Indo. J. Chem. Sci. 14 (3) (2025)

Indonesian Journal of Chemical Science

http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ijcs

Difference Effect of Addition of Acetic Acid and Citric Acid on the Biodegradation Characteristics of Starch-Based Bioplastics

Alfira Julian Pratiwi,✉ Rafidah Almira Samosir, Mutia Ardila, Ekin Dwi Arif Kurniawan

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan

Jalan Willem Iskandar, Pasar V Medan Estate, Percut Sei Tuan, Deli Serdang, Sumatera Utara

Info Artikel

Diterima : 11-07-2025

Disetujui : 13-10-2025

Dipublikasikan : 24-11-2025

Keywords:
Bioplastik
Biodegradable
Pati

Abstrak

Bioplastik merupakan salah satu alternatif potensial untuk menggantikan plastik konvensional, karena sifatnya yang mudah terdegradasi sehingga lebih ramah lingkungan. Bioplastik dapat disintesis dari pati dan gliserol dengan penambahan asam organik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbedaan pengaruh penambahan asam asetat dan asam sitrat terhadap laju degradasi bioplastik yang berpotensi digunakan sebagai bahan kemasan ramah lingkungan. Bioplastik dibuat menggunakan dua formulasi, yaitu: (1) pati, gliserol, dan asam asetat (cuka), serta (2) pati, gliserol, dan asam sitrat (jeruk nipis), dengan rasio komposisi 18:1,5:1,5 mL. Produk bioplastik yang dihasilkan kemudian diuji sifat biodegradabilitasnya melalui pengamatan selama tiga belas hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedua jenis bioplastik belum mengalami degradasi sempurna hingga hari ketiga belas. Namun, pertumbuhan jamur lebih banyak teramati pada bioplastik berbasis asam sitrat. Hal ini diduga berkaitan dengan tekstur bioplastik asam sitrat yang lebih lembap dibandingkan dengan bioplastik yang menggunakan asam asetat. Temuan ini mengindikasikan bahwa jenis asam yang digunakan dalam pembuatan bioplastik dapat mempengaruhi tingkat kelembapan dan pertumbuhan mikroorganisme selama proses degradasi.

Abstract

Bioplastics are one of the potential alternatives to replace conventional plastics, because of their easily degradable properties so they are more environmentally friendly. Bioplastics can be synthesized from starch and glycerol with the addition of organic acids. This study aims to analyze the difference effect of the addition of acetic acid and citric acid on the degradation rate of bioplastics that have the potential to be used as environmentally friendly packaging materials. Bioplastics are made using two formulations, namely: (1) starch, glycerol, and acetic acid (vinegar), and (2) starch, glycerol, and citric acid (lime), with a composition ratio of 18:1,5:1.5 mL. The resulting bioplastic products are then tested for biodegradability through observation for thirteen days. The results showed that both types of bioplastics had not undergone complete degradation until the thirteenth day. However, fungal growth is more observed in citric acid-based bioplastics. This is thought to be related to the bioplastic texture of citric acid which is more moist compared to bioplastics that use acetic acid. These findings indicate that the type of acid used in the manufacture of bioplastics can affect moisture levels and the growth of microorganisms during the degradation process.

© 2025 Universitas Negeri Semarang

✉ Alamat korespondensi:
Prodi Kimia, Kampus UNIMED, Deli Serdang, Sumatera Utara
E-mail: alfirajulian@unimed.ac.id

p-ISSN 2252-6951
e-ISSN 2502-6844

Pendahuluan

Permasalahan akumulasi limbah plastik konvensional yang sulit terdegradasi di lingkungan telah menjadi tantangan global yang mendesak untuk segera diatasi melalui solusi yang berkelanjutan. (Utami & Fitria Ningrum, 2020; Khodijah & Tobing, 2023). Pada tahun 2020, produksi plastik global mencapai 500 juta ton (Sandra & Radityaningrum, 2021), dengan 79% berakhir di lingkungan atau tempat sampah, hanya 9% didaur ulang, dan sisanya dibakar, sehingga memperparah pencemaran tanah, air, dan udara (Sandra & Radityaningrum, 2021; Rosenboom *et al.*, 2022).

