
Smart Packaging Berbasis Limbah Agro sebagai Strategi Ekosentris dalam Mengurangi Dampak Lingkungan Industri Pangan

Smart Packaging Based on Agro Waste as an Ecocentric Strategy to Reduce the Environmental Impact of the Food Industry

Hanifah Ayu^{1,2*}, Muhammad Sarjan³

¹*Program Doktor Pertanian Berkelanjutan, Universitas Mataram*

²*Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri, Universitas Mataram*

³*Fakultas Pertanian, Universitas Mataram*

Email: hanifahayu@unram.ac.id

Abstract

The food industry's dependence on conventional plastics has created an environmental crisis, impacting CO₂ emissions, plastic waste accumulation, and microplastic pollution. On the other hand, the agro-industrial sector produces millions of tons of abundant biomass waste rich in biopolymers and bioactive compounds, but most of it is still managed through open burning or dumped in landfills. This study aims to examine the potential of agro-waste-based smart packaging as an eco-centric strategy to reduce the food industry's ecological impact. A qualitative descriptive method approach is used through a review of technical and philosophical literature on ecocentrism. Agro-waste-based smart packaging can be processed into bioplastics and biodegradable smart packaging, effectively reducing food waste and food loss. Although its initial production is more energy-intensive, the long-term benefits reduce the carbon footprint and total ecological burden. This agro-waste-based smart packaging reflects an eco-centric strategy and simultaneously demands systemic policies and innovations to strengthen food security and support SDGs 12 and 13. The implementation of smart packaging based on agro-waste can act as a strategic instrument to overcome the plastic crisis, reduce agricultural waste and strengthen food security, while also demanding integrated policies, investments and innovations that strictly refer to the principles of ecocentrism.

Keyword: *Ecocentrism, Food Industry, Agro Waste, Smart Packaging*

Abstrak

Ketergantungan industri pangan pada plastik konvensional menimbulkan krisis lingkungan yang berdampak kepada emisi CO₂, akumulasi sampah plastik dan polusi mikroplastik. Di sisi lain, sektor agroindustri menghasilkan jutaan ton limbah biomassa melimpah yang kaya biopolimer dan senyawa bioaktif, namun sebagian besar masih dikelola dengan pembakaran terbuka atau dibuang ke tempat pembuangan akhir. Kajian bertujuan untuk menelaah potensi *smart packaging* berbasis limbah agro sebagai strategi ekosentris untuk mengurangi dampak ekologis industri pangan. Pendekatan metode deskriptif kualitatif melalui telaah literatur teknis dan literatur filosofis tentang ekosentrisme. *Smart packaging* berbasis limbah agro dapat diolah menjadi bioplastik dan kemasan cerdas biodegradable yang efektif menekan *food waste* dan *food loss*. Meskipun produksi awalnya lebih intensif energi, manfaat jangka panjangnya menurunkan jejak karbon dan beban ekologis total. Kemasan cerdas berbasis limbah agro ini mencerminkan strategi ekosentris dan sekaligus menuntut kebijakan dan inovasi sistemik untuk memperkuat ketahanan pangan dan mendukung SDG 12 dan SDG 13. Penerapan kemasan cerdas berbasis limbah agro dapat berperan sebagai instrumen strategis untuk menanggulangi krisis plastik, mengurangi limbah pertanian dan memperkuat ketahanan pangan, sekaligus menuntut kebijakan, kesiapan konsumen, investasi dan inovasi terintegrasi yang secara tegas mengacu pada prinsip ekosentrisme.

Kata kunci: *Ekosentrisme, Industri Pangan, Limbah Agro, Smart Packaging*

PENDAHULUAN

Industri pangan modern sangat bergantung pada kemasan plastik konvensional yang menggunakan bahan, proses, atau produk yang berasal dari minyak bumi atau gas alam sebagai bahan baku utamanya dikarenakan harganya murah, ringan, dan memiliki

sifat penghalang (*barrier*) yang baik terhadap oksigen dan uap air. Namun, kemasan ini berkontribusi secara signifikan terhadap krisis lingkungan global melalui akumulasi sampah plastik jangka panjang, polusi mikroplastik, dan emisi gas rumah kaca sepanjang siklus hidupnya. Produksi dan

pembuangan plastik sekali pakai telah diakui sebagai salah satu sumber utama dan beban emisi CO₂ ekuivalen, terutama pada sektor produk pangan olahan dan minuman kemasan (Shaikh et al., 2021; Marotta et al., 2025). Hal ini bertentangan dengan agenda pembangunan berkelanjutan dan menuntut transisi menuju sistem kemasan yang lebih ramah lingkungan.

