



## **Kajian Falsafah Ilmu Ontologis, Epistemologis, dan Axiologis Dalam Konteks Keberlanjutan: Pemanfaatan Gulma Air dan Limbah Pertanian Menjadi Aktor Teknis Dalam Sistem Transportasi Buah**

### **A Study of the Philosophy of Ontological, Epistemological, and Axiological Sciences in the Context of Sustainability: Utilization of Aquatic Weeds and Agricultural Waste as Technical Actors in the Fruit Transportation System**

**Ida Ayu Widhiantari<sup>\*1,2</sup>, Muhammad Sarjan<sup>\*1,3</sup>**

<sup>1</sup>) Program Doktor Pertanian Berkelanjutan, Universitas Mataram, Mataram

<sup>2</sup>) Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri, Universitas Mataram, Mataram

<sup>3</sup>) Fakultas Pertanian, Universitas Mataram, Mataram

\*Email: <sup>1</sup>) [ida.ayuwidhiantari@unram.ac.id](mailto:ida.ayuwidhiantari@unram.ac.id)

---

#### **How to Cite :**

Widhiantari, I.A., Sarjan, M. (2025). Kajian Falsafah Ilmu Ontologis, Epistemologis, dan Axiologis Dalam Konteks Keberlanjutan: Pemanfaatan Gulma Air dan Limbah Pertanian Menjadi Aktor Teknis Dalam Sistem Transportasi Buah. *Sinta Journal*, 6 (2), 307-306. DOI: <https://doi.org/10.37638/sinta.6.2.307-326>

---

#### **ABSTRAK**

#### **ARTICLE HISTORY**

Received [18 November 2025]

Revised [28 November 2025]

Accepted [05 December 2025]

#### **KEYWORDS**

Biodegradable, circular economy, philosophy of science, sustainable packaging, fruit transportation

This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license



*Pengemasan dan transportasi buah segar menghadapi tantangan ganda: tingginya kerugian pascapanen (40-50%) dan dampak lingkungan dari kemasan plastik konvensional. Kajian literatur ini mengeksplorasi solusi inovatif dengan menganalisis pemanfaatan gulma air (seperti eceng gondok) dan limbah pertanian (seperti kulit pisang dan ampas tebu) sebagai bahan baku kemasan berkelanjutan melalui pendekatan filsafat ilmu. Secara ontologis, hakikat limbah diubah dari bahan tak berguna menjadi sumber daya bernilai yang kaya biopolimer seperti selulosa dan pektin. Validasi epistemologis dilakukan melalui metode empiris, termasuk sintesis material (misalnya, hidrogel dari eceng gondok), pengujian kinerja mekanis, dan Analisis Siklus Hidup (LCA). Hasilnya menunjukkan bahwa material berbasis limbah ini menawarkan kinerja perlindungan yang kompetitif—terbukti mampu mengurangi kehilangan berat, mempertahankan*

---

*kekerasan, dan meningkatkan retensi warna pada buah selama transportasi. Keunggulan utamanya terletak pada sifat biodegradable, yang dikonfirmasi melalui pengujian penguburan tanah dimana material mengalami pengurangan massa signifikan. Secara aksiologis, inovasi ini memberikan nilai keberlanjutan yang luas. Dengan mendukung ekonomi sirkular, mengurangi polusi plastik, dan meminimalkan kerugian pascapanen, pendekatan ini sejalan dengan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDG) 12. Disimpulkan bahwa pemanfaatan limbah untuk kemasan buah tidak hanya layak secara teknis, tetapi juga memiliki landasan filosofis yang kuat untuk menciptakan sistem transportasi buah yang lebih berkelanjutan dan bertanggung jawab secara lingkungan.*

### **ABSTRACT**

*The packaging and transportation of fresh fruit face dual challenges: high post-harvest losses (40-50%) and the environmental impact of conventional plastic packaging. This literature review explores innovative solutions by analyzing the use of aquatic weeds (such as water hyacinth) and agricultural waste (such as banana peels and sugarcane bagasse) as sustainable packaging materials through a philosophy of science approach. Ontologically, the essence of waste is transformed from useless material into a valuable resource rich in biopolymers such as cellulose and pectin. Epistemological validation was conducted through empirical methods, including material synthesis (e.g., hydrogel from water hyacinth), mechanical performance testing, and Life Cycle Analysis (LCA). The results demonstrate that this waste-based material offers competitive protective performance—proven to reduce weight loss, maintain firmness, and enhance color retention in fruit during transport. Its primary advantage lies in its biodegradability, confirmed through soil burial tests, where the material experienced significant mass reduction. Axiologically, this innovation provides broad sustainability value. By supporting a circular economy, reducing plastic pollution, and minimizing post-harvest losses, this approach aligns with Sustainable Development Goal (SDG) 12. It was concluded that utilizing waste for fruit packaging is not only technically feasible but also has a strong philosophical foundation for creating a more sustainable and environmentally responsible fruit transportation system.*

## PENDAHULUAN

Pengemasan dan transportasi buah segar merupakan aspek krusial dalam pertanian modern, berfungsi sebagai prasyarat penting untuk memperpanjang rantai pasok dan meningkatkan nilai buah segar (Ding et al., 2021). Namun, diperkirakan 40–50% dari produksi buah dan sayuran global hilang atau terbuang di sepanjang rantai pasok, menyumbang hampir setengah dari seluruh limbah makanan (Zhao et al., 2024). Kerugian substansial selama transportasi dan penyimpanan telah menghambat kemajuan industri buah segar (Zhao et al., 2024). Kerugian pascapanen ini disebabkan oleh berbagai faktor, termasuk kondisi jalan yang buruk, praktik transportasi yang tidak memadai, masalah pengemasan, serta aspek mekanis dan fisiologis produk segar. Getaran yang dihasilkan selama transportasi secara signifikan memengaruhi kualitas fisik, seperti penurunan kekerasan dan perubahan warna pada buah-buahan seperti apel Jawa (Java apples) (Iswahyudi et al., 2024).

Secara tradisional, material pengemasan berbasis plastik petroleum mendominasi pasar karena kinerjanya yang unggul (Morcillo-Martín, Rincón, et al., 2025); (Donkor et al., 2023). Namun, bahan-bahan ini tidak dapat terurai, menciptakan masalah lingkungan yang serius terkait pembuangan dan daur ulang (Donkor et al., 2023). Produksi plastik konvensional juga berkontribusi signifikan terhadap emisi gas rumah kaca (Morcillo-Martín, Rincón, et al., 2025) (Eslami et al., 2025). Menanggapi tantangan lingkungan yang meningkat ini, inisiatif global dan regulasi (seperti Directive EU 2019/904) menuntut pengurangan plastik sekali pakai dan mempromosikan solusi berkelanjutan (Kossalbayev et al., 2025). Tujuannya adalah untuk mendorong ekonomi sirkular dan mengintegrasikan banyak dimensi keberlanjutan ke dalam desain kemasan (Campos Filho et al., 2025).

Pencarian solusi inovatif mengarah pada pemanfaatan limbah agroindustri dan hasil sampingan yang kaya akan biopolimer alami seperti selulosa, hemiselulosa, lignin, dan pektin menjadi bahan kemasan yang biodegradable. Residua lignoselulosa yang melimpah ini mencakup jerami, sekam, tangkai, kulit, dan ampas buah (Kossalbayev et al., 2025). Secara khusus, gulma air seperti eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) (Rahmawati et al., 2018) dan berbagai limbah pertanian seperti kulit pisang (Rahmawati et al., 2018) dan ampas tebu (Kossalbayev et al., 2025) telah diidentifikasi sebagai sumber daya yang menjanjikan untuk menghasilkan komposit dan hidrogel (Rahmawati et al., 2018).

