

Analisis Life Cycle Assessment (LCA) terhadap berbagai jenis kemasan produk perikanan di Kabupaten Pangkep

Musdalifah¹, Yakub², Rasdi^{3*}

¹Teknik Industri, Fakultas Teknologi industri, Institut Teknologi dan Bisnis Nobel, Makassar, Indonesia

²Manajemen, Fakultas Ekonomi Bisnis, Institut Teknologi dan Bisnis Nobel, Makassar, Indonesia

^{3*}Teknologi Hasil Perikanan, Fakultas Teknologi industri, Institut Teknologi dan Bisnis Nobel, Makassar, Indonesia

Email: ¹musdalifah@nobel.ac.id, ²jco.jakubcongge@gmail.com, ^{3*}rasdi@nobel.ac.id

Abstract

This study aims to analyze the environmental impact and effectiveness of various types of fishery product packaging in Pangkajene and Kepulauan (Pangkep) Regency, South Sulawesi, and assess the perceptions of industry players and consumers. Data were obtained from 15 SMEs, 5 distributors, and 30 consumers through surveys, interviews, and laboratory tests. The results show that 80% of SMEs still use conventional plastic (PP/PE), 3 large exporters use multilayer packaging, and 2 SMEs are trying biodegradable alternatives. Life Cycle Assessment (LCA) analysis shows that multilayer has the highest environmental impact with a carbon footprint of 4.5 kg CO₂ eq per kg of product, conventional plastic 3.2 kg CO₂ eq, while biodegradable has the lowest at 1.4 kg CO₂ eq. Effectiveness tests show that multilayer is the most protective with a shelf life of up to 12 months, conventional plastic only 2-3 months with the risk of additive migration, while biodegradable can maintain quality for 3-6 months but is less resistant to moisture. The survey revealed that 70% of consumers are willing to pay more for environmentally friendly products, while 60% of industries struggle to switch due to high costs, although 90% support government incentives. The study concluded that biodegradable packaging has the potential to become a sustainable packaging solution with policy support and research and development based on locally sourced materials.

Keywords: Fishery Packaging, Life Cycle Assessment, Biodegradable, Smes, Pangkep.

Abstrak

Penelitian ini bertujuan menganalisis dampak lingkungan dan efektivitas berbagai jenis kemasan produk perikanan di Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan (Pangkep), Sulawesi Selatan, serta menilai persepsi pelaku industri dan konsumen. Data diperoleh dari 15 UKM, 5 distributor, dan 30 konsumen melalui survei, wawancara, serta uji laboratorium. Hasil menunjukkan bahwa 80% UKM masih menggunakan plastik konvensional (PP/PE), 3 eksportir besar memakai kemasan multilayer, dan 2 UKM mencoba alternatif biodegradable. Analisis Life Cycle Assessment (LCA) memperlihatkan multilayer memiliki dampak lingkungan tertinggi dengan jejak karbon 4,5 kg CO₂ eq per kg produk, plastik konvensional 3,2 kg CO₂ eq, sedangkan biodegradable terendah 1,4 kg CO₂ eq. Uji efektivitas menunjukkan multilayer paling protektif dengan umur simpan hingga 12 bulan, plastik konvensional hanya 2–3 bulan dengan risiko migrasi zat aditif, sedangkan biodegradable mampu menjaga mutu 3-6 bulan tetapi kurang tahan kelembaban. Survei mengungkapkan 70% konsumen bersedia membayar lebih untuk produk ramah lingkungan, sementara 60% industri kesulitan beralih karena biaya tinggi, meski 90% mendukung insentif pemerintah. Penelitian ini menyimpulkan bahwa biodegradable berpotensi menjadi solusi kemasan berkelanjutan dengan dukungan kebijakan dan riset pengembangan berbasis bahan lokal.

Kata Kunci: Kemasan Perikanan, Life Cycle Assessment, Biodegradable, UKM, Pangkep.

1. PENDAHULUAN

Industri perikanan merupakan sektor strategis dalam perekonomian Indonesia. Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan (Pangkep) merupakan salah satu daerah di Provinsi Sulawesi Selatan yang memiliki potensi besar di sektor kelautan dan perikanan (Marhamah, 2024). Letak geografisnya yang strategis serta panjang garis pantai yang cukup luas menjadikan wilayah ini kaya akan hasil laut, baik berupa ikan tangkap maupun budidaya. Dalam beberapa tahun terakhir, sektor perikanan menjadi salah satu kontributor utama dalam perekonomian daerah (Putri *et al.*, 2021). Selain produksi, kegiatan pasca panen seperti pengolahan dan pengemasan produk perikanan turut berkembang seiring dengan meningkatnya permintaan pasar, baik domestik maupun ekspor (Raffray *et al.*, 2022).

Salah satu aspek penting dalam rantai pasok produk perikanan adalah pengemasan (Janna *et al.*, 2024). Kemasan tidak hanya berfungsi untuk melindungi produk dari kerusakan fisik, kontaminasi, dan penurunan mutu, tetapi juga berperan dalam memperpanjang umur simpan serta meningkatkan daya tarik produk di mata konsumen (Bob *et al.*, 2021). Namun demikian, seiring meningkatnya volume produksi dan distribusi, penggunaan kemasan juga berimplikasi pada peningkatan beban lingkungan, terutama apabila bahan kemasan yang digunakan bersifat sekali pakai dan sulit terurai (Suhartawan *et al.*, 2023).

Banyak pelaku industri perikanan di Kabupaten Pangkep masih menggunakan bahan kemasan berbasis plastik konvensional yang murah dan mudah diperoleh. Padahal, plastik merupakan salah satu sumber utama pencemaran lingkungan, baik di darat maupun di laut Saphira dan Nurtjahjadi (2024). Limbah kemasan plastik yang tidak dikelola dengan baik dapat mencemari ekosistem laut, mengancam keberlanjutan sumber daya perikanan, dan bahkan masuk ke rantai makanan melalui mikroplastik (Gusty *et al.*, 2023). Oleh karena itu, penting untuk mengkaji secara menyeluruh dampak lingkungan dari kemasan produk perikanan yang digunakan di wilayah ini.

Life Cycle Assessment (LCA) menjadi metode yang relevan untuk mengevaluasi dampak lingkungan dari kemasan produk perikanan di Kabupaten Pangkep. Dengan analisis menyeluruh terhadap siklus hidup kemasan, mulai dari produksi, penggunaan, hingga pembuangan, diharapkan dapat ditemukan solusi kemasan yang lebih ramah lingkungan tanpa mengorbankan fungsi proteksi terhadap keamanan pangan (Indah *et al.*, 2024). Penelitian ini penting dilakukan di Kabupaten Pangkep untuk memberikan gambaran ilmiah mengenai sejauh mana sistem kemasan yang digunakan saat ini mendukung prinsip-prinsip keberlanjutan. Hasil analisis LCA diharapkan dapat menjadi dasar bagi pengembangan strategi kemasan yang lebih ramah lingkungan, serta menjadi acuan dalam perumusan kebijakan daerah untuk mendorong praktik industri perikanan yang berkelanjutan.

