



Pengaruh Nanoselulosa dari Pelepah Nipah sebagai Filler terhadap Sifat Bioplastik Polivinil Alkohol

^{1,2,3}Sunardi*, ^{1,3}Nur Firda Trianda, ¹Utami Irawati

¹Program Studi Kimia, Fakultas MIPA Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, Indonesia

²Pusat Penelitian Material Berbasis Lahan Basah, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, Indonesia

³Kelompok Penelitian Ecobiomaterial, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, Indonesia

*sunardi@ulm.ac.id; nufitrian18@gmail.com; uirawati@ulm.ac.id

ARTICLE INFO

Article History:

Received : 18-09-2020

Revised : 20-11-2020

Accepted : 27-11-2020

Online : 30-11-2020

Keywords:

Bioplastic; Nanocellulose;

Nypa fruticans; Polyvinyl

alcohol; Acid hydrolysis



ABSTRACT

Abstract: *In this research, the synthesis of nanocellulose from *Nypa fruticans* fronds as a filler of polyvinyl alcohol-based bioplastic has been carried out. Nanocellulose synthesis was carried out using sulfuric acid hydrolysis process with a concentration of 30% and the results were analyzed using a Particle Size Analyzer. The effect of addition of the amount of nanocellulose on bioplastics from polyvinyl alcohol such as moisture content, thickness, transparency, vapor transmission rate, solubility and functional group analysis using FTIR have been evaluated. The results showed that the nanocellulose from *Nypa fruticans* fronds had a diameter below 600 nm. The addition of nanocellulose with a concentration of 0.2%; 0.4% and 0.6% into the polyvinyl alcohol bioplastic can increase the thickness and transparency of the bioplastic, and reduce the water vapor transmission rate. However, the addition of nanocellulose in this range did not significantly affect the water content and the solubility of bioplastics in water.*

Abstrak: Pada penelitian ini telah dilakukan sintesis nanoselulosa dari pelepah nipah untuk filler bioplastik berbasis polivinil alkohol. Sintesis nanoselulosa dilakukan dengan proses hidrolisis asam sulfat dengan konsentrasi 30% dan hasilnya dianalisis menggunakan Particle Size Analyzer. Kajian pengaruh penambahan jumlah nanoselulosa terhadap bioplastik dari polivinil alkohol meliputi kadar air, ketebalan, transparansi, laju transmisi uap, kelarutan dan analisis gugus fungsi menggunakan FTIR. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nanoselulosa dari pelepah nipah hasil sintesis memiliki diameter di bawah 600 nm. Penambahan nanoselulosa dengan konsentrasi 0,2%; 0,4% dan 0,6% ke dalam bioplastik polivinil alkohol mampu meningkatkan ketebalan dan transparansi bioplastik, serta menurunkan laju transmisi uap air. Meskipun demikian, penambahan nanoselulosa pada rentang tersebut tidak berpengaruh secara signifikan terhadap kadar air dan kelarutan bioplastik dalam air.



<https://doi.org/10.31764/justek.vXiY.3704>



This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license

A. LATAR BELAKANG

Bioplastik adalah plastik yang terbuat dari sumber terbarukan, dapat terdegradasi secara alami dan terurai oleh aktivitas mikroorganisme (Hardjono, Suharti, Permatasari, & Sari, 2016). Saat ini, penggunaan bioplastik sebagian besar ditujukan untuk kemasan makanan dan minuman karena sifatnya yang tidak beracun, biokompatibel, dan mudah terdegradasi.

Salah satu bahan polimer yang banyak digunakan untuk pembuatan bioplastik adalah polivinil alkohol (PVA) yang memiliki keunggulan antara lain tidak mudah teroksidasi, kekuatan tarik tinggi, kemampuan tinggi dalam pembentukan bioplastik yang serta kelarutan dalam air yang baik (Tian, Yan, Rajulu, Xiang, & Luo, 2017). Akan tetapi, keberadaan gugus hidroksil pada PVA mengakibatkan bioplastik memiliki kemampuan menyerap air yang tinggi sehingga mudah mengalami penurunan kekuatan tarik, kekuatan sobek dan mengalami elongasi (Liu et al., 2016; Tang & Alavi, 2011).

