

Characterization of Bioplastic Compostable PLA-Cellulose Based as Eco-friendly Packaging

Wouda Fiorendita Karim¹✉, Muslim Arfanshah Harahap¹, Mochamad Galih Prakoso¹, Muhammad Alhas Finaldin², Tetty Kemala¹

¹Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680, Indonesia

²Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680, Indonesia

Info Artikel

Diterima September 2021

Disetujui Oktober 2021

Dipublikasikan November 2021

Keywords:

Biokomposit
Biodegradabilitas
Selulosa

Abstrak

Bioplastik berpotensi sebagai pengganti plastik konvensional. Bioplastik dapat dibuat dari PLA dan selulosa diformulasikan dengan pupuk organik granul berpotensi sebagai bioplastik yang ramah lingkungan karena mudah terdegradasi di lingkungan. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh penambahan pupuk organik granul (POG) terhadap bioplastik compostable yang dibuat serta menganalisis potensinya sebagai kemasan yang ramah lingkungan. Bioplastik dibuat dari PLA granul dan selulosa dengan perbandingan yang sama yaitu 95% : 5% dan POG dengan variasi 0,00 g; 0,50 g; 1,00 g; 1,50 g; dan 2,00 g dalam 5,00 g (PLA-selulosa). Bioplastik yang dihasilkan diteliti sifatnya antara lain laju transmisi uap air, densitas, daya serap air dan sifat mekaniknya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan pupuk organik granul (POG) berpengaruh terhadap laju transmisi uap air, densitas, dan sifat mekanik bioplastik serta juga memberikan kualitas yang baik sebagai kemasan yang ramah lingkungan. Elongasi bioplastik penambahan POG sebesar 2 g memiliki nilai sebesar laju transmisi uap air 11,86% sedangkan densitas pada penambahan POG menunjukkan tidak ada perbedaan yang signifikan.

Abstract

Bioplastics have the potential a substitute for conventional plastics. Bioplastics can be made from PLA and cellulose formulated with organic fertilizer granules which have the potential to be environmentally friendly bioplastics because they are easily degraded in the environment. This study aims to determine the effect of adding granulated organic fertilizer (POG) to compostable bioplastics and to analyze its potential as environmentally friendly packaging. Bioplastics are made from PLA granules and cellulose with the same ratio of 95%: 5% and POG with a variation of 0.00 g; 0.50 g; 1.00 g; 1.50 g; and 2.00 g in 5.00 g (PLA-cellulose). The resulting bioplastics were investigated for their properties, including water vapor transmission rate, density, water absorption, and mechanical properties. The results showed that the addition of granule organic fertilizer (POG) had an effect on the rate of water vapor transmission, density, and mechanical properties of bioplastics and also provided good quality as environmentally friendly packaging. The elongation of bioplastic with the addition of 2 g of POG has a value of 11.86% water vapor transmission rate while the density of the addition of POG shows no significant difference.

Pendahuluan

Limbah plastik merupakan salah satu permasalahan yang umum terjadi di lingkungan. Banyaknya limbah plastik membuat penggunaan plastik perlu dilakukan pengembangan agar lebih ramah lingkungan. Menurut *United Nation Environment* (2017) bahwa 14% dari 64 juta ton adalah limbah plastik. Permasalahan tersebut dapat diatasi dengan penggunaan suatu plastik yang mudah terurai yaitu bioplastik. Bioplastik adalah salah satu upaya dalam menggantikan peran plastik konvensional. Selain itu, masyarakat memiliki kecenderungan untuk menggunakan plastik sekali pakai. Sehingga diperlukan bioplastik yang bersifat mudah terurai dan ramah lingkungan.

PLA (*polylactic acid*) dipilih sebagai bahan dasar bioplastik karena memiliki waktu terurai yang cepat dan bersifat *compostable* (Murariu & Dubois, 2016). Selain mudah terurai PLA memiliki sifat mekanik yang relatif kuat dengan nilai kuat tarik 109,97 MPa (Jiménez *et al.*, 2019), namun terlalu getas untuk dijadikan bioplastik karena nilai *elongation break* yang rendah sebesar 14,35%, serta sifat hidrofobik yang memperlambat proses penguraian di tanah (Lertphirun & Srikulkit, 2019) karena tidak mampu berikatan dengan air. Sehingga perlu ditambahkan adanya pengisi yang memiliki sifat hidrofilik seperti selulosa. Penambahan suatu pupuk dapat berupa pupuk organik granul (POG) yang memiliki kandungan diantaranya nitrogen, fosfor, dan kalium dapat meningkatkan laju degradasinya pertumbuhan pada tanaman (Winarni *et al.*, 2013). Oleh karena itu, Bioplastik paduan PLA-selulosa dengan penambahan POG sangat berpotensi dijadikan pengganti plastik konvensional, dengan menggunakan bioplastik lingkungan tidak akan tercemar karena plastik dapat terurai dengan mudah dan memiliki sifat mekanik yang baik.