Penelitian ini penting dilakukan di Kabupaten Pangkep untuk memberikan gambaran ilmiah mengenai sejauh mana sistem kemasan yang digunakan saat ini mendukung prinsip-prinsip keberlanjutan. Hasil analisis *LCA* diharapkan dapat menjadi dasar bagi pengembangan strategi kemasan yang lebih ramah lingkungan, serta menjadi acuan dalam perumusan kebijakan daerah untuk mendorong praktik industri perikanan yang berkelanjutan. Hingga saat ini, kajian *Life Cycle Assessment* terhadap sistem kemasan produk perikanan di wilayah pesisir Sulawesi Selatan, khususnya Kabupaten Pangkep, masih sangat terbatas, sehingga penelitian ini menawarkan kontribusi baru dalam menganalisis aspek keberlanjutan kemasan secara lokal dan kontekstual.

]

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian ini dirancang secara sistematis untuk menjawab rumusan masalah dan mencapai tujuan penelitian sebagaimana telah ditetapkan dalam proposal. Penelitian dilakukan dengan mengintegrasikan metode *Life Cycle Assessment (LCA)*, uji efektivitas kemasan terhadap keamanan pangan, serta pendekatan kualitatif berupa wawancara, survei, dan analisis kebijakan.

Secara umum, alur penelitian terdiri dari empat tahap utama, yaitu:

1. Identifikasi dan Perumusan Masalah
Melakukan studi literatur, penelusuran data sekunder, serta observasi awal pada industri perikanan di Kabupaten Pangkep.
2. Pengumpulan Data Primer dan Sekunder
Data primer diperoleh melalui kuesioner, wawancara mendalam, observasi lapangan, dan uji laboratorium terhadap kemasan. Data sekunder diperoleh dari publikasi ilmiah, laporan pemerintah, dan dokumen kebijakan terkait.
3. Analisis Data
 - a) Analisis kuantitatif menggunakan perangkat lunak LCA (*SimaPro/OpenLCA*) untuk menilai dampak lingkungan.
 - b) Analisis statistik deskriptif dan inferensial untuk menguji hubungan antar variabel.
 - c) Analisis kualitatif untuk menilai persepsi pelaku usaha dan konsumen, serta mengkaji regulasi daerah.
4. Penyusunan Rekomendasi dan Luaran
Merumuskan rekomendasi strategi pengurangan dampak lingkungan, menyusun draft publikasi ilmiah, serta menghasilkan model kebijakan berbasis LCA untuk mendukung keberlanjutan industri perikanan.



Gambar 1. Diagram Alir Tahapan Penelitian

Tabel 1. Tahapan Penelitian, Metode, dan Indikator Capaian

Tahap	Kegiatan	Metode	Indikator Capaian
1. Identifikasi & Perumusan Masalah	Studi literatur, observasi awal, perumusan research gap	Review jurnal, penelusuran data sekunder	Rumusan masalah dan tujuan penelitian yang jelas
2. Persiapan Instrumen	Penyusunan kuesioner, uji validitas & reliabilitas	Diskusi tim peneliti, uji coba instrumen	Instrumen penelitian tervalidasi
3. Pengumpulan Data	Survei, wawancara, observasi, uji laboratorium	Kuesioner, wawancara semi-terstruktur, uji migrasi zat	Data primer & sekunder terkumpul
4. Analisis Data	LCA (<i>SimaPro/OpenLCA</i>), statistik, kualitatif	Analisis dampak lingkungan, uji regresi/korelasi, analisis tematik	Hasil analisis kuantitatif & kualitatif
5. Penyusunan Rekomendasi & Luaran	Integrasi hasil analisis untuk model kebijakan	Diskusi tim, penyusunan draft artikel	Rekomendasi kebijakan, publikasi, model LCA

Penjelasan Tahapan Penerapan Metode

1. Penerapan LCA: dilakukan dengan pendekatan *cradle-to-grave*, mencakup produksi bahan, distribusi, penggunaan, hingga pembuangan kemasan.
2. Pengujian Metode: dilakukan melalui uji validitas instrumen, uji laboratorium pada kemasan, serta triangulasi data (survei, wawancara, dan dokumen kebijakan).
3. Validasi Hasil: diperoleh dengan membandingkan hasil LCA dan uji laboratorium dengan literatur primer dan studi kasus dari wilayah lain.

Dengan tahapan ini, diharapkan hasil penelitian dapat sesuai dengan harapan, menjawab rumusan masalah, dan memberikan gambaran yang jelas mengenai keberlanjutan kemasan produk perikanan di Kabupaten Pangkep.

2.2 Metode Penyelesaian Masalah

Metode penyelesaian masalah dalam penelitian ini menggunakan pendekatan *Life Cycle Assessment (LCA)* yang dikombinasikan dengan analisis kuantitatif dan kualitatif. LCA dipilih karena mampu memberikan gambaran menyeluruh mengenai dampak lingkungan dari suatu produk, mulai dari proses produksi, distribusi, penggunaan, hingga tahap pembuangan akhir (*cradle-to-grave*).

Tahapan Metode

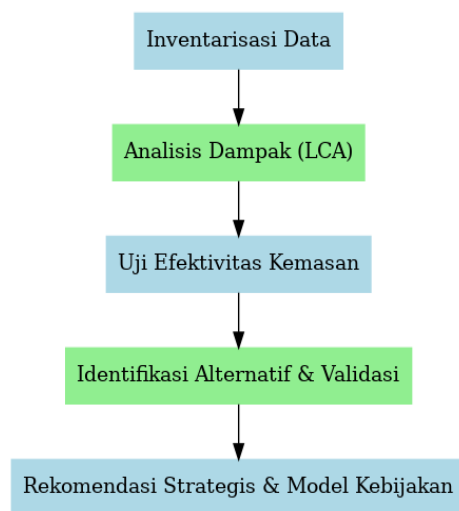
1. Inventarisasi Siklus Hidup (*Life Cycle Inventory – LCI*)
 Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data primer dan sekunder terkait bahan baku, energi, proses produksi, distribusi, penggunaan, serta pembuangan kemasan produk perikanan.
2. Analisis Dampak (*Life Cycle Impact Assessment – LCIA*)
 Data yang diperoleh dianalisis menggunakan perangkat lunak LCA (*SimaPro* atau *OpenLCA*) untuk menghitung kategori dampak seperti *Global Warming Potential (GWP)*, eutrofikasi, acidifikasi, *water footprint*, dan *human toxicity*.
3. Evaluasi Efektivitas Kemasan
 Tahap ini meliputi uji laboratorium terkait ketahanan fisik kemasan (suhu, kelembaban, tekanan) dan uji migrasi zat untuk menilai keamanan pangan.
4. Identifikasi Alternatif dan Validasi
 Perbandingan dilakukan antara kemasan konvensional (plastik), multilayer, dan *biodegradable*. Validasi hasil dilakukan dengan triangulasi: data lapangan, literatur, serta diskusi dengan pakar dan pelaku industri.

