

**PEMANFAATAN LIMBAH DAUN NANAS (*Ananas comosus*) SEBAGAI BAHAN
BAKU PEMBUATAN PLASTIK *BIODEGRADABLE***

***Utilization of Pineapple Leaf (*Ananas comosus*) as a Raw Material for Making
Biodegradable Plastic***

Maria Natalia, Wirananditami Hazrifawati, Doni Rahmat Wicakso¹⁾

Program Studi Teknik Kimia, Universitas Lambung Mangkurat
Jl. A. Yani Km. 36, Banjarbaru, Kalimantan Selatan, 70714

¹⁾e-mail: doni.rahmat.w@ulm.ac.id

Abstract

Biodegradable plastic (bioplastics) is a polymer that can be degraded and made from renewable sources, including cellulose obtained from pineapple leaves. The purpose of this study is to determine the mechanical properties of bioplastics from cellulose, determine the optimum conditions based on the concentration of chitosan variations on cellulose solution and the addition of glycerol plasticizers to the mechanical properties of biodegradable plastic produced. This study begins with the manufacture of cellulose from pineapple leaves through a process of delignification and bleaching and then making biodegradable plastic 1% cellulose raw material with a variation of chitosan with a variation of 1%; 2%; 3% and the addition of plasticizer glycerol 1%, 2% and 3% (v/v). The results obtained will be observed by tensile tests, SEM tests, swelling tests, and biodegradation. The results obtained in the morphological test with the SEM test showed that cellulose was not evenly distributed. The tensile strength test for the addition of chitosan showed that the concentration of 3% had the highest tensile strength value of 11.8 MPa while the tensile strength of the addition of glycerol showed that the concentration of 3% had the highest tensile strength value of 3.6 MPa. The swelling test shows that glycerol concentration influences biodegradable plastic water resistance and glycerol 3% has the highest percentage of water resistance, 16.6%. In the biodegradable plastic degradation test with 3% glycerol experiencing the fastest degradation, this shows that glycerol has an effect on biodegradable plastic degradation

Keywords: pineapple leaf; biodegradable; glycerol; cellulose

PENDAHULUAN

Sampah plastik menjadi masalah lingkungan berskala global. Plastik banyak dipakai dalam kehidupan sehari-hari karena mempunyai keunggulan-keunggulan seperti kuat, ringan dan stabil. Polimer plastik yang tidak mudah terurai secara alami mengakibatkan terjadinya penumpukan limbah dan menjadi penyebab pencemaran dan kerusakan lingkungan hidup. Sementara kebutuhan plastik dalam negeri mencapai 2,3 juta ton (Putra, 2015). Untuk menyelamatkan lingkungan dari bahaya

plastik, saat ini telah dikembangkan bioplastik. Bioplastik merupakan plastik yang dapat digunakan layaknya seperti plastik konvensional, namun akan hancur terurai oleh aktivitas mikroorganisme menjadi hasil akhir air dan gas karbondioksida setelah habis terpakai dan dibuang ke lingkungan (Sinaga *et al.*, 2014). Bahan baku plastik *biodegradable* merupakan sumber daya alam terbarukan (*renewable resources*) secara keseluruhan seperti dari bahan tanaman pati, selulosa dan hewan seperti cangkang atau mikroorganisme (Putra, 2015).

Daun nanas merupakan limbah yang paling banyak dihasilkan dari pertanian nanas, yaitu sekitar 90% setiap kali panen. Daun nanas mengandung 69,5-71,5% selulosa dan 4,4-4,7% lignin. Kandungan selulosa yang besar ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan bioplastik yang ramah lingkungan (Haryani *et al.*, 2015). Dari penelitian sebelumnya dilakukan oleh (Pratiwi, dkk, 2016) yaitu Pemanfaatan Selulosa dari Limbah Jerami Padi (*Oryza sativa*) sebagai bahan bioplastik. Jerami padi (*Oryza sativa*) memiliki kandungan selulosa yang cukup tinggi. Hasil pengujian sifat mekanik yaitu kuat tarik dengan perbandingan kitosan dengan pulp selulosa 3:10, 4:10 dan 5:10 secara berturut-turut adalah 4,2 MPa; 13,8 MPa dan 4,1 MPa.

