

PEMANFAATAN LIMBAH TONGKOL JAGUNG SEBAGAI BIOPLASTIK DENGAN PENAMBAHAN VARIASI SILIKAT (SiO_2) DAN SORBITOL

UTILIZATION OF CORNCOB WASTE AS BIOPLASTIC WITH THE ADDITION OF SILICA (SiO_2) AND SORBITOL VARIATIONS

Harimbi Setyawati *, Vinsen Alexander Marsen

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional, Jl. Raya Karanglo KM. 2, Tasikmadu, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur 65153, Indonesia

*Email: vinsenalxander8@gmail.com

Abstrak

Permasalahan limbah plastik yang sulit terdegradasi secara alami telah menjadi isu lingkungan yang signifikan dan mendorong pengembangan material alternatif yang ramah lingkungan, salah satunya bioplastik. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan limbah tongkol jagung sebagai bahan baku bioplastik dengan penambahan variasi silikat (SiO_2) sebagai penguat dan sorbitol sebagai plasticizer. Tongkol jagung diolah terlebih dahulu menjadi pati, kemudian dicampurkan dengan sorbitol dan silikat pada variasi konsentrasi tertentu untuk menghasilkan lembaran bioplastik. Karakterisasi bioplastik meliputi pengujian ketebalan, kuat tarik, elongasi, biodegradabilitas, dan kadar air. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan silikat berpengaruh terhadap peningkatan sifat mekanik bioplastik, khususnya kuat tarik, sedangkan penambahan sorbitol berperan dalam meningkatkan fleksibilitas material. Formulasi optimum diperoleh pada kombinasi konsentrasi silikat dan sorbitol tertentu yang menghasilkan bioplastik dengan sifat fisik dan mekanik yang memenuhi kriteria material biodegradable. Dengan demikian, limbah tongkol jagung memiliki potensi yang signifikan sebagai bahan alternatif dalam pengembangan bioplastik ramah lingkungan dengan kualitas yang dapat ditingkatkan melalui penambahan silikat dan sorbitol.

Kata kunci: *bioplastik, tongkol jagung, silikat, sorbitol, biodegradabilitas.*

Abstract

The issue of non-biodegradable plastic waste has driven the development of environmentally friendly bioplastics. This study aims to utilize corncob waste as a raw material for bioplastic production with the addition of varying amounts of silica (SiO_2) and sorbitol as a plasticizer. Corncobs were processed into starch and then mixed with sorbitol and silica in specific variations to produce bioplastics. The bioplastics were characterized by evaluating their thickness, tensile strength, elongation, biodegradability, and moisture content. The results showed that the addition of silica improved the mechanical strength of the bioplastic, while sorbitol enhanced its flexibility. The optimum formulation was obtained at specific concentrations of silica and sorbitol, producing bioplastics with physical and mechanical properties that meet biodegradable standards. In conclusion, corncob waste has potential as an environmentally friendly alternative material for bioplastics, with its quality further enhanced through the addition of silica and sorbitol.

Keywords : *bioplastic, corncob, silica, sorbitol, biodegradability*

Pendahuluan

Bioplastik atau plastik biodegradable merupakan material polimer ramah lingkungan yang dapat terdegradasi secara alami tanpa melalui proses daur ulang. Pengembangan bioplastik menjadi salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan limbah plastik konvensional yang sulit terurai di lingkungan [2]. Sampah plastik termasuk dalam kategori limbah anorganik dengan tingkat degradasi yang sangat lambat, yaitu membutuhkan waktu hingga ± 1.000 tahun untuk terurai di dalam tanah dan sekitar 450 tahun di lingkungan perairan. Akumulasi limbah plastik diperkirakan terus meningkat dan dapat mencapai jutaan ton pada tahun 2050. Kondisi ini disebabkan oleh komposisi plastik konvensional yang berasal dari senyawa hidrokarbon berbasis minyak bumi dan batu bara. Oleh karena itu, diperlukan alternatif material plastik yang berasal dari sumber daya alam terbarukan dan mudah terurai di lingkungan [24].