5. Perumusan Rekomendasi Strategis

Berdasarkan hasil LCA dan uji efektivitas, disusun rekomendasi kebijakan berbasis LCA yang dapat diterapkan oleh Pemerintah Daerah Kabupaten Pangkep.

Tabel 2. Tahapan Metode Penelitian

Tahap	Kegiatan	Metode/Instrumen	Luaran
1	Inventarisasi data	Survei, observasi, kuesioner	Data primer & sekunder
2	Analisis dampak	LCA (<i>SimaPro/OpenLCA</i>)	Hasil perhitungan GWP, eutrofikasi, dll.
3	Uji efektivitas kemasan	Uji laboratorium (fisik & migrasi zat)	Data keamanan & ketahanan pangan
4	Identifikasi alternatif	Analisis perbandingan & wawancara pakar	Daftar kemasan berkelanjutan
5	Rekomendasi kebijakan	Diskusi tim & analisis kebijakan	Model kebijakan berbasis LCA



Gambar 2. Diagram Tahapan Metode Penelitian

Dengan tahapan tersebut, penelitian diharapkan dapat menjawab seluruh rumusan masalah, yaitu menganalisis dampak lingkungan kemasan, menilai efektivitas kemasan dalam menjaga keamanan pangan, serta mengidentifikasi alternatif kemasan berkelanjutan yang dapat mendukung industri perikanan di Kabupaten Pangkep.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Deskripsi Lokasi dan Responden

Penelitian ini dilaksanakan di Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan (Pangkep), Sulawesi Selatan. Data diperoleh dari 15 UKM pengolahan hasil perikanan dengan produk beragam seperti abon, nugget, stik ikan, bandeng tanpa tulang, amplang, ikan kambu, tumpi-tumpi, sambal, dan bakso. Data tambahan dikumpulkan dari 5 distributor dan 30 konsumen melalui survei. Dari hasil identifikasi, sebanyak 80% UKM masih menggunakan plastik konvensional berbahan PP/PE, sedangkan sebagian kecil mencoba kemasan alternatif. Distributor lebih banyak menggunakan kemasan multilayer berbasis nylon dan aluminium foil.

Temuan penelitian ini menegaskan bahwa mayoritas UKM masih bergantung pada plastik konvensional karena alasan biaya rendah dan ketersediaan yang mudah. Kondisi ini memang pragmatis, tetapi menyimpan potensi masalah lingkungan serius mengingat plastik sulit terurai. Fakta bahwa sebagian distributor dan eksportir telah beralih ke

kemasan multilayer mencerminkan tuntutan pasar global yang semakin ketat terhadap aspek keamanan pangan dan umur simpan produk. Sementara itu, hanya dua UKM yang mencoba menggunakan bahan *biodegradable*, yang menunjukkan adanya kesadaran awal untuk bertransformasi menuju keberlanjutan, meskipun skala adopsinya masih sangat terbatas. Situasi ini sejalan dengan hasil studi Mihai *et al.* (2022) yang menunjukkan bahwa keterbatasan biaya menjadi faktor utama rendahnya adopsi kemasan berkelanjutan di negara berkembang.

Di sisi lain, studi literatur menunjukkan adanya peluang strategis untuk mendorong transformasi ini. Mardatillah *et al.* (2025) melalui kegiatan pengabdian masyarakat di Terengganu, Malaysia, membuktikan bahwa program pelatihan dapat secara efektif meningkatkan pemahaman UKM tentang konsep kemasan berkelanjutan, walaupun diperlukan dukungan pemerintah yang lebih luas agar adopsi dapat meluas. Wibowo *et al.* (2024) mengidentifikasi Poli (Asam Laktat) (PLA) sebagai alternatif *biodegradable* yang menjanjikan untuk menggantikan plastik konvensional, karena memiliki biodegradabilitas tinggi sekaligus kompatibel dengan peralatan pemrosesan yang ada. Rahayu (2024) menekankan bahwa strategi pengemasan yang memperhitungkan desain, keberlanjutan, efisiensi biaya, dan preferensi konsumen menjadi kunci daya saing UKM. Hal ini diperkuat oleh Agrifa *et al.* (2024) yang menemukan bahwa UKM di Bandung menunjukkan persepsi positif terhadap kemasan hijau, bahkan beberapa secara aktif mempromosikan penggunaannya di antara UKM lain.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa meskipun realitas di lapangan menunjukkan dominasi plastik konvensional, terdapat potensi transformatif yang signifikan jika literasi, teknologi alternatif, dan dukungan kebijakan diperkuat.

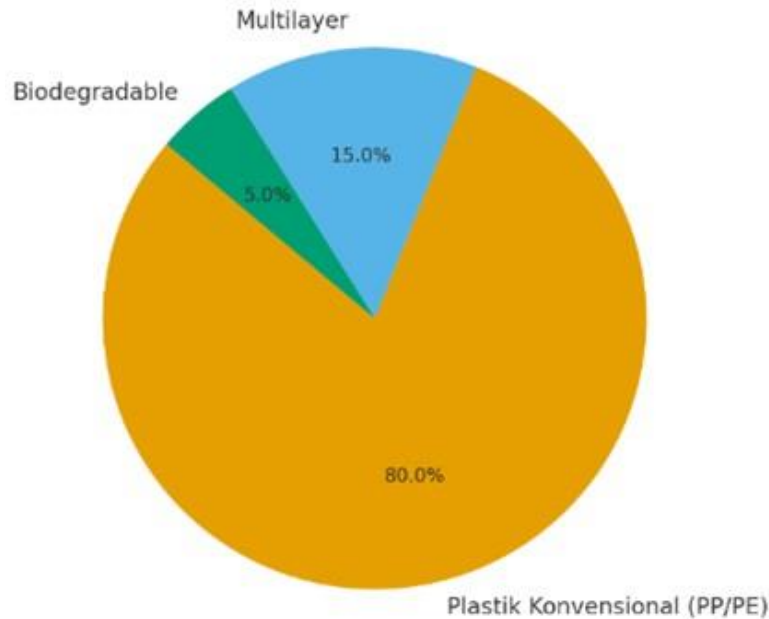
3.2 Jenis Kemasan yang Digunakan

Jenis kemasan yang ditemukan dalam penelitian ini terbagi atas tiga kategori utama. Pertama, plastik konvensional (PP, PE, PET) digunakan oleh 12 UKM atau sekitar 80% responden. Alasan pemakaian adalah harga yang murah, ketersediaannya luas, serta sifat transparannya yang menarik konsumen. Namun, kemasan ini sulit terurai sehingga menyumbang sampah plastik dalam jumlah besar, sesuai dengan temuan Mardatillah *et al.* (2025) dan Wahyuni *et al.* (2025) yang menegaskan dominasi plastik konvensional di kalangan UKM karena faktor biaya dan aksesibilitas, meskipun berdampak negatif pada lingkungan akibat biodegradabilitas yang buruk.

Kedua, multilayer digunakan oleh 3 eksportir besar. Jenis kemasan ini dipilih karena mampu memperpanjang umur simpan produk hingga 6-12 bulan, menjadikannya sesuai dengan tuntutan pasar ekspor yang lebih ketat. Namun, kelemahannya adalah tidak dapat didaur ulang serta berkontribusi besar terhadap emisi karbon (Mardatillah *et al.*, 2025).