Pada umumnya daun nanas dikembalikan ke lahan untuk digunakan sebagai pupuk dan belum dikembangkan untuk menjadi produk tertentu yang dapat meningkatkan nilai ekonomi dari daun nanas itu sendiri. Hal ini mengingat masih sangat jarang penelitian pembuatan bioplastik berbahan dasar selulosa dan masih terdapat banyak kekurangan pada bioplastik berbahan dasar pati sehingga mendorong peneliti untuk membuat plastik *biodegradable* yang ramah lingkungan serta memiliki sifat mekanik yang berupa kekuatan tarik yang kuat dari selulosa serat daun nanas. Selain itu, plastik *biodegradable* ini akan mudah terurai karena terbuat dari bahan yang ramah lingkungan.

METODE PENELITIAN

Alat

Alat yang digunakan yaitu erlenmeyer, gelas ukur, timbangan analitik, pengaduk kaca, *magnetic stirrer*, *hot plate*, termometer, oven, penyaring 50 dan 60 mesh, pipet volume, labu ukur, gelas arloji, sudip, pengaduk kaca dan gelas beker.

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah daun nanas yang berasal dari kebun nanas di daerah Barito Kuala, Kalimantan Selatan, NaOH, HCl, NaOCl, H₂SO₄, gliserol, akuades, aluminium foil, plastik klip, tisu, asam asetat dan kitosan.

Ekstraksi Selulosa dari Daun Nanas

Daun nanas dibersihkan, kemudian dikeringkan dan digunting dengan panjang 5-10 cm. Potongan serat dikeringkan kembali hingga kadar air 4-5%. Preparasi bahan meliputi pencucian, pengeringan di bawah sinar matahari langsung, perajangan, penggilingan dan pengayakan menggunakan ayakan 50 mesh. Pembuatan selulosa dilakukan dengan merendam tiap 10 g daun nanas dengan 200 ml NaOH 15% (b/v) sambil dipanaskan dengan suhu 80°C selama 90 menit, kemudian disaring dan dinetralkan. Lalu hasil tersebut ditambahkan NaOCl 5% (v/v) dan dipanaskan dengan suhu 80°C selama 10 menit. Setelah itu selulosa yang dihasilkan disaring, dinetralkan dan dikeringkan dalam oven.

Pembuatan Bioplastik

Pembuatan bioplastik dilakukan dengan metode inversi fasa. Kitosan dan selulosa dilarutkan dengan larutan asam asetat 1 mL ke akuades 99 mL, kemudian dilakukan pengadukan selama 30 menit dengan menggunakan *hot plate* dan *magnetic stirrer* pada suhu 70°C dengan kecepatan pengadukan 700 rpm. Campuran kitosan dan selulosa tersebut kemudian ditambahkan gliserol. Pengadukan dilakukan selama 60 menit setelah itu didiamkan selama 24 jam agar gelembung-gelembung udara yang terdapat di dalamnya hilang, setelah itu larutan dicetak dalam cetakan. Lalu dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 50°C. Setelah kering untuk pelepasan bioplastik dari plat tersebut, direndam dalam NaOH 2% kemudian

dikeringkan dengan udara bebas. Karakterisasi lembaran plastik *biodegradable* dilakukan dengan uji tarik, uji SEM, uji *swelling* dan biodegradasi.

Metode Analisis

Pengujian kuat tarik dilakukan dengan menggunakan alat Stograph VG 10-E Toyo Seiki. Uji SEM (*Scanning Electron Microscopy*) dengan menggunakan alat JEOL JSM 6500 LV. Metode yang dilakukan pada uji ketahanan air (*swelling*) berdasarkan metode yang dilakukan oleh Lazuardi dan Cahyaningrum (2013). Sampel bioplastik dipotong dengan ukuran 2x2 cm dan ditimbang berat awalnya (W_0). Setelah itu sampel dimasukkan ke dalam gelas beker yang telah diisi akuades. Sampel dibiarkan selama 20 menit. Setelah 20 menit sampel diambil dan air yang terdapat pada permukaan sampel dihilangkan menggunakan tisu lalu sampel ditimbang kembali sehingga didapatkan berat akhir (W). Presentase ketahanan plastik terhadap air dapat dihitung dengan persamaan:

$$\text{Penyerapan Air (\%)} = \frac{W - W_0}{W_0} \times 100\%$$

Sedangkan uji biodegradasi dilakukan dengan memanfaatkan mikroorganisme tanah sebagai pembantu proses degradasi yang disebut teknik *soil burial test* (Subowo dan Pujiastuti, 2003). Sampel ditanam dalam tanah dan dibiarkan terkena udara terbuka lalu diamati setiap 2 hari sekali.

