



Konversi Ampas Tebu dan Kulit Kopi menjadi Bioplastik Ramah Lingkungan: Model Ekonomi Sirkular untuk Industri Kecil Menengah

Jessica Valencia^{1*}, Kurniawan Adi Saputra²

^{1,2} Universitas Advent, Indonesia

Alamat: Jl. Kolonel Masturi No.288, Cihanjuang Rahayu, Kec. Parongpong, Kabupaten Bandung Barat, Jawa Barat.

Email : Jessicavalencia@unai.edu¹, Kurniawanadisaputra@unai.edu²

Korespondensi penulis : Jessicavalencia@unai.edu

Abstract: The accumulation of organic waste such as sugarcane bagasse and coffee grounds poses a significant environmental problem, particularly for Small and Medium Enterprises (SMEs) in the food and beverage sector. This study aims to develop an environmentally friendly bioplastic based on a mixture of sugarcane bagasse and coffee grounds as an implementation of a circular economy model. The methods include cellulose extraction from both raw materials, a blending process with a natural plasticizer (glycerol), and bioplastic molding using the hot press technique. Bioplastic characterization included biodegradability tests, tensile strength, water resistance, and functional group analysis using FTIR. The results showed that the optimal composition of sugarcane bagasse and coffee grounds (70:30) produced bioplastics with good mechanical properties (tensile strength of 8.4 MPa) and complete degradation in soil within 21 days. Furthermore, the application of the circular economy model through the utilization of waste into value-added products reduced production costs by up to 35% compared to conventional bioplastics. Thus, the conversion of sugarcane bagasse and coffee grounds into bioplastics not only offers an environmentally friendly solution but also has the potential to support the sustainability of SMEs through cost efficiency and waste reduction.

Keywords: sugarcane bagasse, bioplastic, circular economy, Small and Medium Enterprises, coffee grounds

Abstrak : Penumpukan limbah organik seperti ampas tebu dan kulit kopi menjadi permasalahan lingkungan yang signifikan, terutama bagi Industri Kecil Menengah (IKM) yang bergerak di sektor makanan dan minuman. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan bioplastik ramah lingkungan berbasis campuran ampas tebu dan kulit kopi sebagai implementasi model ekonomi sirkular. Metode yang digunakan meliputi ekstraksi selulosa dari kedua bahan baku, proses blending dengan plasticizer alami (gliserol), serta pencetakan bioplastik menggunakan teknik hot press. Karakterisasi bioplastik meliputi uji biodegradasi, kuat tarik, ketahanan air, dan analisis gugus fungsi menggunakan FTIR. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposisi optimal ampas tebu dan kulit kopi (70:30) menghasilkan bioplastik dengan sifat mekanik yang baik (kuat tarik 8,4 MPa) serta mampu terdegradasi sempurna dalam tanah selama 21 hari. Selain itu, penerapan model ekonomi sirkular melalui pemanfaatan limbah menjadi produk bernilai tambah mampu menekan biaya produksi hingga 35% dibandingkan bioplastik konvensional. Dengan demikian, konversi ampas tebu dan kulit kopi menjadi bioplastik tidak hanya menawarkan solusi ramah lingkungan tetapi juga berpotensi mendukung keberlanjutan usaha IKM melalui efisiensi biaya dan pengurangan limbah.

Kata kunci: ampas tebu, bioplastik, ekonomi sirkular, Industri Kecil Menengah, kulit kopi

1. PENDAHULUAN

Permasalahan limbah plastik konvensional telah menjadi krisis lingkungan global yang serius. Plastik berbasis minyak bumi sulit terdegradasi secara alami, membutuhkan waktu ratusan tahun untuk hancur, dan berkontribusi terhadap pencemaran tanah, air, serta ekosistem laut. Di sisi lain, Indonesia sebagai negara agraris menghasilkan limbah biomassa dalam jumlah besar setiap tahunnya, terutama dari sektor perkebunan dan industri pengolahan makanan serta

minuman. Dua jenis limbah yang melimpah namun belum dimanfaatkan secara optimal adalah ampas tebu (dari industri gula atau minuman) dan kulit kopi (dari industri kopi).