Kondisi ini mendorong pengembangan kemasan pangan yang lebih ramah lingkungan, terutama kemasan berbasis biopolimer yang dapat diperoleh dari sumber terbarukan. Berbagai kajian terbaru menunjukkan bahwa biopolimer, bahan aktif alami, dan teknologi kemasan cerdas dapat menjadi alternatif untuk mengurangi ketergantungan pada plastik sekaligus menjaga mutu pangan (Abdullahi et al., 2025). Salah satu bahan potensial untuk dikembangkan sebagai kemasan ramah lingkungan adalah limbah agro. Limbah agro, seperti kulit buah, ampas pati, limbah daun, jerami, kulit biji, dan sisa hasil pengolahan pertanian, umumnya masih dianggap sebagai bahan sisa dengan nilai ekonomi rendah. Padahal, limbah tersebut mengandung komponen penting seperti selulosa, hemiselulosa, pati, pektin, lignin, protein, dan senyawa bioaktif yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembuatan bioplastik, film komposit, maupun *edible film* (Ulhusna et al., 2025). Pemanfaatan limbah agro sebagai bahan kemasan tidak hanya mengurangi jumlah limbah pertanian, tetapi juga menghasilkan produk bernilai tambah yang mendukung prinsip ekonomi sirkular dengan mengkonversi residu seperti kulit pisang, ampas tebu, kulit nanas, atau biji dan kulit buah lainnya menjadi film, komposit, atau lapisan (*coating*) bioplastik yang dapat terurai secara hayati dan mengurangi ketergantungan pada plastik konvensional (Chan et al., 2021; Marotta et al., 2025). Seiring perkembangan teknologi, kemasan pangan kini tidak hanya berfungsi sebagai pelindung, tetapi juga berpeluang memanfaatkan limbah agro menjadi kemasan ramah lingkungan yang memiliki kekuatan mekanis dan daya hambat yang baik. Selain itu, kemasan ini juga dapat memberi fungsi tambahan, seperti aktivitas antioksidan dan antimikroba (Ulhusna et al., 2025; Marotta et al., 2025).

Saat ini, konsep *smart packaging* atau kemasan cerdas mulai banyak dikembangkan untuk meningkatkan keamanan dan kualitas pangan. *Smart packaging* mencakup kemasan aktif (*active packaging*) dan kemasan pintar (*intelligent packaging*) yang muncul sebagai paradigma baru yang tidak hanya melindungi produk, tetapi juga memonitor dan merespons perubahan kualitas pangan sepanjang rantai pasok (Dutta et al., 2025; Nemes et al., 2020). Kemasan aktif dapat berinteraksi dengan pangan atau lingkungan di sekitarnya,

misalnya melalui aktivitas antioksidan, antimikroba, penyerap oksigen, atau pengontrol kelembapan. Sementara itu, kemasan pintar dapat mengintegrasikan indikator, sensor, atau elemen responsif seperti indikator pH, perubahan warna, atau label cerdas untuk memberikan informasi *real time* tentang kesegaran, keamanan, dan kondisi lingkungan produk. Dengan demikian, *smart packaging* berpotensi membantu memperpanjang umur simpan, mengurangi kerusakan pangan, dan meningkatkan keamanan produk (Palanisamy et al., 2025).

Sejumlah kajian telah menunjukkan bahwa senyawa polifenol dan ekstrak tanaman yang diperoleh dari limbah pangan, seperti kulit buah, biji, residu teh, atau kopi dapat dimanfaatkan sebagai komponen aktif atau indikator dalam film biopolimer untuk menghasilkan kemasan aktif dan cerdas yang memiliki aktivitas antioksidan, antibakteri, serta fungsi indikator kerusakan pangan (Dutta et al., 2025; Nemes et al., 2020). Namun, sebagian besar inovasi kemasan ramah lingkungan dan kemasan pintar masih berorientasi antroposentris yang menitikberatkan pada aspek fungsi teknologi, keamanan pangan, kenyamanan konsumen dan nilai ekonomi sementara dimensi ekosentrisme belum mendapat perhatian yang memadai. Pendekatan ekosentris memandang alam dan ekosistem memiliki nilai intrinsik, sehingga desain material dan sistem harus meminimalkan jejak ekologis tidak hanya pada tahap pembuangan, tetapi sepanjang siklus hidup, termasuk produksi, distribusi, dan *waste material* (Tete, 2022).

