

Sintesis dan Karakterisasi *Edible Film* dari Gelatin dengan Penguat Nanoselulosa dari Pelepah Sagu

Aulia Rahman Maulana^{1,2}, Sunardi^{1,2,3*}

¹Chemistry Department, Faculty of Mathematics and Natural Science, Lambung Mangkurat University, Banjarbaru 70714 Indonesia

²Ecobiomaterials Research Group, Faculty of Mathematics and Natural Science, Lambung Mangkurat University, Banjarbaru 70714 Indonesia

³Wetland-Based Materials Research Center, Lambung Mangkurat University, Banjarbaru 70714 Indonesia

*Corresponding author, e-mail: sunardi@ulm.ac.id; masunardi@gmail.com

Received: 12 December 2020; Accepted: 8 June 2021; Published: 9 July 2021

Abstrak

Pada penelitian ini telah dilakukan sintesis gelatin edible film menggunakan nanoselulosa dari pelepah sagu sebagai penguat. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh data ilmiah karakteristik nanoselulosa dari pelepah sagu dan pengaruh penambahan nanoselulosa terhadap sifat gelatin edible film. Isolasi nanoselulosa dilakukan dengan metode hidrolisis asam dan pengaruh penambahan nanoselulosa terhadap sifat gelatin edible film dilakukan dengan uji ketebalan, laju transmisi uap air, transparansi, kelarutan, dan ketahanan air. Penambahan nanoselulosa terhadap gelatin edible film menurunkan kelarutan dan daya serap air serta meningkatkan laju transmisi uap air dan transparansi namun tidak berpengaruh terhadap ketebalan.

Kata kunci: gelatin; *edible film*; nanoselulosa; pelepah sagu

Abstract

In this study, synthesis gelatin edible film was conducted using nanocellulose from sago frond as a reinforcement. This research aims to obtain scientific data on the characteristics of nanocellulose from sago frond and effect the addition of nanocellulose on gelatin edible film properties. Nanocellulose were isolated by acid hydrolysis method and effect of nanocellulose addition on gelatin edible film properties presented by thickness test, water vapor transmission rate, transparency, solubility, and water resistance. The addition of nanocellulose to the gelatin edible film significantly reduced the solubility and water absorption, while enhanced the water vapor transmission rate and transparency. On the other hand, the presence of nanocellulose has no effect on the thickness.

Keywords: gelatine; *edible film*; nanocellulose; sago frond

Pendahuluan

Kemasan plastik saat ini telah luas digunakan secara luas karena sifatnya yang ringan, murah, mudah didapatkan dan digunakan dibandingkan kemasan lain. Namun, kemasan plastik tidak ramah lingkungan serta membutuhkan waktu 500-1000 tahun untuk dapat terurai di tanah (Corcoran *et al.*, 2015). Alternatif yang dapat digunakan ialah *edible film* dengan material biopolimer seperti pati, alginat, atau gelatin. Gelatin sebagai matriks *edible film* mampu menahan sinar UV dengan baik dengan adanya cincin aromatik asam amino pada rantai peptida (Chuaynukul *et al.*, 2018). Gelatin juga memiliki sifat permeabilitas uap air yang rendah dan mudah larut dalam air. Namun, gelatin memiliki kelemahan pada parameter sifat mekanik sehingga memerlukan penguat (Fakhouri *et al.*, 2015).

Metode yang telah dikembangkan untuk mengatasi kelemahan sifat mekanik *edible film* adalah menambahkan penguat seperti zeolit, *nanoclay*, kitosan, dan selulosa (Noorbakhsh-Soltani *et al.*, 2018). Selulosa dapat diperoleh dari sumber berbahan kayu maupun non kayu seperti rumput-rumputan, limbah pertanian, dan tanaman air seperti pelepah kelapa sawit, alang-alang, purun tikus, dan pelepah sagu (Dyg *et al.*, 2018; Naini *et al.*, 2018, Sunardi *et al.*, 2017). Komponen lignoselulosa pelepah sagu terdiri oleh selulosa (41,43%), lignin (40,63%), dan hemiselulosa (15-18%) (Adeni *et al.*, 2018). Dufresne & Belgacem (2013) memaparkan selulosa dalam ukuran nanometer dapat meningkatkan sifat mekanik secara signifikan.