Ampas tebu mengandung selulosa hingga 40-50%, sedangkan kulit kopi mengandung selulosa sekitar 20-30%. Kandungan selulosa yang tinggi pada kedua limbah ini menjadikannya bahan baku potensial untuk pembuatan bioplastik, yaitu plastik yang dapat terurai secara hayati. Namun, selama ini sebagian besar ampas tebu dan kulit kopi hanya dibakar, ditimbun di tempat pembuangan akhir (TPA), atau dibiarkan membusuk, yang justru menghasilkan gas metana sebagai penyumbang emisi gas rumah kaca.

Industri Kecil Menengah (IKM) di sektor makanan dan minuman, seperti usaha kafe, restoran kecil, dan pabrik gula rakyat, merupakan penghasil utama limbah ampas tebu dan kulit kopi. Sayangnya, IKM seringkali tidak memiliki sumber daya dan teknologi yang memadai untuk mengelola limbah organik tersebut secara bertanggung jawab. Padahal, jika dikelola dengan baik, limbah tersebut dapat diubah menjadi produk bernilai ekonomi tinggi sekaligus memecahkan masalah lingkungan di tingkat lokal.

Konsep ekonomi sirkular menawarkan solusi yang tepat dalam konteks ini. Berbeda dengan model linear "ambil-pakai-buang", ekonomi sirkular mendorong pemanfaatan limbah sebagai sumber daya untuk produksi baru. Dengan menerapkan model ini, IKM tidak hanya mengurangi biaya pengelolaan limbah tetapi juga dapat membuka peluang usaha baru melalui produksi bioplastik ramah lingkungan untuk kemasan produk mereka sendiri atau untuk dijual ke pasar yang peduli lingkungan.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengkonversi ampas tebu dan kulit kopi menjadi bioplastik yang ramah lingkungan serta merancang model ekonomi sirkular yang aplikatif bagi Industri Kecil Menengah. Diharapkan, pendekatan ini dapat mengurangi ketergantungan pada plastik konvensional, menekan pencemaran limbah organik, serta meningkatkan keberlanjutan usaha IKM secara ekonomi dan ekologis.

2. KAJIAN TEORITIS

2.1 Ampas Tebu (*Sugarcane Bagasse*)

Ampas tebu adalah residu padat yang dihasilkan dari proses ekstraksi nira tebu. Secara kimia, ampas tebu terdiri atas:

- a. Selulosa (40–50%) : polisakarida linear yang memberikan kekuatan serat.
- b. Hemiselulosa (25–35%) : polimer pendukung yang mudah terhidrolisis.
- c. Lignin (18–25%) : senyawa aromatik kompleks yang berfungsi sebagai perekat alami namun menghambat degradasi.

Teori Ekstraksi Selulosa: Untuk memanfaatkan selulosa sebagai bahan baku bioplastik, lignin harus dihilangkan melalui proses delignifikasi menggunakan larutan alkali (NaOH) atau metode organosolv. Selulosa yang diperoleh kemudian dapat dihidrolisis menjadi selulosa mikrokristalin atau nanokristalin untuk meningkatkan kompatibilitas dengan matriks bioplastik.

2.2 Kulit Kopi (*Coffee Grounds*)

Kulit kopi (dalam konteks ini dapat mencakup silver skin atau ampas kopi hasil seduhan) mengandung:

- a. Selulosa (20–30%)
- b. Hemiselulosa (15–20%)
- c. Lignin (30–40%)
- d. Polifenol dan kafein yang bersifat antioksidan.

Teori Pemanfaatan Kulit Kopi: Kandungan lignin yang tinggi pada kulit kopi justru bermanfaat sebagai penguat alami dalam bioplastik, karena lignin dapat berfungsi sebagai filler yang meningkatkan ketahanan air dan stabilitas termal. Namun, lignin yang berlebihan dapat menurunkan elastisitas. Oleh karena itu, perbandingan ampas tebu (kaya selulosa) dan kulit kopi (kaya lignin) perlu dioptimalkan.

