



Tinjauan Literatur: Plastik Antimikrobia Ramah Lingkungan Untuk Kemasan Makanan

Macarius Erwin Yuwono Kristanto¹, Rahmayetty², Alia Badra Pitaloka³

^{1,2,3}Sultan Ageng Tirtayasa University

Abstract

Received: 12 April 2023
Revised: 26 April 2023
Accepted: 13 Mei 2023

Plastic is a material that is widely used for the manufacture of various products. Plastic industrialization continues to be developed to meet human needs but this also has a negative impact. Plastic industrialization produces plastic waste which is a source of environmental damage. Plastic waste that can only decompose for a long time is not friendly and even becomes a threat to environmental sustainability. Departing from these problems, development, and research related to plastic products that are able to provide added value but are environmentally friendly are continuously carried out. One example of the development of bioplastics is the research and development of biodegradable plastics for food packaging which contain antimicrobial properties. The application of antimicrobials to biodegradable plastics can be an added value because environmentally friendly plastic packaging can simultaneously maintain and protect food from being easily damaged or spoiled. Various kinds of antimicrobial agents have been studied, especially regarding their respective abilities against bacteria which are a source of food spoilage. This study uses a literature study on bacteria regarding descriptions and explanations and antimicrobial ingredients derived from organic and inorganic materials that are not harmful to health.

Keywords: Biodegradable, antimicrobial, bioplastic.

(*) Corresponding Author: rahmayetty@untirta.ac.id

How to Cite: Kristanto, M. E., Rahmayetty, R., & Pitaloka, A. (2023). Tinjauan Literatur: Plastik Antimikrobia Ramah Lingkungan Untuk Kemasan Makanan. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 9(11), 40-50. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8062176>

PENDAHULUAN

Salah satu upaya untuk menciptakan lingkungan yang lebih sehat dan lestari adalah dengan mengurangi jumlah limbah baik dari limbah industri maupun limbah rumah tangga. Pengelolaan sampah melalui penggunaan bahan baku yang mudah didaur ulang terus dikembangkan. Plastik sebagai hasil perkembangan industri telah banyak digunakan dan merupakan salah satu penyumbang limbah yang cukup tinggi. Pada tahun 2020, Indonesia menghasilkan 33.133.277,69 ton sampah TPA. Hanya 15.167.553,06 ton atau sekitar 45,81% sampah yang dapat dikelola dan sebanyak 17,07% dari total sampah tersebut adalah plastik. Dalam laporan Rencana Aksi Nasional Indonesia (NPAP), 4,8 juta ton atau 70% dari seluruh sampah plastik di Indonesia tidak dapat dikelola dengan 9% sampah plastik berakhir di perairan dan laut Indonesia (Maskun et al., 2022).

Penggunaan plastik dalam jumlah yang besar dapat menimbulkan dampak negatif dan diharapkan dilakukan pengelolaan yang lebih baik dengan memberikan solusi dan langkah yang tepat dalam pengembangan plastik ke depan. Untuk mengatasi masalah sampah plastik yang tidak dapat diperbaharui, perlu dilakukan pengembangan plastik dari bahan baku yang dapat diperbaharui dan dapat terurai secara hayati. Penelitian tersebut menghasilkan penggunaan bioplastik yang lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan plastik konvensional, yaitu plastik yang

berasal dari minyak bumi, karena menghasilkan emisi gas rumah kaca yang lebih sedikit (Reddy et al., 2013). Pengembangan plastik yang sudah ramah lingkungan selanjutnya dapat ditingkatkan lebih lanjut dengan pengembangan penggunaan plastik biodegradable antimikroba yang bertujuan untuk memperpanjang masa kadaluwarsa pangan dan tetap menjaga kualitas pangan dalam kondisi baik.