Teori

Indonesia memiliki potensi besar sumber bahan baku alami untuk pengembangan bioplastik, salah satunya berasal dari sektor pertanian. Jagung merupakan komoditas pertanian unggulan dengan produksi yang terus meningkat. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS), produksi jagung nasional meningkat dari 23,6 juta ton pada tahun 2016 menjadi 29,93 juta ton pada tahun 2019. Sekitar 30% dari hasil panen jagung berupa limbah tongkol jagung [21]. Tongkol jagung termasuk limbah lignoselulosik yang mengandung selulosa, hemiselulosa, dan lignin, dengan kandungan selulosa mencapai sekitar 41%. Kandungan selulosa yang tinggi

tersebut menjadikan tongkol jagung berpotensi sebagai bahan baku alternatif dalam pembuatan bioplastik biodegradable [25].

Selain selulosa, pati merupakan biopolimer alami yang banyak digunakan dalam produksi bioplastik karena sifatnya yang mudah terurai dan tersedia melimpah. Pati dapat diperoleh dari berbagai sumber nabati seperti singkong, kentang, pisang, dan jagung. Namun, bioplastik berbasis pati memiliki kelemahan pada sifat mekanik dan ketahanannya terhadap kelembaban. Oleh karena itu, diperlukan penambahan bahan lain untuk meningkatkan karakteristik fisik dan mekanik bioplastik.

Dalam penelitian ini, tongkol jagung diproses melalui metode grinding hingga ukuran partikel 80 mesh sebagai bahan baku utama bioplastik. Untuk meningkatkan sifat mekanik, ditambahkan silika (SiO_2) sebagai filler. Silika memiliki kestabilan kimia yang tinggi akibat ikatan kovalen yang kuat dan dapat membentuk struktur amorf dalam matriks polimer, sehingga berpotensi meningkatkan kekuatan mekanik serta mempercepat proses degradasi material di lingkungan [14]. Selain itu, sorbitol digunakan sebagai plasticizer untuk meningkatkan fleksibilitas bioplastik. Variasi konsentrasi sorbitol diketahui berpengaruh signifikan terhadap sifat fisik dan mekanik bioplastik, seperti kuat tarik, elongasi, ketebalan, kadar air, ketahanan terhadap air, permeabilitas uap air, serta laju biodegradasi [11].

Secara teoritis, bioplastik merupakan plastik yang berasal dari bahan alami yang mudah terdegradasi, seperti pati, selulosa, amilosa, dan karbohidrat lainnya. Bahan-bahan tersebut bersifat terbarukan, tidak beracun, dan memiliki tingkat biodegradabilitas yang tinggi, sehingga berpotensi besar untuk dikembangkan sebagai pengganti plastik konvensional [25]. Meskipun demikian, dibandingkan dengan plastik berbasis petrokimia, bioplastik umumnya memiliki kelemahan berupa sifat rapuh, sensitivitas terhadap kelembaban, serta kekuatan mekanik yang relatif rendah [5].

Penambahan filler dan plasticizer merupakan salah satu pendekatan untuk mengatasi keterbatasan tersebut. Plasticizer berfungsi meningkatkan mobilitas rantai polimer sehingga bioplastik menjadi lebih elastis dan tidak mudah retak. Dalam konteks aplikasi, bioplastik tidak hanya berpotensi sebagai pengganti plastik konvensional, tetapi juga dapat diaplikasikan sebagai edible film pada produk pangan. Edible film merupakan lapisan tipis yang berfungsi sebagai penghalang terhadap oksigen, gas, dan uap air, serta bersifat ramah lingkungan karena dapat terdegradasi secara alami. Prinsip pembuatannya serupa dengan bioplastik berbasis pati, namun bahan filler dan plasticizer yang digunakan harus aman untuk dikonsumsi [4].

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI), plastik biodegradable diharapkan mampu terdegradasi secara sempurna di dalam tanah dalam waktu sekitar 60 hari. Oleh karena itu, penelitian mengenai pemanfaatan limbah tongkol jagung dengan penambahan silika dan sorbitol diharapkan dapat menghasilkan bioplastik dengan sifat fisik, mekanik, dan biodegradabilitas yang memenuhi standar serta berkontribusi terhadap pengurangan limbah plastik dan limbah pertanian.

