

E-NOVEL PRODUKSI FILM PATI: KARAKTERISASI PRODUKSI FILM PATI DARI LIMA JENIS PATI BERBEDA

(E-Novel Starch Film Production: Characterization of Starch Film Production from Five Different Starch)

Fransiska Angelina Rezekinta¹, Anwar Kasim^{2*}, Edi Syafri³, Irawati Chaniago¹, Firman Ridwan⁴

¹Fakultas Pertanian, Universitas Andalas, Sumatera Barat 25175

²Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Andalas, Sumatera Barat 25175

³Fakultas Teknologi Pertanian, Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh, Sumatera Barat 26271

⁴Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Sumatera Barat 25175

Email: anwar_ks@yahoo.com

ABSTRAK

Proses pembuatan film pati dengan metode *casting* memerlukan waktu yang signifikan untuk mendapatkan produk film yang diinginkan. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengurangi waktu produksi yang dibutuhkan untuk film pati. Penelitian ini menggunakan lima jenis pati: pati bengkoang, pati talas, tepung ketan, tepung gandum, dan tepung MOCAF. Proses melibatkan homogenisasi campuran pati dan gliserol dengan menggunakan pengaduk, diikuti dengan pemanasan menggunakan *microwave*, dan proses *press* untuk mempercepat penguapan air dalam lembaran pati. Untuk tahap pengeringan akhir, sampel yang telah melalui proses ini dikeringkan menggunakan *cabinet drying*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode pengembangan lembaran pati ini hanya memerlukan 60 menit dibandingkan dengan metode *casting* konvensional yang biasanya memakan waktu 5-48 jam. Selain itu, produksi film pati menggunakan tepung ketan menghasilkan kekuatan tarik tertinggi.

Kata kunci— *casting*; lembaran; pati; waktu pengeringan

ABSTRACT

The process of producing starch film using the casting method required a significant amount of time to obtain the desired film product. Therefore, this study was conducted to reduce the production time required for the starch film. The study used five varieties of starch: bengkoang starch, talas starch, glutinous rice flour, wheat flour, and MOCAF flour. The process involved homogenizing the starch and glycerol mixture utilizing a stirrer, followed by heating using a microwave and a compression process to accelerate the evaporation of water in the starch film. For the final drying stage, samples that had gone through this process were dried using a cabinet dryer. The result showed that the developed method of starch film requires only 60 minutes of the time needed compared to conventional casting method, which usually takes 5-48 hours. Furthermore, it was observed that starch film production using glutinous rice flour resulted in the highest tensile strength.

Keywords— casting; film; starch; drying time

PENDAHULUAN

Biokomposit pati masih mendapatkan perhatian hingga saat ini karena kemampuannya sebagai alternatif untuk plastik konvensional dengan sifat *biodegradable* dan ramah lingkungan. Beberapa penelitian menggunakan berbagai jenis pati sebagai matriks dalam pemuatan biokomposit (Asrofi et al., 2020)(Hazrati et al., 2021)(Kamaruddin et al., 2022). Biokomposit dengan pati singkong menghasilkan produk dengan nilai *elongation break* yang tinggi, meningkat 2% dari kontrol (Wang et al., 2022) sedangkan penggunaan pati kentang menghasilkan biokomposit dengan sifat *psychochemical* yang baik (Sani et al., 2021). Namun, pati sebagai matriks biokomposit juga memiliki beberapa kelemahan, diantaranya sifat mekanik yang rendah serta sifat *water resistant* yang rendah (Wang et al., 2021). Hal ini dapat diatasi dengan menambahkan penguat pada biokomposit. Seperti penambahan PVA dalam pembuatan biokomposit yang dapat meningkatkan kekuatan tarik pada film mencapai 4,2 MPa (Wang et al., 2022), studi yang dilakukan oleh (Zhang et al., 2020) dapat meningkatkan *water*

barrier property dengan menurunkan *water absorption* dan *water resistant* dengan penambahan *lignin containing cellulose nanofibril* (LCNF) dalam pembuatan biokomposit pati.

