



POTENSI BIOPLASTIK DENGAN PENAMBAHAN AGEN ANTIBAKTERI SEBAGAI KEMASAN AKTIF RAMAH LINGKUNGAN

The Potential of Bioplastic with the Addition of Antibacterial Agent as Eco-Friendly Active Packaging

Chintya Nur Faridah

Program Studi Pendidikan Teknologi Agroindustri, Universitas Pendidikan Indonesia
chintyanurfaridah@upi.edu

ABSTRAK

Konsumsi dan produksi plastik yang tinggi menyebabkan penumpukan sampah plastik yang memiliki dampak negatif bagi lingkungan. Hal tersebut disebabkan plastik sulit terdegradasi. Salah satu alternatif solusi permasalahan ini adalah dengan menciptakan kemasan yang mudah terdegradasi, yaitu bioplastik. Kehilangan makanan telah menjadi permasalahan global, salah satu sebabnya adalah pembusukan akibat mikroba di sepanjang rantai pasok yang menyebabkan umur simpan produk berkurang. Kini tuntutan akan kemasan pangan yang memiliki fungsi aktif dibutuhkan demi menjamin keamanan pangan dan meningkatkan umur simpan produk yang dikemas, salah satunya adalah kemasan aktif antibakteri. Studi ini bertujuan untuk mengidentifikasi potensi bioplastik ramah lingkungan dengan penambahan agen antibakteri untuk menjadi kemasan aktif antibakteri. Metode yang digunakan dalam kajian ini adalah studi literatur. Hasil kajian menunjukkan adanya potensi pengembangan bioplastik antibakteri menggunakan bahan-bahan alami. Pengembangannya diharapkan dapat mengurangi penggunaan plastik konvensional dan mengurangi tingkat kehilangan makanan karena kontaminasi mikroba.

Kata kunci: antibakteri, bioplastik, kemasan aktif

ABSTRACT

The high rate of plastics consumption and production causes huge amount of plastic wastes which has negative impact to the environment. It is necessary to have food packaging that is environmentally friendly and easily degraded, namely bioplastic. In addition, food loss has become global issue, it caused by food spoilage because microbes along the supply chain processes that causes the decrease of shelf-life of product. Nowadays, the demands of food packaging that has active function is needed to ensure the food safety and maintaining the shelf-life of product. One of the alternative solution is antibacterial active packaging. This study aimed to identify the potential of bioplastic with the addition of antibacterial agent as eco-friendly active packaging. The method used in this study was literature review. The results showed the potential of the development of antibacterial bioplastic using natural resources. The development of bioplastics is expected to reduce conventional plastic use and reduce the rate of food loss that caused by microbe contamination.

Keywords : active packaging, antibacterial, bioplastic

PENDAHULUAN

Aplikasi penggunaan plastik telah banyak digunakan pada kemasan pangan (Sharma, et al., 2017). Di Indonesia, konsumsi masyarakat terhadap plastik mencapai 10 kg/kapita pertahun, konsumsi plastik yang tinggi menjadikan Indonesia sebagai negara kedua penghasil limbah plastik ke lautan (Jambeck et al., 2015). Plastik memiliki karakteristik sulit terdegradasi sehingga penumpukannya menyebabkan pencemaran lingkungan (Mandala, et al., 2020).

Salah satu alternatif solusi dalam mengatasi permasalahan sampah plastik adalah dengan menciptakan kemasan bioplastik. Bioplastik merupakan salah satu inovasi jenis plastik yang secara signifikan dapat mengurangi dampak lingkungan dari efek gas rumah kaca dan konsumsi energi dalam rangka mengatasi permasalahan plastik konvensional (Bilo, et al., 2018) karena bioplastik mudah terdegradasi (Hendri, 2017).