Dalam konteks ini, penggunaan limbah pertanian sebagai bahan kemasan perlu dikaji secara menyeluruh. Penilaian tidak hanya dilakukan saat proses pembuatannya, tetapi juga selama penggunaan hingga bagaimana bahan tersebut terurai dan kembali ke tanah sebagai nutrisi. Jadi, pemilihan bahan tidak cukup hanya karena berasal dari sumber alami atau limbah, tetapi juga harus mempertimbangkan dampaknya terhadap lingkungan, fungsinya, serta perannya dalam mendukung sistem ekonomi sirkular. Selain itu, bahan kemasan ramah lingkungan sebaiknya dirancang agar bisa digunakan secara berkelanjutan dan tidak merusak lingkungan. Artinya, setelah digunakan, kemasan tidak langsung menjadi limbah, tetapi bisa didaur ulang atau kembali ke alam dengan aman. Hal ini sejalan dengan prinsip *zero waste* (tanpa sampah) dan *zero pollution* (tanpa pencemaran), sehingga dampaknya terhadap lingkungan bisa diminimalkan.

Pemanfaatan limbah agro sebagai bahan baku utama kemasan pintar (*smart packaging*) berpotensi menjawab tiga masalah sekaligus, yakni (1) mengurangi beban limbah pertanian dan mengurangi ketergantungan industri pangan pada plastik

konvensional, (2) inovasi material dan teknologi *smart packaging* yang memperkuat kualitas dan keamanan pangan, (3) meningkatkan peluang ekonomi lokal melalui pengembangan rantai nilai biomaterial (Suhartini et al., 2022; Santi et al., 2022; Ait Kaddour et al., 2024). Berdasarkan latar belakang tersebut, kajian mengenai *smart packaging* berbasis limbah agro sebagai strategi ekosentris dalam mengurangi dampak lingkungan industri pangan menjadi sangat relevan. Kajian ini diharapkan tidak hanya menghasilkan material kemasan cerdas yang fungsional (aktif, indikator, atau terintegrasi sensor), tetapi juga mensesain dan mengelola sistem kemasan ditempatkan dalam kerangka ekosentrisme yang menilai keberhasilan bukan hanya dari performa teknis dan ekonomi, tetapi juga dari kontribusinya terhadap ekosistem, pengurangan emisi dan polusi, serta pencapaian tujuan dan target pembangunan berkelanjutan, khususnya SDG 12 (*responsible consumption and production*) dan SDG 13 (*climate action*) (Marotta et al., 2025).

METODE

Bahan kajian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif yang diperoleh dari beragam literatur, termasuk buku, artikel, jurnal, catatan, dan sumber relevan lainnya yang membahas topik penelitian, khususnya konsep kerangka filosofis ekosentrisme. Data empiris dan teknis dikumpulkan terkait bahan baku, parameter proses pembuatan, dan hasil karakterisasi dari smart packaging berbasis limbah agro. Sementara itu, data filosofis dan etis mencakup definisi, prinsip dasar, dan implikasi moral dari paradigma etika lingkungan ekosentrisme.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Transformasi limbah agro menjadi basis material kemasan berkelanjutan

Kajian pustaka menunjukkan bahwa limbah pertanian seperti sekam padi, ampas tebu, limbah sereal, limbah buah, dan limbah daun kaya akan biopolimer seperti selulosa, pati, hemiselulosa, dan pektin yang sangat potensial dijadikan bahan baku kemasan pangan *biodegradable* (Varghese et al., 2023; Donkor et al., 2023). Limbah agro yang semula diposisikan hanya sebagai residu atau sampah padat kini direposisi sebagai bahan alami yang ramah lingkungan karena mengandung senyawa polimer alami (biopolimer) yang bernilai tambah tinggi sehingga dapat diproses dan dibuat menjadi film, bioplastik atau komposit untuk kemasan yang bersifat *biodegradable* (Selvam et al., 2025). Hal ini ditekankan dalam telaah sistematis yang menemukan bahwa limbah agroindustri dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan material kemasan yang ramah

lingkungan dan fungsional, sehingga membantu menurunkan dampak negatif industri pangan terhadap lingkungan (Sastre et al., 2022). Pemanfaatan limbah agro dengan cara ini sejalan dengan prinsip ekonomi sirkular, di mana aliran bahan didesain kembali dari mengambil-mengonsumsi-membuang menuju siklus tertutup yang meminimalkan ekstraksi sumber daya murni dan timbunan sampah (Ali et al., 2023).

