

ANALISIS BIODEGRADASI DAN KETAHANAN AIR PADA PLASTIK BIODEGRADABLE DARI KULIT SINGKONG DENGAN VARIASI SELULOSA SERAT DAUN NANAS

Biodegradation and water resistance analysis of biodegradable plastic from cassava peel with variations of cellulose fibers pineapple leaves

Isa Mufida^{1*}, Oktavia Nurmayaty Sigiro¹

¹Agroindustri Pangan, Politeknik Negeri Sambas, Sambas

*Email Corresponding Author: isamufida212@gmail.com

Diterima: 15/05/2024 Disetujui: 25/06/2024 Dipublikasi: 30/06/2024

Abstrak. Plastik *biodegradable* merupakan plastik yang terbuat dari bahan alam yang mudah didaur ulang dan mempunyai sifat yang mampu terurai secara alami. Kelebihan plastik *biodegradable* setelah habis pakai akan hancur terurai oleh aktivitas mikroorganisme menjadi air dan gas CO₂. Pati merupakan salah satu bahan dasar pembuatan plastik *biodegradable*, pati tersebut dapat diperoleh dari kulit singkong. Tujuan penelitian ini untuk menganalisis kualitas plastik *biodegradable* terhadap ketahanan air dan biodegradasi di dalam tanah. Tahapan penelitian meliputi pembuatan pati kulit singkong, ekstraksi selulosa serat daun nanas, pembuatan plastik *biodegradable*, yang terdiri dari 3 perlakuan, yaitu variasi selulosa 1,5 gram, 2 gram dan 2,5 gram untuk masing – masing 10 gram pati kulit singkong. Hasil dari penelitian uji ketahanan air variasi selulosa 1,5 gram memiliki rata – rata ketahanan air sebesar 78,05%, variasi selulosa 2 gram memiliki rata – rata ketahanan air sebesar 81,84% dan variasi selulosa 2,5 gram memiliki rata – rata ketahanan air sebesar 86,63%. Makin banyak selulosa yang ditambahkan makin memengaruhi ketahanan air plastik *biodegradable*. Hal tersebut menunjukkan bahwa variasi selulosa 1,5 gram, 2 gram dan 2,5 gram berpengaruh nyata terhadap uji ketahanan air. Sedangkan hasil terbaik untuk uji biodegradasi terdapat pada variasi selulosa 1,5 gram yang terdegradasi sempurna pada hari ke-6.

Kata Kunci: biodegradasi, kulit singkong, plastik biodegradable, selulosa serat, daun nanas.

Abstract. *Biodegradable plastics are plastics made from natural materials that are easily recycled and have properties that can decompose naturally. Excess biodegradable plastic after use is destroyed by the activity of microorganisms in water and CO₂ gas. Starch is one of the basic ingredients for making biodegradable plastics; this starch can be obtained from cassava skin. The aim of this study was to analyze the quality of biodegradable plastics in terms of water resistance and biodegradation in the soil. The research stages include making cassava peel starch, extracting pineapple leaf fiber cellulose, and making biodegradable plastic, which consists of three treatments, namely variations of 1.5 grams, 2 grams and 2.5 grams of cellulose for 10 g of cassava peel starch. The results of the water resistance test research, the 1.5 gram cellulose variation had an average water resistance of 78.05%, the 2 gram cellulose variation had an average water resistance of 81.84% and the 2.5 gram cellulose variation had an average water resistance of 86.63%. The more cellulose that is added, the more it affects the water resistance of the biodegradable plastic. This shows that variations in cellulose (1.5, 2, and 2.5 g) had a significant effect on the water resistance test. Meanwhile, the best results for the biodegradation test were found in the 1.5 gram cellulose variation, which was completely degraded on day 6.*

Keywords: biodegradation, cassava peel, biodegradable plastic, fiber cellulose, pineapple leaf.

This is an open access article under CC-BY-SA 4.0 license.



