



Karakteristik potensial sifat mekanik, antimikroba dan *biodegradable biofoam* berbahan enceng gondok (*Eichhornia crassipes*)

Asiva Khoirunisa^{1*}, Erlin Maisatul Zulfi¹, Novita Aulia Safitri¹, Thufailah Khoirun Nisa², Nur Firdaus So'imah¹, Eko Yuliyanto¹

¹Pendidikan Kimia, Universitas Muhammadiyah Semarang, Semarang, Indonesia

²Analisis Kesehatan, Universitas Muhammadiyah Semarang, Semarang, Indonesia

Article history

Diterima:

9 Juli 2024

Diperbaiki:

13 Januari 2025

Disetujui:

14 Januari 2025

Keyword

Arrowroot starch;

Biodegradable;

Biofoam;

Water hyacinth cellulose

ABSTRACT

The development of biodegradable foam, or Biofoam, utilizing water hyacinth cellulose and arrowroot starch, presents a promising alternative to the environmentally detrimental use of polystyrene foam. Water hyacinth, which proliferates extensively in the Semarang region and is often regarded as a parasitic species, boasts a significant cellulose and fiber content, quantified at 72.63%. This high cellulose content renders it a viable resource for the production of sustainable packaging materials, thereby addressing both environmental pollution and associated health risks posed by traditional polystyrene foam. This study aims to characterize the properties of the produced foam through a series of antimicrobial tests, tensile strength tests, and biodegradability assessments. The raw materials utilized include cellulose derived from water hyacinth stems, arrowroot starch, carboxymethyl cellulose (CMC), chitosan, and polyethylene glycol 400 (PEG 400). The result showed that Biofoam exhibits no bacterial growth, as determined by antimicrobial testing. The tensile strength test results were consistent with Synbra Technology standards, with tensile strength values ranging from 1.58 MPa to 2.63 MPa. Furthermore, Biofoam has successfully passed the biodegradability test, as evidenced by its degradation in soil using the soil burial test method, which is characterized by the physical transformation of Biofoam into a softer and more porous material. To improve the performance of the biofoam, further research is needed regarding its shape.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

* Penulis korespondensi

Email : asivakhoirunisa90@gmail.com

DOI 10.21107/agrointek.v19i4.26431

PENDAHULUAN

Indonesia sedang menghadapi krisis serius dalam hal penggunaan dan pengelolaan plastik konvensional. Sebagai negara dengan kepulauan terbesar di dunia, Indonesia merupakan penyumbang kedua terbesar sampah plastik ke laut setelah Tiongkok, diperkirakan sebanyak 0,48-1,29 juta ton per tahun (Annur 2023). Penggunaan plastik sekali pakai yang sangat tinggi, terutama di kota-kota besar, telah menyebabkan penumpukan sampah plastik di tempat pembuangan akhir (TPA) dan pencemaran lingkungan (Permana 2021).

Plastik telah menjadi material utama yang digunakan dalam industri pengemasan makanan di seluruh dunia, termasuk di Indonesia (Janssen et al. 2018). *Polietilen tereftalat* (PET), *polietilen densitas tinggi* (HDPE), *polivinil klorida* (PVC), *polietilen densitas rendah* (LDPE), *polipropilen* (PP), dan *polistiren* (PS) merupakan jenis plastik yang paling sering digunakan untuk kemasan makanan (Hartono and Rachmat 2022). *Styrofoam*, atau *expanded polystyrene* (EPS) yang merupakan jenis *polistiren*, telah menjadi salah satu material pembungkus makanan yang paling sering dipakai di Indonesia dan seluruh dunia karena ciri-cirinya yang ringan, tahan air, dan bisa mempertahankan suhu makanan. Namun, penggunaan *styrofoam* yang meluas ini menimbulkan masalah lingkungan yang serius karena sifatnya yang sulit (Muid, Santi, and Wardiati 2023).

Menurut (Frisco and Putro 2023) penggunaan kemasan sekali pakai yang belum menyandang label *food grade* juga dapat berdampak pada kesehatan sehingga dalam penggunaannya perlu diperhatikan. Ketika digunakan untuk makanan panas atau berminyak, *styrofoam* dapat melepaskan *styrene* yang berpotensi bersifat karsinogenik ke dalam makanan (Dwi Untari and Astuti 2020). Hal ini meningkatkan urgensi untuk menemukan metode alternatif yang aman dan ramah lingkungan. Upaya pemerintah Indonesia untuk mengurangi penggunaan plastik, seperti penerapan cukai kantong plastik dan kampanye pengurangan penggunaan plastik sekali pakai, belum efektif menyelesaikan masalah tersebut (Panjaitan 2022).

