



Pengaruh Penambahan Kitosan terhadap Karakteristik Plastik Biodegradable dari Limbah Nata de Coco dengan Metode Inversi Fasa

Kholisoh Hayati^{1,*}), Claudia Candra Setyaningrum¹⁾, Siti Fatimah¹⁾

¹⁾Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. Ahmad Yani Tromol Pos I Pabelan Kartasura, Sukoharjo, Indonesia

^{*}Penulis korespondensi : kholisohhayati7@gmail.com ; sf120@ums.ac.id

Abstract

The Effect of Chitosan Addition on Characteristic of Biodegradable Plastic from Waste of Nata de Coco using Inversion Phase Exploration of biodegradable plastic material will solve pollution problem. The side product of nata de coco is potential to be proceed as biodegradable plastic due to its cellulose content, up to 42.57%. This research meant to learned the effect of chitosan addition for the making of biodegradable plastic from waste of nata de coco. The inversion phase was used in this study to produce bioplastics then several physical tests, FTIR, and biodegradability examination conducted to evaluate its mechanical properties. This study used complete randomized design combined with factorial design. The bioplastic product was manufactured using cellulose of nata de coco in three variation, 2.00; 2.50; 3.00 gram combined with 3 variation of chitosan, 2.50; 3.00; 3.50 gram. Statistical analysis of all quantitative data was conducted by using Multiple analysis of variance (MANOVA) ($p < 0.05$) using the SPSS-25 program. Based on the result of the research, the value of mechanical properties there is an optimal tensile strength of bioplastics was 4,22 Mpa and elongation was 3,28%. An optimal water resistance value of bioplastics was 70,93%. FTIR result indicate that synthesized bioplastics have a wavelenght value similar to the constituent raw material and biodegradability result obtained 80 - 100 %.

Keywords: biodegradable plastic; chitosan; nata de coco solid waste; phase inversion method.

Abstrak

Eksplorasi bahan baku pembuatan plastik biodegradable dapat menyelesaikan permasalahan limbah plastik. Limbah nata de coco berpotensi dijadikan sebagai bahan baku pembuatan plastik biodegradable karena memiliki kandungan selulosa sebesar 42,57%. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji pengaruh banyaknya penambahan kitosan pada selulosa limbah nata de coco dalam pembuatan plastik biodegradable. Pada penelitian ini digunakan metode inversi fasa untuk menghasilkan bioplastik dan kemudian dilakukan uji mekanik, uji FTIR, dan uji biodegradabilitas untuk mengevaluasi karakteristik produknya. Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap dengan desain faktorial. Pembuatan bioplastik ini menggunakan tiga variasi selulosa limbah nata de coco yaitu 2 ; 2,5 ; dan 3 gram serta variasi penambahan kitosan yaitu 2,5 ; 3 ; dan 3,5 gram. Analisis data kuantitatif yang dilakukan menggunakan multiple analisis of variance (MANOVA) ($p < 0,05$) menggunakan program SPSS-25. Berdasarkan hasil penelitian nilai kuat tarik optimal yang diperoleh sebesar 4,22 Mpa dan elongasi sebesar 3,28%. Hasil uji ketahanan air pada bioplastik dengan perbandingan 2 : 3,5 sebesar 70,93%. Hasil uji FTIR menunjukkan bahwa bioplastik memiliki panjang gelombang yang sama dengan bahan baku penyusunnya dan hasil biodegradabilitas yang diperoleh sebesar 80-100% yang artinya bioplastik mampu terdegradasi setelah ditimbun selama 14 hari.

Kata kunci: kitosan; limbah padat nata de coco; metode inversi fasa; plastik Biodegradable

PENDAHULUAN

Plastik adalah bahan yang banyak digunakan dalam kehidupan manusia dan hampir tidak dapat dipisahkan dari kehidupan keseharian kita (Karuniastuti, 2017). Plastik konvensional yang masih sering digunakan saat ini berbahan polimer sintetis dari minyak bumi yang keberadaannya semakin menipis dan tidak dapat diperbarui. Selain itu bahan pembuatan plastik konvensional ini sulit di daur ulang, sulit diuraikan oleh pengurai serta dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan, baik pencemaran tanah, air, dan udara (Syaubari *et al*, 2018).