Penelitian ini ditujukan untuk mensintesis gelatin *edible film* dengan penguat nanoselulosa agar mengetahui bagaimana pengaruh penambahan nanoselulosa terhadap sifat gelatin *edible film*. Selulosa yang telah diisolasi dari pelepah sagu dihidrolisis untuk mendapatkan nanoselulosa sebagai penguat

edible film. Pengukuran pengaruh nanoselulosa terhadap sifat gelatin *edible film* dilakukan dengan uji ketebalan, laju transmisi uap air, transparansi, kelarutan, dan ketahanan air.

Metode Penelitian

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat-alat gelas, Macherey Nagel kertas pH, kertas saring, soklet ekstraktor, Rommelsbacher Sanoclav Automatic, membran selulosa, Memmert Oven, Thunder Hot Plate, Clements GS 150 Centrifuge, Elmasonic S 100 H, Jenway 7315 *Spectrophotometer*, *Attenuated Total Reflection Infrared Spectroscopy* (ATR-FTIR), Zetasizer Ver. 7.12., cawan petri, dan jangka sorong.

Bahan-bahan yang digunakan ialah pelepah sagu dari Desa Pemakuan Kecamatan Sungai Tabuk Kabupaten Banjar, gelatin, gliserol, sodium hidroksida, hidrogen peroksida, asam sulfat, membran dialisis, kertas saring, etanol, dan toluena.

Prosedur Kerja

Isolasi Selulosa

Serbuk pelepah sagu yang telah dihaluskan dilakukan pemisahan ekstraktif pelarut etanol:toluena (1:2) (Mondragon *et al.*, 2014). Proses ini dilakukan pada suhu 115°C selama 6 jam. Sampel bebas ekstraktif kemudian dikeringkan menggunakan oven pada suhu 110°C hingga didapatkan massa konstan. Sampel dipanaskan dalam sodium hidroksida 7,5% (b/v) sebanyak 20 mL per gram sampel pada suhu 121°C selama 90 menit menggunakan autoklaf. Sampel kemudian hingga didapatkan pH netral, kemudian sampel *dibleaching* dengan hidrogen peroksida 20% (v/v) sebanyak 20 mL per gram sampel pada suhu 85°C selama 5 jam. Sampel kemudian dicuci hingga didapatkan pH netral lalu dikeringkan hingga didapatkan massa konstan.

Isolasi Nanoselulosa

Isolasi nanoselulosa dilakukan menggunakan metode hidrolisis asam (Mondragon *et al.*, 2015). Selulosa dihidrolisis menggunakan asam sulfat 40% (v/v) sebanyak 20 mL per gram sampel pada suhu 45°C selama 2 jam dengan kecepatan putaran 2000 rpm. Suspensi kemudian ditambah akuades dingin untuk menghentikan reaksi hidrolisis. Larutan kemudian dipisahkan dari ion sulfat dengan cara mensentrifugasi pada kecepatan 3000 rpm selama 30 menit. Bagian endapan larutan dilakukan dialisis menggunakan membran selulosa hingga dicapai pH 6-7. Suspensi yang terbentuk kemudian dilakukan ultrasonifikasi selama 30 menit. Rendemen nanoselulosa ditentukan dengan mengambil 10 mL suspensi yang dikeringkan pada suhu 35°C menggunakan oven selama satu malam.

