



MENGENAL BIOPLASTIK

Dr. Verawati Ida Yani Roring, S.I.K., M.Sc.

Mengenal Bioplastik

Dr. Verawati Ida Yani Roring, S.I.K., M.Sc.



PT YAPINDO JAYA ABADI

Anggota IKAPI: No. 627/DKI/2023

Mengenal Bioplastik

Penulis	: Dr. Verawati Ida Yani Roring, S.I.K., M.Sc.
ISBN	: 978-634-7789-88-4 (PDF)
Penyunting Naskah	: Nurul Rahmadesni, S. Hum.
Tata Letak	: Nurul Rahmadesni, S. Hum.
Desain Sampul	: Novikean Keysah Sanisri

Penerbit

PT Yapindo Jaya Abadi

Jl. Tanjung Duren Raya No. 89 C RT 06/RW 05, Kelurahan Tanjung Duren Selatan, Kecamatan Grogol Petamburan, Kota Jakarta Barat, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 11470

E-Mail : yapjadi@gmail.com

Website : yapindo.co.id

© Hak cipta dilindungi oleh undang-undang

Berlaku selama 50 (lima puluh) tahun sejak Ciptaan tersebut pertama kali dilakukan pengumuman.

Dilarang mengutip atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari penerbit. Ketentuan Pidana Sanksi Pelanggaran Pasal 2 UU Nomor 19 Tahun 2002 Tentang Hak Cipta.

1. Barang siapa dengan sengaja dan tanpa hak melakukan perbuatan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1) atau Pasal 49 ayat (1) dan ayat (2) dipidana dengan pidana penjara masing-masing paling singkat 1 (satu) bulan dan/atau denda paling sedikit Rp1.000.000,00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (Tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp5.000.000.000,00 (lima miliar rupiah).
2. Barang siapa dengan sengaja menyerahkan, menyiarkan, memamerkan, mengedarkan atau menjual kepada umum suatu Ciptaan atau barang hasil pelanggaran Hak Cipta atau Hak Terkait sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga buku berjudul *Mengenal Bioplastik* dapat disusun sebagai bacaan yang mudah dipahami oleh masyarakat umum. Buku ini membahas bioplastik sebagai salah satu alternatif bahan yang lebih ramah lingkungan, mulai dari pengertian, bahan pembuat, manfaat, hingga peluang pemanfaatannya dalam kehidupan sehari-hari.

Buku ini dijual untuk masyarakat umum sebagai bacaan yang menambah wawasan mengenai inovasi material yang mendukung keberlanjutan lingkungan. Semoga buku ini memberikan manfaat, memperluas pengetahuan pembaca, dan menumbuhkan kepedulian terhadap penggunaan produk yang lebih ramah bagi masa depan bumi.

Jakarta, Juni 2026

Tim Penyusun

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	iv
BAB 1: Konsep Dasar Bioplastik	1
1.1 Pengertian dan Definisi Bioplastik.....	1
1.2 Latar Belakang Pengembangan Bioplastik.....	9
1.3 Klasifikasi Bioplastik	12
1.4 Perkembangan Bioplastik di Dunia.....	15
BAB 2: Bahan Baku Bioplastik	24
2.1 Biomassa sebagai Bahan Dasar Bioplastik	24
2.2 Sumber Bahan Baku Nabati	33
2.3 Sumber Bahan Baku Mikroorganisme	36
2.4 Bahan Tambahan dalam Bioplastik.....	40
BAB 3: Struktur dan Sifat Bioplastik	50
3.1 Struktur Molekul Bioplastik.....	50
3.2 Sifat Fisik Bioplastik.....	54
3.3 Sifat Kimia Bioplastik.....	63
3.4 Sifat Biodegradabilitas Bioplastik.....	66
BAB 4: Proses Produksi Bioplastik	71
4.1 Tahapan Produksi Bioplastik.....	71

4.2 Teknologi Produksi Bioplastik.....	80
4.3 Teknik Modifikasi Bioplastik.....	83
4.4 Skala Produksi Bioplastik	86
BAB 5: Karakterisasi dan Pengujian Bioplastik.....	90
5.1 Pengujian Sifat Mekanik	90
5.2 Pengujian Sifat Termal.....	95
5.3 Pengujian Sifat Fisik	99
5.4 Pengujian Biodegradabilitas.....	102
BAB 6: Aplikasi Bioplastik	107
6.1 Bioplastik dalam Industri Kemasan	107
6.2 Bioplastik dalam Industri Medis	111
6.3 Bioplastik dalam Industri Pertanian	115
6.4 Bioplastik dalam Industri Konsumen.....	120
BAB 7: Bioplastik Dampak Lingkungan.....	125
7.1 Bioplastik dan Reduksi Limbah Plastik	125
7.2 Analisis Siklus Hidup Bioplastik	129
7.3 Bioplastik dan Ekonomi Sirkular	133
7.4 Tantangan Lingkungan Bioplastik	137
BAB 8: Kebijakan dan Regulasi Bioplastik.....	142
8.1 Regulasi Plastik dan Bioplastik.....	142
8.2 Standar dan Sertifikasi Bioplastik	146

8.3 Kebijakan Pengembangan Industri Bioplastik	150
8.4 Regulasi Bioplastik di Indonesia	154
BAB 9: Inovasi dan Masa Depan Bioplastik	159
9.1 Perkembangan Teknologi Bioplastik	159
9.2 Kebangkitan dan Inovasi Bioplastik.....	163
9.3 Tantangan Pengembangan Bioplastik	166
9.4 Prospek Masa Depan Bioplastik.....	168
Daftar Pustaka	177
Profil Penulis.....	223

Daftar Pustaka

- Abdallah, MB, Saadaoui, I., Al-Ghouthi, M., Zouari, N., Hahladakis, J., Chamkha, M., & Sayadi, S. (2025). Kemajuan dalam produksi polihidroksialkanoat (PHA) dari bahan limbah terbarukan menggunakan mikroorganisme halofilik: Tinjauan komprehensif. *Ilmu Lingkungan Total*, 573, 178452. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2025.178452>
- Abe, MM, Martins, JR, Sanvezzo, PB, Macedo, JV, Branciforti, MC, Halley, PJ, Botaro, VR, & Brienzo, M. (2021). Keuntungan dan kerugian produksi bioplastik dari pati dan komponen lignoselulosa. *Polimer*, 13(15), 2484. <https://doi.org/10.3390/polym13152484>
- Abiyoga, M., & Kumari, P. S. (2025). Eco-friendly bioplastic from *Pontederia crassipes*: Cellulose and carboxymethyl cellulose biopolymers for sustainable, biodegradable bioplastic film. *Journal of Applied Bioscience and Biotechnology*, 1423.
- Abo-Elkhair, F. S., Taha, R. A., Elewa, M. M., & Abdelhamid, H. N. (2025). A review on the effective enhancement of polylactic acid (PLA): Molecular strategies, industrial synthesis, and potential applications. *Journal of Polymers and the Environment*, 33(5), 2025. <https://doi.org/10.1007/s10924-025-03000-2>
- Abu-Zurayk, R., Khalaf, A., Alnairat, N., Waleed, H., Bozeya, A., Abu-Dalo, D., & Rabbaa, MM (2025). Nanokomposit polimer

- hijau: Menjembatani inovasi material dengan praktik industri berkelanjutan. *Frontiers in Materials* , 12, 1701086. <https://doi.org/10.3389/fmats.2025.1701086>
- Adedotun-Adeniyi, OA, & Olayinka, BT (2024). Produksi bioplastik dan aplikasinya sebagai kemasan makanan: PLA dan PHB. *Acta Chimica Iasi* , 29(2), 1858. <https://doi.org/10.31243/aci.v29i2.1858>
- Adetunji, AI, & Erasmus, M. (2024). Sintesis hijau bioplastik dari mikroalga: Tinjauan terkini. *Polimer* , 16(10), 1322. <https://doi.org/10.3390/polym16101322>
- Ahmed, MS, Latif, S., Ahmad, M., & Ali, I. (2024). Pengembangan film biodegradabel yang diperkaya ekstrak *Plumeria alba* yang mengandung kitosan dan selulosa yang berasal dari ampas tebu dan limbah tongkol jagung untuk kemasan makanan antimikroba. *International Journal of Biological Macromolecules* , 131262. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.131262>
- Ahuja, V., Singh, P., Mahata, C., Jeon, J., Kumar, G., Yang, Y., & Bhatia, S. (2024). Tinjauan tentang pemulihan sumber daya yang dimediasi mikroba dan produksi bioplastik (polihidroksialkanoat) dari air limbah. *Microbial Cell Factories* , 23, 430. <https://doi.org/10.1186/s12934-024-02430-0>
- Akbarian-Saravi, N., Larizadeh, R., Gupta, A., Shum, D., & Milani, AS (2025, 25 September). Penilaian siklus hidup memberikan wawasan baru terhadap pengelolaan berkelanjutan campuran

- resin biodegradabel yang digunakan dalam kemasan: Studi kasus pada PBAT. *Sustainability* , 17(19), 8645. <https://doi.org/10.3390/su17198645>
- Al-Hammadi, M., Anadol, G., Martín-García, FJ, Moreno-García, J., Keskin Gündoğdu, T., & Gönüllü, M. (2025). Meningkatkan skala bioetanol untuk masa depan: Potensi komersialisasi mikroorganisme ekstremofil dan non-konvensional. *Frontiers in Energy Research* , 13, 1565273. <https://doi.org/10.3389/fenrg.2025.1565273>
- Alparslan, C., & Bayraktar, Ş. (2025). Kemajuan dalam bioprinting pemrosesan cahaya digital (DLP): Tinjauan tentang biomaterial dan aplikasinya, inovasi, tantangan, dan perspektif masa depan. *Polimer* , 17(9), 1287. <https://doi.org/10.3390/polym17091287>
- Alves, M. I., Macagnan, K. L., Rodrigues, A. S., Assis, D. A., Torres, M. M., Oliveira, P. D., Furlan, L., Vendruscolo, C. T., & Moreira, A. S. (2017). Poly(3-hydroxybutyrate)-P(3HB): Review of production process technology. *Industrial Biotechnology*, 13(4), 202-217. <https://doi.org/10.1089/ind.2017.0013>
- Amara, C., Baraketi, S., Barchouchi, Y., MRabet, Y., Ayadi, W., Horchani, M., & Khwaldia, K. (2026). Regenerated lignocellulosic material from pea, bean, and artichoke waste as feedstock for bioplastic production. *Journal of Advanced Research in Environmental Science*, 56.