Tabel 1. SNI Biodegradasi 7388-2009

Karakteristik	Standar Nasional Indonesia Plastik <i>Biodegradable</i>
Kuat Tarik	1-10 Mpa
Elongasi	10-20%
Biodegradasi	100% dalam 60 Hari

Metodologi Penelitian

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi limbah tongkol jagung sebagai bahan dasar bioplastik, silika (SiO_2) sebagai filler, sorbitol sebagai plasticizer, dan akuades sebagai pelarut. Peralatan yang digunakan antara lain grinder, ayakan 80 mesh, hot plate dengan pengaduk magnetik, termometer, gelas beker, timbangan analitik, plat kaca sebagai cetakan, oven pengering, mikrometer sekrup, serta Universal Testing Machine (UTM).

Preparasi Bahan Baku

Tongkol jagung dibersihkan dan dikeringkan, kemudian digiling menggunakan grinder hingga berbentuk serbuk. Serbuk hasil penggilingan diayak menggunakan ayakan 80 mesh untuk memperoleh ukuran partikel yang seragam. Serbuk tongkol jagung ini digunakan sebagai bahan baku bioplastik.

Proses Gelatinisasi

Serbuk tongkol jagung ditimbang sesuai variasi massa yang ditentukan, kemudian dilarutkan dalam akuades hingga membentuk suspensi. Suspensi dipanaskan pada suhu 58–70°C sambil diaduk secara kontinu menggunakan pengaduk magnetik hingga terbentuk larutan pati yang homogen dan kental sebagai indikasi terjadinya gelatinisasi.

Penambahan Filler dan Plasticizer

Silika (SiO_2) ditambahkan ke dalam larutan pati sebagai filler dengan variasi konsentrasi tertentu. Selanjutnya, sorbitol ditambahkan sebagai plasticizer sesuai variasi yang telah ditentukan. Campuran diaduk hingga homogen untuk memastikan distribusi filler dan plasticizer merata dalam matriks bioplastik.

Pencetakan Bioplastik

Larutan bioplastik dicetak menggunakan metode solution casting dengan menuangkan larutan ke atas plat kaca dan diratakan untuk memperoleh ketebalan yang seragam. Selanjutnya, sampel dikeringkan dalam oven pada suhu 55°C selama 5–6 jam hingga terbentuk lembaran bioplastik kering.

Variabel Penelitian

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah konsentrasi silika (SiO_2) dan sorbitol. Variabel terikat meliputi ketebalan, kuat tarik, elongasi, kadar air, dan biodegradabilitas bioplastik. Variabel kendali meliputi ukuran partikel (80 mesh), suhu gelatinisasi, waktu pengadukan, serta suhu dan waktu pengeringan.

Pengujian Karakteristik Bioplastik

- Uji ketebalan dilakukan menggunakan mikrometer sekrup pada beberapa titik pengukuran untuk memperoleh nilai rata-rata.
- Uji kuat tarik dan elongasi dilakukan menggunakan Universal Testing Machine (UTM). Nilai kuat tarik dinyatakan dalam satuan MPa, sedangkan elongasi dinyatakan dalam persen (%).
- Uji kadar air dilakukan dengan metode pengeringan oven, berdasarkan selisih massa sampel sebelum dan sesudah pengeringan.
- Uji biodegradabilitas dilakukan dengan metode penguburan sampel bioplastik di dalam tanah. Persentase degradasi dihitung berdasarkan penurunan massa sampel setelah periode pengujian tertentu.

