meningkatkan sifat mekanik berupa *tensile strength* dan *elongation at break blend film*. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan *blend film* PLA/pati dengan sifat mekanik yang baik. Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap yaitu pembuatan PLA dari asam laktat, pembuatan pati terplastisasi gliserol dan pembuatan *blend film* PLA/Pati. Pembuatan PLA dari asam laktat dilakukan dengan metode polikondensasi. Pembuatan pati terplastisasi gliserol yaitu dengan pencampuran (3% w/v) pati singkong dengan gliserol (1% v/v) pada temperatur 65°C. PLA yang dihasilkan pada tahap polikondensasi dicampur dengan pati terplastisasi gliserol pada temperatur 120°C dengan variasi rasio PLA/pati sebesar 0/100; 20/80; 40/60 dan 50/50. Campuran dicetak dalam bentuk lembaran tipis (*blend film*) dan dikeringkan pada temperatur 70°C selama 6 jam. Sifat mekanik *blend film* diketahui dengan menganalisis *tensile strength* dan *elongation at break*. Hasil yang didapat menunjukkan bahwa penambahan PLA meningkatkan nilai *tensile strength* dan *elongation at break blend film*. Rasio PLA/starch yang menghasilkan sifat mekanik *blend film* terbaik adalah 40/60 dengan nilai *tensile strength*, *elongation at break* dan *swelling* masing-masing 2,32 MPa, 21,25% dan 46,44%.

Kata kunci: *blend film*, PLA, Pati, gliserol

Abstract

Poly-lactic acid (PLA) is a biocompatible, biodegradable, non-toxic and non-carcinogenic polymer for the human body and comes from renewable resources, so it is very good for medical applications and food packaging. In its use, PLA still has problems because of its brittle nature, easily brittle with elongation at break of less than 10% and hydrophobic, thus limiting the processing conditions of the polymer. Cassava starch is a biopolymer which has abundant availability with hydrophilic properties so it is easily degraded. Modification of PLA and cassava starch with glycerol plasticizer by blending is an attempt to improve the mechanical properties of tensile strength and elongation at break. The purpose of this study was to obtain PLA/starch blend film with good mechanical properties. This research was carried out in several stages, they were synthesis of PLA from lactic acid, synthesis of starch had plasticized with glycerol and synthesis of PLA/starch blend films. Synthesis of PLA from lactic acid is carried out using polycondensation method. Synthesis of starch that plasticized with glycerol was conducted by mixing (3% w/v) cassava starch with glycerol (1% v/v) at a temperature of 65°C. PLA produced at the polycondensation stage was mixed with starch had plasticized with glycerol at a temperature of 120°C with a variation of PLA/starch ratio of 0/100; 20/80; 40/60 and 50/50. The mixture was printed in a thin sheet (*blend film*) and dried at 70°C for 6 hours. The mechanical properties of the blend film are known by analyzing tensile strength and elongation at break. The results obtained show that

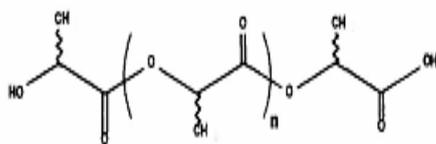
the addition of PLA increases the tensile strength and elongation at break of blend film. The ratio PLA/starch that produced the higher mechanical properties was 40/60 with the tensile strength, elongation at break and swelling were 2.32 MPa, 21.25% and 46.44%, respectively.

Keywords : blend film, PLA, starch, glycerol

PENDAHULUAN

Berkurangnya sumber daya fosil dan meningkatnya konsentrasi karbon dioksida di atmosfer telah memfokuskan perhatian pada pengembangan plastik berbasis bio. Upaya tersebut dilakukan dengan memanfaatkan bahan-bahan biologis untuk dikonversikan menjadi polimer *biodegradable* yang ramah lingkungan dan dapat menggantikan plastik konvensional yang berbahan dasar minyak bumi. Salah satu polimer yang berpotensi besar untuk dikembangkan sebagai pengganti plastik konvensional adalah poli asam laktat (PLA).