- Amponsah, O., Nopuo, PSA, Manga, FA, Catli, NB, & Labus, K. (2025). Biomaterial berorientasi masa depan berbasis sumber daya polimer alami: Karakteristik, inovasi aplikasi, dan tren pengembangan. *Jurnal Internasional Ilmu Molekuler* , 26(12), 5518. <https://doi.org/10.3390/ijms26125518>
- Andanje, MN, Mwangi, JW, Mose, BR, & Carrara, S. (2023, 18 Mei). Pencetakan 3D biokompatibel dan biodegradabel dari bioplastik: Sebuah tinjauan. *Polimer* , 15(10), 2355. <https://doi.org/10.3390/polym15102355>
- Ansari, S., & Fatma, T. (2016). Polihidroksibutirat (PHB) sianobakteri: Penyaringan, optimasi, dan karakterisasi. *PLOS ONE*, 11(6), e0158168. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0158168>
- Arajo, R., Vzquez Caldern, F., Snchez, J., Azevedo, IC, Bruhn, A., Fluch, S., García Tasende, M., Ghaderiardakani, F., Ilmjrv, T., Laurans, M., Mac Monagail, M., Mangini, S., Peteiro, C., Rebours, C., Stefnsson, T., & Ullmann, J. (2021). Status industri produksi alga saat ini di Eropa: Sektor bioekonomi biru yang sedang berkembang. *Perbatasan dalam Ilmu Kelautan* , 7, 626389. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.626389>
- Armynah, B., Anugrahwidya, R., & Tahir, D. (2022). Composite cassava starch/chitosan/Pineapple Leaf Fiber (PALF)/Zinc Oxide (ZnO): Bioplastics with high mechanical properties and faster degradation in soil and seawater. *International Journal*

- of *Biological Macromolecules*, 145, 1056–1064. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.06.038>
- Artham, T., & Doble, M. (2007). Biodegradation of aliphatic and aromatic polycarbonates. *Macromolecular Bioscience*, 7(8), 1003-1013. <https://doi.org/10.1002/mabi.200700106>
- Arthi, T. (2024). Bioplastic futuristic approach. *International Journal of Science and Research in Engineering and Management*, 39256.
- Attenborough, E., Parast, F. Y., Nosrati, R., Holl, M. M. B., & Hag, L. v. t. (2025). Bacterial species-structure-property relationships of polyhydroxyalkanoate biopolymers produced on simple sugars for thin film applications. *BMC Microbiology*, 25(1), 02833.
- Babu, A., Kumar, AR, Amrutha, N., Madhurya, S., Punil Kumar, HN, Reddy, JP, Murthy, PGK, & Varaprasad, K. (2024). Pemanfaatan limbah sekam millet ekor rubah untuk komposit bioplastik baru yang berkelanjutan dengan stabilitas termal dan biodegradabilitas yang ditingkatkan. *International Journal of Biological Macromolecules*, 137283. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.137283>
- Babu, SS, Gondi, R., Vincent, GS, Samuel, GCJ, & Jeyakumar, R. (2022). Biomassa dan lipid mikroalga sebagai bahan baku untuk biofuel: Strategi bioteknologi berkelanjutan. *Sustainability*, 14(22), 15070. <https://doi.org/10.3390/su142215070>

- Bai, X., Xu, L., Li, K., Zhang, G., Zhang, M., & Huang, Y. (2025). Unlocking efficient polyhydroxyalkanoate production by Gram-positive *Priestia megaterium* using waste-derived feedstocks. *BMC Microbiology*, 25(1), 02803.
- Baimark, Y., & Kittipoom, S. (2018). Pengaruh reaksi perpanjangan rantai terhadap stereokompleksasi, sifat mekanik, dan ketahanan panas film bioplastik polilaktida stereokompleks terkompresi. *Polimer*, 10(11), 1218. <https://doi.org/10.3390/polym10111218>
- Bandopadhyay, S., Martín-Closas, L., Pelacho, AM, & DeBruyn, JM (2018). Film mulsa plastik yang dapat terurai secara hayati: Dampak pada komunitas mikroba tanah dan fungsi ekosistem. *Frontiers in Microbiology*, 9, 819. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.00819>
- Bhatia, S., Shah, YA, AlHarrasi, A., Jawad, M., Koca, E., & Aydemir, LY (2024). Meningkatkan kekuatan tarik, stabilitas termal, dan karakteristik antioksidan film kappa karagenan transparan menggunakan minyak esensial jeruk bali untuk aplikasi kemasan makanan. *ACS Omega*, 3(07366). <https://doi.org/10.1021/acsomega.3c07366>
- Bhatia, T., Bose, D., Sharma, D., & Patel, D. (2024). A review on cellulose degrading microbes and its applications. *Industrial Biotechnology*, 20(1), 25-45. <https://doi.org/10.1089/ind.2023.0025>
- Bhran, AA (2025). Analisis tekno-ekonomi komparatif minyak goreng bekas dan mikroalga *Chlorella* untuk produksi

- biodiesel berkelanjutan. *Proses* , 13(11), 3526. <https://doi.org/10.3390/pr13113526>
- Bishop, GD, Styles, D., & Lens, PNL (2021, 18 Juli). Kinerja lingkungan kemasan bioplastik pada produk makanan segar: Penilaian siklus hidup konsekuensial. *Journal of Cleaner Production* , 299, 128377. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128377>
- Bishop, GD, Styles, D., & Lens, PNL (2021, 6 Februari). Perbandingan kinerja lingkungan antara bioplastik dan plastik petrokimia: Tinjauan keputusan metodologis penilaian siklus hidup (LCA). *Resources, Conservation and Recycling* , 167, 105451. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105451>
- Blasi, A., Verardi, A., Lopresto, CG, Siciliano, S., & Sangiorgio, P. (2023). Pemanfaatan limbah pertanian lignoselulosa untuk memperoleh produk bernilai: Tinjauan umum. *Daur Ulang* , 8(4), 61. <https://doi.org/10.3390/recycling8040061>
- Blume, A., Behring, A., Schäfer, S., Petereit, F., & Muschert, RB (2023). Film lapisan ganda kitosan/konjak glukomanan: Sifat fisik, struktural, dan termal. *International Journal of Biological Macromolecules* , 128660. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.128660>
- Boiko, V., Riabov, S., Kobrina, L., & Dmytrieva, T. (2025). Biodegradable polymers. Part 1: Polymers from naturally renewable raw materials. *Polymer Journal*, 46(4), 243.
- Borah, N., Srivastava, N., Shah, U. N., & Vh, J. (2025). Sustainable bioplastic production from microalgae, pond scum to

- bioplastic. *Book Advances in Natural and Gitech Innovations*, 014.
- Borah, N., Srivastava, N., Shah, UN, & Vh, J. (2025). Produksi bioplastik berkelanjutan dari mikroalga dan lumut kolam menjadi bioplastik. *Buklet dari ICONS 2024*, 1-12. <https://doi.org/10.52711/book.anv.icons-2024-014>
- Boubilia, A., Lemaoui, T., AlYammahi, J., Darwish, A. S., Ahmad, A., Alam, M., Banat, F., Benguerba, Y., & AlNashef, I. M. (2022). Multitask neural network for mapping the glass transition and melting temperature space of homo- and copolyhydroxyalkanoates using CODESSA profiles molecular inputs. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 10(52), 17526-17537. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.2c05225>
- Bowofoluwa, AS, Ahuekwe, E., Nzubechi, EG, Oziegbe, O., & Oniha, M. (2023). Strategi optimasi statistik pada substrat limbah untuk mengatasi tantangan biaya tinggi dalam produksi biosurfaktan: Sebuah tinjauan. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1197, 012004. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1197/1/012004>
- Brzoska, J., Datta, J., Konefa, R., Pokorn, V., & Bene, H. (2024). Pengaruh monomer berbasis bio terhadap struktur dan sifat termal poliuretan. *Scientific Reports*, 24(80358), 6. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-80358-6>
- Bugnicourt, E., Cinelli, P., Lazzeri, A., & Álvarez, VA (2014). Polihidroksialkanoat (PHA): Tinjauan sintesis, karakteristik,

- pengolahan, dan aplikasi potensial dalam pengemasan. *Express Polymer Letters* , 8(11), 791-808. <https://doi.org/10.3144/expresspolymlett.2014.82>
- Camargo, M. S. A., Cercal, A. P., Silveira, V. F., Mancinelli, K. C. B., Gern, R. M. M., Garcia, M. C. F., Apati, G. P., Schneider, A., & Pezzin, A. P. T. (2020). Evaluation of wet bacterial cellulose degradation in different environmental conditions. *Macromolecular Symposia*, 294(1), 78-89. <https://doi.org/10.1002/masy.202000149>
- Camaso, DB, & Mantovani, D. (2021). Karakterisasi mekanik pembuluh darah dan penggantinya dalam upaya berkelanjutan untuk kinerja yang relevan secara fisiologis. Tinjauan kritis. *Materials Today Bio* , 100106. <https://doi.org/10.1016/j.mtbio.2021.100106>
- Chalermthai, B., Nootong, K., Olsen, BD, Assabumrungrat, S., & Charoensuppanimit, P. (2024, 1 Maret). Penilaian siklus hidup dari hulu ke hilir bioplastik Spirulina yang diproduksi melalui plastisasi dengan gliserol. *Environmental Research* , 244, 118622. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.118622>
- Chauhan, K., Kaur, R., & Chauhan, I. (2024). Sustainable bioplastic: A comprehensive review on sources, methods, advantages, and applications of bioplastics. *Journal of Biodiversity*, 2307369.
- Chauhan, K., Kaur, R., & Chauhan, I. (2024, 6 Maret). Bioplastik berkelanjutan: Tinjauan komprehensif tentang sumber, metode, keunggulan, dan aplikasi bioplastik. *Kimia dan*