Integrasi bahan-bahan berkelanjutan yang berasal dari limbah ini sebagai aktor teknis (melalui pengemasan yang cerdas dan fungsional) dalam sistem transportasi buah menuntut pemahaman filosofis yang mendalam. Filsafat ilmu adalah dasar yang menjiwai dinamika proses kegiatan memperoleh pengetahuan. Oleh karena itu, kajian ini bertujuan untuk menganalisis upaya-upaya ilmiah dalam memanfaatkan gulma air dan limbah pertanian untuk pengemasan buah dalam konteks keberlanjutan, melalui tiga dimensi utama filsafat ilmu: Ontologi, Epistemologi, dan Aksiologi (Mardhiah et al., 2023).

## **Kajian Filsafat Ilmu dalam Konteks Keberkelanjutan**

Filsafat ilmu merupakan cabang filsafat yang secara khusus mengkaji hakikat ilmu pengetahuan (Mardhiah et al., 2023); (Pratiwi et al., 2024). Objek telaah filsafat ilmu meliputi Ontologi (hakikat yang dikaji), Epistemologi (cara mendapatkan pengetahuan), dan Aksiologi (kegunaan pengetahuan). Ketiga aspek ini saling terkait dan tidak dapat dipisahkan dalam memahami suatu ilmu (Pratiwi et al., 2024).

### **Ontologi: Hakikat Material Inovatif dan Keberkelanjutan**

Ontologi membahas apa yang dikaji oleh pengetahuan itu, yaitu hakikat dari keberadaan atau realitas universal yang meliputi segala bentuk kenyataan (Mardhiah et al., 2023). Dalam tinjauan ontologi, ilmu membatasi diri pada kajian yang bersifat empiris, mencakup seluruh aspek kehidupan yang dapat diuji oleh panca indera (Pratiwi et al., 2024). Realitas yang Dikaji (Objek Material): Dalam konteks ini, ontologi berfokus pada dua realitas utama:

- a. Gulma Air dan Limbah Pertanian sebagai Sumber Daya: Realitas yang dikaji adalah sifat dan potensi lignoselulosa dari gulma air (eceng gondok) (Rahmawati et al., 2018) dan limbah pertanian (ampas tebu, sekam padi, kulit buah) (Morcillo-Martín, Rincón, et al., 2025). Limbah-limbah ini, yang merupakan residu lignoselulosa yang melimpah (Kossalbayev et al., 2025), mengandung biopolimer seperti selulosa, hemiselulosa, lignin, dan pektin. Eceng gondok, yang sering dianggap gulma yang menyumbat fasilitas irigasi (Rahmawati et al., 2018), kini diangkat realitasnya sebagai bahan mentah yang tersedia (Thang & Huyen, 2020).
- b. Konsep Keberkelanjutan dalam Kemasan: Ontologi juga mencakup hakikat dari kemasan berkelanjutan (sustainable packaging) dan ekonomi sirkular (Campos Filho et al., 2025); (Kossalbayev et al., 2025). Kemasan, yang secara historis berfungsi hanya sebagai wadah pelindung, kini berevolusi menjadi aktor teknis dalam sistem transportasi yang bertujuan untuk meminimalkan kerugian dan dampak lingkungan (Campos Filho et al., 2025). Objek ontologisnya adalah mengembangkan biokomposit (misalnya, dari serbuk kayu-HDPE (Morcillo-Martín, Rabasco-Vilchez, et al., 2025) atau serat eceng gondok/ampas tebu) yang memiliki kekuatan mekanik kompetitif dan stabilitas termal (Kossalbayev et al., 2025).

### **Epistemologi: Metode Mendapatkan Pengetahuan yang Sahih**

Epistemologi menelaah bagaimana cara mendapatkan pengetahuan tersebut, termasuk sumber, alur, dan metode yang digunakan untuk mencapai kebenaran (Mardhiah et al., 2023). Pengetahuan yang andal didapatkan melalui metode ilmiah, yang menggabungkan rasionalisme dan empirisme (Pratiwi et al., 2024).

Metode Penelusuran Pengetahuan (Prosedur Ilmiah): Epistemologi dalam bidang ini diwujudkan melalui serangkaian metodologi terstruktur:

- a. Sintesis dan Karakterisasi Material: Pengetahuan diperoleh melalui eksperimen laboratorium untuk mengubah limbah menjadi bahan fungsional. Contohnya adalah sintesis Carboxymethyl Cellulose (CMC) dari batang eceng gondok melalui tahapan alkalisasi dan karboksimetilasi. Proses ini divalidasi dengan analisis instrumen seperti FT-IR untuk mengidentifikasi gugus fungsi (Febriyanti et al., 2023).
- b. Pengujian Kinerja Mekanis: Epistemologi berfokus pada pengujian empiris untuk memastikan bahan baru memenuhi kriteria teknis. Hal ini termasuk mengukur kekuatan tarik (tensile strength) dan kemampuan pembengkakan (swelling ability) dari bahan eceng gondok dan pektin kulit pisang (Febriyanti et al., 2023). Pengujian mekanis juga dilakukan pada buah segar untuk memprediksi kerusakan akibat getaran selama transportasi (misalnya, buah pir, tomat, apel Jawa) (Zhao et al., 2024).
- c. Analisis Siklus Hidup (LCA): Untuk menilai dampak lingkungan dari kemasan, LCA digunakan sebagai metodologi yang diterima secara luas, mengikuti standar ISO 14040 dan 14044 (Eslami et al., 2025). Ini memungkinkan kuantifikasi dan analisis semua potensi dampak lingkungan, seperti Global Warming Potential (GWP) dan Eutrofikasi. Studi LCA (misalnya, pada kemasan tomat atau kotak kayu) digunakan untuk mengidentifikasi hotspot dampak lingkungan (Oliver-Villanueva et al., 2025).
- d. Penelitian Kualitatif dan Desain (Rancangan Sensibel): Untuk menjembatani kesenjangan operasional, metode kualitatif (studi literatur sistematis) digunakan untuk mengidentifikasi kelemahan dalam pengemasan saat ini (misalnya, ventilasi buruk, stabilitas tumpukan rendah). Pengetahuan ini kemudian diwujudkan dalam desain prototipe, dengan mempertimbangkan faktor-faktor teknis seperti dimensi standar dan bukaan strategis (Campos Filho et al., 2025).

### **Aksiologi: Nilai Kegunaan untuk Keberlanjutan**

Aksiologi menelaah untuk apa pengetahuan tersebut digunakan; menitikberatkan pada kegunaan hasil kajian bagi kehidupan manusia, termasuk dimensi etika/moral dan estetika (Mardhiah et al., 2023). Penemuan ilmu harus diarahkan untuk meningkatkan taraf hidup manusia, memperhatikan martabat manusia, dan melestarikan alam (Pratiwi et al., 2024). Pemanfaatan dan Nilai Keberlanjutan:

- a. Pengurangan Limbah dan Promosi Ekonomi Sirkular: Manfaat utama adalah mendukung pembangunan berkelanjutan dengan mengurangi limbah dan mengurangi polusi plastik (Mardhiah et al., 2023); (Sanchez-Cachinero et al., 2025). Pemanfaatan limbah pertanian (seperti kulit kacang yang diubah menjadi particleboard) mengubah material bernilai rendah menjadi sumber daya berharga (Campos Filho et al., 2025). Bagi negara maju, aksiologi ini sejalan dengan tujuan pembangunan berkelanjutan

(SDG 12) untuk mengurangi 50% limbah global di tingkat ritel dan konsumen pada tahun 2030 (Mardhiah et al., 2023).