Zero Waste to Zero Emissions adalah salah satu upaya pemerintah yang dirancang untuk menemukan sistem praktis untuk mengurangi

limbah dan emisi dalam kaitannya dengan tujuan sosial, nasional dan internasional (Karuniasa 2023). Oleh karena itu, penciptaan bahan pengganti plastik ramah lingkungan seperti *biofoam* yang berasal dari bahan alami seperti enceng gondok menjadi sangat penting dan mendesak untuk dikaji. *Biofoam* merupakan kemasan alternatif pengganti *styrofoam* yang terbuat dari bahan alami seperti pati, selulosa dan ijuk (Chofifa et al. 2021). *Biofoam* bersifat *biodegradable* dan terbarukan (Muhammad and Kalsum 2023).

Enceng gondok dengan nama latin *eichhornia crassipes* mempunyai potensi besar sebagai produk ramah lingkungan, khususnya dalam produksi *biofoam* (Salmahanifah 2023). Komposisi serat – serat enceng gondok kaya akan selulosa 72,63%, hemiselulosa 8% dan lignin 17% dan merupakan bahan yang menawarkan aplikasi biologis (Kusumawati and Haryadi 2021). Struktur seluler dan sifat fisik enceng gondok memungkinkannya diolah menjadi bahan yang ringan dan fleksibel mirip dengan sifat *styrofoam* konvensional (Sumardiono et al. 2021). *Biofoam* yang diperoleh dari enceng gondok memiliki kemampuan terurai secara alami sehingga mengurangi masalah penumpukan sampah plastik di lingkungan (Gonçalves, Reis, and Fernandes 2024). Oleh karena itu, selulosa enceng gondok akan dijadikan bahan utama dalam pembuatan *biofoam*.

Pengolahan yang tepat, *biofoam* enceng gondok dapat memiliki sifat mekanik yang sebanding dengan *styrofoam* konvensional, oleh karena itu perlu penambahan agen penguat (Darni et al. 2021). *Biofoam* enceng gondok perlu diperkuat dengan tambahan pati dari sumber karbohidrat lain sehingga memiliki kekuatan tarik yang tinggi (Safitri, Riza, and Syaubari 2016). Beberapa sumber karbohidrat yang memiliki kadar pati resistensi tinggi adalah beras hitam, beras aromatik, sorghum putih, talas, pati ganyong putih, ubi garut, singkong, dan biji nangka (Afandi 2023).

Garut merupakan salah satu jenis pati yang mengandung lebih banyak amilosa dan amilopektin dibandingkan tepung kentang atau tapioka (Faridah et al. 2014). Menurut penelitian sebelumnya, garut lebih mudah menyerap air dibandingkan tepung beras, singkong, atau tepung tapioka (Hakim, Rosyidi, and Widati 2021). Dibalik sifat garut yang mudah menyerap

air, umbi garut memiliki kandungan protein gluten tinggi yang berfungsi sebagai pembentuk sifat kenyal dan elastis (Zhafira and Farida 2023). Oleh karena itu, garut akan digunakan sebagai bahan campuran dalam pembuatan *biofoam* ini. Selain itu untuk mencegah pertumbuhan bakteri pada bahan kemasan maka perlu penambahan kitosan. Kitosan adalah salah satu jenis polisakarida berbasah dasar kitin. Selain bersifat antimikroba (Hendrawati, Lestari, and Wulansari 2017), kitosan juga memiliki sifat pembentuk film, hidrofobik, *biodegradable*, dan tidak beracun (Lestari, Sirojul Munir, and Tribudi 2018).

Pengembangan industri berbasis hayati perairan dapat memberikan peluang ekonomi baru khususnya bagi masyarakat sekitar daerah aliran sungai (Rahmawaty 2019). Namun pengembangan *biofoam* enceng gondok masih menghadapi tantangan antara lain peningkatan efisiensi produksi (Mufreni 2016), peningkatan sifat mekanik (Ramadhan 2020), serta skala produksi industri (Dwi Nugroho, Fa'iz Alfatih, and Alimi 2022). Oleh karena itu, diperlukan penelitian untuk meningkatkan efisiensi selulosa enceng gondok sebagai alternatif pengganti *styrofoam* yang berkelanjutan dan ramah lingkungan.