101369. <https://doi.org/10.1080/25740881.2024.2307369>

- Chen, M., Li, Q., Liu, C., Meng, E., & Zhang, B. (2025). Microbial degradation of lignocellulose for sustainable biomass utilization and future research perspectives. *Sustainability*, 17(9), 4223. <https://doi.org/10.3390/su17094223>
- Chen, Y., Wang, S., Yang, C., Zhang, L., Li, Z., Jiang, S., Bai, R., Ye, X., & Ding, W. (2023). Film bilayer kitosan/konjak glukomanan: Sifat fisik, struktural, dan termal. *Jurnal Internasional Makromolekul Biologi*, 128660. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.128660>
- Cheng, H., Zhang, B., Jiang, P., Liao, M., Gao, X., Xu, D., Wang, Y., Hu, Y., Wang, H., Liu, T., & Chai, R. (2025). Sistem penghantaran obat berbasis biomaterial dalam pengobatan gangguan telinga bagian dalam. *Jurnal Nanobioteknologi*, 23(1), 3368. <https://doi.org/10.1186/s12951-025-03368-0>
- Chimukuche, R. S., Ndlazi, J., Mtolo, L., Bird, K., & Seeley, J. (2024). Evaluation of drug and herbal medicinal promotions on social media during the COVID-19 pandemic in relation to world health organization ethical criteria and South African health products regulatory authority guidelines in South Africa: Cross-sectional content analysis. *JMIR Public Health and Surveillance*, 10(9), 58378. <https://doi.org/10.2196/58378>
- Cinar, S. Ö., Chong, ZK, Kker, MA, Wieczorek, N., Cengiz, Ü., & Kuchta, K. (2020). Produksi bioplastik dari mikroalga: Sebuah

- tinjauan. *Jurnal Internasional Penelitian Lingkungan dan Kesehatan Masyarakat* , 17(11), 3842. <https://doi.org/10.3390/ijerph17113842>
- Coppola, D., Lauritano, C., Esposito, F. P., Riccio, G., Rizzo, C., & de Pascale, D. (2021). Fish waste: From problem to valuable resource. *Marine Drugs*, 19(2), 116. <https://doi.org/10.3390/md19020116>
- Coppola, G., Gaudio, MT, Lopresto, CG, Calabr, V., Curcio, S., & Chakraborty, S. (2021, 29 Maret). Bioplastik dari biomassa terbarukan: Solusi mudah untuk lingkungan yang lebih hijau. *Jurnal Bahan Berbasis Bio dan Bioenergi* , 15(1), 1-30. <https://doi.org/10.1007/s41748-021-00208-7>
- Coppola, G., Gaudio, MT, Lopresto, CG, Calabr, V., Curcio, S., & Chakraborty, S. (2021, 29 Maret). Bioplastik dari biomassa terbarukan: Solusi mudah untuk lingkungan yang lebih hijau. *Jurnal Bahan Berbasis Bio dan Bioenergi* , 15(1), 1-30. <https://doi.org/10.1007/s41748-021-00208-7>
- Corbeil, J., & Ruiz, E. (2021). Advances in polymer design, modification, and applications in tissue engineering. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(17), 9425. <https://doi.org/10.3390/ijms22179425>
- Covarrubias, LPS, Beluri, K., Mohammadi, Y., Easmin, N., Palacios, OA, & Sharifan, H. (2025). Sistem mikroalga berteknologi nano canggih: Mengintegrasikan pemrograman ulang metabolisme yang diinduksi stres oksidatif dan peningkatan biosintesis lipid untuk produksi biofuel generasi

- berikutnya. *ACS Applied Bio Materials* , 8(3), 300. <https://doi.org/10.1021/acsabm.5c00300>
- Crutchik, D., Franchi, Ó., Caminos, L., Jeison, D., Belmonte, M., Pedrouso, A., del Río, Á. V., Mosquera-Corral, A., & Campos, JL (2020). Produksi Polihidroksialkanoat (PHA): Sebuah pilihan ekonomi yang layak untuk pengolahan lumpur limbah di instalasi pengolahan air limbah perkotaan? *Water* , 12(4), 1118. <https://doi.org/10.3390/w12041118>
- Damschroder, L. J., Reardon, C. M., Opra Widerquist, M. A., & Lowery, J. C. (2022). The updated Consolidated Framework for Implementation Research based on user feedback. *Implementation Science*, 17, 75. <https://doi.org/10.1186/s13012-022-01245-0>
- De Souza, FM, & Gupta, RK (2024, 12 Februari). Bakteri untuk bioplastik: Kemajuan, aplikasi, dan tantangan. *ACS Omega* , 9(9), 9747-9761. <https://doi.org/10.1021/acsomega.3c07372>
- Di Bartolo, A., Infurna, G., & Dintcheva, N. T. (2021). A review of bioplastics and their adoption in the circular economy. *Polymers*, 13(8), 1229.
- Di Bartolo, A., Infurna, G., & Dintcheva, NT (2021, 10 April). Tinjauan tentang bioplastik dan penerapannya dalam ekonomi sirkular. *Polimer* , 13(8), 1229. <https://doi.org/10.3390/polym13081229>
- Dibandja, L. D. W., Tamo, C. T., Simo, B. E., Issah, N., Tchouagtie, M. N., Selabi, N. B. S., Doench, I., Tamo, A. K., Xie, B., & Osorio-Madrado, A. (2023). Synthesis by melt-polymerization

- of a novel series of bio-based and biodegradable thiophene-containing copolyesters with promising gas barrier and high thermomechanical properties. *Molecules*, 28(4), 1825. <https://doi.org/10.3390/molecules28041825>
- Dimotta, A. (2025). Bahan baku biomassa mikroalga sebagai pabrik sel pintar untuk produksi biodiesel melalui transesterifikasi in situ: Sebuah tinjauan. *Jurnal Internasional Alga*, 10(2), 29. <https://doi.org/10.46492/ijai/2025.10.2.29>
- Dolci, G., Rigamonti, L., & Grosso, M. (2023, 15 Juni). Tantangan bioplastik dalam pengelolaan limbah. *Waste Management & Research*, 41(8), 1181-1194. <https://doi.org/10.1177/0734242X231181999>
- Dou, J., Han, L., Hu, X., Li, LJ, He, P., Wang, J., Hao, X., Sui, Y., Sun, W., & Yang, X. (2025). Respons nonlinier keterbatasan nutrisi mikroba terhadap mikroplastik yang dapat terurai secara hayati vs. mikroplastik konvensional di bawah pengelolaan pertanian jangka panjang. *Journal of Hazardous Materials*, 471, 140777. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2025.140777>
- Duong, HM, Chua, SJ, Zhang, L., Ye, X., & Ding, W. (2024). Karakterisasi perilaku mekanik, getaran bebas, dan penyerapan air dari komposit serat alami-vinil ester. Prosiding *Institution of Mechanical Engineers Part L Journal of Materials Design and Applications*, 09544089251326249. <https://doi.org/10.1177/09544089251326249>

- Elboghday, HGE, Clagnan, E., De Franceschi, V., Cucina, M., DellOrto, M., de Nisi, P., Goglio, A., & Adani, F. (2025, 19 Mei). Aklimatisasi mikroba pada digestat anaerob termofilik meningkatkan produksi biogas dan biodegradasi asam polilaktat dalam kombinasi dengan fraksi organik limbah padat perkotaan (OFMSW). *Waste Management*, 195, 114895. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2025.114895>
- Elgharbawy, A. S., El Demerdash, A. G. E., Sadik, W., Kasaby, M. A., Lotfy, A. H., & Osman, A. I. (2024). Enhancing the biodegradability, water solubility, and thermal properties of polyvinyl alcohol through natural polymer blending: An approach toward sustainable polymer applications. *Polymers*, 16(15), 2141. <https://doi.org/10.3390/polym16152141>
- Encarnación, T., Nicolau, N., Ramos, PM, Silvestre, E., Mateus, A., de Carvalho, TA, Gaspar, F., Massano, A., Biscaia, S., Castro, RAE, Nogueira, BA, Singh, P., Pacheco, D., Patrício, T., Fausto, R., & Sobral, AJFN (2023). Daur ulang air limbah lensa mata dalam konteks ekonomi sirkular: Studi kasus dengan integrasi mikroalga. *Materi*, 17(1), 75. <https://doi.org/10.3390/ma17010075>
- Fabris, M., Abbriano, RM, Pernice, M., Sutherland, DL, Commault, AS, Hall, C., Labeeuw, L., McCauley, JI, Kuzhiuparambil, U., Ray, P., Kahlke, T., & Ralph, PJ (2020). Teknologi baru dalam bioteknologi alga: Menuju pembentukan bioekonomi berbasis alga yang berkelanjutan. *Frontiers in Plant Science*, 11, 279. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00279>

- Farooq, I., & Al-Abduljabbar, A. (2025). Produksi efisien dan analisis eksperimental membran komposit PLA-CA berbasis bio melalui elektrospinning untuk peningkatan kinerja mekanik dan stabilitas termal. *Polimer* , 17(08), 1118. <https://doi.org/10.3390/polym17081118>
- Ferreira, AR, Alves, VD, & Coelho, IM (2016). Membran berbasis polisakarida dalam aplikasi kemasan makanan. *Membranes* , 6(2), 22. <https://doi.org/10.3390/membranes6020022>
- Filiciotto, L., & Rothenberg, G. (2020). Biodegradable plastics: Standards, policies, and impacts. *ChemSusChem*, 13(21), 5657–5670.
- Flino, A., Karageorgiou, A., Calabr, PS, & Komilis, D. (2020, 27 Juli). Biodegradasi limbah bioplastik di lingkungan alami dan industri: Sebuah tinjauan. *Sustainability* , 12(15), 6030. <https://doi.org/10.3390/su12156030>
- François, M., Lin, K., & Rachmadona, N. (2025). Bioreaktor membran berbasis mikroalga untuk pengolahan air limbah, produksi biogas, dan energi berkelanjutan: Sebuah tinjauan. *Environmental Research* , 247, 120802. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2025.120802>
- Gadaleta, G., Ferrara, C., De Gisi, S., Notarnicola, M., & De Feo, G. (2023, 1 Februari). Penilaian siklus hidup opsi akhir masa pakai untuk bioplastik berbasis selulosa ketika dimasukkan ke dalam sistem pengelolaan limbah padat perkotaan. *Science of The Total Environment* , 856, 161958. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.161958>