- b. Peningkatan Kualitas Produk dan Logistik: Pengembangan kemasan inovatif (seperti kemasan dengan busa pada buah apel Jawa) berhasil menghambat peningkatan kehilangan berat dan perubahan kekerasan/warna (Iswahyudi et al., 2024). Kemasan yang dirancang untuk meredam getaran (Sanchez-Cachinero et al., 2025) dan meningkatkan stabilitas/ventilasi secara langsung mengurangi kerugian di sepanjang rantai pasok (Campos Filho et al., 2025).
- c. Keuntungan Ekonomis dan Sosial (Etika/Moral): Penemuan kemasan cerdas dan bahan bio-based memberikan keuntungan bagi konsumen (memastikan produk tidak busuk) aksiologi ini menciptakan kemaslahatan (Mardhiah et al., 2023).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis upaya pemanfaatan gulma air dan limbah pertanian menjadi aktor teknis dalam sistem transportasi buah dalam konteks keberkelanjutan, yang ditinjau dari perspektif filsafat ilmu.

## METODE PENELITIAN

### Bahan dan Metode

Penelitian ini menggunakan metode studi kepustakaan (library research). Studi kepustakaan dipilih karena hakikat penelitian ini adalah mengkaji secara mendalam dalam sudut pandang teoritis terkait hakikat ilmu yang meliputi ontologi, epistemologi, dan aksiologi. Data penelitian ini bersumber dari berbagai literatur, buku, catatan, artikel, jurnal, dan referensi lainnya yang relevan dengan topik riset ini, termasuk materi yang membahas ontologi, epistemologi, dan aksiologi.

### Pengumpulan Data

Kegiatan utama dalam penelitian ini adalah merangkum definisi, konsep, dan hasil penelitian dari berbagai referensi yang relevan. Kegiatan ini mencakup tiga tahapan utama:

- 1) Pengumpulan Referensi Sistematis: Data dikumpulkan dari basis data akademik utama (seperti yang dilakukan dalam studi literatur) yang berfokus pada topik terkait (misalnya, "packaging for fruit and vegetable products" dan "circular economy food packaging") (Campos Filho et al., 2025). Referensi yang digunakan meliputi:
  - Jurnal dan Artikel Ilmiah yang membahas sintesis material bio-berbasis dari limbah lignoselulosa seperti eceng gondok (water hyacinth), ampas tebu (sugarcane bagasse), dan limbah pertanian lainnya (Febriyanti et al., 2023); (Motaleb et al., 2023).
  - Kajian Teknis mengenai karakterisasi material (seperti uji kekuatan tarik dan pembengkakan hidrogel), serta pengaruh kemasan terhadap kualitas buah selama transportasi (misalnya, apel Jawa/ Java Apple) (Iswahyudi et al., 2024).

- Studi Keberlanjutan yang menggunakan metodologi standar, seperti Life Cycle Assessment (LCA), untuk mengukur dampak lingkungan dari material kemasan (seperti kotak kayu dan karton bergelombang) (Eslami et al., 2025).
  - Ulasan Komprehensif (Review) yang memetakan pemrosesan limbah pertanian menjadi kemasan fungsional (Kossalbayev et al., 2025).
  - Referensi Filosofis yang menjelaskan definisi, prinsip, dan interkoneksi Ontologi, Epistemologi, dan Aksiologi (Mardhiah et al., 2023).
- 2) Eksplorasi Konsep Material dan Inovasi: Kegiatan ini mencakup eksplorasi definisi dan konsep utama seperti kemasan cerdas (intelligent packaging) (Mardhiah et al., 2023) dan kemasan berkelanjutan (sustainable packaging) (Donkor et al., 2023). Fokusnya adalah pada limbah pertanian yang kaya akan biopolimer alami seperti selulosa, hemiselulosa, lignin, dan pektin, yang dapat diubah menjadi film, serat, atau komposit (Kossalbayev et al., 2025).
  - 3) Klasifikasi Hasil Penelitian Empiris: Mengklasifikasikan hasil-hasil teknis, misalnya, prosedur perlakuan alkali pada eceng gondok untuk menghilangkan pengotor (Motaleb et al., 2023), atau proses sintesis Carboxymethyl Cellulose (CMC) dari eceng gondok melalui tahap alkalisasi dan karboksimetilasi (Febriyanti et al., 2023).

## **Analisis Data**

### **Metode Deskriptif Kualitatif**

Analisis data menggunakan metode deskriptif kualitatif bertujuan untuk memahami masalah kompleks terkait kehilangan hasil pascapanen dan menemukan peluang untuk mengatasi masalah praktis spesifik terkait kerugian buah dan sayur selama tahap transportasi. Metode ini digunakan untuk a) mendeskripsikan dan mengkategorikan inovasi: mengidentifikasi dan mengkategorikan inovasi material dan teknologi kemasan (seperti material bio-berbasis, nanokomposit, atau kemasan yang dirancang ulang untuk peredam getaran); b) mengidentifikasi kesenjangan dan kebutuhan: mengidentifikasi kelemahan dalam pengemasan saat ini (misalnya, stabilitas tumpukan rendah, ventilasi yang buruk) dan kebutuhan pengguna akhir (seperti ketahanan dan pengurangan kerugian produk).

### **Analisis Berdasarkan Filsafah Ilmu**

Analisis filosofis digunakan untuk memahami hakikat sistem pemanfaatan limbah dan keberlanjutan. Filsafat ilmu adalah dasar yang menjiwai dinamika proses kegiatan memperoleh pengetahuan secara alamiah.

- a) Ontologi (Hakikat yang Dikaji): Membahas apa yang dikaji oleh pengetahuan itu. Analisis ini berfokus pada hakikat material, mengubah

limbah (gulma air, residu lignoselulosa) yang sebelumnya dianggap tidak berguna menjadi objek yang bernilai (bahan baku).

- b) Epistemologi (Cara Mendapatkan Pengetahuan): Menelaah bagaimana cara mendapatkan pengetahuan tersebut. Epistemologi berfokus pada metode ilmiah yang sah yang digunakan untuk memvalidasi pemanfaatan limbah. Contoh metode yang dianalisis meliputi:
- Prosedur Eksperimental Empiris, seperti karakterisasi material menggunakan FT-IR dan SEM untuk membuktikan perubahan struktur kimia (Febriyanti et al., 2023).
  - Metodologi Terstandarisasi, seperti Life Cycle Assessment (LCA) yang dilakukan mengikuti standar ISO 14040 dan 14044 untuk mengukur dampak lingkungan (Oliver-Villanueva et al., 2025).
- c) Aksiologi (Kegunaan Pengetahuan): Menelaah untuk apa pengetahuan tersebut digunakan; fokus pada kegunaan hasil kajian bagi kehidupan manusia. Analisis ini menitikberatkan pada:
- Manfaat Keberlanjutan/Etika: Kegunaan ilmu untuk menciptakan kemaslahatan bagi konsumen dan produsen. Hal ini mencakup tujuan etika/moral untuk mendukung pembangunan berkelanjutan (SDG 12) dengan mengurangi 50% limbah pertanian (Mardhiah et al., 2023) dan mengurangi polusi plastik (Kossalbayev et al., 2025).
  - Nilai Ekonomis dan Sosial: Pemanfaatan material bernilai rendah (limbah) menjadi sumber daya berharga (ekonomi sirkular), serta peningkatan kualitas logistik untuk memastikan produk yang dijual adalah baik dan tidak busuk (Mardhiah et al., 2023).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### **Ontologi: Hakikat Material (Perubahan Eksistensi Limbah)**

Dalam konteks hakikat material (perubahan eksistensi limbah), ontologi mengkaji esensi mendasar dari limbah (sebagai objek material) dan bagaimana eksistensinya diubah melalui ilmu pengetahuan dan teknologi, khususnya untuk aplikasi yang berkelanjutan. Kajian ontologi berusaha mencari inti yang dimuat setiap kenyataan yang meliputi segala realitas dalam semua bentuknya. Ketika diterapkan pada limbah, fokus ontologi bergeser dari limbah sebagai materi berharga rendah (yang dibuang) menjadi materi berharga tinggi (yang dimanfaatkan) (Pratiwi et al., 2024); (Campos Filho et al., 2025).