METODE

Bahan dan Alat

Bahan baku utama yang digunakan dalam penelitian ini yaitu selulosa batang enceng gondok dan pati garut CMC, kitosan, dan PEG 400 sebagai bahan baku pendukung. Batang enceng gondok sendiri didapatkan di daerah pemancangan Masjid Agung Jawa Tengah dan Rawa Pening, Semarang. Peralatan yang digunakan dalam pembuatan produk yaitu copper, baskom, kompor, panci, batang pengaduk, oven, serta cetakan. Sedangkan peralatan yang digunakan untuk pengujian yaitu Media PCA (*Plate Count Agar*) dengan media cair yaitu LB (*Lactose Broth*) dan padat yaitu agar untuk uji antimikroba, HT-2402 *Computer Universal Testing Machines* yaitu alat uji tarik material yang menggunakan kontrol servo komputer untuk menguji kekuatan sampel terhadap beban *out-of-plane*, serta media tanah untuk uji *biodegradable* dengan metode *soil burial test* yaitu dengan mengontakkan sampel dalam pot plastik yang berisi tanah subur (Amer and Saeed 2015) hal ini dilakukan dengan

memotong sampel pada ukuran tertentu yang kemudian dipendam dalam tanah selama 14 hari.

Rancangan Penelitian

Penelitian ini terdiri atas lima tahapan penting, yaitu pengeringan batang enceng gondok, proses *pulping* batang enceng gondok yaitu dengan pengisolasian selulosa dan lignin dari batang enceng gondok, pengadonan, pencetakan, serta pengujian. Pengadonan dilakukan dengan pencampuran bahan sehingga mendapatkan formulasi yang tepat dalam pembuatan *biofoam*. Formulasi *biofoam* ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Perbandingan Formulasi Bahan Pembuatan *Biofoam*

Formula	% Bahan Baku			
	Selulosa Enceng Gondok	Pati Garut	Kitosan	CMC
A	40	40	10	10
B	60	20	10	10
C	20	60	10	10

Pembuatan *Biofoam*

Proses pembuatan *biofoam* mengikuti (Hevira, Ariza, and Rahmi 2021) dengan beberapa modifikasi. Batang enceng gondok dibersihkan dan dilakukan pengecilan hingga ± 3 cm, kemudian dilakukan pengeringan. Selanjutnya proses *pulping* atau pengisolasian batang enceng gondok kering perlu dilakukan untuk memisahkan antara serat dan selulosa dengan kandungan lignin pada batang enceng gondok. Pengisolasian batang enceng gondok dilakukan dengan perebusan batang enceng gondok yang telah kering dengan bahan tambahan NaOH serta kaporit. Warna *pulp* akan menjadi terang, kemudian perlu disaring untuk mengambil selulosa batang enceng gondok. Pembuatan formula *biofoam* dimulai dengan pencampuran *pulp*, pati garut, CMC, kitosan, serta PEG 400. Adonan formula kemudian dicetak dan dioven dengan suhu 135°C . *Biofoam* kemudian didinginkan pada suhu ruangan selama 30 menit yang selanjutnya dapat diuji karakteristiknya.

Analisis Produk

Analisis yang dilakukan terhadap sampel yang dihasilkan meliputi sifat fisik (antimikroba) dalam analisis sifat fisik ini menggunakan media

pertumbuhan bakteri yaitu LB (*Lactose Broth*) (Kristanto 2023), sifat mekanik (elastisitas) (Safitri et al. 2016), dan sifat biodegradabilitas (daya urai) (Folino et al. 2023).

Analisis Data

Data penelitian diperoleh berdasarkan uji antimikroba, uji tarik, serta uji *biodegradable*. Uji antimikroba dilakukan melalui observasi berdasarkan visualisasi warna dilusi cair serta melihat ada tidaknya pertumbuhan bakteri pada dilusi padat. Uji tarik dilakukan secara kuantitatif deskriptif berdasarkan hasil pengukuran menggunakan HT-2402 *Computer Universal Testing Machines* yang kemudian menggunakan *Synbra Teknologi* sebagai tolak ukur keelastisitasan *biofoam*. Uji *biodegradable* dilakukan secara kualitatif deskriptif menggunakan skala 1-4 ((1)utuh, (2)sedikit keropos, (3)keropos, (4)sangat keropos) dengan indikator kekeroposan pada bentuk sampel *biofoam*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kualitas dan Karakteristik Formula *Biofoam*

Kualitas dan karakteristik dari *biofoam* yang dihasilkan ditentukan oleh kombinasi serta sifat fisik dari adonan yang digunakan. Selulosa enceng gondok sendiri berbentuk serat halus yang apabila ditambahkan dengan pati garut akan menjadikan adonan bertekstur padat kenyal serta kalis (Salimi et al. 2021). Adonan bisa dikatakan kalis apabila adonan sudah cukup untuk diuleni dan tidak lengket ditangan. Formula adonan yang telah kalis dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Formula adonan yang telah kalis