Metode

Isolasi selulosa merujuk pada Jeevahan *et al.*, (2019) yang telah dimodifikasi. Limbah ampas pati aren yang sudah dijemur dan dihaluskan dimasukkan ke dalam larutan HNO₃ 3% dan dipanaskan dengan suhu 90°C selama 1 jam. Selanjutnya dilakukan pencucian dan dipanaskan kembali menggunakan NaOH 10% dengan suhu 80°C selama 1 jam. Lalu dicuci hingga lignin menghilang dan dilakukan proses pemutihan menggunakan NaOCl dengan suhu 45°C selama 2 jam. Hasil disaring dan dicuci dengan akuades hingga pH netral dan residu dikeringkan lalu dihaluskan kembali menggunakan blender.

Bioplastik dibuat dengan menggunakan PLA granul dan selulosa dengan perbandingan yang sama yaitu 95% : 5% dan POG dengan variasi 0,00 g; 0,50 g; 1,00 g; 1,50 g; dan 2,00 g dalam 5,00 g (PLA-selulosa). PLA dilarutkan menggunakan DCM pada suhu ruang dan diaduk hingga homogen. Setelah itu ditambahkan selulosa dan pupuk organik granul (POG) yang sudah dicampur lalu diaduk hingga homogen. Setelah homogen dituang ke dalam plat kaca. Cetakan didiamkan selama 24 jam hingga bioplastik mengering dan diangkat dari cetakan.

Laju transmisi uap air (WVTR) dilakukan setelah pembuatan bioplastik dengan merujuk pada Setiani *et al.*, (2013) yang telah dimodifikasi menggunakan metode *wet cup* hasil modifikasi dari ASTM E 96-95. *Aluminium foil* dipotong bagian tengah dengan ukuran 3 x 3 cm yang setelahnya ditempelkan bioplastik berbagai variasi. Selanjutnya digunakan sebagai penutup cawan petri yang sudah diisi air dengan massa yang diketahui. Lalu dipanaskan dengan suhu 40°C selama 80 menit dan ditimbang bobotnya setiap 20 menit serta dihitung nilai WVTR. Uji daya serap air merujuk pada Setiani *et al.*, (2013). Bioplastik setiap perbandingan ditimbang berat awalnya, kemudian dimasukkan dalam gelas yang berisi air selama 10 detik. Selanjutnya bioplastik diseka airnya hingga tidak ada yang menetes dan ditimbang hingga diperoleh berat sampel yang konstan. Selanjutnya dihitung nilai daya serap air terhadap bioplastik.

Uji densitas dilakukan dengan menggunakan piknometer. Bioplastik semua varian dipotong menggunakan pelubang kertas, lalu dimasukkan ke dalam piknometer (sudah diketahui massa awal) dan ditimbang kembali. Selanjutnya ditambahkan akuades hingga tidak terdapat gelembung udara lalu ditimbang bobotnya dan ditimbang juga bobot piknometer yang berisi akuades. Selanjutnya dihitung densitas masing-masing sampel.

Sifat mekanik dilakukan dengan standar ASTM D882 dengan alat *Tensile Strength ZP recorder* 50 N Imada, untuk memperoleh nilai elongasi pada bioplastik. Perumusan nilai elongasi dapat dilihat sebagai berikut:

$$\text{Elongasi} = \frac{\text{perubahan panjang (cm)}}{\text{panjang awal (cm)}} \times 100\%$$

Hasil dan Pembahasan

PLA dan Selulosa Limbah Ampas Pati Aren sebagai Bioplastik

PLA dipilih karena memiliki karakteristik yang kuat, namun bersifat hidrofobik. Sifat hidrofobik untuk plastik *biodegradable* akan mempengaruhi mekanisme keteruraiannya, sehingga ditambahkan

komponen yaitu selulosa karena selulosa memiliki sifat hidrofilik yang dapat menarik air (Lertphirun & Srikulkit, 2019). Selulosa diisolasi dari limbah padat ampas pati aren. Metode isolasi selulosa melalui 3 tahap dengan 3 kali pengulangan yaitu onggok aren dipanaskan dengan HNO_3 3% dan perlakuan basa dengan NaOH 10%. Selulosa yang dihasilkan memiliki penampakan yang putih bersih dan cenderung berserat (Gambar 1).