PLA merupakan polimer yang *biocompatible*, *biodegradable*, dan berasal dari sumber daya terbarukan (Mofokeng, JP, & Luyt, AS., 2015). PLA dapat diperoleh dari asam laktat yang berasal dari gula, pati-patian, selulosa dan gliserin sisa biodiesel (Lasprilla et al., 2012). Dua stereoisomer asam laktat dapat digunakan untuk membentuk PLA yaitu L- dan D-asam laktat. Oleh karena itu, produk polimer dapat disintesis dalam bentuk poly(L-lactic acid) (PLLA), poly(D-lactic acid) (PDLA), atau produk rasemat (Lasprilla et al., 2012; Lopes & Jardini, 2012). Isotaktik dan optik aktif PLLA dan PDLA adalah kristal, sedangkan yang relatif ataktis dan optik PDLLA aktif adalah amorf (Bouapao, Tsuji, Tashiro, Zhang, & Hanesaka, 2009). Adapun rumus molekul PLA seperti pada Gambar 1.



Gambar 1 Rumus kimia PLA

Sifat fisik dan kimia PLA adalah rapuh, larut dalam benzene, kloroform, acetonitrile, tetrahydrofuran (THF), dioxane, tetapi tidak larut dalam etanol, methanol dan aliphatic hidrokarbon. Temperatur leleh PLA ~180°C, temperatur *glass* 50-60°C dan temperatur

dekomposisi ~200°C. *Elongation at break* dari PLA 10-20 (%) dan *Breaking strength* 4.0-5.0(g/hari) (Xiao, Wang, Yang, & Gauthier).

PLA merupakan polimer yang tidak beracun dan nonkarsinogenik bagi tubuh manusia sehingga sangat baik digunakan untuk aplikasi biomedis dan pengemasan makanan. Disamping keunggulan sifat yang dimilikinya, PLA juga mempunyai kekurangan. PLA memiliki sifat getas, mudah rapuh dan hidrofobik (Zuo et al., 2014). Hal yang sama dilaporkan oleh Rahmayetty et al, (2017) yaitu sintesis PLA dari asam laktat dengan metode polikondensasi tanpa menggunakan katalis menghasilkan PLA dengan berat molekul berat (Mw) sebesar 2820 dan bersifat rapuh, getas dan tidak higroskopis. Sifat PLA yang sangat rapuh dengan *elongation at break* kurang dari 10% akan membatasi kondisi pemrosesan polimer tersebut (Rasal & Hirt, 2010). Sifat hidrofobik PLA menyebabkan laju degradasi melalui hidrolisis ikatan akhir ester membutuhkan waktu yang cukup lama sehingga menjadi kendala pada aplikasi biomedis dan kemasan makanan. PLA *film* untuk aplikasi biomedis dan kemasan makanan harus memiliki elastisitas yang tinggi pada temperatur ruang, transparan dan kristalinitas yang rendah (El-Hadi, Ahmed M., 2017).

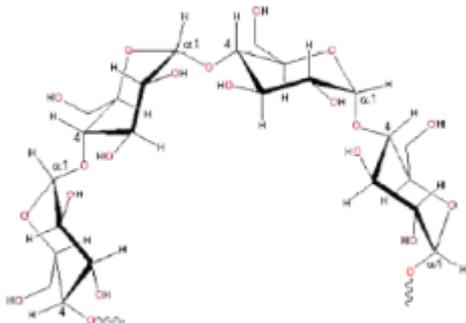
Modifikasi PLA dengan cara *blending* dengan polimer lain dapat meningkatkan sifat mekanik berupa kuat tarik (*tensile strength*) dan pemanjangan (*elongation at break*) serta laju degradasi PLA. Polimer *blending* merupakan metode yang efektif, sederhana dan serbaguna untuk mengembangkan bahan-bahan baru dengan properti tertentu tanpa mensintesis polimer baru (Peesan et al., 2005). Polimer yang umumnya dipadukan dengan PLA diantaranya adalah polietilen glikol (PEG), polihydroxybutyrate (PHB), policaprolactone (PCL), polibutilena adipat-coterephthalate (PBAT), kitosan dan pati (El-Hadi, Ahmed M., 2017). Pemilihan polimer *blending* yang tepat sangat mempengaruhi perubahan properti PLA, karena berhubungan

dengan stabilitas termal dan mekanik pada saat pemrosesan polimer.

Pati merupakan polimer alam yang memiliki beberapa keunggulan yaitu dihasilkan dari sumber terbarukan (*renewable*), harganya murah dan ketersediaannya cukup berlimpah di Indonesia dengan sifatnya yang hidrofilik sehingga sangat mudah terdegradasi.