Penggunaan plastik dari bahan alam yang mudah terurai secara alami dapat menjadi salah satu solusi dari permasalahan ini (Cahyaningtyas *et al.*, 2019). Plastik *biodegradable* merupakan plastik yang terbuat dari bahan yang mudah diuraikan, seperti pati, selulosa dan karbohidrat lainnya (Handayani and Wijayanti., 2015). Bahan yang dapat diperbarui ini memiliki biodegradabilitas yang tinggi sehingga sangat berpotensi untuk dijadikan bahan pembuat plastik *biodegradable* (Stevens, 2002). Sumber selulosa yang digunakan pada pembuatan plastik *biodegradable* ini adalah limbah padat nata de coco. Limbah nata de coco merupakan nata yang tidak dapat dijadikan sebagai produk setelah proses sortasi sehingga menghasilkan limbah padat. Limbah nata de coco mengandung selulosa yang merupakan salah satu bahan yang dapat digunakan dalam pembuatan plastik *biodegradable* (Rabinovich *et al*, 2002).

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode inversi fasa, yaitu dengan menguapkan pelarut yang telah dicetak pada plat kaca. Teknik inversi fasa merupakan proses perubahan terkendali polimer dari fasa cair menjadi fasa padat yang didasarkan pada prinsip termodinamika larutan (Sanjaya and Puspita s, 2012). Pada pembuatan plastik *biodegradable* ini ditambahkan kitosan dan *plasticizer* gliserol. Penggunaan kitosan sebagai zat aditif dalam pembuatan plastik *biodegradable* akan mengurangi kecepatan penyerapan air, meningkatkan sifat mekanik, dan mengurangi sifat kelembaban dari film tersebut (Saputro, A.N. and Ovita A.L, 2017). *Plasticizer* gliserol berfungsi untuk meningkatkan elastisitas dengan mengurangi derajat ikatan *hydrogen* dan meningkatkan jarak antara molekul dari polimer. (Aripin *et al*, 2017).

Terdapat beberapa penelitian yang sudah dilakukan dengan menggunakan metode inversi fasa ini. Pada penelitian yang dilakukan oleh Nafiyanto (2019), pembuatan plastik *biodegradable* dari limbah bonggol pisang kepok menggunakan metode melt intercalation, yaitu teknik inversi fasa dengan penambahan gliserol dari minyak jelantah sebagai *plasticizer* dan kitosan dari cangkang bekicot sebagai komposit dilakukan dengan berbagai variasi. Pada

penelitian Andriyani *et al*, (2018), pembuatan polyblend dari limbah styrofoam dan α -selulosa serat daun nanas menggunakan metode inversi fasa yaitu teknik penguapan pelarut (*solvent casting*). Campuran styrofoam diklorometana divariasikan dengan campuran dimetil sulfoksida- α -selulosa dengan formulasi (90:10); (80:20); (70:30); (60:40). Penambahan gliserol pada setiap formulasi dilakukan untuk meningkatkan sifat mekanik dan biodegradabilitas dalam tanah. Teknik ini dipilih karena sederhana. Pada penelitian Ningsih *et. al.* (2019), pembuatan bioplastik dari pati ubi Nagara menggunakan metode *melt intercalation* atau inversi fasa yang merupakan metode yang ramah lingkungan karena tidak menggunakan pelarut organik yang nantinya dapat menjadi limbah.

Terdapat pula penelitian tentang bioplastik yang menggunakan bahan baku selulosa yaitu penelitian Intandiana *et. al.* (2019) digunakan bahan baku berupa campuran pati dan selulosa. Hal ini karena selulosa memiliki kekuatan tarik yang tinggi dan kemampuan mengikat yang kuat. Selulosa yang digunakan adalah selulosa mikrokristalin.

METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan metode RAL-faktorial (Rancangan Acak Lengkap yang disusun faktorial) dengan dua perlakuan. Faktor pertama adalah serbuk limbah padat nata de coco yang terdiri dari tiga variasi 2, 2,5 , dan 3 gram dan faktor yang kedua adalah penambahan gliserol 2,5 , 3, dan 3,5 gram. Pada penelitian ini bahan baku yang digunakan berupa selulosa limbah nata de coco sebanyak 25,5 gram. Kandungan selulosa didapatkan melalui pengujian berdasarkan SNI 14-0444-1989. Tahap pertama limbah padat nata de coco di cuci hingga bersih kemudian dikeringkan dengan cara dijemur dibawah sinar matahari. Limbah padat nata de coco yang telah kering dihaluskan menggunakan blender, kemudian disaring menggunakan pengayak ukuran 100 mesh lalu dimasukkan kedalam botol selai.