Eksistensi awal (limbah sebagai masalah): Sektor pertanian dan pemrosesan makanan setiap tahun menghasilkan residu lignoselulosa berlimpah (seperti jerami, sekam, batang, kulit, dan ampas) (Kossalbayev et al., 2025). Limbah agro-industri ini sering dianggap sebagai limbah bernilai rendah, yang mengarah pada pembuangan yang tidak tepat (seperti pembakaran terbuka atau dibuang ke tempat pembuangan akhir), dan berkontribusi terhadap polusi lingkungan (Campos Filho et al., 2025). Limbah plastik sintesis juga menimbulkan dampak

lingkungan yang besar, sulit dihilangkan, dan tidak dapat terurai secara alami, bahkan membutuhkan waktu hingga 450 tahun untuk terurai (Ungprasoot et al., 2021).

Perubahan Eksistensi (valorasi limbah): ilmu pengetahuan dan teknologi mengubah hakikat material ini. Pemanfaatan limbah dan produk sampingan dari agro-industri dan pemrosesan makanan telah mendapatkan perhatian (Bayram et al., 2021). Eksistensi limbah berubah dari beban lingkungan menjadi sumber daya terbarukan dan berkelanjutan (Campos Filho et al., 2025). Bahan material yang diekstrak: residu ini kaya akan polimer yang secara alami dapat terurai (*biodegradable*) seperti selulosa, hemiselulosa, lignin, dan pektin. Polimer-polimer ini dapat diubah menjadi film, serat, dan komposit baru. Komponen-komponen ini, yang merupakan hakikat material dari limbah, memberikan atribut struktural dan fungsional unik yang dapat disesuaikan melalui penyumberan atau pretreatment selektif (Kossalbayev et al., 2025). Kandungan selulosa yang tinggi berhubungan langsung dengan peningkatan kekuatan tarik dan kekakuan, karena mikrofibril selulosa berkontribusi signifikan terhadap integritas struktural. Residu yang kaya selulosa seperti jerami sangat cocok untuk penguatan struktural dalam komposit (Kossalbayev et al., 2025). Pektin menciptakan jaringan gel tiga dimensi yang memberikan kekuatan kohesif dan perilaku viskoelastik. Limbah buah yang kaya pektin lebih sesuai untuk pembentukan film dan aplikasi kemasan aktif (Kossalbayev et al., 2025). Lignin berkontribusi pada kekakuan dan hidrofobisitas material. Penghilangan lignin melalui pretreatment alkali dapat membuat permukaan serat menjadi lebih kasar (Motaleb et al., 2023), dan pada kayu, menghilangkan lignin dan hemiselulosa mengubah struktur sel menjadi bentuk seperti pegas daun, yang mengatur elastisitas material (Pei et al., 2023).

Secara ontologis, keberadaan material pengemasan dapat dibagi menjadi dua hakikat: material konvensional yang non-degradable (seperti Expanded Polystyrene / EPS dan Expanded Polyethylene / EPE) dan material *biodegradable* yang berasal dari limbah pertanian (seperti eceng gondok, kulit pisang, atau residu pemangkas) (Wang et al., 2025); (Ungprasoot et al., 2021). Limbah sebagai sumber daya fungsional: limbah lignoselulosa yang melimpah (seperti batang eceng gondok atau residu alpukat) kaya akan biopolimer alami (selulosa, pektin, lignin) yang memungkinkan untuk diolah menjadi serat, *foam*, atau komposit (Kossalbayev et al., 2025). Hakikat keberadaan material ini adalah terbarukan dan *biodegradable* (Ungprasoot et al., 2021). Limbah lignoselulosa kaya akan biopolimer alami (selulosa, pektin) yang memungkinkannya diubah menjadi material biodegradable, terbarukan, dan memiliki jejak karbon yang rendah (Donkor et al., 2023). Misalnya, batang eceng gondok dapat disintesis menjadi Carboxymethyl Cellulose (CMC) dan dikombinasikan dengan pektin kulit pisang untuk menghasilkan film hidrogel yang ditujukan untuk pelapis kemasan makanan (Febriyanti et al., 2023).

Hakikat peredam kerusakan: Dalam konteks transportasi buah, peredam memiliki hakikat mekanis untuk menghilangkan (mengisolasi) atau mengurangi

amplifikasi getaran yang merusak buah (Sanchez-Cachinero et al., 2025). Secara ontologis, material peredam konvensional (seperti foam/busa pabrik) memiliki sifat mekanik yang unggul (Wang et al., 2025), namun material berbasis limbah berupaya meniru atau melampaui kinerja peredam tersebut dalam tujuan untuk memenuhi prinsip keberlanjutan.

Plastik konvensional berbasis petroleum seperti EPS dan EPE adalah bersifat *nondegradable* dan menimbulkan masalah lingkungan yang signifikan, sering disebut "polusi putih" (Wang et al., 2025); (Pei et al., 2023). Produksi plastik berbasis fosil ini juga secara signifikan berkontribusi terhadap emisi gas rumah kaca (Morcillo-Martín, Rincón, et al., 2025).

Hakikat kemudahan terurai (*easy degradability*) dari bahan limbah ini merupakan nilai ontologis utama. Penelitian menunjukkan bahwa bioplastik dari kulit pisang yang dikubur di tanah mengalami peningkatan evolusi CO<sub>2</sub> secara bertahap selama 90 hari, menunjukkan adanya biodegradasi (Talukdar et al., 2025). Demikian pula, biokomposit yang mengandung serat residu pemangkasan alpukat (BioPE-APF) menunjukkan pengurangan berat yang signifikan (mencapai 22,62% setelah 3 bulan pada sampel 40% fiber) di bawah kondisi penguburan tanah, dibandingkan dengan matriks PE murni yang beratnya tetap konstan (*non-biodegradable*) (Morcillo-Martín, Rabasco-Vilchez, et al., 2025). Hal ini membuktikan bahwa material berbasis limbah mengatasi dampak lingkungan yang ditimbulkan oleh kemasan konvensional karena sifatnya yang mudah terurai (Pei et al., 2023).

Tabel 1. Perubahan Eksistensi Limbah Menjadi Material Fungsional

Sumber Limbah	Komponen Utama yang Diekstraksi/Dimanfaatkan	Eksistensi Baru (Material Fungsional)	Bukti Sumber
Eceng Gondok ( <i>Eichhornia crassipes</i> )	Selulosa (hingga 60% berat) dan Lignin rendah (Febriyanti et al., 2023).	Bio-board (Rahmawati et al., 2018), CMC (Carboxymethylcellulose) (Febriyanti et al., 2023), atau serat penguat dalam komposit (Nguyen & Nguyen, 2022); (Thang & Huyen, 2020).	Gulma air yang mengganggu ekosistem perairan (Thang & Huyen, 2020) diubah menjadi bahan baku papan berkelanjutan (Rahmawati et al., 2018).
Residu Pemangkasan Tomat ( <i>Tomato Pruning residues</i> )	Serat selulosa, hemiselulosa, dan lignin (Morcillo-Martín, Rincón, et al., 2025).	Serat selulosa tomat (TF) murni untuk komposit kemasan (Morcillo-Martín, Rincón, et al., 2025); (Kossalbayev et al., 2025).	Fraksi selulosa dimurnikan, meningkat dari 35.19% dalam TP menjadi 48.24% dalam TF (Morcillo-Martín, Rincón, et al., 2025).