METODE

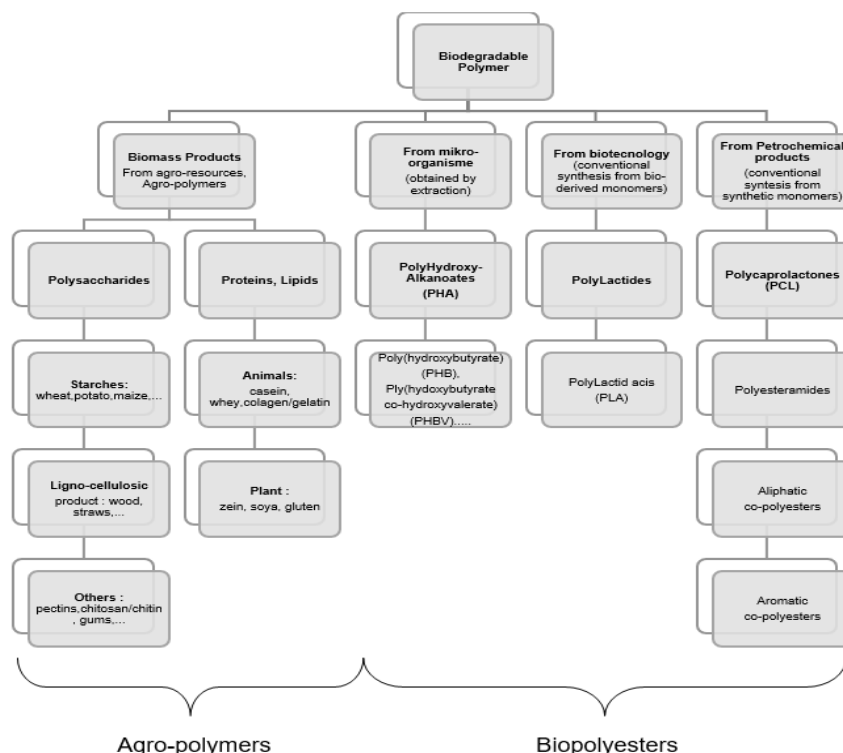
Penelitian ini menggunakan studi kepustakaan (library research). Dalam memperoleh data penelitian, peneliti mengumpulkan, menganalisis, mengorganisasi, sumber dari artikel, buku, penelitian terdahulu tentang Plastik Antimikrobia Ramah Lingkungan Untuk Kemasan Makanan. Tinjauan literatur, juga dikenal sebagai tinjauan pustaka, adalah kegiatan di mana karya akademis atau karya ilmiah lainnya yang diterbitkan sebelumnya tentang topik yang akan kita pelajari dievaluasi. menyeluruh. Dalam rangkaian prosedur penelitian, baik sebelum, selama, maupun setelah melakukan penyelidikan yang sebenarnya, dalam penelitian, evaluasi literatur umum biasanya diminta sebagai pengantar proposal penelitian atau laporan penelitian. Menyusun Evaluasi literatur setara dengan ringkasan hasil penelitian sebelumnya untuk mendapatkan pemahaman tentang topik atau masalah yang diteliti. Untuk mengatasi berbagai tantangan yang muncul saat memulai studi, berbagai faktor akan dianalisis secara bersamaan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Plastik Biodegradable

Plastik biodegradable dapat terdegradasi oleh mikroorganisme seperti bakteri, alga, jamur dan lain-lain (Kumar et al., 2010). Masalah utama dari plastik berbasis minyak bumi konvensional adalah tahan terhadap degradasi sehingga sulit untuk dihilangkan dari lingkungan. Sampah plastik juga memiliki titik leleh yang rendah sehingga sulit dibersihkan dari kotoran sehingga kualitas plastik hasil daur ulang cenderung lebih rendah dari sebelumnya (Wijayanti et al., 2016).

Bioplastik dapat dibuat dari berbagai sumber dan bahan, seperti selulosa, pati jagung, pati kentang, tebu, gulma, rami dan sebagainya. Bio-nanokomposit yang paling banyak dipelajari dalam aplikasi pengemasan adalah turunan pati dan selulosa, Polylactid acid (PLA), Polycaprolactone (PCL), Polybutylene succinate (PBS) dan Polyhidroksibutyrat (PHB). Polimer biodegradable diklasifikasikan menjadi dua kelompok, yaitu kelompok Agro-polimer dan kelompok Biopolyester. Agropolimer berasal dari biomassa seperti agropolimer dari sumber daya pertanian (misalnya, pati atau selulosa) dan polimer yang diperoleh dari produksi mikroba seperti polihidroksialkanoat (PHA). Kelompok Biopolyester terdiri dari polimer yang disintesis secara konvensional dan kimiawi dari monomer yang diperoleh dari sumber agro, misalnya polylactic acid (PLA) dan polimer yang diperoleh dari sumber daya fosil, meskipun sumber daya fosil tidak dapat diperbarui (Averous & Pollet, 2012). Klasifikasi biodegradable dapat dilihat pada Gambar 1.

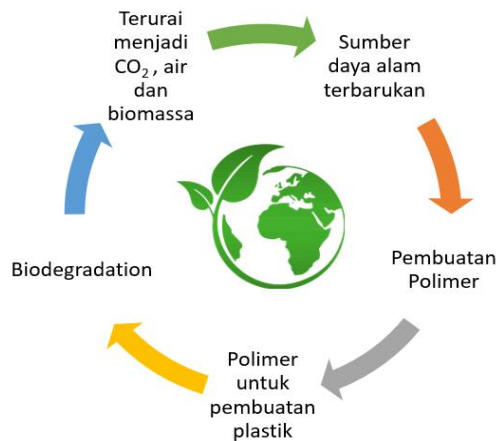


Gambar 1. Klasifikasi Polimer Biodegradable (Avérous & Pollet, 2012).