Pembuatan plastik *biodegradable* dilakukan dengan metode inversi fasa. Langkah pertama, kitosan di larutkan ke dalam aquades secukupnya. Kemudian ditambahkan asam asetat (1:99) %volume. Orientasi dilakukan terlebih dahulu terhadap kitosan dan asam asetat dengan dipanaskan pada suhu 60°C-70°C dengan *hot plate* dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan pengadukan 1500 rpm selama 15 menit. Setelah tercampur, selulosa dimasukkan dan di aduk selama 15 menit lalu ditambahkan gliserol sebanyak 3 ml. Kemudian dipanaskan kembali selama 45 menit. Setelah waktu pemanasan selesai, larutan dicetak di atas plat kaca kemudian dikeringkan dengan udara bebas. Hasil film plastik ini kemudian di uji dengan beberapa pengujian

diantaranya uji kuat tarik, uji elongasi, uji ketahanan air, dan uji biodegradabilitas, dan uji Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR).

Uji kuat tarik dan uji elongasi dilakukan dengan bantuan alat *Universal Testing Machine* dengan mengikuti standar ASTM-D882. Uji ketahanan air dilakukan dengan cara memotong plastik dengan ukuran 3 cm x 3 cm kemudian di timbang sebagai berat (w_0). Sampel dimasukkan ke dalam wadah berisi aquades selama 10 detik. Angkat sampel dari wadah lalu ditimbang (w). Langkah ini diulangi hingga diperoleh berat konstan.

$$\text{Water uptake} = \frac{\text{Berat sampel}(w) - \text{Berat sampel awal}(w_0)}{\text{Berat sampel awal}(w_0)} \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{Ketahanan air} = 100\% - \% \text{Water uptake} \quad (2)$$

Uji biodegradabilitas dilakukan dengan cara memotong plastik dengan ukuran 3 cm x 3 cm lalu ditimbang sebagai (w_0). Uji ini dilakukan dengan media berupa tanah, dimana sampel ditimbun selama 5 hari dan 14 hari. Kemudian diambil dan ditimbang massanya.

$$\text{Biodegradabilitas} = \frac{\text{Berat awal} - \text{Berat akhir}}{\text{Berat awal}} \times 100\% \quad (3)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian yang telah dilakukan, kaar selulosa yang terdapat pada limbah nata de coco yaitu sebesar 42,57%, sehingga limbah nata de coco memiliki potensi dijadikan plastik *biodegradable*. Dihadirkan plastik *biodegradable* yang berwarna coklat muda dengan ketebalan 0,163 mm seperti yang ditunjukkan oleh gambar 1. Bentuk dari film plastik ini bertekstur plastik, sedikit elastis, dan cukup kuat.



Gambar 1. Bentuk plastik *biodegradable*

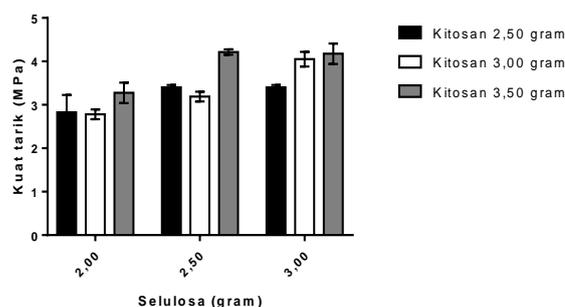
Hasil uji kuat tarik, uji elongasi, dan uji ketahanan air yang telah dilakukan pada palstik *biodegradable* dari limbah nata de coco ditunjukkan dalam tabel 1.

Tabel 1. Hasil uji kuat tarik, elongasi, dan ketahanan air pada berbagai variasi

Selulosa : Kitosan	Kuat Tarik (Mpa)	Elongasi (%)	Ketahanan air (%)
2 : 2,5	2,28	2,22	65,43
2 : 3	2,78	2,22	70,09
2 : 3,5	3,27	2,77	70,93
2,5 : 2,5	3,40	2,22	55,22
2,5 : 3	3,19	2,20	55,65
2,5 : 3,5	4,22	2,20	59,65
3 : 2,5	3,40	2,20	52,19
3 : 3	4,05	2,20	56,83
3 : 3,5	4,17	3,28	57,81

Uji Kuat Tarik

Kuat tarik merupakan tegangan maksimum yang dapat ditahan oleh material sebelum putus. Gambar 2 berikut merupakan grafik yang menunjukkan hubungan penambahan kitosan terhadap nilai kuat tarik film plastik.