Sintesis *Edible Film* Gelatin-Nanoselulosa

Gelatin 4% (b/v) dilarutkan hingga homogen pada suhu 60°C kemudian ditambahkan gliserol 0,5 mL per gram gelatin diikuti dengan pengadukan pada kecepatan 2500 rpm selama 30 menit. Nanoselulosa ditambahkan dengan konsentrasi 0%, 0,2%, 0,4%, dan 0,6% (b/b). Larutan dicetak di cawan petri kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 35°C selama satu malam (Sunardi *et al.*, 2020). *Edible film* hasil sintesis diberi nama GN(x) dimana x adalah % nanoselulosa yang ditambahkan sehingga menjadi GN(0), GN(0,2), GN(0,4), dan GN(0,6).

Karakterisasi *Edible Film*

Analisis Gugus Fungsi

Sampel *edible film* berukuran 1 cm² dianalisis menggunakan ATR-IR pada bilangan gelombang 500-4000 cm⁻¹. Spektra yang dihasilkan akan menunjukkan puncak serapan gugus fungsi tertentu.

Uji Ketebalan *Edible Film*

Ketebalan diukur menggunakan jangka sorong pada 5 titik yang berbeda lalu dihitung rata-rata nilai ketebalan *edible film*.

Uji Laju Transmisi Uap Air

Pengukuran laju transmisi uap air dilakukan dengan meletakkan *edible film* berdiameter ± 5 cm diantara 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 1 (Sunardi *et al.*, 2020).

$$\text{Laju Transmisi Uap Air} = \frac{\Delta W}{t A} \quad (1)$$

Keterangan:

ΔW = perubahan massa (g)

t = waktu (jam)

A = luas area (cm²)

Uji Transparansi *Edible Film*

Sampel *edible film* dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-VIS pada panjang gelombang 200-800 nm. Nilai transparansi dihitung menggunakan persamaan 2 (Sunardi *et al.*, 2020).

$$\text{Transparansi (A/mm)} = \frac{-\log T}{x} \quad (2)$$

Keterangan:

A = Absorbansi pada panjang gelombang 600 nm

T = Transmittan (%)

X = ketebalan (mm)

Uji Kelarutan *Edible Film*

Edible film ditimbang massa awalnya lalu direndam dalam akuades selama 24 jam. Sampel kemudian disaring lalu dikeringkan pada suhu 100°C selama 30 menit. Kelarutan *edible film* dihitung dengan persamaan 3 (Sunardi *et al.*, 2020).

$$\text{Kelarutan (\%)} = \frac{\Delta w}{w_0} \times 100\% \quad (3)$$

Keterangan:

Δw = perubahan massa (g)

W_0 = massa awal (g)

Uji Ketahanan Air

Edible film berukuran 2 x 3 cm direndam dalam akuades selama 10 detik. Sampel dikeluarkan lalu dikeringkan air pada permukaan sampel dengan tisu. Massa sampel ditimbang setiap pencelupan hingga didapatkan massa konstan. Nilai daya serap air dihitung dengan persamaan 4 (Sunardi *et al.*, 2020).

$$\text{Daya Serap Air (\%)} = \frac{\Delta w}{w_0} \times 100\% \quad (4)$$

Keterangan:

Δw = perubahan massa (g)

W_0 = massa awal (g)

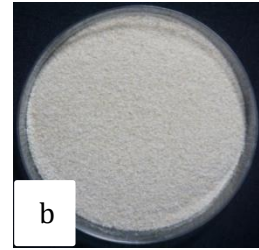
Analisis Statistik

Analisis statistik dilakukan dengan analisis satu arah (*one-way ANOVA*) menggunakan SPSS 25.0 untuk mengetahui perbedaan nilai rata-rata tiap uji. Perbedaan dianggap nyata pada taraf kepercayaan 95%.