Salah satu pendekatan yang saat ini banyak dikembangkan adalah produksi bioplastik (Alqahtani *et al.*, 2021), yaitu material plastik yang berasal dari sumber daya alam dan memiliki kemampuan untuk terurai secara hayati (Setiawan *et al.*, 2021). Pembuatan bioplastik tidak hanya mengurangi pencemaran lingkungan, tetapi juga mendukung ekonomi sirkular dan pembangunan berkelanjutan (Chyerochana *et al.*, 2025; Devika & Saha, 2024). Pati singkong menonjol sebagai kandidat bahan baku utama dalam pembuatan bioplastik karena ketersediaannya yang melimpah, biaya produksi yang relatif rendah, serta karakteristiknya yang ramah lingkungan (Sunardi *et al.*, 2020). Namun demikian, bioplastik berbasis pati masih menghadapi kendala pada aspek sifat fisik dan mekaniknya, sehingga diperlukan upaya optimasi agar dapat bersaing dengan plastik konvensional (Desramadhani *et al.*, 2023).

Penambahan aditif seperti gliserol dan asam organik telah terbukti dapat memperbaiki sifat bioplastik. Gliserol berfungsi sebagai plasticizer yang meningkatkan elastisitas bioplastik (Yustisi *et al.*, 2024; Mulyadi *et al.*, 2016), sementara asam asetat dan asam sitrat berperan sebagai katalis yang mempercepat proses reaksi dan memecah rantai pati menjadi fragmen yang lebih kecil, sehingga meningkatkan kelarutan dan homogenitas matriks bioplastik (Maneking *et al.*, 2020; Ahmad *et al.*, 2012). Selain itu, asam sitrat juga diketahui dapat bertindak sebagai co-plasticizer yang berkontribusi terhadap peningkatan elastisitas bioplastik (Mohamad *et al.*, 2022).

Variasi jenis asam yang digunakan dalam formulasi bioplastik dapat menghasilkan perbedaan karakteristik, baik dari segi kekuatan mekanik, elastisitas, maupun tingkat biodegradasi (Hidayati *et al.*, 2023; Putnarubun *et al.*, 2022). Oleh karena itu, pengujian biodegradasi menjadi aspek krusial untuk menilai kemampuan bioplastik terurai di lingkungan, terutama jika dibandingkan dengan plastik konvensional seperti LDPE dan PET yang diketahui sangat resisten terhadap proses degradasi alami (Timbuleng *et al.*, 2024). Faktor-faktor lingkungan seperti kelembaban, suhu, pH, salinitas, ketersediaan oksigen, serta suplai nutrisi juga berpengaruh signifikan terhadap laju biodegradasi bioplastik (Nair *et al.*, 2016).

Berbagai penelitian mengenai bioplastik telah banyak dilakukan pada skala laboratorium. Zoungranan *et al.*, (2020) melaporkan bahwa bioplastik berbasis pati singkong menunjukkan tingkat biodegradabilitas yang lebih tinggi dibandingkan bioplastik berbasis pati jagung pada kondisi studi yang normal. Selain itu, (Nigam *et al.*, 2021) menemukan bahwa penambahan plasticizer secara signifikan mempengaruhi sifat fisikokimia dan mekanik film bioplastik yang dihasilkan. Penelitian yang dilakukan oleh (Wahyuningtyas & Suryanto, 2017) juga mengindikasikan bahwa laju degradasi bioplastik dipengaruhi oleh faktor kadar air, kelembaban, serta konsentrasi oksigen di lingkungan. Ketahanan bioplastik berbahan dasar pati singkong terhadap proses degradasi sangat dipengaruhi oleh jumlah gliserol yang digunakan sebagai plasticizer. Namun demikian, belum ada penelitian yang secara spesifik membandingkan perbedaan pengaruh asam asetat dan asam sitrat terhadap laju biodegradasi bioplastik berbahan dasar pati.