Berbagai pendekatan dilakukan untuk meningkatkan sifat biokomposit pati. Metode *casting* banyak digunakan dalam pembuatan biokomposit pati (Mahardika et al., 2019)(Mustafa et al., 2020)(Liu et al., 2022). Metode ini melibatkan proses dispersi bahan penguat kedalam larutan pati diikuti dengan proses mencetak campuran kedalam cetakan dan proses pengeringan untuk menghilangkan pelarut. Metode ini memungkinkan penyusunan biokomposit dengan distribusi agen penguat yang homogen dan adhesi yang lebih baik antara matriks dan agen penguat. Disamping itu, penambahan *plastisizer agent* dalam proses *casting* dapat meningkatkan sifat mekanik dan termal pada biokomposit pati (Ibrahim et al., 2019).

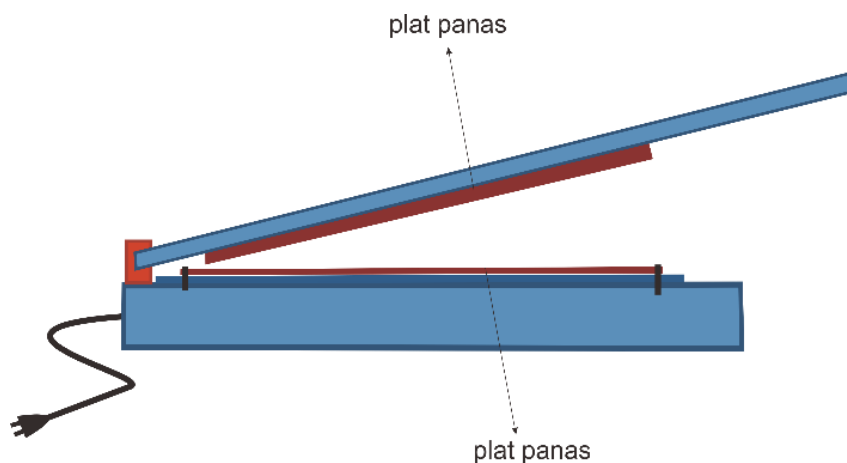
Metode *casting* membutuhkan waktu yang lama sampai diperoleh produk. Beberapa studi dalam proses pembuatan biofilm memerlukan waktu 12 jam, 24 jam, hingga 3 hari untuk memperoleh biofilm (Zoungran et al., 2020; Lusiana et al., 2019; Yamada et al., 2020; Syamani et al., 2020). Berdasarkan masalah tersebut dilakukan pengembangan metode dalam produksi lembaran pati dengan menggunakan *microwave* untuk proses pra-gelatinisasi dan penggunaan alat kempa pada suhu 80°C pada proses gelatinisasi lanjutan pati serta proses pengeringan menggunakan *cabinet dryer* pada pengeringan akhir untuk mendapatkan lembaran pati dengan waktu yang lebih cepat.

METODE PENELITIAN

A. Alat dan Bahan

Pati yang digunakan berasal dari lima jenis pati yaitu MOCAF (*modified cassava flour*) yang diproduksi oleh Ladang Lima, Yogyakarta, tepung bengkoang dan tepung talas yang diproduksi oleh Lingkar Organik, Yogyakarta, tepung ketan yang diproduksi oleh Rose Brand, dan tepung terigu yang diproduksi oleh Segitiga Biru. Semua tepung terlebih dahulu di hitung berat keringnya menggunakan oven kemudian disimpan pada wadah tertutup.

