

Karakteristik Plastik Biodegradable Dari Pati Labu Kuning (*Cucurbita Moschata Durch*) Dengan Variasi Penambahan Filler Ampas Tebu

Aprilla Samsiar Manuseng¹, Dhea Wahyu Sintia¹, Agus Aktawan^{1*}, Imam Santosa¹

Program Studi Teknik Kimia, Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta, Jl. Ringroad Selatan, Tamanan, Banguntapan, Bantul, Yogyakarta, 55166

*Corresponding Author : agus.aktawan@che.uad.ac.id

Abstrak

Plastik mempunyai sifat sulit terurai sehingga menyebabkan kerusakan pada lingkungan dan plastik *biodegradable* adalah solusi permasalahan untuk memenuhi kebutuhan plastik. Plastik *biodegradable* dapat dibuat dari pati, salah satunya pati dari buah labu kuning (*Cucurbita Moschata Durch*) dengan *filler* ampas tebu sebagai penguat. Kedua bahan baku tersebut cukup melimpah di Indonesia namun masyarakat belum memanfaatkannya secara optimal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik dari plastik *biodegradable* dengan berbagai variasi *filler* serta pengaruh *filler* dengan *treatment* delignifikasi dan *filler* dengan *treatment* delignifikasi dan *bleaching* terhadap plastik *biodegradable* yang diperoleh. Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan yaitu, ekstraksi selulosa pada ampas tebu sebagai *filler*, pembuatan plastik *biodegradable* dengan variasi perbandingan pati dan *filler*, serta uji karakteristik plastik *biodegradable* yang dihasilkan. *Filler* dibuat dengan variasi *treatment* yang berbeda yaitu *filler* dengan *treatment* delignifikasi dan *filler* dengan *treatment* delignifikasi dan *bleaching*. Sedangkan plastik *biodegradable* dibuat dengan perbandingan jumlah pati dan *filler* yaitu 5:2; 6,5:3; 7:2; 8:1,5; dan 9:1 gram:gram. Uji karakteristik plastik *biodegradable* yang dilakukan yaitu uji kuat tarik, uji elongasi, uji ketahanan air, dan uji *biodegradable*. Nilai kuat tarik tertinggi yaitu 0,0035 MPa. Nilai elongasi tertinggi yaitu 12,5000%. Nilai ketahanan air tertinggi yaitu 67,6471%. Nilai uji *biodegradable* bioplastik tertinggi yaitu 25,2525%. Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa plastik *biodegradable* dengan *filler* dari *treatment* delignifikasi menghasilkan plastik *biodegradable* dengan karakteristik yang lebih baik.

Kata kunci: plastik *biodegradable*, pati labu kuning, *filler* ampas tebu

Abstract

Plastics have properties that are difficult to decompose, causing damage to the environment and biodegradable plastics are the solution to the problem to meet the needs of plastics. Biodegradable plastics can be made from starch, one of which is starch from pumpkin fruit (*Cucurbita Moschata Durch*) with bagasse filler as reinforcement. Both raw materials are quite abundant in Indonesia but people have not utilised them optimally. This study aims to determine the characteristics of biodegradable plastic with various filler variations as well as the effect of filler with delignification treatment and filler with delignification and bleaching treatment on the biodegradable plastic obtained. This research was conducted through several stages, namely, extraction of cellulose in bagasse as filler, making biodegradable plastic with variations in the ratio of starch and filler, and testing the characteristics of the biodegradable plastic produced. Filler was made with different treatment variations, namely filler with delignification treatment and filler with delignification and bleaching treatment. Meanwhile, the biodegradable plastic was made with the ratio of starch and filler, namely 5:2; 6,5:3; 7:2; 8:1,5; and 9:1 gram. The biodegradable plastic characteristic tests conducted were tensile strength test, elongation test, water resistance test, and biodegradable test. The highest tensile strength value was 0,0035 MPa. The highest elongation value was 12,5000%. The

highest water resistance value was 67,6471%. The highest biodegradable bioplastic test value is 25,2525%. From the results of this study, it can be concluded that biodegradable plastic with filler from delignification treatment produces biodegradable plastic with better characteristics.