Kelemahan tersebut dapat diatasi dengan menambahkan pengisi atau *filler* sebagai penguat bioplastic, misalnya zeolit, kitosan, kaolin dan *carboxymethyl cellulose* (Belibi et al., 2013; Noorbakhsh-Soltani, Zerafat, & Sabbaghi, 2018; Puryati Ningsih, Ariyani, & Sunardi, 2019; Sunardi, Susanti, & Mustikasari, 2020). Selulosa memiliki kelebihan sebagai *filler* karena mudah diperbarui, murah, tahan terhadap cahaya dan memiliki sifat mekanik yang baik (Eichhorn et al., 2010). Penambahan selulosa dalam ukuran nano pada beberapa matriks polimer akan menghasilkan karakteristik fisik dan mekanik yang jauh lebih baik (Silvério, Flauzino Neto, & Pasquini, 2013).

Salah satu sumber selulosa non kayu yang banyak terdapat di Kalimantan Selatan serta belum banyak dimanfaatkan adalah pelepah nipah yang mengandung selulosa lebih dari 35% (Tamunaidu & Saka, 2011). Pemanfaatan selulosa dari limbah pertanian dan pengembangannya sebagai nanoselulosa untuk berbagai aplikasi diharapkan dapat meningkatkan nilai manfaat dari limbah tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan nanoselulosa dari pelepah nipah terhadap karakteristik dari bioplastik berbasis polivinil alkohol.

B. METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat-alat gelas, soxhlet, *hotplate stirrer*, spektrofotometri inframerah, *Particle Size Analyzer (Zetasizer ZSP Malvern)*, spektrofotometer UV-Vis, autoklaf, dan ultrasonic *bath*. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain pelepah nipah dari Desa Tabanio Kecamatan Takisung Kabupaten Tanah Laut, akuades, etanol, toluena, NaOH, H₂O₂, asam sulfat, serbuk polivinil alkohol dan gliserol.

Prosedur Kerja

Sintesis Nanoselulosa

Sebanyak 0,3 gram serbuk selulosa dari pelepah nipah dihidrolisis menggunakan 7,5 ml larutan H₂SO₄ 30% pada suhu 45°C dengan pengadukan selama 2 jam. Reaksi dihentikan dengan menambahkan akuades dingin. Campuran disentrifugasi selama 30 menit dengan kecepatan 3000 rpm dan disonikasi selama 30 menit untuk memperoleh suspensi nanoselulosa.

Sintesis Bioplastik

Sebanyak 3,5 gram PVA dilarutkan dalam akuades pada suhu 60°C dan ditambahkan gliserol diikuti dengan pengadukan selama 30 menit. Nanoselulosa pelepah nipah (0%, 0,2%, 0,4%, dan 0,6%) ditambahkan pada larutan dan diaduk hingga homogen. Larutan kemudian dituang dalam teflon dan dikeringkan dalam oven pada suhu 50°C selama satu malam.

Karakterisasi Bioplastik

Analisis Gugus Fungsi

Sampel bioplastik dianalisis dengan menggunakan ATR-IR pada bilangan gelombang 500-4000 cm⁻¹ untuk mengetahui perubahan gugus fungsi dari bioplastik.

Pengukuran kadar air

Kadar air bioplastik dihitung secara gravimetri berdasarkan perbedaan berat sampel bioplastik sebelum dan setelah dikeringkan pada suhu 100°C-105°C.

Uji Ketebalan Bioplastik

Sampel bioplastik diukur menggunakan mikrometer digital dengan ketelitian 0,001 mm. Sampel diukur pada 5 titik yang berbeda dan ketebalan bioplastik didapatkan dari hasil rata-rata tiga kali pengukuran.

