

Mini Review: Berbagai Pengolahan Limbah Organik Menjadi Kemasan Pangan

[Mini Review: Various Processing of Organic Waste into Food Packaging]

Onne Akbar Nur Ichsan¹, Syerina Raihatul Jannah², dan Syifa' Robbani³

¹ Teknologi Hasil Pertanian (Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya, Ogan Ilir, Sumatera Selatan)

² Teknologi Pangan (Politeknik Negeri Sriwijaya, Banyuasin, Sumatera Selatan)

³ Teknik Pertanian (Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya, Ogan Ilir, Sumatera Selatan)

* Email korespondensi : onne.akbar@fp.unsri.ac.id

ABSTRACT

The presence of organic waste from both food and non-food products has been identified as a significant contributing factor to environmental pollution. Several processing methodologies have been employed for organic waste, including producing biogas, compost, animal feed, and recycling materials for use in packaging. The potential for processing organic waste into food packaging is also interesting. This study aims to provide a comprehensive overview of the types of organic waste that can be utilized as food packaging materials. The waste identified in various articles was then grouped according to the kind of packaging material, including: paper packaging, plastic packaging, film packaging, and active packaging. The findings were then reviewed and compared based on packaging testing parameters, including morphological analysis (SEM, FTIR), thickness, thermal stability, color index, physical properties (water activity, water content, water absorption capacity, water solubility), mechanical properties (tensile strength and elongation at break, antioxidant and antibacterial activity, and biodegradation assessment in soil. The study showed that food packaging made from food waste has excellent properties that make it flexible, non-toxic and naturally biodegradable. The study also showed that making food packaging from organic waste is relatively simple and can be done at a relatively low cost.

Keywords: organic waste, paper packaging, film packaging, bioplastic, active packaging

ABSTRAK

Limbah organik baik yang berasal dari produk pangan dan non pangan menjadi salah satu penyebab pencemaran lingkungan. Beberapa pengolahan limbah organik telah dilakukan seperti biogas, pupuk kompos, pakan ternak, dan didaur ulang menjadi bahan kemasan. Beberapa limbah organik dapat diolah menjadi kemasan pangan. Pada penelitian ini dilakukan review sederhana terkait jenis- jenis limbah organik yang dapat diolah sebagai bahan kemasan pangan. Limbah yang ditemukan dalam berbagai artikel kemudian dikelompokkan sesuai jenis bahan kemasan, antara lain: kemasan kertas, kemasan plastik, kemasan film, dan kemasan aktif. Hasil temuan kemudian ditelaah dan dibandingkan berdasarkan parameter pengujian kemasan, seperti analisis morfologi (SEM, FTIR), ketebalan, stabilitas termal, indeks warna, sifat fisik (aktivitas air, kadar air, kapasitas penyerapan air, kelarutan dalam air), sifat mekanik (kekuatan tarik dan elongasi saat putus), aktivitas antioksidan dan antibakteri, serta penilaian biodegradasi dalam tanah. Hasil review menunjukkan kemasan makanan yang terbuat dari limbah makanan memiliki sifat sangat baik yang membuatnya fleksibel, tidak beracun, dan dapat didegradasi secara alami. Studi ini juga menunjukkan bahwa proses membuat kemasan makanan dari limbah organik relatif sederhana dan dapat dilakukan dengan biaya yang relatif rendah.

Kata kunci: limbah organik, kemasan kertas, kemasan film, bioplastik, kemasan aktif

Pendahuluan

Lingkungan yang bersih merupakan fondasi bagi masa depan yang lebih baik, karena mendukung terciptanya masyarakat yang sehat dan kondisi hidup yang nyaman. Namun, pengelolaan limbah organik yang tidak tepat dapat menyebabkan pencemaran lingkungan, seperti kontaminasi air, polusi udara, dan penumpukan sampah. Untuk mengatasi tantangan ini, beberapa solusi telah diusulkan, seperti mengubah limbah organik menjadi biogas (metana), kompos, pakan ternak, dan bahan kemasan. Salah satu pendekatan yang menjanjikan adalah mendaur ulang limbah organik menjadi kemasan berkelanjutan. Beberapa limbah organik mengandung komponen berharga seperti pektin dan selulosa sebagai biopolimer, serat kasar, dan senyawa bioaktif, yang dapat diubah menjadi berbagai bahan kemasan, termasuk bioplastik, karton, dan polimer (Ananda, 2019; Ratna et al., 2024). Hal ini didukung pada beberapa penelitian yang menunjukkan potensi selulosa digunakan sebagai aplikasi material seperti kemasan pangan (Robbani et al., 2024).