Konsistensi adonan *biofoam* sangat berpengaruh terhadap karakteristik *foam* yang dihasilkan. *Biofoam* yang baik yaitu *biofoam* yang memiliki konsistensi adonan yang tidak

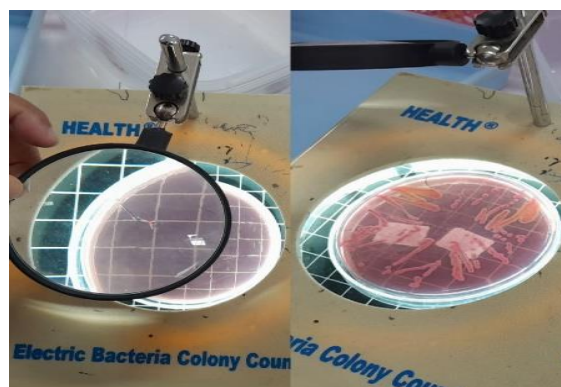
terlalu encer atau terlalu kental, akan tetapi mirip dengan krim yang kental (Akmala and Supriyo 2020). Ketika adonan *foam* memasuki pencetakan maka adonan tidak mudah terpisah atau mengalami sineresis (Pratama 2023).

Formulasi *biofoam* dalam penelitian ini akan menghasilkan *biofoam* dengan tekstur permukaan yang halus. Visikositas yang tinggi pada pati garut akan mengisi ruangan pada formulasi adonan *biofoam*, sehingga struktur *biofoam* yang dihasilkan menjadi lebih stabil serta kuat tekanannya bertambah. Permukaan lembaran *biofoam* dapat dilihat pada Gambar 2. Hal tersebut sejalan dengan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh (Dayaka and Indrastuti 2023) bahwa tekstur adonan *biofoam* mirip dengan krim kental, kemudian bertekstur halus tanpa butiran kasar, serta tidak mudah terpisah atau mengalami sineresis saat memasuki proses pencetakan.



Gambar 2 Tampilan lembaran *biofoam*

Karakteristik Uji Antimikrobakteria



a) tidak adanya bakteri b) adanya bakteri

Gambar 3 Hasil uji KBM (Kadar Bakteri Minimum)

Uji antimikroba dilakukan dengan metode dilusi yaitu dilusi cair dan padat. Dilusi cair

dilakukan dengan media LB (*Lactose Broth*) sedangkan dilusi padat dilakukan dengan menggunakan media agar. Hasil positif ditunjukkan dengan adanya perubahan kekeruhan medium LB (*Lactose Broth*) dan adanya gelembung gas pada tabung durham. Sampel menunjukkan hasil positif kemudian dilanjutkan ke tahap pengujian konfirmasi (Aji and Fiani 2021). Metode dilusi cair digunakan untuk mengukur KHM (Kadar Hambat Minimum) sementara metode dilusi padat digunakan untuk menentukan KBM (Kadar Bakterisida Minimum) (Fitriana et al. 2019).

Tabel 1 Hasil pengamatan KHM (Kadar Hambat Minimum)

No	Tabung	Warna Dilusi Cair
1.	10%	Keruh
2.	5%	Jernih
3.	0,1%	Jernih

Tabel 2 Hasil pengamatan KBM (Kadar Bakterisida Minimum)

No	Tabung	Dilusi Padat(Tumbuh/Tidak tumbuh)
1.	10%	Tidak tumbuh
2.	5%	Tidak tumbuh
3.	0,1%	Tidak tumbuh

Metode dilusi digunakan untuk menentukan KHM dan KBM dari *biofoam* yang dibuat. Pada konsentrasi tertinggi 10% larutan media LB menunjukkan hasil yang keruh, artinya positif mengandung bakteri, maka harus dilanjutkan dengan pengujian KBM. Hasil pengujian KHM (Kadar Hambat Minimum) serta KBM (Kadar Bakterisida Minimum) dapat dilihat pada Tabel 2. dan Tabel 3. Akan tetapi setelah dilakukan pengujian lanjut dengan media agar dilusi padat hasil menunjukkan bahwa sampel tidak mengandung bakteri.

Konsentrasi terendah pada biakan padat yang ditunjukkan dengan tidak adanya pertumbuhan koloni mikroba adalah KBM dari spesimen *biofoam* terhadap bakteri uji. Hasil terbaik pada konsentrasi 5% dan 0,1% dimana KHM yang jernih, dan tidak ada pertumbuhan bakteri. Sedangkan apabila terdapat pertumbuhan bakteri *E.Coli* yaitu bakteri yang umum pada kemasan makanan, maka akan terlihat garis atau

bitnik-bintik merah muda. Pada pengujian yang telah dilakukan didapatkan hasil negatif bahwa sampel *biofoam* tidak mengandung bakteri, hal tersebut dikarenakan pengaruh penggunaan bahan tambahan kitosan sebagai antimikroba. Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 3.