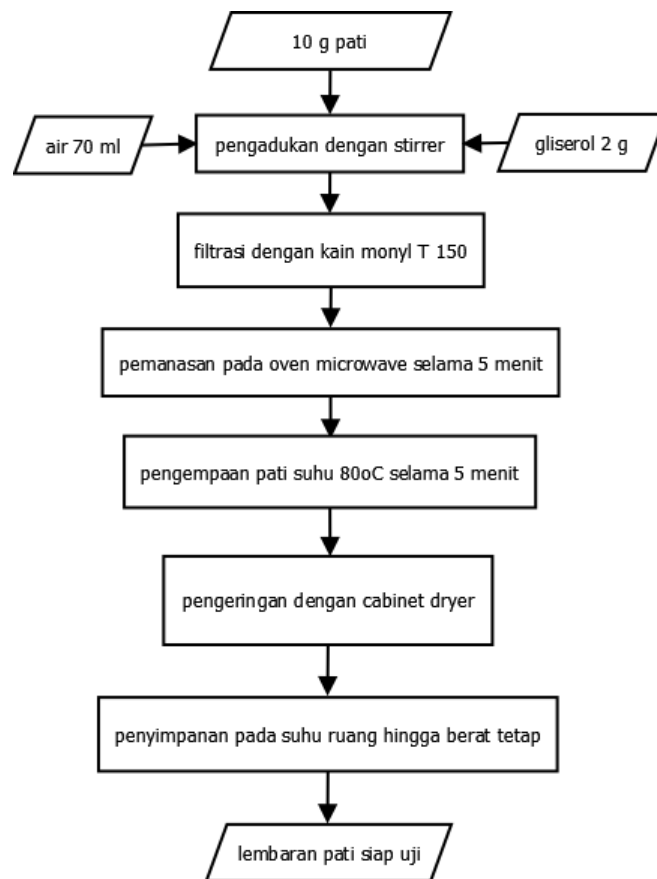
Alat yang digunakan dalam proses produksi lembaran pati adalah oven *microwave* (LG-MS2322D, Korea) yang digunakan untuk proses pra-gelatinisasi, alat kempa (Gambar 1) digunakan dalam proses gelatinisasi lanjutan, dan *cabinet dryer* yang digunakan sebagai alat pengeringan.



Gambar 1. Sketsa Alat Kempa

B. Pembuatan Lembaran Pati

Proses pembuatan lembaran pati dibagi menjadi tiga tahap, pra-gelatinisasi menggunakan *microwave*, dilanjutkan dengan gelatinisasi lanjutan menggunakan alat kempa panas, dan pengeringan menggunakan *cabinet dryer*. Langkah kerja lengkapnya dapat dilihat pada Gambar 2 dibawah ini.



Gambar 2. Alur Pembuatan Lembaran Pati

C. Pengujian

1. Ketebalan dan gramatur

Pengukuran ketebalan dilakukan dengan menggunakan mikrometer sekrup. Sampel lembaran diambil dan diletakkan menempel pada bagian poros tetap alat. Kemudian bagian thimble alat diputar hingga lembaran terjepit oleh poros tetap dan poros geser. Kemudian dibaca skala pada mikrometer. Pengujian dilakukan dengan 3 kali pengulangan.

Gramatur merupakan berat produk yang dinyatakan dengan satuan gram per meter persegi (g/m^2). Lembaran pati dipotong dengan ukuran 10cm x 10cm kemudian lembaran dilakukan penimbangan dan selanjutnya dilakukan perhitungan gramatur dengan menggunakan persamaan seperti dibawah ini:

$$G = \frac{W}{A} \quad (1)$$

Dimana G merupakan gramatur (g/m^2), W merupakan berat lembaran yang telah dilakukan pemotongan (g), dan A merupakan luas lembaran (m^2).

2. Kuat tarik

Pengujian kuat tarik dilakukan menggunakan *Universal Testing Mechine* (INSTRON, 2710-004) pada temperature 28°C. Sampel dilakukan pengujian dengan kecepatan *crosshead* 50 mm/menit. Pengujian dilakukan untuk 5 sampel dengan 3 kali ulangan.

3. Brightness

Pengukuran *brightness* dilakukan menggunakan alat *ColorFlex EZ Spectrophotometer* (HunterLab, Virginia). Lembaran pati dipotong hingga menutupi *measuring port* kemudian dilakukan pengukuran hingga hasil terlihat pada layar. Perhitungan *brightness* dilakukan dengan rumus seperti dibawah ini:

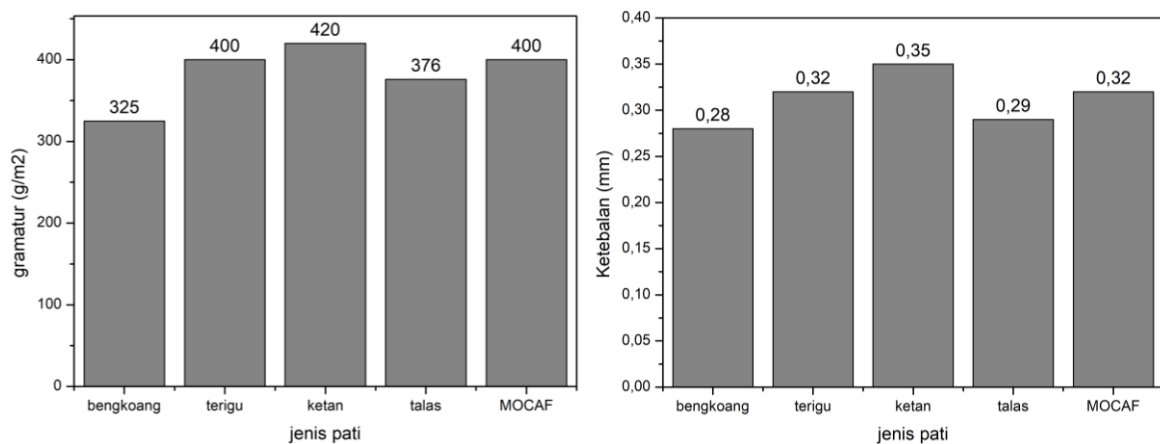
$$\text{Brightness (b)} = 100 - [(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}]^{1/2} \quad (2)$$

Dimana L^* menyatakan cahaya pantul untuk warna akromatik putih, abu-abu, dan hitam. Sedangkan a^* menyatakan warna kromatik campuran merah-hijau, dan b^* menyatakan kromatik campuran biru-kuning.

HASIL DAN PEMBAHASAN

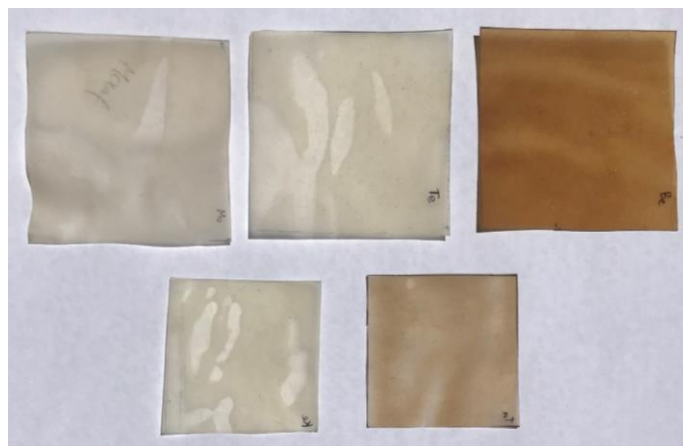
1. Ketebalan dan gramatur

Pada Gambar 3 dapat terlihat gramatur lembaran pati dan ketebalannya. Lembaran bengoang memiliki ketebalan yang terendah sedangkan ketebalan tertinggi diperoleh oleh lembaran ketan dengan ketebalan 0,35 mm. Nilai ketebalan berbanding lurus dengan gramatur lembaran. Dapat dilihat gramatur yang tertinggi juga diperoleh pada lembaran ketan dengan gramatur 420 gsm. Hal ini disebabkan dalam pengukuran gramatur, ketebalan berpengaruh terhadap gramatur yang diperoleh. Semakin tebal lembaran maka gramatur lembaran akan semakin tinggi.