Hasil dan Pembahasan

Isolasi Selulosa

Ekstraktif serbuk pelepah sagu yang meliputi senyawaan terpenoid, fenolik, lilin, lemak, dan protein dipisahkan menggunakan metode ekstraksi soklet (Kharismi *et al.*, 2018). Sampel bebas ekstraktif kemudian didelignifikasi untuk memisahkan lignin dan hemiselulosa. Tahapan berikutnya adalah proses *bleaching* untuk memisahkan sisa lignin yang masih terdapat pada sampel. Rendemen selulosa yang diperoleh sebesar 20,19%. Gambar 1. menunjukkan serbuk pelepah sagu dan selulosa dari pelepah sagu hasil isolasi.



Gambar 1. Serbuk pelepah sagu (a) dan selulosa pelepah sagu (b)



Gambar 2. Suspensi nanoselulosa

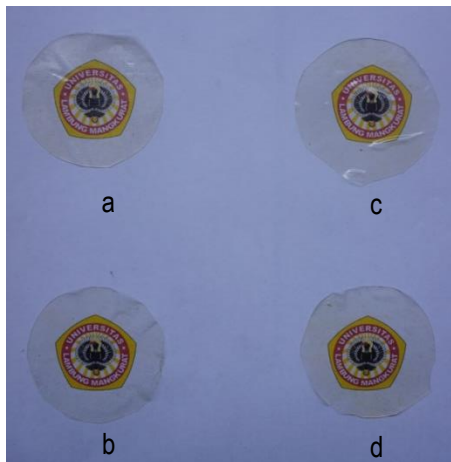
Isolasi Nanoselulosa

Selulosa dihidrolisis menggunakan asam sulfat untuk menghilangkan bagian amorf pada serat selulosa sehingga menyisakan bagian kristalin (Bhowmik *et al.*, 2017). Suspensi disentrifugasi memisahkan bagian endapan dengan supernatan dan ion sulfat lalu bagian endapan didialisis hingga didapatkan pH netral. Suspensi kemudian diultrasonifikasi untuk memecah interaksi intermolekul sehingga membentuk partikel berukuran nanometer (Akgedik *et al.*, 2016). Rendemen nanoselulosa yang didapatkan sebesar 33,9%. Gambar 2. menunjukkan suspensi nanoselulosa dari pelepah sagu hasil hidrolisis.

Sintesis *Edible Film* Gelatin-Nanoselulosa

Sintesis *edible film* dilakukan menggunakan metode *casting* dengan melarutkan sampel disertai pengadukan pada suhu tertentu lalu diuapkan. Metode ini memiliki kelebihan yaitu *edible film* yang dihasilkan memiliki struktur lebih homogen, sifat mekanik, permeabilitas uap air, dan transparansi yang lebih baik dibandingkan

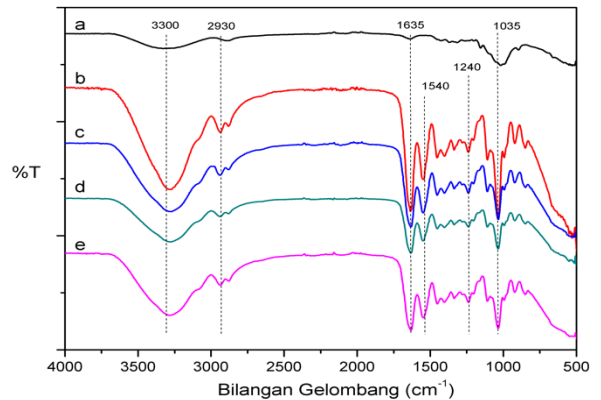
dengan metode termal seperti *heat-pressing*. Hasil sintesis *edible film* gelatin-nanoselulosa ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil sintesis *edible film* (a) GN(0), (b) GN(0,2), (c) GN(0,4), dan (d) GN(0,6)

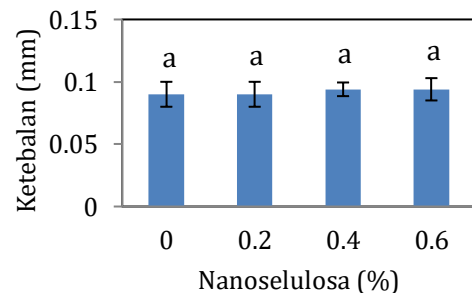
Karakterisasi Edible Film
Analisis Gugus Fungsi

