



PENGARUH VARIASI KOMPOSISI SELULOSA JERAMI PADI DAN LIMBAH BOTOL PLASTIK POLIETILEN TEREFTALAT (PET) TERHADAP KARAKTERISTIK BIODEGRADABLE PLASTIC

Hanna Sjafarina¹, Intan Syahbanu¹, Nurlina¹

¹ Program Studi Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Tanjungpura

*Corresponding author: intansyahbanu@chemistry.untan.ac.id

ARTICLE INFO

Article history:

Received 9 October 2019

Accepted 31 December 2020

Available online
31 December 2020

Keywords:

rice straw cellulose,
PET, biodegradable
plastic

ABSTRACT

Research on the effect of variations in the composition of rice straw cellulose on the characteristics of biodegradable PET-Cellulose plastic. The purpose of this study is to explain the effect of the composition of rice straw cellulose and PET on the characteristics of biodegradable plastic made from composite of rice straw cellulose and PET. This research was conducted in several stages, the isolation of cellulose from rice straw, recycling PET from mineral water bottle, mixing cellulose and PET, then testing the characteristics, the DTA-TGA thermal characteristic test, and degradation test with the soil burial test method. In the thermal characteristics test there was a decrease in weight in samples with composition PET: cellulose 90:10; 60:40; and 50:50 each with 0.719; 0.710; 0.581 mg in the temperature range 38.30-68.32 ° C, 40.72-68.17 ° C, 41.45-80.40 ° C, while in the samples 80:20 and 70:30 there was no decrease in weight the temperature. In the sample 90:10; 80:20; 70:30; 60:40 and 50; 50 there is a decrease in weight each of 4,045; 3,909; 3,464; 2,760 and 3,205 mg at temperatures 328, 16-430.65 ° C, 362.05-442.15 ° C, 349.96-439.82 ° C, 388.29-446.70 ° C, and 325.39-420.79 ° C. The degradation test using soil burial test method obtained percent weight loss in samples with PET composition: 70:30 cellulose which was 38.24%.

© 2020 IJoPAC. All rights reserved

1. Introduction

Plastik saat ini banyak digunakan oleh manusia sebagai kemasan produk makanan maupun minuman, bahan kebutuhan rumah tangga, industri dan lain sebagainya. Penggunaan plastik berbahan baku minyak bumi yang memiliki ikatan kompleks dapat menyebabkan pencemaran lingkungan dikarenakan tidak dapat terdegradasi secara alami. Oleh karena itu, diperlukan bahan baku pembuatan plastik sebagai pengganti dari minyak bumi yang dapat terdegradasi secara alami. Salah satunya adalah *biodegradable plastic*.

Biodegradable plastic merupakan salah satu solusi mengganti penggunaan plastik berbahan baku minyak bumi. *Biodegradable plastic* dapat terdegradasi secara alami di dalam tanah karena penambahan bahan organik sehingga dapat meminimalisir pencemaran lingkungan. *Biodegradable plastic* dapat dibuat dari polisakarida tumbuhan seperti selulosa, pati, dan protein (Selpiana, *et al.*,

2015). Penelitian kali ini akan memanfaatkan selulosa dari jerami padi yang diketahui memiliki kandungan selulosa sebanyak 37,71%, hemiselulosa 21,99% serta lignin 16,62% ^[1]. Kandungan selulosa yang terdapat pada jerami padi ini berpotensi untuk menjadikan selulosa jerami padi sebagai bahan baku pembuatan *biodegradable plastic*. Menurut penelitian Behjat, *et al* (2009), selulosa dari *kenaf* (*Hibiscus cannabinus* L.) yang ditambahkan dengan polietilen dan polietilen glikol dapat meningkatkan biodegradabilitas setelah didegradasi selama 120 hari. Pada penelitian kali ini memanfaatkan jerami padi yang dikompositkan dengan polietilen tereftalat (PET). Sampai saat ini belum ditemukan penelitian menggunakan komposit selulosa jerami padi dan PET sebagai alternatif *biodegradable plastic*.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menjelaskan pengaruh komposisi selulosa jerami padi dan PET terhadap karakteristik *biodegradable plastic* berbahan baku komposit selulosa jerami padi dan PET.