Dari perspektif ontologis ekosentris, kajian ini menegaskan pergeseran cara pandang dari limbah sebagai sampah yang dapat merusak lingkungan menjadi bagian integral dari ekosistem produksi yang memiliki nilai intrinsik dan tidak semata-mata dipandang sebagai objek eksploitasi manusia (Ada et al., 2023). Dalam etika lingkungan, pendekatan ekosentris menempatkan keseluruhan sistem ekologi, baik komponen biotik maupun abiotik, sebagai entitas bernilai yang harus dilindungi dalam pengambilan keputusan pengelolaan sumber daya, bukan semata-mata sebagai alat bagi kepentingan manusia. Pendekatan seperti ini menghasilkan penekanan pada keseimbangan ekosistem dan nilai moral yang lebih luas terhadap alam, berbeda dengan paradigma antroposentris yang melihat alam hanya sebagai sumber daya instrumental (Priyono et al., 2025). Dengan demikian, pemilihan limbah agro sebagai basis material kemasan bukan hanya keputusan teknis, tetapi juga pilihan ontologis untuk mengakui keberhargaan materi hayati dan meminimalkan distorsi siklus alami melalui rekayasa material yang selaras dengan proses ekologis.

Pendekatan ekosentris ini sejalan dengan konsep *circular bioeconomy*, di mana residu biomassa dipandang sebagai sumber daya yang dapat dimanfaatkan secara optimal untuk menciptakan siklus penggunaan yang berkelanjutan, daripada sekadar menjadi limbah yang dibuang. Transformasi limbah agro ke dalam material kemasan bernilai tambah mewakili langkah strategis menuju pemulihan nilai ekologis dan ekonomi sekaligus dengan menempatkan keberlanjutan ekosistem sebagai kriteria utama keberhasilan desain material (Carvalho et al., 2025).

Integrasi Smart Packaging dalam Rantai Nilai Agro Waste

Smart packaging atau kemasan cerdas ini tidak hanya berfungsi sebagai penghalang fisik, tetapi juga dapat mencakup sistem indikator kualitas sensor seperti indikator oksigen, pH, atau sensor bioaktif untuk memantau kesegaran pangan secara real time. Inovasi semacam ini memperluas fungsi kemasan dari sekadar pelindung menjadi alat aktif yang membantu mengurangi risiko kehilangan mutu dan kerusakan pangan selama distribusi dan

penyimpanan. Berbagai kajian melaporkan bahwa biopolimer yang berasal dari limbah agro dapat diolah menjadi kemasan dengan sifat mekanik dan penghalang (*barrier*) yang kompetitif untuk aplikasi pangan, khususnya jika dikombinasikan dengan teknologi smart packaging.

Berbagai kajian melaporkan bahwa biopolimer yang berasal dari limbah agro dapat diolah menjadi kemasan dengan sifat mekanik dan penghalang (*barrier*) yang kompetitif untuk aplikasi pangan, khususnya bila dikombinasikan dengan teknologi smart dan active packaging (Donkor et al.,2023; Varghese et al., 2023). Ulasan tentang *sustainable packaging* menunjukkan bahwa polimer berbasis pati, gelatin, kitosan, dan biopolimer lain dapat diformulasi menjadi kemasan biodegradable dan selanjutnya dilengkapi dengan fungsi cerdas seperti indikator kebocoran atau indikator perubahan mutu produk. Kajian mengenai film bionanokomposit yang menggabungkan pati ubi jalar ungu dengan nanopartikel kitosan dan pigmen antosianin menunjukkan bahwa sistem ini tidak hanya ramah lingkungan, tetapi juga memiliki fungsi *intelligent* seperti perubahan warna sebagai indikator perubahan pH atau kondisi pangan yang dikemas (Hasan et al., 2024). Integrasi sensor kimia yang mendeteksi perubahan konsentrasi CO₂ (sebagai indikator kerusakan pangan) dan senyawa antimikroba seperti minyak esensial oregano dalam sistem juga dilaporkan efektif menghambat pertumbuhan mikroba dan menurunkan laju kerusakan produk (Stramarkou et al.,2022)

Kajian berbasis Life Cycle Assessment (LCA)