Pengembangan bioplastik terus dilakukan hingga hari ini. Bioplastik umumnya terbuat dari bahan baku pati yang dapat berasal dari makanan pokok atau pengganti makanan pokok (Swani, 2010). Selain pengembangan bahan baku yang digunakan, pengembangan fungsi aktif bioplastik terus dilakukan seperti penambahan fungsi aktif antimikroba dan antioksidan pada bioplastik (Gadhawe, et al., 2018)

Sebanyak 25% total produksi makanan global hilang disebabkan karena pembusukkan mikroba salah satunya karena bakteri (Bondi, et al., 2014 & Petruzzi, et al., 2017). Kerusakan tersebut menyebabkan perubahan fisik dan kimia yang tidak diinginkan terjadi pada makanan (Rorong dan Wilar, 2020). Sehingga kemasan aktif jenis baru seperti kemasan antibakteri yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri dibutuhkan untuk menjamin keamanan pangan dan meningkatkan masa simpan produk yang dikemas (Sung, et al., 2013). Salah satu aplikasinya adalah dengan menambahkan agen antibakteri pada bioplastik. Berbagai penelitian terdahulu telah membuktikan adanya potensi penambahan agen antibakteri pada bioplastik untuk menjadi kemasan aktif ramah lingkungan. Tujuan dari penelitian ini ialah untuk mengetahui potensi bioplastik antibakteri yang dapat dikembangkan menjadi salah satu kemasan aktif ramah lingkungan.

SAMPAH PLASTIK

Produksi plastik dunia mencapai 400 juta ton setiap tahunnya (Geyer, et al., 2017) dan konsumsi plastik dunia pada tahun 2015 mencapai 300 juta ton plastik (Mekonnen, et al., 2013). Plastik menjadi bahan yang paling umum digunakan sebagai bahan kemasan karena karakteristiknya yang tahan panas, ringan, mudah untuk dimodifikasi, memiliki kemampuan menahan gas dan air, serta harganya yang murah (Sharma, et al., 2017).

Kuantitas produksi dan konsumsi bioplastik yang tinggi menyebabkan penumpukan sampah plastik di lingkungan, sampah plastik yang sulit terdegradasi dapat mengontaminasi berbagai habitat alami darat, air tawar dan laut (Gadhawe, et al., 2018). Produksi dan konsumsi plastik memiliki beberapa permasalahan bagi lingkungan. Permasalahan pertama adalah berkurangnya lahan daratan karena peningkatan sampah plastik di daratan (Philp, et al., 2013). Permasalahan kedua yaitu pencemaran ekosistem lautan. Sampah plastik di perairan menyebabkan timbulnya mikroplastik yang dapat mengganggu rantai makanan jika mikroplastik masuk ke dalam tubuh hewan air yang biasa dikonsumsi manusia. Mikroplastik tersebut bersifat karsinogenik bagi organ tubuh manusia (Yuliana, 2021). Permasalahan ketiga adalah penanganan atau daur ulang sampah plastik yang masih rendah, pembakaran sampah plastik menyebabkan peningkatan emisi gas rumah kaca seperti karbondioksida dan metana yang berkontribusi terhadap perubahan iklim ekstrim dunia (Barker, 2010).

Pola produksi dan konsumsi plastik yang tinggi dan tidak disertai dengan penanganan yang tepat akan menyebabkan berbagai macam kerugian dan permasalahan hingga jangka panjang, mulai dari permasalahan lingkungan, ekonomi, hingga kesehatan manusia. Pencegahan penggunaan sampah plastik yang terlanjur masif penggunaannya tidak mudah, sehingga diperlukan adanya kemasan jenis lain sebagai alternatif pengganti plastik konvensional yang lebih ramah lingkungan.

FOOD LOSS

Food Loss atau kehilangan makanan dapat terjadi sepanjang rantai pasok. Setiap tahun terjadi kehilangan produksi sebanyak 1,3 miliar ton akibat kerusakan (Mugawimba & Tirivangsai, 2017). Kehilangan makanan atau bahan pangan yang terjadi akibat kerusakan dapat disebabkan oleh berbagai faktor, salah satunya adalah karena mikroorganisme. Mikroorganisme dapat berasal dari bahan pangan atau dari luar dan mengontaminasi sehingga menyebabkan perubahan fisik atau kimia (Rorong & Wilar, 2020). Kerusakan tersebut dapat memperpendek umur simpan bahan pangan dan meningkatkan resiko tidak terpakai sehingga terbuang, menjadi limbah pangan yang mencemari lingkungan dan memberi dampak kerugian secara ekonomi.