Munculnya material dan solusi baru dalam industri kemasan yang terus berkembang di atas mengharuskan pengembangan standar untuk kemasan daur ulang. Standar ini juga harus mempertimbangkan keamanan biomaterial dalam kaitannya dengan makanan dan lingkungan. Bioplastik dapat dikategorikan menjadi tiga kelompok berdasarkan sumber bahan baku dan kemampuan biodegradasinya yaitu non biodegradabel yang berasal dari organik, biodegradabel dari organik, dan biodegradabel dari bahan anorganik (European Bioplastics, 2023). Bioplastik yang dapat didefinisikan sebagai plastik yang berasal dari bahan yang memiliki kandungan karbon berbasis bio (Magesh et al., 2022). Kandungan karbon ini biasanya ditentukan dengan mengukur fraksi karbon menggunakan metode C14 dan dinyatakan sebagai persentase karbon yang terkandung dalam bahan tersebut baik karbon organik maupun total (Uysal-Unalan et al., 2024). Inovasi dalam hal bahan material dan solusinya terus berkembang pesat, dengan bioplastik muncul sebagai material yang tipis, fleksibel, dapat dimakan, dan ramah lingkungan, cocok untuk kemasan atau perlindungan terhadap produk (Ratna et al., 2024).

Konsep "berbasis hayati" mengacu pada asal usul bahan baku tersebut yaitu berasal dari bahan organik (Adnan et al., 2018). Selain berasal dari sumber yang berkelanjutan dan berstandar, kemasan berbasis bio atau organik juga harus memenuhi kelayakan komersial. Kemasan tersebut harus mampu mengatasi masalah seperti tingkat degradasi, perubahan sifat selama penyimpanan, pertumbuhan mikroba, dan potensi pelepasan zat beracun. Hal ini karena salah satu sifat hidrofilik dari polisakarida nabati dapat melemahkan struktur komposit, sehingga membatasi aplikasi biopolimer dalam industri kemasan. Oleh karena itu, pemilihan bahan organik yang tepat sangat penting untuk menciptakan solusi kemasan yang efektif dan dapat didaur ulang (Jayasekara et al., 2022).

Meskipun bahan pengisi organik umumnya dianggap aman, mereka rentan terhadap kelembapan, ketidakstabilan, dan kualitas yang bervariasi. Sebaliknya, bahan pengisi mineral anorganik bersifat non-toksik, memiliki struktur yang sangat teratur, dan stabil, sehingga menjadi pilihan ideal untuk komposit. Mineral-mineral ini biasanya diperoleh dari sumber daya alam yang tidak terbarukan, seperti batu kapur, lava karbonatit, stalaktit, dan marmer, melalui metode ekstraksi yang memerlukan banyak sumber daya. Untuk mendukung ketahanan pangan dan praktik konsumsi yang ramah lingkungan, penting untuk mengeksplorasi bahan pengisi organik yang dapat diperbarui, mudah diakses, terjangkau, ramah lingkungan, dan mampu meningkatkan sifat fungsional film kemasan komposit (Ghosh et al., 2024).

Artikel ini mengulas berbagai metode mengubah limbah organik menjadi kemasan pangan, termasuk teknologi, kelebihan, dan keterbatasannya, dengan fokus pada parameter kualitas. Parameter tersebut meliputi analisis morfologi (SEM, FTIR), stabilitas termal, ketebalan, indeks

warna, sifat mekanik (kekuatan tarik dan elongasi saat putus), sifat fisik (aktivitas air, kadar air, kapasitas penyerapan air, kelarutan dalam air), aktivitas antioksidan dan antibakteri, serta penilaian biodegradasi dalam tanah, yang dievaluasi sebagai parameter kualitas standar untuk film kemasan pangan makanan aktif (Iffath et al., 2025).