Gambar 3. Gramatur dan Ketebalan Lembaran Pati

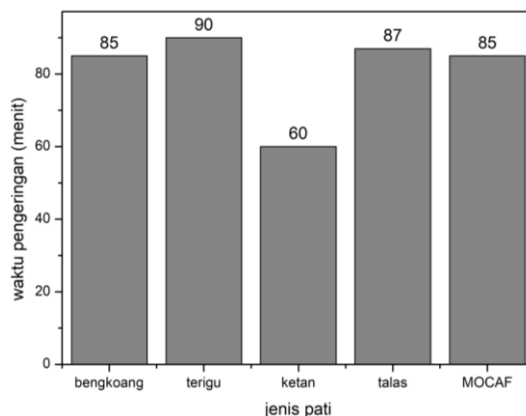
Hasil yang di peroleh lebih rendah dari beberapa penelitian terdahulu, seperti pada penelitian (Nandiyanto et al., 2020) yang menghasilkan bioplastik dengan ketebalan 1,70-3,00 mm dan (Sudhakar et al., 2021) yang memperoleh ketebalan 0,7-8 mm. Pengaruh tekanan selama proses pembuatan lembaran menyebabkan lembaran yang dihasilkan memiliki ketebalan yang lebih rendah. Tekanan akan menyebabkan deformasi pada lembaran dan proses pengurangan kelebihan air dengan menggunakan panas dapat menyebabkan lembaran yang dihasilkan lebih padat dan memiliki ketebalan yang lebih rendah. Gambar lembaran bioplastik dapat dilihat pada Gambar 4 dibawah ini.



Gambar 4. Lembaran Bioplastik dari Lime Jenis Pati. a (lembaran MOCAF), b (lembaran terigu), c (lembaran bengkoang), d (lembaran ketan), e (lembaran talas).

2. Waktu produksi lembaran pati

Pembuatan lembaran pati membutuhkan waktu yang berbeda (Gambar 5). Waktu tercepat diperoleh untuk lembaran dengan bahan baku tepung ketan dengan waktu 60 menit sedangkan waktu terlama diperoleh untuk lembaran pati terigu yang membutuhkan keseluruhan waktu untuk membuat lembaran 90 menit. Hasil yang di dapatkan lebih cepat jika dibandingkan dengan beberapa penelitian. Seperti pada penelitian (Pulungan et al., 2020) yang menggunakan waktu 5 jam untuk pengeringan bioplastik, (Arikan & Bilgen, 2019) memerlukan waktu 48 jam dalam proses pengeringan produk bioplastik. Penyerapan air oleh pati terjadi lebih besar pada pati yang memiliki amilosa yang lebih tinggi. Hal ini disebabkan oleh ikatan linier yang dimiliki oleh amilosa (Xu et al., 2021) yang dapat lebih cepat berikatan dengan molekul air, disamping itu pati dengan amilosa tinggi dapat lebih cepat menghilangkan air bebas.



Gambar 5. Lama Proses Pembuatan Lembaran Pati

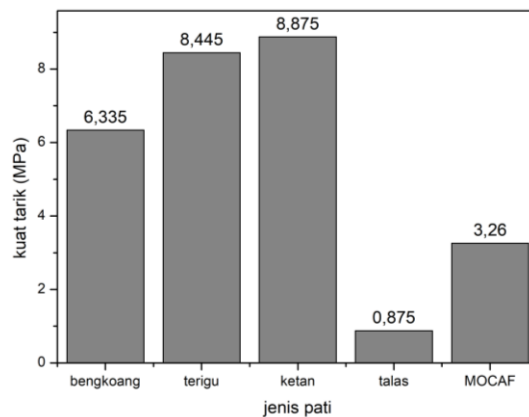
Perlakuan pengempaan berperan penting dalam pengeringan lembaran karena tekanan yang diberikan pada lembaran menyebabkan kelebihan air yang berada pada lembaran dapat berkurang lebih cepat. Selama proses press, panas dan tekanan menyebabkan air berpindah dari lembaran ke permukaan lembaran dan kemudian air akan terbebas ke atmosfer. Proses pengeringan yang umumnya dilakukan dalam proses pembuatan bioplastik adalah dengan cara casting dimana penguapan air dilakukan dalam suhu ruang. Hal ini membutuhkan waktu yang cenderung lama akibat air terikat yang berada pada bioplastik terikat secara kimia melalui ikatan hidrogen dan air bebas. Dengan menggunakan tekanan dengan suhu 80°C pada lembaran waktu yang dibutuhkan terbukti dapat lebih cepat.