Gambar 4. menunjukkan spektra FTIR dari nanoselulosa, gelatin, dan gelatin-nanoselulosa *edible film*. Spektra pada Gambar 4 tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan baik dari spektra gelatin maupun gelatin-nanoselulosa *edible film*. Serapan utama yang terlihat pada spektra adalah serapan dari grup amida oleh gelatin meliputi regangan OH dan NH pada bilangan gelombang 3600-3200 cm^{-1} (amida A), regangan C-H pada 2932 cm^{-1} (amida A), regangan C=O pada 1633 cm^{-1} (amida I), regangan C-N dan tekukan N-H pada 1530 cm^{-1} (amida II) serta regangan C-N pada 1238 cm^{-1} (amida III) (Mondragon *et al.*, 2015).



Gambar 4. Spektra ATR-FTIR (a) nanoselulosa, (b) GN(0), (c) GN(0,2), (d) GN(0,4), dan (e) GN(0,6)

Gambar 4 juga menunjukkan terjadinya peningkatan intensitas serapan pada bilangan gelombang 1035 cm^{-1} (regangan C-C, C=C, dan C-C-O dari selulosa) serta pergeseran serapan regangan OH dari 3280 cm^{-1} ke 3276 cm^{-1} mengindikasikan adanya interaksi ikatan hidrogen antara gelatin dengan nanoselulosa.



Gambar 5. Nilai ketebalan *edible film*
 Keterangan: notasi huruf yang sama menunjukkan rata-rata ketebalan *edible film* tidak berbeda nyata ($p > 0,05$) berdasarkan uji Tukey HSD

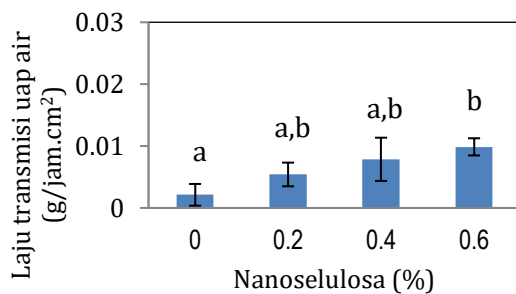
Uji Ketebalan Film

Uji ketebalan *edible film* dilakukan untuk mengetahui sifat fisik berdasarkan jumlah nanoselulosa yang ditambahkan. Hasil uji menunjukkan tidak ada peningkatan ketebalan yang signifikan dengan penambahan nanoselulosa. Andarade dan Fernando (2015) memaparkan bahwa penambahan

nanoselulosa/nanoserat tidak berpengaruh terhadap ketebalan, namun penambahan jumlah matriks *edible film* berpengaruh signifikan terhadap ketebalan. Hasil uji ketebalan dapat dilihat pada Gambar 5.

Uji Laju Transmisi Uap Air

Nilai laju transmisi uap air menunjukkan besarnya uap air yang dapat melewati *film*. Parameter ini penting untuk *edible film* sebagai kemasan makanan untuk mengetahui jumlah transfer uap air antara makanan dengan lingkungan. Hasil uji menunjukkan kenaikan laju transmisi uap air seiring penambahan nanoselulosa. Hasil ini juga dilaporkan oleh Echegaray *et al.* (2016) dan Mondragon *et al.* (2015).