Life Cycle Assessment (LCA) atau analisis daur hidup dan analisis karbon menunjukkan bahwa transisi dari plastik konvensional ke plastik *biodegradable* dari kemasan pintar (*smart packaging*) memiliki potensi penurunan dampak lingkungan yang signifikan bila ditinjau dari perspektif siklus hidup penuh (Stramarkou et al.,2022). Kajian perbandingan antara plastik konvensional dan *biodegradable plastic products* (BPP) menunjukkan bahwa untuk (1000) unit produk (kantong, kotak makan, cangkir, dan lain-lain), emisi karbon total untuk kemasan konvensional berkisar antara 52.09–150.36 kg CO₂ ekuivalen, sedangkan produk biodegradable hanya sekitar 21.06–56.86 kg CO₂ ekuivalen, atau turun sekitar (13.53%) hingga (62.19%) (Chen et al.,2024). Perbedaan utama muncul pada tahap produksi plastik dan pengelolaan limbah, di mana bahan baku terbarukan dan opsi pengolahan limbah seperti kompos atau digesti anaerob memberikan keuntungan pengurangan karbon yang besar (Ali et al.,2023).

Dalam kajian analisis siklus hidup (LCA) pada sistem kemasan cerdas yang dilengkapi sensor CO₂ dan minyak esensial oregano, ditemukan bahwa meskipun tahap produksi kemasan ini meningkatkan beban dampak perubahan iklim hingga sekitar 67% dibandingkan dengan kemasan konvensional, pengurangan pemborosan pangan yang signifikan dari 30% menjadi hanya 5%–20% menjadikan sistem kemasan cerdas lebih ramah lingkungan pada mayoritas kategori memiliki dampak (Stramarkou et al.,2022).

Kajian mengenai kemasan biodegradable yang bersumber dari tanaman menegaskan dua sasaran utama, yaitu pemanfaatan sumber daya terbarukan seperti bahan nabati sebagai pengganti minyak bumi serta penguatan sistem pengelolaan limbah terpadu guna menekan ketergantungan terhadap tempat pembuangan akhir (TPA). Pendekatan ini dinilai krusial dalam menurunkan akumulasi limbah plastik jangka panjang dan mempermudah integrasi kemasan dengan sistem pengomposan atau pengolahan limbah organik lainnya. Oleh karena itu, ditinjau dari perspektif dampak lingkungan siklus hidup, *smart packaging* berbasis limbah agro dan biopolimer terbarukan memiliki potensi menghasilkan jejak karbon dan beban ekologi yang lebih rendah dibandingkan dengan kemasan plastik konvensional, khususnya apabila sistem pengelolaan akhir masa pakai seperti pengomposan, digesti anaerob, atau daur ulang organik tersedia dan dimanfaatkan secara optimal.Chen et al.,2024; Chen et al.,2024).

Peran Kemasan Cerdas dalam Menekan Food Waste dan Mendukung Ketahanan Pangan

Fungsi utama kemasan dalam rantai pasok pangan bukan hanya melindungi produk secara fisik, tetapi juga menjaga keamanan dan kualitas serta memperpanjang umur simpan sehingga mengurangi *food loss* dan *food waste*, sehingga berkontribusi pada efisiensi distribusi dan penguatan ketahanan pangan. *Smart packaging* sebagai salah satu solusi praktis dalam pengelolaan limbah pangan secara berkelanjutan karena kemampuannya memantau kondisi produk sepanjang rantai pasok serta menyediakan informasi yang akurat bagi produsen, distributor sampai pada tangan konsumen (Rodrigues et al., 2021)

Pendekatan berbasis tanaman berpotensi meningkatkan umur simpan pangan mudah rusak dan mengurangi penggunaan bahan baku berbasis minyak bumi (Baneshi et al.,2024). Selain itu, penguatan peran indikator dan sensor pada kemasan memungkinkan terbentuknya sistem deteksi dini terhadap penurunan mutu akibat kontaminasi atau penurunan kualitas produk. Sehingga, pengambilan

keputusan terkait penyimpanan, distribusi, maupun penarikan produk dapat dilakukan secara lebih akurat dan meminimalkan risiko *food loss* dan *food waste* dalam skala besar.

Dalam perspektif ekosentris, kontribusi ini menjadi signifikan tidak semata-mata karena efisiensi ekonomi yang dihasilkan, melainkan karena kemampuannya menekan jejak ekologis keseluruhan sistem pangan. Setiap kilogram pangan yang berhasil diselamatkan dari pemborosan merepresentasikan pengurangan penggunaan lahan, air, energi, serta emisi yang terkait dengan proses produksinya. Oleh karena itu, *smart packaging* berbasis limbah agro berperan dalam memperkuat ketahanan pangan sekaligus mengurangi tekanan ekologis, sehingga dapat dipandang sebagai instrumen strategis dalam transformasi menuju sistem pangan yang lebih berkelanjutan.