Analisis Data

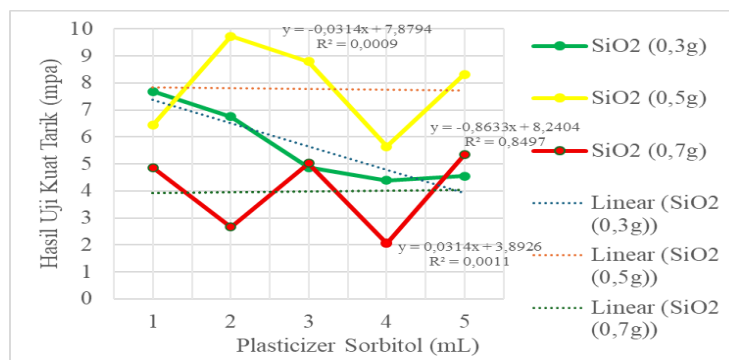
Data hasil pengujian dianalisis secara deskriptif dan komparatif untuk mengevaluasi pengaruh variasi konsentrasi silika (SiO_2) dan sorbitol terhadap sifat fisik, mekanik, dan biodegradabilitas bioplastik. Formulasi optimum ditentukan berdasarkan kombinasi karakteristik yang memenuhi kriteria plastik biodegradable.

Hasil

Pengujian sampel bioplastik meliputi uji kuat tarik, uji elongasi, dan uji biodegradabilitas. Uji kuat tarik dan elongasi dilakukan di Laboratorium Perlakuan dan Pengujian uji kuat tarik dan elongasi menggunakan alat Tarno Grocki 100 kN.

Tabel 2. Hasil Analisa Uji Kuat Tarik

Plasticizer	Analisa (Mpa)		
	0,3	0,5	0,7
10%	7,69	6,43	4,86
20%	6,74	9,73	2,66
30%	4,86	8,78	5,02
40%	4,39	5,65	2,04
50%	4,55	8,31	5,33

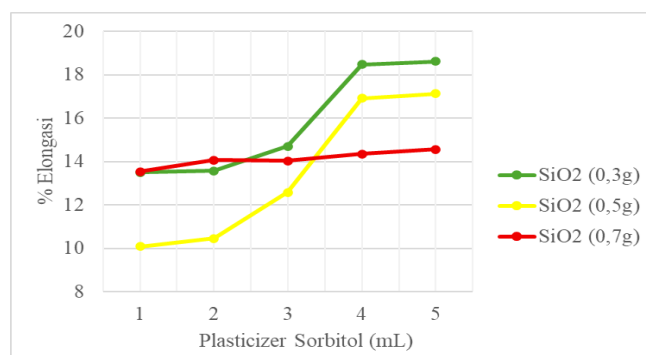


Gambar 1. Grafik Analisa Uji Kuat Tarik

Hasil analisa pada Gambar 1 menunjukkan bahwa penggunaan filler 0,3 gram menghasilkan nilai kuat tarik tertinggi dibandingkan dengan penambahan filler 0,5 dan 0,7 gram. Hal ini tidak sesuai dengan teori yang menyatakan bahwa peningkatan jumlah filler seharusnya meningkatkan kuat tarik (Radtra, 2021). Ketidakhomogenan filler menyebabkan terbentuknya rongga pada struktur bioplastik, sehingga mengurangi kekuatan tarik. Pada penambahan filler 0,7 gram menunjukkan performa terendah karena sifat silika yang keras, padat, dan kurang elastis. Menurut Ma'ruf (2019), batas maksimal penggunaan filler SiO₂ adalah 1 gram, dan pada percobaan ini, penggunaan filler 0,7 gram telah menunjukkan penurunan performa. Penggunaan filler 0,3 gram dengan variasi plasticizer menunjukkan hubungan linear dengan nilai R² yang konsisten. Nilai kuat tarik juga dipengaruhi oleh suhu gelatinasi, homogenitas massa, dan konsentrasi plasticizer yang dapat melemahkan gaya antar molekul (Rozi, 2020). Secara keseluruhan, semua sampel dengan filler 0,3–0,7 gram dan plasticizer 10–50% masih memenuhi standar SNI untuk kuat tarik bioplastik, yaitu 1–10 MPa.

