

PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI KADAR AIR DAN GUGUS FUNGSI PLASTIK *BIODEGRADABLE* BERBAHAN DASAR PATI UMBI WALUR (*Amorphophallus paenifolius* var. *sylvestris*)

Risma Zenata*, Musthofa Lutfi, Masruroh

Jurusan Keteknikan Pertanian Minat Teknik Bioproses Fakultas Teknologi Pertanian
Universitas Brawijaya
Jl. Veteran, Malang 65145

*Penulis Korespondensi, Email: rismazen@gmail.com

ABSTRAK

Salah satu solusi alternatif untuk mengatasi bahaya akibat penggunaan plastik konvensional ialah dengan membuat plastik *biodegradable* berbahan dasar pati. Salah satu tumbuhan penghasil pati ialah walur (*Amorphophallus paenifolius* var. *sylvestris*) yang tersedia melimpah di Indonesia, namun tidak dimanfaatkan dengan baik. Oleh karena itu, dalam penelitian ini walur dipilih sebagai bahan baku utama pembuatan plastik *biodegradable*. Penelitian ini bertujuan : 1) untuk mengetahui cara pembuatan plastik *biodegradable* berbahan dasar umbi walur dan 2) untuk mengetahui pengaruh variasi penambahan gliserol terhadap kadar air dan gugus fungsi dari plastik *biodegradable* yang dihasilkan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktor tunggal, dengan 5 taraf perlakuan dan 2 kali ulangan. Faktor tunggal yang dimaksud ialah variasi penambahan gliserol. Adapun data kadar air yang diperoleh dianalisa dengan uji ANOVA (tipe *oneway*) dan uji lanjut BNT 5% dan DMRT 5%, sementara data gugus fungsi yang dihasilkan dianalisa secara deskriptif. Hasil yang didapat dari penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan massa gliserol dalam campuran polimer menyebabkan peningkatan persentase kadar air plastik *biodegradable* berbahan umbi walur, dengan kadar air tertinggi ada pada perlakuan 78% pati walur : 22% gliserol sebesar 9,45 %. Selain itu, adanya variasi penambahan gliserol memberikan pengaruh yang signifikan pada kadar air plastik *biodegradable*. Sementara dalam kajian gugus fungsi, variasi penambahan gliserol tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kandungan gugus fungsi plastik *biodegradable* tersebut. Seluruh perlakuan memiliki gugus fungsi yang sama, yakni alkana kuat, alkuna, alkena, alkena kuat, cincin aromatik, dan senyawa lain yang dimungkinkan sebagai alkohol, eter, ester, atau asam karboksilat.

Kata kunci : plastik *biodegradable* , walur, gliserol

Manufacture and Characterization of Water Content and Functional Groups of Biodegradable Plastics Made From Starch of Walur (Amorphophallus paenifolius var. sylvestris)

ABSTRACT

One of alternative solutions to solve the dangers resulting from the use of conventional plastics is to create biodegradable plastics made from starch. One of starch-producing plants is Walur (*Amorphophallus paenifolius* var. *Sylvestris*), which is abundant in Indonesia, but not put to good use. Therefore, walur is chosen as raw material for making the biodegradable plastics. This research aims : 1) to know the steps of manufacture of biodegradable plastic made from walur and 2) to understand the effect of glycerol addition toward water content and functional groups of the biodegradable plastic. This research was conducted using Completely Randomized Design (RAL) – Single Factor (variation of glycerol addition), 5 levels of treatment, 2 replicates. ANOVA, “BNT”5% and DMRT 5% were used to analyze the data of water content, while the data of functional groups was analyzed descriptively. The results showed that the addition of glycerol in a mixture of polymer caused an increase in the percentage of water content of biodegradable plastics, with the highest water content (9,45 %) was in treatment 78% of walur starch : 22% of glycerol. The variation of glycerol addition also gave a significant effect on the water content of biodegradable plastics. While in the study of functional groups, the variation of glycerol addition did not give a significant effect on the content of functional groups of biodegradable plastic. All treatments had the same functional groups, namely strong alkanes, alkynes, alkenes, strong alkenes, aromatic rings, and other compounds were possible as alcohol, ether, ester, or carboxylic acid.