Gambar 2. Hubungan penambahan kitosan terhadap nilai kuat tarik plastik *biodegradable*

Dari gambar 2 dapat dilihat bahwa komposisi kitosan memberikan pengaruh terhadap kuat tarik film plastik yang dihasilkan. Semakin banyak komposisi kitosan yang digunakan maka nilai kuat tariknya akan semakin besar. Pada komposisi serbuk limbah nata de coco 2 gram, semakin bertambahnya kitosan maka nilai kuat tariknya semakin besar. Pada komposisi serbuk limbah nata de coco 2 gram dan 2,5 gram mengalami penurunan kuat tarik, pada penambahan kitosan 3 gram namun kembali mengalami kenaikan kuat tarik pada penambahan kitosan 3,5 gram. Hal ini disebabkan komposisi kitosan dan serbuk selulosa limbah nata de coco sudah maksimal bercampur sehingga ada kelebihan kitosan yang tidak bercampur sempurna. Perubahan sifat mekanik ini berhubungan dengan interaksi antara kitosan, serbuk limbah nata de coco, dan gliserol.

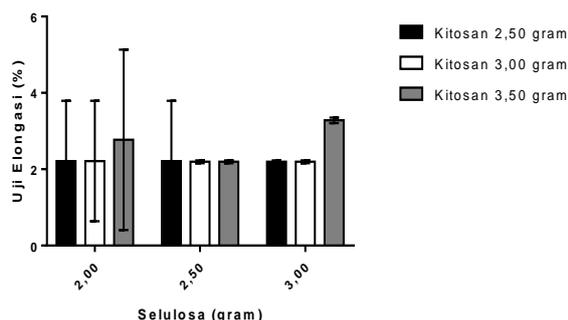
Menurut penelitian (Pratiwi *et al*, 2016), penambahan kitosan menyebabkan terbentuknya interaksi dengan rantai polimer selulosa dalam bentuk ikatan hidrogen, dimana interaksi rantai polimer ini

terbentuk untuk meningkatkan kecepatan respon viskoelastis pada polimer sehingga dapat meningkatkan mobilitas rantai polimer. Meningkatkan mobilitas rantai polimer ini menyebabkan nilai kuat tarik akan semakin meningkat. Peningkatan tersebut akan berlaku selama masih terbentuk interaksi rantai polimer

Plastik *biodegradable* dari kitosan diharapkan memenuhi sifat mekanik golongan *Moderate Properties* untuk nilai kuat tarik yaitu 1 – 10 MPa (Ani, 2010). Dalam penelitian ini, nilai kuat tarik dari bioplastik telah memenuhi golongan tersebut. Komposisi optimal untuk uji *tensile strength* diperoleh pada komposisi berat selulosa nata de coco 2,5 gram dan kitosan 3,5 gram dengan nilai kuat tarik 4,22 Mpa.

Uji Elongasi

Elongasi merupakan perubahan panjang maksimum film sebelum terputus. Pengujian elongasi dilakukan dengan membandingkan penambahan panjang yang terjadi dengan panjang bahan sebelum dilakukan uji tarik. Berikut merupakan grafik yang menunjukkan hubungan penambahan kitosan terhadap nilai elongasi film plastik :



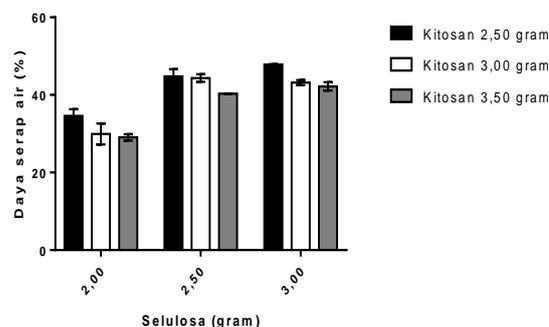
Gambar 3. Hubungan penambahan kitosan terhadap nilai elongasi plastik *biodegradable*