Karakteristik Uji Tarik *Biofoam*

Modulus elastisitas, atau modulus young, didefinisikan sebagai rasio tegangan (α) terhadap regangan (ϵ) pada daerah elastis linier (yaitu, $e = \frac{\alpha}{\epsilon}$). Pengaruh adanya sifat elastisitas yaitu terkait ukuran kekakuan material, sehingga bahan tidak mudah patah (Alasfar et al. 2022). Hasil pengujian modulus elastisitas *biofoam* ditunjukkan pada tabel 4.

Hasil pengujian kuat tarik berdasarkan *Synbra Technology*, yakni 1.0 MPa – 4.0 MPa (Fitrianti et al. 2023). Pada penelitian ini nilai kuat tarik sudah memenuhi *Synbra Technology* yaitu berada pada rentang 1.58 MPa – 2.63 MPa dengan elongasi 14.43% – 21.35%, serta modulus elastisitas yang didapatkan pada rentang 11.009 MPa – 11.787 MPa. Penggunaan pati garut berpengaruh terhadap hasil uji tarik, dimana pati garut memiliki kandungan protein gluten yang tinggi yang berfungsi sebagai pembentuk sifat kenyal dan elastis (Zhafira and Farida 2023).

Karakteristik Uji *Biodegradable*

Pengujian *biodegradable* ini menggunakan metode *soil burial test* yaitu dengan mengontakkan sampel dalam pot plastik yang berisi tanah subur (Amer and Saeed 2015). Hal ini dilakukan dengan memotong sampel pada ukuran tertentu yang kemudian dipendam dalam tanah selama 14 hari. Indikator yang menandai bahwa *biofoam* telah mengalami proses biodegradasi yaitu *biofoam* yang tampak lunak dan telah keropos (Marlina et al. 2021). Uji *biodegradable* yang dilakukan mendapatkan hasil yang selaras dengan referensi terkait yaitu setelah *biofoam* dipendam dalam tanah selama 14 hari maka *biofoam* tersebut akan terdegradasi yang ditandai dengan rusaknya permukaan *biofoam* yaitu lunak dan keropos. *Biofoam* yang dihasilkan mudah terdegradasi, hal tersebut karena penggunaan bahan alam sebagai bahan baku utama yaitu selulosa enceng gondok. Hasil uji *biodegradable* ditunjukkan pada Tabel 5. dan Gambar 4.

Tabel 3 Hasil uji tarik

Spesimen	Area (mm ²)	Kuat tarik (MPa)	Elongasi (%)	Modulus young (MPa)	Standar desiasi sampel
B-001	10.000	2.63	21.35	11.009	11.94722
B-002	10.000	1.64	13.56	11.684	7.67832
B-003	10.000	1.58	14.43	11.787	7.819765

B-001, B-002, B-003 merupakan sampel dengan formulasi yang berbeda sesuai dengan Tabel 1.

Tabel 4 Tingkat Kekeroposan Skala 1-4

Hari Ke-	Tingkat Kekeroposan	Keterangan
1	1	Utuh
4	1	Utuh
7	2	Sedikit keropos
10	3	Sangat keropos
14	4	Keropos