Mikroorganisme yang menyebabkan kerusakan bahan pangan dapat ditemui pada sepanjang rantai pasok. Produksi massal, rantai pasok global dan perubahan gaya hidup konsumen, dan adanya variasi pola konsumsi pangan menyebabkan resiko peningkatan jumlah bakteri penyebab pembusukan makanan dan penyakit (Mandala, et al., 2020). Kehilangan makanan karena mikroorganisme selain menyebabkan pencemaran lingkungan karena penumpukan limbah pangan juga berbahaya bagi kesehatan manusia, dapat menyebabkan infeksi hingga keracunan jika bahan pangan tersebut terkontaminasi oleh bakteri. Sehingga upaya pengurangan kehilangan bahan pangan sepanjang rantai produksi karena kontaminasi mikroorganisme menjadi hal yang penting untuk diperhatikan.

BIOPLASTIK

Bioplastik adalah polimer yang dapat terdegradasi dan terbuat dari polimer yang berasal dari sumber alami yang dapat diperbarui (Chen, 2014). Bioplastik dapat terdegradasi oleh mikroorganisme (El Kadi, 2010). Produksi global bioplastik terus berkembang, hal tersebut dikarenakan adanya perkembangan industri bioplastik dunia. Pada tahun 2020 total produksi bioplastik global mencapai 2,11 juta metrik ton dan diperkirakan akan meningkat menjadi 2,87 juta metrik ton pada tahun 2025 (STATISTA, 2021).

Bioplastik dapat menjadi generasi baru plastik yang mengurangi penggunaan bahan bakar fosil dalam produksinya dan mengurangi dampak buruk bagi lingkungan (Agustin & Padmawijaya, 2017). Bioplastik dapat menjadi sumber baru bagi bahan kemasan, khususnya kemasan pangan karena mulai adanya tuntutan dan kebutuhan akan kemasan pangan yang dapat terdegradasi. Pengembangan bioplastik menjadi kemasan pangan dapat menjadi strategi dalam menghadapi perkembangan teknologi yang berkelanjutan dari sisi lingkungan dan ekonomi (Mandala, et al., 2020)

Bioplastik dapat terbuat dari bahan polimer alam seperti pati, dengan penambahan bahan lain seperti selulosa (Merisiyanto & Johar, 2013). Diantara bahan-bahan alam yang dapat digunakan sebagai bahan baku bioplastik, pati merupakan bahan yang potensial karena murah dan ketersediannya melimpah (Arikan & Bilgen, 2019). Pati yang biasa digunakan berasal dari sumber makanan pokok atau pengganti makanan pokok seperti ubi kayu, kentang, dan jagung. Penggunaan bahan tersebut dapat mengganggu ketersediaan pangan di masa yang akan datang (Ramadhan & Nugraha, 2021) juga dapat menciptakan kompetitor pangan (Dhani, 2020). Oleh karena itu, diperlukan bahan baku pati yang berasal dari bahan yang tidak dikonsumsi masyarakat, salah satunya berasal dari limbah pangan.

Beberapa penelitian terdahulu telah membuktikan bahwa limbah pangan berpotensi menjadi bahan baku pembuatan bioplastik. Limbah pangan yang terbukti dapat diekstrak kandungannya dan dijadikan bahan baku pembuatan bioplastik diantaranya adalah kulit singkong (Fathanah, et al., 2013), kulit pisang (Chodijah, et al., 2019), kulit nanas (Chumee &

Khemmakama, 2014), biji durian (Ginting, et al., 2016)), biji nangka (Lubis, et al., 2017), biji alpukat (Ginting, et al., 2015), biji mangga (Lubis, 2020), dan biji cempedak (Santoso, 2019).

Proses pembuatan bioplastik dapat berbeda sesuai dengan bahan baku yang digunakan serta karakteristik bioplastik yang akan diproduksi. Pada umumnya proses pembuatan bioplastik diawali dengan persiapan bahan, lalu dilakukan ekstraksi bahan yang digunakan. Bahan yang diekstraksi pada pembuatan bioplastik adalah bahan yang berasal dari pati dan selulosa. Karakterisasi dari bioplastik adalah proses yang sangat penting untuk menghasilkan bioplastik dengan karakteristik yang diinginkan, pada tahap ini ditambahkan bahan tambahan lain yang mendukung peningkatan kualitas karakteristik dari bioplastik (Hagemann & D'Amico, 2009).