Gambar 1. Penampakan selulosa

Berdasarkan Tabel 1 dihasilkan rendemen sebesar 43,06% yang berbeda jauh dengan rendemen selulosa pada penelitian Purnavita *et al.*, (2011) yang memperoleh rendemen selulosa onggok aren sebesar 60,61%. Hal ini terjadi karena onggok aren yang diperoleh berasal dari pohon aren yang tua sehingga kandungan lignin lebih tinggi daripada selulosa (Oktaviani *et al.*, 2020).

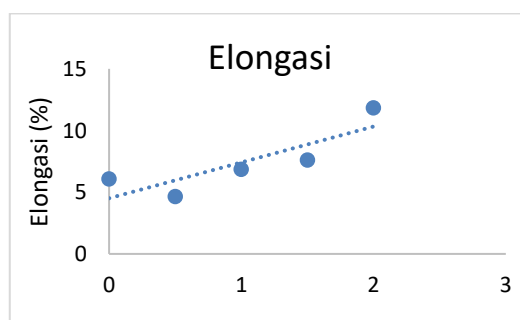
Tabel 1. Rendemen selulosa onggok (limbah ampas pati aren)

Ulangan	Massa Onggok Awal (g)	Massa Onggok Akhir (g)	Rendemen (%)
1	20,0090	11,953	59,7381
2	20,0081	8,2988	41,4772
3	20,0081	5,5965	27,9712

Pembuatan Bioplastik dilakukan dengan mencampurkan perbandingan PLA dan selulosa sebesar 95%:5% yang merupakan perbandingan terbaik untuk membentuk karakteristik plastik yang baik (Bin *et al.*, 2017; Wei *et al.*, 2017; Sung *et al.*, 2017). Selanjutnya dilakukan penambahan POG dengan variasi 0,00 g (kontrol); 0,50 g; 1,00 g; 1,50 g; dan 2,00 g. Perbandingan tersebut dipilih dengan anjuran pemakaian pada kemasan pupuk yang setara dengan 1,50 g dan dibuktikan bahwa sebanyak 1,50 g dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dalam pot ukuran kecil (Dewantri *et al.*, 2018). Bioplastik yang dihasilkan memiliki tampilan yang semakin keruh seiring dengan meningkatnya penambahan POG yang berwarna coklat, namun masih tergolong transparan.

Sifat Mekanik Bioplastik

Bioplastik semua variasi dikarakterisasi berdasarkan sifat mekanik. Terdapat tiga parameter dalam menentukan sifat mekanik, yaitu kuat tarik yang merupakan tegangan maksimum yang dapat ditahan oleh material sebelum terputus, elongasi yang melihat perubahan panjang maksimum *film* hingga terputus, dan *modulus young* yang digunakan untuk menentukan kekakuan bahan. Dalam penelitian sebelumnya didapatkan nilai sifat mekanik dari perpaduan PLA-selulosa yang berbeda-beda (Gambar 2) dan sifat mekanik paduan PLA-selulosa menurut beberapa literatur (Tabel 2). Sehingga disarankan perbandingan PLA-selulosa yang digunakan sebesar 95% : 5 %.



Gambar 2. Sifat mekanik (elongasi) Bioplastik dengan penambahan POG

Tabel 2. Sifat mekanik PLA-selulosa berbagai literatur

Literatur	Jenis Selulosa	%w/w selulosa	Kuat Tarik (MPa)	Modulus Young (GPa)	Elongasi (%)
Ambone <i>et al.</i> , 2020	CNF	5,00	40,85	3,80	1,48
Bin <i>et al.</i> , 2017	MMFC	5,00	62,50	2,10	3,80
Bin <i>et al.</i> , 2017	MMFC	10,00	68,70	2,30	4,00
Bin <i>et al.</i> , 2017	MMFC	20,00	70,00	2,90	3,20
Zhang <i>et al.</i> , 2019	CNC	5,00	55,00	3,80	TD
Zhou <i>et al.</i> , 2019	CNC	5,00	32,50	0,70	7,20
Zhou <i>et al.</i> , 2020	MCC	10,00	49,60	1,29	3,89
Sousa <i>et al.</i> , 2019	MCC	5,00	43,00	3,60	1,53
Sung <i>et al.</i> , 2017	CNC	5,00	54,90	1,44	4,90
Yin <i>et al.</i> , 2017	CNC	5,00	36,49	TD	1,57
Wei <i>et al.</i> , 2018	HLNC	5,00	59,40	4,50	11,3
Wei <i>et al.</i> , 2018	BLNC	5,00	55,70	4,60	11,0
Dong <i>et al.</i> , 2017	CNF	5,00	34,40	3,08	TD