3. Kuat tarik

Gambar 6 menampilkan nilai kuat tarik untuk lima jenis lembaran pati. Terdapat perbedaan nilai untuk masing-masing pati. Lembaran pati dengan bahan baku tepung ketan memiliki nilai kuat tarik yang tertinggi sebesar 8,87 MPa, sedangkan lembaran dengan nilai kuat tarik terendah diperoleh untuk pati dengan bahan baku pati talas, yaitu 0,87 MPa. Nilai kuat tarik untuk lima jenis lembaran pati yaitu lembaran tepung terigu dengan 8,45 MPa, lembaran tepung ketan 8,87 MPa, lembaran tepung talas 0,87 MPa, lembaran tepung bengkoang 6,34 MPa, dan lembaran MOCAF 3,26 MPa. Beberapa penelitian menggunakan pati-pati yang dipakai pada penelitian ini seperti Arifin et al., (2022) yang memperoleh nilai kuat tarik 1,781 MPa dengan menggunakan tepung ketan tanpa penambahan penguat, Shanmathy et al., (2021) memperoleh nilai kuat tarik berkisar 1,5 – 2 MPa untuk bioplastik dengan bahan baku pati talas, Puglia et al., (2016) memperoleh nilai kuat tarik berkisar 0,7-1,4 MPa dengan menggunakan 8 jenis tepung terigu, Wigati et al., (2022) memperoleh 3,11 MPa dengan menggunakan tepung bengkoang sebagai matriks bioplastik, dan Syamani et al., (2020) memperoleh 1,35 MPa dengan menggunakan MOCAF sebagai matriks dalam pembuatan bioplastik tanpa penambahan bahan penguat.

Dari beberapa hasil penelitian jika dibandingkan dengan studi yang dilakukan dapat dilihat bahwa dengan menggunakan metode pada studi ini di peroleh hasil kuat tarik yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan penelitian terdahulu dengan menggunakan metode *casting* dalam pembuatan

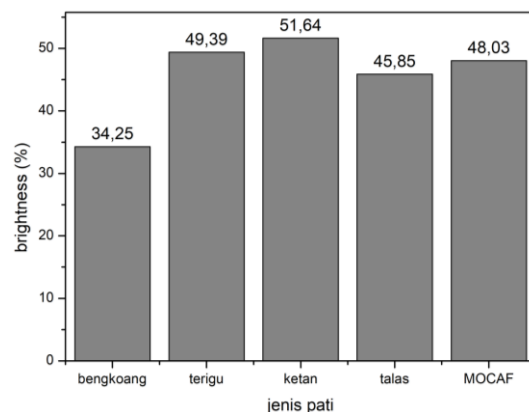
lembaran bioplastik. Kenaikan nilai kuat tarik juga disebabkan oleh kompleksitas lembaran akibat proses gelatinisasi. Dalam proses pembuatan bioplastik dengan menggunakan metode ini dilakukan dua kali gelatinisasi yang diawali dengan pre-gelatinisasi dan dilanjutkan dengan proses gelatinisasi lanjutan dengan pengempaan panas. Penggunaan alat kempa sebagai alat untuk proses gelatinisasi menggunakan panas diduga memperkuat kompleksitas dari lembaran yang dihasilkan akibat proses tekanan, seperti yang dinyatakan oleh (Abral et al., 2019) kompleksitas bioplastik terjadi akibat energi kinetik yang dihasilkan dalam proses pembuatan bioplastik.



Gambar 6. Kuat Tarik Lembaran dari 5 Jenis Pati

4. Brightness

Pada Gambar 7 terlihat bahwa derajat putih sampel berada di bawah 50%. Derajat putih lembaran terigu, ketan, talas, bengkoang, MOCAF adalah 49,39%, 51,64%, 45,85%, 34,25%, 48,03%, berturut-turut. Hal ini disebabkan oleh bahan baku yang digunakan memiliki warna gelap, yaitu pada tepung talas dan tepung bengkoang. Selain akibat bahan baku yang tidak berwarna putih, juga pemanasan selama proses gelatinisasi menggunakan panas juga memberikan efek *brownish* terhadap lembaran pati yang dihasilkan. Selama proses gelatinisasi juga terjadi proses evaporasi akibat tekanan yang digunakan pada alat kempa, hal ini dapat mengakibatkan panas dari plat besi bersentuhan langsung dengan lembaran dan menyebabkan terjadinya reaksi *browning* pada lembaran. Hal ini juga diperkuat oleh studi yang dilakukan oleh (Perez-Puyana et al., 2022) yang menyebutkan bahwa perlakuan panas juga menyebabkan reaksi maillard pada lembaran yang menyebabkan *browning* pada bioplastik.