2. Metode

2.1. Bahan dan Alat

Bahan – bahan yang digunakan yaitu akuades, asam nitrat (HNO_3), asam sulfat (H_2SO_4), jerami padi, limbah botol air mineral (polietilen tereftalat), natrium nitrit (NaNO_2), natrium hidroksida (NaOH), natrium sulfat (Na_2SO_4), natrium hipoklorit (NaOCl), n-metil-2-pirolidon ($\text{C}_5\text{H}_9\text{NO}$), dimetil sulfoksida ($(\text{CH}_3)_2\text{SO}$), metanol, dan polietilen glikol 400 (PEG 400).

Alat – alat yang digunakan yaitu alat – alat gelas kimia, *hot plate*, *magnetic stirrer*, neraca digital, oven, seperangkat alat refluks, spektrofotometer FT-IR, DTA (*Differential Thermal Analysis*) dan TGA (*Termogravimetric Analysis*).

2.2. Prosedur Penelitian

2.2.1. Isolasi selulosa dengan metode delignifikasi

Jerami padi yang digunakan pada penelitian ini diambil di daerah Punggur. Jerami padi dicuci untuk menghilangkan kotoran-kotoran. Kemudian, jerami padi dijemur di bawah sinar matahari. Sampel jerami padi dipotong kecil – kecil dan dihaluskan. Kemudian jerami padi tersebut ditimbang sebanyak 18,75 gram lalu dipanaskan dengan 250 mL campuran HNO_3 3,5% dan 5 mg NaNO_2 pada suhu 90°C selama 2 jam. Setelah itu, sampel disaring dan dicuci menggunakan air bersih. Sampel kemudian dididigesti pada suhu 50°C selama 1 jam dengan 250 mL larutan NaOH 2% dan Na_2SO_4 2%. Selanjutnya sampel dibersihkan kembali menggunakan air bersih dan dilakukan proses *bleaching* dengan pemanasan pada suhu 100°C selama 30 menit dengan 250 mL larutan NaOCl 1,75%. Selulosa murni yang dihasilkan kemudian dicuci hingga pH netral dan dikeringkan menggunakan oven pada suhu 60°C sampai kering ^{[2][3]}.

2.2.2. Daur ulang PET dari limbah botol plastik air mineral

Limbah botol plastik air mineral dicuci kemudian dipotong kecil – kecil dan ditimbang sebanyak 5 gram. Limbah tersebut dilarutkan dalam asam sulfat pekat 10 mL. Filtrat kemudian diteteskan ke dalam gelas kimia yang berisi metanol, endapan yang dihasilkan kemudian disaring dan dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 60°C ^[4].

2.2.3. Pembuatan *biodegradable plastic*

Sebanyak 1 mL PEG 400 diaduk menggunakan *magnetic stirrer* bersama dengan dimetil sulfoksida 20 mL selama 20 menit. Campuran ditambahkan selulosa diaduk kembali selama 2 jam. Setelah itu tambahkan PET dan 3 mL n-methyl-2-pirolidon diaduk kembali selama 4 jam.

Pencampuran PET dan selulosa dibuat dengan komposisi % w/w sebagai berikut: PET:selulosa 100%:0%, 90%:10%, 80%:20%, 70%:30%, 60%:40% dan 50%:50%.

Campuran yang telah diaduk, kemudian dicetak menggunakan plat kaca dan dikering anginkan selama 25 menit. Setelah dicetak, dilakukan proses pelepasan plastik dari cetakan dengan merendamnya ke dalam air dan dikeringkan dengan udara bebas ^[5].

2.2.4. Uji karakteristik biodegradable plastic

2.2.4.1. Uji termal

Uji termal dilakukan merujuk pada penelitian Yuniari (2014). Uji ini dilakukan dengan menggunakan analisis termal DTA dan TGA. Sampel dipanaskan pada suhu 300°C-400°C pada kecepatan 5°C/menit.