Pati terdiri dari dua fraksi yang dapat dipisahkan dengan air panas. Fraksi terlarut disebut amilosa dan fraksi tidak larut disebut amilopektin. Struktur amilosa merupakan struktur lurus dengan ikatan α -(1,4)-D-glukosa. Amilopektin terdiri dari struktur bercabang dengan ikatan α -(1,4)-D-glukosa dan titik percabangan amilopektin merupakan ikatan α -(1,6). Berat molekul amilosa dari beberapa ribu hingga 500.000, begitu pula dengan amilopektin (Hui, 2006).

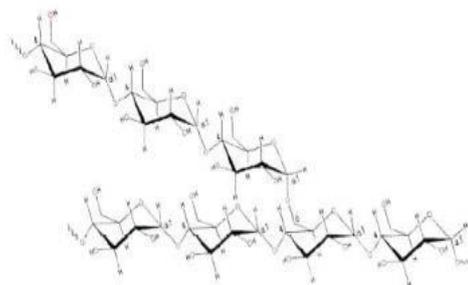
Taggart, 2004 mengungkapkan bahwa amilosa memiliki kemampuan membentuk kristal karena struktur rantai polimernya yang sederhana. Strukturnya yang sederhana ini dapat membentuk interaksi molekular yang kuat. Interaksi ini terjadi pada gugus hidroksil molekul amilosa. Pembentukan ikatan hidrogen ini lebih mudah terjadi pada amilosa daripada amilopektin. Struktur amilosa dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Struktur amilosa

Pada dasarnya, struktur amilopektin sama seperti amilosa, yaitu terdiri dari rantai pendek α -(1,4)-D-glukosa dalam jumlah yang besar. Perbedaannya ada pada tingkat percabangan yang tinggi dengan ikatan α -(1,6)-D-glukosa dan bobot molekul yang besar. Amilopektin juga dapat membentuk kristal, tetapi tidak sereaktif amilosa. Hal ini terjadi karena adanya rantai percabangan yang menghalangi terbentuknya Kristal. Struktur amilopektin dapat dilihat pada

Gambar 3.



Gambar 3 Struktur amilopektin

Pencampuran PLA dengan pati singkong akan memberikan keuntungan yaitu mengurangi penggunaan PLA sehingga akan mengurangi biaya bahan baku dan dapat mempertahankan biodegradabilitas polimer karena sifat hidrofilik dari pati akan mengimbangi sifat hidrofobik dari PLA. Pencampuran PLA/pati secara murni akan memperbaiki sifat degradasi namun tidak menurunkan tingkat kerapuhan (Zhang et al., 2013; Zuo et al., 2014). Penurunan sifat rapuh dapat diatasi dengan penambahan *plasticizer*. Salah satu *plasticizer* yang aman dan tidak beracun adalah gliserol. Gliserol merupakan *plasticizer* yang mempunyai pengaruh yang besar terhadap sifat mekanik polimer yaitu meningkatkan kuat tarik dan elongasi material (Yu, Dean, & Li, 2006).

Polimer *blend* didefinisikan sebagai campuran material polimer dan mengandung paling sedikit 2 substansi polimer atau kopolimer. PLA merupakan biomaterial ramah lingkungan dan mempunyai sifat yang sangat baik, namun juga mempunyai kekurangan bila dihadapkan untuk persyaratan pada aplikasi tertentu khususnya biomedis dan kemasan makanan. Kekurangan PLA tersebut adalah laju degradasi PLA melalui proses hidrolisis terlalu lambat, yang dapat menghambat aplikasi biomedis dan kemasan makanan aplikasi, PLA sangat rapuh, dengan kurang dari 10% *elongation at break* (Rasal & Hirt, 2010), keterbatasan sifat penghalang gas sehingga menjadi kendala pada sektor industri khususnya kemasan. Berdasarkan sifat kekurangan PLA di atas maka tidak mengherankan bahwa PLA belum mendapatkan perhatian yang serius. Namun, peneliti telah meneliti metode yang berbeda

untuk memodifikasi PLA dengan senyawa lain. Salah satunya adalah dengan cara *blending*.

Blending merupakan salah satu cara untuk memodifikasi suatu polimer termoset yang bersifat *brittle* sehingga memiliki sifat lentur (*ductility*) lebih dari sifat alamiahnya agar dapat diproses lebih lanjut. Polimer *blending* merupakan metode yang efektif, sederhana, dan serbaguna untuk mengembangkan bahan-bahan baru dengan disesuaikan propertinya tanpa mensintesis polimer baru (Peesan et al., 2005). Sifat-sifat polimer yang berbeda (*biodegradable* dan *non-biodegradable*) dapat dikombinasikan dengan memadukan dengan PLA, atau bahkan properti baru dapat timbul dalam produk karena interaksi antara komponen. Komponen *biodegradable* yang dapat dicampur dengan PLA adalah polietilena glikol (PEG), poli(-hydroxybutyrate) (PHB), poli(-caprolactone) (PCL), poli(butilena adipat-coterephthalate) (PBAT), kitosan dan pati (Sheth et al., 1997).