- Gaddala, B., & Namdeti, R. (2025). Development of an eco-friendly biodegradable plastic from various biomass materials and its characterization: A review. *Research Journal of Chemical Engineering*, 14(20), 147.
- Gaffey, J., Collins, MN, & Styles, D. (2024, 11 April). Tinjauan keputusan metodologis dalam penilaian siklus hidup (LCA) sistem biorefinery di berbagai kategori bahan baku. *Journal of Environmental Management*, 356, 120813. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120813>
- Gao, W., Xu, M., Zhao, W., Yang, X., Xin, F., Dong, W., Jia, H., & Wu, X. (2024). Microbial degradation of (micro)plastics: Mechanisms, enhancements, and future directions. *Fermentation*, 10(9), 441. <https://doi.org/10.3390/fermentation10090441>
- Gazeau, B., Zaman, A., Pacini, H., & Khan, MA (2025, 24 Juli). Mengklarifikasi taksonomi plastik dan bioplastik: Menuju kerangka material plastik tanpa jejak (ZTP). *Sustainability*, 17(15), 6763. <https://doi.org/10.3390/su17156763>
- Giangeri, G., Morlino, M. S., De Bernardini, N., Ji, M., Bosaro, M., Pirillo, V., Antoniali, P., Molla, G., Raga, R., Treu, L., & Campanaro, S. (2022). Preliminary investigation of microorganisms potentially involved in microplastics degradation using an integrated metagenomic and biochemical approach. *Science of The Total Environment*, 836, 157017. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157017>

- Gong, L., Passari, AK, Yin, C., Thakur, VK, Newbold, JR, Clark, WR, Jiang, Y., Kumar, S., & Gupta, VK (2023). Pemanfaatan berkelanjutan sumber daya hayati limbah buah dan sayuran untuk produksi bioplastik. *Critical Reviews in Biotechnology* , 43(1), 2157241. <https://doi.org/10.1080/07388551.2022.2157241>
- González-Ausejo, J., Sánchez-Safont, E., Lagárn, JM, Balart, R., Cabedo, L., & Gómez-Pérez, J. (2017). Kompatibilitas campuran poli(3-hidroksibutirat-co-3-hidroksivalerat)/poli(asam laktat) dengan diisosianat. *Jurnal Ilmu Polimer Terapan* , 44806. <https://doi.org/10.1002/app.44806>
- Goswami, L., Kushwaha, A., Napathorn, SC, & Kim, BS (2023). Pemanfaatan limbah organik menggunakan bioreaktor untuk produksi polihidroksialkanoat: Kemajuan terkini, pendekatan berkelanjutan, tantangan, dan perspektif masa depan. *International Journal of Biological Macromolecules* , 240, 125743. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.125743>
- Gouda, MK, Elsayed, Y., Younis, ME, Hassan, NA, & Rabie, ST (2024). Mikroalga untuk pembangkitan biofuel berkelanjutan: Inovasi, hambatan, dan arah masa depan. *Toksikologi dan Ilmu Kesehatan Lingkungan* , 70019. <https://doi.org/10.1002/tqem.70019>
- Gouda, MK, Younis, ME, & Al-Ghouthi, M. (2024). Kemajuan dan tantangan terkini dalam produksi polihidroksibutirat (PHB),

- suatu bioplastik, secara autotrof oleh sianobakteri. *Journal of Environmental Chemical Engineering* , 9(3), 105379. <https://doi.org/10.1016/J.JECE.2021.105379>
- Guidotti, G., Gigli, M., Soccio, M., Lotti, N., Gazzano, M., Siracusa, V., & Munari, A. (2018). Poly(butylene 2,5-thiophenedicarboxylate): An added value to the class of high gas barrier biopolyesters. *Polymers*, 10(2), 167. <https://doi.org/10.3390/polym10020167>
- Guillard, V., Gaucel, S., Fornaciari, C., Angellier-Coussy, H., Buche, P., & Gontard, N. (2018). Generasi kemasan makanan berkelanjutan berikutnya untuk melestarikan lingkungan kita dalam konteks ekonomi sirkular. *Frontiers in Nutrition* , 5, 121. <https://doi.org/10.3389/fnut.2018.00121>
- Gumel, AM, Annuar, MSM, & Heidelberg, T. (2012). Biosintesis dan karakterisasi kopolimer polihidroksialkanoat yang dihasilkan oleh *Pseudomonas putida* Bet001 yang diisolasi dari limbah pabrik minyak sawit. *PLOS ONE* , 7(9), e45214. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0045214>
- Hamad, K., Kaseem, M., Yang, H., Deri, F., & Ko, Y. G. (2015). Properties and medical applications of polylactic acid: A review. *Express Polymer Letters*, 9(5), 435-455. <https://doi.org/10.3144/expresspolymlett.2015.42>
- Haq, F., Kiran, M., Khan, IA, Mehmood, S., Aziz, T., & Haroon, M. (2024, 24 Desember). Menjelajahi jalur menuju keberlanjutan: Tinjauan komprehensif tentang plastik biodegradable dalam

- ekonomi sirkular. *Materials Today Sustainability* , 26, 101067. <https://doi.org/10.1016/j.mtsust.2024.101067>
- Haq, F., Kiran, M., Khan, IA, Mehmood, S., Aziz, T., & Haroon, M. (2024, 24 Desember). Menjelajahi jalur menuju keberlanjutan: Tinjauan komprehensif tentang plastik biodegradable dalam ekonomi sirkular. *Materials Today Sustainability* , 26, 101067. <https://doi.org/10.1016/j.mtsust.2024.101067>
- Hardi, G. W., Dewi, B. K., Toruan, S. A. L., Nurjanah, S., Fitriana, S., & Yunita, L. (2024). Synthesis of cellulose straw and rice husk as raw materials for bioplastic production. *Harmoni Jurnal Keilmuan dan Keislaman*, 12(6), 13795.
- Harmaen, AS, Abdan, K., Azowa, IN, Hassan, MA, Tarmian, A., & Jawaaid, M. (2014). Sifat termal dan biodegradasi biokomposit campuran poli(asam laktat)/pupuk/serat kelapa sawit. *Komposit Polimer* , 36(3), 576–583. <https://doi.org/10.1002/pc.22974>
- Haroub, J. R. M., Wanasingha, N., Balu, R., Mata, J., Shah, K., Dutta, N. K., & Choudhury, N. R. (2024). 3D-printable sustainable bioplastics from gluten and keratin. *Gels*, 10(2), 136. <https://doi.org/10.3390/gels10020136>
- Harrison, J. P., Boardman, C., O'Callaghan, K., Delort, A., & Song, J. (2018). Biodegradability standards for carrier bags and plastic films in aquatic environments: A critical review. *Royal Society Open Science*, 5(5), 171792.
- He, B., Gao, Y., Lou, W., Wang, J., Xin, S., Ma, K., & Li, L. (2025). Film kemasan makanan yang dapat terurai secara hayati:

Sumber material, sifat mekanik dan penghalang uap air, serta strategi peningkatan - Tinjauan komprehensif. *Food Research International* ,

116431. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2025.116431>

Hectors, W., Delmulle, T., & Soetaert, W. K. (2025). Metabolic engineering strategies for enhanced polyhydroxyalkanoate (PHA) production in *Cupriavidus necator*. *Polymers*, 17(15), 2104.

Hemmami, H., Zeghoud, S., Ben Amor, I., Ben Amor, A., Alhamad, AA, & Messaoudi, M. (2024, 4 November). Biodegradasi bioplastik berbasis polimer alami: Sebuah tinjauan. *Teknologi dan Inovasi Lingkungan* , 37, 103766. <https://doi.org/10.1080/03067319.2024.2423017>

Hou, J., Cheng, L., Zhang, S., Zhang, X., Zheng, X., & Zhang, Q. (2024). Production of polyhydroxyalkanoate from new isolated bacteria of *Acidovorax diaphorobacter* ZCH-15 using orange peel and its underlying metabolic mechanisms. *Biotechnology Reports*, 131949.

Hu, S., Zhao, Q., Niu, Y., Luo, C., Zhang, Z., He, B., & Hao, H. (2022). Sintesis, karakterisasi, stabilitas termal, dan studi degradasi in vitro dan in vivo dari kopolimer blok polikaprolakton dan poliglikolida. *Polymer Bulletin* , 79(8), 119–173. <https://doi.org/10.1080/09205063.2022.2119731>

Huerta-Olvera, O., Pérez-González, J., Duarte-Cortés, R., Gutierrez-Castillo, V. M., Checa-Hidalgo, J. E., & Castillo-Cabanillas, C. (2021). Characterization and biodegradation of chitosan-

- based bioplastics reinforced with natural fibers. *Polymers*, 13(14), 4254. <https://doi.org/10.3390/polym13244254>
- Hwang, E., Yang, Y., Choi, J., Park, S., Park, K., & Lee, J. (2025). Biodegradable plastics as sustainable alternatives: Advances, basics, challenges, and directions for the future. *Materials*, 18(18), 4247. <https://doi.org/10.3390/ma18184247>
- Hwang, E., Yang, YH, Choi, J., Park, SH, Park, K., & Lee, J. (2025, 1 September). Plastik biodegradable sebagai alternatif berkelanjutan: Kemajuan, dasar-dasar, tantangan, dan arah masa depan. *Materials* , 18(18), 4247. <https://doi.org/10.3390/ma18184247>
- Islam, Z. F., Cherepanov, P., Xu, W., Hayden, H. L., Colombi, E., Lin, Z., Mazaheri, O., Caruso, F., Chen, D., & Hu, H. (2025). Native polymer degradation capacity of microorganisms in agricultural soils. *Science of The Total Environment*, 178915. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2025.178915>
- Jakab, S., Bdi, V. L., & Lendvai, L. (2025). Synergistic effects of annealing heat treatment and lignocellulose fiber incorporation on the thermal, mechanical, and water absorption properties of poly(lactic acid)-based biocomposites. *Polymer Composites*, 46(3), 29898. <https://doi.org/10.1002/pc.29898>
- Jannah, M., Ahmad, A., Hayatun, A., Taba, P., & Chadijah, S. (2019). Pengaruh pengisi dan plastisizer terhadap sifat mekanik selulosa bioplastik dari sekam padi. *Journal of Physics Conference Series* , 1341(3), 032019. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1341/3/032019>