Hari Ke-1



Hari Ke-4



Hari Ke-7



Hari Ke-10



Hari Ke-14

Gambar 4 Penampakan *biofoam* setelah terdegradasi

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa *biofoam* enceng gondok dapat digunakan sebagai pengganti *styrofoam*. *Biofoam* yang dihasilkan memiliki karakteristik permukaan yang rapat serta halus. Kemudian *biofoam* yang dihasilkan juga tidak terdeteksi adanya mikroba yang tumbuh. Hasil maksimal juga terlihat pada nilai kuat tarik yang didapatkan pada uji tarik yang dilakukan yaitu pada rentang 1.58 MPa – 2.63 MPa yang telah memenuhi kuat tarik *Synbra Teknologi*. Uji *biodegradable* yang dilakukan juga menambah kesempurnaan data dimana *biofoam* enceng gondok mudah terdegradasi yang ditandai dengan rusaknya permukaan *biofoam* menjadi lunak dan keropos.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Direktorat Jenderal Pembelajaran dan Kemahasiswaan Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia atas bantuan dana penelitian serta Universitas Muhammadiyah Semarang yang telah memberikan fasilitas pelaksanaan penelitian. Tidak lupa untuk dosen pembimbing kami bapak Eko Yuliyanto, S.Pd. Si, M.Pd., ibu Nur Faridatus So'imah S.Pd sebagai tim laboratorium kimia UNIMUS atas ilmu, saran, masukan, serta bimbingan penuh dalam riset ini, serta untuk teman-teman sejawat yang sudah mendukung, memberi semangat, dan selalu berusaha hingga saat ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Afandi, Frendy. 2023. Potensi Sumber Karbohidrat Indonesia Sebagai Ingridien Pangan Fungsional dengan Kadar Pati Resisten dan Aktivitas Antioksidan Tinggi. *Food Scientia: Journal of Food Science and Technology* 3 (1): 40–57. <https://doi.org/10.33830/fsj.v3i1.4989.2023>.
- Aji, Oktira Roka, and Nofa Nur Fiani. 2021. Deteksi Keberadaan Coliform dan Escherichia coli Pada Es Batu Dari Penjual Minuman Di Sekitar Kampus 4 Universitas Ahmad Dahlan, September. <https://doi.org/10.24843/metamorfosa.2021.v08.i02.p05>.
- Akmala, Aulya, and Edy Supriyo. 2020. Optimasi Konsentrasi Selulosa pada Pembuatan Biodegradable Foam dari Selulosa dan Tepung Singkong 01 (01). <https://ejournal2.undip.ac.id/index.php/pentana/article/view/11597>.
- Alasfar, Reema H., Said Ahzi, Nicolas Barth, Viktor Kochkodan, Marwan Khraisheh, and Muammer Koç. 2022. A Review on the Modeling of the Elastic Modulus and Yield Stress of Polymers and Polymer

- Nanocomposites: Effect of Temperature, Loading Rate and Porosity. *Polymers* 14 (3): 360. <https://doi.org/10.3390/polym14030360>.
- Amer, Zuhair J Abdul, and Anwar Qasim Saeed. 2015. Soil Burial Degradation of Polypropylene Starch. 2015, 2015. <https://www.researchgate.net/publication/31839270>.
- Annur, Cindy Mutia. 2023. Sampah Indonesia Bertambah pada 2022, Terbanyak dalam Empat Tahun. Databoks. Sampah Indonesia Bertambah pada 2022, Terbanyak dalam Empat Tahun. 2023. <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2023/10/16/sampah-indonesia-bertambah-pada-2022-terbanyak-dalam-empat-tahun>.
- Chofifa, Zhulya Nur, Fitri Dwi Nurlaili, Jelita Mutiara Hati, Karina Harry Purbawati, and Heny Kusumayanti. 2021. Pengolahan Limbah Jerami Sebagai Biofoam Pengganti Stryfoam Buah dan Box Kemasan Guna Mengurangi Limbah Jerami di Trenggalek 02 (02). <https://doi.org/10.14710/jpv.2021.12130>.
- Darni, Yuli, Annisa Aryanti, Herti Utami, Lia Lismeri, and Muhammad Haviz. 2021. Kajian Awal Pembuatan Biofoam Berbahan Baku Campuran Pati dan Batang Sorgum 02 (02). <https://doi.org/10.23960/jtii.v2i2.33>.
- Dayaka, Yasin Arifin, and Y Erning Indrastuti. 2023. Karakterisasi Biofoam Berbasis Pati Sagu dan Ampas Tebu dengan Penambahan Polivinil Alkohol (PVA) 19 (02).
- Dwi Nugroho, Rizky, Muhammad Fa'iz Alfatih, and Sabri Alimi. 2022. Eksperimen Uji Tarik Komposit Serat Jerami Padi Dan Eceng Gondok Dengan Fraksi Volume Berat Dan Arah Serat Acak. *Teknika STTKD: Jurnal Teknik, Elektronik, Engine* 8 (2): 232–36. <https://doi.org/10.56521/teknika.v8i2.607>.
- Dwi Untari, Aprilya, and Yuni Astuti. 2020. Analisis Pengetahuan Dan Sikap Mahasiswa Tentang Penggunaan Styrofoam. *Bio-Lectura* 7 (2): 1–10. <https://doi.org/10.31849/bl.v7i2.5301>.
- Faridah, Didah Nur, Dedi Fardiaz, Nuri Andarwulan, and Titi Candra Sunarti. 2014. Karakteristik Sifat Fisikokimia Pati Garut (Maranta Arundinaceae 34 (1). <https://doi.org/10.22146/agritech.9517>.
- Fitriana, Yolla Arinda Nur, Vita Arfiana Nurul Fatimah, and Ardhista Shabrina. 2019. Aktivitas Anti Bakteri Daun Sirih: Uji Ekstrak KHM (Kadar Hambat Minimum) dan KBM (Kadar Bakterisidal Minimum) 16 (2). <https://doi.org/10.30595/sainteks.v16i2.7126>.
- Fitrianti, Yanis, Rheisya Talitha Azzahra, Endang Kusumawati, and Keryanti. 2023. Pengaruh Penambahan Polyvinyl Alcohol (PVOH) pada Biofoam dari Tepung Biji Nangka dan Ampok Jagung dengan Metode Thermopressing. *Jurnal Teknik Kimia USU* 12 (2): 100–107. <https://doi.org/10.32734/jtk.v12i2.9228>.
- Folino, Adele, Domenica Pangallo, and Paolo Salvatore Calabrò. 2023. Assessing Bioplastics Biodegradability by Standard and Research Methods: Current Trends and Open Issues. *Journal of Environmental Chemical Engineering* 11 (2): 109424. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2023.109424>.
- Frisco, Natanael, and Muhamad Hakiem Sedo Putro. 2023. Analisis Dampak Buruk Penggunaan Kemasan Sekali Pakai Dalam Membungkus Makanan Bagi Mahasiswa ITERA. *Suluh Abdi* 5 (1): 62. <https://doi.org/10.32502/sa.v5i1.6112>.
- Gonçalves, Luis F. F. F., Rui L. Reis, and Emanuel M. Fernandes. 2024. Forefront Research of Foaming Strategies on Biodegradable Polymers and Their Composites by Thermal or Melt-Based Processing Technologies: Advances and Perspectives. *Polymers* 16 (9): 1286. <https://doi.org/10.3390/polym16091286>.
- Hakim, Ulfi Noor, Djalal Rosyidi, and Aris Sri Widati. 2021. Pengaruh Penambahan Tepung Garut (Maranta Arrundinaceae) Terhadap Kualitas Fisik Dan Organoleptik Nugget Kelinci 8 (2). <https://doi.org/10.21776/ub.jitek.2013.008.02.2>.
- Hartono, Elizabeth Fiona, and Nur Rachmat. 2022. Klasifikasi Jenis Plastik HDPE, LDPE, dan PS Berdasarkan Tekstur Menggunakan Metode Support Vector Machine. *JATISI (Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi)* 9 (2):