Berdasarkan latar belakang tersebut, adapun tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis perbedaan pengaruh penambahan asam asetat dan asam sitrat terhadap laju degradasi bioplastik yang berpotensi digunakan sebagai bahan kemasan ramah lingkungan. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi signifikan dalam pengembangan material bioplastik yang lebih ramah lingkungan dan aplikatif sebagai alternatif pengganti plastik konvensional.

Metode

Pembuatan bioplastik ini merujuk pada penelitian Zoungranan *et al.* (2020). Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah timbangan, kaca arloji, spatula, gelas kimia 200 mL, batang pengaduk, *hotplate*, pipet tetes, gelas ukur. Sedangkan bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah 3 g pati singkong, 18 mL air suling, 1,5 mL gliserol, 1,5 mL asam asetat (CH_3COOH), 1,5 mL Asam sitrat ($C_6C_8O_7$).

Proses pembuatan bioplastik diawali dengan menempatkan 3 g pati singkong ke dalam gelas kimia berkapasitas 250 mL. Selanjutnya, secara berturut-turut ditambahkan 18 mL air suling, 1,5 mL gliserol, dan 1,5 mL asam asetat ke dalam gelas kimia tersebut. Campuran diaduk menggunakan batang kaca, kemudian dipanaskan di atas hotplate dengan tetap diaduk hingga membentuk larutan koloid yang mengental dan sulit diaduk. Setelah larutan mencapai konsistensi yang diinginkan, pemanasan dihentikan dan larutan dituangkan ke dalam cetakan. Film bioplastik yang telah dicetak kemudian dikeringkan pada suhu ruang selama 48 jam. Setelah proses pengeringan selesai, film bioplastik dilepaskan secara hati-hati dari cetakan.

Prosedur yang sama diulangi dengan mengganti asam asetat menggunakan asam sitrat sebagai variabel perlakuan.

Pengujian biodegradasi bioplastik dilakukan melalui metode penguburan di dalam tanah untuk menilai tingkat degradasi material. Film bioplastik yang telah dipotong dengan ukuran 5 cm × 5 cm dikubur pada kedalaman 8 cm di dalam tanah. Pengamatan dilakukan pada beberapa interval waktu, yaitu hari ke-0, 3, 8, dan 13 setelah penguburan. Sebelum penguburan, massa awal setiap sampel bioplastik ditimbang, dan massa akhir diukur setelah periode penguburan yang telah ditentukan dan dihitung melalui rumus berikut.

$$\%kehilangan\ berat = \frac{massa\ awal - massa\ akhir}{massa\ awal} x\ 100\%$$

Sebagai kontrol, uji biodegradasi juga dilakukan pada plastik petrokimia (plastik konvensional) dengan prosedur yang sama. Tingkat degradasi bioplastik dievaluasi berdasarkan penurunan massa yang terjadi selama periode pengujian.

Hasil dan Pembahasan

Proses optimasi dilakukan dengan dua perlakuan, yakni pembuatan bioplastik dengan penambahan asam asetat dan pembuatan bioplastik dengan penambahan asam sitrat. Berikut beberapa gambar pembuatan bioplastik yang disajikan pada Gambar 1.

Gambar 1(a). larutan pati berwarna putih ditambahkan 1,5 mL asam asetat menghasilkan larutan berwarna putih dengan endapan.

Gambar 1(c). Campuran di aduk dan menghasilkan larutan berwarna putih.

Gambar 1(b). larutan pati berwarna putih ditambahkan 1,5 mL asam sitrat menghasilkan larutan berwarna putih dengan endapan.

Gambar 1(d). Larutan pati dipanaskan sehingga menghasilkan larutan koloid yang mengental.

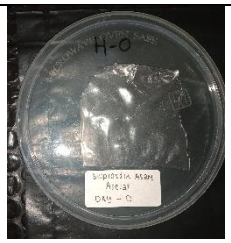
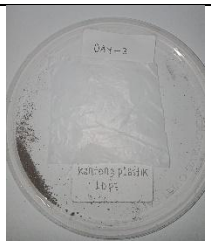
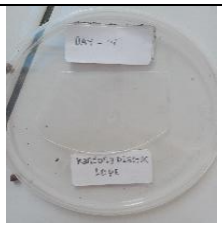
Gambar 1(e). Larutan pati yang telah mengental dicetak di dalam wadah.