Tabel 3. Hasil Analisa Uji Elongasi

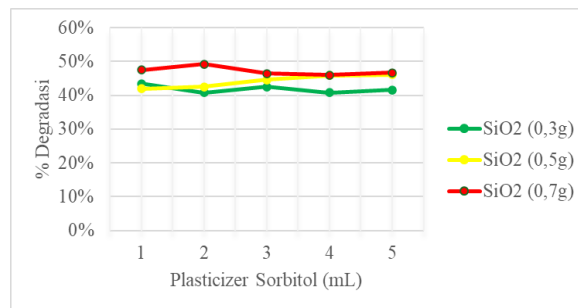
Plasticizer	Analisa (% elongasi)		
	0,3	0,5	0,7
10%	13,504	10,088	13,536
20%	13,568	10,448	14,064
30%	14,704	12,576	14,032
40%	18,472	16,912	14,352
50%	18,616	17,136	14,568



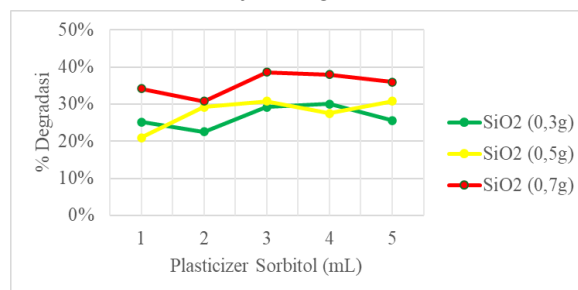
Gambar 2 Grafik Analisa Uji Elongasi

Hasil analisa grafik menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi plasticizer (sorbitol) secara umum meningkatkan nilai elongasi, terutama pada penambahan filler 0,3 dan 0,5 gram. Hal ini mencerminkan sifat plasticizer yang menambah elastisitas dan memperkuat ikatan antar rantai molekul, sesuai dengan teori Cengrisitama (2022) dan Arimbi (2020). Sebaliknya, pada penambahan filler 0,7 gram, nilai elongasi cenderung rendah akibat proses homogenisasi yang kurang optimal, yang juga berdampak pada rendahnya kuat tarik karena

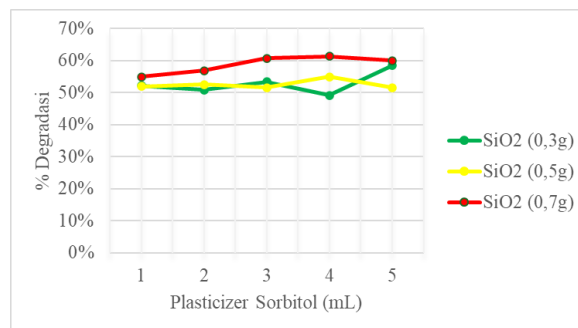
terbentuknya rongga dalam struktur bioplastik (Radtra, 2021). Jika dibandingkan dengan standar SNI untuk elongasi bioplastik (10–20%), semua variasi yang diuji memenuhi kriteria tersebut. Namun, hasil paling konsisten dengan teori diperoleh pada penggunaan filler 0,3 gram.



Gambar 3. Uji biodegradable hari ke 7



Gambar 4. Uji biodegradable hari ke 14



Gambar 5. Uji biodegradable hari ke 21

Uji biodegradasi selama 21 hari menunjukkan degradasi tertinggi pada penambahan filler 0,7 gram dengan plasticizer 30% (61%) dan terendah pada penambahan filler 0,3 gram dengan plasticizer 40% (49%). Secara umum, semakin besar massa filler mempercepat degradasi karena struktur amorf silika mudah terurai. Sorbitol juga mempercepat proses ini karena sifatnya yang hidrofilik. Meski belum mencapai 100% degradasi dalam 21 hari, proyeksi menunjukkan bioplastik dapat terdegradasi sempurna dalam 35–41 hari, masih sesuai dengan standar SNI (maksimal 60 hari). Hasil ini mendukung teori bahwa plastik biodegradable terurai oleh mikroorganisme menjadi senyawa ramah lingkungan (Arista, 2023).

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, bioplastik dari limbah tongkol jagung dengan penambahan silikat (SiO₂) menunjukkan kinerja optimal pada komposisi filler 0,5 gram dan plasticizer 20%, dengan kuat tarik 9,7 MPa dan elongasi 10,4%, standar SNI (kuat tarik 1–10 MPa; elongasi 10–20%). Tingkat degradasi mencapai 55% dalam 21 hari dan 100% dalam 40 hari, memenuhi syarat SNI biodegradasi dalam ≤60 hari. Komposisi filler 0,3 gram dan plasticizer 50% menghasilkan elongasi tertinggi sebesar 18,6%, namun kuat tariknya rendah (4,5 MPa). Hasil ini mendukung teori bahwa variasi filler 0,3 gram dengan plasticizer 10–50% dapat meningkatkan fleksibilitas bioplastik.