Ketiga, alternatif *biodegradable* yang baru dicoba oleh 2 UKM. Kemasan ini dipilih karena ramah lingkungan dan mampu meningkatkan citra produk. Meskipun demikian, kelemahan utamanya adalah harga yang 2-3 kali lebih mahal dibanding plastik biasa dan umur simpan yang relatif singkat hanya 3-6 bulan. Hal ini sejalan dengan temuan Wibowo *et al.* (2024) yang menekankan potensi Poli (Asam Laktat) (PLA) sebagai alternatif *biodegradable*, namun kendala biaya masih menjadi penghalang utama.

Selain itu, studi Agrifa *et al.* (2024) dan Utami (2020) menemukan bahwa sebagian UKM menunjukkan persepsi positif terhadap kemasan hijau, mengenalinya sebagai bahan yang aman bagi lingkungan serta tidak membahayakan kesehatan manusia. Fakta adanya dua UKM yang mulai mencoba kemasan *biodegradable* dalam penelitian ini mencerminkan kesadaran awal yang sejalan dengan tren tersebut, meskipun skala adopsinya masih kecil.



Gambar 3. Distribusi penggunaan jenis kemasan di UKM dan distributor Pangkep.

Ketiga kategori ini memperlihatkan jelas adanya dilema antara harga, performa, dan dampak lingkungan. UKM cenderung pragmatis dengan memilih plastik murah, sedangkan eksportir menyesuaikan dengan standar pasar global melalui multilayer. *Biodegradable*, walaupun masih terbatas, membuka peluang inovasi dan penguatan branding produk lokal sebagai produk ramah lingkungan. Temuan ini sesuai dengan Almeida *et al.* (2022), dalam studi *Packaging Environmental Impact on Seafood Supply Chains: A Review of Life Cycle Assessment Studies*, yang mengungkapkan bahwa dalam rantai pasokan produk laut global, penggunaan kemasan yang memiliki kemampuan pengawetan tinggi (termasuk multilayer dan material lainnya) mendominasi karena umur simpan dan pengurangan kehilangan produk pascapanen.

Selain itu, penelitian *Current Trends in Biopolymers for Food Packaging: A Review* oleh González-López *et al.* (2023) juga menemukan bahwa meskipun biopolimer seperti PLA atau PBAT menawarkan potensi besar untuk kemasan ramah lingkungan, adopsi nyata masih terbatas karena tantangan produksi, biaya, serta kebutuhan akan performa barrier (kelembapan, gas) yang tinggi untuk menjaga umur simpan produk.

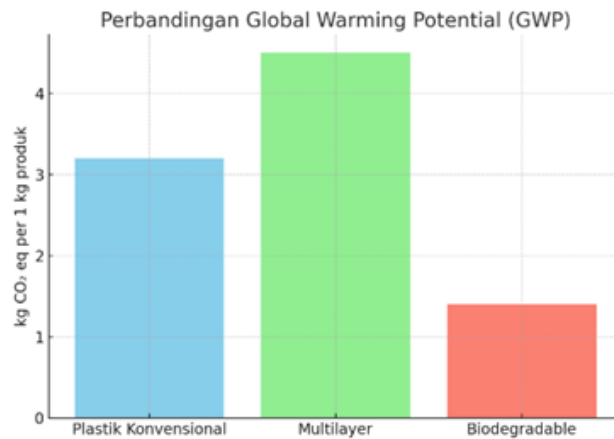
3.3 Analisis Life Cycle Assessment (LCA)

Analisis LCA dilakukan dengan *OpenLCA* menggunakan *functional unit* 1 kg produk ikan olahan siap distribusi. Sistem batas mencakup produksi bahan kemasan, distribusi, penggunaan, hingga pembuangan akhir.

Tabel 3. Hasil Perbandingan Dampak Lingkungan Kemasan per 1 kg Produk

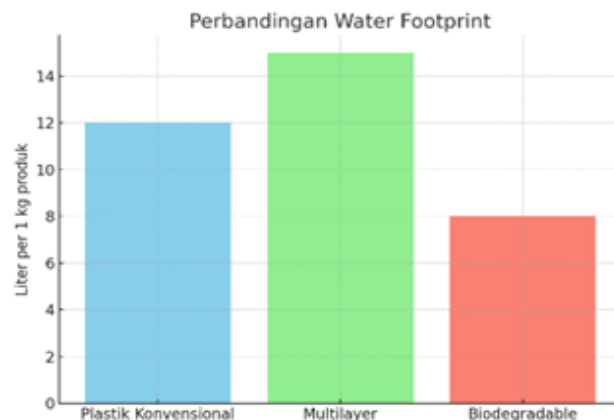
Jenis Kemasan	GWP (kg CO ₂ eq)	Eutrofikasi (kg PO ₄ ³⁻ eq)	Acidifikasi (kg SO ₂ eq)	Water Footprint (L)	Human Toxicity
Plastik Konvensional (PP/PE)	3,2	0,008	0,021	12	Tinggi
Multilayer (Nylon + Alu foil)	4,5	0,010	0,034	15	Sangat Tinggi
Biodegradable (PLA, kertas, sagu/rumput laut)	1,4	0,005	0,013	8	Rendah

Visualisasi perbandingan GWP dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Perbandingan nilai GWP (kg CO₂ eq) per 1 kg produk berdasarkan jenis kemasan.

Multilayer memiliki nilai GWP tertinggi yaitu 4,5 kg CO₂ eq per kg produk, diikuti plastik konvensional sebesar 3,2 kg CO₂ eq, sedangkan biodegradable hanya 1,4 kg CO₂ eq. Nilai eutrofikasi dan acidifikasi juga mengikuti pola yang sama, di mana multilayer memberikan kontribusi tertinggi dan *biodegradable* terendah. Hal ini menegaskan bahwa penggunaan material *biodegradable* mampu menekan dampak lingkungan pada indikator emisi gas rumah kaca, nutrifikasi, dan pengasaman dibandingkan plastik konvensional dan multilayer.



Gambar 5. Perbandingan nilai water footprint (liter) per 1 kg produk berdasarkan jenis kemasan.

Water footprint menunjukkan pola serupa. Multilayer mencapai 15 liter, plastik konvensional 12 liter, dan *biodegradable* hanya 8 liter. Dengan demikian, *biodegradable* mampu menurunkan dampak lingkungan sebesar 50-70% dibandingkan kemasan berbasis plastik. Temuan ini konsisten dengan Chen *et al.* (2023) yang melaporkan bahwa lapisan aluminium pada multilayer merupakan penyumbang utama emisi karbon, sementara kemasan *bio-based* menunjukkan jejak lingkungan yang lebih rendah.

