

POLIMER ALAM SEBAGAI BAHAN PLASTIK RAMAH LINGKUNGAN: KAJIAN PUSTAKA

Pande Putu Indira Prima Dewi¹, I Gede Widhiantara^{2*}, I Made Gde Sudyadnyana Sandhika³

^{1,2,3}Prodi Biologi, Fakultas Kesehatan Sains dan Teknologi, Universitas Dhyana Pura

*Email: widhiantara@undhirabali.ac.id

ABSTRAK

Polimer alam dapat berasal dari hewan, mikroorganisme, dan tumbuhan sebagai makromolekul protein dari asam amino yang diikat oleh peptida. Polimer alam dapat dimanfaatkan sebagai bahan ramah lingkungan dalam menciptakan plastik yang mampu terurai dalam waktu singkat oleh mikroorganisme. Polimer alam seperti amilum, selulosa, karagenan, kitin, kitosan, alginat dan pektin dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar dalam pembuatan plastik ramah lingkungan atau yang umum disebut plastik *biodegradable*. Plastik *biodegradable* dapat dijadikan alternatif mengurangi penggunaan plastik sintetis yang tidak ramah lingkungan. Plastik *biodegradable* memiliki sifat mudah terurai sehingga dapat mengurangi tingkat pencemaran lingkungan. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk memanfaatkan polimer alam dalam pembuatan plastik ramah lingkungan. Plastik ramah lingkungan yang disintesis dari polimer alam memiliki kualitas mendekati standar ketahanan air yang mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI).

Kata kunci: Polimer alam, plastik *biodegradable*, ramah lingkungan.

ABSTRACT

Natural polymers are those found in animals, microorganisms, and plants as macromolecular proteins of amino acids linked with peptides. Natural polymers are useful materials as environmentally friendly materials in manufacturing plastics which are decomposed in a short time by the action of microorganisms. Natural polymers such as starch, cellulose, carrageenan, chitin, chitosan, alginate, and pectin can be used as basic materials in the manufacture of environmentally friendly plastics. Environmentally friendly plastics, or biodegradable plastics, can be used as an alternative to reduce the use of synthetic plastics. Environmentally friendly plastic has the property of being easily decomposed, so it can reduce the level of environmental pollution. Several studies have been conducted to utilize natural polymers in the manufacture of environmentally friendly plastics. From this research, there are environmentally friendly plastics with quality approaching water resistance standards, referring to SNI 7188:7:2016.

Keywords: Natural polymers, biodegradable plastic, environmentally friendly.

PENDAHULUAN

Penggunaan plastik sebagai media bahan pengemas menjadi salah satu penyebab utama pencemaran lingkungan. Secara umum plastik terbuat dari bahan dasar polimer jenis *polyethylene* dan *polypropylene* yang menjadikan plastik tidak dapat terdegradasi dalam waktu singkat oleh mikroorganisme. Hal ini yang menyebabkan terjadinya penimbunan sampah plastik yang kian hari semakin meningkat (Saputra & Supriyo, 2020). Sampah plastik yang dibiarkan tanpa ada proses daur ulang akan mengakibatkan pencemaran lingkungan yang mengarah pada bencana alam seperti banjir. Selain itu sampah juga mengakibatkan penurunan kualitas tanah, pencemaran terhadap kualitas air sungai dan laut, dan bahkan dapat menyebabkan gangguan keanekaragaman biota laut (Tanwer et al., 2022). Berdasarkan teori biodegradasi, plastik akan terdegradasi menjadi karbondioksida dan air oleh mikroorganisme. Namun, tidak semua plastik dapat

terdegradasi secara sempurna di lingkungan oleh mikroorganisme (Jia, 2020).

Untuk mengurangi tingkat limbah plastik yang sulit untuk terdegradasi, maka diperlukan alternatif dengan memanfaatkan polimer alam dalam pembuatan plastik. Polimer alam adalah jenis polimer yang berasal dari bahan baku tumbuhan, mikroorganisme, dan hewan. Polimer alam yang dikenal secara umum yaitu amilum, selulosa, kapas, karet, wol, sutra, kitin, kitosan, alginat dan pektin (Nisah, 2018). Saat ini telah dikembangkan inovasi baru dengan memanfaatkan polimer alam yaitu plastik *biodegradable* yang merupakan plastik ramah lingkungan. Plastik *biodegradable* mampu terurai secara alami oleh mikroorganisme di alam. Plastik *biodegradable* dapat terdegradasi oleh bakteri *Pseudomonas* dan *Bacillus* dengan memutus rantai polimer menjadi monomer-monomernya. Senyawa yang telah terdegradasi akan menghasilkan asam organik dan aldehyd yang tidak berbahaya bagi lingkungan (Asngad et al., 2018).