Keywords : biodegradable plastic, walur, glycerol

PENDAHULUAN

Tingginya tingkat ketergantungan manusia akan penggunaan plastik konvensional terjadi karena plastik konvensional memiliki berbagai keunggulan dalam peranannya sebagai kemasan, antara lain kuat, ringan, mudah dibentuk atau fleksibel serta murah. Namun demikian, tetap diperlukan kewaspadaan akan penggunaan plastik konvensional mengingat bahwa plastik ini juga memiliki kelemahan tersendiri, yakni berupa sulitnya plastik konvensional untuk terdegradasi secara alami. Kelemahan tersebut timbul dikarenakan plastik konvensional pada umumnya berbahan baku minyak bumi. Penggunaan plastik konvensional pun pada akhirnya dapat membahayakan lingkungan maupun kesehatan manusia (Julianti *et al.*, 2006). Berangkat dari hal ini, perkembangan penelitian kian banyak mengarah pada pembuatan plastik *biodegradable* sebagai solusi alternatif pencegahan bahaya yang ditimbulkan oleh plastik konvensional. Plastik *biodegradable* dapat dengan mudah terdegradasi secara alami melalui aktivitas mikroorganisme. Hal ini dikarenakan plastik *biodegradable* merupakan plastik yang dibuat dari bahan dasar berupa polimer alam, contohnya pati yang diambil dari tumbuh-tumbuhan (Stevens, 2007). Salah satu tumbuhan penghasil pati ialah walur (*Amorphophallus paenifolius* var. *sylvestris*).

Pembuatan pati menjadi plastik memerlukan tambahan gliserol selaku salah satu agen pemlastis atau *plasticizer* sehingga karakter plastik dapat terbentuk (Guilbert dan Gontard, 2005). Penggunaan gliserol selaku *plasticizer* didasari oleh alasan-alasan kuat, diantaranya harga gliserol yang murah dengan keberadaannya yang mudah didapat, serta telah terbukti berperan efektif dalam berbagai penelitian bioplastik. Terlepas dari itu, pemakaian gliserol selaku agen pemlastis juga dikarenakan gliserol memiliki keunggulan tertentu dibanding agen-agen pemlastis lainnya. Secara teknis, menurut Rodriguez *et al.* (2006), gliserol efektif mengurangi tingkat kegetasan serta memiliki sifat hidrofilik, sehingga hal ini membuat gliserol sangat cocok untuk ditambahkan pada bahan pembentuk film yang juga bersifat hidrofilik seperti pati. Pembuatan plastik *biodegradable* dari pati umbi walur pada penelitian ini disertai dengan variasi banyaknya penambahan gliserol selaku agen pemlastis. Hal ini sekaligus bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi penambahan gliserol terhadap kadar air dan gugus fungsi plastik *biodegradable* dari pati umbi walur.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada proses pembuatan plastik *biodegradable* dari pati umbi walur antara lain adalah *Hot plate magnetic stirrer* merk “JLab Tech” tipe Analog Hot Stirrer, oven merk “Mettmert” tipe U40, blender merk “Philips” tipe Food Grade 1 L, timbangan digital merk “Mettler Toledo” tipe Digital M-214a, ayakan 200 mesh, alat pencetak / cetakan kaca, mikrometer sekrup, kain saring, *beaker glass*, thermometer, *stopwatch*, pipet, penggaris, loyang, cawan, baskom, *cutter*, dan aluminium foil. Sedangkan alat yang digunakan untuk analisa adalah *Universal Testing Machine* (UTM) merk “Imada” tipe ZP-200N, *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) merk “Shimadzu IRPrestige-21” tipe FTIR-Spectrometer dan oven merk “Mettmert” tipe U40. Bahan-bahan yang digunakan pada proses pembuatan plastik *biodegradable* dari pati umbi walur antara lain pati umbi walur yang diperoleh dari wilayah Caruban Kabupaten Madiun, Jawa Timur, gliserol dan akuades pH 7 yang didapat dari CV. Makmur Sejati Malang.

Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan secara eksperimental dengan melakukan pembuatan plastik *biodegradable* dari pati umbi walur yang disertai dengan variasi penambahan gliserol selaku *plasticizer*. Di dalam pelaksanaannya, metode penelitian yang digunakan ialah Rancang Acak Lengkap (RAL) faktor tunggal dengan 5 taraf perlakuan dan 2 kali ulangan. Faktor tunggal tersebut ialah variasi penambahan gliserol. Sedangkan 5 taraf perlakuan yang dimaksud merupakan 5 variasi perlakuan terkait komposisi perbandingan antara pati walur dengan gliserol, dimana massa pati walur adalah konstan untuk seluruh perlakuan, sementara massa gliserol berbeda-beda untuk setiap perlakuan. Lima (5) variasi komposisi perbandingan antara pati walur dengan gliserol tersebut meliputi 94 : 6 (5 g : 0,32 g), 90 : 10 (5 g : 0,55 g), 86 : 14 (5 g : 0,81 g), 82 : 18 (5 g : 1,1 g), dan 78 : 22 (5 g : 1,4 g). Selanjutnya data kadar air yang didapatkan dianalisa secara statistik menggunakan ANOVA (tipe *oneway*) dan diuji lanjut dengan uji BNT 5% dan DMRT 5%, sementara data gugus fungsi yang dihasilkan dianalisa secara deskriptif. Adapun data untuk kadar air mencakup seluruh taraf perlakuan, sedangkan data untuk gugus fungsi hanya diambil dari tiga taraf perlakuan, yakni pada perbandingan 94 : 6, 86 : 14 dan 78 : 22.

Pembuatan Pati Umbi Walur

Pembuatan pati dari umbi walur diawali dengan membersihkan atau mencuci umbi walur. Umbi walur yang telah bersih, lalu dikupas dan dipotong menjadi ukuran yang lebih kecil. Umbi walur yang telah dipotong kecil-kecil, lalu ditambahkan air dan *blender*. Hasil *blenderan* tersebut lalu diperas menggunakan kain saring. Hasil perasan yang telah didapat lalu dimasukkan ke dalam wadah untuk diendapkan selama 24 jam. Setelah 24

jam, bagian cair dalam wadah tersebut dipisahkan atau ditiriskan perlahan hingga pada akhirnya didapatkan endapan pati walur basah yang mengendap atau menempel pada area bawah wadah. Sampai dengan ini, istilah proses yang sering dipakai ialah ekstraksi. Endapan pati walur basah tersebut lalu dikeringkan dengan suhu 50°C selama 4 jam. Setelah kering, pati walur diayak menggunakan ayakan 200 mesh dan selanjutnya siap digunakan pada pembuatan plastik *biodegradable*.

Pembuatan Plastik *Biodegradable*

Pembuatan plastik *biodegradable* dari pati umbi walur diawali dengan menambahkan *aquades* pada pati umbi walur lalu mengaduknya selama 5 menit. Setiap 5 gram pati umbi walur ditambahkan *aquades* sebanyak 50 ml. Setelah pati umbi walur dan *aquades* homogen, lalu kedalamnya ditambahkan gliserol dan diaduk menggunakan *hot plate magnetic stirrer* dengan kecepatan 150 rpm dan suhu pencampuran 80°C selama 10 menit. Setelah proses polimerisasi pada *hot plate magnetic stirrer* tersebut selesai maka jadilah adonan plastik *biodegradable*. Proses selanjutnya ialah pencetakan adonan plastik *biodegradable* pada alat pencetak berupa cetakan kaca yang berukuran 10 cm X 15 cm dan telah diberi batas pada kedua sisi panjangnya dengan 3 lapis selotip sebagai pengatur ketebalan plastik (ketebalan maksimal dari plastik *biodegradable* yang dapat dihasilkan adalah 0,3 mm). Adonan plastik *biodegradable* yang telah dituang pada cetakan kaca kemudian diratakan perlahan dengan penggaris, lalu dioven untuk dikeringkan. Proses pengeringan dilakukan pada suhu 70°C selama 3 jam. Setelah 3 jam, adonan plastik *biodegradable* telah kering dan dapat diangkat atau dilepas dari cetakan kaca tersebut, sehingga jadilah plastik *biodegradable*. Proses pelepasan atau pengangkatan plastik *biodegradable* tersebut dilakukan dengan menggunakan *cutter*.