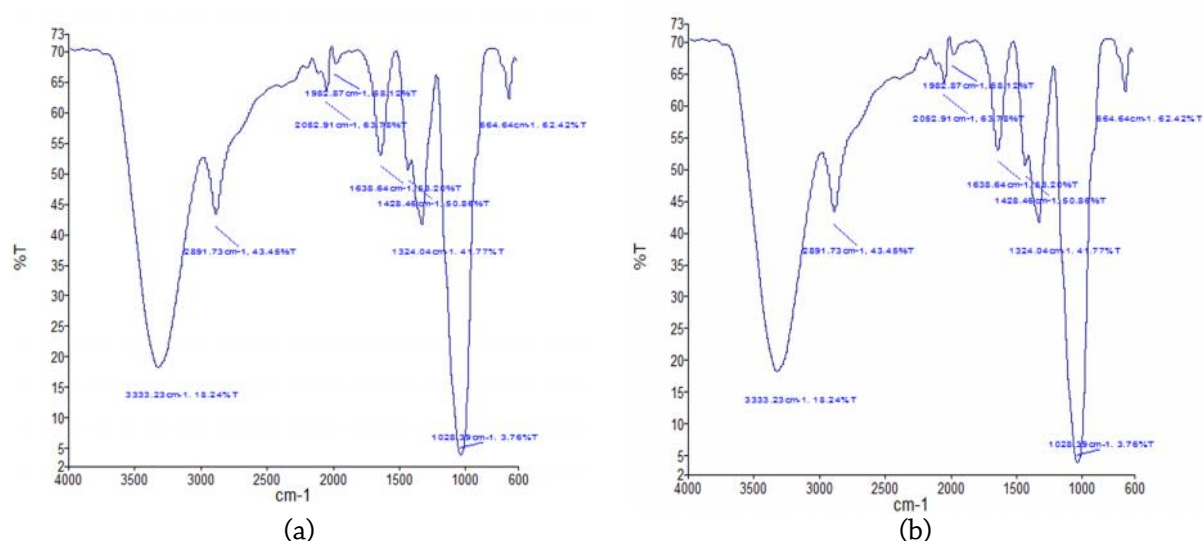
2.2.4.2. Uji degradasi dengan metode soil burial test

Soil burial test dilakukan dengan menyiapkan sampel yang telah dipotong dengan ukuran 2x2 cm dan ditimbang. Kemudian dikubur di dalam tanah dengan ke dalaman 10 cm dan diamati setiap 3 hari sekali dalam 2 minggu.

3. Hasil dan Diskusi

3.1. Karakteristik selulosa dari jerami padi

Proses isolasi dilakukan dengan metode delignifikasi. Metode delignifikasi dilakukan dengan cara menambahkan campuran HNO_3 dan NaNO_2 ke dalam jerami padi yang sudah disiapkan. HNO_3 digunakan karena merupakan agen yang sangat baik untuk proses delignifikasi. Akan tetapi HNO_3 dapat cepat bereaksi dengan selulosa. Sehingga diperlukan penambahan NaNO_2 untuk menghindari reaksi HNO_3 terhadap selulosa dan mempercepat proses delignifikasi ^[6]. Selanjutnya ditambahkan larutan NaOH dan Na_2SO_3 untuk menyempurnakan pembebasan lignin dari ampas ^[7]. Larutan NaOH digunakan agar dapat memisahkan ikatan antara selulosa dan lignin sehingga menghasilkan selulosa bebas (Wiwien, dkk, 2010). Na_2SO_3 digunakan sebagai oksidator ^[3]. Kemudian dilakukan proses pemutihan (*bleaching*) dengan menambahkan NaOCl . Proses pemutihan dilakukan untuk mendegradasi sisa lignin pada selulosa yang masih tersisa dengan perlakuan kimia untuk merubah warna dan memberi kecerahan yang lebih tinggi ^[5]. Selulosa yang dihasilkan berbentuk serbuk berwarna putih dan hasil rendemen 27,25%. Selulosa yang dihasilkan kemudian dikarakterisasi menggunakan FT-IR.



Gambar 2. Hasil Spektrum FTIR Selulosa Jerami Padi (a) Hasil Analisis Penelitian (b) Hasil Penelitian (Rivai, dkk, 2018)

Hasil spektrum FTIR selulosa jerami padi pada gambar 4.2 menunjukkan bahwa terdapat gugus fungsi O-H pada bilangan gelombang 3333,23 cm⁻¹. Pada bilangan gelombang 2891,73 cm⁻¹ terdapat gugus fungsi C-H. Pada bilangan gelombang 2052,91 cm⁻¹ terdapat gugus fungsi C≡C. Pada bilangan gelombang 1982,87 cm⁻¹ terdapat gugus fungsi C-H. Pada bilangan gelombang 1428,46 cm⁻¹ terdapat gugus fungsi C-H dan pada bilangan gelombang 1028,39 cm⁻¹ terdapat gugus fungsi C-O.