Polimer alam seperti pati sangat banyak tersedia di Indonesia. Hal ini menjadi potensi besar bagi Indonesia dalam memproduksi plastik *biodegradable*, dari bahan alam jenis pati tanaman (Kamsiati et al., 2017). Pemanfaatan pati sebagai bahan dasar dalam pembuatan plastik *biodegradable* memiliki sifat mudah terurai, karena terkandung salah satu jenis polisakarida dari tanaman yang ketersediaannya melimpah di alam. Sebagai alternatif, pengembangan plastik yang bersifat ramah lingkungan yang menjadi fokus utama adalah pada kemasan makanan (Hidayat et al., 2020). Sifat mekanis dari plastik *biodegradable* ditingkatkan dengan penambahan zat aditif berupa kitosan. Dalam hal ini kitosan merupakan *biopolymer* dengan biokompatibilitas tinggi dengan sifat biodegradasi yang dapat dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi khususnya plastik *biodegradable*. Selain itu dalam pembuatan plastik *biodegradable* terdapat penambahan *plasticizer* (gliserol) yang mampu meningkatkan elongasi dari plastik (Solekah et al., 2021). Plastik *biodegradable* juga memiliki sifat resisten terhadap air yang sangat rendah. Maka dari itu peran dari penambahan kitosan adalah meningkatkan kuat tarik pada plastik *biodegradable* di dalam air. Kitosan memiliki sifat hidrofobik sehingga dapat mengurangi sifat hidrofilik plastik *biodegradable* (Prameswari et al., 2022). Prinsip pembentukan plastik *biodegradable* adalah interaksi dari rantai polimer untuk membentuk kestabilan polimer (Ernita et al., 2020).

Berdasarkan uraian di atas dalam jurnal review ini akan dibahas mengenai polimer alam. Jurnal review ini dapat digunakan sebagai acuan dalam memanfaatkan polimer alam sebagai alternatif plastik ramah lingkungan. Oleh sebab itu, untuk mengurangi penggunaan plastik sintetis yang saat ini penggunaannya sangat banyak dan berakibat pada pencemaran lingkungan. Hal ini dikarenakan plastik sintetis tidak dapat terdegradasi dalam waktu singkat oleh mikroorganisme di alam. Sehingga akan tertimbun dan menyebabkan pencemaran lingkungan.

DISKUSI

Pencemaran Sampah Plastik

Keberadaan sampah plastik yang tertimbun dan tidak dapat terdegradasi secara sempurna oleh mikroorganisme, akan menyebabkan dampak pada lingkungan. Dampak yang diakibatkan mengarah pada pencemaran lingkungan, seperti menurunnya kualitas air, menurunnya tingkat kesuburan tanah, dan jika sampah plastik dibakar asap yang ditimbulkan akan mencemari udara karena mengandung gas beracun seperti hydrogen sianida (HCN) dan karbon monoksida (CO). Hal ini akan mengakibatkan efek jangka panjang berupa

pemanasan global pada atmosfer bumi (Purwaningrum, 2016). Selain itu, sampah plastik dapat mengganggu keberlangsungan hidup biota laut dan bahkan menyebabkan bencana alam seperti banjir. Maka dari itu, diperlukan plastik dari bahan baku alami yang dapat terdegradasi oleh mikroorganisme. Salah satunya dengan memanfaatkan bahan polimer alam (Rahman et al., 2019).