2.3 Bioplastik Ramah Lingkungan

Bioplastik adalah polimer yang dapat terurai secara hayati (biodegradable) dan/atau berasal dari bahan baku terbarukan (biobased). Berdasarkan standar ASTM D6400, bioplastik dinyatakan ramah lingkungan jika:

- a. Terdegradasi minimal 90% dalam 180 hari di lingkungan kompos.
- b. Tidak meninggalkan residu toksik.

Teori Pembuatan Bioplastik dari Selulosa:

- a. Selulosa tidak dapat langsung dicetak menjadi plastik karena rantai hidrogennya yang kuat. Oleh karena itu, diperlukan:
- b. Plasticizer (misal: gliserol, sorbitol) untuk meningkatkan fleksibilitas dengan mengurangi gaya antar rantai selulosa.
- c. Crosslinking agent (misal: asam sitrat, glutaraldehid) untuk meningkatkan ketahanan mekanik.

Reaksi yang terjadi:

Selulosa + Gliserol → Matriks bioplastik (dengan ikatan hidrogen antara gugus -OH selulosa dan -OH gliserol).

2.4 Ekonomi Sirkular (*Circular Economy*)

Ekonomi sirkular adalah sistem ekonomi yang dirancang untuk meminimalkan limbah dan memaksimalkan penggunaan kembali sumber daya. Berbeda dengan model linear (ambil-pakai-buang), model sirkular menerapkan prinsip 3R+ : Reduce, Reuse, Recycle, Recovery, Repair.

Teori Penerapan pada IKM:

Dalam konteks penelitian ini, model ekonomi sirkular diwujudkan melalui:

- a. Pengumpulan limbah (ampas tebu & kulit kopi) dari IKM food & beverage.
- b. Konversi menjadi bioplastik di dalam skala IKM (teknologi tepat guna).
- c. Penggunaan kembali bioplastik sebagai kemasan produk IKM itu sendiri atau dijual ke IKM lain.
- d. Degradasi bioplastik pasca-pakai menjadi kompos yang menyuburkan lahan.

Indikator keberhasilan ekonomi sirkular meliputi:

- a. Material Circularity Indicator (MCI) : proporsi bahan daur ulang vs bahan virgin.
- b. Pengurangan biaya pembuangan limbah (TPA).
- c. Penurunan jejak karbon (carbon footprint).

2.5 Industri Kecil Menengah (IKM)

Berdasarkan Undang-Undang No. 20 Tahun 2008 di Indonesia, IKM didefinisikan sebagai:

- a. Industri Kecil: Aset < Rp200 juta (tanah & bangunan), omzet < Rp1 M/tahun, tenaga kerja 5–19 orang.
- b. Industri Menengah: Aset Rp200 juta – Rp10 M, omzet Rp1 M – Rp50 M/tahun, tenaga kerja 20–99 orang.

Karakteristik IKM yang relevan:

- a. Sumber daya terbatas (teknologi, modal, SDM ahli).
- b. Menghasilkan limbah organik dalam jumlah signifikan namun tersebar.
- c. Peka terhadap biaya operasional (termasuk biaya pengelolaan limbah).
- d. Potensial mengadopsi inovasi sederhana dengan investasi rendah.

Teori Adopsi Teknologi pada IKM:

Berdasarkan Technology Acceptance Model (TAM), adopsi teknologi konversi limbah menjadi bioplastik oleh IKM dipengaruhi oleh:

- a. Perceived usefulness (manfaat ekonomi & lingkungan yang nyata).
- b. Perceived ease of use (proses mudah, alat sederhana, tidak perlu keahlian tinggi).
- c. Dukungan ekosistem (pelatihan, akses pasar, regulasi).

3. METODE PENELITIAN

3.1 Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental laboratorium yang dikombinasikan dengan pendekatan deskriptif kuantitatif. Eksperimen dilakukan untuk menghasilkan bioplastik dari ampas tebu dan kulit kopi dengan variasi komposisi. Selanjutnya, data karakterisasi bioplastik dianalisis secara kuantitatif, sedangkan model ekonomi sirkular dianalisis secara deskriptif berdasarkan efisiensi biaya dan potensi adopsi oleh IKM.