Plastik terdegradasi karena beberapa faktor seperti perubahan fisik, atau kimiawi pada polimer karena faktor lingkungan seperti cahaya, panas dan kelembaban serta aktivitas biologis. (Maheshwari et al., 2013). Beberapa istilah yang sering dijumpai adalah:

- 1) Degradable: Kemampuan untuk memecah menjadi bagian-bagian yang lebih kecil. Produk kemasan yang dapat terurai secara hayati tidak akan terurai menjadi komponen organik alaminya, tetapi hanya menjadi potongan-potongan kecil dari produk aslinya.
- 2) Biodegradable: Dapat terdegradasi secara biologis, awalan "bio" menunjukkan cara suatu produk akan terdegradasi, yaitu melalui proses biologis, bakteri, jamur, dll. Produk tersebut akan diuraikan oleh mikroorganisme alami menjadi karbon dioksida, air dan biomassa menjadi limbah ramah lingkungan yang dapat terurai secara biologis.
- 3) Compostable: Dapat dikomposkan, produk terurai dalam jangka waktu 4 sampai 6 bulan menjadi sampah yang dapat dikomposkan.

Secara umum, polimer biogreadeable mampu bertahan selama 4 sampai 5 bulan dengan diendapkan di dalam tanah. Hal ini terjadi karena struktur molekul bahan baku yang berbentuk kristal sehingga lebih rapuh dan mudah terdegradasi (Mostafa et al., 2010). Selama proses degradasi, karbon dioksida yang dihasilkan dilepaskan ke atmosfer dan membentuk siklus tertutup dengan melalui tahapan yang berbeda dan ketika bioplastik terurai, tanaman mengambil karbon dioksida mereka dan kemudian melepaskannya kembali ke bumi.



Gambar 2. Siklus Bioplastik Biodegradable

Kategori polimer yang dapat diperbarui antara lain: 1. Polimer yang berasal langsung dari tumbuhan, seperti polisakarida (pati dan selulosa), protein (kasein, gluten, gandum). 2. Polimer yang berasal dari proses sintesis kimia berbasis bahan biologis berupa monomer hasil fermentasi senyawa hidrokarbon, seperti biopoliester asam laktat. 3. Polimer yang diproduksi GMO (Genetic Modified Organisms; bakteri), misalnya: polihidroksi isobutirat, hidroksi isobutirat (HB) (Petersen et al., 1999).

2. Industri Kemasan Makanan

Pengemasan merupakan alat yang sangat penting dalam industri pangan karena fungsinya sebagai tempat pelindung dari panas, cahaya dan debu yang dapat merusak makanan, maka diperlukan kemasan yang murah, kuat, fleksibel, mudah digunakan dan mampu untuk melindungi makanan dari pembusukan. Pasar kemasan makanan global pada tahun 2019 diperkirakan sebesar USD 300 miliar dengan prediksi kenaikan sebesar 5,2% setiap tahunnya (Motelica et al., 2020), hal ini membuat industri kemasan bioplastik sangat menjanjikan di masa depan.



Gambar 3. Bahan berdasarkan Sumber dan Metode Produksi (Weber et al., 2002)

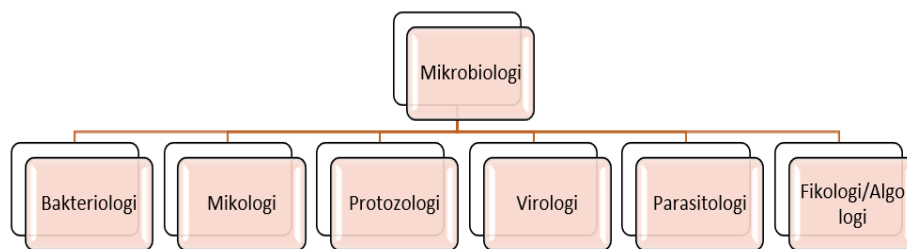
Plastik kemasan berbasis bio memberikan alternatif yang baik untuk mengatasi masalah keberlanjutan dan ramah lingkungan terkait dengan produksi,

pemakaian dan pembuangan limbah plastik yang tidak dapat terurai dan tidak terbarukan. Selain itu kemasan berbasis bio menjadi cara untuk menggabungkan senyawa bioaktif seperti antimikroba, antioksidan, antijamur, rasa, warna dan nutrisi untuk meningkatkan kualitas dan memperpanjang umur simpan produk (Morán et al., 2013). Dalam kemasan makanan, penekanan utama adalah pengembangan sifat penghalang terhadap difusi oksigen, karbon dioksida, senyawa rasa, dan uap air (Rhim et al., 2013).