HASIL DAN PEMBAHASAN

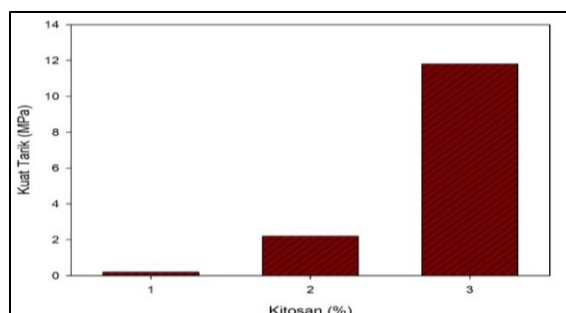
Ekstraksi Selulosa dari Daun Nanas

Uji kadar selulosa bertujuan untuk mengetahui kadar selulosa yang ada pada daun nanas. Kadar selulosa berpengaruh dalam pembuatan bioplastik. Hasil uji kadar selulosa yang didapat adalah sebesar 68,98%. Nilai kadar selulosa yang didapat lebih rendah dibandingkan komposisi

kandungan selulosa pada penelitian (Onggo, 2003) yaitu 69,5%. Perbedaan kadar ini menurut (Browning, 1967) dapat disebabkan karena perbedaan kondisi lingkungan. Iklim mempengaruhi struktur dinding sel dan komposisi kimia benda. Sehingga, kadar selulosa daun nanas yang ada di daerah Jawa akan berbeda dengan di daerah Kalimantan.

Pengaruh Penambahan Kitosan Terhadap Pembuatan Bioplastik

Uji kuat tarik dapat menunjukkan sifat mekanik dari bioplastik. Kuat Tarik merupakan gaya maksimum yang dapat ditahan oleh bioplastik (Hartatik, 2014). Hasil pengaruh penambahan kitosan terhadap kuat tarik bioplastik dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Nilai Kuat Tarik Plastik *Biodegradable* dengan variasi konsentrasi kitosan

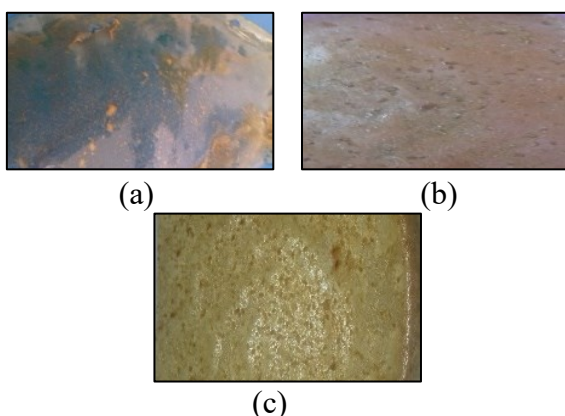
Berdasarkan Gambar 1 dapat dilihat bahwa nilai kuat tarik meningkat seiring penambahan konsentrasi kitosan 1%, 2% dan 3% dengan nilai kuat tarik berturut-turut adalah 0,3 MPa; 2,2 MPa dan 11,8 MPa. Gugus fungsional rantai selulosa adalah gugus hidroksil yang dapat berinteraksi dengan gugus –O dan –N, membentuk ikatan hidrogen dimana ikatan hidrogen lebih panjang dari ikatan kovalen (M, 2017). Sehingga ikatan hidrogen terbentuk dengan adanya interaksi antara rantai kitosan dan selulosa (Pratiwi, 2016). Semakin banyak kitosan yang ditambahkan maka ikatan hidrogen yang terbentuk semakin banyak dan struktur bioplastik menjadi semakin rapat sehingga membutuhkan energi yang besar untuk memutuskan ikatan tersebut

sehingga bioplastik menjadi kuat dan tidak mudah putus (Coniwanti, 2014).