Dari gambar 3 dapat dilihat bahwa persen perpanjangan film plastik *biodegradable* dipengaruhi oleh komposisi kitosan. Semakin banyak berat kitosan yang ditambahkan maka akan semakin besar pula nilai elongasinya. Namun hasil uji elongasinya tidak terlalu besar dikarenakan komposisi gliserol yang tetap. Pada penelitian (Nafiyanto, 2019) menyatakan bahwa semakin besar konsentrasi kitosan maka akan semakin banyak ikatan hidrogen yang terdapat di dalam bioplastik sehingga ikatan kimia di dalam bioplastik akan semakin kuat dan sulit untuk diputus. Hal ini disebabkan semakin besar konsentrasi kitosan maka semakin rapat dan homogen struktur bioplastiknya. Dengan karakteristik tersebut nilai kuat tarik semakin besar dan persentase elongasi juga semakin besar. Bila dibandingkan dengan nilai elongasi plastik yang memenuhi golongan *moderate properties* yaitu 10%-20%, maka persen elongasi plastik *biodegradable* dari limbah nata de coco belum memenuhi. Komposisi optimal untuk uji *elongasi* diperoleh pada komposisi

berat selulosa nata de coco 3 gram dan kitosan 3,5 gram dengan *elongasi* 3,28 %.

Uji Ketahanan air

Uji ini dilakukan dilakukan untuk mengetahui tingkat ketahanan terhadap air pada plastik *biodegradable* yang dihasilkan. Berikut merupakan grafik yang menunjukkan hubungan penambahan kitosan terhadap nilai elongasi film plastik :

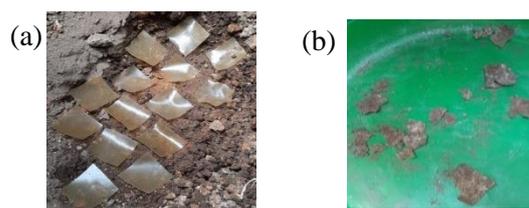


Gambar 4. Hubungan penambahan kitosan terhadap Daya serap air plastik *biodegradable*

Dari gambar 4 dapat dilihat bahwa persen ketahanan air plastik *biodegradable* dipengaruhi oleh komposisi kitosan. Semakin banyak berat kitosan yang ditambahkan maka akan semakin kecil nilai daya serap airnya sehingga nilai ketahanan airnya semakin besar. Hal ini disebabkan karena sifat kitosan yang tidak larut dalam air. Menurut (Siswanti, 2008), menyatakan bahwa peningkatan jumlah komponen yang bersifat hidrofilik diduga menyebabkan peningkatan persentase daya serap air. Karena kitosan adalah senyawa yang hidrofobik maka semakin rendah daya serap airnya sehingga nilai ketahanan airnya meningkat. Komposisi optimal untuk uji ketahanan air diperoleh pada komposisi berat selulosa nata de coco 2 gram dan kitosan 3,5 gram dengan persen ketahanan air 70,93 %.

Uji Biodegradabilitas

Uji Biodegradabilitas bertujuan untuk mengetahui apakah suatu bahan dapat terdegradasi dengan baik di lingkungan. Plastik yang terbuat dari bahan-bahan alami umumnya mempunyai tingkat kerusakan yang lebih cepat. Gambar 5 berikut menunjukkan hasil dari uji biodegradabilitas bioplastik.

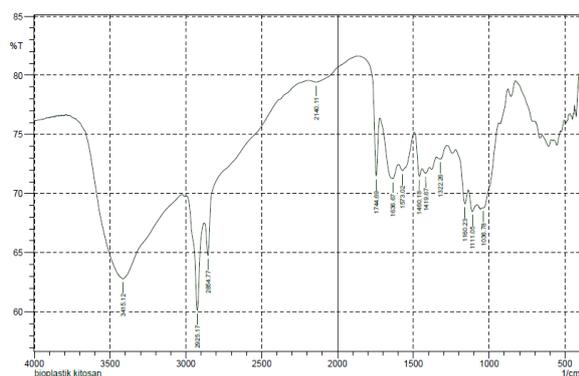


Gambar 5. (a) Plastik sebelum ditimbun dan (b) plastik setelah ditimbun selama 14 hari