PLA dan pati keduanya merupakan polimer *biodegradable* berasal dari sumber terbarukan. Pati yang merupakan polimer hidrofilik telah digunakan sebagai *filler* untuk plastik ramah lingkungan sekitar dua dekade. PLA adalah polimer *biodegradable*, namun aplikasi dibatasi oleh biaya yang tinggi. *Blending* PLA dengan pati adalah salah satu upaya yang menjanjikan, karena pati merupakan biomaterial melimpah dan murah dan PLA bersifat *biodegradable* dengan kekuatan mekanis yang tinggi dan hidrofobik (Zuo et al., 2014). Pati dalam *blend* PLA/Pati digunakan untuk meningkatkan kelenturan, hidrofilitas, dan laju degradasi PLA. Polimer *blend* PLA/Pati menunjukkan kekuatan mekanik lebih besar dan deformasi lebih rendah dari PLA biasa. Polimer *blend* PLA/Pati dapat diproduksi dengan *solution blending* dan *melting blending* (feng Zuo et al., 2015). *Blending* PLA dan pati akan meningkatkan karakteristik mekanik pada polimer *blend* yang ditunjukkan oleh penurunan *tensile strength* dan *modulus* dan peningkatan nilai *elongation at break* sehingga polimer memiliki daya regang lebih besar dibanding PLA biasa (Yu et al., 2006).

Berdasarkan uraian diatas maka penelitian pembuatan polimer *blend* PLA/pati

yang terplastisasi gliserol perlu dilakukan untuk mendapatkan biomaterial yang aman digunakan untuk aplikasi biomedis dan kemasan makanan dengan karakteristik yang baik.

Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan pengaruh penambahan PLA pada pati singkong terplastisasi gliserol terhadap sifat mekanik *blend film* berupa *tensile strength*, *elongation at break* dan *swelling* serta struktur pori *blend film*.

METODE

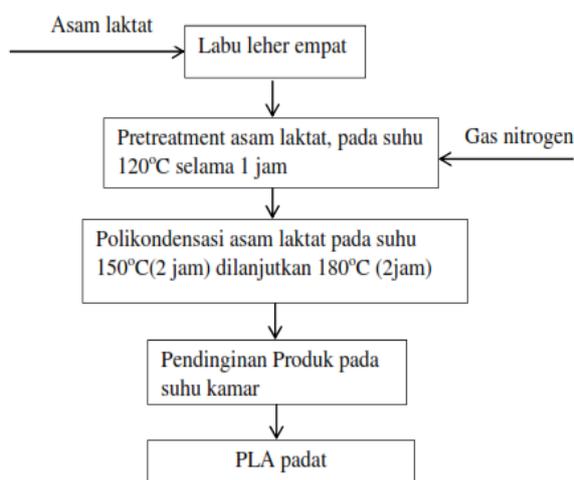
Adapun alat yang digunakan pada penelitian ini adalah *hotplate*, *magnetic stirrer*, labu leher empat 500 ml, kondensor, penampung kondensat, termometer, beker gelas 500 ml dan *plate* kaca. Bahan yang digunakan pada pelaksanaan penelitian ini adalah asam laktat dengan kemurnian 90%, gas nitrogen, pati singkong dan gliserol.

Variabel tetap pada penelitian ini adalah Konsentrasi larutan pati 3% (w/v) dan konsentrasi gliserol 1 % (w/w) dari larutan pati. Variabel berubah pada penelitian ini adalah rasio berat PLA dengan larutan pati yang terplastisasi gliserol (0/100; 20/80; 40/60; 50/50, 100/0).

Penelitian sintesis polimer *blend* PLA/pati terplastisasi gliserol terdiri dari beberapa tahapan penelitian. Tahapan penelitian ini adalah pembuatan poli-asam laktat (PLA), pembuatan larutan pati terplastisasi gliserol dan tahap *blending* PLA dengan larutan pati yang telah terplastisasi gliserol.