Polimer Alam

Polimer adalah makromolekul yang terdiri dari subunit struktural yang saling berikatan. Secara umum, polimer diklasifikasikan sebagai polimer alami, polimer sintetis dan polimer semi-sintetis. Polimer alami adalah polimer yang berasal dari bahan baku tumbuhan, mikroorganisme, dan hewan. Polimer alami dari hewan dan tumbuhan sebagai makromolekul protein dari asam amino yang diikat oleh peptida atau sebagai makromolekul polisakarida dari monosakarida yang terikat oleh ikatan glikosida (Ponnusamy & Mani, 2022). Jika dibandingkan dengan sintetis dan semi-sintetis, polimer alami lebih menarik karena banyak modifikasi kimia dan berpotensi dapat terurai. Polimer alam memiliki ruang lingkup yang cukup luas dibidang industry obat, makanan, dan kosmetik (Rajeswari et al., 2017). Polimer alam yang paling sering digunakan adalah pati yang merupakan polisakarida *edible* yang dapat ditemukan dari berbagai macam umbi dan biji sereal. Pemanfaatan pati lebih banyak digunakan untuk memproduksi plastik, termasuk pati *plasticized*, campuran dan komposit (Nisah, 2018).

Banyak yang telah melakukan penelitian terkait dengan polimer alam. Polimer alam tidak hanya dimanfaatkan sebagai plastik ramah lingkungan. Namun dapat juga dimanfaatkan sebagai aplikasi biomedis. Penggunaan polimer alam seperti polisakarida kitin, kitosan, pati, alginate, pektin, peptida (kolagen, gelatin, dan gel fibrin), biopoliester, dan polifenol digunakan sebagai aplikasi polimer biomedis (Widhiantara et al., 2023).

Penelitian Polimer Alam sebagai bahan plastik

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Harsojuwono et al tahun 2021 tentang karakteristik komposit bioplastik dalam variasi rasio maizena-glukomanan. Menunjukkan Nilai elastisitas komposit bioplastic rasio maizena dan glukomanan berkisar antara 10,430 sampai 26,735 MPa. Nilai elastisitas tertinggi (26,735 MPa) dimiliki komposit bioplastik dengan rasio maizena dan glukomanan 4:2 dengan penambahan gliserol yang sangat berbeda nyata dengan yang lainnya. Sedangkan nilai elastisitas yang terendah pada

komposit bioplastik dengan rasio maizena dan glkomanan 4,5:1,5 dan 5:1 dengan penamabahan sorbitol. Hal ini disebabkan oleh penambahan gliserol dan sorbitol melemahkan gaya ikat antar molekul yang berbeda (Wisnawa el al, 2021).

Penelitian yang telah dilakukan oleh Hidayat et al tahun 2020 tentang pemanfaatan pati tapioka dan kitosan dalam pembuatan plastik *biodegradable* dengan penambahan gliserol sebagai *plasticizer*. Hasil uji spektrum FTIR identifikasi pada campuran pati, gliserol dan kitosan dengan bilangan gelombang 2152,65-3632,12 terdapat gugus C-H, C=C dan O-H. Adanya gugus hidroksil merupakan gugus utama dalam menyusun amilosa dan amilopektin. Hal ini menunjukkan bahwa tidak ditemukannya gugus fungsi baru sehingga film plastik pati memiliki sifat-sifat seperti komponen penyusunannya (Hidayat et al., 2020).

Sedangkan penelitian yang telah dilakukan oleh Solekah et al 2021 tentang pengaruh penambahan gliserol dan kitosan kulit singkong. Dari hasil uji biodegradasi plastik *biodegradable* selama 1 minggu dalam media tanah. Menunjukkan nilai paling tinggi sebesar 35.43% sedangkan nilai degradasi terendah yaitu 12.20%. Jika semakin besar terjadi penurunan massa maka menunjukkan bahwa sampel tersebut akan semakin cepat terdegradasi. Bertambahnya konsentrasi gliserol maka nilai persentase degradasi plastik *biodegradable* akan semakin kecil dan nilai persentase degradasi plastik *biodegradable* akan

semakin kecil seiring dengan semakin beratnya kandungan dari kitosan. (Solekah et al., 2021).

Sedangkan penelitian yang telah dilakukan oleh Sondari et al tahun 2021 tentang karakterisasi *edible plastic* dari pati singkong dan kitosan menunjukkan hasil analisis, bahwa penambahan kitosan pada konsentrasi yang berbeda tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan jamur dan bakteri inhibisi, pada media agar selama 48 jam. Hal ini ditunjukkan dengan tidak adanya zona bening di sekitar piringan *edible film* yang ditumbuhkan pada media agar sebesar 48 jam. Demikian pula, pada penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa film kitosan tidak memiliki efek penghambatan terhadap *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, atau spesies *Staphylococcus epidermidis*. Kitosan bersifat antimikroba, hal ini dikarenakan adanya reaksi ikatan antar rantai polimer yang terkandung di dalam kitosan yang mampu bereaksi dengan dinding sel mikroba (Sondari et al., 2021).