- Jayakumar, A., Radoor, S., Siengchin, S., Shin, G., & Kim, J. T. (2023). Recent progress of bioplastics in their properties, standards, certifications and regulations: A review. *Science of The Total Environment*, 163156.
- Jayalath, SU, & de Alwis, A. (2025). PHA, plastik paling ramah lingkungan sejauh ini: Memajukan sintesis mikroba, pemulihan, dan aplikasi berkelanjutan untuk sirkularitas. *ACS Omega* , 5, 684. <https://doi.org/10.1021/acsomega.5c00684>
- Jiao, H., Ali, SS, Alsharbaty, M., Elsamahy, T., Abdelkarim, EA, Schagerl, M., Al-Tohamy, R., & Sun, J. (2024, 12 Januari). Tinjauan kritis tentang penilaian dan pengelolaan siklus hidup limbah plastik: Tantangan, kesenjangan penelitian, dan perspektif masa depan. *Ekotoksikologi dan Keselamatan Lingkungan* , 271, 115942. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2024.115942>
- Jones, DL, Chadwick, DR, & Samphire, M. (2023). Film mulsa plastik yang dapat terurai secara hayati meningkatkan hasil panen dan mendorong efisiensi penggunaan nitrogen dalam hortikultura organik. *Frontiers in Agronomy* , 5, 1141608. <https://doi.org/10.3389/fagro.2023.1141608>
- Jung, H., Shin, G., Park, SB, Jegal, J., Park, S., Park, J., Oh, DX, & Kim, HJ (2023, 7 Oktober). Pengelolaan limbah sirkular: Superworm sebagai solusi berkelanjutan untuk degradasi plastik biodegradable dan pemulihan sumber daya. *Waste Management* , 170, 387-400. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2023.09.027>

- Kalladi, AJ, & Ramesan, M. (2025). Nanokomposit seng oksida/polivinil alkohol/gum mete/polipirrol yang disintesis secara ramah lingkungan dengan peningkatan sifat mekanik, termal, dan listrik untuk nanoelektronik. *Journal of Applied Polymer Science* , 56686. <https://doi.org/10.1002/app.56686>
- Kanniyappan, S., & Selvaraj, S. (2024). Pengaruh nanodiamond terhadap sifat mekanik, sifat akustik, peredaman getaran, dan ketahanan api pada panel komposit epoksi serat rami yang digunakan untuk aplikasi dalam ruangan. *Prosiding Institution of Mechanical Engineers Bagian L* , 09544089241296709. <https://doi.org/10.1177/09544089241296709>
- Katagi, VN, Vytla, RM, & Somashekara, D. (2024). Produksi terintegrasi biopolimer mikroba (PHA) dengan produk bio bernilai tambah lainnya: Pendekatan inovatif untuk produksi berkelanjutan. *Jurnal Polimer dan Lingkungan* , 32, 2289983. <https://doi.org/10.1080/17518253.2023.2289983>
- Kausar, A., Ahmad, I., Aldaghri, O., Ibnaouf, K. H., & Eisa, M. H. (2023). Nanoclay-reinforced nanocomposite nanofibers: Fundamentals and state-of-the-art developments. *Minerals*, 13(6), 817. <https://doi.org/10.3390/min13060817>
- Keith, MJ, Koller, M., & Lackner, M. (2024, 1 Juni). Daur ulang karbon bioplastik bernilai tinggi: Sebuah jalan menuju masa depan tanpa limbah. *Polimer* , 16(12), 1621. <https://doi.org/10.3390/polym16121621>

- Khaleque, A., Saqib, S., Asim, M., Rahman, M., & Zhang, J. (2024). Preparation and characterization of bioplastic from starch and biodegradable polymer reinforced with agricultural waste. *Journal of Polymers and the Environment*, 32, 2847. <https://doi.org/10.1007/s10924-024-03056-0>
- Khanra, A., Vasistha, S., Prakash, M., Cheah, WY, Khoo, KS, Chew, KW, Chuah, LF, & Show, PL (2022). Bioproses hijau dan aplikasi biopolimer turunan mikroalga sebagai bahan baku terbarukan: Pendekatan bioekonomi sirkular. *Teknologi & Inovasi Lingkungan*, 28, 102872. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102872>
- Klunklin, W., & Savage, A. M. (2021). Potential use of agricultural by-products for bioplastics production. *Sustainability*, 13(18), 10329. <https://doi.org/10.3390/su131810329>
- Koch, D., & Mihalyi, B. (2018, 1 Agustus). Menilai perubahan kategori dampak lingkungan ketika mengganti plastik konvensional dengan bioplastik di bidang aplikasi tertentu. *Chemical Engineering Transactions*, 70, 571-576. <https://doi.org/10.3303/cet1870143>
- Koller, M., & Mukherjee, A. (2022). Gelombang baru industrialisasi biopoliester PHA. *Bioengineering*, 9(2), 74. <https://doi.org/10.3390/bioengineering9020074>
- Ková, L., Rigamonti, L., & Grosso, M. (2021, 28 September). Penilaian siklus hidup pengelolaan limbah makanan dengan fokus pada kantong pengumpulan. *Waste Management &*

Research , 39(10), 1230-1242. <https://doi.org/10.1177/0734242x211050181>

Kumar, S., Dubey, N., Kumar, V., Choi, I., Jeon, J., & Kim, M. (2024). Memerangi polusi mikro/nano plastik dengan bioplastik: Kemasan makanan berkelanjutan, tantangan, dan perspektif masa depan. *Environmental Pollution* , 361, 125077. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2024.125077>

Kumar, V., Sharma, N., Umesh, M., Sharma, R., Sharma, M., Sharma, D., Sondhi, S., Thomas, J., Dheeman, D., Kansal, L., & Jha, NK (2024). Potensi komersialisasi nanomaterial daur ulang PET (polietilen tereftalat): Tinjauan tentang parameter validasi. *Chemosphere* , 358, 141453. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2024.141453>

Kunwar, PJ, Luukkonen, T., Haapasalo, H., & Majava, J. (2024). Mengatasi tantangan komersialisasi material adsorben untuk pengolahan air di pasar Eropa melalui produksiasi. *Heliyon* , 10(4), e27326. <https://doi.org/10.1080/23311916.2024.2320952>

Kurpanik, R., Gajek, M., Gry, K., Jele, P., Czarnecka, A. Ć., & Stodolak-Zych, E. (2024). Karakterisasi multiskala kain non-woven hasil elektrospinning untuk regenerasi kornea: Dampak mikrostruktur pada sifat mekanik, optik, dan biologis. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials* , 106437. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2024.106437>

- Li, N., Duan, X., Ding, X., Zhu, N., & Chen, X. (2024). Karakterisasi sifat mekanik dan mikrostruktur perancah hidrogel dengan menggunakan pencitraan berbasis propagasi sinkrotron. *Jurnal Perilaku Mekanik Material Biomedis*, 106844. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2024.106844>
- Lima, G., Mukherjee, A., Picchioni, F., & Bose, R. (2024, 1 April). Karakterisasi polimer biodegradabel untuk struktur berpori: Langkah selanjutnya menuju plastik berkelanjutan. *Polimer*, 16(8), 1147. <https://doi.org/10.3390/polym16081147>
- Liu, P., Chen, G., & Zhang, J. (2022). A review of liposomes as a drug delivery system: Current status of approved products, regulatory environments, and future perspectives. *Molecules*, 27(7), 1372. <https://doi.org/10.3390/molecules27071372>
- Liu, Y., & Li, X. (2025). Microstructure engineering of microalgae-based bioplastics with enhanced mechanical property and compatibility in flexible polyurethane foam. *Journal of Applied Polymer Science*, 142(21), 57411. <https://doi.org/10.1002/app.57411>
- Liu, Y., Li, X., Ran, X., Nie, W., Semeniuk, I., & Koretska, N. (2025). Synthesis, structure, and properties of polyhydroxybutyrate derived from *Azotobacter vinelandii* N15. *Chemistry - An Asian Journal*, 20(20), 202500150. <https://doi.org/10.1002/open.202500150>
- Lors, C., Leleux, P., & Park, C. H. (2025). State of the art on biodegradability of bio-based plastics containing polylactic

- acid. *Frontiers in Materials*, 11, 1476484. <https://doi.org/10.3389/fmats.2024.1476484>
- Lutzu, GA, Ciurli, A., Chiellini, C., D Caprio, F., Concas, A., & Dunford, N. (2020). Perkembangan terbaru dalam pengolahan air limbah dan produksi biopolimer oleh mikroalga. *Jurnal Teknik Kimia Lingkungan*, 9(1), 104926. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104926>
- Ma, X., Lin, X., Chang, C., & Duan, B. (2024). Chitinous bioplastic enabled by noncovalent assembly. *ACS Nano*, 18(11), 8745-8753. <https://doi.org/10.1021/acsnano.3c12211>
- Maduna, L., & Patnaik, A. (2024). Tantangan yang terkait dengan produksi nanofiber. *Proses*, 12(10), 2100. <https://doi.org/10.3390/pr12102100>
- Makgwane, P., Muniyasamy, S., Hlekelele, L., Swanepoel, A., Sypu, V. S., Mdlalose, L., Naidoo, S., Cele, Z., Maity, A., Balogun, M., & Botlhoko, O. J. (2025). Biobased biodegradable polybutylene succinate polymers and composites: Synthesis, structure, properties and applications—A review. *Journal of Renewable Materials*, 13(1), 27523. <https://doi.org/10.32604/jrm.2025.027523>
- Mallegni, N., Cicogna, F., Passaglia, E., Gigante, V., Coltelli, M., & Coiai, S. (2025, 3 Februari). Antioksidan alami: Meningkatkan stabilitas dan kinerja pada plastik berbasis bio dan mudah terurai yang berkelanjutan. *Compounds*, 5(1), 4. <https://doi.org/10.3390/compounds5010004>