3.3 Alat dan Bahan

Tabel 1 Alat

Alat	Fungsi
Timbangan analitik	Menimbang massa bahan baku dan bahan kimia
Oven pengering	Mengeringkan ampas tebu dan kulit kopi
Blender/grinder	Menghaluskan bahan baku menjadi serbuk
Ayakan 100 mesh	Menyeragamkan ukuran partikel
Hot plate + magnetic stirrer	Memanaskan dan mengaduk larutan
Water bath	Ekstraksi selulosa pada suhu terkendali
Cetakan (mold) kaca/akrilik	Mencetak lembaran bioplastik
Hot press (atau setrika listrik + beban)	Mengompres dan membentuk bioplastik
Universal Testing Machine (UTM)	Uji kuat tarik (tensile strength)
FTIR Spectrophotometer	Analisis gugus fungsi
Soil burial test box	Uji biodegradasi

Tabel 2 Bahan

Bahan	Sumber / Keterangan
Ampas tebu	Limbah dari pedagang minuman tebu atau pabrik gula

Bahan	Sumber / Keterangan
Kulit kopi (ampas kopi setelah seduhan)	Limbah dari kafe atau industri kopi kecil
NaOH (Natrium Hidroksida) 2%	Untuk delignifikasi
H ₂ SO ₄ (Asam Sulfat) 1%	Untuk hidrolisis
Gliserol (food grade)	Plasticizer
Akuades	Pelarut dan pencuci
Klorin (NaOCl) atau H ₂ O ₂	Pemutih (opsional)

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Bioplastik dari Berbagai Komposisi

Penelitian ini menghasilkan bioplastik berupa lembaran tipis berwarna coklat kehitaman (dari kulit kopi) hingga coklat muda (dari ampas tebu). Semakin tinggi proporsi kulit kopi, warna bioplastik semakin gelap dan teksturnya lebih kaku.

Tabel 3 Sifat Fisik dan Mekanik Bioplastik pada Berbagai Perlakuan

Perlakuan	Komposisi (Tebu : Kopi)	Ketebalan (mm)	Kuat Tarik (MPa)	Elongasi (%)	Penyerapan Air (%) (24 jam)
P1	100 : 0	0,48 ± 0,03	5,2 ± 0,4	28,5 ± 2,1	58,3 ± 3,2
P2	70 : 30	0,51 ± 0,04	8,4 ± 0,5	22,3 ± 1,8	42,7 ± 2,5
P3	50 : 50	0,53 ± 0,05	7,1 ± 0,6	18,6 ± 1,5	38,2 ± 2,8
P4	30 : 70	0,55 ± 0,04	5,8 ± 0,4	14,2 ± 1,2	35,1 ± 2,2
P5	0 : 100	0,57 ± 0,06	4,3 ± 0,3	9,8 ± 0,9	32,5 ± 2,0

4.2 Pembahasan

4.2.1 Pengaruh Komposisi Ampas Tebu dan Kulit Kopi terhadap Karakteristik Bioplastik

a. Kuat Tarik (*Tensile Strength*)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan kulit kopi hingga 30% (komposisi 70:30) secara signifikan meningkatkan kuat tarik bioplastik dibandingkan dengan bioplastik dari ampas tebu murni (100:0). Fenomena ini dapat dijelaskan melalui teori kompatibilitas matriks polimer. Selulosa dari ampas tebu berfungsi sebagai serat penguat (*reinforcing fiber*) yang memberikan kekakuan dan kekuatan tarik awal. Sementara itu, lignin dari kulit kopi bertindak sebagai *natural coupling agent* yang mengisi celah-celah antar fibril selulosa dan membentuk ikatan hidrogen serta ikatan non-kovalen lainnya dengan gugus hidroksil (-OH) pada selulosa. Hasilnya adalah matriks bioplastik yang lebih kompak dan terintegrasi, sehingga beban tarik dapat didistribusikan lebih merata.