- 1403–12.
<https://doi.org/10.35957/jatisi.v9i2.2470>.
- Hendrawati, Nanik, Yulia Irna Lestari, and Putri Anggraini Wulansari. 2017. Pengaruh Penambahan Kitosan dalam Pembuatan Biodegradable Foam Berbahan Baku Pati. *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan* 12 (1): 1. <https://doi.org/10.23955/rkl.v11i2.5002>.
- Hevira, Linda, Dinda Ariza, and Azimatur Rahmi. 2021. Pembuatan Biofoam Berbahan Dasar Ampas Tebu Dan Whey. *Jurnal Kimia dan Kemasan* 43 (2): 75. <https://doi.org/10.24817/jkk.v43i2.6718>.
- Janssen, Hayley G., Ian G. Davies, Lucinda D. Richardson, and Leonard Stevenson. 2018. Determinants of Takeaway and Fast Food Consumption: A Narrative Review. *Nutrition Research Reviews* 31 (1): 16–34. <https://doi.org/10.1017/S0954422417000178>.
- Karuniasa, Mahawan. 2023. Tantangan Zero Waste Zero Emission Indonesia. 2023. <https://www.apiki.or.id/wp-content/uploads/2023/06/Siaran-Pers-Mahawan-Karuniasa-Zero-Waste-Zero-Emission.pdf>.
- Kusumawati, Endang and Haryadi. 2021. Ekstraksi dan Karakterisasi Serat Selulosa dari Tanaman Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*). *Fluida* 14 (1): 1–7. <https://doi.org/10.35313/fluida.v14i1.3452>.
- Lestari, Retno Budi, Achmad Mulyadi Sirojul Munir, and Yuli Arif Tribudi. 2018. Pemanfaatan Kitosan Kulit Udang Dengan Penambahan Ekstrak Daun Kesum Sebagai Penghambat Bakteri Pada Edible Coating. *Jurnal Teknologi Pertanian* 19 (3): 207–14. <https://doi.org/10.21776/ub.jtp.2018.019.03.7>.
- Kristanto, M.E., Rahmayetty, R. and A. Pitaloka. 2023. Tinjauan Literatur: Plastik Antimikrobal Ramah Lingkungan Untuk Kemasan Makanan 9 (11): 40–50. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.8062176>.
- Marlina, Resti, Sukma Surya Kusumah, Yuli Sumantri, Achmad Syarbini, Agustina Arianita Cahyaningtyas, and Ismadi Ismadi. 2021. Karakterisasi Komposit Biodegradable Foam Dari Limbah Serat Kertas Dan Kulit Jeruk Untuk Aplikasi Kemasan Pangan. *Jurnal Kimia dan Kemasan* 43 (1): 1. <https://doi.org/10.24817/jkk.v43i1.6765>.
- Mufreni, Alfin NF. 2016. Pengaruh Desain Produk, Bentuk Kemasan Dan Bahan Kemasan Terhadap Minat Beli Konsumen (Studi Kasus Teh Hijau Serbuk Tocha) 2 (2). <https://doi.org/10.37058/jem.v2i2.313>.
- Muhammad, Ashar, and Umami Kalsum. 2023. Inovasi Desain Kemasan Produk Rumah Makan Bonelo. *ADMINT: Jurnal Administrasi Terapan* 1 (1): 30–41. <https://doi.org/10.33509/admit.v1i1.2077>.
- Muid, Abd, Tahara Dilla Santi, and Wardiati Wardiati. 2023. Faktor-Faktor Yang Berhubungan Dengan Penggunaan Styrofoam Sebagai Kemasan Makanan Oleh Pedagang Di Kecamatan Lueng Bata Kota Banda Aceh Tahun 2022. *Jurnal Sains Riset* 13 (2): 294–303. <https://doi.org/10.47647/jsr.v13i2.1942>.
- Panjaitan, Jesly. 2022. Cukai Plastik Untuk Mengatasi Indonesia Darurat Sampah Plastik. *Jurnal Budget: Isu dan Masalah Keuangan Negara* 4 (1): 101–20. <https://doi.org/10.22212/jbudget.v4i1.39>.
- Permana, Adi. 2021. Masalah Sampah Menggunung Di TPA, Kita Bisa Lakukan Apa. Institut Teknologi Bandung. 2021. <https://www.itb.ac.id/berita/masalah-sampah-menggunung-di-tpa-kita-bisa-lakukan-apa/57970>.
- Pratama, Ananda Putra. 2023. Sintesis dan Karakteristik Biofoam dari Bonggol Nanas. Skripsi, Universitas Lampung. <http://digilib.unila.ac.id/id/eprint/72857>.
- Rahmawaty, Laily. 2019. Potensi Ekonomi Eceng Gondok Menurut Peneliti LIPI. AntaraBengkulu. 2019. <https://bengkulu.antaranews.com/berita/71737/potensi-ekonomi-eceng-gondok-menurut-peneliti-lipi>.
- Ramadhan, Muhammad Faizal. 2020. Uji Tarik Material Polimer Jenis High Density Polyethylene (HDPE). Thesis (Diploma), Universitas Diponegoro. <https://eprints2.undip.ac.id/id/eprint/20928>.
- Safitri, Isna, Medyan Riza, and Syaubari Syaubari. 2016. Uji Mekanik Plastik Biodegradable dari Pati Sagu dan Grafting Poly(Nipam)-Kitosan dengan Penambahan Minyak Kayu Manis (*Cinnamomum burmannii*) Sebagai Antioksidan. *Jurnal*