Bahan dan metode

Metode penelitian

Metode penelitian ini menggunakan pendekatan *miniature review* (mini review) dengan mengumpulkan data dari artikel terbitan tahun 2017 hingga 2024 dengan total artikel 85 yang ditemukan kemudian dilakukan penyaringan menjadi 23 sesuai dengan daftar pustaka. Data tersebut kemudian dianalisis dan identifikasi secara kritis untuk menemukan penelitian yang relevan terhadap isi dan tantangan terkait. Karya ilmiah yang digunakan berasal dari artikel internasional bereputasi dan nasional. Pencarian dan manajemen jurnal dilakukan melalui portal *Sciencedirect*, *Google scholar*, dan aplikasi *Mendeley*. *Sciencedirect* dan *Google scholar* digunakan untuk mencari jurnal terkait topik dengan kata kunci antara lain kemasan organik, limbah untuk kemasan, dan pemanfaatan limbah untuk kemasan. Sementara itu, aplikasi *Mendeley* membantu dalam mengelola sitasi dan mengorganisir artikel yang ditemukan.

Hasil dan pembahasan

Kondisi masyarakat saat ini, mulai mengalami peningkatan kesadaran terhadap pencemaran lingkungan. Termasuk dalam hal mutu dan keamanan pangan, yang juga menjadi salah satu perhatian masyarakat. Pengelolaan limbah organik termasuk kedalam prioritas global untuk mengatasi masalah lingkungan, karena limbah makanan merupakan salah satu jenis limbah yang memiliki peran penting (Cazon et al., 2017). Salah satunya solusinya dengan diolah menjadi kemasan (Ananda, 2019). Berikut ini beberapa hasil kemasan yang berasal dari limbah- limbah organik:

a. Kemasan Kertas

Beberapa tahun terakhir, penelitian berfokus pada penggunaan limbah makanan sebagai bahan alternatif untuk produksi produk yang bernilai tambah termasuk kemasan. Seperti penggunaan limbah makanan menjadi kemasan aktif, contohnya pada kemasan kertas, kemasan bioplastik, kemasan film, dan kemasan aktif. Penelitian menunjukkan bahwa limbah kulit jagung, terutama jika dikombinasikan dengan ampas tebu dalam rasio 1:3, berpotensi menjadi bahan baku kertas kemasan yang ramah lingkungan. Proses pembuatannya meliputi pengeringan dan penggilingan limbah menjadi serbuk, yang kemudian direbus dengan penambahan tepung kanji dan lem pVAC sebagai perekat. Kertas yang dihasilkan dari campuran kulit jagung dan ampas tebu dengan rasio 1:3 memiliki kekuatan tarik tertinggi, yaitu 14,8 N serta menunjukkan hasil uji biodegradabilitas yang baik (Manasikana et al., 2019). Penggunaan bahan organik untuk menjadi nanoselulosa kertas juga berhasil. Pada penelitian lain ditemukan bahwa daun mara (Macaranga) yang dihidrolisis dengan bantuan enzimatis dapat menghasilkan nanoselulosa untuk bahan baku kertas (Adnan et al., 2018).

b. Kemasan Bioplastik

Kemasan bioplastik dapat berasal dari beberapa jenis limbah organik seperti limbah tahu dan limbah kulit nanas (Tabel 1). Untuk limbah tahu yang berupa limbah cair ditambahkan sorbitol

dengan beberapa konsentrasi. Pada penelitian Ratna et al (2024) dihasilkan penggunaan sorbitol terbaik sebesar 1% dengan ketebalan bioplastik 0,11 mm, kuat tarik 14,35 MPa, elongasi 97,04%, dan permeabilitas uap airnya $0,584 \text{ g.m}^{-2}\text{h}^{-1}$. Sumber limbah lain yaitu kulit nanas, pada penelitian penggunaan kulit nanas ditambah dengan kitosan 5% dan gliserol 5% dihasilkan bioplastik dengan ketebalan 0,17 mm, kuat tarik 40,9 Mpa, dan ketahanan air 100% (Sriyana et al., 2023).