Copyright © 2024 The Author(s)

1. PENDAHULUAN

Sampah plastik merupakan masalah lingkungan bagi seluruh negara. Salah satunya Indonesia yang merupakan penyumbang sampah plastik laut terbesar kedua setelah Cina sebanyak 187,2 ton (Jambeck et al., 2015) yang berdampak terhadap ekosistem hewan laut. Penggunaan plastik menjadi bagian yang tak terhindarkan dari kehidupan manusia karena plastik menjadi wadah yang membungkus makanan dalam setiap proses transaksi penjualan. Berdasarkan data KLHK (2021), menyebutkan bahwa jumlah sampah plastik yang ada di Indonesia mengalami peningkatan yang signifikan sebesar 1,5 juta/tahun pada tahun 2021-2022. Menggunakan plastik sebagai bahan pengemas menyebabkan masalah lingkungan karena plastik tidak dapat didaur ulang dan tidak dapat diuraikan secara alami oleh mikroba di dalam tanah yang akan mengakibatkan terjadinya penumpukan sampah plastik yang dapat mencemari dan merusak lingkungan (Akbar et al., 2013).

Sebagian besar plastik terbuat dari polimer berbahan dasar minyak bumi yang mana bahan tersebut tidak dapat diperbaharui dan jumlahnya terbatas (Aripin et al., 2017). Sehingga diperlukan alternatif produk plastik yang ramah lingkungan, terbuat dari bahan yang mudah

diperoleh, murah dan diproduksi dengan mudah. Pati sering digunakan sebagai pengolahan plastik *biodegradable* karena merupakan bahan baku hemat biaya yang mudah diperoleh diperoleh dari lingkungan (Machado et al., 2020). Karena sifatnya yang mudah terdegradasi, pati dapat digunakan sebagai bahan plastik *biodegradable*. Kelebihan penggunaan pati dalam pembuatan bioplastik, yaitu mudah diperbaharui, hal tersebut memungkinkan terjadinya pembentukan biokomposit polimer. Pembuatan bioplastik memerlukan limbah yang tidak terpakai yang mengandung pati karena umbi masih dibutuhkan masyarakat untuk digunakan sebagai makanan pokok (Septiosari et al., 2014). Kulit singkong merupakan limbah yang dihasilkan dari pengolahan tanaman singkong. Kulit singkong, belum banyak digunakan oleh industri saat ini (Budianto et al., 2019). Jika ditangani dengan baik, limbah kulit singkong dapat dimanfaatkan dalam berbagai olahan salah satunya sebagai olahan plastik *biodegradable* dengan memanfaatkan kandungan patinya.

Berdasarkan pemaparan di atas, perlu adanya penelitian lanjutan terhadap pemanfaatan limbah kulit singkong dengan variasi selulosa serat daun nanas sebagai bahan dasar pembuatan plastik *biodegradable*. Pembuatan plastik menggunakan bahan alami diharapkan bisa mengurangi penumpukan sampah plastik yang sulit terurai dan dapat mendaur ulang limbah yang tidak terpakai.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen untuk mengetahui pengaruh penambahan selulosa serat daun nanas terhadap proses biodegradasi dan ketahanan air pada plastik *biodegradable* dari kulit singkong. Penelitian dimulai dengan persiapan bahan baku kulit singkong yang telah dihaluskan kemudian diekstraksi diambil patinya, kemudian dilanjutkan dengan pembuatan larutan plastik *biodegradable*, dengan menimbang pati kulit singkong sebanyak 10 gram, gliserol 10 ml, asam asetat 3% 3 ml, aquades 50 ml, selulosa serat daun nanas (1,5 gram, 2 gram dan 2,5 gram) terhadap masing – masing perlakuan. Larutan kemudian dipanaskan menggunakan *hotplate* selama 20 menit sambil diaduk dengan suhu 80 °C. Kemudian, menuangkan larutan plastik ke loyang berukuran 20 cm x 20 cm yang selanjutnya dikeringkan dalam oven dengan suhu 60 °C selama 5 jam. Plastik *biodegradable* yang sudah kering dikelupas dari cetakan kemudian diuji biodegradasi di dalam tanah dan ketahanan air.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Uji Biodegradasi