Penelitian terkait dengan pemanfaatan polimer alam dalam pembuatan plastik ramah lingkungan telah banyak dilakukan oleh para peneliti sebelumnya. Terdapat beberapa perbedaan dari penelitian yang telah ada yaitu pada bahan baku yang digunakan dan parameter uji. Namun parameter uji yang umumnya digunakan untuk pengujian plastik ramah lingkungan yaitu uji biodegradasi. Berikut adalah tabel penelitian yang pernah dilakukan mengenai polimer alam.

Tabel 1. Ringkasan penelitian mengenai polimer alam sebagai plastik ramah lingkungan

No.	Polimer Alam yang digunakan	Variabel yang diukur	Hasil	Referensi
1.	Ampas kelapa dengan ampunan polyvinyl alkohol	Analisa ketahanan air bioplastik	Persentase ketahanan air bioplastik terbaik yaitu 74.76% tanpa sorbitol.	(Sari et al., 2019)
2.	Pati tapioka dan kitosan	Gugus fungsi (FTIR)	Hasil uji spektrum FTIR identifikasi pada campuran pati, gliserol dan kitosan dengan bilangan gelombang 2152,65–3632,12 terdapat gugus C–H, C=C dan OH.	(Hidayat et al., 2020).
3.	Pati tandan kosong kelapa sawit	Kemampuan untuk terurai pada tanah sampah, tanah biasa, dan tanah pasir.	Polimer mampu terurai paling cepat pada tanah sampah selama 1 bulan.	(Pelita et al., 2020)
4.	Selulosa dan tepung singkong	Optimasi konsentrasi selulosa	Hasil terbaik yaitu pada variasi rasio selulosa 8% dengan nilai daya serap air 26.30%.	(Akmala & Supriyo, 2020)
5.	Limbah tebu	Uji tarik regang	Kuat tarik regang tertinggi pada sample dengan komposisi 100% ampas tebu dengan nilai 1.24 c.	(Heviyanti et al., 2021)

6.	Pati singkong dan kitosan	Uji pertumbuhan jamur dan bakteri inhibisi.	Pada konsentrasi yang berbeda tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan jamur dan bakteri inhibisi. Hal ini ditunjukkan dengan tidak adanya zona bening disekitar media edible film yang ditumbuhkan pada media agar selama 48 jam.	(Sondari et al., 2021).
7.	Maizena dan glukomanan	Elastisitas dan elongasi	Nilai elastisitas komposit bioplastic rasio maizena-glukomanan berkisar antara 10,430 sampai 26,735 MPa.	(Wisnawa et al., 2021).
8.	Pati limbah kulit kentang dengan penambahan <i>filler</i> kalsium silikat	Jumlah filler terhadap uji water absorption	Hasil yang ditunjukkan hampir serupa dari berbagai formula.	(Genalda & Udjiana, 2021)
9.	Pati kulit singkong dan kitosan	Uji biodegradasi	Dari hasil uji biodegradasi plastik <i>biodegradable</i> selama 1 minggu dalam media tanah, menunjukkan nilai paling tinggi sebesar 35.43% sedangkan nilai degradasi terendah yaitu 12.20%	(Solekah et al., 2021)
10.	Variasi pati tepung tapioca dan asam akrilat	Penentuan water absorbancy	Kemampuan superabsorbent polimer dapat menyerap air lebih banyak selama 1 jam dengan hasil 101,07 g/g.	(Romadhon & Ridho, 2022)
11.	Pektin kulit jeruk bali	Konsentrasi terbaik terhadap uji susut bobot	Hasil terbaik terdapat pada pektin 3% dan tapioca 1% mampu bertahan selama 14 hari dengan susut bobot 0.063%.	(Palungki et al., 2022)
12.	Pati singkong dan tepung ampas tebu dan <i>polyvinyl alcohol</i>	Uji biodegradasi	Perlakuan terbaik yaitu pada perlakuan A3B1 dengan menambahkan 15% tepung ampas tebu dan 20% PVA.	(Rusdianto et al., 2022)
13.	Pati kentang	Sifat mekanika edible plastik	Hasil terbaik pada penambahan sorbitol 0.9% (v/v) ketebalan 0.0922 mm, kuat tarik 9.84 MPa, dan <i>water uptake</i> 111.39%.	(Ramadhani et al., 2022)
14.	Serat nanas dan pati sagu	Uji kuat tarik regang	Uji kuat tarik regang yang dicapai yaitu 1.66-3.86 MPa.	(Dewi et al., 2023)
15.	Karagenan <i>Kappaphycus alvarezii</i>	Uji biodegradasi	Uji biodegradasi tercepat selama 116 menit dan terlama 373 menit.	(Marsa et al., 2023)
16.	Karagenan alginate dan gliserol	Uji ketahanan air dan biodegradasi	Hasil mendekati standar SNI 7188: 7: 2016 pada ketahanan air yaitu 52.25% dan biodegradasi 25.68%.	(Zanjabila et al., 2023)
17.	Limbah kulit nanas dengan gliserol dan kitosan	Sifat mekanika bioplastik	Sifat bioplastik yaitu ketebalan 0.17 mm, kuat tarik sebesar 40.9 MPa, dan ketahanan air 100%.	(Sriyana et al., 2023)
18.	Water resistan sodium alginat	Uji kelarutan edible straw	Dapat larut dalam air dengan merendam edible straw selama 24 jam.	(Putra et al., 2023)
19.	Pati kulit pisang raja dengan selulosa jerami padi	Analisis sifat mekanika bioplastik	Hasil terbaik pada bioplastik E dengan nilai kuat tarik 114.51 kgf/cm ² nilai elongasi 3.99%, dan nilai modulus elastisitas 2873.97 kgf/cm ² .	(Jumiati et al., 2023)