Tahap pembuatan PLA

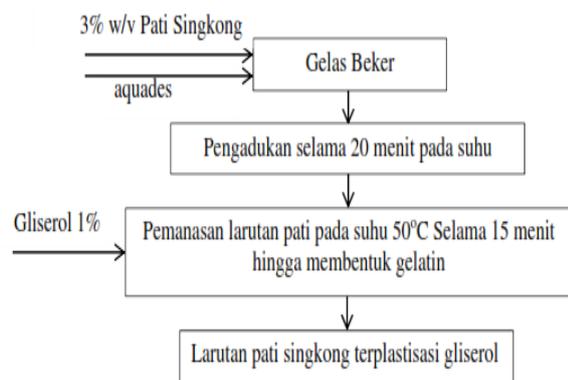
Kondisi operasi pada tahap pembuatan PLA merupakan kondisi optimum yang didapatkan pada penelitian sebelumnya, yang dilaporkan oleh Rahmayetty, (2017). Tahapan pembuatan PLA dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram alir pembuatan PLA

Tahapan pembuatan larutan pati terplastisasi gliserol

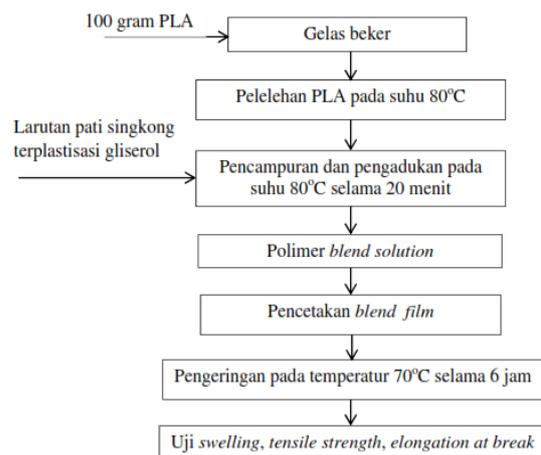
Tahap pembuatan larutan pati terplastisasi gliserol, didasarkan pada penelitian sebelumnya yang dilaporkan oleh Kanani dkk., (2017), seperti ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram alir pembuatan larutan pati singkong terplastisasi gliserol

Tahap pembuatan polimer blend PLA/pati

Tahap pembuatan polimer blend PLA/pati ditunjukkan pada Gambar 6.

Gambar 6 Diagram alir pembuatan *blend film* PLA/pati

Metode Pengumpulan dan Analisis Data

Analisa yang dilakukan pada penelitian ini adalah nilai *tensile strength* dan elongasi *blend film* serta karakteristik *release* dari *blend film* dengan cara *swelling*. Data yang didapatkan dianalisis untuk membandingkan karakteristik PLA murni, *film* pati terplastisasi gliserol dan *blend film* PLA/Pati dengan berbagai perbandingan rasio. Dari data ini akan didapatkan perbandingan rasio optimum yang menghasilkan karakteristik *blend film* PLA/pati terbaik.

Uji Tensile Strength

Kedua sisi *blend film* dijepit dengan alat uji tarik, kemudian alat uji tarik akan menarik penjepit di kedua sisi *film* hingga *blend film* putus. Kuat tarik *blend film* akan tertera pada layar computer.

Uji Elongation at break

Blend film dibentuk menggunakan cetakan tertentu dengan ukuran yang seragam, yaitu panjang 7 cm dan lebar 0,5 cm. Uji tarik dilakukan dengan alat *autograph* pada kecepatan tarik 1 mm/detik.

Uji Swelling

Blend film yang terbentuk dikeringkan dalam oven pada suhu 70°C dan ditimbang untuk mendapatkan massa kering film (mo). Hal ini dilakukan untuk menghilangkan kadar air yang terkandung dalam *blend film*. Kemudian *blend film* direndam dengan air suling selama 24 jam, lalu *blend film*

dikeluarkan dari bejana perendam. Air dipermukaan *film* basah dikeringkan dengan tissue dan *blend film* ditimbang (m_1). Rasio banyaknya air terserap *blend film* pada masing-masing sampel dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\text{Swelling (\%)} = \frac{m_1 - m_0}{m_0} \times 100\%$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian pembuatan PLA melalui polikondensasi langsung asam laktat, pembuatan larutan pati terplastisasi gliserol dan pembuatan *blend film* diuraikan dibawah ini.

a. Pembuatan PLA dengan metode polikondensasi asam laktat

Pada pembuatan PLA dengan metode polikondensasi langsung asam laktat dengan pemanasan bertahap menghasilkan PLA dalam bentuk padatan, yang ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Visual PLA yang dihasilkan