Uji Laju Transmisi Uap Air

Laju transmisi uap air dianalisis dengan meletakkan bioplastik berdiameter ± 5 cm di antara dua gelas piala. Gelas piala pertama diisi dengan akuades, sedangkan gelas piala kedua diisi dengan silika gel. Sampel didiamkan selama satu jam lalu dihitung dengan persamaan:

$$\text{Laju Transmisi Uap Air} = \frac{\Delta W}{t A}$$

Keterangan:

ΔW = perubahan massa (g)

t = waktu (jam)

A = luas area (cm²)

Uji Transparansi Bioplastik

Sampel bioplastik dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 600 nm. Nilai transparansi dihitung menggunakan persamaan:

$$\text{Transparansi (A/mm)} = -\log T/x$$

Keterangan:

A = Absorbansi

T = Transmittan (%)

X = ketebalan (mm)

Uji Kelarutan Bioplastik

Bioplastik dipotong dan ditimbang kemudian direndam dalam akuades selama 24 jam. Sampel kemudian disaring lalu dikeringkan pada suhu 100°C selama 30 menit. Kelarutan bioplastik dihitung dengan persamaan:

$$\text{Kelarutan (\%)} = \frac{\Delta w}{w_0} \times 100\%$$

Keterangan:

Δw = perubahan massa (g)

W_0 = massa awal (g)

C. HASIL DAN PEMBAHASAN**Karakterisasi Nanoselulosa dari Pelepah Nipah**

Gambar 1 menunjukkan foto suspensi nanoselulosa pelepah nipah hasil isolasi yang menunjukkan adanya suspensi yang cukup stabil. Kestabilan suspensi dari selulosa merupakan salah satu indikasi terbentuknya selulosa dalam ukuran nano. Data tersebut diperkuat dengan hasil pengukuran distribusi ukuran partikel menggunakan *Particle Size Analyzer* pada Tabel 1.

Data ukuran partikel suspensi nanoselulosa pada Tabel 1 yang menunjukkan adanya 2 buah puncak. Puncak pertama menunjukkan bahwa sebanyak 12,2% volume suspensi nanoselulosa memiliki rata-rata ukuran partikel sebesar 65,5 nm dan puncak kedua menunjukkan bahwa sebanyak 87,8% suspensi nanoselulosa memiliki rata-rata ukuran partikel sebesar 546,7 nm. Hasil ini tidak jauh berbeda dengan penelitian sebelumnya (Sosiati, Muhamin, Purwanto, Wijayanti, & Triyana, 2014) yang berhasil mengisolasi

nanoselulosa dari serat kenaf dengan metode hidrolisis asam dan memperoleh nanoselulosa dengan panjang 300-600 nm.



Tabel 1. Data hasil distribusi dan zeta potensial

Hasil			
	Ukuran (nm)	Volume (%)	Zeta potensial
Puncak 1	546,7	87,8	-10,6
Puncak 2	65,50	12,2	

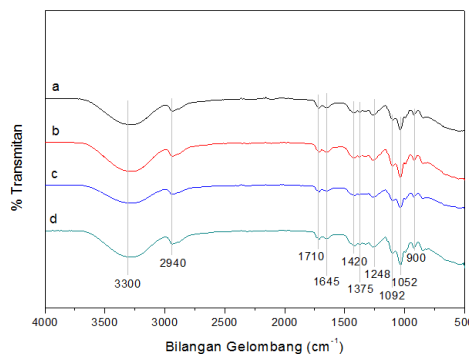
Gambar 1. Suspensi nanoselulosa pelepah nipah

Suspensi nanoselulosa memiliki nilai zeta potensial sebesar -10,6 mV seperti yang terlihat pada Tabel 1. Nilai zeta potensial tersebut dibawah (+/-) 30 mV yang mengindikasikan terjadinya aglomerasi pada suspensi seperti yang terlihat pada Gambar 1. Nilai zeta potensial yang rendah terjadi akibat adanya gaya tarik-menarik antar partikel menyebabkan partikel bergabung dan kurang stabil.

Karakterisasi Bioplastik

Analisis Gugus Fungsi dengan FTIR

Gambar 3 menunjukkan spektrogram FTIR dari bioplastik dengan penambahan nanoselulosa. Pada gambar 3 terlihat tidak adanya perbedaan pola serapan FTIR yang signifikan sebelum dan sesudah penambahan nanoselulosa.