Gambar 7. Brightness Lembaran Pati

KESIMPULAN

Proses pembuatan lembaran pati dengan beberapa jenis pati menghasilkan karakteristik lembaran pati yang berbeda. Penelitian ini menghasilkan bioplastik dengan waktu produksi yang lebih cepat. Waktu yang paling cepat diperoleh pada bioplastik dengan menggunakan tepung ketan yang membutuhkan waktu produksi 60 menit. Selain waktu produksi yang lebih cepat, bioplastik dengan

penambahan tepung ketan memperoleh kuat tarik yang tertinggi 8,87 MPa dan brightness 51,64%. Sedangkan ketebalan terkecil diperoleh pada bioplastik dengan menggunakan tepung bengkoang dengan ketebalan 0,28 mm. Berdasarkan hasil yang diperoleh dapat dinyatakan bahwa produksi lembaran dengan metode *microwave-pressing-cabiner dryer* dapat menghasilkan lembaran bioplastik dengan ketebalan yang lebih rendah, kuat tarik lebih tinggi, dan waktu produksi yang lebih pendek.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis ingin berterima kasih kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi, Indonesia untuk pendanaan riset program Pendidikan Magister Menuju Doktor untuk Sarjana Unggul (PMDSU) Batch V tahun 2020 (204/SP2H/PMDSU/DRPM/2020).

DAFTAR PUSTAKA

- Abral, H., Basri, A., Muhammad, F., Fernando, Y., Hafizulhaq, F., Mahardika, M., Sugiarti, E., Sapuan, S. M., Ilyas, R. A., & Stephane, I. (2019). A simple method for improving the properties of the sago starch films prepared by using ultrasonication treatment. *Food Hydrocolloids*, 93(January), 276–283. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.02.012>
- Arifin, U. F., Adetya, N. P., Pambudi, W., & Ratnaningsih, W. (2022). Quality Evaluation of Bioplastic from Glutinous Rice Starch Reinforced with Bamboo Leaf Powder. *CHEESA: Chemical Engineering Research Articles*, 5(2), 82. <https://doi.org/10.25273/cheesa.v5i2.14235.82-91>
- Asrofi, M., Sapuan, S. M., Ilyas, R. A., & Ramesh, M. (2020). Materials Today : Proceedings Characteristic of composite bioplastics from tapioca starch and sugarcane bagasse fiber : Effect of time duration of ultrasonication. *Materials Today: Proceedings*, xxx. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.07.254>
- Hazrati, K. Z., Sapuan, S. M., Zuhri, M. Y. M., & Jumaidin, R. (2021). Preparation and characterization of starch-based biocomposite films reinforced by *Dioscorea hispida* fibers. *Journal of Materials Research and Technology*, 15, 1342–1355. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2021.09.003>
- Ibrahim, M. I. J., Sapuan, S. M., Zainudin, E. S., & Zuhri, M. Y. M. (2019). Physical, thermal, morphological, and tensile properties of cornstarch-based films as affected by different plasticizers. *International Journal of Food Properties*, 22(1), 925–941. <https://doi.org/10.1080/10942912.2019.1618324>
- Kamaruddin, Z. H., Jumaidin, R., Ilyas, R. A., Selamat, M. Z., Alamjuri, R. H., & Yusof, F. A. M. (2022). Biocomposite of Cassava Starch-Cymbopogon Citratus Fibre: Mechanical, Thermal and Biodegradation Properties. *Polymers*, 14(3), 1–19. <https://doi.org/10.3390/polym14030514>
- Liu, Y., Liu, M., Zhang, L., Cao, W., Wang, H., Chen, G., & Wang, S. (2022). Preparation and properties of biodegradable films made of cationic potato-peel starch and loaded with curcumin. *Food Hydrocolloids*, 130(March), 107690. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.107690>
- Lusiana, S. W., Putri, D., Nurazizah, I. Z., & Bahrudin. (2019). Bioplastic Properties of Sago-PVA Starch with Glycerol and Sorbitol Plasticizers. *Journal of Physics: Conference Series*, 1351(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1351/1/012102>
- Mahardika, M., Abral, H., Kasim, A., Arief, S., Hafizulhaq, F., & Asrofi, M. (2019). Properties of cellulose nanofiber/bengkoang starch bionanocomposites: Effect of fiber loading. *Lwt*, 116(August). <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108554>
- Mustafa, P., Niazi, M. B. K., Jahan, Z., Samin, G., Hussain, A., Ahmed, T., & Naqvi, S. R. (2020). PVA/starch/propolis/anthocyanins rosemary extract composite films as active and intelligent food packaging materials. *Journal of Food Safety*, 40(1). <https://doi.org/10.1111/jfs.12725>
- Perez-Puyana, V., Cuartero, P., Jiménez-Rosado, M., Martínez, I., & Romero, A. (2022). Physical crosslinking of pea protein-based bioplastics: Effect of heat and UV treatments. *Food Packaging and Shelf Life*, 32(March). <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2022.100836>
- Puglia, D., Dominici, F., Kenny, J. M., Santulli, C., Governatori, C., Tosti, G., & Benincasa, P. (2016). Tensile Behavior of Thermoplastic Films from Wheat Flours as Function of Raw Material Baking Properties. *Journal of Polymers and the Environment*, 24(1), 37–47.