Table 1. Analisis Gugus Fungsi Spektra FTIR Selulosa

Hasil analisis FTIR selulosa jerami padi	Hasil analisis FTIR selulosa jerami padi Rivai, dkk (2018)	Gugus Fungsi
3333,23 cm ⁻¹	3322,24 cm ⁻¹	O-H <i>stretching</i>
2891,73 cm ⁻¹	2898,78 cm ⁻¹	C-H <i>stretching</i>
2052,91 cm ⁻¹	2165,63 cm ⁻¹	C≡C alkuna
1982,87 cm ⁻¹	1992,84 cm ⁻¹	C-H <i>bending</i>
1428,46 cm ⁻¹	1364,34 cm ⁻¹	C-H <i>bending</i>
1028,39 cm ⁻¹	900,51 cm ⁻¹	C-O <i>stretching</i> dan <i>deformation</i>

Tabel 1. menunjukkan bahwa hasil analisis FTIR selulosa jerami padi yang dilakukan memiliki kemiripan dengan hasil FTIR selulosa jerami padi yang dilakukan oleh Rivai, *et al* (2018).

3.2. Daur ulang limbah botol plastic polietilen tereftalat

Polietilen tereftalat (PET) dibuat dari botol air mineral bekas. Potongan botol air mineral bekas dilarutkan dalam H₂SO₄, kemudian diendapkan dalam metanol, disaring, dikeringkan. Larutan H₂SO₄ digunakan sebagai katalis pemutus protonasi rantai PET [8]. PET yang diperoleh berupa endapan putih.

3.3. Karakteristik biodegradable plastic PET:Selulosa

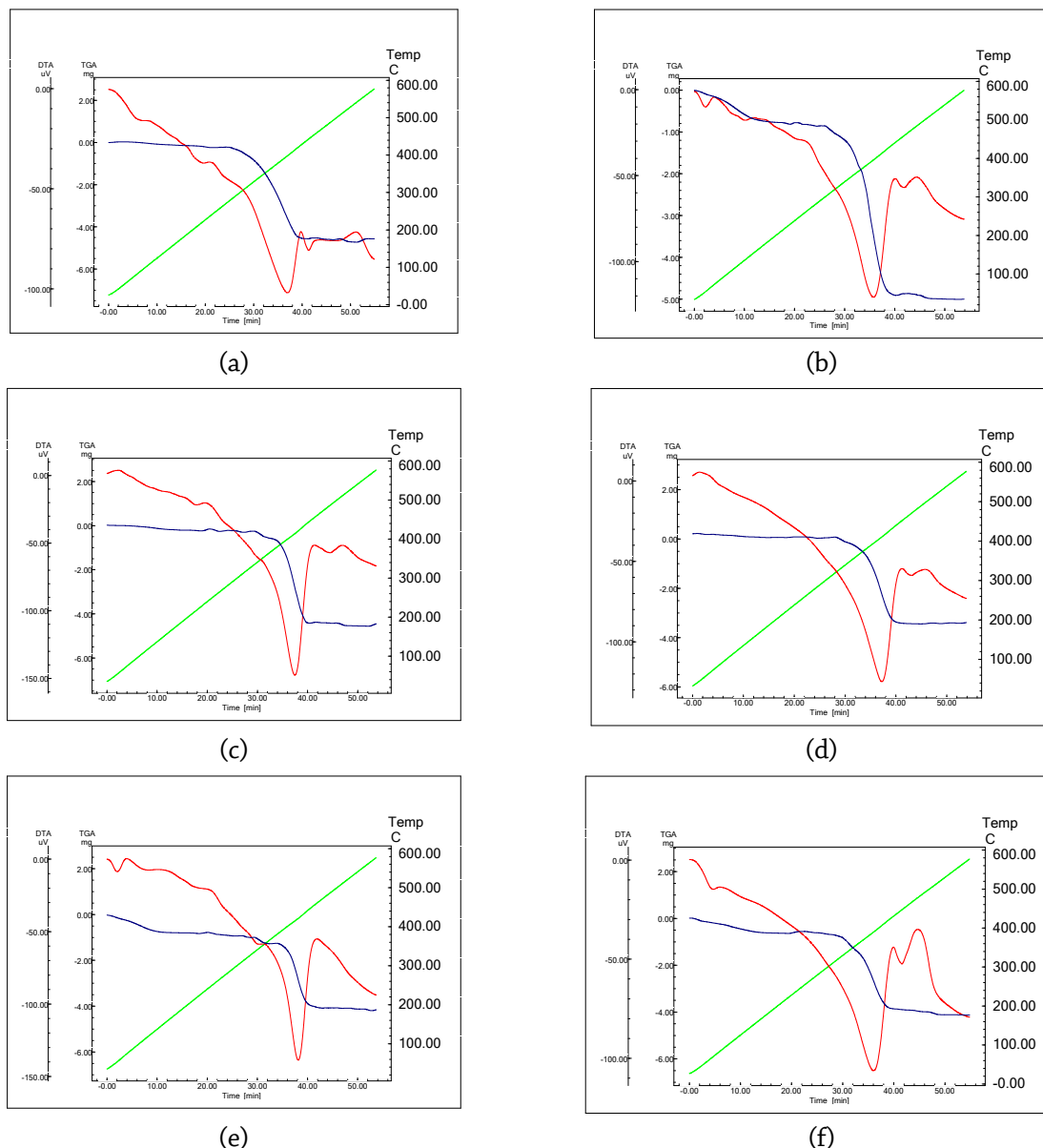
Pembuatan *biodegradable plastic* PET:selulosa dilakukan dengan melarutkan selulosa ke dalam dimetil sulfoksida. Dimetil sulfoksida merupakan pelarut polar yang dapat melarutkan selulosa [9]. Setelah itu, ditambahkan n-metil-2-pirolidon dan PET ke dalam larutan selulosa dan dimetil sulfoksida. n-metil-2-pirolidon digunakan karena dapat melarutkan PET [9]. Kemudian ditambahkan PEG 400 sebagai *plasticizer*. Larutan yang dihasilkan kemudian dicetak dengan menggunakan plat kaca dan direndam di dalam air agar plastik terlepas dari cetakan. Setelah itu dilakukan uji karakteristik termal dan biodegradabilitas plastik.