PLA yang dihasilkan mempunyai bentuk visual padatan lembab, berwarna kuning dan memiliki titik leleh 70°C.

b. Pembuatan larutan pati terplastisasi gliserol

Larutan pati terplastisasi gliserol, dipanaskan pada temperatur 50°C sampai tergelatinasi. Larutan pati yang telah tergelatinasi ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8 Larutan pati tergelatinasi

c. Pembuatan *blend film* PLA/pati

Pati singkong dengan konsentrasi 3% w/v dipanaskan dan dicampur dengan *plasticizer* gliserol hingga tergelatinasi. Pati tergelatinasi dicetak menggunakan plat kaca dan menghasilkan *film* seperti ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9 Film dari pati terplastisasi gliserol

Dari Gambar 9 terlihat bahwa film yang dihasilkan dari pati memiliki warna yang bening dan tekstur yang halus. Edible film pati menjadi standar untuk melihat pengaruh penambahan PLA pada *blend film* yang dihasilkan.

Penambahan PLA pada pati yang terplastisasi gliserol dengan metode *blending* menghasilkan *film* dengan bentuk visual

berwarna sedikit kekuningan bila dibandingkan dengan film dari pati dengan *plasticizer* gliserol dan tekstur *film* yang dihasilkan halus seperti ditunjukkan pada Gambar 10.



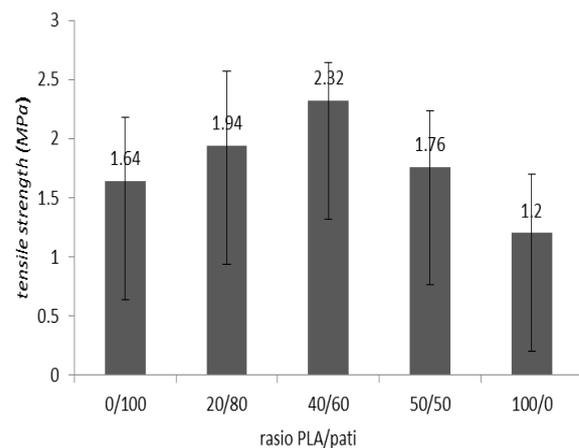
Gambar 10 *Blend film* PLA/pati dengan rasio 40/60.

Warna kekuningan disebabkan oleh warna PLA yang dihasilkan dengan metode polikondensasi bertahap.

Blend film PLA/pati dengan berbagai variasi rasio memberikan karakteristik mekanik yang berbeda-beda. Karakteristik mekanik yang diuji berupa *tensile strength*, *elongation at break* dan *swelling*. Adapun pengaruh rasio PLA/pati terhadap sifat mekanik *blend film* diuraikan di bawah ini.

- **Pengaruh rasio PLA/pati terhadap *tensile strength blend film***

Tensile strength adalah tegangan maksimum yang bisa ditahan oleh suatu bahan ketika diregangkan atau ditarik sebelum bahan tersebut patah. Penambahan PLA pada pati terplastisasi gliserol mempengaruhi nilai *tensile strength blend film* seperti terlihat pada Gambar 11.

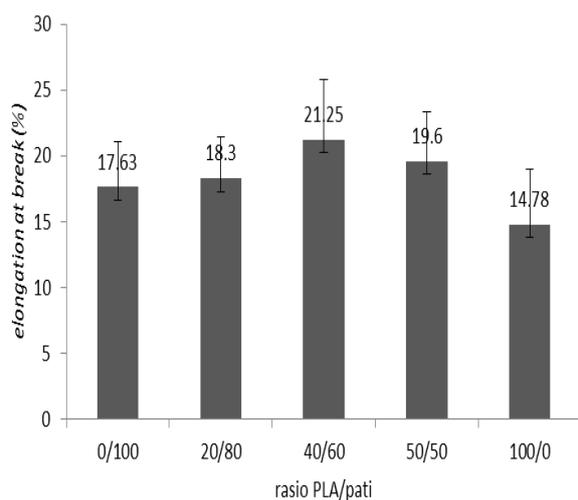


Gambar 7 Pengaruh rasio PLA/pati terhadap *tensile strength blend film*

Pada Gambar 11 terlihat bahwa penambahan PLA meningkatkan *tensile strength film* yang dihasilkan. Penambahan PLA pada rasio 40/60 terhadap pati memberikan nilai *tensile strength* tertinggi yaitu 2.32. Hal ini juga senada dengan hasil yang dikemukakan oleh (Yu, Dean, & Li, 2006) dimana dengan pencampuran pati dalam polimer PLA akan meningkatkan *tensile strength edible film*.