- <https://doi.org/10.1007/s10924-015-0745-4>
- Sani, I. K., Geshlaghi, S. P., Pirs, S., & Asdagh, A. (2021). Composite film based on potato starch/apple peel pectin/ZrO₂ nanoparticles/ microencapsulated Zataria multiflora essential oil; investigation of physicochemical properties and use in quail meat packaging. *Food Hydrocolloids*, 117(October 2020), 106719. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.106719>
- Shanmathy, M., Mohanta, M., & Thirugnanam, A. (2021). Development of biodegradable bioplastic films from Taro starch reinforced with bentonite. *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*, 2(November), 100173. <https://doi.org/10.1016/j.carpta.2021.100173>
- Syamani, F. A., Kusumaningrum, W. B., Akbar, F., Ismadi, Widyaningrum, B. A., & Pramasari, D. A. (2020). Characteristics of bioplastic made from modified cassava starch with addition of polyvinyl alcohol. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 591(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/591/1/012016>
- Wang, B., Sui, J., Yu, B., Yuan, C., Guo, L., Abd El-Aty, A. M., & Cui, B. (2021). Physicochemical properties and antibacterial activity of corn starch-based films incorporated with Zanthoxylum bungeanum essential oil. *Carbohydrate Polymers*, 254(August 2020), 117314. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.117314>
- Wang, B., Yan, S., Qiu, L., Gao, W., Kang, X., Yu, B., Liu, P., Cui, B., & Abd El-Aty, A. M. (2022). Antimicrobial Activity, Microstructure, Mechanical, and Barrier Properties of Cassava Starch Composite Films Supplemented With Geranium Essential Oil. *Frontiers in Nutrition*, 9(May), 1–8. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.882742>
- Wigati, L. P., Wardana, A. A., Tanaka, F., & Tanaka, F. (2022). Edible film of native jicama starch, agarwood Aetoxylon Bouya essential oil and calcium propionate: Processing, mechanical, thermal properties and structure. *International Journal of Biological Macromolecules*, 209(PA), 597–607. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.04.021>
- Yamada, M., Morimitsu, S., Hosono, E., & Yamada, T. (2020). Preparation of bioplastic using soy protein. *International Journal of Biological Macromolecules*, 149, 1077–1083. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.02.025>
- Zhang, C. wei, Nair, S. S., Chen, H., Yan, N., Farnood, R., & Li, F. yi. (2020). Thermally stable, enhanced water barrier, high strength starch bio-composite reinforced with lignin containing cellulose nanofibrils. *Carbohydrate Polymers*, 230(July 2019), 115626. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.115626>
- Zounggran, Y., Lynda, E., Dobi-brice, K. K., Tchirioua, E., Bakary, C., & Daniel, D. (2020). Journal of Environmental Chemical Engineering Influence of natural factors on the biodegradation of simple and composite bioplastics based on cassava starch and corn starch. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 8(5), 104396. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104396>