Keywords : *biodegradable plastic, pumpkin starch, bagasse filler*

PENDAHULUAN

Plastik memegang peran penting dalam kehidupan manusia. Penggunaan plastik sendiri banyak dijumpai di sekitar masyarakat mulai dari perlengkapan rumah tangga, peralatan elektronik hingga plastik digunakan untuk kemasan makanan dan minuman. Plastik digunakan sebagai alat pengemas karena mudah untuk dibawa, kokoh, dapat dibentuk dan harganya relatif murah. Menurut Asosiasi Industri Olefin Aromatik dan Plastik Indonesia (INAPLAS), pada tahun 2015 tercatat penggunaan plastik di Indonesia mencapai 17 kilogram per kapita per tahun. Sifat plastik yang sulit terurai akan menyebabkan kerusakan pada lingkungan dan jika mau diolah, teknologi yang sesuai adalah pembakaran salah satunya dengan metode pirolisis (Salamah, dkk. 2016 dan Maryudi, dkk. 2018). Mudahnya plastik dalam terurai atau terdegradasi dapat dibedakan menjadi 2, yaitu bioplastik (*biodegradable*) yang mudah untuk terurai dan plastik konvensional (*non biodegradable*) yang sulit untuk terurai. Plastik *biodegradable* adalah solusi permasalahan untuk memenuhi kebutuhan plastik baik itu sebagai pengganti plastik pengemas maupun pengganti produk plastik lainnya. Plastik *biodegradable* terbuat dari protein dan karbohidrat seperti gelatin, pati dan sebagainya. Pada umumnya plastik *biodegradable* banyak dibuat dari karbohidrat atau pati karena karbohidrat banyak ditemui pada umbi-umbian ataupun kulit dari buah tertentu. Pati ialah polisakarida yang sumbernya sangat banyak ditemukan di alam, pati bersifat *biodegradable* atau mudah terurai secara hayati, mudah diperoleh, harganya yang terjangkau dan dapat diperbaharui. Salah satu pati yang dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan plastik *biodegradable* adalah pati dari labu kuning (*Cucurbita Moschata Durch*) karena labu kuning cukup melimpah di Indonesia dan mengandung pati tetapi masyarakat belum memanfaatkannya secara optimal. Potensi lain yang bisa dimanfaatkan juga adalah tepung dari biji mangga (Anggraini, dkk. 2023). Plastik

biodegradable dari pati memiliki beberapa kekurangan yaitu rendahnya ketahanan terhadap air, kaku dan mudah rapuh sehingga dibutuhkan *plasticizer* untuk membuat plastik *biodegradable* lebih kuat dan tidak mudah rapuh, mengurangi sifat kaku dan memberikan sifat elastis. Sorbitol digunakan sebagai *plasticizer* karena nilai elongasi dan kuat tarik yang diberikan sorbitol lebih tinggi dibandingkan dengan gliserol (Dwi, dkk., 2017). Penggunaan penguat/*filler* berupa selulosa juga dapat meningkatkan sifat mekanik dan *barrier properties* pada pati. Selulosa yang digunakan didapatkan dari limbah ampas tebu yang merupakan hasil sampingan dari industri gula dan mempunyai kandungan selulosa 49,96%, lignin 21,56% serta hemiselulosa 20,37% (Septiyani, 2011). Ampas tebu memiliki potensi sebagai bahan dalam pembuatan plastik *biodegradable* karena mempunyai kandungan selulosa yang cukup tinggi. Ampas tebu juga bisa dimanfaatkan menjadi energi melalui proses gasifikasi (Maryudi, dkk. 2022 dan Maryudi, dkk. 2018). Ada 2 proses yang perlu dilalui untuk memperoleh selulosa dari ampas tebu, yaitu proses delignifikasi dan proses *bleaching*. Proses delignifikasi menggunakan bahan kimia sodium hidoksida (NaOH) untuk melarutkan komponen yang tidak diinginkan. Sedangkan proses *bleaching* bertujuan untuk menghilangkan sisa lignin tanpa merusak selulosa. Bahan kimia yang digunakan pada proses *bleaching* sebagai pemutih, yaitu klorin (Cl₂), klorin dioksida (ClO₂), oksigen (O₂), hidrogen peroksida (H₂O₂), natrium hipoklorit (NaOCl), asam hipoklorit (HOCl), natrium hidoksida (NaOH) dan ozon (O₃). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kuat tarik, elongasi, biodegradasi dan ketahanan air pada plastik *biodegradable* dengan variasi *filler* ampas tebu. Selain itu, untuk mengetahui pengaruh hasil *filler* dengan *treatment* delignifikasi dan *filler* dengan *treatment* delignifikasi dan *bleaching*.

METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Bioproses dan Lingkungan Teknik Kimia Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta. Alat yang digunakan yaitu gelas *beaker* 1000 ml dan 500 ml, timbangan digital, cetakan, kaca arloji, gelas ukur 50 ml dan 100 ml, pengaduk kaca, termometer, *hot plate*, pipet ukur 10 ml dan 25 ml, propipet, pipet tetes, oven, blender, *magnetic stirrer bar* dan *magnetic stirrer heater*, ayakan, kain saring, baskom, statif dan klem. Bahan yang digunakan yaitu pati labu kuning dari merek Hasil Bumiku. Ampas tebu didapatkan dari penjual es tebu di Jl. Monumen perjuangan, Grojogan, Wirokerten, Banguntapan, Bantul, DIY. Aquades, NaOH 10%, sorbitol dan alkohol 95% dari laboratorium bioproses dan lingkungan Teknik Kimia UAD. H₂O₂ 2% dan NaOCL 5% dari toko Sentra Bahan Kimia Laboratorium Jogja.

Ekstraksi selulosa dari ampas tebu terbagi menjadi 2 yaitu *treatment* delignifikasi dan *treatment* delignifikasi dan *bleaching*. *Treatment* delignifikasi diawali dengan ampas tebu dikeringkan di bawah sinar matahari selama 2 hari. Setelah ampas tebu kering dilakukan penghalusan dengan menggunakan blender, lalu diayak menggunakan ayakan. Ampas tebu seberat 50 gram ditambahkan larutan NaOH 10% sebanyak 800 ml hingga ampas terendam sempurna. Kemudian dipanaskan di atas *magnetic stirrer heater* dan diaduk dengan *magnetic stirrer bar* pada kecepatan 200 rpm pada suhu 100°C. Pulp yang terbentuk dipisahkan menggunakan kain saring dan dicuci menggunakan aquades. Hasil penyaringan dikeringkan menggunakan oven

pada suhu 120°C sampai kering. *Treatment* delignifikasi dan *bleaching* mempunyai proses awal yang sama dengan *treatment* delignifikasi, lalu dilanjutkan dengan proses *bleaching*. Hasil pulp dari tahap delignifikasi dilarutkan dengan H₂O₂ 2% sebanyak 700 ml dan NaOCL 5% sebanyak 125 ml. Setelah itu dipanaskan dengan *hot plate* selama 2 jam pada suhu 60°C. Setelah dipanaskan, pulp disaring menggunakan kain saring lalu dicuci menggunakan aquades. Hasil penyaringan dikeringkan menggunakan oven pada suhu 120°C sampai kering.