Gambar 1(f). Film plastik terbentuk sempurna setelah 48 jam, kiri (biolastik asetat), kanan (bioplastik sitrat).

Berdasarkan gambar 1(f), hasil optimasi menunjukkan adanya perbedaan karakteristik film bioplastik yang dihasilkan. Pada perlakuan pertama (penambahan asam asetat), bioplastik yang terbentuk berwarna bening dengan tekstur yang kuat dan kering dan merekat kuat pada cetakan. Sebaliknya, pada perlakuan kedua (penambahan asam sitrat), bioplastik yang dihasilkan juga berwarna bening, namun memiliki tekstur yang lebih rapuh, tidak kering serta tidak merekat pada cetakan. Perbedaan ini dapat dijelaskan oleh fungsi tambahan dari asam sitrat, yang selain meningkatkan kelarutan pati, juga berperan sebagai co-plasticizer (Hidayati *et al.*, 2023). Penambahan asam, baik asam asetat maupun asam sitrat, berfungsi sebagai katalis

yang mempercepat laju reaksi (Maneking *et al.*, 2020). Selain itu, penambahan asam dapat memecah rantai pati menjadi fragmen yang lebih kecil dan mengubah struktur bercabang pada polimer seperti amilopektin menjadi rantai lurus seperti amilosa (Putnarubun *et al.*, 2022). Hal ini sejalan dengan penelitian (Mohamad *et al.*, 2022) yang menjelaskan bahwa pada konsentrasi tertentu, asam sitrat berperan sebagai plasticizer yang meningkatkan mobilitas rantai polimer dan menurunkan gaya antar molekul, sehingga elongasi dan elastisitas bioplastik meningkat meskipun kuat tarik menurun. Oleh karena asam sitrat dapat berperan sebagai co-plasticizer, maka bioplastik yang mengandung asam sitrat menjadi lebih sulit dibentuk dan memiliki permukaan yang kurang rata (gambar 1(f)) jika dibandingkan dengan bioplastik yang dibuat menggunakan asam asetat

Tabel 1. Dokumentasi Hasil Pengamatan Waktu Biodegradasi Bioplastik Dan Plastik Petrokimia

Hari	Bioplastik Asam Sitrat	Bioplastik asam asetat	Botol Plastik PET	Kantong plastik LDPE
ke-0				
ke-3				
ke-8				
ke-13				

Pengujian biodegradasi dilakukan dengan metode penguburan dalam tanah untuk mengevaluasi kemampuan bioplastik terurai oleh mikroorganisme. Uji biodegradasi pada plastik konvensional (plastik kresek berbahan LDPE dan wadah plastik berbahan PET) juga dilakukan sebagai pembanding. Berdasarkan hasil observasi dari hari pertama hingga hari ketiga belas disajikan pada tabel 1 kedua jenis bioplastik belum sepenuhnya terdegradasi. Hasil ini berbeda dengan temuan Wahyuningtyas & Suryanto (2017), yang melaporkan bahwa bioplastik dapat terurai dengan baik pada hari kedua belas. Variasi waktu biodegradasi ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti kondisi tanah dan faktor abiotik lain, termasuk kelembaban, suhu, pH, salinitas, ketersediaan oksigen, serta suplai nutrisi, yang semuanya berpengaruh signifikan terhadap aktivitas mikroba dalam mendegradasi polimer (Nair *et al.*, 2016; Timbuleng *et al.*, 2024). Meski demikian, pada hari kedelapan, pertumbuhan mikroorganisme berupa jamur sudah tampak jelas pada permukaan kedua bioplastik. Temuan ini konsisten dengan penelitian Wahyuningtyas & Suryanto (2017b) yang menyatakan bahwa proses degradasi bioplastik dapat dibantu oleh mikroorganisme seperti bakteri dan jamur. Pertumbuhan jamur lebih banyak ditemukan pada bioplastik dengan asam sitrat, hal ini disebabkan oleh tekstur bioplastik yang lebih lembab (Mohamad *et al.*, 2022) dibandingkan dengan bioplastik berbasis asam asetat. Sebaliknya plastik PET dan LDPE tidak mengalami perubahan fisik selama masa pengamatan,