Keterangan :

CNC : *Cellulose nanocrystals*

MCC : *Microcrystalline cellulose*

CNF : *Cellulose nanofibers*

MMFC : *Modified microfibrillated cellulose*

HLNC : *High lignin-containing nanocellulose*

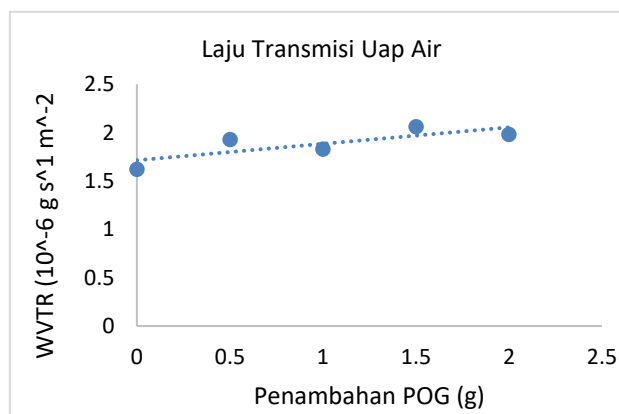
TD : Tidak diukur

BLNC : *Commercial lignin-coated nanocellulose*

Perbandingan PLA-selulosa terbaik adalah 95% : 5% dengan kuat tarik memiliki terendah sebesar 32,50 MPa (Zhou *et al.*, 2019) dan terbesar 70,00 MPa (Bin *et al.*, 2017) yang sesuai dengan plastik sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (24,7-302 MPa), sedangkan elongasi pada bioplastik yang dihasilkan tidak memenuhi SNI, karena sifat elongasi dapat dipengaruhi dari jenis selulosa yang digunakan.

Laju transmisi uap air (WVTR)

Laju transmisi uap air (WVTR) merupakan parameter untuk mengetahui uap air dalam *film* dan dilakukan dengan menggunakan metode *wet cup* hasil modifikasi dari ASTM E 96-95. Penambahan selulosa sangat berperan dalam nilai WVTR, semakin banyak selulosa yang ditambahkan maka nilai WVTR semakin besar. Hal ini dikarenakan selulosa memiliki gugus OH mudah berinteraksi dengan air sehingga dapat menyerap uap air di udara (Mulder, 1996). Oleh karena itu dipilih perbandingan PLA-selulosa sebesar 95% : 5% yang memiliki nilai WVTR rendah.

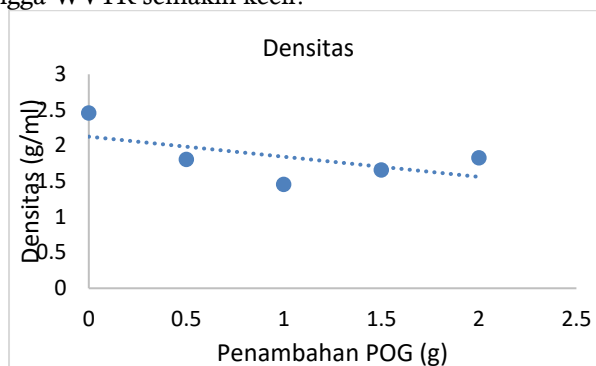


Gambar 3. WVTR setiap varian POG

Pada percobaan nilai WVTR BiPlant semakin menurun seiring dengan penambahan POG (Gambar 3), namun tidak berlaku untuk variasi POG 1,00 g dan 1,50 g karena terjadi kesalahan teknis seperti tumpahnya air disaat melakukan pengukuran sehingga laju WVTR tidak konsisten. BiPlant dengan variasi POG 2,00 g direkomendasikan sebagai plastik karena memiliki nilai WVTR paling terendah.

Densitas

Densitas suatu polimer akan berpengaruh pada nilai sifat mekanik yang dihasilkan. Semakin tinggi densitas maka makin tinggi nilai mekaniknya, selain itu besarnya densitas juga memberi pengaruh pada nilai transmisi uap air (WVTR) yang dihasilkan. Densitas yang tinggi akan membuat uap air semakin sulit melewati polimer tersebut sehingga WVTR semakin kecil.



Gambar 4. Densitas setiap varian POG

Hasil pengukuran densitas menunjukkan densitas paling rendah didapat pada variasi POG 1,00 g sebesar 1,46 g/mL dan densitas tertinggi pada kontrol POG 0,00 g (Gambar 4). Penambahan POG pada BiPlant cenderung menurunkan densitas, semua varian penambahan POG yang di uji memiliki nilai densitas di bawah kontrol.