Daftar Pustaka

- [1] Afif, M., Wijayati, N. and Mursiti, S. (2018) 'Pembuatan dan Karakterisasi Bioplastik dari Pati Biji Alpukat-Kitosan dengan Plasticizer Sorbitol', *Indonesian Journal of Chemical Science*, 7(2), pp. 103–109.
- [2] Amin, A., Sitorus, S. and Yusuf, B. (2022) 'Pemanfaatan Limbah Tongkol Jagung Manis (Zea', *Jurnal Kimia Mulawarman*, 13(2), pp. 78–84.
- [3] Arista, P.C. (2023) 'Peranan Mikroorganisme Pendegradasi Plastik: Tinjauan Biodegradasi Plastik, Mekanismenya, serta Mikroorganisme yang Berperan', *Jurnal Pro-Life*, 10(1), pp. 743–755. Available at: <https://ejournal.uki.ac.id/index.php/prolife>.
- [4] Azwar, E., Asmara, P. and Darni, D.Y. (2022) 'Characterization of Edible Film from Corn Starch with Glycerol Plasticizer and CMC Filler as Food Packaging Material', *Jurnal Teknologi dan Inovasi Industri*, 03(01).
- [5] Cengristitama and Ramlan, S. (2022) 'Pengaruh Penambahan Plasticizer Gliserol Dan Kitosan Terhadap Karakteristik Plastik Biogradable Berbahan Dasar Pati Sukun', *Tedc*, 16(2), pp. 102–108. Available at: <http://repository.unsoed.ac.id/18251/>.
- [6] Dwi Pradana Putra, D.M., Harsojuwono, B.A. and Hartiati, A. (2019) 'STUDI SUHU DAN pH GELATINISASI PADA PEMBUATAN BIOPLASTIK DARI PATI KULIT SINGKONG', *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 7(3), p. 441. Available at: <https://doi.org/10.24843/jrma.2019.v07.i03.p11>.
- [7] Elisusanti, Illing, I. and Alam, M.N. (2019) 'Pembuatan Bioplastik Berbahan Dasar Pati Kulit Pisang Kepok/Selulosa Serbuk Kayu Gergaji', *Cokroaminoto Journal of Chemical Science*, 1(1), pp. 14–19.
- [8] Fajriati (2017) '*, Endaruji Sedyadi', 13(1), pp. 75–94.
- [9] Fitriyanti and Ikhsan, K. (2023) 'Studi Kuat Tarik Bioplastik Dan Edible Film Dengan Metode Bending Astm D638-02a', *Jurnal Sains Fisika*, 3(1), pp. 1–8. Available at: <http://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/sainfis>.
- [10] Gozali, T. and Wijaya, W.P. (2020) 'PENGARUH KONSENTRASI CMC DAN KONSENTRASI GLISEROL TERHADAP KARAKTERISTIK EDIBLE PACKAGING KOPI INSTAN DARI PATI KACANG HIJAU (Vigna radiata L.)', *Pasundan Food Technology Journal*, 7(1), pp. 1–9. Available at: <https://doi.org/10.23969/pftj.v7i1.2690>.
- [11] Humairi, A.Y., Aji, H.A.F. and Suharti, P.H. (2023) 'Peningkatan Sifat Fisik Biodegradable Film Dari Kulit Pisang Kepok (Musa Acuminata) Dengan Variasi Penambahan Filler Dari Bahan Alam', *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, 9(1), pp. 20–28. Available at: <https://doi.org/10.33795/distilat.v9i1.513>.
- [12] Kappaphycus, D., Rosadi, E. and Ridlo, A. (2024) 'Penambahan Plasticizer Sorbitol terhadap Karakteristik Bioplastik dari Limbah', 13(4), pp. 595–606.