Penelitian lain menyebutkan kemasan bioplastik yang terbuat dari limbah tempurung kelapa atau serat kelapa yang diberi perlakuan tekanan panas memiliki kuat tarik sebesar 22,8 Mpa. Penelitian ini membuktikan peningkatan signifikan dalam sifat tarik dan lentur dibandingkan dengan sabut kelapa yang tidak diolah. Delignifikasi dan penekanan panas meningkatkan kepadatan dan mengurangi porositas bioplastik (Leow et al., 2022).

c. Kemasan Film

Kemasan film dapat dibuat dengan berbagai macam limbah organik antara lain limbah cangkang krustasea, cangkang telur, jeruk, dan ampas teh (Tabel 1). Dalam pembuatan kemasan film berbahan limbah organik dapat menggunakan cangkang krustasea karena banyak mengandung kitosan. Kitosan mempunyai potensi yang tinggi sebagai bahan kemasan makanan, karena mempunyai sifat sebagai aktivitas antimikroba, sifat khelasi, membentuk lapisan film, dan memiliki kekuatan mekanik yang baik (Priyadarshi et al., 2020).

Pada penelitian penggunaan limbah teh 4g yang di kombinasikan dengan pati 5g, karboksimetilselulosa 4g, gelatin 3g, selulosa 2g, dan gliserol 10mL menjadi kemasan makanan seperti produk salmon, bahwa menggunakan kemasan dari kombinasi ini menunjukkan penghambatan pertumbuhan mikroorganisme penyebab pembusukan salmon, menghambat akumulasi amina biogenik, dan memperpanjang umur simpan ikan fillet salmon (Jamroz et al., 2022).

Selain itu, ampas kopi juga dapat digunakan sebagai bahan tambahan dalam pembuatan kemasan film, seperti penelitian yang dilakukan oleh (Yakubu et al., 2023) bahwa pembuatan kemasan film aktif dari kombinasi ekstrak ampas kopi, asam polilaktat, konjak glukomanan, dan gandum sebagai perekat dapat mempertahankan umur simpan kue. Adanya ekstrak ampas kopi yang mengandung antioksidan dapat mengawetkan kue.

Penelitian lain menyebutkan kemasan film biodegradable termoplastik yang terbuat dari limbah kulit buah semangka dikombinasikan dengan polivinil alkohol, pati jagung, dan gliserol. Penelitian ini membuktikan dari kemasan film kontrol dan kemasan limbah kulit buah semangka menunjukkan kekuatan tarik secara signifikan dari $19,44 \pm 0,84$ MPa menjadi $33,67 \pm 4,38$ MPa, meningkatkan persen perpanjangan putus dari $35,04 \pm 0,96\%$ menjadi $35,16 \pm 1,08\%$, meningkatkan antioksidan dari $29,21 \pm 0,24\%$ menjadi $63,37 \pm 4,27\%$, penghambatan bakteri *Escherichia coli* ATCC 8739, *Bacillus cereus* ATCC 11778, dan *Salmonella enterica* subsp. Enterica serovar Typhimurium ATCC 13311, serta mengurangi jumlah mikroba pada kubis setelah 3 hari penyimpanan dibandingkan dengan kemasan komersial dan kemasan kontrol film termoplastik. Pengujian kemasan film biodegradable termoplastik menunjukkan penerimaan pengguna terhadap produk menguntungkan (Todhanakasem et al., 2022).

d. Kemasan Aktif

Kemasan aktif yang ditemukan dalam studi antara lain berbahan limbah buah pepaya – ampas teh hijau, limbah cangkang sawit, limbah tandan kosong sawit, limbah bubuk teh, limbah kulit kenari hijau, dan limbah kulit buah semangka (Tabel 1). Pada penelitian limbah kulit kenari, kemasan film aktif diperoleh dengan menggunakan ekstrak limbah kulit kenari hijau yang dikombinasikan dengan

matriks film kitosan atau guar gum untuk pengawetan apel segar. Penggunaan ekstrak limbah kulit kenari hijau ini untuk meningkatkan sifat fisikokimia dan sebagai zat aktif yang dapat meningkatkan antioksidan kemasan (Jiang et al., 2022) (Zhu et al., 2024). Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak limbah kulit kenari hijau membentuk interaksi ikatan hidrogen antarmolekul dengan matriks film dan struktur mikron film lebih kompak, peningkatan penggunaan limbah 0-4% dapat meningkatkan sifat mekanik film meningkat secara signifikan, sedangkan permeabilitas uap air dan oksigen menurun secara signifikan, saat jumlah ekstrak limbah 4% aktivitas antioksidan meningkat secara signifikan menjadi 94,59%. Saat dilakukan pengujian pengemasan pada apel segar yang disimpan pada suhu 4 °C selama 10 hari menunjukkan bahwa dapat menghambat pencoklatan dan menghambat pertumbuhan mikroba (Jiang et al., 2022).