sehingga mendukung teori bahwa limbah plastik konvensional sangat sulit terurai di lingkungan. Kondisi ini menegaskan perlunya upaya berkelanjutan untuk mengatasi permasalahan limbah plastik yang semakin menjadi tantangan global (Khodijah & Tobing, 2023; Utami & Fitria Ningrum, 2020).

Tabel 2. Pengamatan Waktu Biodegradasi Bioplastik Dan Plastik Petrokimia

Bahan	**Waktu Biodegradasi**			
	0 hari	3 hari	8 hari	13 hari
Sampel	Massa Sampel			
Bioplastik Asam asetat	1,2 g	1,2 g	0,6 g	0,3 g
Bioplastik Asam sitrat	2,4 g	2,4 g	2,0 g	1,4 g
Kontrol	Massa Kontrol			
Botol Plastik PET	1,6g	1,6 g	1,6 g	1,6 g
Kantong Plastik LDPE	0,1 g	0,1 g	0,1 g	0,1 g

Berdasarkan data pada Tabel 2 yang menunjukkan waktu biodegradasi bioplastik dan plastik konvensional, terdapat perbedaan signifikan antara bioplastik berbahan asam asetat dan asam sitrat. Bioplastik asam asetat mengalami penurunan massa yang lebih cepat, yaitu dari 1,2 g pada hari ke-0 menjadi 0,6 g pada hari ke-8, dan 0,3 g pada hari ke-13. Sementara itu, bioplastik asam sitrat hanya turun dari 2,4 g menjadi 2,0 g pada hari ke-8, dan 1,4 g pada hari ke-13. Hal ini menunjukkan bahwa bioplastik asam asetat lebih mudah terdegradasi dibandingkan dengan bioplastik asam sitrat. Perbedaan ini kemungkinan disebabkan oleh struktur molekul asam asetat yang lebih sederhana sehingga lebih mudah diurai oleh mikroorganisme (Jin *et al.*, 2024), serta kemungkinan tingkat kristalinitas yang lebih rendah dan sifat hidrofilik yang lebih tinggi pada bioplastik asam asetat (Zambrano *et al.*, 2020), sehingga mempercepat proses degradasi (MA Sayed Patwary *et al.*, 2021).

Selain itu, jika dibandingkan dengan plastik konvensional seperti botol plastik PET dan kantong plastik LDPE, kedua jenis bioplastik tersebut menunjukkan laju biodegradasi yang jauh lebih cepat. Selama 13 hari pengamatan, massa botol plastik PET dan kantong plastik LDPE tidak mengalami perubahan, sedangkan bioplastik telah mengalami penurunan massa yang signifikan. Hal ini menegaskan bahwa bioplastik, baik yang berbahan asam asetat maupun asam sitrat, jauh lebih ramah lingkungan karena mampu terurai secara alami dalam waktu yang relatif singkat, sehingga dapat membantu mengurangi akumulasi limbah plastik di lingkungan (Chyerochana *et al.*, 2025;Devika & Saha, 2024).

Simpulan

Berdasarkan hasil optimasi proses pembuatan bioplastik dapat disimpulkan bahwa Jenis asam yang digunakan dalam pembuatan bioplastik pati singkong berpengaruh terhadap tekstur, dan laju biodegradasi. Bioplastik yang menggunakan asam asetat memiliki tekstur yang kering dan kuat, sedangkan bioplastik dengan asam sitrat cenderung rapuh dan lebih lembap, sehingga lebih mudah ditumbuhi jamur selama uji degradasi. Keduanya mengalami degradasi lebih cepat dibanding plastik konvensional, sehingga berpotensi mengurangi dampak limbah plastik di lingkungan.