KESIMPULAN

Berdasarkan uraian di atas maka dapat disimpulkan bahwa polimer alam dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan plastik ramah lingkungan, karena memiliki sifat mudah terdegradasi oleh mikroorganisme. Beberapa polimer alam yang sudah diteliti seperti pada bioplastik dari karagenan dan alginate, menunjukkan hasil uji ketahanan air dengan nilai kualitas mendekati standar mengacu pada SNI. Penggunaan polimer alam memberikan alternatif dalam menciptakan plastik ramah lingkungan yang dapat terurai dalam waktu singkat oleh mikroorganisme. Sehingga hal ini dapat menurunkan tingkat pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh sampah plastik sintesis yang tertimbun dan tidak dapat terurai dalam waktu singkat.

DAFTAR PUSTAKA

- Akmala, A., & Supriyo, E. (2020). Optimasi Konsentrasi Selulosa pada Pembuatan Biodegradable Foam dari Selulosa dan Tepung Singkong. *Pentana: Jurnal Penelitian Terapan* ..., 01(1), 27–40. <https://ejournal2.undip.ac.id/index.php/pentana/article/view/11597>
- Asngad, A., Amelia, R., & Aeni, N. (2018). Pemanfaatan Kombinasi Kulit Kacang Dengan Bonggol Pisang Dan Biji Nangka Untuk Pembuatan Plastik Biodegradable Dengan Penambahan Gliserol. *Bioeksperimen: Jurnal Penelitian Biologi*, 4(1), 11–19. <https://doi.org/10.23917/bioeksperimen.v4i1.5924>
- Dewi, R., Sylvia, N., & Riza, M. (2023). Pengaruh Penambahan Serat Daun Nanas Pada Karakteristik Mekanis dan Termal Biofoam Berbasis Pati Sagu dengan Metode Thermopressing. *Indonesian Journal of Chemical Analysis*, 06(01), 31–41.
- Ernita, L., Riza, M., & Syaubari, S. (2020). The Performance and Characterization of Biodegradable Plastic from Tapioca Starch: Effect of Modified Chitosan. *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*, 15(1), 45–52. <https://doi.org/10.23955/rkl.v15i1.15441>
- Genalda, M. S. S., & Udjiana, S. S. (2021). Pembuatan Plastik Biodegradable Dari Pati Limbah Kulit Kentang (*Solanum Tuberosum* L.) Dengan Penambahan Filler Kalsium Silikat. *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*, 7(2), 320–327. <https://doi.org/10.33795/distilat.v7i2.248>
- Heviyanti, M., Murdhiani, M., & Maharany, R. (2021). Komposisi Limbah Tebu (*Saccharum officinarum* L.) pada Pembuatan Biodegradable Film. *Seminar Nasional Fakultas Pertanian Universitas Samudra Ke-VI*, 267–273. <https://www.agroteknika.id/index.php/agtk/article/view/86>
- Hidayat, F., Syaubari, S., & Salima, R. (2020). Pemanfaatan pati tapioka dan kitosan dalam pembuatan plastik biodegradable dengan penambahan gliserol sebagai plasticizer. *Jurnal Litbang Industri*, 10(1), 33. <https://doi.org/10.24960/jli.v10i1.5970.33-38>
- Jia, M. Z. (2020). Biodegradable Plastics: Breaking Down the Facts Production, composition and enviromental impact. In *Production, Composition and Environmental Impact*. Greenpeace East Asia. <https://www.greenpeace.org/static/planet4-eastasia-stateless/84075f56-biodegradable-plastics-report.pdf>
- Jumiati, E., Husnah, M., & Lestari, S. A. (2023). Analisis Sifat Mekanik Bioplastik Berbahan Dasar Pati Kulit Pisang Raja dengan Variasi Selulosa Jerami Padi. 20(1), 23–30.
- Kamsiati, E., Herawati, H., & Purwani, E. Y. (2017). POTENSI PENGEMBANGAN PLASTIK BIODEGRADABLE BERBASIS PATI SAGU DAN UBIKAYU DI INDONESIA / The Development Potential of Sago and Cassava Starch-Based Biodegradable Plastic in Indonesia. *Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Pertanian*, 36(2), 67. <https://doi.org/10.21082/jp3.v36n2.2017.p67-76>
- Marsa, Y., Susanto, A. B., & Pramesti, R. (2023). Bioplastik dari Karagenan *Kappaphycus alvarezii* dengan Penambahan Carboxymethyl Chitosan dan Gliserol. *Buletin Oseanografi Marina*, 12(1), 1–8. <https://doi.org/10.14710/buloma.v12i1.42859>
- Nisah, K. (2018). Pembuatan Plastik Biodegradable dari Polimer Alam. *Journal of Islamic Science and Technology*, 4, 65–76.
- Palungki, A. R., Auliah, N., & Imani, N. A. C. (2022). Preparasi Komposit Polimer Alami Berbasis Pektin Kulit Jeruk Bali sebagai Edible Coating pada Tomat. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 11(1), 8–15. <https://doi.org/10.32734/jtk.v11i1.6923>
- Pelita, E., Hidayani, T. R., Sari, R., Rusmar, I., & Yuniarti, T. (2020). Karakteristik plastik biodegradable dari limbah polipropilena dan pati tandan kosong kelapa sawit melalui metode pencampuran kering. *Majalah Kulit, Karet, Dan Plastik*, 36(2), 65. <https://doi.org/10.20543/mkpk.v36i2.5841>
- Ponnusamy, P. G., & Mani, S. (2022). Material and