Keselarasan dengan Ekosentrisme dan Pembangunan Berkelanjutan

Pendekatan ekosentris menempatkan ekosistem sebagai pusat pertimbangan etis, sehingga pemilihan material dan teknologi tidak lagi didasarkan semata-mata pada keuntungan ekonomi jangka pendek bagi manusia, melainkan pada kontribusinya terhadap keberlanjutan sistem kehidupan secara menyeluruh. Dalam kerangka ini, limbah agro seperti jerami, residu buah, kulit pisang, sisa pemangkasan dan lain-lain tidak dipersepsikan sebagai limbah dan bukan sampah murni, melainkan sebagai komponen siklus materi hayati yang memiliki nilai intrinsik dan berpotensi dikembalikan ke sistem produksi secara aman, sirkular dan regeneratif.

Limbah tersebut terbukti dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan film, komposit, serta material bioplastik terbarukan dan *biodegradable*, sehingga mampu menggantikan plastik berbasis minyak bumi yang tidak mudah terurai. Dari perspektif pembangunan berkelanjutan, *smart packaging* berbasis limbah agro dapat dipandang sebagai strategi ekosentris (Varghese et al., 2023; Ali et al., 2023; Baneshi et al., 2024), inovasi ini mendukung tiga pilar utama secara bersamaan yang terdiri dari:

- a. Secara ontologis, limbah diubah menjadi sumber daya hayati bernilai.
- b. Secara epistemologis, pengetahuan tentang material dan teknologi kemasan cerdas dimanfaatkan untuk mengurangi *food loss* serta meningkatkan efisiensi pemakaian sumber daya.
- c. Secara aksiologis, pendekatan ini membantu meminimalkan polusi plastik, mendukung ekonomi sirkular, dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan yang dihasilkan oleh seluruh proses produksi, distribusi, penggunaan dan pembuangan produk pangan.

Dengan demikian integrasi prinsip ekosentrisme dan pembangunan berkelanjutan dalam desain kemasan cerdas tidak hanya memberikan keuntungan lingkungan, tetapi juga memperkuat ketahanan sistem pangan dan keberlanjutan ekonomi jangka panjang, menjadikan *smart packaging* berbasis limbah agro sebagai instrumen strategis dalam transisi menuju sistem pangan yang lebih berkelanjutan.

Implikasi Ekosentris bagi Industri Pangan dan Arah Riset

Implikasi ekosentris dari *smart packaging* berbasis limbah agro bagi industri pangan terletak pada perubahan orientasi produksi dari sekadar efisiensi ekonomi menuju tanggung jawab ekologis. Industri pangan tidak lagi dapat memandang kemasan sebagai material sekali pakai, tetapi sebagai bagian dari siklus ekologis yang harus dirancang secara berkelanjutan. Pemanfaatan limbah agro sebagai bahan baku kemasan mendukung prinsip ekonomi sirkular karena mampu mengubah residu pertanian dan agroindustri menjadi produk bernilai tambah. Selain itu, fungsi aktif dan cerdas pada kemasan dapat membantu memperpanjang umur simpan pangan, memantau kesegaran, meningkatkan keamanan pangan, dan mengurangi *food waste*.

Namun, penerapan *smart packaging* berbasis limbah agro masih membutuhkan penguatan riset. Fokus riset ke depan meliputi peningkatan sifat mekanik dan barrier material, stabilitas indikator alami, keamanan migrasi bahan aktif, standarisasi limbah agro, analisis siklus hidup, kelayakan ekonomi, penerimaan konsumen, serta kesiapan regulasi. Dengan arah riset tersebut, *smart packaging* berbasis limbah agro berpotensi menjadi strategi ekosentris yang tidak hanya mengurangi dampak lingkungan industri pangan, tetapi juga memperkuat sistem pangan yang lebih sirkular, aman, dan berkelanjutan. Kajian literatur menunjukkan bahwa pengembangan bioplastik masih menghadapi berbagai tantangan yang perlu ditangani secara menyeluruh. Beberapa tantangan tersebut antara lain biaya produksi bioplastik yang masih lebih tinggi dibandingkan plastik berbasis minyak bumi, kapasitas industri yang masih terbatas, hambatan regulasi, serta infrastruktur *circular packaging* yang belum berkembang dengan baik (Chen et al., 2024). Dari perspektif ekosentris, penyelesaian tantangan ini tidak seharusnya hanya berfokus pada efisiensi ekonomi jangka pendek. Lebih dari itu, diperlukan perubahan sistem secara menyeluruh, mulai dari sistem nilai, kebijakan, hingga infrastruktur industri. Perubahan tersebut perlu diarahkan pada upaya menjaga keberlanjutan ekosistem serta menjamin keadilan bagi generasi sekarang dan generasi mendatang (Ada et al., 2023).