- [13] KUSTIYAH, E., NOVITASARI, D. and ... (2023) 'Pemanfaatan Limbah Ampas Tebu untuk Pembuatan Plastik Biodegradable dengan Metode Melt Intercalation: Utilization of Sugarcane Bagasses for Making ...', *Jurnal Teknologi* ..., 24(2), pp. 300–306. Available at: <https://ejournal.brin.go.id/JTL/article/view/993>.
- [14] Ma'ruf, I.I. (2019) 'Pengaruh Variasi Penambahan Silika (SiO₂) Terhadap Karakteristik Bioplastik Berbahan Dasar Pati Biji Nangka'.
- [15] Maneking, E., Sangian, H.F. and Tongkukut, S.H.J. (2020) 'Pembuatan dan Karakterisasi Bioplastik Berbahan Dasar Biomassa dengan Plasticizer Gliserol', *Jurnal MIPA*, 9(1), p. 23. Available at: <https://doi.org/10.35799/jmuo.9.1.2020.27420>.
- [16] Mulyana, E., Purnamasari, I. and Yerizam, M. (2024) 'Plastik Biodegradable Dari Selulosa Tongkol Jagung Menggunakan Metode Solution Casting', *Jurnal Daur Lingkungan*, 7(2), pp. 11–16. Available at: <https://doi.org/10.33087/daurling.v7i2.308>.
- [17] Radtra, A.H.A. and Udjiana, S. (2023) 'Pembuatan Plastik Biodegradable Dari Pati Limbah Tongkol Jagung (Zea Mays) Dengan Penambahan Filler Kalsium Silikat Dan Kalsium Karbonat', *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, 7(2), pp. 427–435. Available at: <https://doi.org/10.33795/distilat.v7i2.243>.
- [18] Rafid, A.Z., Ardhyantana, H. and Pratiwi, M. (2021) 'Tinjauan Pengaruh Penambahan Jenis Filler', *Jurnal Teknik Its*, 10(2), pp. 2301–2371.
- [19] S, H. et al. (2020) 'Optimalisasi Pemanfaatan Nasi Aking Menjadi Plastik Biodegradable untuk Mengembangkan Budaya Eco Green pada Masyarakat di Kelurahan Mojolangu Kota Malang', *Jurnal Teknologi Dan Manajemen Industri*, 6(2), pp. 18–23. Available at: <https://doi.org/10.36040/jtmi.v6i2.3013>.
- [20] Saputra, M.R.B. and Supriyo, E. (2020) 'Pembuatan Plastik Biodegradable Menggunakan Pati Dengan Penambahan Katalis ZnO dan Stabilizer Gliserol', *Pentana*, 1(1), pp. 41–51.
- [21] Sari, A.R., Martono, Y. and Rondonuwu, F.S. (2020) 'Identifikasi Kualitas Beras Putih (Oryza sativa L.) Berdasarkan Kandungan Amilosa dan Amilopektin di Pasar Tradisional dan "Selepan" Kota Salatiga', *Titian Ilmu: Jurnal Ilmiah Multi Sciences*, 12(1), pp. 24–30. Available at: <https://doi.org/10.30599/jti.v12i1.599>.
- [22] Setiawan, A. et al. (2021) 'Pemanfaatan Jerami Padi Sebagai Bioplastik Dengan Menggunakan Metode Perlakuan Pelarut Organik', *Metana*, 17(2), pp. 69–80. Available at: <https://doi.org/10.14710/metana.v17i2.42254>.

- [23] Sumirat, R. et al. (2023) 'Tahapan Proses Produksi Dan Karakterisasi Bioplastik Dari Limbah Tongkol Jagung', Jurnal Penelitian Pertanian Terapan, 23(4), pp. 479–488. Available at: <https://doi.org/10.25181/jppt.v23i4.2691>.
- [24] Wening, D.N. and Amalia, R. (2023) 'Optimasi kondisi operasi pembuatan plastik biodegradable dari selulosa tongkol jagung dan pati kulit singkong dengan penambahan PVa dan TiO₂ sebagai smart packaging', Jurnal Rekayasa Proses, 17(2), pp. 139–147. Available at: <https://doi.org/10.22146/jrekpros.77598>.