Pada penelitian ini, pengujian biodegradabilitas dilakukan dengan menimbun plastik *biodegradable* ke dalam tanah selama 5 hari dan 14 hari. Setelah ditimbun selama 5 hari, plastik dapat terdegradasi sekitar 60% - 80% dan setelah ditimbun selama 14 hari diperoleh hasil bahwa plastik telah terdegradasi 80-100%, artinya sebagian besar plastik sudah terdegradasi. Kemampuan biodegradasi ini disebabkan penggunaan selulosa dan gliserol yang mengandung gugus -OH yang mampu berikatan dengan dan kemampuan untuk mengikat kelembaban dari udara sehingga cepat terdegradasi. Berdasarkan SNI 7818:2014, Plastik *biodegradable* akan terdegradasi <60 % selama 7 hari. Maka dapat disimpulkan plastik *biodegradable* dari limbah nata de coco sudah memenuhi standar SNI 7818:2014.

Uji FTIR

Uji FTIR dilakukan dengan tujuan mengetahui gugus fungsi apa saja yang terdapat pada plastik *biodegradable* yang dihasilkan berdasarkan bilangan gelombang. Hasil uji FTIR plastik *biodegradable* dari limbah nata de coco ditunjukkan oleh gambar 6 berikut.



Gambar 6. Hasil uji FTIR

Analisis FTIR sampel bioplastik menunjukkan panjang gelombang yang ditunjukkan dalam tabel 2. Hasil FTIR menunjukkan bahwa pada panjang gelombang yang terbaca pada campuran serbuk limbah nata de coco, kitosan, dan gliserol tidak menunjukkan terbentuknya gugus fungsi baru. Hasil identifikasi gugus pada tabel 3 menunjukkan bahwa gugus fungsi yang terbaca berasal dari bahan yang digunakan yaitu selulosa (gugus OH, C-O, dan C-H), kitosan (gugus O-H, N-H, C-O, dan CH), dan gliserol (gugus O-H, C-O, dan C-H). Dapat disimpulkan bahwa proses pembuatan bioplastik merupakan proses pencampuran saja tanpa adanya reaksi pada bahan penyusunnya, hal ini menyebabkan bioplastik yang dihasilkan masih memiliki sifat-sifat seperti komponen penyusunnya yaitu plastis, mudah terurai atau bersifat *biodegradable*.

Tabel 2. Hasil analisa uji FTIR plastik *biodegradable*

Panjang Gelombang (cm ⁻¹)	Jenis Ikatan	Tipe Senyawa	Daerah Frekuensi (cm ⁻¹)
3415,12	N-H	Amina	3200 – 3600
2925,17	C-H	Alkana	2850 – 2970
2854,77	C-H	Alkana	2850 – 2970
2140,11	C≡H	Alkana	2100 – 2260
1744,69	C=O	Aldehid, Keton, asam karboksilat, ester	1690 – 1760
1636,67	C=C	Alkena	1610 – 1680
1573,02	C=C	Cincin Aromatik	1500 – 1600
1460,18	C-H	Alkana	1340 – 1470
1419,67	C-H	Alkana	1340 – 1470

Uji Statistik Manova

Uji statistik yang dilakukan pada penelitian ini adalah uji manova. Uji manova bertujuan untuk mengetahui apakah variasi jumlah kitosan berpengaruh terhadap hasil uji kuat tarik, elongasi, dan ketahanan air. Dari hasil uji yang telah dilakukan diperoleh sig<0,05 yang artinya H₀ ditolak dan H₁ diterima, sehingga dapat disimpulkan bahwa penambahan kitosan berpengaruh terhadap hasil uji kuat tarik, uji elongasi, dan uji ketahanan air.

KESIMPULAN

Plastik *biodegradable* merupakan plastik yang terbuat dari bahan yang mudah diuraikan, seperti pati, selulosa. Uji selulosa limbah padat nata de coco diperoleh sebesar 42,567% yang artinya limbah ini dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan bioplastik. Pada uji kuat tarik, diperoleh nilai kuat tarik terbesar pada komposisi berat serbuk limbah nata de coco 2,5 gram dan kitosan 3,5 gram dengan nilai kuat tarik 4,22 Mpa. Pada uji elongasi, diperoleh nilai elongasi terbesar pada perbandingan komposisi berat selulosa nata de coco 3 gram dan kitosan 3,5 gram dengan nilai elongasi 3,28%. Pada uji ketahanan air, nilai ketahanan air terbesar pada komposisi berat serbuk limbah nata de coco 2 gram dan kitosan 3,5 gram dengan nilai ketahanan air 70,93%. Pada uji

biodegradabilitas, diperoleh nilai biodegradabilitas sekitar 80 - 100% setelah dikubur selama dikubur selama 14 hari. Artinya plastik *biodegradable* ini memenuhi sifat mekanik golongan *Moderate Properties*.