Sejalan dengan itu, Wibowo *et al.* (2024) menegaskan bahwa kemasan *biodegradable* menawarkan keunggulan lingkungan yang signifikan, dengan dampak 50–70% lebih rendah pada indikator GWP, eutrofikasi, acidifikasi, dan jejak air dibandingkan plastik konvensional. Berbagai material *biodegradable* menunjukkan prospek besar, seperti Poli (Asam Laktat) (PLA) yang memiliki biodegradabilitas tinggi, emisi rendah, toksisitas minimal, serta kompatibilitas dengan peralatan pemrosesan konvensional. Fitriany *et al.* (2023) menemukan bahwa bioplastik berbasis pati singkong dapat

terdegradasi dalam waktu sekitar 7 hari. Ropikoh *et al.* (2024) menambahkan bahwa optimalisasi kinerja kemasan *biodegradable* dapat dilakukan melalui pengembangan komposit *bio-nano* dan campuran polimer untuk memperkuat sifat mekanik dan *barrier*.

Implikasi praktis dari temuan ini adalah bahwa *biodegradable* berpotensi menjadi solusi hijau untuk industri pangan, termasuk sektor perikanan, dengan catatan kesesuaian fungsional harus dipastikan sesuai karakteristik produk. Optimalisasi inovasi material menjadi penting agar kemasan ramah lingkungan dapat menggantikan plastik konvensional maupun multilayer tanpa mengorbankan keamanan pangan dan umur simpan produk.

3.4 Efektivitas Kemasan terhadap Keamanan dan Ketahanan Pangan

Uji laboratorium memperlihatkan bahwa plastik konvensional mampu menjaga mutu produk hingga 2-3 bulan, namun terdapat potensi migrasi zat aditif, khususnya ftalat, jika terpapar suhu lebih dari 40 °C. Hal ini sesuai dengan temuan Seref *et al.* (2025) yang menyebutkan bahwa migrasi zat aditif dari kemasan plastik ke pangan meningkat secara signifikan seiring dengan kenaikan suhu dan lama kontak, serta dengan penelitian Same *et al.* (2023) yang menegaskan adanya migrasi ftalat dari plastik non-pangan pada kondisi penyimpanan menantang. Temuan ini menunjukkan bahwa penggunaan plastik konvensional sebagai kemasan pangan tetap mengandung risiko keamanan, terutama bila produk terpapar suhu tinggi dalam jangka waktu lama.

Pada kategori multilayer, hasil pengujian menunjukkan umur simpan dapat diperpanjang hingga 12 bulan dengan mutu produk relatif stabil. Kinerja ini sejalan dengan penelitian Wang *et al.* (2022) yang menegaskan bahwa struktur multilayer memiliki sifat penghalang (*barrier*) lebih baik terhadap oksigen dan uap air dibanding monolayer, sehingga efektif menjaga mutu produk pangan dalam periode panjang. Namun, keunggulan tersebut harus dibayar mahal dengan tingginya dampak lingkungan, mengingat multilayer sulit didaur ulang.

Sementara itu, *biodegradable* menunjukkan kemampuan menjaga mutu produk antara 3-6 bulan, tetapi rentan terhadap kelembaban tinggi. Shaikh *et al.* (2021) melaporkan bahwa polimer berbasis pati (TPS) maupun PLA memang memiliki kelemahan berupa sensitivitas tinggi terhadap air dan kelembaban, yang dapat mempercepat degradasi fisik dan penurunan performa kemasan. Meski demikian, *biodegradable* tetap dipandang menjanjikan karena menawarkan keunggulan ramah lingkungan dan sesuai dengan tren keberlanjutan global.

Perbedaan efektivitas antara plastik konvensional, multilayer, dan *biodegradable* menunjukkan adanya kompromi yang tajam antara proteksi pangan dan keberlanjutan. Plastik konvensional relatif murah dan mudah diakses, tetapi kemampuan proteksinya terbatas dan memiliki potensi migrasi zat aditif (seperti ftalat) bila terpapar suhu tinggi sebuah risiko keamanan yang tidak boleh diabaikan. Multilayer unggul dalam hal proteksi pangan: umur simpan yang panjang, *barrier* yang baik terhadap oksigen dan kelembapan, serta kestabilan mutu produk dalam distribusi panjang. Namun, proteksi ekstra tersebut datang dengan biaya lingkungan yang signifikan.

Biodegradable, sementara itu, menawarkan keuntungan dalam aspek keamanan (risiko migrasi zat aditif yang rendah) dan dukungan terhadap citra keberlanjutan, tetapi memiliki kekurangan performa apabila kondisi penyimpanan tidak ideal—misalnya kelembapan tinggi atau paparan lingkungan yang ekstrem. Hal ini sesuai dengan laporan Shaikh *et al.* (2021) bahwa materi biodegradabel memiliki kinerja *barrier* yang lebih rendah terhadap kelembapan dan oksigen dibandingkan bahan konvensional atau multilayer. Demikian pula Hussain *et al.* (2024) menegaskan bahwa meskipun *biodegradable* mengurangi dampak lingkungan secara keseluruhan, sering terjadi *trade-off* yakni umur simpan dan proteksi produk menjadi lebih pendek atau kurang optimal.

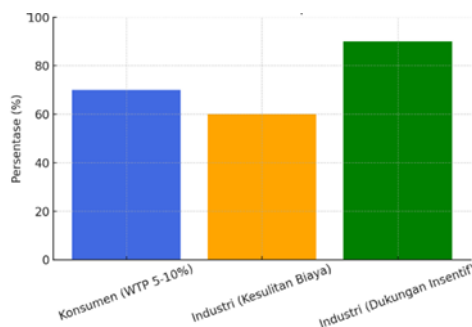
Untuk menjembatani kebutuhan keamanan pangan dan keberlanjutan, literatur menyebut beberapa strategi tambahan seperti penggunaan *edible coating*, kemasan aktif (*active packaging*), atau kemasan sekunder pendukung untuk memperkuat *barrier* lingkungan dan menjaga mutu produk, sebagaimana dibahas dalam studi Sani *et al.* (2021). Menurut Gordon & Williams (2020), keamanan pangan tetap harus menjadi prioritas utama dalam perdagangan internasional. Oleh karena itu, upaya transisi menuju *biodegradable* tidak cukup hanya mengandalkan material baru, tetapi juga perlu didukung oleh inovasi tambahan agar kualitas dan keamanan pangan tetap terjaga. Dengan demikian, strategi transisi kemasan tidak bisa bersifat satu ukuran untuk semua, melainkan perlu disesuaikan menurut jenis produk, karakteristik distribusi, dan kondisi penyimpanan (termasuk suhu, kelembapan, paparan mikroba).

3.5 Persepsi Pelaku Industri dan Konsumen

Survei ini memperlihatkan bahwa 70% konsumen bersedia membayar lebih sebesar 5-10% untuk produk dengan kemasan ramah lingkungan. Namun, sebanyak 60% pelaku industri mengaku kesulitan beralih karena harga *biodegradable* 2-3 kali lipat plastik biasa. Meskipun demikian, terdapat dukungan yang sangat kuat di kalangan industri, di mana 90% menyatakan setuju dengan adanya insentif pemerintah berupa subsidi atau regulasi yang mendukung transisi.