Pembuatan bioplastik diawali dengan menambahkan pati labu kuning dengan *filler treatment* delignifikasi pada perbandingan 5:2; 6,5:3; 7:2; 8:1,5; dan 9:1 gram:gram. Begitupun pada *filler treatment* delignifikasi dan *bleaching*. Kemudian menambahkan aquades sebanyak 100 ml dan dipanaskan menggunakan *hot plate* pada suhu 80°C sampai 90°C selama 15 menit. Kemudian menambahkan sorbitol sebanyak 10 ml dan diaduk selama 10 menit pada suhu 80°C sampai 90°C. Setelah itu, adonan dituangkan ke dalam cetakan dan dikeringkan menggunakan oven pada 67°C sampai adonan plastik *biodegradable* kering. Terakhir mengeluarkan cetakan dari oven dan mendinginkannya. Plastik *biodegradable* akan dianalisa meliputi uji kuat tarik, persen pemanjangan, ketahanan air dan uji *biodegradable*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil plastik *biodegradable* setiap variasi tersebut dicetak dengan ukuran 6,4 x 3 cm dan dilakukan uji karakteristik meliputi uji kuat tarik, uji elongasi, uji ketahanan air dan uji *biodegradable*. Standar Nasional Indonesia (SNI) dari bioplastik dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Standar Nasional Indonesia (SNI) Bioplastik

Kuat tarik (MPa)	Perpanjangan putus (%)	Ketahanan air (%)	<i>Biodegradable</i>
24,7-302	21-220	99	60% selama 1 minggu

Hasil uji karakteristik plastik *biodegradable* pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2

untuk *treatment* delignifikasi dan Tabel 2 *treatment* delignifikasi dan *bleaching*.

Tabel 2. Hasil Uji Plastik *Biodegradable Treatment* Delignifikasi

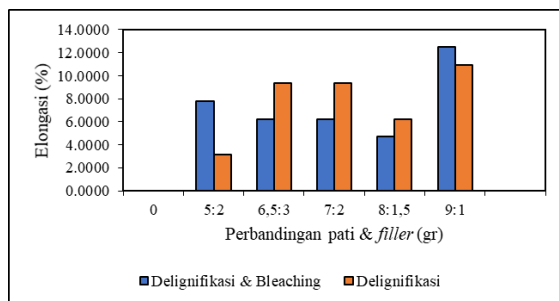
No.	Perbandingan pati & <i>filler</i>	Kuat tarik (MPa)	Elongasi (%)	Ketahanan air (%)	<i>Biodegradable</i> (%)
-----	-----------------------------------	------------------	--------------	-------------------	--------------------------

1.	5:2	0,0010	3,1250	67,3077	25,2525
2.	6,5:3	0,0023	9,3750	54,8673	15,1515
3.	7:2	0,0009	9,3750	45,0549	21,7822
4.	8:1,5	0,0027	6,2500	57,5000	18,6813
5.	9:1	0,0025	10,9375	67,6471	17,2414

Tabel 3. Hasil Uji Plastik *Biodegradable Treatment* Delignifikasi dan *Bleaching*

No.	Perbandingan pati & filler	Kuat tarik (MPa)	Elongasi (%)	Ketahanan air (%)	<i>Biodegradable</i> (%)
1.	5:2	0,0020	7,8125	63,6029	13,1579
2.	6,5:3	0,0035	6,2500	57,0000	8,2759
3.	7:2	0,0017	6,2500	57,6087	8,7302
4.	8:1,5	0,0034	4,6875	56,9106	14,2857
5.	9:1	0,0027	12,5000	57,4468	16,7742

Uji Kuat Tarik

Gambar 1. Kuat Tarik Plastik *Biodegradable*

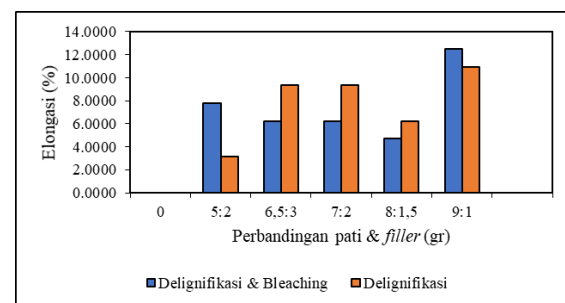
Nilai kuat tarik tertinggi sebesar 0,0035 MPa pada perbandingan 6,5:3 dengan *treatment* delignifikasi dan *bleaching*, karena jumlah filler yang digunakan paling banyak yaitu 3 gram. Hal ini sesuai dengan penelitian Septiosari, dkk (2016) yang mengemukakan bahwa banyaknya penambahan selulosa (*filler*) cenderung akan membuat kuat tarik pada bioplastik meningkat, selulosa dapat menguatkan plastik karena mempunyai rantai polimer yang lurus dan panjang.