KESIMPULAN

Smart packaging berbasis limbah agro merupakan strategi ekosentris karena mengubah paradigma kemasan dari sekadar alat pelindung produk menjadi bagian dari sistem pangan yang lebih sirkular, adaptif, dan ramah lingkungan. Limbah agro dapat dimanfaatkan sebagai sumber biopolimer dan senyawa bioaktif untuk menghasilkan kemasan *biodegradable*, aktif, dan cerdas. Teknologi ini berpotensi mengurangi limbah plastik, meningkatkan nilai tambah limbah pertanian, memperpanjang umur simpan pangan, serta mengurangi *food waste*. Penerapan kemasan cerdas berbasis limbah agro memerlukan kebijakan, investasi, dan inovasi sistemik berlandaskan prinsip ekosentris untuk mengatasi hambatan biaya, infrastruktur, serta kesiapan konsumen, menjadikannya tidak hanya inovasi teknologi, tetapi juga langkah etis yang selaras dengan keberlanjutan ekosistem.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullahi, A., Korumilli, T., & Rao, K. J. (2025). Revolutionizing food packaging with biobased polymers, active and intelligent materials for enhanced food safety and sustainability: Review. *Food and Bioprocess Technology*, 18, 6836–6868. <https://doi.org/10.1007/s11947-025-03868-9>
- Ada, E., Kazancoglu, Y., Gozacan Chase, N., & Altin, O. (2023). Challenges for circular food packaging: Circular resources utilization. *Applied Food Research*, 3(2), 100310. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2023.100310>
- Ait Kaddour, A., Hassoun, A., Tarchi, I., Loudiyi, M., Boukria, O., Cahyana, Y., Ozogul, F., & Khwaldia, K. (2024). Transforming plant based waste and by products into valuable products using various “Food Industry 4.0” enabling technologies: A literature review. *Science of the Total Environment*, 955, 176872. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.176872>
- Ali, S. S., Abdelkarim, E. A., Elsamahy, T., Al Tohamy, R., Li, F., Kornaros, M., Zuorro, A., Zhu, D., & Sun, J. (2023). Bioplastic production in terms of life cycle assessment: A state of the art review. *Environmental Science and Ecotechnology*, 15, 100254. <https://doi.org/10.1016/j.ese.2023.100254>
- Baneshi, M., Aryee, A. N. A., English, M., & Mkandawire, M. (2024). Designing plant-based smart food packaging solutions for prolonging the consumable life of perishable foods. *Food Chemistry Advances*, 5, 100769. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2024.100769>
- Carvalho, A. C. F., Ghosh, S., Hoffmann, T. G., Prudêncio, E. S., de Souza, C. K., & Roy, S. (2025). Valuing agro industrial waste in the development of sustainable food packaging based on the system of a circular bioeconomy: A review. *Cleaner Waste Systems*, 11, 100275. <https://doi.org/10.1016/j.clwas.2025.100275>
- Chan, J. X., Wong, J. F., Hassan, A., & Zakaria, Z. (2021). Bioplastics from agricultural waste. In *Biopolymers and Biocomposites from Agro Waste for Packaging Applications* (pp. 141–169). *Elsevier*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819953-4.00005-7>
- Chen, G., Li, J., Sun, Y., Wang, Z., Leeke, G. A., Moretti, C., Cheng, Z., Wang, Y., Li, N., Mu, L., Li, J., Tao, J., Yan, B., & Hou, L. (2024). Replacing traditional plastics with biodegradable plastics: Impact on carbon emissions. *Engineering*, 32(1), 152–162. <https://doi.org/10.1016/j.eng.2023.10.002>
- Donkor, L., Kontoh, G., Yaya, A., Bediako, J. K., & Apalanga, V. (2023). Bio based and sustainable food packaging systems: relevance, challenges, and prospects. *Applied Food Research*, 3(2), 100356. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2023.100356>
- Dutta, K., Förster, C. Y., Orlova, O. Y., Dandekar, T., Skorb, E. V., & Shityakov, S. (2025). Natural polyphenols for sustainable active, smart, and intelligent food packaging: a structured narrative review. *Frontiers in Food Science and Technology*, 5, 1604816. <https://doi.org/10.3389/frfst.2025.1604816>
- Hasan, M., Utami, A., Purma, R., Syahrial, S., Rahmayani, R. F. I., & Zulfadli, Z. (2024). Development of environmentally friendly and intelligent food packaging bio nanocomposite films. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 25(3), 155–164. <https://doi.org/10.12912/27197050/178388>
- Marotta, A., Borriello, A., Khan, M. R., Cavella, S., Ambrogi, V., & Torrieri, E. (2025). Boosting Food Packaging Sustainability Through the Valorization of Agri-Food Waste and By-Products. *Polymers*, 17(6), 735. <https://doi.org/10.3390/polym17060735>
- Nemes, S. A., Szabo, K., & Vodnar, D. C. (2020). Applicability of agro industrial by products in intelligent food packaging. *Coatings*, 10(6), 550. <https://doi.org/10.3390/coatings10060550>
- Palanisamy, Y., Kadirvel, V., & Ganesan, N. D. (2025). Recent technological advances in food packaging: sensors, automation, and