- Litbang Industri* 6 (2): 107. <https://doi.org/10.24960/jli.v6i2.1914.107-116>.
- Salimi, Yuszda K, Alwi S. Hasan, and Deasy N Botutihe. 2021. Sintesis dan Karakterisasi Carboxymethyl Cellulose Sodium (Na-CMC) dari Selulosa Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) dengan Media Reaksi Etanol-Isobutanol. *Jambura Journal of Chemistry* 3 (1): 1–11. <https://doi.org/10.34312/jambchem.v3i1.9288>.
- Salmahanifah, Syafira. 2023. Karakterisasi Biodegradable Foam Dari Selulosa Limbah Daun Mangga Dan Pati Umbi Garut. Thesis / Skripsi / Tugas Akhir (D4), Politeknik Negeri Jakarta. <https://repository.pnj.ac.id/id/eprint/12660>.
- Sumardiono, S, I Pudjihastuti, R Amalia, and Y A Yudanto. 2021. Characteristics of Biodegradable Foam (Bio-Foam) Made from Cassava Flour and Corn Fiber. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 1053 (1): 012082. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1053/1/012082>.
- Zhafira, Andrea Siti, and Eko Farida. 2023. Pengaruh Tepung Umbi Garut (*Maranta arundinacea*) terhadap Kandungan Gizi dan Sifat Organoleptik Mi Kering. *Indonesia Journal of Public Health and Nutrition*. 3(3).