DAFTAR PUSTAKA

Andriyani, U. dan Harlia, I.S. (2018) 'Pembuatan Polyblend Dari Limbah Styrofoam Dan A -Selulosa Serat Daun Nanas sebagai Bahan dasar Plastik Ramah Lingkungan', *Jurnal Kimia Khatulistiwa*. 7(3), pp. 40-46.

Ani, Purwanti. (2010). 'Analisis kuat Tarik dan Elongasi Plastik Khitosan terplastisasi Sorbitol'. Yogyakarta : Institut Sains & Teknologi AKPRIND.

Aripin, S. dkk. (2017) 'Studi Pembuatan Bahan Alternatif Plastik Biodegradable dari Pati Ubi Jalar dengan Plasticizer Gliserol dengan Metode Melt Intercalation', *Jurnal Teknik Mesin (JTM)*, 06, pp. 79-84.

Cahyaningtyas, A. A. dkk. (2019) 'Modifikasi dan Karakterisasi Pati Batang Kelapa Sawit secara Hidrolisis sebagai Bahan Baku Bioplastik', *Jurnal Kimia dan Kemasan*, 41(1), pp. 37-44.

Handayani, P. A. dan Wijaya H. (2015) 'Pembuatan Film Plastik Biodegradable dari Limbah Biji Durian (*Durio Zibethinus Murr*)', *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, 2(2), pp. 28-34.

Intandiana, S., dkk. (2019). 'Pengaruh Karakteristik Bioplastik Pati Singkong dan Selulosa Mikrokrisatlin terhadap Sifat Mekanik dan Hidrofobisitas', *Jurnal Kimia dan Pendidikan*, 4(2) pp 185 - 194.

Karuniastuti, N. (2013) 'Bahaya Plastik terhadap Kesehatan dan Lingkungan', *Forum Teknologi*, 3(1), pp. 6-14.

Nafiyanto, I. (2019) 'Pembuatan plastik *biodegradable* dari limbah bonggol pisang kepok dengan plasticizer gliserol dari minyak jelantah dan komposit kitosan dari limbah cangkang bekicot (*Achatina fullica*)', *Jurnal Kimia Kemasan*, 41(1), pp. 37-44.

Ningsih, E. P. dkk. (2019) 'Pengaruh Penambahan Carboxymethyl Cellulose terhadap Karakteristik Bioplastik dari Pati Ubi Nagara (*Ipomoea batatas L.*)'. *Indonesian Journal of Chemical Research*, 7(1), pp 77 - 85.

Pratiwi, R. dkk. (2016), Pemanfaatan Selulosa dari Limbah Jerami Padi (*Oryza Sativa*) sebagai Bahan Bioplastik, *Indonesian Journal of Pharmaceutical Science and Technology*, 3(3) pp. 83 - 91.

Rabinovich, M.L. dkk. (2002) Microbial Cellulases (Review). *Applied Biochemistry and Microbiology*. 38(4), pp. 305-322.

Rahayu, S.S. dkk. (2005) Hidrolisis Minyak Sawit : Katalitik dan Non Katalitik, *Forum Teknik*, 29, pp. 182-189

Sanjaya, I.G. dan Puspita, T. (2011) 'Pengaruh Penambahan Kitosan dan Plasticizer Gliserol pada Karakteristik Plastik *Biodegradable* Dari Pati Limbah Kulit Singkong', *Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember*, 2011, pp. 1-6.

Saputro, A.N.C ang Ovita A.L. (2017). 'Sintesis dan Karakterisasi Bioplastik dari Kitosan-Pati Ganyong (*Canna edulis*). *Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia (JKPK)*. 2 (1). pp. 13-21. Stevens, E. S. (2002) *Green Plastic: An Introduction to the New Science of Biodegradable Plastics*. New Jersey: University Press.

Syaubari dkk. (2018) 'Synthesis of biodegradable plastic from tapioca with *N-Isopropylacrylamid* and chitosan using glycerol as plasticizer', *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 345, pp. 012049