3. Kemasan Makanan Antimikroba

3.1 Mikroba perusak makanan

Mikroorganisme atau mikroba atau jasad renik adalah kelompok organisme yang bisa diamati dengan menggunakan alat mikroskop. Keberadaan mikroorganisme atau mikroba berada dimana-mana hal ini dapat kita temukan di udara, di dalam air, di tanah, dan debu, selain itu dapat juga kita temukan pada makanan, selaput lendir dan kulit dalam jaringan tubuh manusia (Munir, 2006).



Gambar 4. Klasifikasi Mikrobiologi

Mikroba dapat menyebabkan kerusakan makanan dan keracunan bagi manusia yang mengkonsumsi. Namun demikian, mikroba juga merupakan agen bioproses yang dapat meningkatkan nilai gizi suatu bahan pangan. Sebagai sumber makanan mikroorganisme, maka bahan makanan dapat menyebabkan perubahan fisik atau kimia yang tidak diinginkan sehingga bahan makan tersebut sudah tidak layak untuk dikonsumsi dan biasanya terjadi pembusukan pada bahan makanan, dengan demikian bahan makanan dapat menjadi perantara pertumbuhan mikroorganisme patogenik dan organisme lain penyebab penyakit (Siagian, 2002). Pertumbuhan mikroba yang cepat membutuhkan kondisi yang sesuai seperti nutrisi, pH, suhu dan kadar air dalam bahan pangan sehingga mikroba pembusuk akan merusak makanan dan dapat menghasilkan racun (Djaafar & Rahayu, 2007).

Makanan yang kita konsumsi sebaiknya mendapatkan pengamanan dari cemaran pangan yang berbahaya, baik dari cemaran biologis (bakteri patogenik, parasit, cacing, virus, kapang/cendawan, dan riketsia), kimiawi (mikotoksin, cemaran logam berat, dan residu antibiotika) dan fisika (serpihan kaca, potongan kayu, logam, batu, rambut, benang, dll) yang dapat membahayakan kesehatan manusia (Schmidt et al., 2003). Pencemaran pangan dapat terjadi pada saat produksi, pendistribusian dan pada saat dikonsumsi, terjadinya pencemaran juga dapat dari lingkungan melalui air, tanah dan udara (Flint et al., 2005; Todd et al., 2009).

Kondisi badan yang sakit yang disebabkan oleh cemaran pada makanan dikenal dengan istilah *foodborne diseases*. Gejala yang sering terjadi akibat penyakit *foodborne diseases* adalah sakit perut, diare, mual, muntah, demam dan sakit kepala, dimana diare sendiri terjadi akibat infeksi bakteri (Nurmawati et al., 2019). Namun bakteri yang mencemari makanan dan masuk ke dalam tubuh tidak semua menyebabkan penyakit. Kejadian *foodborne diseases* dapat ditentukan oleh virulensi bakteri dan respon sistem kekebalan tubuh (Sari, 2017). Bakteri penyebab *foodborne diseases* antara lain *Salmonella*, *Campylobacter*, *Shigella*, *E. coli*, *Vibrio*, *Yersinia*, *Staphylococcus* dan *Listeria*. Selain itu *foodborne disease* juga dapat berasal dari virus seperti Norovirus dan parasit seperti *Giardia*, *Taenia*, *Cyclospora* dan *Toxoplasma* (Huang et al., 2019; Todd et al., 2008).

Tabel 1. Sumber mikroorganisme patogen dalam makanan (Siagian, 2002)

No	Mikroorganisme	Makanan
1	<i>Escherichia coli</i>	Berbagai makanan yang masih mentah
2	<i>Salmonella</i>	Daging peternakan dan daging unggas mentah, susu segar dan telur
3	<i>Clostridium perfringens</i>	Daging ternak dan daging unggas, makanan kering, rempah-rempah, rempah-rempah, sayuran
4	<i>Yersinia enterocolitica</i>	Ternak mentah dan daging unggas, produk daging olahan, susu dan produk susu dan sayuran
5	<i>Campylobacter jejuni</i>	Daging peternakan mentah dan daging unggas, susu segar atau susu yang diolah tetapi kurang panas, air yang tidak diolah
6	<i>Listeria monocytogenes</i>	Daging ternak, daging unggas, produk susu, sayuran dan kerang
7	Virus	Kerang mentah, makanan dingin yang ditangani oleh orang yang terkena infeksi
8	<i>Streptococcus</i>	Susu, es krim, telur, lobster, salad kentang, salad telur
9	<i>pyogenes</i>	custard, puding dan makanan yang mengandung telur

Mengonsumsi makanan yang segar saat ini lebih menarik dibandingkan dengan bahan pangan yang diawetkan, hal ini memberi kesempatan mikroorganisme untuk mengkontaminasi saluran pencernaan bila bahan pangan segar tersebut tidak diolah dengan baik. Tahapan pengolahan bahan pangan dilakukan dengan higienis, dan diperlukan juga alat pengemas yang mendukung keamanan bahan pangan tersebut saat penyimpanan dan distribusi. Untuk melindungi makanan dari cemaran tersebut maka dibutuhkan suatu alat pelindung yang mampu menghindari kontaminasi makanan. Bioplastik biodegradabel dengan antimikroba merupakan kemasan yang sesuai dalam keamanan pangan, kemasan ini meningkatkan fase latensi dan mengurangi pertumbuhan mikroorganisme, meningkatkan kualitas serta keamanan pangan sehingga memastikan umur simpan yang lebih lama (Jayasena & Jo, 2013; Shruthy et al., 2021; Szabo et al., 2020).