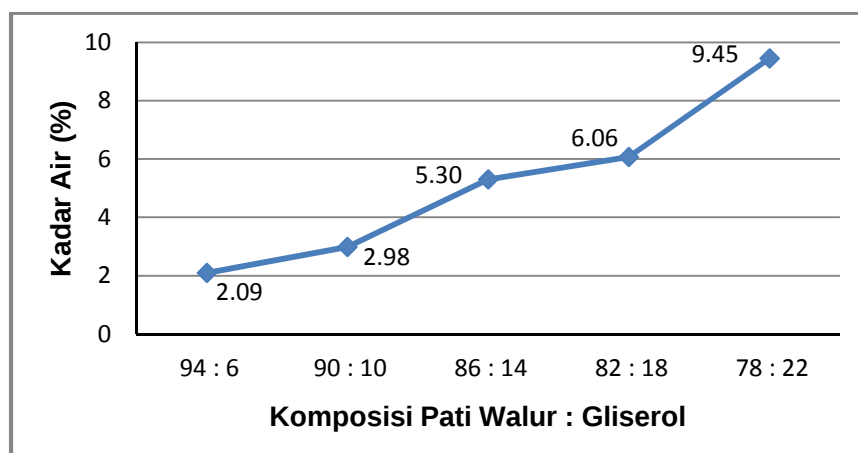
Parameter Pengamatan

Parameter ukur yang diamati dan dianalisa dalam penelitian ini meliputi kadar air (Kuswanto, 2003) dan gugus fungsi dari plastik *biodegradable* melalui uji FTIR (Fourier Transform Infra Red) (Ristiana, 2006).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Penambahan Gliserol Terhadap Kadar Air Plastik *Biodegradable*

Hasil rerata kadar air plastik *biodegradable* dari pati umbi walur berkisar antara 2,09 hingga 9,45 %. Grafik hubungan antara variasi komposisi pati walur dan gliserol terhadap kadar air plastik *biodegradable* ditunjukkan pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Rerata Kadar Air Berbagai Variasi Penambahan Gliserol

Berdasarkan grafik kadar air tersebut, terlihat bahwa terjadi suatu pola peningkatan nilai kadar air dari perlakuan 94 pati walur : 6 gliserol menuju perlakuan 78 pati walur : 22 gliserol, dimana pada perlakuan 94 pati walur : 6 gliserol dihasilkan nilai kadar air yang paling rendah (2,09 %), sedangkan pada perlakuan 78 pati walur : 22 gliserol dihasilkan nilai kadar air tertinggi (9,45 %). Adapun nilai-nilai kadar air yang telah diperoleh tersebut selanjutnya dianalisa secara statistik. Hasil uji ANOVA dengan taraf 5% ($\alpha=0,05$) menunjukkan bahwa adanya variasi penambahan gliserol berpengaruh nyata (signifikan) terhadap kadar air plastik *biodegradable*. Hal ini dibuktikan dari nilai F-hitung (35,090) yang lebih besar dibanding nilai F-tabel 5% (5,192). Sementara uji lanjut BNT dan DMRT pada taraf 5% (nilai alpha 0,05) juga menunjukkan hasil yang sama dengan hasil uji ANOVA, dimana adanya variasi penambahan gliserol pada tiap perlakuan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kadar air plastik *biodegradable* yang dihasilkan. Namun demikian, secara khusus (berdasarkan uji DMRT taraf 5%), terdapat pula kondisi yang tidak berbeda signifikan. Kondisi tidak berbeda signifikan tersebut terjadi pada

perlakuan 94 pati walur : 6 gliserol terhadap 90 pati walur : 10 gliserol (atau sebaliknya) dan perlakuan 86 pati walur : 14 gliserol terhadap 82 pati walur : 18 gliserol (atau sebaliknya).