4.2.2 Mekanisme Biodegradasi Bioplastik

Bioplastik berbasis selulosa dan lignin terdegradasi melalui mekanisme enzimatik yang melibatkan mikroorganisme tanah. Proses ini dapat dijelaskan sebagai berikut: pertama, mikroorganisme (terutama jamur pelapuk putih dari genus *Phanerochaete* dan *Trichoderma*, serta bakteri dari genus *Bacillus* dan *Cellulomonas*) mengkolonisasi permukaan bioplastik. Mikroorganisme ini menghasilkan enzim ekstraseluler seperti selulase, xilanase, dan lignin peroksidase yang secara bertahap memutus rantai polimer menjadi unit-unit yang lebih kecil (oligomer, disakarida, dan akhirnya glukosa). Glukosa kemudian dimetabolisme menjadi CO₂, H₂O, dan biomassa mikroba.

Kecepatan degradasi yang lebih tinggi pada bioplastik dengan kadar selulosa tinggi (P1 dan P2) disebabkan oleh fakta bahwa selulosa adalah substrat yang lebih mudah diakses oleh enzim selulase dibandingkan lignin. Lignin memiliki ikatan C-C dan C-O-C yang lebih kompleks serta struktur aromatik yang resisten terhadap serangan enzimatik. Bahkan, lignin diketahui dapat membentuk penghalang fisik yang melindungi selulosa dari serangan enzim. Oleh karena itu, semakin tinggi proporsi kulit kopi (dan ligninnya), semakin lambat proses biodegradasi. Meskipun demikian, seluruh bioplastik dalam penelitian ini (termasuk P5) tetap menunjukkan kemampuan terdegradasi yang signifikan dalam waktu yang relatif singkat (21 hari), yang membedakannya dari plastik konvensional yang membutuhkan ratusan tahun.

4.3 Interaksi Kimiawi dalam Matriks Bioplastik (Tinjauan FTIR)

Interpretasi spektrum FTIR memberikan bukti adanya interaksi fisik (bukan reaksi kimia baru) antara selulosa, lignin, dan gliserol. Puncak O-H yang lebar dan bergeser dibandingkan dengan selulosa murni mengindikasikan terbentuknya jaringan ikatan hidrogen yang ekstensif

antara gugus hidroksil selulosa, gugus fenolik lignin, dan gliserol. Ikatan hidrogen ini bertanggung jawab atas kohesi matriks dan peningkatan sifat mekanik pada komposisi optimal (P2).

Tidak munculnya puncak baru pada bilangan gelombang $1700\text{--}1750\text{ cm}^{-1}$ (yang mengindikasikan gugus ester) menunjukkan bahwa tidak terjadi reaksi esterifikasi antara gugus karboksil (jika ada) dan gugus hidroksil. Ini menegaskan bahwa proses pencampuran bersifat fisik, bukan kimia. Hal ini penting karena ikatan fisik (hidrogen) bersifat reversibel dan lebih mudah diputus oleh mikroorganisme selama biodegradasi, sehingga bioplastik tetap ramah lingkungan. Sebaliknya, jika terbentuk ikatan kovalen yang kuat (seperti ikatan ester), biodegradasi bisa menjadi lebih lambat.

4.4 Implementasi Model Ekonomi Sirkular pada IKM: Peluang dan Tantangan

4.4.1 Peluang Ekonomi dan Lingkungan

Model ekonomi sirkular yang diusulkan mengubah paradigma IKM dari sekadar penghasil limbah menjadi pengelola limbah yang produktif. Terdapat setidaknya tiga aliran nilai yang tercipta:

- a. Pengurangan biaya pengelolaan limbah: IKM tidak perlu lagi membayar retribusi sampah yang cukup signifikan (Rp 50.000-200.000 per bulan) karena limbah organiknya diolah sendiri. Ini adalah cost avoidance yang langsung meningkatkan profitabilitas.
- b. Pengurangan biaya pembelian kemasan: Dengan memproduksi bioplastik sendiri, IKM dapat mengganti hingga 50-100% kebutuhan kemasan plastik konvensional yang selama ini dibeli dari luar. Pada volume produksi menengah (misalnya 500 kemasan per bulan), penghematan ini bisa mencapai Rp 500.000-1.000.000 per bulan.
- c. Pendapatan tambahan dari penjualan bioplastik: IKM yang memiliki kapasitas produksi berlebih dapat menjual bioplastik ke IKM lain di sekitarnya, menciptakan ekosistem sirkular kolektif.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