Daftar Referensi

Alqahtani, N., Alnemr, T., & Ali, S. (2021). Development of low-cost biodegradable films from corn starch and date palm pits (Phoenix dactylifera). *Food Bioscience*, *42*. https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101199

Chyerochana, N., Huynh, Q. T., Jaitham, U., Phitsuwan, P., Aryusuk, K., Hongsibsong, S., Chen, K. F., & Chang, K. L. (2025). Sustainable Production of High-Performance Bioplastics from Agricultural and Industrial Biomass Waste by Integrating Deep Eutectic Solvent (DES) Pretreatment and Acetylation Processes. *ACS Omega*. https://doi.org/10.1021/acsomega.4c09059

Desramadhani, R., Dan, *, Budi, S., Kusuma, W., Kimia, J., Matematika, F., Ilmu, D., & Alam, P. (2023). Indonesian Journal of Chemical Science The Effect of Sorbitol Concentration on the Characteristics of Starch-Based Bioplastic. In *J. Chem. Sci* (Vol. 12, Issue 2). http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ijcs

Devika, R., & Saha, R. (2024). Characterization and optimization studies of cellulose-based bioplastics extracted from Musa paradisiaca L. *Global Nest Journal*, *26*(2). https://doi.org/10.30955/gnj.005613

Hidayati, N. A., Ambarwati, S., & Hendratama, H. (2023). Pengaruh Penambahan Asam Tartrat Terhadap Karakteristik Sifat Bioplastik Tepung Gaplek (Cassava Flour). *Chemical Engineering Journal Storage (CEJS)*, *3*(6), 759. https://doi.org/10.29103/cejs.v3i6.13475

Jin, H., Wu, Z., Lin, W., Cai, Y., He, L., Cao, C., Wang, X., Qian, Q., Chen, Q., & Yan, Y. (2024). A Highly Sustainable Supramolecular Bioplastic Film with Superior Hydroplasticity and Biodegradability. *ChemSusChem*. https://doi.org/10.1002/cssc.202400512

Khodijah, S., & Tobing, J. M. L. (2023). Tinjauan Plastik Biodegradable dari Limbah Tanaman Pangan sebagai Kantong Plastik Mudah Terurai. *TEKNOTAN*, *17*(1), 21. https://doi.org/10.24198/jt.vol17n1.3

MA Sayed Patwary, Kazi M Maraz, Shahirin Shahida, Arwah Ahmed, & Ruhul A Khan. (2021). A Review on the properties and applications of biodegradable polymers. *GSC Advanced Research and Reviews*, *9*(1), 013–027. https://doi.org/10.30574/gscarr.2021.9.1.0218

Maneking, E., Sangian, H. F., & Herlina Juita Tongkukut, ,Seni. (2020). Pembuatan dan Karakterisasi Bioplastik Berbahan Dasar Biomassa dengan Plasticizer Gliserol. *JURNAL MIPA*, *9*(1), 23–27.

Mohamad, S., Rosli, F. Z., Yusof, R., Samsudin, D., Hanaphi, R. M., Nasir, N. A. H. A., & Kasim, K. F. (2022). Reinforced Pectin-Des Bioplastic With Different Concentration Of Citric Acid. *Journal of Sustainability Science and Management*, *17*(7), 20–27. https://doi.org/10.46754/jssm.2022.07.002

Mulyadi, A. F., Pulungan, H., & Qayyum, N. (2016). Pembuatan Edible Film Maizena dan Uji Aktifitas Antibakteri (Kajian Konsentrasi Gliserol dan Ekstrak Daun Beluntas (Pluchea Indica L.)) Producing of Cornstarch Edible film and Antibacterial Activity Test (The Study of Glycerol Concentration and Beluntas Leaves Extract (Pluchea Indica L.)). *Industria: Jurnal Teknologi Dan Manajemen Agroindustri*, *5*(3), 149–158.