Pengaruh Penambahan Gliserol Terhadap Pembuatan Bioplastik

Hasil Cetak

Penambahan pemplastis bertujuan untuk menghilangkan sifat rapuh sehingga dapat dilepas dari cetakan. Penambahan kitosan bertujuan untuk memperbesar nilai kuat tarik pada bioplastik. Asam asetat berfungsi sebagai pelarut dalam pembuatan bioplastik. Hasil cetak plastik *biodegradable* dapat dilihat pada Gambar 2.

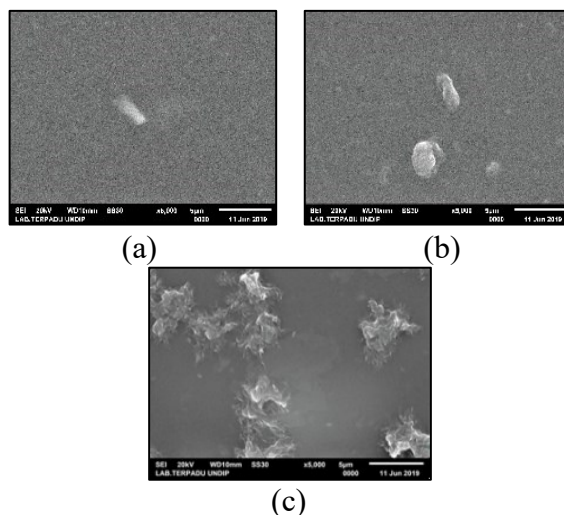


Gambar 2. Hasil cetak plastik *biodegradable* (a) 2% gliserol 1% kitosan; (b) 2% gliserol 2% kitosan; (c) 2% gliserol 3% kitosan

Plastik *biodegradable* yang dihasilkan dari penelitian ini berwarna kuning. Warna kuning dihasilkan dari proses penambahan kitosan. Setiap pengujian plastik *biodegradable* dibuat dalam ukuran kecil yang mewakili seluruh bagian plastik *biodegradable* yang telah dicetak. Plastik yang telah dicetak kemudian dilakukan pengujian yang terdiri dari uji SEM, uji kuat tarik, uji *swelling* dan uji biogredasi.

SEM (Scanning Electron Microscopy)

Uji SEM bertujuan untuk mengamati struktur morfologi bioplastik dengan skala mikroskopis. Hasil uji SEM plastik *biodegradable* dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.

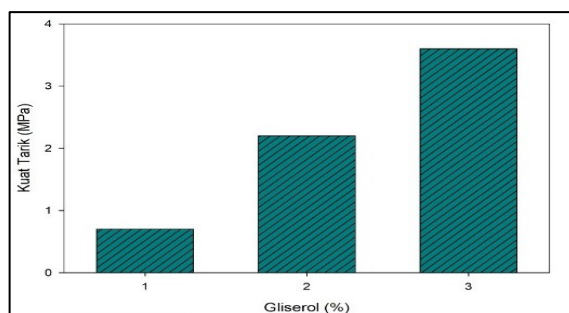


Gambar 3. Uji SEM Plastik *Biodegradable* (a) 1% gliserol; (b) 2% gliserol; (c) 3% gliserol perbesaran 5000x

Gambar 3(a) terlihat halus dan pencampuran bahan sudah homogen. Sedangkan pada Gambar 3(b) pencampuran bahan terlihat sedikit kurang merata. Adapun pada Gambar 3(c) terlihat terjadinya penumpukan selulosa atau aglomerasi selulosa di satu titik. Penumpukan selulosa atau pencampuran yang kurang merata dikarenakan gliserol tidak berfungsi sebagai stabilizer sehingga tidak ada pengisi rongga-rongga pada permukaan plastik *biodegradable* dan gliserol.