Plastik yang dibuat dari pati kulit singkong diuji sifat biodegradasinya dengan cara mengubur plastik di dalam polybag ukuran 20 x 15 cm yang berisi tanah dengan kedalaman 4 cm dan diamati setiap hari sampai terurai sempurna. Proses uji biodegradasi untuk melihat tingkat ketahanan plastik terhadap suhu kelembapan tanah dan mikroba pengurai, bahkan faktor kimia fisik yang lain (Suryati, 2017). Plastik yang dihasilkan jelas bersifat ramah lingkungan secara kimiawi. Karena hal tersebut, disebabkan oleh bahan baku organik dan alamiah yang mudah berinteraksi dengan air dan mikroorganisme yang dihasilkan merupakan pengujian bioplastik untuk mengetahui daya degradasi atau penguraian di dalam tanah, hal

tersebut untuk mengetahui seberapa cepat bioplastik terurai sempurna di dalam tanah. Proses degradasi plastik *biodegradable* di dalam tanah dapat dilakukan dengan bantuan mikroorganisme seperti bakteri dan jamur. Proses degradasi plastik *biodergradable* dapat dikenali dengan terjadinya perubahan fisik seperti timbulnya lubang – lubang kecil pada permukaan, plastik *biodegradable* terurai menjadi potongan – potongan kecil, ataupun terjadi kehilangan berat massa (Wahyuningtyas & Suryanto, 2017).

Tabel 1. Hasil pengamatan Uji Biodegradasi

Hari Ke	Variasi Selulosa Serat Daun nanas		
	PS1	PS2	PS3
1			
2			
3			
4			
5			
6	Terurai Sempurna		
7	Terurai Sempurna	Terurai Sempurna	Terurai Sempurna

Keterangan kode:

PS1 = variasi selulosa serat daun nanas 1,5 gram

PS2 = variasi selulosa serat daun nanas 2 gram

PS3 = variasi selulosa serat daun nanas 2,5 gram

Berdasarkan penelitian pembuatan plastik *biodegradable* dari pati kulit singkong pada hari ke-1 dan ke-2 untuk perlakuan PS1 dengan penambahan 1,5 gram selulosa serat daun nanas tidak terjadi perubahan fisik. Perlakuan PS2 dengan penambahan selulosa serat daun nanas sebesar 2 gram juga tidak terjadi perubahan fisik, dan perlakuan PS3 dengan penambahan selulosa serat daun nanas juga tidak terjadi perubahan.

Hari ke-3 perlakuan PS1, PS2 dan PS3 sudah mengalami perubahan fisik dengan menunjukkan kerusakan pada plastik *biodegradable* dari kulit singkong. Hari ke-4 perlakuan PS1, PS2 dan PS3 pada plastik *biodegradable* dari kulit singkong sudah mengalami potongan – potongan kecil. Hari ke-5 perlakuan PS1, PS2 dan PS3 pada plastik *biodegradable* dari kulit singkong makin mengalami perubahan fisik yang mana sampel menunjukkan ukuran yang lebih kecil, dan pada hari ke-6 perlakuan PS1 mengalami degradasi sempurna, tetapi perlakuan PS2 dan PS3 masih belum terdegradasi sempurna masih berbentuk potongan kecil. Pada hari ke-7 perlakuan PS2 dan PS3 baru mengalami degradasi sempurna. Hal ini sesuai dengan pernyataan (Panjaitan et al., 2017) bahwa makin banyak selulosa makin cepat terdegradasi atau terurai sempurna plastik *biodegradable*.

Berdasarkan hasil penelitian bahwa sampel dengan variasi selulosa 1,5 gram yang lebih cepat mengalami degradasi dibandingkan sampel dengan variasi selulosa 2,5 gram (Tabel 1). Hal tersebut diduga dipengaruhi oleh ukuran sampel, dan faktor lainnya. Faktor degradasi tidak hanya dipengaruhi oleh selulosa saja, tetapi bisa juga dipengaruhi oleh kondisi cuaca dan bahan pendukung sampel. Kondisi cuaca bisa menyebabkan peningkatan laju degradasi karena hal tersebut bisa membantu mikroorganisme bekerja dengan baik di dalam tanah (Dwicania, 2019).