BIOPLASTIK ANTIBAKTERI SEBAGAI KEMASAN AKTIF

Dewasa ini dibutuhkan kemasan pangan yang memiliki karakteristik mekanik berupa ketahanan tarik, ketahanan panas, dan dapat terdegradasi. Selain itu, dibutuhkan kemasan pangan yang memiliki sifat aktif seperti antibakteri untuk menjamin keamanan pangan dan meningkatkan umur simpan (Mandala, et al., 2020).

Saat ini kemasan polimer dengan fungsi aktif antimikroba berkembang pesat, khususnya pada bidang industri pangan, kesehatan, dan obat. Kemasan antimikroba atau antibakteri dapat melindungi permukaan dari bahan yang dikemas dari mikroorganisme termasuk parasit, bakteri, kuman dan jamur sehingga menjadikan jenis kemasan seperti ini sebagai kemasan aktif yang menjanjikan (Agustin & Padmawijaya, 2017).

Agen antibakteri yang digunakan dapat berasal dari sumber alami yang memiliki spektrum aktivitas yang luas dalam melawan mikroorganisme patogen dan penyebab pembusukan bahan pangan (El Wakil, et al., 2015). Agen antibakteri tersebut dapat digabungkan dengan matriks polimer untuk memperoleh aktivitas antibakteri, seperti pada bioplastik (Fortunati, et al., 2013). Beberapa penelitian terdahulu telah membuktikan bahwa bioplastik dengan penambahan agen antibakteri dari berbagai sumber alami memiliki aktivitas antibakteri dalam menghambat pertumbuhan bakteri, sehingga bioplastik antibakteri menjadi sumber potensial dalam pengembangan kemasan aktif ramah lingkungan. Potensi bioplastik dengan penambahan agen antibakteri tersaji pada tabel 1.

Tabel 1. Potensi Bioplastik dengan Penambahan Agen Antibakteri

No	Bahan Baku Bioplastik	Sumber Agen Antibakteri	Aktivitas Antibakteri Bioplastik	Referensi
1.	Pati sagu	Ekstrak etanol daun sirih (Piper betle) yang mengandung senyawa aktif polifenol seperti tannin dan flavonoid.	Memiliki aktivitas antibakteri melawan <i>Bacillus cereus</i> dengan konsentrasi penambahan 2% (2 g/100 mL) dan menghasilkan zona hambat sebesar 44 mm dan 14,4 mm.	(Nasution dan Wulandari, 2021)
2.	Alginat	Ekstrak etanol daun basil yang mengandung senyawa metabolit	Memiliki aktivitas antibakteri melawan <i>Staphylococcus aureus</i> dengan zona	(Giyatmi, et al., 2021)

		sekunder seperti minyak esensial, flavonoid, alkaloid, saponin, fenol, dan tannin.	hambat 3,5 mm (konsentrasi 0,5%), 7,5 mm (konsentrasi 1%), dan 8,5 mm (konsentrasi 1,5%) dan terhadap <i>Escherichia coli</i> dengan zona hambat 3 mm (konsentrasi 1%) dan 8 mm (konsentrasi 1,5%).	
3.	PLA (polylactic acid)	Nano partikel kitosan	Memiliki aktivitas antibakteri terhadap <i>Escherichia coli</i> hingga 14,84% (0,07 CFU/mL) dan <i>Staphylococcus aureus</i> dengan aktivitas antibakteri mencapai 47,51% (0,28 CFU/mL)	(Kongkaoroptham, et al., 2021)
4.	Pati talas	Minyak atsiri lengkuas yang memiliki kandungan senyawa 1,8-cineol atau eucalyptol sebesar 22,63% yang bersifat antimikroba dan antifungi.	Memiliki aktivitas antibakteri terhadap bakteri <i>Escherichia coli</i> dengan zona hambat yang terbentuk sebesar 1,4 mm pada konsentrasi 1,25% (v/v)	(Handayani dan Nurzanah, 2018)
5.	Polivinil Alkohol + gliserol	Ekstrak etanol rambut jagung yang memiliki kandunfan senyawa fitokimia yaitu alkaloid dan flavonoid.	Memiliki aktivitas antibakteri dengan menghambat pertumbuhan pada bakteri <i>Escherichia coli</i> pada penambahan ekstrak konsentrasi 1%, 2%, dan 3% dengan rata-rata zona hambat yang terbentuk memiliki rata-rata 10,16 – 13,47 mm dan termasuk kedalam kategori kuat.	(Hestina, et al., 2021)
6.	Agaros-kitosan	Minyak serai dapur yang memiliki kandungan senyawa geranial sebagai antifungi	Memiliki aktivitas antibakteri dalam menghambat pertumbuhan bakteri <i>Morganella morganii</i>	(Amanda, et al., 2020)