Uji Kuat Tarik

Pengaruh penambahan gliserol terhadap kuat tarik bioplastik dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Nilai Kuat Tarik Plastik *Biodegradable* dengan konsentrasi gliserol 1%, gliserol 2%, gliserol 3% dan konsentrasi kitosan 2%

Berdasarkan Gambar 4 menunjukkan bahwa penambahan gliserol mempengaruhi kuat tarik plastik *biodegradable*. Pada gambar tersebut terlihat bahwa dengan penambahan gliserol 1%, 2% dan 3% nilai kuat tarik mengalami peningkatan dengan nilai kuat tarik berturut-turut adalah 0,7 MPa; 2,2 MPa dan 3,6 MPa. Kuat tarik yang semakin meningkat disebabkan oleh OH bebas dari kitosan, terdapat juga OH bebas dari gliserol yang akan berikatan dengan selulosa (M, 2017). Selain itu, gliserol merupakan molekul *hidrofilik* kecil yang dapat dengan mudah masuk diantara rantai-rantai molekul tersebut dan membentuk ikatan hidrogen amidadengan protein, maka akan terjadi ikatan silang antara kitosan dengan gliserol yang mampu memperbaiki kuat tarik (Katili, 2013). Hal ini menunjukkan bahwa gliserol juga memiliki kemampuan untuk meningkatkan kuat tarik dari plastik *biodegradable*.

Uji Swelling

Metode yang dilakukan pada uji ketahanan air (*swelling*) berdasarkan metode yang dilakukan oleh Lazuardi dan Cahyaningrum (2013). Sifat ketahanan bioplastik ditentukan dengan uji *swelling* yaitu presentase pengembangan film oleh adanya air. Ketahanan bioplastik terhadap air merupakan suatu kemampuan plastik dalam melindungi produk dari air. Pengaruh penambahan gliserol terhadap nilai presentase *swelling* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji *Swelling*

No.	Komposisi Sampel	Berat Awal (g)	Berat Akhir (g)	Penyerapan Air (%)
1.	Sampel 1	0,09	0,10	11,1
2.	Sampel 2	0,07	0,08	14,28
3.	Sampel 3	0,12	0,14	16,6

Berdasarkan Tabel 1. dapat diketahui bahwa kadar persen penyerapan air

mengalami peningkatan seiring ditambahkannya gliserol dengan kadar persen ketahanan air berturut-turut adalah 11,1%; 14,28% dan 16,6%. Sampel dengan variasi gliserol 1% merupakan bioplastik dengan ketahanan air yang baik dengan nilai 11,1%. Hasil uji *swelling* menunjukkan bahwa penambahan gliserol berbanding lurus terhadap nilai presentase penyerapan air, semakin besar penambahan gliserol maka ketahanan airnya menurun. Menurut Al Awwaly *et al.* (2010) gliserol adalah *plasticizer* yang bersifat hidrofilik sehingga terjadi peningkatan daya tarik menarik gliserol dengan air. Hal ini terjadi karena ikatan hidrogen dalam molekul gliserol cenderung untuk membentuk ikatan hidrogen intramolekul termasuk dengan molekul air (Wardah, 2015). Bioplastik yang mudah berikatan dengan senyawa air memiliki ketahanan air yang buruk (daya serap air tinggi). Sampel plastik dengan ketahanan air yang buruk yaitu pada sampel gliserol 3% sebesar 16,6%.

Uji Biodegradasi

Uji biodegradasi dilakukan dengan memanfaatkan mikroorganisme tanah sebagai pembantu proses degradasi yang disebut teknik soil burial test (Pujiastuti, 2003). Sampel ditanam dalam tanah dan dibiarkan terkena udara terbuka lalu diamati setiap 2 hari sekali. Untuk mengetahui seberapa lama bioplastik yang dihasilkan dapat terurai oleh mikroorganisme di dalam tanah maka dilakukan uji biodegradasi. Tanah lingkungan mengandung keanekaragaman hayati mikroorganisme yang luas yang memungkinkan terjadinya biodegradasi bioplastik yang berhubungan dengan lingkungan lainnya seperti air dan udara (Emadian, 2017). Uji biodegradasi dilakukan selama 8 hari dengan pengamatan setiap dua hari. Hasil pengujian biodegradasi dengan variasi gliserol pada bioplastik dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Biodegradasi