- **Pengaruh rasio PLA/pati terhadap *elongation at break blend film***

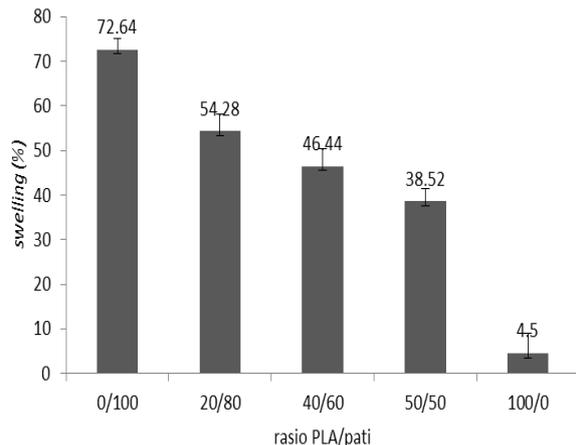
Penambahan PLA pada pati terplastisasi gliserol meningkatkan *elongation at break* dari *blend film*. *Elongation at break blend film* tertinggi yang didapatkan pada rasio PLA/pati sebesar 40/60, seperti ditunjukkan pada Gambar 12. Hal ini juga diiringi dengan meningkatnya *tensile strength* dari *blend film*. Peningkatan elongasi *blend film* disebabkan karena terisinya pori-pori kosong dari *blend film* oleh PLA yang ditambahkan. Hal ini menyebabkan kuat tarik (*tensile strength*) dan elongasi *blend film* menjadi lebih besar. *Elongation at break* PLA murni yang didapatkan pada penelitian ini sebesar 14,78 %. Nilai *elongation at break* dibawah 15%, menunjukkan material tersebut rapuh (El Hadi, et al., 2017). Penambahan PLA dalam pati yang terplastisasi gliserol dapat mengubah karakteristik *film* yang dihasilkan.



Gambar 12. Pengaruh rasio PLA/pati terhadap *elongation at break* blend film

- **Pengaruh rasio PLA/pati terhadap *swelling* blend film**

Penambahan PLA pada pati terplastisasi gliserol menurunkan sifat penyerapan air dari film, seperti ditunjukkan pada Gambar 13.



Gambar 13. Pengaruh rasio PLA/pati terhadap sifat *swelling* blend film

Penurunan sifat *swelling* dari pati film jika ditambahkan PLA, disebabkan oleh sifat hidrofobik dari PLA. Sifat hidrofilik pati menyebabkan mudahnya film untuk menyerap air. Air yang terserap oleh film akan membuat kualitas produk yang dikemas menjadi kering, mudah terkontaminasi bakteri dan plastik pengemas dapat menjadi media tempat berkembang biaknya bakteri. Penambahan PLA mengurangi kemampuan film untuk

menyerap air. Gabungan dari polimer hidrofik dan hidrofobik merupakan cara yang paling efektif untuk memperbaiki sifat degradasi namun tidak menurunkan tingkat kerapuhan.

SIMPULAN DAN SARAN

Penambahan PLA dapat meningkatkan sifat mekanik dari *blend film*. Komposisi PLA/pati yang menghasilkan karakteristik blend film terbaik adalah 40/60. Nilai *tensile strength*, *elongation at break* dan *swelling* pada rasio PLA/pati (40/60) masing-masing sebesar 2,32 MPa, 21,25 % dan 46,44%.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih ditujukan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Universitas Sultan Ageng Tirtayasa sebagai penyandang dana dalam Penelitian Dosen Madya Fakultas Teknik dengan nomor kontrak 359/UN43.3/PP/KT/2018.

DAFTAR PUSTAKA

- Bouapao, Leevameng, Tsuji, Hideto, Tashiro, Kohji, Zhang, Jianming, & Hanesaka, Makoto. (2009). Crystallization, spherulite growth, and structure of blends of crystalline and amorphous poly (lactide) s. *Polymer*, 50(16), 4007-4017.
- El-Hadi, Ahmed M. (2017). Increase the elongation at break of poly (lactic acid) composites for use in food packaging films. *Scientific Reports*, 7, 46767.
- feng Zuo, Ying, Gu, Jiyou, Qiao, Zhibang, Tan, Haiyan, Cao, Jun, & Zhang, Yanhua. (2015). Effects of dry method esterification of starch on the degradation characteristics of starch/poly(lactic acid) composites. *International journal of biological macromolecules*, 72, 391-402.
- Groot, W., et al., (2010). *Production and Purification of Lactic Acid and Lactide*, in *Poly(Lactic Acid)*, John Wiley & Sons, Inc. p. 1-18.
- Hui, Y. H. 2006, *Handbook of Food Science, Technology, and Engineering Volume I*. CRC Press,