Pada saat proses penelitian berlangsung pada hari pertama, kedua, ketiga dan keenam sedang hujan deras, sehingga pada hari ketiga sampel PS1, PS2 dan PS3 sudah mengalami perubahan fisik yang diakibatkan oleh mikroorganisme di dalam tanah. Hal ini sesuai dengan pernyataan Ratnasari, (2020) dan Ahimbisibwe et. al. (2019) bahwa kondisi cuaca bisa menyebabkan peningkatan laju degradasi karena kondisi tersebut mendukung aktivitas mikroorganisme bekerja dalam tanah untuk membantu mempercepat degradasi sampel plastik *biodegradable*.

Perlakuan PS1 dengan variasi selulosa 1,5 gram yang lebih cepat terdegradasi dibandingkan perlakuan PS3 variasi selulosa 2,5 gram, hal tersebut karena variasi selulosa 1,5 gram lebih tipis dibandingkan variasi selulosa 2,5 gram. Hal ini sesuai dengan pernyataan (I. R. Aziz & Muthiadin, 2019) bahwa makin tipis sampel makin cepat mikroorganisme merusak struktur bioplasik. Makin tebal bioplastik, mikroorganisme membutuhkan waktu untuk merusak struktur bioplastik.

Berdasarkan SNI 7188-2016, biodegradasi atau penguraian sempurna yang terjadi pada plastik *biodegradable* sebesar 60% selama 1 minggu (Badan Standardisasi Nasional, 2016). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan semua sampel sudah sesuai dengan SNI 7188.2016 yang mana plastik *biodegradable* dari kulit singkong pada perlakuan PS1, PS2 dan PS3 dengan variasi selulosa 1,5 gram, 2 gram dan 2,5 gram mengalami biodegradasi atau penguraian secara sempurna sebesar 100% selama 1 minggu.

Uji ketahanan air dilakukan untuk mengetahui kemampuan plastik *biodegradable* terhadap daya serap air yang dibuktikan dari hasil persentase penambahan berat plastik

biodegradable setelah terjadi perendaman dan daya serap air kedalam plastik *biodegradable*. Uji ketahanan air bertujuan untuk mengetahui seberapa besar plastik *biodegradable* yang dibuat menyerap air, diharapkan air yang diserap pada bahan tersebut harus rendah. Bahan pembantu yang dimanfaatkan pada penelitian adalah selulosa yang merupakan salah satu campuran dari pembuatan plastik *biodegradable* yang menyebabkan plastik *biodegradable* tersebut memiliki ketahanan terhadap air, hal ini karena penambahan selulosa pada penelitian plastik *biodegradable* bertujuan untuk mengurangi sifat hidrofilik pati karena sifat selulosa yang tidak larut dalam air. Karakteristik ini ditentukan oleh ikatan hidrogen dalam struktur kimia selulosa, yang membuatnya sulit untuk bergabung dengan air (Septiosari et al., 2014).

Tabel 2. Data Hasil Rata – rata Uji Ketahanan Air

Sampel	Berat awal	Berat Akhir	Daya Serap Air (%)	Rata – Rata (%)	Ketahanan air (%)	Rata – rata (%)
PS1	0,3631	0,4446	22,44	21,94	77,56	78,05
	0,3815	0,4623	21,17		78,83	
	0,3854	0,4711	22,23		77,77	
PS2	0,5115	0,5966	16,63	18,15	83,37	81,84
	0,5175	0,6048	16,80		83,20	
	0,5201	0,6295	21,03		78,97	
PS3	0,5729	0,6628	15,69	13,36	84,31	86,63
	0,5615	0,6478	15,36		84,64	
	0,5553	0,6055	9,04		90,96	

Keterangan kode:

PS1 = variasi selulosa serat daun nanas 1,5 gram

PS2 = variasi selulosa serat daun nanas 2 gram

PS3 = variasi selulosa serat daun nanas 2,5 gram

Ketahanan air plastik *biodegradable* dilihat dari penambahan berat plastik, pada saat terjadi pengembangan akibat daya serap air ke dalam plastik *biodegradable* (Langit et al., 2019). Hasil uji ketahanan air pada plastik *biodegradable* dengan kode PS1 atau perlakuan variasi selulosa 1,5 gram menghasilkan daya serap air sebesar 22,44% untuk ulangan pertama 21,17% ulangan kedua dan 22,23% untuk ulangan ketiga dengan rata – rata nilai daya serap air sebesar 21,94% dan nilai rata – rata ketahanan air perlakuan PS1 sebesar 78,05% (Tabel 2).

Ketahanan air dengan kode PS2 atau perlakuan variasi selulosa 2 gram menghasilkan daya serap air, yaitu 83,37% untuk ulangan pertama, 83,20% ulangan kedua dan 78,97% ulangan ketiga dengan rata – rata nilai daya serap air sebesar 18,15% dan rata-rata ketahanan air sebesar 81,84%. Perlakuan 1 dengan kode PS3 atau variasi selulosa 2,5 gram menghasilkan daya serap air, yaitu 84,31 untuk ulangan pertama, 84,64% ulangan kedua dan 90,96% ulangan ketiga dengan nilai rata – rata nilai daya serap air sebesar 13,36% dan dan nilai rata – rata ketahanan air sebesar 86,63%.

Berdasarkan penelitian rata – rata ketahanan air tertinggi terdapat pada plastik *biodegradable* dari kulit singkong dengan variasi selulosa serat daun nanas 2,5 gram, yaitu sebesar 87,63% dengan rata – rata nilai daya serap air sebesar 13,36% dan rata – rata ketahanan air terendah variasi selulosa 1,5 gram sebesar 78,05% dengan nilai rata – rata daya

serap air sebesar 21,94%. Hal ini sesuai dengan penelitian Illing & Satriawan (2017), bahwa makin rendah nilai daya serap air pada plastik *biodegradable*, maka ketahanan airnya makin tinggi. Namun, daya serap air yang rendah akan menyebabkan pembengkakan (*swelling*) dan ketahanan air pada sampel akan menurun, sehingga akan berpengaruh pada sifat *biodegradable* yang dihasilkan. Penelitian lain yang mendukung hal tersebut, yaitu penelitian Coniwanti (2015) juga menyatakan bahwa makin rendah persentase ketahanan air, maka sifat plastik *biodegradable* akan makin mudah rusak, makin tinggi persentase ketahanan air, maka sifat plastik *biodegradable* akan makin baik.

Selain selulosa, ketahanan air diduga dipengaruhi oleh ketebalan sampel yang disebabkan oleh penambahan selulosa. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan perlakuan PS3 dengan variasi selulosa serat daun nanas sebanyak 2,5 gram lebih tebal daripada perlakuan PS1 variasi selulosa serat daun nanas 1,5 gram berdasarkan pengamatan visual, hal tersebut yang mengakibatkan perlakuan PS1 lebih banyak menyerap air daripada perlakuan PS3. Hal ini sesuai dengan penelitian Wahyuningtyas et. al. (2019) bahwa matrik bioplastik yang lebih tebal dan rapat akan meningkatkan ketahanan air dikarenakan kandungan selulosa yang terdapat pada bioplastik bersifat hidrofilik sehingga menghambat air yang masuk kedalam bioplastik yang dibuat. Penelitian Hasri (2021) juga menyatakan hal yang sama ketebalan bioplastik akan berdampak pada daya serap air dan karakteristik mekanik bioplastik.