Kulit Pisang	Selulosa (~9%), Lignin (~11%), Pati, dan Pektin (Kossalbayev et al., 2025).	Pektin untuk membran dan film hidrogel (Febriyanti et al., 2023).	Digunakan dalam film hidrogel CMC-pektin untuk meningkatkan fleksibilitas dan stabilitas untuk kemasan makanan (Febriyanti et al., 2023). Pemanfaatan residu pertanian ini memperkuat konsep ekonomi sirkular (Campos Filho et al., 2025). Mengalihkan limbah kopi dalam jumlah besar dari tempat pembuangan sampah (Kossalbayev et al., 2025).
Sekam Jagung/Sekam Padi	Residu lignoselulosa (Campos Filho et al., 2025).	Digunakan sebagai bahan baku untuk solusi kemasan (Campos Filho et al., 2025).	
Ampas Kopi Bekas ( <i>Spent Coffee Grounds</i> )	Lignoselulosa dengan lignin tinggi (~30%) (Kossalbayev et al., 2025).	Bubur kaya selulosa yang diolah menjadi kertas kemasan yang dapat terurai secara hayati (Kossalbayev et al., 2025).	

Memahami perubahan eksistensi limbah melalui ontologi ini seperti melihat seonggok sampah organik yang tak berguna (eksistensi awal), lalu melalui ilmu pengetahuan (filsafat ilmu), menyadari bahwa setiap serpihan di dalamnya adalah blok bangunan alami yang berharga (hakikat material), yang kemudian dapat dipisahkan dan dirakit kembali menjadi struktur baru yang kuat dan berguna, seperti mainan ramah lingkungan (eksistensi baru), bukan lagi sekadar sampah. Transformasi ini mengubah definisi fundamentalnya dari "barang buangan" menjadi "sumber daya terstruktur".

### **Epistemologi: Bukti Empiris Reduksi Kerusakan Buah**

Epistemologi merupakan cabang filsafat yang secara sistematis membahas tentang terjadinya pengetahuan, sumber pengetahuan, asal mula pengetahuan, metode atau cara memperoleh pengetahuan, validitas, dan kebenaran pengetahuan (ilmiah) (Pratiwi et al., 2024). Epistemologi memvalidasi pengetahuan bahwa kemasan dengan pemberian bahan peredam dapat mengurangi tingkat kerusakan produk baik buah maupun sayur. Data dari berbagai studi mengkonfirmasi peran krusial material peredam dalam mengurangi kerugian pascapanen akibat getaran selama transportasi (Iswahyudi et al., 2024). Untuk mengembangkan material peredam berbasis kayu, bahan elastis, dan dapat terurai, proses epistemologis berfokus pada hubungan antara perubahan kimiawi dan struktur fisik yang dihasilkan. Pengetahuan diperoleh melalui studi terperinci mengenai efek pretreatment kimiawi terhadap hakikat material kayu. Ditemukan

bahwa penghilangan lignin dan hemiselulosa akan memperbesar pori-pori di antara dinding sel (Pei et al., 2023). Metode Scanning Electron Microscopy (SEM) digunakan untuk memvalidasi pengetahuan yang dihasilkan secara kimiawi. SEM membuktikan bahwa penghilangan lignin menghasilkan struktur mikro seperti pegas daun (leaf-spring-like microstructure) yang diperlukan untuk sifat elastisitas dan super-compressibility yang tinggi (Pei et al., 2023). Spektrum FTIR digunakan untuk memastikan bahwa pengurangan zat-zat kimia tertentu (seperti lignin dan hemiselulosa) telah terjadi, yang merupakan prasyarat untuk struktur elastis yang diinginkan (Pei et al., 2023). Dalam pembuatan komposit peredam berbasis limbah pertanian (misalnya dari eceng gondok atau ampas tebu), Epistemologi memusatkan perhatian pada bagaimana modifikasi serat memengaruhi peredaman dan daya serap air, yang kritis untuk fungsi peredam.

Pengetahuan dikumpulkan mengenai bagaimana perlakuan kimiawi (misalnya larutan alkali) pada serat eceng gondok dapat meningkatkan kekasaran permukaan serat dengan menghilangkan pengotor alami seperti lemak, lilin, dan pektin (Motaleb et al., 2023); (Nguyen & Nguyen, 2022). Analisis SEM dapat digunakan untuk membandingkan morfologi serat mentah (yang halus) dengan serat yang dirawat (yang kasar) (Motaleb et al., 2023). Kekasaran ini secara epistemologis memvalidasi pengetahuan bahwa adhesi serat-matriks telah meningkat, yang pada gilirannya akan meningkatkan kekuatan mekanik komposit (seperti kekuatan tekan dan lentur). Pengujian mekanik harus dilakukan untuk membuktikan bahwa komposit ramah lingkungan yang dihasilkan (misalnya komposit eceng gondok/roving) memiliki kekuatan tekan yang tinggi yang mendekati komposit fiberglass konvensional, sehingga memenuhi persyaratan aplikasi yang tinggi (Nguyen & Nguyen, 2022). Kebenaran tertinggi dari bahan peredam *biodegradable* terletak pada dua aspek yaitu apakah bahan itu berfungsi sebagai peredam yang efektif, dan apakah klaim biodegradabilitasnya valid. Pengetahuan tentang efektivitas peredam diperoleh melalui eksperimen perbandingan antara berbagai jenis bahan.

### **Perbandingan Kinerja Peredaman**

Data menunjukkan bahwa desain kemasan yang memiliki kemampuan peredam yang baik, terlepas dari bahannya, secara signifikan mengurangi kerusakan fisik buah. Epistemologi mendasari prosedur untuk mengukur dan memprediksi sifat material. Pengukuran getaran: untuk mengkaji kerusakan buah (misalnya apel Jawa) selama transportasi, Epistemologi memerlukan pengamatan (observasi) menggunakan perangkat keras yang valid. Dalam penelitian, digunakan vibration data logger (misalnya Model: Samsung SM-T311) dengan aplikasi tertentu untuk merekam data getaran yang diklasifikasikan berdasarkan skala Modified Mercalli Intensity (MMI) dan dikonversi ke akselerasi ( $\text{cm/s}^2$ ) (Iswahyudi et al., 2024). Penggunaan Standar pengujian: kebenaran ilmiah sering kali ditegakkan dengan mematuhi standar yang diakui, seperti penggunaan metode ASTM D999-08 untuk pengujian getaran pada wadah pengiriman (Khodaei et al., 2019) dan ANOVA untuk analisis statistik perbedaan signifikan pada kerusakan buah. Karakterisasi

fungsional kelompok: dalam pengembangan material bio-based, seperti film hidrogel dari CMC eceng gondok dan pektin kulit pisang, analisis FT-IR (Fourier Transform Infra-Red) digunakan untuk menentukan gugus fungsional yang ada. Penemuan gugus karboksil (COO<sup>-</sup>) dan hidroksil (OH<sup>-</sup>) memvalidasi proses sintesis dan peran gugus tersebut dalam pembentukan ikatan silang (crosslink) dan sifat hidrofilik material. Pengujian kemampuan pembengkakan (swelling ability) dan kuat tarik (tensile strength) material ini adalah bagian dari pengujian kebenaran untuk menentukan kelayakannya sebagai bahan pelapis kemasan makanan (Febriyanti et al., 2023).