- USA.
- Kanani, Nufus, Wardalia, Wardalia, Wardhono, Endarto, & Rusdi, Rusdi. (2017). PENGARUH TEMPERATUR PENERINGAN TERHADAP SWELLING DAN TENSILE STRENGTH EDIBLE FILM HASIL PEMANFAATAN PATI LIMBAH KULIT SINGKONG. *JURNAL KONVERSI*, 6(2), 75-82.
- Kiran, K.R. and S. Divakar, (2003). *Lipase-catalysed polymerization of lactic acid and its film forming properties*. World Journal of Microbiology and Biotechnology. **19**(8): p. 859-865.
- Lasprilla, A.J., et al., (2012). *Poly-lactic acid synthesis for application in biomedical devices—A review*. Biotechnology advances. **30**(1): p. 321-328.
- Lopes, M.S. and A. Jardini, (2012). *Poly (lactic acid) production for tissue engineering applications*. Procedia Engineering. **42**: p. 1530-1542.
- Madhavan Nampoothiri, K., N.R. Nair, and R.P. John, (2010). *An overview of the recent developments in polylactide (PLA) research*. Bioresource technology. **101**(22): p. 8493-8501.
- Mofokeng, JP, & Luyt, AS. (2015). Morphology and thermal degradation studies of melt-mixed poly (lactic acid)(PLA)/poly (ϵ -caprolactone)(PCL) biodegradable polymer blend nanocomposites with TiO₂ as filler. *Polymer Testing*, 45, 93-100.
- Peesan, M.; Supaphol, P. & Rujiravanit R. (2005). *Preparation and characterization of hexanoyl chitosan/polylactide blend films*. Carbohydrate Polymers, Vol.60, No.3, pp. 343-350
- Rahmayetty, Sukirno, Prasetya, Bambang, & Gozan, Misri. (2017). *Synthesis and characterization of L-lactide and polylactic acid (PLA) from L-lactic acid for biomedical applications*. Paper presented at the AIP Conference Proceedings.
- Rasal, R. M.: Janorkar, A. V. & Hirt, D.E, (2010). *Poly(lactic acid) modifications*. Progress in Polymer Science, Vol.35, No.3, pp.338-356.
- Rowe, C., Sheskey, P.J., dan Quinn, M.E. (2009). *Handbook of Pharmaceutical*
- Sheth, M. et al., (1997). *Biodegradable polymer blends of poly(lactic acid) and poly(ethylene glycol)*. Journal of Applied Polymer Science, Vol.66, No.8, pp. 1495-1505.
- Exipients*. Edisi Ke-Enam. Chicago: Pharmaceutical Press. Hal. 131.
- Xiao, Lin, Wang, Bo, Yang, Guang, & Gauthier, Mario. *Poly (Lactic Acid)-Based Biomaterials: Synthesis, Modification and Applications*. Biomedical Science, Engineering and Technology.
- Yu, Long, Dean, Katherine, & Li, Lin. (2006). Polymer blends and composites from renewable resources. *Progress in polymer science*, 31(6), 576-602.
- Zhang, Sen, Feng, Xiaoling, Zhu, Shu, Huan, Qian, Han, Keqing, Ma, Yu, & Yu, Muhuo. (2013). Novel toughening mechanism for polylactic acid (PLA)/starch blends with layer-like microstructure via pressure-induced flow (PIF) processing. *Materials Letters*, 98, 238-241.
- Zuo, Yingfeng, Gu, Jiyou, Yang, Long, Qiao, Zhibang, Tan, Haiyan, & Zhang, Yanhua. (2014). Preparation and characterization of dry method esterified starch/polylactic acid composite materials. *International journal of biological macromolecules*, 64, 174-180.
- Pitunov, B. 13 Desember 2007. Sekolah Unggulan Ataukah Sekolah Pengunggulan ? *Majalah Pos*, hlm. 4 & 11
- Waseso, M.G. 2001. *Isi dan Format Jurnal Ilmiah*. Makalah disajikan dalam Seminar Lokakarya Penulisan artikel dan Pengelolaan jurnal Ilmiah, Universitas Lambungmangkurat, 9-11 Agustus