Kemasan aktif memungkinkan interaksi antara makanan, kemasan – eksternal, dan dari lingkungan internal untuk meningkatkan sifat sensorik dan keamanan pangan, sekaligus menjamin mutu pangan terjamin. Bahan- bahan kemasan aktif rata- rata diperoleh dari bahan organik yang memiliki sifat antioksidan tinggi seperti teh dan buah- buahan. Hal ini karena bahan kemasan aktif diharapkan dapat menyediakan lingkungan mikro yang sesuai menjaga mutu pascapanen dan memperpanjang umur simpan, salah satunya di aplikasikan pada potongan buah-buahan segar (Hanani et al., 2019) (Ghosh et al., 2024) (Todhanakasem et al., 2022).

Tabel 1. Data asal limbah, variasi proses, hasil kemasannya, dan pustaka

No	Bahan Baku	Jenis Limbah	Variasi Proses	Produk Kemasan	Pustaka
1	Limbah tahu	Cair	Penambahan sorbitol	Bioplastik	(Ratna et al., 2024)
2	Limbah kulit jagung + ampas tebu	Padat + Cair	Persen komposisi limbah kulit jagung + ampas tebu	Kertas	(Manasikana et al., 2019)
3	Limbah cangkang telur	Padat	Penambahan <i>essensial oil</i> kulit jeruk dan pektin	Komposit film	(Iffath et al., 2025)
4	Limbah ampas teh	Padat	Karbonisasi hidrotermal	Kemasan film (aktif)	(Zheng et al., 2024)
5	Limbah jeruk	Padat	Penggunaan langsung dan penggunaan tidak langsung	Kemasan film	(Dubey et al., 2023)
6	Limbah buah pepaya + ampas teh hijau	Padat	Penambahan pati dan gelatin	Kemasan aktif	(Sethulakshmi & Saravanakumar, 2024)
7	Limbah cangkang sawit	Padat	Suhu karbonasi	Kemasan aktif	(Hustiany & Rahmi, 2019)
8	Limbah tempurung kelapa	Padat	Tekan panas	Bioplastik	(Ananda, 2019; Leow et al., 2022)
9	Limbah kayu	Padat	-	Kemasan bakpia (kertas)	(Alifathulllah et al., 2024)
10	Limbah tandan kosong sawit	Padat	-	Kemasan aktif	(Robbani et al., 2021)
11	Limbah kulit nanas	Padat	Penambahan gliserol dan kitosan	Bioplastik	(Sriyana et al., 2023)

12	Limbah serat kertas + kulit jeruk	Padat	-	Biofoam	(Marlina et al., 2021)
13	Limbah daun Macaranga / mara	Padat	Hidrolisis dengan enzim	Nanoselulosa Kertas	(Adnan et al., 2018)
14	Limbah buah dan sayur	Padat	-	Bioplastik	(Magesh et al., 2022)
15	Limbah ekstrak ampas kopi	Cair > Padat	Penambahan substrat PLA, konjak glukomanan, gluten, gliserol	Kemasan bilayer biodegradabel	(Yakubu et al., 2023)
16	Limbah bubuk teh	Padat	Penambahan furcellaran-CMC	Kemasan aktif	(Jamróz et al., 2022)
17	Limbah kulit kenari hijau	Padat	Penambahan kitosan/guar gum	Kemasan aktif	(Jiang et al., 2022)
18	Limbah kulit buah semangka	Padat	Penambahan pati	Kemasan aktif	(Todhanakasem et al., 2022)

Kesimpulan

Hasil penelitian-penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa limbah organik dapat digunakan sebagai bahan kemasan makanan yang ramah lingkungan dan dapat meningkatkan keamanan makanan, kualitas dan umur simpan makanan. Kemasan makanan yang terbuat dari limbah makanan memiliki sifat sangat baik yang membuatnya fleksibel, tidak beracun, dan dapat didegradasi secara alami. Studi ini juga menunjukkan bahwa proses membuat kemasan makanan dari limbah organik relatif sederhana dan dapat dilakukan dengan biaya yang relatif rendah. Oleh karena itu, menggunakan limbah organik sebagai bahan pengemasan makanan adalah alternatif yang efektif dan berkelanjutan untuk pengelolaan limbah.