Gambar 3. Biodegradable Plastic yang Dihasilkan

3.3.1. Karakteristik termal *biodegradable plastic* PET:Selulosa

\Uji karakterisasi termal *biodegradable plastic* PET : selulosa dilakukan dengan menggunakan DTA-TGA. DTA digunakan untuk mengukur perubahan kandungan panas dengan cara merekam perbedaan temperatur sampel dengan pembanding sebagai fungsi dari perubahan temperatur ^[10]. Sedangkan TGA digunakan untuk mengukur perubahan berat sampel sebagai fungsi waktu ^[11]. Gambar 4.5 menunjukkan hasil dari uji termal DTA-TGA.



Gambar 4. Hasil Analisis DTA-TGA *Biodegradable Plastic* dengan Komposisi PET:Selulosa (%w/w) 100:0 (a), 90:10 (b), 80:20 (c), 70:30 (d), 60:40 (e), 50:50 (f)

Berdasarkan Gambar 4. terjadi penurunan berat pada *biodegradable plastic* dengan komposisi PET:selulosa 90:10; 60:40; dan 50:50 masing-masing sebesar 0,719; 0,710; 0,581 mg pada rentang suhu 38,30-68,32°C, 40,72-68,17°C, 41,45-80,40°C. Sedangkan pada *biodegradable plastic* dengan

komposisi PET:selulosa 80:20 dan 70:30 tidak terjadi penurunan suhu pada suhu tersebut. Ini terjadi karena diduga PET mengalami degradasi terlebih dahulu akibat dari ketidak homogenan pada saat PET dan selulosa dikompositkan. Hal tersebut berkaitan dengan terjadinya transisi gelas PET pada suhu 69°C ^[12] dimana PET mengalami transisi antara fase *glass* ke fase *rubbery*.

Biodegradable plastic dengan komposisi PET:selulosa 90:10; 80:20; 70:30; 60:40 dan 50:50 terjadi penurunan berat masing-masing sebesar 4,045; 3,909; 3,464; 2,760 dan 3,205 mg pada suhu 328,16-430,65°C, 362,05-442,15°C, 349,96-439,82°C, 388,29-446,70°C, dan 325,39-420,79°C. Hal ini terjadi karena *biodegradable plastic* telah mengalami degradasi. Hal ini ditunjukkan pada Tabel 2.