5.1.1 Kemampuan Konversi Limbah menjadi Bioplastik

Ampas tebu dan kulit kopi berhasil dikonversi menjadi bioplastik ramah lingkungan melalui proses ekstraksi selulosa menggunakan larutan NaOH 2% dan H_2SO_4 1%, dilanjutkan dengan pencampuran gliserol sebagai plasticizer serta pencetakan dengan teknik hot press. Kedua jenis limbah organik ini, yang sebelumnya hanya menjadi beban lingkungan bagi IKM, terbukti memiliki potensi besar sebagai bahan baku bioplastik yang bernilai ekonomi.

5.1.2 Komposisi Optimal

Komposisi terbaik untuk menghasilkan bioplastik dengan karakteristik unggul adalah 70% ampas tebu dan 30% kulit kopi (P2) . Pada komposisi ini diperoleh:

- Kuat tarik: 8,4 MPa (tertinggi di antara semua perlakuan)
- Elongasi: 22,3% (cukup fleksibel untuk kemasan)
- Penyerapan air: 42,7% (seimbang antara ketahanan air dan kemampuan terdegradasi)
- Biodegradasi: 88,6% dalam 21 hari penguburan di tanah kompos (memenuhi standar ramah lingkungan)
- Warna: Cokelat muda yang estetik untuk kemasan bernuansa alami

5.1.3 Kesesuaian Standar Lingkungan

Semua bioplastik yang dihasilkan bersifat biodegradable, dengan kecepatan degradasi berbanding terbalik dengan kadar lignin. Bioplastik dari ampas tebu murni (P1) terdegradasi paling cepat (94,2% dalam 21 hari), sedangkan bioplastik dari kulit kopi murni (P5) paling lambat (61,4% dalam 21 hari). Meskipun demikian, seluruh varian memenuhi standar biodegradasi ASTM D6400 (terdegradasi >90% dalam 180 hari) kecuali P5 yang membutuhkan waktu sekitar 35-40 hari.

5.1.4 Kelayakan Model Ekonomi Sirkular untuk IKM

Model ekonomi sirkular yang dirancang terbukti layak dan menguntungkan bagi IKM dengan rincian:

- Biaya produksi bioplastik: Rp 21.000 per lembar ukuran 20×20 cm
- Perbandingan harga: 40% lebih murah dari bioplastik komersial (Rp 35.000-50.000), meskipun masih 2-2,5 kali lebih mahal dari plastik konvensional (Rp 8.000-10.000)
- Penghematan dari pengelolaan limbah: IKM dapat menghemat biaya retribusi sampah Rp 50.000-200.000 per bulan serta mengurangi pembelian plastik kemasan konvensional hingga 50% (penghematan Rp 500.000-1.000.000 per bulan)
- Nilai tambah: Meningkatkan citra merek IKM sebagai bisnis yang peduli lingkungan

5.1.5 Manfaat Lingkungan dan Ekonomi

Implementasi model ini memberikan manfaat ganda (double benefit):

- Lingkungan: Mengurangi volume limbah ampas tebu dan kulit kopi yang dibuang ke TPA, menurunkan emisi gas metana, serta mengurangi penggunaan plastik konvensional berbasis minyak bumi.
- Ekonomi: Membuka peluang usaha baru bagi IKM, menekan biaya operasional melalui pengurangan pembelian kemasan dan biaya pengelolaan limbah, serta berpotensi menjadi sumber pendapatan tambahan jika bioplastik dijual ke IKM lain.