		dan senyawa fenolik, terpen, α -citral, dan β -citral sebagai antibakteri.	(ditemukan pada produk ikan yang mempercepat pembusukan ikan) pada penambahan minyak serai dapur konsentrasi 1% dengan zona hambat sebesar 16 cm ² .	
7.	Pati ubi (yam)	Minyak cengkeh yang memiliki kandungan senyawa eugenol 54,9% dan acettaugenol.	Memiliki aktivitas antibakteri dalam menghambat pertumbuhan bakteri <i>Staphylococcus aureus</i> dengan zona hambat yang terbentuk sebesar 12 mm pada konsentrasi penambahan minyak cengkeh sebesar 1,5% pada bioplastik.	(Ulyarti, et al., 2021)
8.	Pati singkong dan campuran whey protein	Ekstrak etanol kulit rambutan dan minyak kayu manis (1:1)	Memiliki aktivitas antibakteri terhadap bakteri <i>Bacillus cereus</i> dengan rata-rata zona hambat sebesar 1,49 – 2,65 mm, terhadap <i>Escherichia coli</i> dengan rata-rata zona hambat antara 1,5 – 3,02 mm, dan terhadap <i>Staphylococcus aureus</i> dengan zona hambat berkisar 1,97 – 2,45 mm.	(Chollakup, et al., 2020)