Pada Gambar 1 menunjukkan bahwa nilai kuat tarik pada *treatment* delignifikasi dan *bleaching* lebih tinggi dibandingkan *treatment* delignifikasi di semua perbandingan pati dan *filler*. Hal ini terjadi karena proses *bleaching* pada ampas tebu tersebut menghilangkan sisa-sisa lignin dan hemiselulosa pada proses delignifikasi, sehingga pemurnian selulosa menjadi lebih optimal. Nilai kuat tarik dari semua variasi belum sesuai dengan nilai Standar Nasional

Indonesia (SNI) yaitu sebesar 24,7-302 Mpa. Penyebab belum tercapainya atau belum mendekatinya nilai kuat tarik pada Standar Nasional Indonesia (SNI) yaitu pati dari labu kuning yang digunakan merupakan pati dengan konsentrasi tidak tinggi.

Selain konsentrasi pati, faktor lain yang berpengaruh terhadap nilai kuat tarik yaitu ketebalan dari plastik *biodegradable*. Semakin tebal suatu bioplastik maka semakin tinggi nilai kuat tariknya (Rusli, dkk., 2017).

Uji Persen Pemanjangan (Elongasi)

Gambar 2. Persen Pemanjangan Plastik *Biodegradable*

Pada Gambar 2 menunjukkan nilai elongasi tertinggi terdapat pada perbandingan 9:1 di *treatment* delignifikasi dan *bleaching* sebesar 12,5000%. Hal ini sejalan dengan penelitian Panjaitan (2017) bahwa lebih banyak selulosa pada plastik berarti nilai elongasinya lebih rendah. Adanya ikatan antara gugus hidroksil (O-H) dari pati dengan gugus hidroksil (O-H) dari selulosa

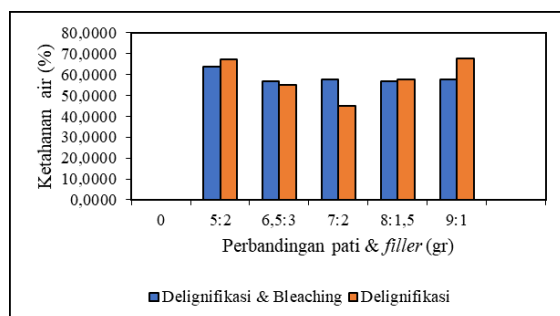
mengakibatkan persen pemanjangan menjadi rendah. Ikatan hidrogen yang kuat terbentuk dari kedua gugus ini, semakin banyak ikatan hidrogen akan memperkecil jarak ikatan antar molekul, selain itu ikatan ini juga mengurangi kemampuan molekul pati untuk bebas bergerak, berpindah dan bergeser sehingga meningkatkan sifat kaku serta menurunkan sifat elastis pada plastik.

Pada perbandingan 6,5:3; 7:2; dan 8:1,5 nilai elongasi pada *treatment* delignifikasi lebih tinggi dibandingkan *treatment* delignifikasi dan *bleaching*. Hal ini dikarenakan kandungan selulosa pada *treatment* delignifikasi tidak semurni *treatment* delignifikasi dan *bleaching*. Kandungan selulosa yang tidak terlalu murni membuat nilai elongasi lebih tinggi. Sedangkan pada perbandingan 5:2 dan 9:1 menunjukkan nilai elongasi pada *treatment* delignifikasi dan *bleaching* lebih tinggi dibandingkan *treatment* delignifikasi. Hal tersebut tidak sesuai dengan pernyataan diatas, dikarenakan ketebalan dari bioplastik juga memengaruhi nilai elongasi yaitu semakin tebal suatu bioplastik maka nilai elongasinya semakin menurun (Rusli, dkk., 2017).