- Mamdouh, I., El-Bilawy, EH, Eltanahy, E., & Mofeed, J. (2025). Evaluasi *Nannochloropsis oculata* sebagai bahan baku potensial untuk produksi biodiesel berkelanjutan. *Mediterranean Journal of Biosciences* , 7(2), 455960. <https://doi.org/10.21608/mjb.2025.455960>
- Manimaran, M., Norizan, MN, Kassim, M., Adam, MR, Norrahim, M., & Knight, VF (2024). Penilaian kritis terhadap stabilitas termal dan degradasi nanokomposit polimer berbasis nanoselulosa yang difungsikan secara kimia. *Nanotechnology Reviews* , 24(0005). <https://doi.org/10.1515/ntrev-2024-0005>
- Maraveas, C. (2020). Produksi polimer berkelanjutan dan mudah terurai dari limbah pertanian. *Polimer* , 12(5), 1127. <https://doi.org/10.3390/polym12051127>
- McAdam, B., Fournet, MB, McDonald, P., & Mojević, M. (2020). Produksi polihidroksibutirat (PHB) dan faktor-faktor yang memengaruhi karakteristik kimia dan mekaniknya. *Polimer* , 12(12), 2908. <https://doi.org/10.3390/polym12122908>
- Mehariya, S., Phlhn, M., Jablonski, P., Stagge, S., Jnsson, L., & Funk, C. (2023). Produksi biopolimer dari biomassa yang dihasilkan oleh mikroalga Nordik yang ditumbuhkan dalam air limbah. *Bioresource Technology* , 373, 128901. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2023.128901>
- Meignanalakshmi, S., & Legadevi, R. (2025). Mendaur ulang cairan rumen limbah rumah potong hewan untuk produksi bioplastik yang dapat terurai secara hayati dari *Bacillus tequilensis* KU

844284. *Teknologi & Inovasi Lingkungan* ,
2462794. <https://doi.org/10.1080/09593330.2025.2462794>

Mekonnen, TH, Mussone, P., Khalil, H., & Bressler, DC (2013).
Kemajuan dalam plastik berbasis bio dan modifikasi
plastis. *Journal of Materials Chemistry A* , 1(43), 13379-
13398. <https://doi.org/10.1039/c3ta12555f>

Meshram, V., Sahu, B., Jadhav, SK, & Chandrawanshi, NK (2026).
Limbah biomassa *Pleurotus florida* sebagai bahan baku untuk
pengembangan bioplastik ramah lingkungan. *ACS Applied
Biomaterials* , 5(2),
2436. <https://doi.org/10.1021/acsabm.5c02436>

Messin, T., Follain, N., Guinault, A., Sollogoub, C., Gaucher, V.,
Delpouve, N., & Marais, S. (2017). Structure and barrier
properties of multilayered biodegradable PLA/PBSA
films: Confinement effect via forced assembly
coextrusion. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 9(32),
27548-27559. <https://doi.org/10.1021/acsami.7b08404>

Messin, T., Follain, N., Lozay, Q., Guinault, A., Delpouve, N.,
Soulestin, J., Sollogoub, C., & Marais, S. (2020).
Biodegradable PLA/PBSA multilayer nanocomposites:
Effect of nanoclays incorporation in multilayered
structure on mechanical and water barrier
properties. *Nanomaterials*, 10(12),
2561. <https://doi.org/10.3390/nano10122561>

Moejko-Ciesielska, J., Ray, S., & Sankhyan, S. (2023). Tantangan
dan tren terkini produksi polihidroksialkanoat oleh bakteri

- ekstremofilik menggunakan bahan baku terbarukan. *Polimer* , 15(22), 4385. <https://doi.org/10.3390/polym15224385>
- Mogany, T., Bhola, V., & Bux, F. (2024, 24 Mei). Bioplastik berbasis alga: Tren global dalam penelitian terapan, teknologi, dan komersialisasi. *Environmental Science & Technology* , 58(23), 1-15. <https://doi.org/10.1007/s11356-024-33644-9>
- Molina-Besch, K. (2022, 6 Agustus). Fase penggunaan dan pemodelan akhir masa pakai plastik biodegradabel berbasis bio dalam penilaian siklus hidup: Sebuah tinjauan. *Teknologi Bersih dan Kebijakan Lingkungan* , 24, 2339-2361. <https://doi.org/10.1007/s10098-022-02373-3>
- Moshood, T. D., Nawanir, G., Mahmud, F., Mohamad, F., Ahmad, M. H., & Ghani, A. A. (2021). Expanding policy for biodegradable plastic products and market dynamics of bio-based plastics: Challenges and opportunities. *Sustainability* , 13(11), 6170.
- Moshood, TD, Nawanir, G., Mahmud, F., Mohamad, F., Ahmad, MH, & Ghani, AA (2021). Perluasan kebijakan untuk produk plastik biodegradable dan dinamika pasar plastik berbasis bio: Tantangan dan peluang. *Sustainability* , 13(6), 6170. <https://doi.org/10.3390/su13066170>
- Mousavi, MV, & Khoramishad, H. (2025). Mekanisme penguatan dan sifat mekanik nanokomposit graphene oksida/epoksi di bawah beban tarik. *Journal of Reinforced Plastics and Composites* ,

14644207251369341. <https://doi.org/10.1177/14644207251369341>

- Mrtl, M., Damak, M., Gulys, M., Varga, Z., Fekete, G., Kurusta, T., Rcz, dm, Szkcs, A., & Aleksza, L. (2024, 1 Desember). Penilaian biodegradasi kantong pembawa bioplastik dalam kondisi pengomposan skala industri. *Polimer* , 16(24), 3450. <https://doi.org/10.3390/polym16243450>
- Mu, Y., Lv, S., Liu, J., Tong, J., Liu, L., Wang, J., He, T., & Wei, D. (2025). Kemajuan terkini dalam penelitian tentang bahan film kemasan makanan berbasis biomassa. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* , 24(1), 70093. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.70093>
- Muhammad, B., Bukar, A., Shamsudeen, U., Habibu, UA, & Ali, M. (2025). Potensi mikroalga yang dibudidayakan dalam air limbah untuk meningkatkan produksi biodiesel. *South Asian Journal of Life Sciences* , 3(3), 30. <https://doi.org/10.33003/sajols-2025-0303-30>
- Mukherjee, A., & Koller, M. (2023). Microbial polyhydroxyalkanoate (PHA) biopolymers: Intrinsically natural. *Bioengineering*, 10(7), 855.
- Muller, J., González-Martínez, C., & Chiralt, A. (2017). Kombinasi asam poli(laktat) dan pati untuk kemasan makanan yang dapat terurai secara hayati. *Materials* , 10(8), 952. <https://doi.org/10.3390/ma10080952>

- Munhoz, D. R., Harkes, P., Briot, N., Larreta, J., & Basurko, O. C. (2022). Microplastics: A review of policies and responses. *Microplastics*, 2(1), 1–26.
- Muralidharan, N., Subramanian, J., Rajamanickam, S., & Gopalan, V. (2023). Investigasi eksperimental mengenai ketahanan api dan stabilitas termal komposit epoksi yang diperkuat serat kenaf yang diolah dan tidak diolah. *Polymer Engineering & Science*, 63(11), 2023. <https://doi.org/10.1515/polyeng-2023-0128>
- Muralikrishnan, T., Unnikrishnan, S., & Ramalingam, K. (2025, 27 Maret). Plastik mikroba: Struktur, rekayasa, aplikasi, degradasi, dan ruang lingkup masa depan bioplastik berkelanjutan. *Current Applied Science and Technology*, 26(3), 45. <https://doi.org/10.55003/cast.2025.263545>
- Naser, A., Deiab, I., & Darras, B. M. (2021). Poly(lactic acid) (PLA) and polyhydroxyalkanoates (PHAs), green alternatives to petroleum-based plastics: A review. *RSC Advances*, 11(30), 17915-17932. <https://doi.org/10.1039/d1ra02390j>
- Nasrollahzadeh, M., Sajjadi, S., Iravani, S., & Varma, R. (2021). Starch, cellulose, pectin, gum, alginate, chitin and chitosan derived (nano)materials for sustainable water treatment: A review. *Carbohydrate Polymers*, 116986.
- Nazrin, A., Sapuan, S. M., Zuhri, M. Y. M., Ilyas, R. A., Syafiq, R. M. O., & Sherwani, S. F. K. (2020). Nanocellulose reinforced thermoplastic starch, polylactic acid, and polybutylene succinate for food packaging applications. *Frontiers in*

213. <https://doi.org/10.3389/fchem.2020.00213>

Nazrin, A., Sapuan, SM, Zuhri, MYM, Ilyas, RA, Syafiq, RMO, & Sherwani, SFK (2020). Nanocellulose yang diperkuat dengan pati termoplastik (TPS), asam polilaktat (PLA), dan polibutilena suksinat (PBS) untuk aplikasi kemasan makanan. *Frontiers in Chemistry* , 8,

213. <https://doi.org/10.3389/fchem> .

Ncube, LK, Ude, AU, Ogunmuyiwa, EN, Zulkifli, R., & Beas, IN (2020). Dampak lingkungan dari bahan kemasan makanan: Tinjauan perkembangan kontemporer dari plastik konvensional ke bahan berbasis asam polilaktat. *Materials* , 13(21), 4994. <https://doi.org/10.3390/ma13214994>

Negrete-Bolagay, D., & Guerrero, VH (2024, 1 September). Peluang dan tantangan dalam aplikasi bioplastik: Perspektif dari formulasi, pemrosesan, dan kinerja. *Polimer* , 16(18), 2561. <https://doi.org/10.3390/polym16182561>

Negrete-Bolagay, D., & Guerrero, VH (2024, 10 September). Peluang dan tantangan dalam aplikasi bioplastik: Perspektif dari formulasi, pemrosesan, dan kinerja. *Polimer* , 16(18), 2561. <https://doi.org/10.3390/polym16182561>

Ng, YJ, Khoo, K., Chew, K., Tang, D., Alharthi, S., Mayol, A., & Show, P. (2025). Solusi untuk produksi biosurfaktan dengan hasil rendah dari bakteri, pendekatan baru menggunakan konsorsium mikroalga-bakteri. *Microbial Cell Factories* , 24, 830. <https://doi.org/10.1186/s12934-025-02830-w>