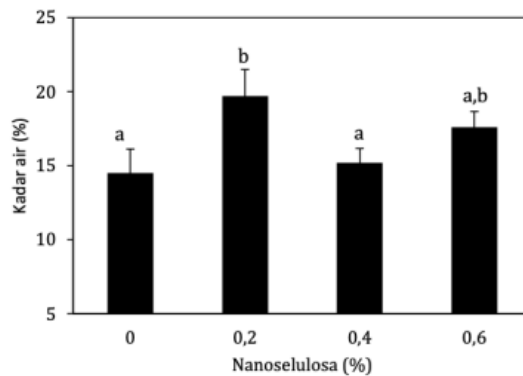
Gambar 2. Spektrogram FTIR bioplastik dengan penambahan a) 0%; b) 0,2%; c) 0,4%; dan d) 0,6% nanoselulosa

Puncak serapan dengan kisaran bilangan gelombang 2940 cm^{-1} menunjukkan regangan gugus alkil -CH, 1710 cm^{-1} menunjukkan regangan C=O dan -C-O dari gugus asetil pada PVA. Serapan pada kisaran bilangan gelombang 1248 cm^{-1} menunjukkan vibrasi C-O pada PVA dan serapan lain pada kisaran bilangan gelombang 900 cm^{-1} , 1375 cm^{-1} 1420 cm^{-1} dan menunjukkan adanya vibrasi gugus alkana C-H. Serapan pada bilangan gelombang sekitar 1052 cm^{-1} menunjukkan adanya regangan asimetrik C-O-C dari ikatan glikosidik dan cincin piranosa pada nanoselulosa. Sedangkan serapan pada bilangan gelombang 1092 cm^{-1} menunjukkan adanya regangan C-O dimana intensitasnya meningkat setelah adanya penambahan nanoselulosa dalam matriks PVA karena kontribusi C-O dari komponen selulosa (Qua, Hornsby, Sharma, Lyons, & McCall, 2009).

Kadar Air Bioplastik

Pengukuran kadar air bertujuan untuk mengetahui kandungan air yang masih ada pada bioplastik yang dihasilkan. Kadar air ini berpengaruh terhadap daya simpan karena berkaitan dengan kemungkinan adanya aktivitas mikroorganisme selama penyimpanan

bioplastik. Kadar air diperoleh dari jumlah berat bioplastik yang hilang setelah dikeringkan dalam oven pada suhu 100-105°C.

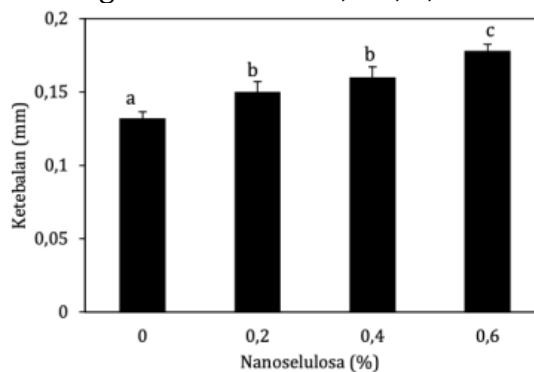


Gambar 3. Data kadar air bioplastik

Hasil pengukuran kadar air bioplastik ditunjukkan pada Gambar 4. Rerata kadar air bioplastik dengan variasi konsentrasi nanoselulosa 0%; 0,2%; 0,4% dan 0,6% tidak ada perubahan yang signifikan, yaitu pada kisaran 14,5-19,7%.

Ketebalan Bioplastik

Hasil pengukuran ketebalan bioplastik PVA dengan *filler* nanoselulosa dari pelepah nipah ditunjukkan pada Gambar 5. Ketebalan bioplastik meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah nanoselulosa yang ditambahkan. Ketebalan bioplastik tanpa penambahan nanoselulosa memiliki nilai ketebalan paling rendah, yaitu sebesar 0,132 mm. Ketebalan bioplastik meningkat menjadi 0,15 mm; 0,16 mm dan 0,178 mm ketika ditambahkan nanoselulosa dengan konsentrasi 0,2%; 0,4% dan 0,6% secara berurutan.