3.2 Mekanisme penggunaan antimikroba agent

Plastik adalah senyawa dengan beberapa jenis aditif seperti stabilisator, pewarna, dan bahan pembantu pemrosesan, yang memengaruhi dan mengoptimalkan kemampuan proses dan sifat produk akhir. Bahan plastik biodegradabel yang banyak digunakan dalam beberapa tahun terakhir adalah dengan menggunakan campuran pati biasanya dengan Thermo Plastic Starch

(TPS) hal ini telah berhasil digunakan dalam campuran dengan berbagai polimer biodegradable yang dapat terbentuk dengan sendirinya (L. Yu et al., 2006). Dalam campuran TPS dipakai juga sebagai plastik hemat biaya, terutama dalam industri pengemasan makanan (Meinander et al., 1997; Shibata et al., 2003).

Dalam pengemasan makanan yang telah dimodifikasi dengan penambahan zat aktif untuk penyimpanan yang baik, maka perlu perlakuan dalam penerapan yang sesuai dalam mengemasnya. Metode pengemasan antimikroba dapat dilakukan dengan berbagai cara seperti; Pertama, bahan pengemas kontak langsung antara permukaan antimikroba dan makanan yang diawetkan, di mana zat aktif dapat bermigrasi ke dalam makanan, digunakan untuk makanan yang dibungkus foil atau di vakum. Kedua, dengan memiliki agen antimikroba di dalam kemasan, tetapi tidak bersentuhan langsung dengan makanan, dan dapat disebut kemasan dengan dimodifikasi atmosfer atau Modified Atmosphere Packaging (MAP) (Fang et al., 2017; Kerry et al., 2006; Realini & Marcos, 2014; Yildirim et al., 2018).

Antimikroba dapat merusak metabolisme bakteri yang merugikan untuk mematikan dan mengganggu pertumbuhan bakteri. Beberapa jenis minyak atsiri pada minyak kenanga, pala, cengkeh, sereh dapur dan lainnya mampu menghambat pertumbuhan bakteri (Aisyah et al., 2016). Sedangkan salah satu mekanisme antimikroba pada Logam Oksida seperti CaO dan MgO disebabkan oleh pembentukan superoksida pada permukaan partikel-partikelnya dan peningkatan nilai pH oleh hidrasi CaO dan MgO dengan air. Menurut laporan, nanopartikel MgO merusak membran sel dan kemudian menyebabkan kebocoran isi intraseluler yang pada gilirannya menyebabkan kematian sel bakteri (Dizaj et al., 2014).

3.3 Antimicrobial Agents

Kemasan makanan memiliki fungsi utama untuk menjaga kualitas dan keamanan produk makanan selama penyimpanan dan transportasi serta memperpanjang umur simpan produk makanan dengan mencegah kondisi yang tidak menguntungkan seperti pembusukan karena mikroba, kontaminan chemical, oksigen, kelembaban, cahaya, kekuatan eksternal, dan selain sifat dasar bahan kemasan seperti sifat mekanik, optik, dan termal (Brody et al., 2008; Marsh & Bugusu, 2007). Bahan pengemas aktif makanan yang memiliki masa depan yang baik adalah pengemas antimikroba, yang dibuat dengan memasukkan agen antimikroba sintetik atau alami ke dalam lembar kemasan atau langsung melapisinya pada makanan (Joerger, 2007). Tetapi, dengan melapisi antimikroba memiliki beberapa kelemahan: Pertama, dengan disemprotkan atau diteteskan agen antimikroba pada makanan tidak memiliki aktivitas yang efektif karena difusi yang cepat dari agen antimikroba dan adanya reaksi agen mikroba tersebut terhadap makanan (Quintavalla & Vicini, 2002). Kedua, penambahan agen ini dapat mempengaruhi rasa makanan, agen antimikroba dapat berinteraksi dengan permukaan untuk mencegah pertumbuhan mikroba pada makanan (Gharsallaoui et al., 2015). Beberapa penelitian tentang agen antimikroba yang diterbitkan dalam beberapa referensi dapat dilihat pada daftar literatur berbagai agen antimikroba pada Tabel 2.