Tabel 2. Pengaruh Kemasan Pelindung Selama Proses Transportasi Terhadap Kualitas Buah

Produk Buah	Jenis Kemasan Konvensional (Cushioning)	Hasil Kualitas Pascapanen (Setelah Transportasi & Penyimpanan)	Kemasan yang dikembangkan	Hasil Kualitas Bio-based
Apel Jawa (Iswahyudi et al., 2024)	Kemasan A (Karton/Kontrol)	Kehilangan berat 40.1% (Tertinggi); Penurunan Kekerasan 69%.	Kemasan C + (karton netfoam)	Kehilangan berat 24.7% (Terendah); Penurunan Kekerasan 66%.
Tomat Ceri (Morcillo-Martín, Rabasco-Vilchez, et al., 2025)	HDPE Komersial (Konvensional)	Laju koefisien kehilangan berat lebih tinggi (0.7512x); Retensi warna standar.	BioPE-APF20% (Komposit Serat Alpukat)	Laju koefisien kehilangan berat lebih rendah (0.5853x); Retensi warna lebih baik. Tingkat kerusakan 6,4%, tidak berbeda signifikan dari kontrol (0%).
Buah Pear (Thompson et al., 2008)	Kemasan Konvensional (Clamshell/tray plastik)	Tingkat kerusakan/memar: 60,3% (pada tingkat kekerasan terendah).	Sistem Suspended Tray (tray plastik+karton)	Tingkat kerusakan 6,4%, tidak berbeda signifikan dari kontrol (0%).
Jeruk (Alzubi et al., 2022)	Polystyrene (PS) sekali pakai ( <i>non biodegradable</i> )	tingkat kerusakan 11,7% hingga 15,92%		
Tomat (Tapsoba et al., 2022)	Keranjang bambu	Kerusakan transportasi 41%		

Berdasarkan data Tabel 2 terkait reduksi kerusakan mekanis dari sudut pandang epistemologis, meskipun studi apel jawa menggunakan busa (*net foam*, polimer konvensional), hasilnya secara empiris menunjukkan bahwa kemasan karton+tambahan netfoam menghambat peningkatan kehilangan berat, kekerasan, dan perubahan warna. Kinerja kemasan karton+tambahan netfoam lebih efektif daripada kemasan A karena adanya *net foam* yang berfungsi sebagai bantalan peredam getaran. Pengetahuan ini menjadi dasar untuk mengembangkan material limbah yang memiliki kinerja peredam serupa sehingga memiliki sifat dapat terurai dan tidak menimbulkan masalah lingkungan. Komposit yang diperkuat dengan serat limbah (seperti serat residu pemangkasan alpukat/APF) menunjukkan kualitas pelestarian yang setara atau lebih baik daripada HDPE komersial pada tomat ceri. Bukti empiris menunjukkan bahwa BioPE-APF20% menjaga kualitas tomat lebih baik, terutama retensi warna, yang disebabkan oleh sifat antioksidan yang melekat pada serat APF (limbah lignoselulosa). Selain itu, APF memberikan kapasitas penyerapan air yang mengurangi kelembaban internal, yang secara epistemologis membantu pelestarian (Morcillo-Martín, Rabasco-Vilchez, et al., 2025). Penelitian juga dilakukan menuju pengembangan material bantalan yang benar-benar ramah lingkungan, seperti busa lateks karet alam komposit serat daun bambu (*eco-friendly foam*) untuk perlindungan benturan pada jambu biji (Wang et al., 2025).

Secara keseluruhan, epistemologi menyediakan kerangka kerja yang logis, sistematis, dan kritis untuk memastikan bahwa pengetahuan yang dihasilkan, mulai dari identifikasi masalah transportasi buah hingga pengembangan material kemasan berkelanjutan, adalah benar, tepat, dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah (Pratiwi et al., 2024). Pengujian kebenaran biodegradabilitas harus dibuktikan melalui pengujian yang terstandarisasi, misalnya dengan metode penguburan tanah (*soil burial test*) yang merupakan metode epistemologis yang paling umum digunakan untuk memvalidasi laju dekomposisi. Sampel bioplastik/peredam (seperti bioplastik pati singkong/batang eceng gondok) dikeringkan, ditimbang ( $D_0$ ), dan dikubur di tanah pada kedalaman tertentu (misalnya 10 cm) (Ungrasoot et al., 2021). Laju dekomposisi diukur dengan mencatat persentase kehilangan berat ( $D_0 - D_1 / D_0$ ) setelah periode waktu tertentu (misalnya 91 hari atau 120 jam) (Ungrasoot et al., 2021); (Morcillo-Martín, Rabasco-Vilchez, et al., 2025). Pengujian  $CO_2$ : Untuk bioplastik kulit pisang, validitas biodegradabilitas juga diukur melalui evolusi bersih  $CO_2$  selama penguburan tanah (hingga 90 hari). Peningkatan evolusi  $CO_2$  membuktikan bahwa mikroorganisme mengasimilasi produk degradasi material (Talukdar et al., 2025); (Morcillo-Martín, Rabasco-Vilchez, et al., 2025). Kajian Epistemologi untuk bahan peredam *biodegradable* merupakan rangkaian prosedur ilmiah yang dirancang untuk memperoleh pengetahuan yang dapat diandalkan tentang bagaimana limbah pertanian dan kehutanan dapat dimanipulasi secara kimia dan fisik untuk mencapai sifat peredaman yang efektif dan pada saat yang sama, terbukti benar-benar dapat terurai di lingkungan. Ini dilakukan melalui serangkaian

teknik karakterisasi canggih (SEM, FTIR) dan pengujian kinerja yang distandardisasi (Pengujian Mekanis, Pengujian Penguburan Tanah).

### **Aksiologi: Keunggulan Biodegradabilitas dan Keberlanjutan Lingkungan**

Dalam konteks pengembangan ilmu tentang bahan peredam biodegradable (seperti komposit dari limbah agro-industri dan kayu), kajian aksiologi berpusat pada kegunaan, nilai etika, dan nilai sosial-ekonomi dari material baru ini bagi kehidupan manusia dan kelestarian alam (Pratiwi et al., 2024). Nilai etika aksiologi menuntut bahwa pengembangan ilmu diarahkan untuk keseimbangan dan kelestarian alam. Bahan peredam *biodegradable* memenuhi tujuan aksiologis tertinggi ini dengan menawarkan solusi untuk masalah limbah plastik global. Tujuan utama ilmu ini adalah untuk menggantikan polimer berbasis petroleum yang tidak dapat terurai (Donkor et al., 2023). Plastik konvensional (termasuk busa peredam seperti EPS atau EPE) menghasilkan lebih dari 100 Mt limbah dan 1.8 Gt CO<sub>2</sub> eq emisi setiap tahunnya (Kossalbayev et al., 2025). Plastik ini sulit dihilangkan dan dapat bertahan di lingkungan hingga 450 tahun (Unprasoot et al., 2021).

Bahan peredam dikembangkan dari limbah biomassa yang melimpah (seperti jerami, sekam, ampas tebu, dan residu pemangkasan). Dengan memanfaatkannya, ilmu pengetahuan membantu mengurangi praktik pembuangan yang tidak tepat (seperti pembakaran terbuka atau pembuangan ke tempat sampah), yang merupakan kontributor polusi lingkungan yang signifikan. Pengembangan bahan peredam *biodegradable* sangat selaras dengan upaya global, seperti yang diadopsi oleh negara-negara maju untuk mengurangi 50% limbah makanan global di tingkat ritel dan konsumen, serta mengurangi kerugian pangan pascapanen pada tahun 2030 sebagai bentuk tujuan pembangunan berkelanjutan (SDGs) (Mardhiah et al., 2023).