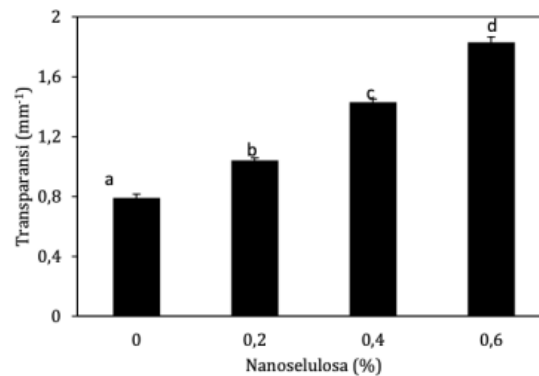
Gambar 4. Data ketebalan bioplastik

Pola peningkatan ketebalan bioplastik terjadi karena penambahan *filler* nanoselulosa juga sesuai dengan penelitian sebelumnya (Vigneshwaran, Ammayappan, & Huang, 2011). Peningkatan nilai ketebalan bioplastik dikarenakan adanya penambahan nanoselulosa ke dalam bioplastik, sedangkan volume larutan dan bahan campuran bioplastik lainnya yang digunakan sama, sehingga total padatan dan polimer penyusun matriks meningkat (Supeni, Cahyaningtyas, & Fitrina, 2015). Nilai ketebalan bioplastik dengan variasi konsentrasi nanoselulosa 0%; 0,2%; 0,4% dan 0,6% yang diperoleh tergolong baik karena berada dibawah nilai standar maksimal ketebalan bioplastik menurut JIS (*Japanesse Industrial Standart*) yaitu 0,25 mm.

Transparansi Bioplastik

Hasil analisis transparansi bioplastik PVA dengan penambahan nanoselulosa pelepah nipah sebagai *filler* ditunjukkan pada Gambar 6. Hasil analisis transparansi bioplastik menunjukkan nilai yang meningkat seiring bertambahnya nanoselulosa pada bioplastik. Bioplastik tanpa penambahan nanoselulosa memiliki transparansi sebesar 0,79 mm⁻¹,

kemudian meningkat menjadi $1,04 \text{ mm}^{-1}$ setelah ditambahkan nanoselulosa 0,2%, lalu meningkat kembali menjadi $1,43 \text{ mm}^{-1}$ dengan penambahan nanoselulosa 0,4% hingga pada penambahan nanoselulosa 0,6% mengalami kenaikan transparansi menjadi $1,83 \text{ mm}^{-1}$.

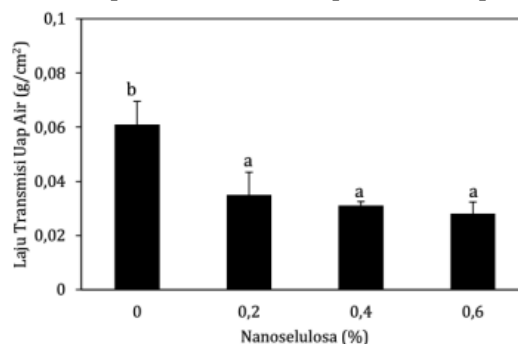


Gambar 5. Data transparansi bioplastik

Bioplastik dengan nilai transparansi yang tinggi mampu mengabsorpsi sinar UV dengan lebih baik sehingga dapat mencegah terjadinya proses oksidasi. Bertambahnya konsentrasi nanoselulosa yang ditambahkan pada bioplastik, mengakibatkan nilai serapannya meningkat. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang juga memaparkan bahwa bioplastik dari PVA dengan penambahan dialdehid nanoselulosa menghasilkan nilai transparansi yang tinggi.

Laju Transmisi Uap Air Bioplastik

Pengukuran laju transmisi uap air menunjukkan jumlah uap air yang mampu melewati atau menembus lapisan bioplastik. Nilai laju transmisi uap air ini dihitung dari selisih berat bioplastik dibagi besarnya luas permukaan bioplastik. Hasil pengukuran laju transmisi uap air bioplastik dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 7.