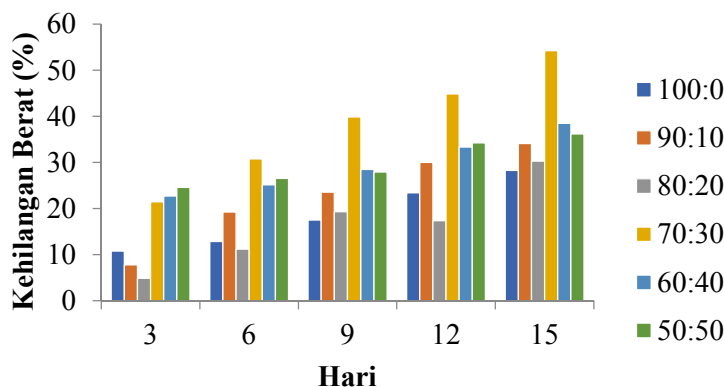
Tabel 2. Data Hasil Analisis DTA-TGA *Biodegradable Plastic* dari PET:Selulosa

	Variasi Komposisi PET:Selulosa					
	100:0	90:10	80:20	70:30	60:40	50:50
Suhu (°C)	57,37-	38,30-			40,72-	41,45-
	90,89	68,32	-	-	68,17	80,40
	190,32-	328,16-	200,88-	349,96-	388,29-	325,39-
	233,40	430,65	228,64	439,82	446,70	420,79
	304,89-	444,63-	362,05-	456,27-		433,52-
Kehilangan Berat (mg)	421,96	473,34	442,15	482,41	-	469,90
	-	0,719	-	-	0,710	0,581
	-	4,045	-	3,464	2,760	3,205
	4,306	-	3,909	-	-	-

Tabel 2. menunjukkan bahwa *biodegradable plastic* dengan komposisi PET:selulosa 70:30 mengalami kehilangan berat total paling kecil yaitu 3,464 mg. *Biodegradable plastic* 70:30 juga tidak mengalami kehilangan berat pada suhu 30-80°C yang merupakan suhu transisi gelas PET. Sehingga dapat disimpulkan bahwa *biodegradable plastic* dengan variasi PET:selulosa 70:30 lebih homogen.

3.3.2. Biodegradabilitas plastik PET:Selulosa

Uji *soil burial test* dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui waktu terurainya *biodegradable plastic* oleh mikroorganisme yang ada di dalam tanah. Uji ini dilakukan dengan mengubur sampel *biodegradable plastic* di dalam tanah.



Gambar 6. Diagram Batang Hasil Uji Soil Burial Test *Biodegradable Plastic* PET : Selulosa

Berdasarkan Gambar 6 dapat dilihat bahwa selama masa pengamatan terjadi penurunan berat dikarenakan *biodegradable plastic* telah diurai oleh mikroorganisme yang berada di dalam tanah.

Tabel 3 Persen Kehilangan Berat *Biodegradable Plastic* PET : Selulosa

Sampel	Berat Awal (gr)	Berat setelah <i>soil burial test</i> berdasarkan hari ke- (gr)					Kehilangan Berat (%)
		3	6	9	12	15	
100 : 0	0,0095	0,0085	0,0083	0,0078	0,0073	0,0068	18,5654
90 : 10	0,0428	0,0395	0,0346	0,0328	0,0300	0,0282	22,9225
80 : 20	0,0091	0,0087	0,0081	0,0074	0,0075	0,0064	16,5789
70 : 30	0,0185	0,0145	0,0128	0,0111	0,0102	0,0084	38,2449
60 : 40	0,0182	0,0141	0,0137	0,0130	0,0122	0,0112	29,6272
50 : 50	0,0226	0,0171	0,0166	0,0163	0,0149	0,0144	29,8851