Temuan ini sejalan dengan survei global PwC (2024) yang menunjukkan bahwa konsumen rata-rata bersedia membayar sekitar 9,7% lebih mahal untuk produk berkelanjutan, termasuk kemasan ramah lingkungan. Di Indonesia, penelitian Tanzares *et al.* (2024) juga menemukan bahwa *willingness to pay* dan kesadaran lingkungan berpengaruh signifikan terhadap keputusan pembelian produk dengan kemasan hijau.

Dari sisi pelaku industri, Gao *et al.* (2022) melaporkan bahwa biaya tinggi menjadi penghalang utama adopsi plastik *biodegradable* di Tiongkok, meskipun terdapat niat yang kuat untuk beralih. Hal ini menunjukkan bahwa pola kendala biaya bukan hanya terjadi di Indonesia, tetapi juga di berbagai negara berkembang. Selanjutnya, laporan McKinsey (2021) tentang *Sustainable Packaging in Asia* menegaskan bahwa dukungan regulasi dan insentif pemerintah menjadi faktor penting agar transisi menuju kemasan ramah lingkungan dapat berjalan lebih cepat.



Gambar 6. Persepsi konsumen dan industri terhadap kemasan ramah lingkungan.

Data ini memperlihatkan kesenjangan antara keinginan konsumen dan kemampuan industri. Preferensi konsumen yang tinggi membuka peluang pasar baru, namun keterbatasan finansial UKM menghambat adopsi. Fakta bahwa 90% pelaku industri mendukung regulasi dan insentif menunjukkan kesiapan kolektif untuk transisi jika ada dukungan kebijakan. Herrmann *et al.* (2022) menemukan pola serupa bahwa konsumen cenderung memiliki *willingness to pay*, tetapi adopsi industri hanya meningkat jika ada intervensi pemerintah. Oleh karena itu, peran pemerintah daerah dalam memberikan subsidi dan mengatur regulasi menjadi kunci dalam mempercepat transisi.

Penelitian lain juga menguatkan arah ini. Ting *et al.* (2023) di Malaysia melaporkan bahwa adopsi model ekonomi sirkular oleh industri hanya berjalan efektif bila terdapat insentif dan regulasi pendukung. Dzirkriansyah *et al.* (2023) menemukan bahwa di Indonesia, regulasi pemerintah berperan penting dalam mendorong UKM menerapkan praktik *green supply chain*, meskipun kesadaran lingkungan sudah ada. Sementara itu, Mahmoud *et al.* (2022) menunjukkan bahwa konsumen di Ghana memiliki *willingness to pay* terhadap kemasan hijau, tetapi harga tinggi tetap menjadi hambatan utama di sisi industri.

Dengan demikian, hasil survei ini tidak hanya menegaskan adanya gap antara konsumen dan industri, tetapi juga memperlihatkan bahwa peran pemerintah daerah maupun pusat menjadi kunci dalam mempercepat transisi. Intervensi berupa subsidi harga, regulasi afirmatif, atau insentif fiskal dapat menutup kesenjangan tersebut dan mempercepat transformasi menuju kemasan berkelanjutan.

3.6 Alternatif Kemasan Berkelanjutan

Tiga alternatif kemasan berkelanjutan ditemukan dalam penelitian ini. PLA berbasis jagung atau tebu memiliki dampak lingkungan rendah, harga menengah, dan umur simpan moderat. Kertas berlapis lilin atau biopolimer cocok untuk produk kering seperti abon dan stik ikan. Kemasan berbasis pati sagu atau rumput laut potensial dikembangkan karena memanfaatkan bahan lokal, meskipun perlu penelitian lebih lanjut untuk meningkatkan daya tahannya.

Setiap alternatif memiliki keunggulan dan keterbatasan. PLA siap dipakai secara teknologi, tetapi masih bergantung pada impor bahan baku. Kertas biopolimer sesuai untuk produk kering dengan kelembaban rendah. Kemasan sagu dan rumput laut memiliki nilai strategis karena berbasis sumber daya lokal, sehingga dapat memperkuat ekonomi daerah sekaligus menurunkan jejak karbon. Paiano *et al.* (2020) menegaskan bahwa penggunaan material lokal dalam kemasan dapat menurunkan biaya transportasi dan meningkatkan daya saing. Dengan demikian, pemanfaatan sumber daya lokal Pangkep memiliki prospek jangka panjang untuk mendukung industri kemasan berkelanjutan.

3.7 Model Kebijakan dan Rekomendasi

Model kebijakan berbasis LCA yang dihasilkan mencakup regulasi daerah untuk pembatasan plastik sekali pakai, insentif ekonomi berupa subsidi harga kemasan *biodegradable*, skema kemitraan riset dengan BRIN atau perguruan tinggi, serta kampanye konsumen untuk meningkatkan kesadaran masyarakat.

Model ini menjawab gap antara permintaan konsumen dan keterbatasan industri. Dengan 70% konsumen siap membayar lebih, 60% industri kesulitan biaya, dan 90% industri mendukung insentif, kebijakan daerah menjadi instrumen penting untuk menjembatani. Regulasi diperlukan untuk memberi arah yang jelas, insentif meringankan beban UKM, riset memperkuat inovasi lokal, dan kampanye konsumen memperkuat preferensi pasar. Kebijakan ini sejalan dengan tujuan SDG 12 tentang konsumsi dan produksi berkelanjutan serta SDG 14 mengenai perlindungan ekosistem laut. Implementasi yang konsisten akan mempercepat transformasi menuju industri perikanan yang ramah lingkungan.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa sebagian besar UKM di Kabupaten Pangkep, yakni 80%, masih menggunakan kemasan plastik konvensional karena faktor biaya dan ketersediaan, sementara 3 eksportir besar memilih kemasan multilayer untuk

memperpanjang umur simpan hingga 12 bulan. Alternatif *biodegradable* telah dicoba oleh 2 UKM, tetapi terkendala harga yang 2-3 kali lebih mahal dan ketahanan hanya 3-6 bulan. Hasil analisis *Life Cycle Assessment* (LCA) membuktikan bahwa kemasan multilayer menghasilkan dampak lingkungan tertinggi dengan jejak karbon sebesar 4,5 kg CO₂ eq, sedangkan plastik konvensional 3,2 kg CO₂ eq, dan *biodegradable* terendah dengan 1,4 kg CO₂ eq. Uji efektivitas menunjukkan bahwa multilayer paling protektif, plastik konvensional terbatas pada 2-3 bulan penyimpanan dengan risiko migrasi zat aditif, sementara *biodegradable* dapat menjaga mutu 3-6 bulan namun kurang tahan kelembaban. Survei memperlihatkan bahwa 70% konsumen bersedia membayar lebih untuk produk berkemasan ramah lingkungan, tetapi 60% pelaku industri kesulitan beralih karena biaya tinggi, meskipun 90% menyatakan dukungan jika ada insentif pemerintah.