Aksiologi menjustifikasi penggunaan material limbah karena nilai kegunaan moral dan lingkungan yang lebih tinggi, yaitu mencegah kerusakan lingkungan. Limbah pertanian memberikan solusi aksiologis terhadap masalah global polusi plastik *non-degradable*, yang telah diidentifikasi sebagai isu lingkungan yang serius (Donkor et al., 2023); (Morcillo-Martín, Rincón, et al., 2025). Bioplastik yang berasal dari limbah menunjukkan kemampuan terurai yang dapat diukur. Misalnya, bioplastik dari kulit pisang menunjukkan evolusi bersih CO<sub>2</sub> sebesar 0.506 gram per gram bioplastik kering pada hari ke-90 (Talukdar et al., 2025), membuktikan terjadinya biodegradasi. Meskipun matriks polimernya mungkin belum sepenuhnya biodegradable, penambahan serat limbah secara signifikan mendorong degradasi. Komposit BioPE yang diperkuat serat residu pemangkasan alpukat (BioPE-APF40%) menunjukkan pengurangan berat yang signifikan (23%) setelah 91 hari penguburan tanah di bawah kondisi ringan (Morcillo-Martín, Rabasco-Vilchez, et al., 2025). Pengurangan berat yang substansial ini membuktikan bahwa komponen serat limbah terdegradasi dan mencegah akumulasi limbah padat di lingkungan. Kemasan konvensional (plastik, kaca, kaleng

timah) adalah sumber utama beban lingkungan, menyumbang lebih dari 66% emisi CO<sub>2</sub> ekuivalen dalam produksi produk tomat olahan (Eslami et al., 2025). Sebaliknya, penggunaan material berbasis serat yang dapat didaur ulang dan terbarukan secara aksiologis mendukung ekonomi sirkular dan membantu mencapai tujuan pembangunan berkelanjutan (SDG 12) untuk mengurangi 50% limbah makanan global (Mardhiah et al., 2023).

Peningkatan kualitas dan pengurangan limbah pertanian dengan mempertahankan kekerasan buah (seperti pada tomat ceri) dan mengurangi kehilangan berat, kemasan berbasis limbah secara aksiologis memperpanjang masa simpan dan mengurangi limbah pertanian tidak termanfaatkan (Morcillo-Martín, Rabasco-Vilchez, et al., 2025). Pemanfaatan limbah dan biodegradabilitas sejalan dengan mandat global, seperti Directive EU 2019/904 yang menuntut pengurangan plastik sekali pakai (Kossalbayev et al., 2025).

Aksiologi juga mencakup nilai-nilai sosial dan politik, memastikan ilmu pengetahuan mempermudah hidup manusia dan meningkatkan taraf hidup (Mardhiah et al., 2023). Pengembangan bahan peredam dari limbah adalah inti dari ekonomi sirkular. Komponen lignoselulosa dari limbah agro-industri memberikan alternatif berkelanjutan dan biaya yang efektif bagi pemangku kepentingan industri (Campos Filho et al., 2025); (Morcillo-Martín, Rincón, et al., 2025). Dengan mengintegrasikan limbah ke dalam formulasi polimer, dimungkinkan untuk mengurangi biaya bahan baku hingga sekitar 25%. Contohnya, pencampuran 30% ampas padi ke dalam komposit PLA dapat mengurangi biaya bahan baku sekitar 25% (Kossalbayev et al., 2025). Pemanfaatan gulma air invasif seperti eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) untuk produksi bio-board peredam tidak hanya memberikan sumber daya baru tetapi juga mengurangi efek negatif gulma ini yang biasanya menyumbat fasilitas irigasi dan memengaruhi ekosistem perairan (Rahmawati et al., 2018). Studi menunjukkan bahwa penggunaan bahan peredam yang tepat (misalnya, busa PU pada Kemasan C atau desain kotak B) dapat mengurangi penurunan tingkat kekerasan (indikasi kerusakan) pada buah-buahan (seperti apel Jawa) hingga 64% hingga 66% (Iswahyudi et al., 2024). Meskipun berasal dari limbah, material peredam yang dikembangkan harus menunjukkan kekuatan mekanik yang kompetitif (Kossalbayev et al., 2025). Komposit eceng gondok/roving memiliki kekuatan tekan yang tinggi yang mendekati komposit fiberglass yang tidak ramah lingkungan (Nguyen & Nguyen, 2022).

Tabel 3. Perbandingan Kemasan Peredam Konvensional dan Kemasan Berbasis Limbah

Parameter Perbandingan	Kemasan Peredam Konvensional (EPS, Net foam)	Kemasan Peredam/Komposit Berbasis Limbah (Eceng Gondok, APF, Kulit Pisang)	Kesimpulan Aksiologis
Efektivitas Peredaman Kerusakan	Sangat Tinggi (Kemasan C, karton+netfoam pada Apel Jawa mengurangi kehilangan berat dari 40.1% menjadi 24.7%) (Iswahyudi et al., 2024)	Tinggi/Kompetitif (BioPE-APF20% pada Tomat Ceri memiliki laju kehilangan berat yang lebih rendah dan retensi warna lebih baik dari HDPE) (Morcillo-Martín, Rabasco-Vázquez, et al., 2025)	Limbah mampu memberikan kinerja perlindungan mekanis yang setara/lebih baik, terutama dengan fungsi tambahan (antioksidan, absorpsi air) (Morcillo-Martín, Rabasco-Vázquez, et al., 2025)
Dampak Lingkungan (End-of-Life)	Sangat Negatif (Non-degradable, berkontribusi pada polusi mikroplastik dan emisi CO <sub>2</sub> yang tinggi saat produksi) (Wang et al., 2025);(Morcillo-Martín, Rincón, et al., 2025)	Positif (Biodegradable, mendukung ekonomi sirkular, pengurangan berat 23% di tanah) (Kossalbayev et al., 2025)	Keunggulan aksiologis material limbah terbukti karena sifat mudah terurai di lingkungan, yang secara etis wajib untuk mencapai keberlanjutan (Donkor et al., 2023); (Mardhiah et al., 2023)

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan ontologi, epistemologi, dan aksiologi, gulma air dan limbah pertanian terbukti berpotensi sebagai bahan baku kemasan ramah lingkungan. Material ini mampu melindungi buah selama transportasi, setara atau lebih baik dari plastik konvensional, sekaligus mendukung ekonomi sirkular dan mengurangi polusi. Saran dari kajian ini yaitu diperlukan penelitian lanjutan untuk optimasi produksi material ini secara komersial serta sosialisasi manfaatnya kepada industri dan masyarakat untuk adopsi yang lebih luas guna mendukung tujuan pembangunan berkelanjutan.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Prof. Ir. M. Sarjan M.Agr.CP., PhD atas bimbingan dan masukan berharganya selama proses penulisan review jurnal ini. Penulis juga menyampaikan apresiasi kepada para penulis jurnal yang karyanya telah menjadi fondasi dari tulisan ini. Akhir kata,

semua kekurangan dan kesalahan yang mungkin ada dalam review ini sepenuhnya merupakan tanggung jawab penulis