Hari Ke-	Variasi Gliserol		
	1 mL	2 mL	3 mL
1			
2			
4			
6			
8			

Hasil pengujian dapat dilihat bahwa pada sampel bioplastik gliserol 3 mL lebih cepat mengalami degradasi yaitu pada hari ke-6 telah terdegradasi sempurna. Penambahan gliserol dapat meningkatkan degradasi bioplastik karena gliserol memiliki kemampuan menyerap air dengan mudah (Bonilla, 2015). Air merupakan medium bagi kebanyakan bakteri dan mikroba yang terdapat dalam tanah. Sehingga, kadar air menyebabkan plastik menjadi terdegradasi lebih mudah (Septiosari, 2014). Semakin banyak jumlah gliserol yang ditambahkan maka semakin banyak air yang dapat meresap melalui struktur bioplastik dan membantu dalam proses biologis atau mikroba (Wypych, 2004). Biodegradasi bioplastik juga dipengaruhi oleh kondisi lingkungan seperti pH, kelembapan, kandungan oksigen dan temperatur. Selain itu, struktur dan komposisi biopolimer sangat mempengaruhi proses biodegradasi. Modifikasi komposisi biopolimer termasuk penambahan material dengan kandungan gula larut yang tinggi dapat menambah biodegradabilitas bioplastik (Emadian, 2017). Proses degradasi kemudian dilanjutkan dengan memperluas permukaan melalui erosi dan perforasi, metode ini dapat meningkatkan kecepatan degradasi karena lubang yang terbentuk mempercepat difusi oksigen dan enzim ke dalam bioplastik (Nathiqoh, 2013).

Perbandingan Hasil Pengujian Bioplastik terhadap Plastik Standar

Sampel bioplastik yang diambil untuk perbandingan adalah sampel bioplastik dengan komposisi 2% gliserol dan 3% kitosan. Sampel dibandingkan dengan plastik Standar Nasional Indonesia (SNI). Perbandingan berfungsi untuk mengetahui apakah sampel bioplastik sudah sesuai standar plastik yang sudah ditetapkan untuk produksi pasaran atau belum. Perbandingan standar plastik yang dipergunakan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan Sifat Mekanik Plastik Sesuai SNI

Karakteristik	Nilai SNI	Hasil Penelitian
Kuat Tarik (MPa)	24,7-302	11,8
Serap Air (%)	0,01	16,6

Nilai karakteristik sampel bioplastik terbaik yang didapat sebesar 11,8 MPa dan ketahanan terhadap air 16,6%. Nilai yang didapat dibandingkan dengan nilai karakteristik standar plastik sesuai SNI. Hasilnya uji sifat mekanis sampel bioplastik masih dibawah dari standar plastik SNI. Perbandingan nilai karakteristik sampel bioplastik yang telah diperoleh juga dibandingkan dengan nilai karakteristik sampel bioplastik yang terbuat dari selulosa berbahan lain, contohnya pada pembuatan bioplastik dari jerami padi. Nilai kuat tarik pada bioplastik jerami padi adalah 13,8 Mpa dan nilai ketahanan terhadap air yaitu 93,87%. Hasil dari uji sifat mekanis sampel bioplastik dari selulosa jerami padi pun masih dibawah dari standar plastik SNI untuk itu perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk menghasilkan produk plastik *biodegradable* yang optimal.

KESIMPULAN

Nilai kuat tarik plastik tertinggi pada plastik *biodegradable* dengan kitosan 3% dengan nilai 11,8 MPa dan gliserol 3%

dengan nilai 3,6 MPa. Struktur morfologi menunjukkan bahwa semakin banyak gliserol yang ditambahkan maka selulosa tidak tercampur merata. Plastik *biodegradable* yang mempunyai ketahanan air yang baik adalah plastik dengan penambahan gliserol 1% dengan nilai presentase penyerapan airnya 11,1%. Sedangkan karakteristik plastik *biodegradable* berdasarkan waktu degradasi adalah sampel plastik *biodegradable* gliserol 3 mL lebih cepat mengalami degradasi yaitu pada hari ke-6 telah terdegradasi sempurna.