Dari kedua *treatment* yang digunakan, nilai persen perpanjangan terbaik cenderung pada *treatment* delignifikasi karena kandungan selulosa pada *treatment* delignifikasi tidak terlalu murni sehingga nilai elongasinya lebih tinggi.

Nilai persen pemanjangan tersebut belum memenuhi SNI dari persen pemanjangan bioplastik yaitu sebesar 21-220%. Hal ini disebabkan karena pati dari labu kuning yang digunakan merupakan pati dengan konsentrasi tidak tinggi.

Uji Ketahanan Air



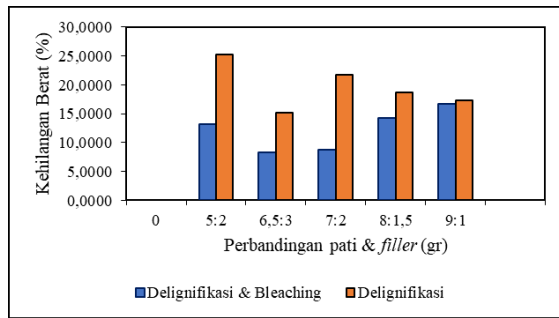
Gambar 3. Ketahanan Air Plastik Biodegradable

Nilai ketahanan air terbaik sebesar 67,6471% pada perbandingan 9:1 dengan *treatment* delignifikasi, dikarenakan mengandung sedikit selulosa. Hal ini sudah sesuai dengan penelitian Intandiana, dkk (2019) menunjukkan bahwa kandungan selulosa yang tinggi pada bioplastik akan mempunyai nilai penyerapan air yang tinggi dibandingkan dengan bioplastik tanpa penambahan selulosa. Artinya semakin banyak *filler* akan membuat persen ketahanan air semakin kecil dan sebaliknya.

Pada Gambar 3 dapat dilihat nilai ketahanan air pada perbandingan 5:2; 8:1,5 dan 9:1 menunjukkan bahwa *treatment* delignifikasi menghasilkan nilai ketahanan air yang tinggi dibandingkan dengan *treatment* delignifikasi dan *bleaching*. Hal ini dikarenakan *treatment* delignifikasi menghasilkan *filler* selulosa yang tidak terlalu murni. Sedangkan perbandingan 6,5:3 dan 7:2 menunjukkan bahwa *treatment* delignifikasi dan *bleaching* lebih tinggi nilai ketahanan airnya dibandingkan *treatment* delignifikasi. Hal ini dikarenakan semakin tebal ukuran bioplastik maka nilai ketahanan air semakin meningkat (Septiani, dkk., 2013). Dari kedua *treatment* yang digunakan, nilai persen ketahanan air cenderung lebih baik pada *treatment* delignifikasi.

Nilai ketahanan air dari semua variasi tersebut belum memenuhi nilai SNI ketahanan air bioplastik yaitu sebesar 99%. Hal ini disebabkan karena ukuran selulosa sebagai *filler* pada bioplastik pada penelitian ini cenderung tidak halus. Selain itu, ukuran selulosa juga berpengaruh dalam menyerap air, ukuran selulosa yang semakin kecil maka ketahanan airnya akan semakin tinggi. Hermansyah, dkk (2014) mengatakan bagian amorf merupakan tempat terjadinya penyerapan air pada selulosa, dan jika ukuran kristalin mempunyai rongga relatif kecil maka dapat mengurangi permeabilitas uap air. Pengurangan kapasitas penyerapan pada bioplastik dapat diatasi dengan memperkecil ukuran selulosa menjadi nanoselulosa.