Simpulan

Bioplastik berbahan dasar PLA dan selulosa yang berasal dari limbah ampas pati aren serta diformulasikan dengan pupuk organik granul berpotensi sebagai plastik yang lebih ramah lingkungan. Sifat mekanik yaitu elongasi masih belum mencapai SNI sehingga perlu pengembangan terkait penelitian bioplastik berbahan PLA-selulosa.

Daftar Referensi

- Ambone, T., Torris, A., Shanmuganathan, K. 2020. Enhancing the mechanical properties of 3D printed polylactic acid using nanocellulose. *Polymer Engineering & Science*. 60(8): 1842-1855.
- Bin, Y., Yang, B., Wang, H. 2018. The effect of small amount of modified microfibrillated cellulose and ethylene-glycidyl methacrylate copolymer on the crytallization behaviors and mechanical properties of polylactic acid. *Polymer Bulletin*. 75: 3377-3394.
- Dewantri, M.Y., Wicaksono, K.P. & Sitawati. 2018. Respon pemberian pupuk NPK dan monosodium glutamat (MSG) terhadap pembungaan tanaman rombusa mini (*tabernaemontana corymbosa*). *Jurnal Produksi Tanaman*. 5(8): 1301-1307
- Dong, J., Li, M., Zhou, L., Lee, S., Mei, C., Xu, X., Wu, Q. 2017. The influence of grafted cellulose nanofibers and postextrusion annealing treatment on selected properties of poly(lactic acid) filaments for 3D printing. *Journal of Polymer Science Part B: Polymer Physics*. 55(11): 847-855.
- Jiménez, L., Mena, M.J., Prendiz, J., Salas, L. & Vega-Baudrit, J. 2019. Polylactic acid (PLA) as a bioplastic and its possible applications in the food industry. *Food Science and Nutrition*. 5(2):1-6.
- Lertphirun, K., & Srikulkit, K. 2019. Properties of poly (lactic acid) filled with hydrophobic cellulose / SiO₂ composites. *International Journal of Polymer Science*. 1:1-8.
- Murariu, M., & Dubois, P. 2016. PLA composites: from production to properties. *Advanced Drug Delivery Reviews*. 4: 1-88
- Oktaviani, W., Khairani, L., Indriani, N. P. 2020. Pengaruh berbagai varietas jagung manis (*Zea mays saccharata Sturt*) terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, dan kandungan lignin tanaman jagung. *Jurnal Nutrisi Ternak Tropis dan Ilmu Pakan*. 2(2): 60-70.
- Purnavita, S., Sriyana, H. S., & Hartini, S. 2017. Produksi poli asam laktat dari limbah ampas pati aren. *Momentum*. 13(1): 53-56.

- Sousa, S., Costa, A., Silva, A., & Simoes, R. 2019. Poly(lactic acid)/cellulose films produced from composite spheres prepared by emulsion-solvent evaporation method. *Polymers*. 11(1): 66-71
- Sung, S. H., Chang, Y., & Han, J. 2017. Development of polylactic acid nanocomposite films reinforced with cellulose nanocrystals derived from coffee silverskin. *Carbohydrate Polymers*. 169(1): 495-503.
- Wei, L., Agarwal, U. P., Matuana, L., Sabo, R. C., & Stark, N. M. 2018. Performance of high lignin content cellulose nanocrystals in poly(lactic acid). *Polymers*. 135: 305-313.
- Winarni, E., Ratnani, R. D., & Riwayati, I. 2013. Pengaruh jenis pupuk organik terhadap pertumbuhan tanaman kopi. *Momentum*. 9(1): 35-39.
- Yin, Y., Zhao, L., Jiang, X., Wang, H., & Gao, W. 2017. Poly(lactic acid)-based biocomposites reinforced with modified cellulose nanocrystals. *Cellulose*. 24: 4773-4784.
- Zhang, Q., Chen, C., Chen, W., Pastel, G., Guo, X., Liu, S., Wang, Q., Liu, Y., Li, J., Yu, H., & Hu, L. 2019. Nanocellulose-enabled, all-nanofiber, high-performance supercapacitor. *Applied Materials & Interfaces*. 11(6): 5919-5927.
- Zhou, H., Shanshan, L., Liu, J., Tan, Y., Mundo, J. L. M., Bai, L., Rojas, O. J., & McClements, D. J. 2020. Modulation of physicochemical characteristics of pickering emulsions: utilization of nanocellulose- and nanochitin-coated lipid droplet blends. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 68(2): 603-611.