DAFTAR PUSTAKA

- Anita, Z., Akbar, F., & Harahap, H. (2013). Pengaruh Penambahan Gliserol Terhadap Sifat Mekanik Film Plastik Biodegradasi dari Pati Kulit Singkong. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 2(2).
- Asbani, N. (2008). *Prospek Serat Daun Nanas Sebagai Bahan Baku Tekstil*. Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat.
- Astuti, H. O. D. J. T. (2004). *Pengaruh Sodium Hidroksida dan Hidrogen Peroksida terhadap Rendemen dan Warna Pulp dari Serat Daun Nenas*. Pusat Penelitian Fisika – Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI).
- Cheng, H. N., Dowd, M. K., Selling, G. W., & Biswas, A. (2010). Synthesis of Cellulose Acetate From Cotton by Products. *Carbohydrate Polymers*, 80(2), 449-452.
- Haryani, N., Novia, Syarif, V. L. & Ananda, S. R. (2015). *Pengaruh Konsentrasi Asam dan Waktu Hidrolisis pada Pembentukan Bioetanol dari Daun Nanas*. *Jurnal Teknik Kimia* 21.
- Nina, H., Novia, N., Syarif, V. L., & Ananda, S. R. (2015). Pengaruh Konsentrasi Asam Dan Waktu Hidrolisis Pada Pembentukan Bioetanol Dari Daun Nanas. *Jurnal Teknik Kimia*, 21(4).
- Puls, J., Wilson, S. A., & Hölter, D. (2011). Degradation of cellulose acetate-based materials: a review. *Journal of Polymers and the Environment*, 19(1), 152-165.
- Kengkhetkit, N., & Amornsakchai, T. (2014). A new approach to “Greening” plastic composites using pineapple leaf waste for performance and cost effectiveness. *Materials & Design*, 55, 292-299.
- Morone, P., Tartiu, V. E., & Falcone, P. (2015). Assessing the potential of biowaste for bioplastics production through social network analysis. *Journal of Cleaner Production*, 90, 43-54.
- Lindu, M., & Puspitasari, T. (2010). Sintesis dan karakterisasi selulosa asetat dari nata de coco sebagai bahan baku membran ultrafiltrasi. *Jusami| Indonesian Journal of Materials Science*, 12(1), 17-23.
- Rachmaniah, O., Febriyanti, L., & Lazuardi, K. (2009, July). Pengaruh liquid hot water terhadap perubahan struktur sel bagas. In *Prosiding Seminar Nasional XIV, FTI-ITS* (pp. 30-40).
- Kumoro, A. C., & Purbasari, A. (2014). Sifat mekanik dan morfologi plastik biodegradable dari limbah tepung nasi aking dan tepung tapioka menggunakan gliserol sebagai plasticizer. *Teknik*, 35(1), 8-16.
- Putra, W. M. (2015). *Pengaruh Penambahan Selulosa Mahota Nanas Dalam Pembuatan Plastik Biodegradable Dari Pati Umbi Gadung (Diocorea Hispida Densnt) Dengan Menggunakan Plasticizier Gliserin*. [Skripsi]. Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Satriyo. (2012). *Kajian penambahan chitosan, gliserol, dan carboxy methyl cellulose terhadap karakteristik biodegradable film dari bahan komposit selulosa nanas*. [Skripsi]. Universitas Lampung.
- Selpiana, S. T., & Anggraeni, C. P. (2016). Pengaruh penambahan kitosan dan

- gliserol pada pembuatan bioplastik dari ampas tebu dan ampas tahu. *Jurnal Teknik Kimia*, 22(1).
- Sinaga, R. F., Ginting, G. M., Ginting, M. H. S., & Hasibuan, R. (2014). Pengaruh Penambahan Gliserol terhadap Sifat Kekuatan Tarik Dan Pemanjangan Saat Putus Bioplastik Dari Pati Umbi Talas. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 3(2), 19-24.
- Tarmansyah, U. S. (2007). *Pemanfaatan Serat Rami Untuk Pembuatan Selulosa*. Buletin Litbang Dephan.
- Wardah, I., & Hastuti, E. (2015). Pengaruh Variasi Komposisi Gliserol Dengan Pati Dari Bonggol Pisang, Tongkol Jagung, Dan Enceng Gondok Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanis Plastik Biodegradable. *Jurnal Neutrino: Jurnal Fisika dan Aplikasinya*. 7, 77-85.
- Yudhanto, F. (2016). *Proses Pembuatan Plastik Biodegradable Dari Bahan Selulosa Serat Alam (Agave Sisalana) dan Chitosan*. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.