- Nguyen, H. T., Chien, T. B., & Cng, X. X. (2023). Polymer-based hydrogels applied in drug delivery: An overview. *Gels*, 9(7), 523. <https://doi.org/10.3390/gels9070523>
- Nibret, A. (2025). Teknologi pengemasan makanan berbasis bio dan berkelanjutan: Relevansi, tantangan, dan prospek. *Jurnal Biologi*, 9(1), 12. <https://doi.org/10.11648/j.ib.20250901.12>
- Nitodt, T. (2024). Biodegradation of poly(ϵ -caprolactone): Microorganisms, enzymes, and mechanisms. *International Journal of Molecular Sciences*, 26(12), 5826. <https://doi.org/10.3390/ijms26125826>
- Oliveira, J., Belchior, A., Silva, VD, Rotter, A., Petrovski, Ž., Almeida, PL, Loureno, ND, & Gaudncio, SP (2020). Pencemaran plastik lingkungan laut: Mitigasi melalui degradasi mikroorganisme dan valorisasi daur ulang. *Frontiers in Marine Science*, 7, 567126. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.567126>
- Pakpahan, C., Utarina, L., Cahyani, A., Moulita, R. N., & Wulandari, D. (2025). Overview of the utilization of palm empty fruit bunch (PEFB) as raw material for bioplastic production. *Indonesian Journal of Renewable Vocational and Agricultural Studies*, 5(3), 389.
- Parveen, N., Naik, S., Vanapalli, KR, & Sharma, HB (2024, 1 Juni). Kemasan bioplastik dalam ekonomi sirkular: Pendekatan kebijakan berbasis sistem untuk tantangan multi-sektoral. *Science of The Total Environment*, 928, 173893. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.173893>

- Patan, G. T., Calderaro, A., Putaggio, S., Ginestra, G., Mandalari, G., Cirmi, S., Barreca, D., Russo, A., Gervasi, T., Neri, G., Chelly, M., Visco, A., Scolaro, C., Mancuso, F., Ficarra, S., Tellone, E., & Lagan, G. (2024). Novel bioplastic based on PVA functionalized with anthocyanins: Synthesis, biochemical properties and food applications. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(18), 9929. <https://doi.org/10.3390/ijms25189929>
- Patil, P. C., Kaleem, M., Mishra, R., Ray, S., Ahmad, A., Verma, D., Bhayye, S. S., Dubey, R., Singh, H. N., & Kumar, S. (2024). Anticancer drug discovery based on natural products: From computational approaches to clinical studies. *Biomedicines*, 12(1), 201. <https://doi.org/10.3390/biomedicines12010201>
- Peng, S., Geng, Y., Li, Z., Heydari, S. F., & Shahgholi, M. (2024). Investigating the effects of temperature on thermal and mechanical properties of polyurethane/polycaprolactone/graphene oxide nanocomposites: Focusing on creating a smart polymer nanocomposite via molecular dynamics method. *Molecular Simulation*, 50(7), 661. <https://doi.org/10.1080/00268976.2024.2351164>
- Pires, J., Souza, V. G., Fucios, P., Pastrana, L., & Fernando, A. (2022). Methodologies to assess the biodegradability of bio-based polymers: Current knowledge and existing gaps. *Polymers*, 14(7), 1359.

- Platnieks, O., Gaidukovs, S., Barkne, A., Gaidukova, G., Grase, L., Thakur, V. K., Fiipova, I., Fridrihsone, V., Skute, M., & Laka, M. (2020). Bio-based poly(butylene succinate)/microcrystalline cellulose/nanofibrillated cellulose-based sustainable polymer composites: Thermo-mechanical and biodegradation studies. *Polymers*, 12(7), 1472. <https://doi.org/10.3390/polym12071472>
- Plucinski, A., Lyu, Z., & Schmidt, B. V. K. J. (2021). Polysaccharide nanoparticles: From fabrication to applications. *Biomaterials Science*, 9(3), 5615–5647. <https://doi.org/10.1039/d1tb00628b>
- Purkiss, D., Allison, A. L., Lorencatto, F., Michie, S., & Miodownik, M. (2022). The Big Compost Experiment: Using citizen science to assess the impact and effectiveness of biodegradable and compostable plastics in UK home composting. *Frontiers in Sustainability*, 3, 942724.
- Rahman, M. M., Rahaman, M. S., Islam, M. R., Rahman, F., Mithi, F. M., Alqahtani, T., Almikhlaifi, M. A., Alghamdi, S. Q., Alruwaili, A. S., Hossain, M. S., Ahmed, M., Das, R., Emran, T. B., & Uddin, M. S. (2021). Role of phenolic compounds in human disease: Current knowledge and future prospects. *Molecules*, 27(1), 233. <https://doi.org/10.3390/molecules27010233>
- Rahmati, F., Sethi, D., Shu, W., Lajayer, BA, Mosaferi, M., Thomson, A., & Price, GW (2024, 21 Maret). Kemajuan dalam bioteknologi eksoenzim mikroba untuk perbaikan degradasi

bioplastik. *Kemosfer* , 363,
141749. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2024.141749>

9

Raphael, S. M., Ravikumar, M., John, J. A., Ethiraj, S., Patel, H., Chander, P. S., Soundarya, J., Vuppala, S., Balaji, R., & Chandrasekar, N. (2022). A review on green synthesis of nanoparticles and their diverse biomedical and environmental applications. *Catalysts*, 12(5), 459. <https://doi.org/10.3390/catal12050459>

Rasheed, F., Plivelic, T. S., Kuktaite, R., Hedenqvist, M. S., & Johansson, E. (2018). Unraveling the structural puzzle of the giant glutenin polymer—An interplay between protein polymerization, nanomorphology, and functional properties in bioplastic films. **ACS Omega* 3(5), 4807-4816. <https://doi.org/10.1021/acsomega.7b02081>

Ratnasari, S., Mizuno, K., Herdiansyah, H., & Simanjutak, E. G. H. (2023). Enhancing sustainability development for waste management through national-local policy dynamics. *Sustainability*, 15(8), 6560.

- Roldán-San Antonio, J. E., & Martín, M. (2023). Optimal integrated plant for biodegradable polymer production. *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*, 2(5), 05356.
- Rosales-Calderon, O., & Arantes, V. (2019). A review on commercial-scale high-value products that can be produced alongside cellulosic ethanol. *Biotechnology for Biofuels*, 12, 240. <https://doi.org/10.1186/s13068-019-1529-1>
- Rosenboom, JG, Langer, R., & Traverso, G. (2022, 20 Januari). Bioplastik untuk ekonomi sirkular. *Nature Reviews Materials*, 7(2), 117-137. <https://doi.org/10.1038/s41578-021-00407-8>
- Rosini, E., Antonelli, N., & Molla, G. (2025, 9 September). Memikirkan kembali limbah plastik: Inovasi dalam penguraian enzimatik poliester berbasis minyak dan bioplastik. *FEBS Open Bio*, 15(9), 70120. <https://doi.org/10.1002/2211-5463.70120>
- Ruggero, F., Carretti, E., Gori, R., Lotti, T., & Lubello, C. (2019). Monitoring of degradation of starch-based biopolymer film under different composting conditions, using TGA, FTIR and SEM analysis. *Chemosphere*, 235, 125770. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.125770>
- Ruini, C., Neri, P., Cavalaglio, G., Coccia, V., Cotana, F., Galletti, AMR, Morselli, D., Fabbri, P., Ferrari, AM, & Rosa, R. (2023, 1 Agustus). Bioplastisizer inovatif dari asam levulinat yang berasal dari biomassa residu *Cynara cardunculus* L. dan

- penilaian dampak lingkungannya dengan metodologi LCA. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering* , 11(32), 12135-12148. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.3c02269>
- Samoylova, Y. V., Sorokina, K. N., & Parmon, V. N. (2024). The use of microalgae biomass for the production of marketable products. Part 6: Bioplastic from microalgae. *Applied Microbiology*, 2, 76–84.
- Samy, M., Bekbayeva, L., Mohammed, AM, Irmukhametova, G., Zhetpisbay, D., Majeed, N., Yermukhambetova, B., & Mun, G. (2024, 3 Mei). Tinjauan polimer biodegradabel: Sintesis, modifikasi, dan aplikasi. *Jurnal Penelitian Pertanian dan Pangan* , 6(2), 445. <https://doi.org/10.31643/2025/6445.02>
- Sarubbo, L. A., Silva, M. da G. C., Durval, I. J. B., Bezerra, K. G. O., Ribeiro, B. G., Silva, I. A., Twigg, M. S., & Banat, I. M. (2022). Biosurfactants: Production, properties, applications, trends, and general perspectives. *Biotechnology Journal*, 17(2), 2100377. <https://doi.org/10.1016/j.bej.2022.108377>
- Senila, L., Kovcs, E., Hoaghia, MA, enil, M., Becze, A., & Roman, C. (2024, 27 November). Penilaian siklus hidup (LCA) produksi bioplastik dari limbah lignoselulosa (Studi kasus: PLA dan PHB). *Polimer* , 16(23), 3330. <https://doi.org/10.3390/polym16233330>
- Serrano-Aguirre, L., & Prieto, M. (2024, 1 April). Dapatkah bioplastik selalu menawarkan alternatif yang benar-benar berkelanjutan untuk plastik berbasis fosil? *Bioteknologi*

Mikroba , 17(4), 1458. <https://doi.org/10.1111/1751-7915.14458>

Serrano-Aguirre, L., & Prieto, M. (2024, 1 April). Dapatkah bioplastik selalu menawarkan alternatif yang benar-benar berkelanjutan untuk plastik berbasis fosil? *Bioteknologi Mikroba* , 17(4), 1458. <https://doi.org/10.1111/1751-7915.14458>

Shalem, A., Yehezkeli, O., & Fishman, A. (2024). Enzymatic degradation of polylactic acid (PLA). *Applied Microbiology and Biotechnology*, 108(7), 354. <https://doi.org/10.1007/s00253-024-13212-4>

Shen, C., Wang, X., Cheng, Y., Gao, H., & Chen, X. (2023). A review of classification, biosynthesis, biological activities and potential applications of flavonoids. *Molecules*, 28(13), 4982. <https://doi.org/10.3390/molecules28134982>

Shi, L., Zhao, W., Yang, Z., Subbiah, V., & Suleria, H. A. R. (2022). Extraction and characterization of phenolic compounds and their potential antioxidant activities. *Environmental Science and Pollution Research*, 29, 76533–76558. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-23337-6>

Shi, X., Cui, L., Xu, C., & Wu, S. (2025). Bioplastik generasi berikutnya untuk kemasan makanan: Bahan dan aplikasi berkelanjutan. *Materials* , 18(12), 2919. <https://doi.org/10.3390/ma18122919>