Ucapan terima kasih

Ucapan terima kasih kepada kolega penulis yaitu Syerina Raihatul Jannah dan Syi'fa Robani yang telah meluangkan waktunya sebagai penelaah dan pemberi masukan terkait artikel ini.

Daftar pustaka

- Adnan, S., Azhar, A. H., Jasmani, L., & Samsudin, M. F. (2018). Properties of paper incorporated with nanocellulose extracted using microbial hydrolysis assisted shear process. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 368(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/368/1/012022>
- Alifathulllah, N., Rakhsan, M. Q. N., Riyan, A., & ALmubarri, I. (2024). Pemanfaatan Limbah Kayu sebagai Bahan Baku Kemasan Bakpia: Analisis Potensi Lingkungan dan Keberlanjutan. *Ranah Research: Journal of Multidisciplinary Research and Development*, 6(4), 874–882. <https://doi.org/https://doi.org/10.38035/rrj.v6i4>
- Ananda, R. (2019). Pemanfaatan Serat Kelapa Sebagai Alternatif Pengganti Kemasan Berbahan Plastik. In *Ananda Jurnal Seni & Reka Rancang* (Vol. 2, Issue 1).
- Bioplastics, E. (2023). *Fact Sheet : European Bioplastics*. www.european-bioplastics.org/multimedia
- Dubey, P., Tripathi, G., Mir, S. S., & Yousuf, O. (2023). Current scenario and global perspectives of citrus fruit waste as a valuable resource for the development of food packaging film. In *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 141). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2023.104190>
- Ghosh, T., Roy, S., Khan, A., Mondal, K., Ezati, P., & Rhim, J. W. (2024). Agricultural waste-derived cellulose nanocrystals for sustainable active food packaging applications. In *Food Hydrocolloids* (Vol. 154). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2024.110141>
- Hustiany, R., & Rahmi, A. (2019). *Kemasan Aktif Berbasis Arang Aktif Tandan Kosong dan Cangkang Kelapa Sawit*. <https://www.researchgate.net/publication/342698994>
- Iffath, R., Ara, R., Ahmed, T., & Biswas, A. (2025). Fabrication and characterization of waste eggshell microparticles reinforced biodegradable composite packaging films enriched with pectin and orange peel essential oil. *Applied Food Research*, 5(1), 100735. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2025.100735>
- Jamróz, E., Tkaczewska, J., Kopeć, M., & Cholewa-Wójcik, A. (2022). Shelf-life extension of salmon using active total biodegradable packaging with tea ground waste and furcellaran-CMC double-layered films. *Food Chemistry*, 383. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132425>
- Jayasekara, S., Dissanayake, L., & Jayakody, L. N. (2022). Opportunities in the microbial valorization of sugar industrial organic waste to biodegradable smart food packaging materials. *International Journal of Food Microbiology*, 377. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2022.109785>