Temuan ini mengindikasikan bahwa penggunaan kemasan ramah lingkungan berbasis *biodegradable* memiliki peluang besar untuk diadopsi, asalkan terdapat dukungan kebijakan berupa insentif harga, regulasi pembatasan plastik sekali pakai, serta riset lanjutan penguatan ketahanan material. Implikasi dari penelitian ini adalah bahwa pemerintah daerah dapat mendorong kebijakan berbasis LCA untuk mendukung transisi UKM menuju praktik pengemasan berkelanjutan, sementara bagi industri peluang pasar terbuka lebar seiring meningkatnya kesadaran konsumen. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengkaji lebih detail potensi pengembangan kemasan berbasis bahan lokal seperti sagu dan rumput laut, termasuk aspek teknis pengolahan, umur simpan produk, serta kelayakan ekonominya, agar dapat menjadi substitusi nyata bagi plastik sekali pakai di masa depan.

REFERENCES

- Agrifa, A. R., Deliana, Y., Esperanza, D., & Rachmawati, E. (2024). Persepsi dan Minat Terhadap Penggunaan Green Packaging Pada UMKM Makanan di Kota Bandung. *Mimbar Agribisnis: Jurnal Pemikiran Masyarakat Ilmiah Berwawasan Agribisnis*, 10(1), 1334-1342. <http://dx.doi.org/10.25157/ma.v10i1.13109>
- Almeida, C., Loubet, P., da Costa, T. P., Quinteiro, P., Laso, J., Baptista de Sousa, D., ... & Marques, A. (2022). Packaging environmental impact on seafood supply chains: A review of life cycle assessment studies. *Journal of Industrial Ecology*, 26(6), 1961-1978. <http://dx.doi.org/10.1111/jiec.13189>
- Ayilu, R. K., Fabinyi, M., & Barclay, K. (2022). Small-scale fisheries in the blue economy: Review of scholarly papers and multilateral documents. *Ocean & Coastal Management*, 216, 105982. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2021.105982>
- Bob, F., Susan, P., & Fitriani, R. (2021). Modul Desain Kemasan yang Baik untuk Produk Hasil Olahan Ikan. <http://repository.unibi.ac.id/id/eprint/384>
- Cappiello, G., Aversa, C., Genovesi, A., & Barletta, M. (2022). Life cycle assessment (LCA) of bio-based packaging solutions for extended shelf-life (ESL) milk. *Environmental science and pollution research international*, 29(13), 18617–18628. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-17094-1>
- Chen, X., Chen, F., Yang, Q., Gong, W., Wang, J., Li, Y., & Wang, G. (2023). An environmental food packaging material part I: A case study of life-cycle assessment (LCA) for bamboo fiber environmental tableware. *Industrial Crops and Products*, 194, 116279. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.116279>
- Das, A., Konietzko, J., & Bocken, N. (2022). How do companies measure and forecast environmental impacts when experimenting with circular business models?. *Sustainable Production and Consumption*, 29, 273-285. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.10.009>

- Dzikriansyah, M. A., Masudin, I., Zulfikarijah, F., Jihadi, M., & Jatmiko, R. D. (2023). The role of green supply chain management practices on environmental performance: A case of Indonesian small and medium enterprises. *Cleaner Logistics and Supply Chain*, 6, 100100. <https://doi.org/10.1016/j.clscn.2023.100100>
- Gao, S., & Shao, B. (2022). Why Do Consumers Switch to Biodegradable Plastic Consumption? The Effect of Push, Pull and Mooring on the Plastic Consumption Intention of Young Consumers. *Sustainability*, 14(23), 15819. <https://doi.org/10.3390/su142315819>
- González-López ME, Calva-Estrada SdJ, Gradilla-Hernández MS and Barajas-Álvarez P (2023) Current trends in biopolymers for food packaging: a review. *Front. Sustain. Food Syst.* 7:1225371. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1225371>
- Gordon, A., & Williams, R. (2020). The role and importance of packaging and labeling in assuring food safety, quality and regulatory compliance of export products II: Packaging & labeling considerations. In *Food safety and quality systems in developing countries* (pp. 285-341). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814272-1.00007-3>
- Gusty, S., Rachman, R. M., Dendo, E. A. R., Ampangallo, B. A., & Aryadi, A. (2023). Revolusi Plastik dan Lingkungan. Tohar Media. <https://repository.unifa.ac.id/id/eprint/1133>
- Herrmann, C., Rhein, S., & Sträter, K. F. (2022). Consumers' sustainability-related perception of and willingness-to-pay for food packaging alternatives. *Resources, Conservation and Recycling*, 181, 106219. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106219>
- Hu, F., Zhong, H., Wu, C., Wang, S., Guo, Z., Tao, M., ... & Liu, S. (2021). Development of fisheries in China. *Reproduction and Breeding*, 1(1), 64-79. <https://doi.org/10.1016/j.repbre.2021.03.003>
- Hussain, S., Akhter, R., & Maktedar, S. S. (2024). Advancements in sustainable food packaging: from eco-friendly materials to innovative technologies. *Sustainable Food Technology*, 2(5), 1297-1364. <https://doi.org/10.1039/D4FB00084F>
- Ibrahim, I. D., Hamam, Y., Sadiku, E. R., Ndambuki, J. M., Kupolati, W. K., Jamiru, T., Eze, A. A., & Snyman, J. (2022). Need for Sustainable Packaging: An Overview. *Polymers*, 14(20), 4430. <https://doi.org/10.3390/polym14204430>
- Indah, A. B. R., Bahri, S., Amar, K., Asmal, S., Hanafi, R., Rusman, M., ... & Sahar, D. P. (2024). Sosialisasi Penggunaan Software SimaPro Untuk Analisis Siklus Hidup dalam Konteks Keberlanjutan Lingkungan. *JURNAL TEPAT: Teknologi Terapan untuk Pengabdian Masyarakat*, 7(2), 347-359. https://doi.org/10.25042/jurnal_tepat.v7i2.512
- Janna, M., Adriani, D., & Bidarti, A. (2024). Pemetaan Manajemen Rantai Pasok Kerupuk Udang di Kawasan Sungsang II Kabupaten Banyuasin. *AGRICA*, 17(1), 1–14. <https://doi.org/10.37478/agr.v17i1.3431>
- Lehel, J., & Murphy, S. (2021). Microplastics in the Food Chain: Food Safety and Environmental Aspects. *Reviews of environmental contamination and toxicology*, 259, 1–49. https://doi.org/10.1007/398_2021_77
- Mahmoud, M. A., Tsetse, E. K. K., Tulasi, E. E., & Muddey, D. K. (2022). Green Packaging, Environmental Awareness, Willingness to Pay and Consumers' Purchase Decisions. *Sustainability*, 14(23), 16091. <https://doi.org/10.3390/su142316091>
- Mardatillah, A., Zubaidah, E., Riza, N. B., Yusnidar, Y., & Yuli, A. R. (2025). Daya Saing UMKM Melalui Kemasan Berkelanjutan: Pengabdian Kepada Masyarakat di Terengganu, Malaysia. *Community Development Journal: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 6(2), 1905–1911. <https://doi.org/10.31004/cdj.v6i2.43764>
- Marhamah, S. K. (2024). Peran Penyuluh Terhadap Produktivitas Usaha Budidaya Rumput Laut Di Kelurahan Pundata Baji, Kabupaten Pangkep= The Role Of Extension Workers In The Productivity Of Seaweed Cultivation Businesses In Pundata Baji Village, Pangkep Regency (Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin). <http://repository.unhas.ac.id:443/id/eprint/34616>