Silva, RRA, Marques, CS, Arruda, TR, Teixeira, SC, & Oliveira, TV (2023, 6 Juni). Biodegradasi polimer: Tahapan, pengukuran,

- standar dan prospek. *Macromol* , 3(2), 384-410. <https://doi.org/10.3390/macromol3020023>
- Sobeih, MO, Sawalha, S., Hamed, R., Ali, F., & Kim, MP (2025, 1 April). Bioplastik turunan pati: Solusi berkelanjutan perintis untuk penggunaan industri. *Materials* , 18(8), 1762. <https://doi.org/10.3390/ma18081762>
- Soccio, M., Dominici, F., Quattrosoldi, S., Luzi, F., Munari, A., Torre, L., Lotti, N., & Puglia, D. (2020). PBS-based green copolymer as an efficient compatibilizer in thermoplastic inedible wheat flour/poly(butylene succinate) blends. *Biomacromolecules*, 21(8), 3179-3190. <https://doi.org/10.1021/acs.biomac.0c00701>
- Somdee, P., Shettar, M., Prasoetsopha, N., & Ansari, M. A. (2024). Reinforcing poly(lactic acid)/poly(butylene succinate) biodegradable blends with silicon carbide (SiC): A silane-coupled approach for enhanced mechanical and thermal performance. *Polymer Composites*, 45(8), 28655. <https://doi.org/10.1002/pc.28655>
- Song, X., Lan, D., Liu, Z., Wang, J., & Ma, Y. (2025). Microbial colonization and succession on polylactic acid microplastics (PLA MPs) in mangrove forests: The role of environmental conditions and plastic properties. *Environmental Research*, 247, 121662. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2025.121662>
- Su, S., Kopitzky, R., Tolga, S., & Kabasci, S. (2019, 17 Juli). Polilaktida (PLA) dan campurannya dengan poli(butilena

- suksinat) (PBS): Tinjauan singkat. *Polimer*, 11(7), 1193. <https://doi.org/10.3390/polym11071193>
- Suchek, N., Fernandes, C., Kraus, S., Filser, M., & Sjögren, H. (2021). Innovation and the circular economy: A systematic literature review. *Business Strategy and the Environment*, 30(8), 3703–3720. <https://doi.org/10.1002/bse.2834>
- Sudarsanam, P., Zhong, R., Van den Bosch, S., Coman, S. M., Prvulescu, V. I., & Sels, B. F. (2018). Functionalised heterogeneous catalysts for sustainable biomass valorisation. *Chemical Society Reviews*, 47(22), 8349–8402. <https://doi.org/10.1039/c8cs00410b>
- Sun, W., & Shahrajabian, M. H. (2023). Therapeutic potential of phenolic compounds in medicinal plants: Natural health products for human health. *Molecules*, 28(4), 1845. <https://doi.org/10.3390/molecules28041845>
- Sun, X., Yang, X., Zhang, J., Shang, B., Lyu, P., Zhang, C., Liu, X., & Xia, L. (2023). Fabrication of silane-grafted cellulose nanocrystals and their effects on the structural, thermal, mechanical, and hysteretic behavior of thermoplastic polyurethane. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(5), 5036. <https://doi.org/10.3390/ijms24055036>
- Sun, Y., Liu, Z., Zhang, C., & Zhang, X. (2024). Sustainable polymers with high performance and infinite scalability. *Angewandte Chemie International Edition*, 63(9), 202400142. <https://doi.org/10.1002/anie.202400142>

- Surendren, A., Hasan, Y., Mohanty, AK, Abbassi, B., & Misra, M. (2024, 28 Agustus). Penilaian siklus hidup lingkungan komparatif pada proses plastisasi dan ko-plastisasi pati jagung. *Keberlanjutan* , 16(17), 7406. <https://doi.org/10.3390/su16177406>
- Tan, ECD, & Lamers, P. (2021, 12 Juli). Konsep bioekonomi sirkular—Sebuah perspektif. *Frontiers in Sustainability* , 2, 701509. <https://doi.org/10.3389/frsus.2021.701509>
- Tenhunen-Lunkka, A., Rommens, T., Vanderreydt, I., & Mortensen, L. (2022, 14 Juli). Potensi pengurangan emisi gas rumah kaca dari target sirkularitas Uni Eropa terkait plastik. *Energy and Climate Intelligence* , 1(3), 100011. <https://doi.org/10.1007/s43615-022-00192-8>
- Tian, S., Du, Y., Wang, P., Chen, T., Xu, J., Yu, H., & Guo, B. (2023). Effects of different isomers of thiophenedicarboxylic acids on the synthesis and properties of thiophene-based sustainable polyesters. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 11(16), 6305-6315. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.3c00003>
- Tokiwa, Y., Calabia, B. P., Ugwu, C. U., & Aiba, S. (2009). Biodegradability of plastics. *International Journal of Molecular Sciences*, 10(9), 3722-3742. <https://doi.org/10.3390/ijms10093722>
- Tuleyeva, R., Gizatullina, N., Turganova, RA, Belkozhayev, A., & Toleutay, G. (2025, 3 November). Bioplastik berbasis polisakarida untuk kemasan berkelanjutan: Peran interaksi

nonkovalen dan transesterifikasi. *Buletin Institut Ekologi dan Geografi* , 3(19), 69. [https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-3\(19\)-69](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-3(19)-69)

Ugozor, A. O., Udebuani, A., & Nnorom, O. O. (2025). Production of bioplastic from waste agricultural biomass. *Eurasian Journal of Science and Technology Development*, 16248.

Velayudhan, A., Akhtar, S., Kim, H., Yang, E., & Yoo, K. (2025). Potential environmental impacts of bioplastic degradation in natural marine environments: A comprehensive review. *Marine Environmental Research*, 201, 107736. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2025.107736>

Villadiego, K. M., Tapia, M. J. A., Useche, J., & Macas, D. E. (2021). Thermoplastic starch (TPS)/polylactic acid (PLA) blending methodologies: A review. *Journal of Polymers and the Environment*, 29, 2745–2759. <https://doi.org/10.1007/s10924-021-02207-1>

Waithaka, A., Plakantonaki, S., Kiskira, K., Mburu, A., Chronis, I., Zakyntinos, G., Githaiga, J., & Priniotakis, G. (2025, 25 Oktober). Biopolimer berbasis selulosa dari limbah batang semu pisang: Inovasi untuk bioplastik berkelanjutan. *Limbah* , 3(4), 37. <https://doi.org/10.3390/waste3040037>

Wale, SR (2024). Bioplastik dari limbah buah: Peluang perdagangan di masa depan yang hijau. *Jurnal Material dan Metalurgi* , 10, 500003. <https://doi.org/10.29321/maj.10.500003>

Wang, B., & Sain, M. (2007). The effect of chemically coated nanofiber reinforcement on biopolymer based

- nanocomposites. *BioResources*, 2(4), 371–388. <https://doi.org/10.15376/biores.2.4.371-388>
- Xie, J., Xu, R., Hwang, J., Zhu, H., Zhang, T., & Lei, C. (2024). Annealing improves the mechanical properties in poly(butylene succinate) films with oriented lamellar structure: The effect of metastable lamellae. *Journal of Applied Polymer Science*, 141(19), 56014. <https://doi.org/10.1002/app.56014>
- Yadav, K., & Nikalje, G. (2024, 11 September). Analisis komprehensif bioplastik: Penilaian siklus hidup, pengelolaan limbah, dampak keanekaragaman hayati, dan strategi mitigasi berkelanjutan. *PeerJ*, 12, e18013. <https://doi.org/10.7717/peerj.18013>
- Yang, X., Wen, P., Yang, Y., Jia, P., Li, W., & Pei, D. (2023). Plastic biodegradation by in vitro environmental microorganisms and in vivo gut microorganisms of insects. *Frontiers in Microbiology*, 13, 1001750. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.1001750>
- Yang, Z., Li, C., Liu, Y., Zhang, Z., & Cao, X. (2024). Effect of chain extension on processability and mechanical properties of poly(3-hydroxybutyrate-co-4-hydroxybutyrate). *Journal of Applied Polymer Science*, 141(11), 55490. <https://doi.org/10.1002/app.55490>
- Yao, X., Yang, X., Lu, Y., Qiu, Y., & Zeng, Q. (2024). Review of the synthesis and degradation mechanisms of some

- biodegradable polymers in natural environments. *Polymers*, 17(1), 66. <https://doi.org/10.3390/polym17010066>
- Yao, X., Yang, X., Lu, Y., Qiu, Y., & Zeng, Q. (2024). Review of the synthesis and degradation mechanisms of some biodegradable polymers in natural environments. *Polymers*, 17(1), 066.
- Yenduri, G., Ramalingam, M., Selvi, G. C., Supriya, Y., Srivastava, G., Maddikunta, P. K. R., Raj, G. D., Jhaveri, R. H., Prabadevi, B., Wang, W., Vasilakos, A. V., & Gadekallu, T. R. (2024). GPT (Generative Pre-Trained Transformer): A comprehensive review on enabling technologies, potential applications, emerging challenges, and future directions. *IEEE Access*, 12, 26657–26693. <https://doi.org/10.1109/access.2024.3389497>
- Zheng, L., Wang, Z., Li, C., Zhang, D., & Xiao, Y. (2012). Novel unsaturated aliphatic polyesters: Synthesis, characterization, and properties of multiblock copolymers composing of poly(butylene fumarate) and poly(1,2-propylene succinate). *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 51(40), 13126-13137. <https://doi.org/10.1021/ie301994z>

Buku *Mengenal Bioplastik* mengajak pembaca memahami salah satu inovasi yang semakin banyak diperbincangkan sebagai alternatif pengganti plastik konvensional. Dengan penjelasan yang sederhana dan mudah diikuti, buku ini membahas apa itu bioplastik, bahan pembuatannya, manfaatnya bagi lingkungan, serta tantangan yang dihadapi dalam penggunaannya.

Selain mengenalkan konsep dasar bioplastik, buku ini juga mengulas berbagai penerapan bioplastik dalam kehidupan sehari-hari dan perannya dalam mengurangi permasalahan sampah plastik. Buku ini ditujukan untuk masyarakat umum dan menjadi pilihan yang tepat bagi pembaca yang ingin mengenal lebih dekat teknologi ramah lingkungan yang terus berkembang di berbagai bidang kehidupan.