Uji Biodegradable



Gambar 4. Uji Biodegradable Plastik Biodegradable

Pada Gambar 4 dapat dilihat nilai persen kehilangan berat pada *treatment* delignifikasi lebih baik dibandingkan *treatment* delignifikasi dan *bleaching*, karena *treatment* delignifikasi menghasilkan *filler* selulosa yang tidak terlalu murni. Nilai persen kehilangan berat tertinggi sebesar 25,25%.

Nilai ini belum sesuai dengan SNI kehilangan berat pada bioplastik yaitu sebesar 60% dalam seminggu. Selain *filler* (selulosa) yang mempengaruhi laju degradasi bioplastik, terdapat komponen lain pada bioplastik yang juga mempengaruhi yaitu pati dan gliserol. Pati pada bioplastik memiliki kandungan yang bersifat hidrofilik sehingga mempunyai peran dalam peningkatan penyerapan air dan memberikan ruang untuk mikroorganisme tumbuh. *Plasticizer* juga dapat menurunkan kepadatan bioplastik sehingga menciptakan rongga yang lebih besar yang memungkinkan masuknya air sebagai media pertumbuhan mikroba untuk menguraikan bioplastik secara biologis (Udyani, dkk., 2021). Pada penelitian ini, sorbitol digunakan sebagai *plasticizer*. Menurut Krisnadi dkk., (2019) kapasitas penyerapan air pada *plasticizer* sorbitol lebih tinggi dibanding dengan *plasticizer* gliserol, karena sorbitol lebih hidrofilik dibandingkan gliserol dan propilen glikol karena sorbitol mempunyai gugus hidroksil yang lebih banyak.

Sifat hidrofilik bioplastik yang semakin tinggi maka kemampuannya dalam menyerap air semakin besar sehingga menyebabkan kelembaban pada plastik *biodegradable* meningkat. Tingginya peningkatan Kelembaban akan berpengaruh pada aktivitas mikroba untuk mendegradasi.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa *Filler* dari ampas tebu dengan *treatment* delignifikasi dan *bleaching* menghasilkan selulosa yang lebih murni dibandingkan *filler* dengan *treatment* delignifikasi. Dengan perbedaan tingkat kemurnian selulosa yang dihasilkan dari kedua *treatment* tersebut membuat kedua *treatment* tersebut memiliki keunggulan masing-masing. *Treatment* delignifikasi dan *bleaching* yang menghasilkan selulosa yang lebih murni menguntungkan nilai kuat tarik. Sedangkan *treatment* delignifikasi yang menghasilkan selulosa yang tidak terlalu murni menguntungkan nilai elongasi, nilai ketahanan air dan nilai *biodegradable*.

Keseluruhan sampel plastik *biodegradable* belum memenuhi SNI dikarenakan terdapat faktor-faktor lain yang juga mempengaruhi karakteristik plastik *biodegradable*. Pati dengan konsentrasi rendah berpengaruh pada kuat tarik dan elongasi plastik *biodegradable*. Selain itu, volume dan konsentrasi dari *plasticizer* juga mempengaruhi sifat hidrofilik pada plastik *biodegradable*.

Saran untuk penelitian berikutnya yaitu penelitian dapat dilakukan dengan cara setiap sampel bioplastik dibuat dengan volume atau ketebalan yang sama. Kemudian *plasticizer* yang digunakan dapat ditelusuri lebih lanjut mengenai volume dan konsentrasinya agar lebih optimal. Untuk uji kuat tarik dan elongasi sebaiknya menggunakan alat agar nilainya lebih akurat serta lebih teliti dalam melakukan uji karakteristik lainnya.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih kami ucapkan kepada Universitas Ahmad Dahlan terutama Laboratorium Program Studi Teknik Kimia dengan laboran pak Muhammad Tamrin yang telah menyediakan fasilitas penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggraini, A., Aprillia, S., & Aktawan, A. (2024). The characteristics of flour from mango seeds. *Journal of Agri-Food Science and Technology*, 4(2), 71-80. <https://doi.org/10.12928/jafost.v4i2.6948>