- Environmental Properties of Natural Polymers and Their Composites for Packaging Applications—A Review. *Polymers*, 14(19), 1–22. <https://doi.org/10.3390/polym14194033>
- Prameswari, C. A., Presbayun, A. R., Puspitaningrum, A., Naaifah, M. I., Azhari, F., Hasan, M. I. N., & Khoirunnisa, A. (2022). Sintesis Plastik Biodegradable dari Pati Kulit Singkong dan Kitosan Kulit Larva Black Soldier Fly dengan Penambahan Polyethylene glycol sebagai Plasticizer. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 6(2019), 4454–4461. <https://www.jptam.org/index.php/jptam/article/view/3559>
- Putra, M. I. K. S., Apriandi, A., & Amrizal, S. N. (2023). Pembuatan edible straw dengan memanfaatkan water resistant sodium alginate. *MARINADE*, 06(April), 34–39.
- Purwaningrum, Pramati. (2016). Upaya Mengurangi Timbulan Sampah Plastik di Lingkungan. *Indonesian Journal of Urban and Environmental Technology*. 8 (2), 141-147.
- Rahman, A., Syamsu, K., & Isroi. (2019). Biodegradability of Bioplastic from Oil Palm Empty Fruit Bunch. *Journal of Natural Resources and Environmental Management*, 9(2), 259–264. <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jpsl>
- Rajeswari, S., Prasanthi, T., Sudha, N., Swain, R. P., Panda, S., & Goka, V. (2017). Natural Polymers: a Recent Review. *World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 6(8), 472–494. <https://doi.org/10.20959/wjpps20178-9762>
- Ramadhani, R., Amalia, V., & Junitasari, A. (2022). Pengaruh Konsentrasi Sorbitol terhadap Karakteristik Edible Film Pati Kentang (*Solanum tuberosum* L .) dan Pengaplikasiannya pada Dodol Nanas. *Seminar Nasional Kimia 2022 UIN Sunan Gunung Djati Bandung*, 15, 103–111.
- Romadhon, D., & Ridho, R. (2022). Sintesis superabsorben polimer dengan variasi pati tepung tapioka dan asam akrilat. *Prosiding Seminar Nasional MIPA UNIBA 2022*, 167–171.
- Rusdianto, A. S., Amilia, W., Choiron, M., Wiyono, A. E., & Hidayati, U. N. (2022). Karakteristik Biodegradable Foam Berbasis Pati Singkong Dengan Variasi Penambahan Tepung Ampas Tebu dan Polyvinyl Alcohol. *JOFE : Journal of Food Engineering*, 1(3), 140–150. <https://doi.org/10.25047/jofe.v1i3.3330>
- Saputra, M. R. B., & Supriyo, E. (2020). Pembuatan Plastik Biodegradable Menggunakan Pati Dengan Penambahan Katalis ZnO dan Stabilizer Gliserol. *Pentana*, 1(1), 41–51.