- Jiang, L., Wang, F., Xie, X., Xie, C., Li, A., Xia, N., Gong, X., & Zhang, H. (2022). Development and characterization of chitosan/guar gum active packaging containing walnut green husk extract and its application on fresh-cut apple preservation. *International Journal of Biological Macromolecules*, 209, 1307–1318. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.04.145>
- Leow, Y., Sequerah, V., Tan, Y. C., Yu, Y., Peterson, E. C., Jiang, C., Zhang, Z., Yang, L., Loh, X. J., & Kai, D. (2022). A tough, biodegradable and water-resistant plastic alternative from coconut husk. *Composites Part B: Engineering*, 241. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2022.110031>
- Magesh, A., Jayabalan, K., Kannan, R. R., Rathakrishnan, P., Dilipkumar, M., & Suriyaprakash, M. (2022). Optimization and production of bioplastic from bio waste using response surface methodology (RSM). *Environmental Quality Management*, 32(1), 179–190. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/tqem.21869>
- Manasikana, O. A., Mayasari, A., & Af, N. (2019). Pemanfaatan Limbah Kulit Jagung dan Ampas Tebu Sebagai Kertas Kemasan Ramah Lingkungan. *Jurnal Zarah*, 7(2), 79–85.
- Marlina, R., Kusumah, S. S., Sumantri, Y., Syarbini, A., Cahyaningtyas, A. A., & Ismadi, I. (2021). Karakterisasi Komposit Biodegradabel Foam dari Limbah Serat Kertas dan Kulit Jeruk Untuk Aplikasi Kemasan Pangan. *Jurnal Kimia Dan Kemasan*, 43(1), 1. <https://doi.org/10.24817/jkk.v43i1.6765>
- Ratna, R., Mutia, M., Darwin, D., Munawar, A. A., Fitriani, F., & Handayani, L. (2024). Utilization of tofu liquid waste for the manufacture of bioplastic food packaging. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 10. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2024.100830>
- Robbani, S. ', Akbar, O., Ichsan, N., Mu'arifatus Sa'adah, L., Fatma Nanda, R., & Arwani, M. (2024). Characterization of Cellulose Fiber Isolation From Kapok Randu (Ceiba pentandra) on NaOH Concentration and Delignification Process Time|Syifa' Robbani, et al ARTICLE INFO Characterization of Cellulose Fiber Isolation From Kapok Randu (Ceiba pentandra) on NaOH Concentration and Delignification Process Time. *AGRIC*, 36(2), 267–282.
- Robbani, S., Fahma, F., & Sugiarto, S. (2021). Cellulosic Pads as Matrix Sachet Antimicrobial: A Review. *AGROINTEK*, 15(2), 554–565. <https://doi.org/10.21107/agrointek.v15i2.9366>
- Sethulakshmi, A. G., & Saravanakumar, M. P. (2024). Sustainable papaya plant waste and green tea residue composite films integrated with starch and gelatin for active food packaging applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, 260. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.129153>
- Sriyana, H. Y., Rahayu, L. H., & Febriana, M. E. (2023). *Bioplastik dari Limbah Kulit Buah Nanas Dengan Modifikasi Gliserol dan Kitosan*.
- Todhanakasem, T., Jaiprayat, C., Sroysuan, T., Suksermsakul, S., Suwapanich, R., Maleenont, K. K., Koombhongse, P., & Young, B. M. (2022). Active Thermoplastic Starch Film with Watermelon Rind Extract for Future Biodegradable Food Packaging. *Polymers*, 14(16). <https://doi.org/10.3390/polym14163232>
- Uysal-Unalan, I., Sogut, E., Realini, C. E., Cakmak, H., Oz, E., Espinosa, E., Morcillo-Martín, R., Oz, F., Nurmi, M., Cerqueira, M. A., Perera, K. Y., Ayhan, Z., Arserim-Ucar, D. K., Kanakaki, C., Chrysochou, P., Marcos, B., & Corredig, M. (2024). Bioplastic packaging for fresh meat and fish: Current status and future direction on mitigating food and packaging waste. In *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 152). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2024.104660>
- Yakubu, S., Zheng, H., Chen, J., Amagloh, F. K., Xu, J., Chen, X., Wang, L., & Li, L. (2023). Development of a bilayer biodegradable packaging material enriched with coffee waste extract for cake preservation. *Food Bioengineering*, 2(3), 212–222. <https://doi.org/10.1002/fbe2.12058>
- Zheng, W., Yang, D., Zeng, X., Liu, Q., Wang, C., Wu, X., Li, M., Liu, Y., Chen, L., Weng, W., & Zhang, Y. (2024). Utilization of the waste aqueous phase from tea residue hydrothermal

carbonization for preparing active food packaging films. *Food Chemistry*, 448. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.139141>

Zhu, K., Ma, J., Cong, J., Zhang, T., Lei, H., Xu, H., Luo, Z., & Li, M. (2024). The road to reuse of walnut by-products: A comprehensive review of bioactive compounds, extraction and identification methods, biomedical and industrial applications. *Trends in Food Science & Technology*, 143, 104264. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2023.104264>