-
- application. *Sustainable Food Technology*, 3, 161–180.
<https://doi.org/10.1039/D4FB00296B>
- Priyono, B. B., Purwantara, S., & Purbani, W. (2025). Biosentrisme dan ekosentrisme: Alternatif pandangan filsafat lingkungan terhadap krisis alam di era antroposentrisme. *Jurnal Filsafat Indonesia*, 8(2), 280–290.
<https://doi.org/10.23887/jfi.v8i2.88217>
- Rodrigues, C., Souza, V. G. L., Coelho, I., & Fernando, A. L. (2021). Bio-Based Sensors for Smart Food Packaging Current Applications and Future Trends. *Sensors*, 21(6), 2148.
<https://doi.org/10.3390/s21062148>
- Sastre, R. M., de Paula, I. C., & Echeveste, M. E. S. (2022). A Systematic Literature Review on Packaging Sustainability: Contents, Opportunities, and Guidelines. *Sustainability*, 14(11), 6727.
<https://doi.org/10.3390/su14116727>
- 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>
- Stramarkou, M., Boukouvalas, C., Koskinakis, S. E., Serifi, O., Bekiris, V., Tsamis, C., & Krokida, M. (2022). Life cycle assessment and preliminary cost evaluation of a smart packaging system. *Sustainability*, 14(12), 7080. <https://doi.org/10.3390/su14127080>
- Suhartini, S., Rohma, N. A., Elviliana, Santoso, I., Paul, R., Listiningrum, P., & Melville, L. (2022). Food waste to bioenergy: Current status and role in future circular economies in Indonesia. *Energy, Ecology and Environment*, 7(4), 297–339.
<https://doi.org/10.1007/s40974-022-00248-3>
- Tete, F. (2022). Ecocentrism as Theoretical Framework for Environmental Ethics. *Jurnal Sosialisasi: Jurnal Hasil Pemikiran, Penelitian dan Pengembangan Keilmuan Sosiologi Pendidikan*, 9(2), 103–112.
<https://doi.org/10.26858/sosialisasi.v1i2.34929>
- Ulhusna, A., Amir, R. M., & Yusmaidi, N. (2025). Bio-waste Alchemy: Turning Agricultural Residue into Green Gold for Food Packaging, A Systematic Review. *Agroteknika*, 8(3), 486–508.
<https://doi.org/10.55043/agroteknika.v8i3.541>
- Varghese, S. A., Pulikkalparambil, H., Promhuad, K., Srisa, A., Laorenza, Y., Jarupan, L., Nampitch, T., Chonhenchob, V., & Harnkarnsujarit, N. (2023). Renovation of Agro-Waste for Sustainable Food Packaging: A Review. *Polymers*, 15(3), 648.
<https://doi.org/10.3390/polym15030648>
- Selvam, T., Rahman, N. M. M. A., Olivito, F., Ilham, Z., Ahmad, R., & Wan-Mohtar, W. A. A. Q. I. (2025). Agricultural waste-derived biopolymers for sustainable food packaging: Challenges and future prospects. *Polymers*, 17(14), 1897.
<https://doi.org/10.3390/polym17141897>
-