Kandungan bahan tambahan lainnya yang terdapat dalam formula pembuatan plastik *biodegradable* juga diduga memengaruhi ketahanan air, seperti penggunaan *plasticizer* yang berfungsi untuk meningkatkan elastisitas plastik *biodegradable*, hal tersebut karena dalam pembuatan bioplastik jika hanya menggunakan pati saja, bioplastik akan bersifat kaku dan rapuh. Gliserol sebagai *plasticizer* memiliki sifat hidrofilik sehingga mempunyai kemampuan mengikat air dan memengaruhi daya serap air plastik *biodegradable* yang telah dibuat (Sjamsiah et al., 2017). Hal ini sesuai dengan penelitian (Purnavita et al., 2020) bioplastik yang kebanyakan mengandung gliserol menyebabkan ketahanan air menurun atau mudah rusak karena gliserol meregangkan ikatan antar molekul (ikatan hidrogen) amilosa, dan menyebabkan air dapat masuk sehingga ketahanan airnya menurun.

Tabel 3. Data Hasil ANOVA Uji Ketahanan Air

SK	DB	JK	KT	F _{hitung}	$\frac{F_{tabel}}{5\%}$	Notasi
Perlakuan	2	111,06	55,503	8,03	5,14	**
Galat	6	41,446	6,907			
Total	8	152,452				

Keterangan:

* = Tidak berpengaruh nyata

**= Berpengaruh nyata

Berdasarkan hasil sidik ragam (ANOVA) uji ketahanan air menyatakan bahwa $F_{hitung} >$ dari F_{tabel} dengan signifikan taraf 5%. Hal tersebut terlihat dari nilai F_{hitung} 8,03 > daripada taraf 5%, yaitu 5,14 dengan rata – rata ketahanan air perlakuan PS1 dengan variasi selulosa 1,5 gram sebesar 78,05%, pada perlakuan PS2 dengan variasi selulosa 2 gram didapatkan rata – rata ketahanan air sebesar 81,84%, pada perlakuan PS3 dengan variasi selulosa 2,5 gram

didapatkan rata – rata ketahanan air sebesar 86,63% (Tabel 3). Berdasarkan hal tersebut bahwa perlakuan variasi selulosa serat daun nanas pada pembuatan plastik *biodegradable* dari kulit singkong berpengaruh nyata terhadap hasil analisis ketahanan air, dapat diartikan bahwa makin banyak selulosa yang ditambahkan makin memengaruhi ketahanan air pada plastik *biodegradable* dari kulit singkong.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan bahwa pemanfaatan limbah kulit singkong sangat efektif digunakan sebagai bahan utama pembuatan plastik *biodegradable* karena jumlahnya yang cukup banyak dan kandungan pati yang cukup tinggi. Namun, mempunyai kelemahan dari segi daya tarik plastik dibandingkan dengan plastik konvensional. Penambahan selulosa terhadap plastik *biodegradable* dari kulit singkong berpengaruh terhadap degradasi plastik di dalam tanah dan ketahanan airnya. Hasil biodegradasi terbaik pada plastik *biodegradable* dengan variasi selulosa 1,5 gram yang terdegradasi sempurna pada hari ke-6, dan hasil ketahanan air terbaik pada plastik *biodegradable* dengan variasi 2,5 gram yang memiliki daya serap sebesar 13,36%.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Ahimbisibwe, M., Banadda, N., Seay, J., Nabuuma, B., Atwijukire, E., Wembabazi, E., & Nuwamanya, E. (2019). Influence of Weather and Purity of Plasticizer on Degradation of Cassava Starch Bioplastics in Natural Environmental Conditions. *Journal of Agricultural Chemistry and Environment*, 08(04), 237–250. <https://doi.org/10.4236/jacen.2019.84018>
- Akbar, F., Anita, Z., & Harahap, H. (2013). Pengaruh waktu simpan film plastik biodegradasi dari pati kulit singkong terhadap sifat mekanikalnya. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 2(2), 11–15. <https://doi.org/10.32734/jtk.v2i2.1431>
- Aripin, S., Saing, B., & Kustiyah, E. (2017). Studi Pembuatan Bahan Alternatif Plastik Biodegradable Dari Pati Ubi Jalar Dengan Plasticizer Gliserol Dengan Metode Melt Intercalation. *Jurnal Teknik Mesin*, 6(2), 18. <https://doi.org/10.22441/jtm.v6i2.1185>
- Badan Standardisasi Nasional. (2016). SNI 7188.7:2016: Standar mutu kategori produk tas belanja plastik dan bioplastik mudah terurai. Badan Standardisasi Nasional (BSN) Technical report.
- Budianto, A., Ayu. D. F., & Johan. V. S. (2019). Pemanfaatan Pati Kulit Ubi Kayu dan Selulosa Kulit Kacang Tanah Pada Pembuatan Plastik Biodegradable. *SAGU*, 18(2), 11–18.
- Coniwanti, P., Laila, L., & Alfira, M. R. (2015). Pembuatan film plastik biodegradable dari pati jagung dengan penambahan kitosan dan pemplastis gliserol. *Jurnal Teknik Kimia*, 20(4).
- Dwicania, E. (2019, June 30). Biodegradasi Limbah Plastik Oleh Mikroorganisme. <https://doi.org/10.31227/osf.io/j842v>
- Hasri, H., Syahrir, M., & Pratiwi, D. E. (2021). Synthesis and characterization of bioplastics made from chitosan combined using glycerol plasticizer. *Indonesian Journal of Fundamental Sciences*, 7(2), 110–119.