Nair, N. R., Sekhar, V. C., Nampoothiri, K. M., & Pandey, A. (2016). Biodegradation of Biopolymers. In *Current Developments in Biotechnology and Bioengineering: Production, Isolation and Purification of Industrial Products* (pp. 739–755). Elsevier Inc. https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63662-1.00032-4

Nigam, S., Das, A. K., & Patidar, M. K. (2021). Synthesis, characterization and biodegradation of bioplastic films produced from Parthenium hysterophorus by incorporating a plasticizer (PEG600). *Environmental Challenges*, *5*. https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100280

Putnarubun, C., Ngabalin, D., & Bugis, M. (2022). Studi Pendahuluan Pembuatan Bioplastik Dari Alga Caulerpa sp. Dengan Variasi Konsentrasi Asam Asetat. *Jambura Fish Processing Journal*, *4*(1), 46–51. https://doi.org/10.37905/jfpj.v4i1.13584

Rosenboom, J. G., Langer, R., & Traverso, G. (2022). Bioplastics for a circular economy. In *Nature Reviews Materials* (Vol. 7, Issue 2, pp. 117–137). Nature Research. https://doi.org/10.1038/s41578-021-00407-8

Sandra, S. W., & Radityaningrum, A. D. (2021). Kajian Kelimpahan Mikroplastik di Biota Perairan. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, *19*(3), 638–648. https://doi.org/10.14710/jil.19.3.638-648

Setiawan, A., Anggraini, F. D. M., Ramadani, T. A., Cahyono, L., & Rizal, M. C. (2021). Pemanfaatan Jerami Padi Sebagai Bioplastik Dengan Menggunakan Metode Perlakuan Pelarut Organik. *METANA*, *17*(2), 69–80. https://doi.org/10.14710/metana.v17i2.42254

Sunardi, Ph.D., S., Susanti, Y., & Mustikasari, K. (2020). Sintesis Dan Karakterisasi Bioplastik Dari Pati Ubi Nagara Dengan Kaolin Sebagai Penguat. *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan*, *11*(2), 65. https://doi.org/10.24111/jrihh.v11i2.5084

Timbuleng, N., Naharia, O., Gedoan, S. P., Mokosuli, Y. S., Rahardiyan, D., & Moko, E. M. (2024). Biodegradasi Bioplastik Berbahan Dasar Pati Daluga (Cyrtosperma merkusii) dengan Cellulose Nano Crystal sebagai Agen Reinforcement sebagai Dasar Pengembangan Food Packaging. *JST (Jurnal Sains Dan Teknologi)*, *12*(3). https://doi.org/10.23887/jstundiksha.v12i3.67917

Utami, M. I., & Fitria Ningrum, D. E. A. (2020). Proses Pengolahan Sampah Plastik di UD Nialdho Plastik Kota Madiun. *Indonesian Journal of Conservation*, *9*(2), 89–95. https://doi.org/10.15294/ijc.v9i2.27347

Wahyuningtyas, N., & Suryanto, H. (2017). Analysis of Biodegradation of Bioplastics Made of Cassava Starch. *Journal of Mechanical Engineering Science and Technology*, *1*(1), 24–31. https://doi.org/10.17977/um016v1i12017p024

Yustisi, K. C., Wulandari, K., & Utami Isni. (2024). Pembuatan Plastik Biodegradable Berbahan Pati Dari Limbah Kulit Pisang Raja Dengan Penambahan Kitosan dan Plasticizer Sorbitol. *Inovasi Teknik Kimia*, *9*(1).

Zambrano, M. C., Pawlak, J. J., & Venditti, R. A. (2020). Effects of Chemical and Morphological Structure on Biodegradability of Fibers, Fabrics, and Other Polymeric Materials. *Bioresources*, *15*(4), 9786–9833.

Zoungranan, Y., Lynda, E., Dobi-Brice, K. K., Tchirioua, E., Bakary, C., & Yannick, D. D. (2020). Influence of natural factors on the biodegradation of simple and composite bioplastics based on cassava starch and corn starch. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, *8*(5). https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104396