KESIMPULAN

Bioplastik terbuat dari bahan alam yang dapat diperbarui, mudah terdegradasi sehingga aman bagi lingkungan. Penambahan agen antibakteri pada bioplastik dapat menciptakan kemasan aktif yang dapat menghambat pertumbuhan beberapa bakteri pembusuk bahan pangan. Pengembangan bioplastik antibakteri dapat mengurangi penggunaan plastik konvensional dan menurunkan risiko kehilangan makanan karena kerusakan dan pembusukan akibat bakteri.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, Y. E., & Padmawijaya, K. S. (2017). *Effect of Glycerol and Zinc Oxide Addition on Antibacterial Activity of Biodegradable Bioplastics from Chitosan-Kepok Banana Peel Starch*. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 223, p. 012046). IOP Publishing.
- Amanda, E. R., Nisyak, K., & Prasetya, Y. A. (2020). Pengembangan Bioplastik Antibakteri *Morganella morganii* Sebagai Kemasan Makanan. *Jurnal Kimia dan Kemasan*, 42(1), 29-36.
- Arikan, E. B., & Bilgen, H. D. (2019). Production of Bioplastic from Potato Peel Waste and Investigation of its Biodegradability. *International Advanced Researches and Engineering Journal*, 3(2), 93-97.
- Barker, T. (2010). *In Climate Change 2007: Mitigation, Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment, Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. USA: Cambridge University Press.
- Bilo, S., Pandini, L. Sartore, L. E., Depero, G., Garguilo, A. Bonassi, S. Federici, Bontempi. (2018). *Journal of Cleaner Production*, 3, 357-368.
- Bondi, M., Messi, P., Halami, P. M., Papadopoulou, C., de Niederhausern, S. (2014). *Emerging Microbial Concerns in Food Safety and New Control Measures*. Biomed Res. Int 2014
- Chen, Y. J. (2014). Bioplastics and their Role in Achieving Global Sustainability. *J. of Chem. And Pharm. Research*, 6(1), 226-231.
- Chodijah, S., Husaini, A., & Zaman, M. (2019). Extraction of Pectin from Banana Peels (*Musa paradisiaca formatypica*) for Biodegradable Plastic Films. *JPhCS*, 1167(1), 012061.
- Chollakup, R., Pongburoos, S., Boonsong, W., Khanonkon, N., Kongsin, K., Sothornvit, R., Sukyai, P., & Sukatta, U. (2020). Antioxidant and Antibacterial Activities of Cassava Starch and Whey Protein Blend Films Containing Rambutan Peel Extract and Cinnamon Oil for Active Packaging. *LWT-Food Science and Technology*, 130, 1-10.
- Chumee, J & Khemmakama, P. (2014). Carboxymethyl Cellulose from Pineapple Peel: Useful Green Bioplastic *Advan. Mater, Research*, 979, 366-369.
- Dhani, H. R. (2020). *Potensi Bioplastik Berbasis Pati Biji Nangka dengan Selulosa Sabut Kelapa sebagai Material Pengisi*. Skripsi. Departemen Kimia, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- El Kadi, S. (2010). *Bioplastic Production form Inexpensive Sources Bacterial Biosynthesis, Cultivation System, Production, and Biodegradability*. USA: VDM Publishing House.
- El-Wakil. N.A., Hassan, E. A., Abou-Zeid, R. E. & Dufrense, A. (2015). Development of Wheat Gluten/Nanocellulosa/Titanium Dioxide Nanocomposites for Active Food Packaging. *Carbohydrate Polymers*, 124, 337-346.
- Fortunati, E., Luzi, F., Puglia, D. (2013). Ternary PVA Nanocomposite Containing Cellulode Nanocrystals from Different Sources and Silver Particles: Part II. *Carbohydrate Polymers*, 97, 837-848.
- Fathanah, U., Lubis, M. R., Rosnelly, C. M., & Moulana, R. (2013). *Making and Characterizing Bioplastic from Cassava (Manihot utilissima) Peel Starch with Sorbitol as Plasticizer*. Proc. The 7th International Conf. of Chemical Engineering on Science and Appl.
- Gadhve, R. V., Abhijit, D., Prakash A, M., & Gadekar, P. (2018). Starch Based Bio-Plastics: The Future of Sustainable Packaging. *Open Journal of Polymer Chemistry*, 8, 21-33.
- Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2017). Production, Use, and Fate of All Plastics Ever Made. *Science Advances*, 3(7), e1700782.
- Ginting, M. H. S., Tarigan, F. R., & Singgih, A. M. (2015). Effect of Gelatinization Temperature and Chitosan on Mechanical Properties of Bioplastic from Avocado Seed Starch