- McKinsey & Company. (2021). *Sustainability in packaging: Consumer views in emerging Asia*. McKinsey & Company. <https://www.mckinsey.com/industries/packaging-and-paper/our-insights/sustainability-in-packaging-consumer-views-in-emerging-asia>
- Okeke, E. S., Okoye, C. O., Atakpa, E. O., Ita, R. E., Nyaruaba, R., Mgbachidinma, C. L., & Akan, O. D. (2022). Microplastics in agroecosystems-impacts on ecosystem functions and food chain. *Resources, Conservation and Recycling*, 177, 105961. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105961>
- Paiano, A., Crovella, T., & Lagioia, G. (2020). Managing sustainable practices in cruise tourism: the assessment of carbon footprint and waste of water and beverage packaging. *Tourism Management*, 77, 104016. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2019.104016>
- Putri, K. D. K., Darmawan, D. P., & Arisena, G. M. K. (2021). Kontribusi sektor perikanan terhadap perekonomian provinsi bali. *Jurnal Kebijakan Sosial Ekonomi Kelautan Dan Perikanan*, 11(1), 41-50. <http://dx.doi.org/10.15578/jksekp.v11i1.9741>
- PwC. (2024). *PwC 2024 Voice of the Consumer Survey: Consumers willing to pay nearly 10% more for sustainable goods*. PwC Global. <https://www.pwc.com/gx/en/news-room/press-releases/2024/pwc-2024-voice-of-consumer-survey.html>
- Raffray, M., Martin, J. C., & Jacob, C. (2022). Socioeconomic impacts of seafood sectors in the European Union through a multi-regional input output model. *The Science of the total environment*, 850, 157989. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157989>
- Rahayu, M. (2024). Design Kemasan untuk Usaha Kecil dan Menengah (UKM): Strategi Meningkatkan Daya Tarik dan Daya Saing Produk. *SWAGATI: Journal of Community Service*, 2(1), 7-12. <https://doi.org/10.24076/swagati.2024v2i1.1389>
- Ropikoh, S., Widjayanti, W., Idris, M., Nuh, G. M., & Fanani, M. Z. (2024). Perkembangan teknologi pengemasan dan penyimpanan produk pangan. *Jurnal Ilmiah Pangan Halal*, 6(1), 30-38. <https://doi.org/10.30997/jiph.v6i1.12668>
- Same, O. S., Nobosse, P., Ngea, G. L. N., Piveteau, C., Lemdani, M., Kamga, R., & Deprez, B. (2023). Migration study of phthalates from non-food plastic containers used in food preservation. *Heliyon*, 9(9). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e20002>
- Sandra Fitriany, D., Annaziha, S. ., Sains Assajuly Syamsuddin , H. ., & Khumaira , A. (2023). Bio-Pack : Biodegradable Packaging Pati Singkong Sebagai Solusi Pencemaran Limbah Plastik Konvensional. *Journal of Comprehensive Science*, 2(1), 430–437. <https://doi.org/10.59188/jcs.v2i1.229>
- Sani, M. A., Azizi-Lalabadi, M., Tavassoli, M., Mohammadi, K., & McClements, D. J. (2021). Recent advances in the development of smart and active biodegradable packaging materials. *Nanomaterials*, 11(5), 1331. <https://doi.org/10.3390/nano11051331>
- Saphira, T., & Nurtjahjadi, E. (2024). Pengaruh Green Marketing Communication terhadap Green Behaviour (Studi Kasus Pemberdayaan Penggunaan Kantong Plastik pada konsumen Alfamart di Kota Bandung). *J-MAS (Jurnal Manajemen dan Sains)*, 9(2), 933-938. <http://dx.doi.org/10.33087/jmas.v9i2.1867>
- Seref, N., & Cufaoglu, G. (2025). Food Packaging and Chemical Migration: A Food Safety Perspective. *Journal of food science*, 90(5), e70265. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.70265>
- Shaikh, S., Yaqoob, M., & Aggarwal, P. (2021). An overview of biodegradable packaging in food industry. *Current research in food science*, 4, 503-520. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2021.07.005>
- Su, Y., Duan, H., Wang, Z., Song, G., Kang, P., & Chen, D. (2020). Characterizing the environmental impact of packaging materials for express delivery via life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production*, 274, 122961. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122961>

- Suhartawan, B., Suprihatin, H., Hammado, N., Yuniarti, E., Suyasa, W. B., Asnawi, I., & Toepak, E. P. (2023). *Pengelolaan Limbah Padat, Limbah Industry dan B3*. Padang: Get Press Indonesia.
- Tanzares, J., Rahmiati, F., Jokhu, J. R., & Mangkurat, R. S. B. (2024). The impact of willingness to pay, environmental awareness, consumer behavior, consumer attitudes toward purchase decisions on sustainable packaging in Indonesia. *Journal of Character and Environment*, 2(1), 15–35. <https://doi.org/10.61511/jocae.v2i1.2024.878>
- Ting, L. S., Zailani, S., Sidek, N. Z. M., & Shaharudin, M. R. (2024). Motivators and barriers of circular economy business model adoption and its impact on sustainable production in Malaysia. *Environment, Development and Sustainability*, 26(7), 17551-17578. <https://doi.org/10.1007/s10668-023-03350-6>
- Utami, M. P. (2020). Penggunaan Material pada Kemasan Olahan Makanan Produk UMKM di Semarang. *TUTURRUPA*, 3(1), 22-27. <https://doi.org/10.24167/tr.v3i1.2964>
- Wahyuni, A. D., Putri, S. A., Meilani, A., Alfarizi, F. A., Arif, Z. Z., & Rohmayanti, T. (2025). Meninjau Studi Tentang Kemasan Plastik Untuk Wingko dari Aspek Kualitas, Daya Simpan, dan Preferensi Konsumen. *Karimah Tauhid*, 4(5), 2961-2969. <https://doi.org/10.30997/karimahtauhid.v4i5.19124>
- Wang, Q., Chen, W., Zhu, W., McClements, D. J., Liu, X., & Liu, F. (2022). A review of multilayer and composite films and coatings for active biodegradable packaging. *npj Science of Food*, 6(1), 18. <https://doi.org/10.1038/s41538-022-00132-8>
- Wibowo, M. D., Sosiawan, P. P. K. P., Hanif, M. F., & Yuliaty, F. (2024). Kemajuan Terkini Dalam Pengemasan Biodegradable: Penggunaan Kemasan Berbasis Poly (Lactic-Acid)–Tinjauan Sistematis. In *Prosiding Seminar Sosial Politik, Bisnis, Akuntansi dan Teknik* (Vol. 6, pp. 138-146). <https://doi.org/10.32897/sobat.2024.6.1.4174>