- Illing, I., & Satriawan, M. (2017). Uji Ketahanan Air Bioplastik Dari Limbah Ampas Sagu Dengan Penambahan Variasi Konsentrasi Gelatin. [Prosiding]. Seminar Nasional Universitas Cokroaminoto Palopo, 03(1), 182–189.
- Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R., & Law, K. L. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347(6223). <https://doi.org/10.1126/science.1260352>
- Langit, N. T. P., Ridlo, A., & Subagiyo, S. (2019). Pengaruh Konsentrasi Alginat Dengan Gliserol Sebagai Plasticizer Terhadap Sifat Fisik Dan Mekanik Bioplastik. *Journal of Marine Research*, 8(3), 314–321. <https://doi.org/10.14710/jmr.v8i3.25256>
- Machado, C. M., Benelli, P., & Tessaro, I. C. (2020). International Journal of Biological Macromolecules Study of interactions between cassava starch and peanut skin on biodegradable foams. *International Journal of Biological Macromolecules*, 147, 1343–1353. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.10.098>
- Panjaitan, R. M., Irdoni, I., & Bahrudin, B. (2017). Pengaruh Kadar Dan Ukuran Selulosa Berbasis Batang Pisang Terhadap Sifat Dan Morfologi Bioplastik Berbahan Pati Umbi Talas [Skripsi]. Universitas Riau.
- Purnavita, S., Subandriyo, D. Y., & Anggraeni, A. (2020). Penambahan gliserol terhadap karakteristik bioplastik dari komposit pati aren dan glukomanan. *Metana*, 16(1), 19–25. <https://doi.org/10.14710/metana.v16i1.29977>
- Ratnasari, S. D. (2020). Perubahan parameter fisika pada proses biodegradasi limbah tenun oleh bakteri indigenous. [Skripsi]. Universitas Islam Indonesia. <https://dspace.uui.ac.id/123456789/29370>
- Septiosari, A., Latifah, L., & Kusumastuti, E. (2014). Pembuatan dan karakterisasi bioplastik limbah biji mangga dengan penambahan selulosa dan gliserol. *Indonesian journal of chemical science*, 3(2). <https://journal.unnes.ac.id/sju/ijcs/article/view/3504>
- Sjamsiah, S., Saokani, J., & Lismawati, L. (2017). Karakteristik Edible Film dari Pati Kentang (*Solanum Tuberosum* L.) dengan Penambahan Gliserol. *Al-Kimia*, 5(2), 181-192. <https://doi.org/10.24252/al-kimia.v5i2.3932>
- Suryati, S., Meriatna, M., & Marlina, M. (2017). Optimasi proses pembuatan bioplastik dari pati limbah kulit singkong. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 5(1), 78–91.
- Wahyuningtyas, D., Sukmawati, P. D., & Al Fitria, N. M. (2019, April). 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.
- 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>