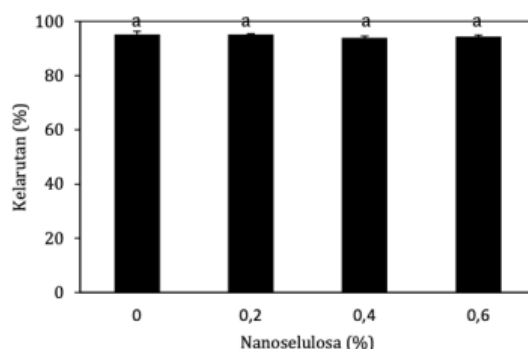


Gambar 6. Data laju transmisi uap air bioplastik

Penambahan nanoselulosa yang bervariasi 0%; 0,2%; 0,4% dan 0,6% menyebabkan penurunan nilai laju transmisi uap air dari 0,061; 0,035; 0,031 hingga menjadi 0,028 g/cm^2 . Nilai tersebut berada dalam kategori bioplastik dengan kualitas yang sangat baik, yaitu dibawah $1 \text{ g}/\text{m}^2$ (Khalifa, 2016). Penambahan nanoselulosa menurunkan efek plastisitas dan memperkecil rongga antar sel pada bioplastik serta meningkatkan sifat penghalang material (Nafchi, Alias, Mahmud, & Robal, 2012). Laju transmisi uap air berkaitan erat dengan ketebalan bioplastik, semakin tebal bioplastik maka bioplastik akan semakin kaku dan keras sehingga kemampuan bioplastik untuk menahan uap air semakin baik (Jacob, Nugraha, & Dia utari, 2014).

Kelarutan Bioplastik

Pengukuran kelarutan bioplastik dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui tingkat kemudahan bioplastik larut dalam air. Nilai kelarutan dinyatakan dalam persentase bioplastik setelah perendaman dalam air selama 24 jam lamanya. Data hasil pengukuran kelarutan bioplastik pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 7. Data kelarutan bioplastik

Bioplastik dengan penambahan 0% nanoselulosa memiliki nilai rerata kelarutan tertinggi yaitu 95,21%. Kelarutan yang tinggi dikarenakan sifat dasar dari PVA yang mudah menyerap air yang kemudian menyebabkan ikatan antar monomer vinil alkohol putus dan kemudian larut. Nilai rerata kelarutan bioplastik menurun dengan penambahan nanoselulosa karena nanoselulosa dapat meningkatkan kerapatan bioplastik (Darni, Sitorus, & Hanif, 2014).

D. SIMPULAN DAN SARAN

Penambahan nanoselulosa ke dalam bioplastik PVA mampu meningkatkan ketebalan dan transparansi bioplastik, serta menurunkan laju transmisi uap air akan tetapi tidak berpengaruh secara signifikan terhadap kelarutan bioplastik dalam air. Untuk penelitian selanjutnya perlu dilakukan analisis uji mekanik bioplastic untuk mengetahui kekuatan bioplastic yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Belibi, P. C., Daou, T. J., Ndjaka, J.-M. B., Michelin, L., Brendlé, J., Nsom, B., & Durand, B. (2013). Tensile and water barrier properties of cassava starch composite films reinforced by synthetic zeolite and beidellite. *Journal of Food Engineering*, 115(3), 339-346.
- Darni, Y., Sitorus, T. M., & Hanif, M. (2014). Produksi Bioplastik dari Sorgum dan Selulosa Secara Termoplastik. *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*, 10(2).
- Eichhorn, S. J., Dufresne, A., Aranguren, M., Marcovich, N. E., Capadona, J. R., Rowan, S. J., . . . Peijs, T. (2010). Review: current international research into cellulose nanofibres and nanocomposites. *Journal of Materials Science*, 45(1), 1-33.
- Hardjono, H., Suharti, P. H., Permatasari, D. A., & Sari, V. A. (2016). Pengaruh Penambahan Asam Sitrat terhadap Karakteristik Film Plastik Biodegradable dari Pati Kulit Pisang Kepok (*Musa acuminata balbisiana* Colla). *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, 5(1), 22-28.
- Jacob, A. M., Nugraha, R., & Dia utari, S. P. s. (2014). Pembuatan Edible Film dari Pati Buah Lindur dengan Penambahan Gliserol dan Karaginan. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 17(1).
- Khalifa, Y. (2016). Effect of the printing remedies and lamination techniques on barrier properties "WVTR and OTR Value" for Polypropylene Film. *EC Nutrition*, 5(2), 1089-1099.