- Sari, N., Mairisya, M., Kurniasari, R., & Purnavita, S. (2019). Metana : Media Komunikasi Rekayasa Proses dan Teknologi Tepat Guna Bioplastik Berbasis Galaktomanan Hasil Ekstraksi Ampas Kelapa Dengan Campuran Polyvinyl Alkohol. *Metana : Media Komunikasi Rekayasa Proses Dan Teknologi Tepat Guna*, 15(2), 71–78.
- Solekah, S., Sasria, N., & Dewanto, H. A. (2021). Pengaruh Penambahan Gliserol dan Kitosan Kulit Udang Terhadap Biodegradasi dan Ketahanan Air Plastik Biodegradable. *Al-Kimiya*, 8(2), 80–86. <https://doi.org/10.15575/ak.v8i2.13917>
- Sondari, D., Ningrum, R. S., Triwulandari, E., Nurhayat, O. D., Putri, R., Pramasari, D. A., & Restu, W. K. (2021). Characterization of biodegradable edible film based on cassava loaded with chitosan. *AIP Conference Proceedings*, 2331(April). <https://doi.org/10.1063/5.0041701>
- Sriyana, H. Y., Rahayu, L. H., & Politeknik, M. E. F. (2023). Bioplastik Dari Limbah Kulit Buah Nanas Dengan Modifikasi Gliserol Dan Kitosan. *Inovasi Teknik Kimia*, 8(1), 40–44.
- Tanwer, N., Vashistha, S., Anand, P., & Khosla, B. (2022). Plastic Waste Disposal Apparatus. *Journal of the Fuel Society of Japan*, 51(5), 145–153. <https://doi.org/10.3775/jfie.51.284>
- Wahyuningtyas, D., Sukmawati, P. D., & Al, M. (2019). Optimasi Pembuatan Plastik Biodegradable dari Pati Kulit Singkong dengan Penambahan Asam Sitrat Sebagai Crosslinking Agent. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan” Pengembangan Teknologi Kimia Untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia*, April, 1–8.
- Wisnawa, P. C., Harsojuwono, B.A. (2021). Karakterisasi Komposit Bioplastik dalam Variasi Maizena-Glukomanan dan Jenis Pemplastis. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*. 9(1), 99-108.
- Widhiantara, I. G., Permatasari, A. A. A. P., Rosiana, I. W., Sari, N. K. Y., Sandhika, I. M. G. S., Wiradana, P. A., & Jawi, I. M. (2023). The role of biopolymers as therapeutic agents: A review. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 13(1), 42–55. <https://doi.org/10.7324/JAPS.2023.130104-1>
- Zanjabila, D. A., Ridlo, A., & Supriyantini, E. (2023). Karakteristik Bioplastik Berbahan Karagenan-Alginat-Gliserol dengan Penambahan BaCl 2 sebagai Crosslinker. *Journal of Marine Research*, 12(2), 167–176.