- Dwi, P. A., Vonny, S. J., & Raswen, E., 2017. Penambahan Sorbitol Sebagai Plasticizer Dalam Pembuatan Edible Film Pati Sukun. *Jurnal Pertanian*, 4(2).
- Hermansyah, H., Carissa, R., Faiz, M. B., & Deni, P., 2014. "Food Grade Bioplastic based on Corn Starch with Banana Pseudostem Fibre/Bacterial Cellulose Hybrid Filler,". *Advanced Materials Research*, vol. 997, pp. 158-168.
- Intandiana, S., Dewam, A. H., Denny, Y. R., Septiyanto, R. F. & Afifah, I., 2019. Pengaruh Karakteristik Bioplastik Pati Singkong dan Selulosa Mikrokristalin Terhadap Sifat Mekanik dan Hidrofobisitas," *EduChemia*, vol. 4, no. 2, pp. 185-194.
- Krisnadi, R., Handarni, Y., & Udyani, K., 2019. Pengaruh jenis plasticizer terhadap karakteristik plastik biodegradable dari bekatul padi. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan VII*, 100, 125–130.
- Maryudi, M., Aktawan, A., & Amelia, S. (2022). Water scrubber and zeolite catalyst for clean syngas production on biomass gasification of bagasse in a downdraft system. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, 11(2), 92-99. <https://doi.org/10.15294/jbat.v11i2.39674>
- Maryudi, M., Aktawan, A., & Salamah, S. (2018). Conversion of biomass of bagasse to syngas through downdraft gasification. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, 7(1), 28-33. <https://doi.org/10.15294/jbat.v7i1.11621>
- Maryudi, M., Salamah, S., & Aktawan, A. (2018). Product distribution of pyrolysis of polystyrene foam waste using catalyst of natural zeolite and nickel/silica. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 175, 012012. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/175/1/012012>
- Panjaitan, R. M. & Bahruddin., 2017. Pengaruh Kadar dan Ukuran Selulosa Berbasis Batang Pisang terhadap Sifat dan Morfologi Bioplastik Berbahan Pati Umbi Talas," *Jom FTEKNIK*, vol. 4, no. 1, pp. 1-7.
- Rusli, A., Metusalach, Salengke & Tahir, M. M., 2017. Karakteristik Edible Film Karagenan Dengan Pemlastis Gliserol. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 20(2), pp. 219-229.
- Salamah, S. and Aktawan, A. (2016). Pemisahan hasil cair pirolisis sampah plastik terseleksi dengan distilasi konvensional. *CHEMICA: Jurnal Teknik Kimia*, 3(1), 31. <https://doi.org/10.26555/chemica.v3i1.4990>
- Septiosari, A., Latifah, & Kusumastuti, E., 2016. "Pembuatan Dan Karakterisasi Bioplastik Limbah Biji Mangga Dengan Penambahan Selulosa dan Gliserol," *Indonesian Journal of Chemical Science*, vol. 2, no. 3, pp. 157- 162.
- Septiani, W., Sudiarti, T., dan Rahmidar L., 2013. "Preparasi dan Karakteristik Edible Film dari Poliblen Pati Sukun Kitosan" *Jurnal Valensi*, vol. 3, no.2.
- Septiyani, R, 2011. Pengaruh Konsentrasi dan Waktu Inkubasi Enzim Selulase Terhadap Kadar Gula Eduksi Ampas Tebu. Skripsi. *Teknologi Hasil Pertanian*. Universitas Lampung.
- Udyani, K., Rinto, K., & Handarni, Y., 2021. Pengolahan Limbah Penggilingan Padi Menjadi Bioplastik Menggunakan Plasticizer Sorbitol. *Journal of Industrial Process and Chemical Engineering (JOICHE)*, 1(1), 18.