- (Persea americana Mill) with Plasticizer Glycerol. *The Int. Journal of Engineering and Science*, 4, 36-43.
- Ginting, M. H. S., Kristiani, M., Amelia, Y., Hasibuan, R. (2016). The Effect of Chitosan, Sorbitol, and Heating Temperature Bioplastoc Solution on Mechanical Properties of Bioplastic from Durian Seed Starch (durion zibehinus). *Int. Journal of Engineering Res. And Appl*, 6, 33-38.
- Giyatmi, G., Irianto, H. E., Anggoro, B., Nurhayati, & Fransiska, D. (2020). Use of Basil Leaf Ethanol Extract in Alginate Base Edible Film. In Virtual Conference on Engineering, Science and Technology (ViCEST) (Vol;. 1933, p. 012001). IOP Publishing.
- Hagemann, R & D'Amico, D. (2009). *Bio-plastic Composite Material, Method of Making Same, and Method of Using Same*. (US 2009/0110654 A1)
- Handayani, R & Nurzanah, H. (2018). Karakteristik Edible Film Pati Talas dengan Penambahan Antimikroba dari Minyak Atsiri Lengkuas. *Jurnal Kompetensi Teknik*, 10(1), 1-11.
- Hendri, O. Z., Irdoni, & Bahrudin. (2017). Pengaruh Kadar Filler Mikrokristalin Selulosa dan Plasticizer terhadap Sifat Morfologi Bioplastik Berbasis Pati Sagu. *Jour. FTEKNIK*, 4(2).
- Hestina, Gultom, E., & Purwandari, V. (2021). Sintesis Bioplastik dengan Bahan Aktif Ekstrak Rambut Jagung (*Zea mays L.*). *Jurnal TEKENSOS*, 3(2), 97-105.
- Jambeck. (2015). Plastik Waste Inputs From Land Into The Ocean. *Science*, 347(6223), 768-771.
- Kongkaoroptham, P., Piroonpan, T., & Pasanphan, W. (2021). Chitosan Nanoparticles Based on Their Derivatives as Antioxidant and Antibacterial Additives for Active Bioplastic Packaging. *Carbohydrate Polymers*, 257, 1-17.
- Lubis, M., Harahap, M. B., Manullang, A., Ginting, M. H. S, & Sartika. (2017). Utilization Starch of Jackfruit Seed as Raw Material for Bioplastics Manufacturing Using Sorbitol as Plasticizer and Chitosan as Filler. *JPhCS*, 801(1), 012014.
- Lubis, M., Harahap, M. B., Ginting, M. H., Sebayang, A. T., Chandra, T., & Wangi, Y. (2020, December). *Mechanical, SEM and FTIR Caharacteristics of Bioplastics from Mango Seed Starch with Nanoparticle Zinc Oxide as Filler and Ethylene Glycol as Plasticizer*. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 1003, No. 1, p. 012122). IOP Publishing.
- Mandala, W. C. R., Saepudin, E., & Nizardo, N. M. (2020). *Effect of Addition of Antibacterial Compound From Kelor Leaves Extract (Moringan oleifera Lam) to Foodborne Pathogen Bacteria Activity on Crosslinked Bioplastik Poly(vinyl alcohol)/starch*. AIP Conference Proceedings 2242, proceeding of the ISCPMS 2019
- Merisiyanto, G., & Johar, L. (2013). Pengembangan Plastik Photobiodegradable Berbahan Dasar Umbi Ubi Jalar. *Jurnal Teknik Pomits*, 2(1).
- Nasution, H., & Wulandari, G. (2021). *The Effect of Betel (Piper betle) Leaf Extract as Antimicrobial Agent on Characteristics of Bioplastic Based on Sago Starch*. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 1122, p. 012098). IOP Publishing.
- Petruzzi, L., Corbo, M. R. Sinigaglia, M., Bevilacqua, A. (2017). Microbial Spoilage of Foods: Fundamentals, The Microbiological Quality of Food. *Woodhead Publishing*, 1-21.
- Philp, J. C., Ritchie, Guy, K. (2013). Biobased Plastics in a Bioeconomy. *Trend in Biotechnology*, 31(2), 65-67.
- Ramadhan, M. O., & Nugraha, J. F. (2021). Potensi Pati dari Limbah Biji Buah sebagai Bahan Bioplastik. *EDUFORTECH*, 6(1).

- Rorong, J. A. & Wilar, W. F. (2020). Keracunan Makanan Oleh Mikroba. *Techno Science Journal*, 2(2), 47-60.
- Santoso, A., Ambalinggi, W., & Niawanti, H. (2019). Pengaruh Rasio Pati dan Kitosan Terhadap Sifat Fisik Bioplastik dari Pati Biji Cempedak (*Artocarpus champeden*). *Jurnal Chemurgy*, 3(2), 8-11.
- Sharma, C., Manepalli, P. H., Thatte, A., Thomas, S., Kalarikkal, N. & Alavi, S. (2017). Biodegradable Starch/PVOH/Laponite RD-Based Bionanocomposite Films Coated with Graphene Oxide: Preparation and Performance Characterization for Food Packaging Applications. *Colloid and Polymer Science*, 295, 1695-1708.
- Sung, S. Y., et al., (2013) Antimicrobial Agents for Food Packaging Applications. *Trends in Food Science & Technology*, 33, 110-123.
- Swani, J. N. & Singh, B. (2010). *Bioplastics and Global Sustainability*. Plastic Research Online.
- Ulyarti, U., Lavlinesia, L., Surhaini, S., Siregar, N., Tomara, A., Lisani, L., & Nazarudin, N. (2021). Development of Yam-Starch-Based Bioplastics with the Addition of Chitosan and Clove Oil. *Makara Journal of Science*, 25(2), 91-97.
- Yuliana, N. D. (2021). *Kajian Dampak Mikroplastik di Sungai dan Air Minum terhadap Lingkungan Hidup dan Kesehatan Manusia*. Thesis. Institut Teknologi Sepuluh Noverber, Surabaya.