Tabel 2. Beberapa literatur tentang agen antimikroba

Keterangan	Literatur
clay nanoparticles (cloisite, montmorillonite, bentonite)	(de Araújo et al., 2018; Nouri et al., 2018; Salmas et al., 2020)
oxide nanoparticles (ZnO, TiO ₂ , CuO, etc.)	(Oprea et al., 2014; Siripatrawan & Kaewklin, 2018; Vasile et al., 2014)
metal nanoparticles (Ag, Cu, bimetal, etc.)	(Arfat et al., 2017; Palza, 2015; Pica et al., 2012)
Extra natural (essential oil or hydrophilic extract)	(Lacatusu et al., 2015, 2016; Yahaya et al., 2019)
natural antimicrobials (nisin, pediocin, antibiotics, etc.)	(Huang et al., 2019; Liang & Wang, 2018; H. H. Yu et al., 2020)
biopolymers (Chitosan)	(Deng et al., 2020; Gingasu et al., 2018; Nguyen et al., 2020)
enzymes (lysozyme, peroxidase)	(Galante et al., 2018; Mirabelli et al., 2018; Sofi et al., 2018)
synthetic antimicrobial agent (including synthetic antibiotics)	(Avramescu et al., 2020)

Selain itu sudah dilakukan beberapa penelitian tentang kemasan antimikroba dengan berbagai referensi yang sudah diterbitkan seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Beberapa penelitian pengemasan antimikroba yang telah dilakukan

Agen antimikroba	Makanan	Bahan kemasan	Referensi
Glycerol monolaurat	Salmon	PLA	(Ma et al., 2018)
<i>Mentha piperita</i> , <i>Bunium pericum</i>	Daging giling	PLA/NC	(Talebi et al., 2018)
AgNPs	Strawberry	PLA	(Zhang et al., 2018)
Grape seed extract	fish fillet	Chitosan	(Hassanzadeh et al., 2018)
Carvacrol	Udang	Chitosan	(Wang et al., 2018)
Ginger oil	Unggas	Chitosan	(Pires et al., 2018; Souza et al., 2018)
Satureja plant oil	Daging Domba	Chitosan	(Pabast et al., 2018)
<i>Mentha spicata</i> oil	Tomat	Chitosan/CMC	(Shahbazi, 2018)
<i>Monolaurin</i>	Keju	Cellulose/Chitosan	(Lotfi et al., 2018)
Gallic acid	Ham	Chitosan/starch	(Zhao et al., 2018)
Clove leaf oil	Keju	Starch	(Yang et al., 2018)
ZNO/Clove Oil	Udang	Gelatin	(Ejaz et al., 2018)

Dengan berkembangnya dan banyaknya penelitian tentang kemasan bahan makanan antimikroba diharapkan dapat memberikan dorongan untuk melangkah ke tahap komersial selanjutnya dengan penelitian yang lebih mendalam.

KESIMPULAN

Proses rantai makanan mulai dari produksi, distribusi, dan penyimpanan hingga sampai ke tangan konsumen dapat menimbulkan pencemaran yang menurunkan kualitas makanan tersebut. Beberapa langkah antisipatif untuk

mencegah kontaminasi telah dilakukan, salah satunya dengan penggunaan kemasan antimikroba pada makanan. Beberapa poin kunci yang dapat disimpulkan dalam ulasan ini antara lain: 1). Bahan pangan meskipun dalam pengolahannya sudah dilakukan dengan hyginies namun perlu di jaga kualitasnya agar tetap dalam kondisi yang baik sampai dikonsumsi. 2). Pencemaran bahan pangan dapat terjadi baik secara biologis (bakteri patogenik, parasit, cacing, virus, kapang/cendawan, dan riketsia), kimiawi (mikotoksin, cemaran logam berat, dan residu antibiotika) dan fisika (serpihan kaca, potongan kayu, logam, batu, rambut, benang, dll) yang berujung pada kesehatan konsumennya. 3). Bioplastik biodegradable yang mengandung bahan antimikroba memberikan solusi untuk menghindari cemaran yang dapat mempengaruhi kualitas bahan pangan. Penggunaan bioplastik biodegradable ini sangat direkomendasikan karena pengemas ini ramah lingkungan.