## DAFTAR PUSTAKA

- Alzubi, E., Kassem, A., & Noche, B. (2022). *A comparative life cycle assessment: polystyrene or polypropylene packaging crates to reduce citrus loss and waste in transportation?* *Sustain For* 14: 12644. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su141912644>.
- Bayram, B., Ozkan, G., Kostka, T., Capanoglu, E., & Esatbeyoglu, T. (2021). Valorization and application of fruit and vegetable wastes and by-products for food packaging materials. *Molecules*, 26(13), 4031.
- Campos Filho, L. E., Fernandes Silva, V. H. A., Vinci, V., Yokota, M. H., dos Santos, E., de Almeida, G. V., Gatani, M. P., de Alvarenga Freire, M. T., & Fiorelli, J. (2025). Innovative Food Packaging with Sensible Design to Reduce Losses and Waste. *Sustainability*, 17(10), 4489. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su17104489>
- Ding, C., Feng, Z., Wang, D., Cui, D., & Li, W. (2021). Acoustic vibration technology: Toward a promising fruit quality detection method. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(2), 1655–1680. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/1541-4337.12722>.
- Donkor, L., Kontoh, G., Yaya, A., Bediako, J. K., & Apalangya, V. (2023). Bio-based and sustainable food packaging systems: Relevance, challenges, and prospects. *Applied Food Research*, 3(2), 100356. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.afres.2023.100356>.
- Eslami, E., Carpentieri, S., Pataro, G., & Ferrari, G. (2025). Comparative Life Cycle Assessment (LCA) of Packaging Materials for Tomato-Based Products to Pave the Way for Increasing Tomato Processing Industry Sustainability. *Sustainability*, 17(8), 3648. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su17083648>.
- Febriyanti, R., Elma, M., Nata, I. F., Saraswati, N., & Simatupang, P. F. A. (2023). Hydrogel Films Derived Water Hyacinth Stems And Banana Peels Pectin: Tensile Performance And Swelling Ability. *Elkawnie: Journal of Islamic Science and Technology*, 9(1), 81–98. <https://doi.org/DOI: 10.22373/ekw.v9i1.16419>.
- Iswahyudi, I., Darmawati, E., Mardjan, S., & Garfansa, M. P. (2024). Color and firmness quality changes of java apple during postharvest transportation and storage. *CURRENT APPLIED SCIENCE AND TECHNOLOGY*, e0257493--e0257493. <https://doi.org/https://doi.org/10.55003/cast.2024.257493>.
- Khodaei, M., Seiedlou, S., & Sadeghi, M. (2019). The evaluation of vibration damage in fresh apricots during simulated transport. *Res. Agric. Eng*, 65(4), 112–122. <https://doi.org/https://doi.org/10.17221/12/2019-RAE>.
- Kossalbayev, B. D., Belkozhayev, A. M., Abaildayev, A., Kadirshe, D. K., Tastambek, K. T., Kurmanbek, A., & Toleutay, G. (2025). Biodegradable packaging from agricultural wastes: a comprehensive review of processing techniques, material properties, and future prospects. *Polymers*, 17(16), 2224.

- <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/polym17162224>.
- Mardhiah, A., Musran, M., & Handayani, L. (2023). Intelligent packaging dalam perspektif filsafat ilmu. *Jurnal Sains Riset*, 13(1), 125–133. <https://doi.org/https://doi.org/10.47647/jsr.v13i1.976>.
- Morcillo-Martín, R., Rabasco-Vilchez, L., Jimenez-Jimenez, F., Espinosa, E., Tarrés, Q., & Rodríguez, A. (2025). Thermoformed fiber-polyethylene biocomposites: a circular food packaging on cherry tomatoes. *Food and Bioprocess Technology*, 18(3), 2447–2461. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s11947-024-03610-x>.
- Morcillo-Martín, R., Rincón, E., Tarrés, Q., Bastida, G., Espinosa, E., & Rodríguez, A. (2025). Bio-polyethylene Composites Reinforced with Tomato Pruning-Derived Cellulose Fibers for Sustainable Food Packaging Applications. *Fibers and Polymers*, 1–16. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s12221-025-01135-4>.
- Motaleb, K. Z. M. A., Abakevičienė, B., & Milašius, R. (2023). Development and characterization of bio-composites from the plant wastes of water hyacinth and sugarcane bagasse: effect of water repellent and gamma radiation. *Polymers*, 15(7), 1609. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/polym15071609>.
- Nguyen, H. T., & Nguyen, T. B. H. (2022). Treatment of water hyacinth fibers to improve mechanical and Microstructural properties of Green Composite materials. *Nano Hybrids and Composites*, 35, 111–122. <https://doi.org/10.14744/sigma.2022.00033>.
- Oliver-Villanueva, J.-V., Armengot-Carbó, B., Lorenzo-Saéz, E., & Lerma-Arce, V. (2025). Sustainable Environmental Analysis of Wooden Boxes for Fruit and Vegetable Packaging and Transport in Comparison with Corrugated Cardboard Boxes. *Sustainability*, 17(2), 557. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su17020557>.
- Pei, S., Fu, Z., Gou, J., & Lu, Y. (2023). Preparation and Properties Study of Wood-Based Cushioning Materials. *Polymers*, 15(6), 1417. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/polym15061417>.
- Pratiwi, U., Karneli, Y., & Marsidin, S. (2024). Pemahaman mendasar tentang hakekat ilmu dalam tinjauan filsafat: Ontologi, epistemologi, dan aksiologi. *Jurnal Pendidikan Siber Nusantara*, 2(2), 74–80. <https://doi.org/DOI:https://doi.org/10.38035/jpsn.v2i2.170>.
- Rahmawati, W., Haryanto, A., & Suharyatun, S. (2018). Development of biodegradable board using water hyacinth (*Eichornia crassipes*). *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology (IJEAB)*, 3(1), 170–174. <https://doi.org/10.22161/ijeab/3.1.21>.
- Sanchez-Cachinero, P., Aguilar-Porro, C., & Sola-Guirado, R. R. (2025). Vibration Mitigation in the Transport of Fruit Boxes Using 3D-Printed Devices. *Agriculture*, 15(2), 131. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/agriculture15020131>.
- Talukdar, N., BORO, R., PURKAYASTHA, M. D., NATH, T., RATHI, S., & SARMAH, K. (2025). EXPLORING BANANA PEELS AS A RENEWABLE SOURCE FOR BIOPLASTIC

- DEVELOPMENT. *INTERNATIONAL JOURNAL*, 9(1), 22–30.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.33545/26174693.2025.v9.i1a.3407>.
- Tapsoba, L. D. S., Kiemde, S. M. A., Lamond, B. F., & Lépine, J. (2022). On the potential of packaging for reducing fruit and vegetable losses in Sub-Saharan Africa. *Foods*, 11(7), 952.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/foods11070952>.
- Thang, N. H., & Huyen, N. T. B. (2020). Eco-friendly materials of polymer composites based on water hyacinth fibers/roving. *Journal of Polymer & Composites*, 8(3).
- Thompson, J. F., Slaughter, D. C., & Arpaia, M. L. (2008). Suspended tray package for protecting soft fruit from mechanical damage. *Applied Engineering in Agriculture*, 24(1), 71–75. <https://doi.org/10.13031/2013.24149> @2008.
- Ungprasoot, P., Muanruksa, P., Tanamool, V., Winterburn, J., & Kaewkannetra, P. (2021). Valorization of aquatic weed and agricultural residues for innovative biopolymer production and their biodegradation. *Polymers*, 13(17), 2838.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/polym13172838>.
- Wang, L., Xie, Z., Wu, Y., Gao, J., & Song, H. (2025). Effects of Packaging Constraints on Vibration Damage of 'Huangguan' Pear During Simulated Transport. *Horticulturae*, 11(7), 749.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/horticulturae11070749>.
- Zhao, C., Li, Y., Huang, X., & Song, S. (2024). A VIBRATIONAL DAMAGE MODEL FOR PEARS BASED ON FATIGUE ACCUMULATIVE DAMAGE THEORY. *Engenharia Agrícola*, 44, e20230151. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v44e20230151/2024>.