- Liu, D., Bian, Q., Li, Y., Wang, Y., Xiang, A., & Tian, H. (2016). Effect of oxidation degrees of graphene oxide on the structure and properties of poly (vinyl alcohol) composite films. *Composites Science and Technology*, 129, 146-152.
- Nafchi, A. M., Alias, A. K., Mahmud, S., & Robal, M. (2012). Antimicrobial, rheological, and physicochemical properties of sago starch films filled with nanorod-rich zinc oxide. *Journal of Food Engineering*, 113(4), 511-519.
- Noorbakhsh-Soltani, S. M., Zerafat, M. M., & Sabbaghi, S. (2018). A comparative study of gelatin and starch-based nano-composite films modified by nano-cellulose and chitosan for food packaging applications. *Carbohydrate Polymers*, 189, 48-55.
- Puryati Ningsih, E., Ariyani, D., & Sunardi, S. (2019). Pengaruh Penambahan Carboxymethyl Cellulose Terhadap Karakteristik Bioplastik Dari Pati Ubi Nagara (*Ipomoea batatas* L.). *Indo. J. Chem. Res.*, 7(1), 77-85.
- Qua, E. H., Hornsby, P. R., Sharma, H. S. S., Lyons, G., & McCall, R. D. (2009). Preparation and characterization of poly(vinyl alcohol) nanocomposites made from cellulose nanofibers. *Journal of Applied Polymer Science*, 113(4), 2238-2247.
- Silvério, H. A., Flauzino Neto, W. P., & Pasquini, D. (2013). Effect of incorporating cellulose nanocrystals from corncob on the tensile, thermal and barrier properties of poly (vinyl alcohol) nanocomposites. *Journal of Nanomaterials*, 2013.
- Sosiati, H., Muhamin, M. m., Purwanto, P., Wijayanti, D. A., & Triyana, K. (2014). *Nanocrystalline Cellulose Studied with a Conventional SEM*. Paper presented at the Proceedings of the 2014 International Conference on Physics. <http://dx.doi.org/10.2991/icp-14.2014.3>
- Sunardi, P. D. S., Susanti, Y., & Mustikasari, K. (2020). Sintesis dan Karakterisasi Bioplastik dari Pati Ubi Nagara Dengan Kaolin Sebagai Penguat. *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan*, 11(2), 65.
- Supeni, G., Cahyaningtyas, A. A., & Fitriana, A. (2015). Karakterisasi sifat fisik dan mekanik penambahan kitosan pada edible film karagenan dan tapioka termodifikasi. *Jurnal Kimia dan Kemasan*, 37(2), 103-110.
- Tamunaidu, P., & Saka, S. (2011). Chemical characterization of various parts of nipa palm (*Nypa fruticans*). *Industrial Crops and Products*, 34(3), 1423-1428.
- Tang, X., & Alavi, S. (2011). Recent advances in starch, polyvinyl alcohol based polymer blends, nanocomposites and their biodegradability. *Carbohydrate Polymers*, 85(1), 7-16.
- Tian, H., Yan, J., Rajulu, A. V., Xiang, A., & Luo, X. (2017). Fabrication and properties of polyvinyl alcohol/starch blend films: Effect of composition and humidity. *International Journal of Biological Macromolecules*, 96, 518-523.
- Vigneshwaran, N., Ammayappan, L., & Huang, Q. (2011). Effect of Gum arabic on distribution behavior of nanocellulose fillers in starch film. *Applied Nanoscience*, 1(3), 137-142.