Demikian tinjauan kemasan bioplastik dengan kandungan antimikroba ini telah memberikan gambaran bahwa teknologi kemasan bahan pangan dapat memberikan kontribusi positif baik bagi kesehatan manusia maupun kelestarian lingkungan. Diharapkan semakin banyak penelitian yang dapat dilakukan semakin mengembangkan teknologi ramah lingkungan untuk masa depan yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Aisyah, Y., Haryani, S., & Maulidya, R. (2016). Pengaruh Jenis Bunga Dan Waktu Pemetikan Terhadap Sifat Fisikokimia Dan Aktivitas Antibakteri Minyak Atsiri Bunga Kenanga (*Cananga Odorata*). *Jurnal Teknologi Dan Industri Pertanian Indonesia*, 8(2), 53. <https://doi.org/10.17969/Jtipi.V8i2.6398>
- Arfat, Y. A., Ejaz, M., Jacob, H., & Ahmed, J. (2017). Deciphering The Potential Of Guar Gum/Ag-Cu Nanocomposite Films As An Active Food Packaging Material. *Carbohydrate Polymers*, 157, 65–71. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.09.069>
- Avérous, L., & Pollet, E. (2012). Biodegradable Polymers. *Green Energy And Technology*, 50, 13–39. https://doi.org/10.1007/978-1-4471-4108-2_2
- Avramescu, S. M., Butean, C., Popa, C. V., Ortan, A., Moraru, I., & Temocico, G. (2020). Edible And Functionalized Films/Coatings-Performances And Perspectives. In *Coatings* (Vol. 10, Issue 7). Mdpi Ag. <https://doi.org/10.3390/Coatings10070687>
- Brody, A. L., Bugusu, B., Han, J. H., Sand, C. K., & Mchugh, T. H. (2008). Innovative Food Packaging Solutions. In *Journal Of Food Science* (Vol. 73, Issue 8). <https://doi.org/10.1111/J.1750-3841.2008.00933.X>
- De Araújo, M. J. G., Barbosa, R. C., Fook, M. V. L., Canedo, E. L., Silva, S. M. L., Medeiros, E. S., & Leite, I. F. (2018). Hdpe/Chitosan Blends Modified With Organobentonite Synthesized With Quaternary Ammonium Salt Impregnated Chitosan. *Materials*, 11(2). <https://doi.org/10.3390/Ma11020291>
- Deng, Z., Wang, T., Chen, X., & Liu, Y. (2020). Applications Of Chitosan-Based Biomaterials: A Focus On Dependent Antimicrobial Properties. In *Marine Life Science And Technology* (Vol. 2, Issue 4, Pp. 398–413). Springer. <https://doi.org/10.1007/S42995-020-00044-0>

- Dizaj, S. M., Lotfipour, F., Barzegar-Jalali, M., Zarrintan, M. H., & Adibkia, K. (2014). Antimicrobial Activity Of The Metals And Metal Oxide Nanoparticles. In *Materials Science And Engineering C* (Vol. 44, Pp. 278–284). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2014.08.031>
- Djaafar, T. F., & Rahayu, S. (2007). *Cemaran Mikroba Pada Produk Pertanian, Penyakit Yang Ditimbulkan Dan Pencegahannya*.
- Ejaz, M., Arfat, Y. A., Mulla, M., & Ahmed, J. (2018). Zinc Oxide Nanorods/Clove Essential Oil Incorporated Type B Gelatin Composite Films And Its Applicability For Shrimp Packaging. *Food Packaging And Shelf Life*, 15, 113–121. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2017.12.004>
- Fang, Z., Zhao, Y., Warner, R. D., & Johnson, S. K. (2017). Active And Intelligent Packaging In Meat Industry. In *Trends In Food Science And Technology* (Vol. 61, Pp. 60–71). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.01.002>
- Flint, J. A., Angulo, F. J., Van Duynhoven, Y. T., Angulo, F. J., Delong, S. M., Braun, P., Kirk, M., Scallan, E., Fitzgerald, M., Adak, G. K., Sockett, P., Ellis, A., Hall, G., Gargouri, N., Walke, H., & Braam, P. (2005). Directorate For Disease Control, Ministry Of Health, Jordan; 13 Foodborne Disease Surveillance, Emerging Public Health Risks Including Drug Resistance, Communicable Diseases Surveillance And Response, World Health Organization. In *Clinical Infectious Diseases* (Vol. 41). <http://cid.oxfordjournals.org/>
- Galante, Y. M., Merlini, L., Silveti, T., Campia, P., Rossi, B., Viani, F., & Brasca, M. (2018). Enzyme Oxidation Of Plant Galactomannans Yielding Biomaterials With Novel Properties And Applications, Including As Delivery Systems. In *Applied Microbiology And Biotechnology* (Vol. 102, Issue 11, Pp. 4687–4702). Springer Verlag. <https://doi.org/10.1007/s00253-018-9028-z>
- Gharsallaoui, A., Joly, C., Oulahal, N., & Degraeve, P. (2015). *Nisin As A Food Preservative: Part 2: Antimicrobial Polymer Materials Containing Nisin*.
- Gingas, D., Mindru, I., Patron, L., Ianculescu, A., Vasile, E., Marinescu, G., Preda, S., Diamandescu, L., Oprea, O., Popa, M., Saviuc, C., & Chifiriuc, M. C. (2018). Synthesis And Characterization Of Chitosan-Coated Cobalt Ferrite Nanoparticles And Their Antimicrobial Activity. *Journal Of Inorganic And Organometallic Polymers And Materials*, 28(5), 1932–1941. <https://doi.org/10.1007/s10904-018-0870-3>
- Hassanzadeh, P., Moradi, M., Vaezi, N., Moosavy, M.-H., Mahmoudi, R., & Dvm, M. M. (2018). *Effects Of Chitosan Edible Coating Containing Grape Seed Extract On The Shelf-Life Of Refrigerated Rainbow Trout Fillet*.
- Huang, T., Qian, Y., Wei, J., & Zhou, C. (2019). Polymeric Antimicrobial Food Packaging And Its Applications. In *Polymers* (Vol. 11, Issue 3). Mdp Ag. <https://doi.org/10.3390/polym11030560>
- Jayasena, D. D., & Jo, C. (2013). Essential Oils As Potential Antimicrobial Agents In Meat And Meat Products: A Review. In *Trends In Food Science And Technology* (Vol. 34, Issue 2, Pp. 96–108). <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2013.09.002>