Adanya pola peningkatan nilai kadar air tersebut pada dasarnya telah membuktikan terjadinya suatu hubungan yang berbanding lurus antara bertambahnya massa gliserol dalam perlakuan dengan kenaikan nilai kadar air sampel. Hal ini sesuai dengan Guilbert dan Gontard (2005) dan Shi *et al.* (2007) yang menjelaskan bahwa gliserol mampu mengikat air saat proses polimerisasi berlangsung karena sifatnya yang hidrofilik, sehingga kadar air suatu material polimer akan meningkat seiring bertambahnya massa gliserol yang digunakan. Terlepas dari itu, Rodriguez *et al.* (2006) menambahkan bahwa kemampuan gliserol mengikat air selama proses polimerisasi turut memberikan manfaat dalam pembuatan plastik *biodegradable*, dimana dengan terikatnya air tersebut maka tingkat kegetasan material polimer (plastik *biodegradable*) akan menurun hingga pada akhirnya dapat terbentuk sifat material yang lebih lentur dan fleksibel.

Pengaruh Penambahan Gliserol Terhadap Gugus Fungsi Plastik *Biodegradable*

Secara umum, variasi penambahan gliserol pada tiap-tiap perlakuan tidak menunjukkan adanya perbedaan atau perubahan pada gugus fungsi plastik *biodegradable* berbahan dasar pati umbi walur. Berdasarkan hasil uji FTIR, informasi terkait gugus fungsi yang muncul pada plastik *biodegradable* perlakuan 94 pati walur : 6 gliserol, 86 pati walur: 14 gliserol, dan 78 pati walur: 22 gliserol ditunjukkan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Hasil Uji FTIR

Komposisi Pati Walur : Gliserol (%)	Nilai Gelombang Puncak (cm ⁻¹)	Frekuensi Gelombang (cm ⁻¹)	Gugus Fungsi (Ikatan / Senyawa)
94 : 6	2958,80	2850 - 2970	C – H / Alkana kuat
	2142,81	2100 - 2260	C ≡ C / Alkuna
	1610,56	1610 - 1680	C = C / Alkena
	1166,71	1050 - 1300	C – O / Alkohol/ eter/ ester/ as.karboksilat
	941,26	675 - 995	C – H / Alkena kuat
	775,88	690 - 900	C – H / Cincin aromatik
86 : 14	2951,09	2850 - 2970	C – H / Alkana kuat
	2142,91	2100 - 2260	C ≡ C / Alkuna
	1610,56	1610 - 1680	C = C / Alkena
	1166,71	1050 - 1300	C – O / Alkohol/ eter/ ester/ as.karboksilat
	937,40	675 - 995	C – H / Alkena kuat
	775,38	690 - 900	C – H / Cincin aromatik
78 : 22	2949,16	2850 - 2970	C – H / Alkana kuat
	2144,84	2100 - 2260	C ≡ C / Alkuna
	1610,56	1610 - 1680	C = C / Alkena
	1166,71	1050 - 1300	C – O / Alkohol/ eter/ ester/ as.karboksilat
	937,40	675 - 995	C – H / Alkena kuat
	773,46	690 - 900	C – H / Cincin aromatik