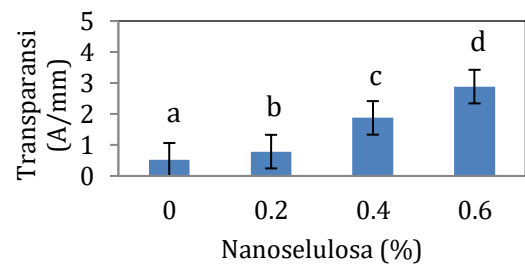
Gambar 6. Nilai laju transmisi uap air

Keterangan: notasi huruf yang berbeda (a,b) menunjukkan rata-rata laju transmisi uap air berbeda nyata ($p < 0,05$) berdasarkan uji Tukey HSD

Peningkatan laju transmisi uap air dapat disebabkan karena *film* mengalami *swelling* oleh uap air ditunjukkan tekukan serapan air pada sekitar bilangan gelombang 1646 cm^{-1} oleh senyawaan nanoselulosa yang memberikan efek plastisasi sehingga mengubah kondisi *film* berada dalam kondisi karet yang memiliki banyak ruang kosong sehingga uap air mudah melewati *film* (Andarade-Pizarro *et al.*, 2015 & Echegaray *et al.*, 2016). Hasil uji laju transmisi uap air dapat dilihat pada Gambar 6.

Uji Transparansi *Edible Film*

Uji transparansi bertujuan untuk menentukan banyaknya sinar UV yang diserap tiap mm *film*. *Edible film* dengan nilai transparansi tinggi dapat mengabsorpsi sinar UV sehingga dapat mencegah proses oksidasi lipid dan senyawaan yang dapat terkatalisis oleh sinar UV (Kwon *et al.*, 2018). Hasil uji menunjukkan nilai transparansi meningkat seiring penambahan nanoselulosa. Serapan sinar UV dapat terjadi karena adanya cincin aromatik asam amino pada rantai peptida dan ikatan tidak jenuh gugus kromofor pada gelatin serta konjugasi gugus hidroksil oleh nanoselulosa dengan gugus kromofor sehingga membantu kemampuan gugus kromofor menyerap sinar UV (Ge *et al.*, 2015, Chuaynukul *et al.*, 2018, & Uranga *et al.*, 2016). Hasil uji transparansi dapat dilihat pada Gambar 7.



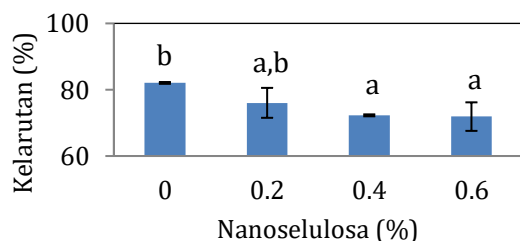
Gambar 7. Nilai transparansi *edible film*

Keterangan: notasi huruf yang berbeda (a,b,c,d) menunjukkan rata-rata transparansi *edible film* berbeda nyata ($p < 0,05$) berdasarkan uji Tukey HSD

Uji Kelarutan *Edible Film*

Parameter kelarutan *edible film* dilakukan untuk mengukur kualitas *film* agar mencegah kerusakan akibat kelembapan udara selama masa penyimpanan. Kelarutan *edible film* menurun dengan penambahan nanoselulosa. Hal ini disebabkan karena terjadinya interaksi amina pada gelatin dengan hidroksil pada nanoselulosa membentuk ikatan hidrogen sehingga air sulit untuk memutus interaksi pada *edible*

film (Lu *et al.*, 2018). Hasil penurunan nilai kelarutan dapat dilihat pada Gambar 8.

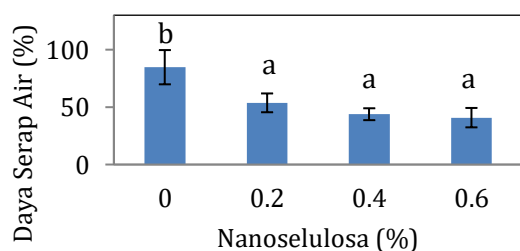


Gambar 8. Nilai kelarutan *edible film*

Keterangan: notasi huruf yang berbeda (a,b) menunjukkan rata-rata kelarutan *edible film* berbeda nyata ($p < 0,05$) berdasarkan uji Tukey HSD