DAFTAR REFERENSI

- Chen, M. J., & Shi, Q. S. (2015). Transforming Sugarcane Bagasse into Bioplastics via Homogeneous Modification with Phthalic Anhydride in Ionic Liquid. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 3(10), 2510–2515.
- Cristofoli, N. L., Lima, A. R., Tchoukouang, R. D. N., Quintino, A. C., & Vieira, M. C. (2023). Recent Advances in Food Packaging Using Agricultural Waste and By-Products. *Sustainability*, 15(7), 6153.
- Divakaran, D., Suyambulingam, I., Sanjay, M. R., Raghunathan, V., Ayyappan, V., & Siengchin, S. (2024). Agricultural Waste-Based Bioplastics: Current Trends and Future Directions. *International Journal of Biological Macromolecules*, 127687.
- Fadlillah, A. M., Utami, T. S., & Sari, R. P. (2022). Pemanfaatan Limbah Kulit Kopi sebagai Bahan Dasar Bioplastik dengan Plasticizer Gliserol. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 23(2), 89-98.
- Fauzi, M. A., & Putri, D. N. (2023). Ekstraksi Selulosa dari Ampas Tebu dan Aplikasinya pada Pembuatan Bioplastik Ramah Lingkungan. *Jurnal Kimia dan Kemasan*, 45(1), 12-22.
- George, N., Debroy, R., & Singh, P. (2024). Green Technologies for Production of Microbial Bioplastics from Agricultural Biowaste: A Review. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 15, 13143–13163.
- Kurniawan, S. B., & Abdullah, S. R. S. (2021). Potensi Ampas Tebu dan Kulit Kopi sebagai Bahan Baku Bioplastik: Sebuah Tinjauan. *Jurnal Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan*, 11(3), 245-254.
- Mariana, M., Alfatah, T., Khalil, H. P. S., Yahya, E. B., Olaiya, N. G., Nuryawan, A., & Abdullah, C. K. (2021). Recent Progress in Bioplastics from Agricultural Waste. *Journal of Materials Research and Technology*, 15, 2287–2316.
- Miksusanti, M., & Hermansyah, H. (2020). Karakterisasi Bioplastik dari Limbah Kulit Kopi dengan Penambahan Gliserol. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*, 19(1), 34-42.
- Moreira, J. B., Kuntzler, S. G., Vaz, B. S., Silva, C. K., Costa, J. A. V., & Morais, M. G. (2022). Bioplastics from Agro-Industrial Wastes. In *Biodegradable Polymers, Blends and Composites* (pp. 389-413). Woodhead Publishing.
- Nurhayati, N., & Wijayanti, D. S. (2019). Pengaruh Komposisi Ampas Tebu dan Kulit Kopi terhadap Sifat Mekanik Bioplastik. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, 14(2), 55-63.

- Pramudya, R. C., & Wulandari, W. (2024). Model Ekonomi Sirkular pada Industri Kecil Menengah Berbasis Pemanfaatan Limbah Organik. *Jurnal Ekonomi dan Bisnis*, 26(1), 78-89.
- Pratama, R., & Sari, N. (2021). Biodegradasi Bioplastik Berbasis Selulosa Ampas Tebu dalam Tanah Kompos. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 19(3), 567-576.
- Ramesh Naidu, B., & Venkateswarlu, K. (2025). Can Agriculture and Food Waste Be a Solution to Reduce Environmental Impact of Plastic Pollution? Zero-Waste Approach for Sustainable Clean Environment. *Bioresource Technology*, 132512.
- Renouvo. (2024). Creating Low-Carbon Materials from Agricultural Waste Recycling. Circle Economy Knowledge Hub. Diakses dari <https://knowledge-hub.circle-economy.com/>
- Sah, A. K., Hong, Y. M., & Lin, S. H. (2025). From Waste to Brand: Circular Bio-Innovation and Low-Carbon Product Development in Taiwan's Enzyme Village. *Sustainability*, 17(24), 10947.
- Santana, J. C., & Meireles, M. A. A. (2022). Valorization of Coffee Grounds and Sugarcane Bagasse for Bioplastic Production: A Circular Economy Approach. *Waste and Biomass Valorization*, 13, 4123–4138.