- Joerger, R. D. (2007). Antimicrobial Films For Food Applications: A Quantitative Analysis Of Their Effectiveness. *Packaging Technology And Science*, 20(4), 231–273. <https://doi.org/10.1002/Pts.774>
- Kerry, J. P., O’grady, M. N., & Hogan, S. A. (2006). Past, Current And Potential Utilisation Of Active And Intelligent Packaging Systems For Meat And Muscle-Based Products: A Review. *Meat Science*, 74(1), 113–130. <https://doi.org/10.1016/J.Meatsci.2006.04.024>
- Kumar, M., Mohanty, S., Nayak, S. K., & Rahail Parvaiz, M. (2010). Effect Of Glycidyl Methacrylate (Gma) On The Thermal, Mechanical And Morphological Property Of Biodegradable Pla/Pbat Blend And Its Nanocomposites. *Bioresource Technology*, 101(21), 8406–8415. <https://doi.org/10.1016/J.Biortech.2010.05.075>
- Lacatusu, I., Badea, N., Badea, G., Brasoveanu, L., Stan, R., Ott, C., Oprea, O., & Meghea, A. (2016). Ivy Leaves Extract Based - Lipid Nanocarriers And Their Bioefficacy On Antioxidant And Antitumor Activities. *Rsc Advances*, 6(81), 77243–77255. <https://doi.org/10.1039/C6ra12016d>
- Lacatusu, I., Badea, N., Badea, G., Oprea, O., Mihaila, M. A., Kaya, D. A., Stan, R., & Meghea, A. (2015). Lipid Nanocarriers Based On Natural Oils With High Activity Against Oxygen Free Radicals And Tumor Cell Proliferation. *Materials Science And Engineering C*, 56, 88–94. <https://doi.org/10.1016/J.Msec.2015.06.019>
- Liang, S., & Wang, L. (2018). A Natural Antibacterial-Antioxidant Film From Soy Protein Isolate Incorporated With Cortex Phellodendron Extract. *Polymers*, 10(1). <https://doi.org/10.3390/Polym10010071>
- Lotfi, M., Tajik, H., Moradi, M., Forough, M., Divsalar, E., & Kuswandi, B. (2018). Nanostructured Chitosan/ Monolaurin Film: Preparation, Characterization And Antimicrobial Activity Against *Listeria Monocytogenes* On Ultrafiltered White Cheese. *Lwt*, 92, 576–583. <https://doi.org/10.1016/J.Lwt.2018.03.020>
- Ma, Y., Li, L., & Wang, Y. (2018). Development Of Pla-Phb-Based Biodegradable Active Packaging And Its Application To Salmon. *Packaging Technology And Science*, 31(11), 739–746. <https://doi.org/10.1002/Pts.2408>
- Maheshwari, R., Rani, B., Parihar, S., & Sharma, A. (2013). *Eco-Friendly Bioplastic For Uncontaminated Environment* (Vol. 1, Issue 1). www.aelsindia.com
- Marsh, K., & Bugusu, B. (2007). Food Packaging - Roles, Materials, And Environmental Issues: Scientific Status Summary. In *Journal Of Food Science* (Vol. 72, Issue 3). <https://doi.org/10.1111/J.1750-3841.2007.00301.X>
- Maskun, Assidiq, H., Bachril, S. N., & Al Mukarramah, N. H. (2022). *Tinjauan Normatif Penerapan Prinsip Tanggung Jawab Produsen Dalam Pengaturan Tata Kelola Sampah Plastik Di Indonesia*. <https://doi.org/10.24970/Bhl.V6i2.159>