Uji Ketahanan Air

Uji ketahanan air bertujuan untuk mengukur jumlah air yang dapat diserap oleh *edible film* yang ditunjukkan dengan nilai daya serap air. Jumlah air yang diserap oleh *edible film* semakin kecil menunjukkan ketahanan air *edible film* tersebut semakin tinggi. Hasil uji menunjukkan nilai daya serap air menurun dengan penambahan nanoselulosa. Hasil ini juga dilaporkan oleh Leite *et al.* (2020) dengan penguat nanoselulosa 2,5% meningkatkan nilai *contact angle edible film* dari 80,7° menjadi 95,2° karena terjadi ikatan hidrogen antara grup hidroksil nanoselulosa dengan amina pada gelatin. Penurunan daya serap air dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Nilai daya serap air

Keterangan: notasi huruf yang berbeda (a,b) menunjukkan rata-rata daya serap air berbeda nyata ($p < 0,05$) berdasarkan uji Tukey HSD

Simpulan dan Saran

Penambahan nanoselulosa dari pelepah sagu pada gelatin *edible film* menurunkan nilai kelarutan dan daya serap air serta meningkatkan nilai laju transmisi uap air dan transparansi, namun tidak berpengaruh terhadap ketebalan *edible film*. Penelitian selanjutnya disarankan agar melakukan uji kuat tarik dan elongasi serta analisis menggunakan *Scanning Electron Microscope* sehingga dapat mengetahui morfologi *film* secara akurat.

Daftar Pustaka

- Akgedik R., Aytakin, I., Kurt, A. B., Eren., & Dagli, C. 2016. Recurrent Pneumonia Due To Olive Aspiration in A Healthy Adult: a Case Report. *The Clinical Respiratory Journal*. 10: 809-810.
- Andrade-Pizarro, Ricardo, D. Oliver, S., & Fernando, O. 2015. Effect of Cellulose Nanofibers Concentration on Mechanical, Optical, and Barrier Properties of Gelatin-Based Edible Film. *Dyna*. 82: 219-226.
- Bhowmik, S., Jahid, M. M. I., Tonmoy, D., Muhammed, Y. M., Shovon, B., & Mubarak, A. K. 2017. Reinforcement of Gelatin-Based Nanofilled Polymer Biocomposite by Crystalline Cellulose from Cotton for Advanced Wound Dressing Applications. *Polymers*. 9: 01-13.
- Chuaynukul, K., Nagarajan, M., Prodpran, T., Benjakul, S., Songtipya, P., & Songtipya, L. 2018. Comparative Characterization of Bovine and Fish Gelatin Films Fabricated by Compression Molding and Solution Casting Methods. *Journal of Polymers and the Environment*. 26: 1239-1252.
- Corcoran, P. L., Norris, T., Ceccanese, T., Walzak, M. J., Helm, P. A. & Marvin, C. H. 2015. Hidden Plastic of Lake