Tabel 3 menunjukkan bahwa *biodegradable plastic* dengan komposisi PET:selulosa 100:0, 90:10 dan 80:30 mengalami kehilangan berat yang kecil, dikarenakan pada sampel tersebut memiliki kandungan PET yang lebih banyak daripada selulosa. PET merupakan polimer yang sangat sulit untuk diurai oleh mikroorganisme. *Biodegradable plastic* dengan komposisi PET:selulosa 70:30, mengalami kehilangan berat yang besar, dikarenakan kandungan selulosa yang lebih banyak. Namun, pada *biodegradable plastic* dengan komposisi PET:selulosa 60:40 dan 50:50 mengalami kehilangan berat yang kecil diakibatkan ketidak homogenan PET:selulosa pada saat pembuatan *biodegradable plastic*. Hal ini membuktikan data DTA-TGA, dimana *biodegradable plastic* mengalami kehilangan berat pada suhu 40,72-68,17 dan 41,45-80,40°C yang terjadi karena PET mengalami degradasi terlebih dahulu. Sehingga dapat disimpulkan bahwa *biodegradable plastic* dengan komposisi PET:selulosa sebesar 70:30 mengalami kehilangan berat yang lebih banyak yaitu 38,24%.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa secara termal, penurunan berat pada komposisi PET:selulosa 70%:30% yaitu 3,464 mg lebih stabil sedangkan secara biodegradabilitas, persen kehilangan berat paling besar terjadi pada plastik dengan komposisi PET:selulosa 70:30 yaitu sebesar 38,24%.

Daftar Pustaka

- [1] Dewi, 2002, Hidrolisis Limbah Hasil Pertanian Secara Enzimatis, *Akta Agrosia*, 5: 67-71.
- [2] Habibah, Rudnin.; Darwin Yunus Nasution dan Yugia Muis., 2013, Penentuan Berat Molekul dan Derajat Polimerisasi α -Selulosa yang berasal dari Alang-Alang (*Imperata cylindrical*) dengan Metode Viskositas, *J. Saintia Kimia*, 1.
- [3] Sumartono, Nugroho Wahyu.; Fitri Handayani.; Reni Desiriana.; Wulan Novitasari dan Dea Sakinah Hulfa., 2015, Sintesis dan Karakterisasi Bioplastik Berbasis Alang-Alang (*Imperata cylindrical* (L.)) dengan Penambahan Kitosan, Gliserol, dan Asam Oleat, *Pelita*, 10: 13-25.
- [4] Sumarni, N. K., Husin, S., Masafitri., 2013, Kajian Fisika Kimia Limbah Styrofoam dan Aplikasinya, *Jurnal of Natural Science*, 2(3): 123-131.
- [5] Pratiwi, R.; Driyanti Rahayu dan Melisa I. Barliana, 2016, Pemanfaatan Selulosa dari Limbah Jerami Padi (*Oryza sativa*) sebagai Bahan Bioplastik, *Indonesian Journal of Pharmaceutical Science and Technology*, 2(3): 83-91.

- [6] Gusrianto, P.; Zulharmita dan Harrizul Rivai., 2011, Preparasi dan Karakterisasi Mikrokristalin Selulosa dari Limbah Serbuk Kayu Penggergajian, *Jurnal Sains dan Teknologi Farmasi*, 16(2): 180-188.
- [7] Zulharmita.; Siska Nola Dewi dan Mahyuddin., 2012, Pembuatan Mikrokristalin Selulosa dari Ampas Tebu (*Saccharum officinarum* L.), *Jurnal Sains dan Teknologi Farmasi*, 17(2): 158-163.
- [8] Diantomo, W.Z dan Lukman A., 2013, Pengaruh Variasi Waktu Refluks Pada Proses Daur Ulang Polietilen Tereftalat dengan Metode Hidrolisis. *Jurnal Kimia FMIPA. ITS*, 1(2):1-7.
- [9] Salbeti, D., Harlia dan Intan Syahbanu., 2018, Sintesis dan Karakterisasi Termal Plastik Ramah Lingkungan *Polyblend* Selulosa Ampas Tebu dan Limbah Botol Plastik *Polietilen Tereftalat*, *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 7(2): 54-60.
- [10] Khopkar, S.M., 1990, Konsep Dasar Kimia Analitik, UI Press, Jakarta.
- [11] Rahmayanti, D, 2016, Karakteristik Sifat Termal (DTA-TGA) dan Konduktivitas Termal Keramik Cordierite Berbasis Silika Sekam Padi dengan Penambahan Alumina (0, 20, 25, dan 30 WT%), Universitas Lambung, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Bandar Lampung (Skripsi).
- [12] Colomines, G.; Roboin, J.J., Gikkes T, 2005, Study of the Glycolysis of PET by Oligoesters, *Polymer*, 46: 3230-3247.