- Ontario, Canada and Their Potential Preservation in The Sediment Record. *Environmental Pollution*. 204: 17-25.
- Dufresne, A. & Belgacem, M. N. 2013. Cellulose-Reinforced Composites: From Micro-To Nanoscale. *Polímeros*. 23: 277-286.
- Dyg, Salwani, Norhelmi Ahmad Muhammad, & Bujang Kopli. 2018. Maximising Production of Prebiotic Sugar (Cellobiose) from Sago Frond. *Malaysian Applied Biology Journal*. 47: 89-95.
- Echegaray, M., Gurutz, M., Loli, M., Alba, G., Cristina, Pena-Rodriguez, & Aitor, A. 2016. Physicochemical and Mechanical Properties of Gelatin Reinforced with Nanocellulose and Montmorillonite. *Journal Renew Matter*. 4: 206-214.
- Fakhouri, F. M., Martelli, S. M., Caon, T., Velasco, J. I. & Mei, L. H. I. 2015. Edible Films and Coatings Based on Starch/Gelatin: Film Properties and Effect of Coatings on Quality of Refrigerated Red Crimson Grapes. *Postharvest Biology and Technology*. 109: 57-64.
- Ge, X. Li, R. Zhang, T. Yang, X. Ye, D. Li, & C. Mu. 2015. Development and Characterization of Dialdehyde Xanthan Gum Crosslinked Gelatin Based Edible Films Incorporated with Amino Functionalized Montmorillonite. *Food Hydrocolloid*. 51: 129-135.
- Kharismi, R. R. A. Y., Sutriyo, & Herman, S. 2018. Preparation and Characterization of Microcrystalline Cellulose Produced from Betung Bamboo (*Dendrocalamus asper*) Through Acid Hydrolysis. *Journal Young Pharm*. 10: 79-83.
- Kwon, S., Orsuwan, A., Bumbudsanpharoke, N., Yoon, C., Choi, J., & Ko, S. 2018. A Short Review of Light Barrier Materials for Food and Beverage Packaging. *Korean Journal of Packaging Science and Technology*. 24: 141-148.
- Leite, L. S. F., Caio, M. F., Ana, C. C., Francys, K. V., Moreira, & Luiz, H. C. M. 2020. Scaled-up Production of Gelatin-cellulose Nanocrystal Bionanocomposite Films by Continuous Casting. *Carbohydrate Polymers*. 238: 01-28.
- Lu, Q., Songhua, Z., Mingcheng, X., Fengcai, L., Lirong, T., Biao, H., & Yandan, C. 2018. One-pot Construction of Cellulose-gelatin Supramolecular Hydrogels with High Strength and pH-responsive Properties. *Carbohydrate Polymers*. 196: 225-232.
- Mondragon, G., Fernandes, S., Retegi, A., Peña, C., Algar, I., Eceiza, A. & Arbelaiz, A. 2014. A common strategy to extracting cellulose nanoentities from different plants. *Industrial Crops and Products*. 55: 140-148.
- Mondragon, G., Peña-Rodriguez, C., A. González, Eceiza, A., & A. Arbelaiz. 2015. Bionanocomposites Based on Gelatin Matrix and Nanocellulose. *European Polymer Journal*. 62: 01-09.
- Naini, A., Nurwahdah, & Sunardi. 2018. *Kajian Pengaruh Penambahan MgCl₂ Terhadap Karakteristik Limbah Pelepah Kelapa Sawit (Elaeis guenensis jacq.) pada Perlakuan Awal Secara Hidrotermal*. Seminar

- Nasional Teknologi Hasil Hutan, Banjarbaru.
- Noorbakhsh-Soltani, S. M., M. M. Zerafat, & S. Sabbaghi. 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.
- Sunardi, Azidi, I, Asmianoor, L., Wiwin, T. I., & Abdul, H. 2017. Kajian Pengaruh Jumlah Agen Pengikat Silang Terhadap Karakteristik Superabsorben Asam Akrilat Tercangkok Selulosa dari Alang-Alang (*Imperata cylindrica*). *Sains dan Terapan Kimia*. 11: 15 – 23.
- Sunardi, Nur, F. T., & Utami, I. 2020. Pengaruh Nanoselulosa dari Pelepah Nipah sebagai Filler terhadap Sifat Bioplastik Polivinil Alkohol. *Jurnal Sains dan Teknologi*. 3: 69-76.
- Sunardi, Yulia, S., & Kamilia, M. 2019. Sintesis dan Karakterisasi Bioplastik dari Pati Ubi Nagara (*Ipomoea batatas L*) dengan Kaolin sebagai Penguat. *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan*. 11: 65-76.
- Uranga, J., Leceta, I., Etxabide, A., Guerrero, P., & de la Caba, K. 2016. Crosslinking of Fish Gelatins to Develop Sustainable Films with Enhanced Properties. *European Polymer Journal*. 78: 82-90.