Hasil pengujian FTIR membuktikan bahwa di dalam penelitian ini, sampel uji yang mewakili tiga titik perlakuan (94 : 6, 86 : 14 dan 78 : 22) ternyata menghasilkan 6 gugus fungsi yang sama. Hal ini sekaligus menunjukkan bahwa variasi penambahan gliserol pada tiga perlakuan tersebut tidak menyebabkan perbedaan kandungan gugus fungsi pada sampel-sampel plastik *biodegradable*. Namun demikian, 6 gugus fungsi yang dihasilkan tersebut memberikan informasi bahwa pada akhirnya gugus fungsi plastik *biodegradable* mengalami penurunan dibanding dengan kandungan awal gugus fungsi bahan dasarnya, yakni pati umbi walur. Dasuki, M., dkk. (2013) menjelaskan bahwa kandungan gugus fungsi pada pati umbi marga *Amorphophallus* (termasuk Walur) ada pada kisaran 10 sampai 15 gugus fungsi. Penurunan kandungan gugus fungsi ini turut sesuai dengan Sinaga, R., dkk. (2014) yang menerangkan bahwa gugus fungsi pada lembaran bioplastik yang terbentuk akan mengalami penurunan dibandingkan dengan gugus fungsi awal bahan bakunya sebagai akibat dari proses pembuatan bioplastik itu sendiri, seperti gelatinisasi atau polimerisasi. Sinaga, R., dkk. (2014) menambahkan bahwa proses gelatinisasi atau polimerisasi memang dapat memecahkan ikatan polimer, menurunkan kandungan gugus fungsi hingga menyebabkan bertambahnya ruang-ruang kosong pada struktur bioplastik, namun hal ini pula yang dapat menjelaskan bagaimana karakter plastik dapat terbentuk pada lembaran bioplastik.

Kandungan gugus fungsi dari ketiga sampel uji dalam penelitian ini (perlakuan 94 : 6, 86 : 14 dan 78 : 22) menunjukkan kondisi yang sama setelah melalui pengujian FTIR. Tercatat bahwa secara umum terdapat 6 gugus fungsi yang sama pada ketiga sampel tersebut. Namun secara lebih rinci (dengan merujuk Tabel 1), terdapat

perbedaan pada capaian nilai gelombang puncaknya meskipun dalam selisih – selisih yang kecil. Tabel 2 menunjukkan perbedaan nilai-nilai gelombang puncak serapan infra merah berdasarkan hasil uji FTIR.

Tabel 2. Perolehan Nilai Gelombang Puncak Serapan Infra Merah

Gugus Fungsi	Nilai Gelombang Puncak (cm ⁻¹)		
	94 : 6	86 : 14	78 : 22
Alkana kuat	2958,80	2951,09	2949,16
Alkuna	2142,81	2142,91	2144,84
Alkena *	1610,56	1610,56	1610,56
Alkohol/ eter/ ester/ asam karboksilat *	1166,71	1166,71	1166,71
Alkena kuat	941,26	937,40	937,40
Cincin aromatik	775,88	775,38	773,46

Keterangan : * menunjukkan nilai gelombang puncak dari seluruh perlakuan adalah sama pada gugus fungsi tersebut.

Dari keenam gugus fungsi yang dihasilkan sampel-sampel plastik *biodegradable* (perlakuan 94 : 6, 86 : 14 dan 78 : 22), terdapat 2 gugus fungsi dengan perolehan nilai gelombang puncak yang sama, dan 4 gugus fungsi dengan perolehan nilai gelombang puncak yang berbeda-beda. Dua gugus fungsi yang dimaksud ialah alkena dan senyawa yang dimungkinkan dapat berupa alkohol, eter, ester atau asam karboksilat, sementara 4 gugus fungsi dengan perolehan nilai gelombang puncak yang berbeda ialah alkana kuat, alkuna, alkena kuat dan cincin aromatik.

KESIMPULAN

Langkah pembuatan plastik *biodegradable* berbahan dasar umbi walur diawali dengan pembuatan pati dari umbi walur melalui proses ekstraksi, lalu dilanjutkan dengan pembuatan plastik *biodegradable* dari pati tersebut dengan melalui beberapa tahapan, yakni polimerisasi, pencetakan, pengeringan dan pelepasan. Dalam penelitian ini, variasi penambahan gliserol terbukti memberikan pengaruh yang signifikan terhadap parameter kadar air, namun tidak berpengaruh signifikan pada parameter gugus fungsi plastik *biodegradable* berbahan dasar umbi walur. Penambahan massa gliserol dalam campuran polimer menyebabkan peningkatan persentase kadar air plastik *biodegradable*, dimana kadar air tertinggi sebesar 9,45 % ada pada perlakuan 78% pati walur : 22% gliserol. Sementara dalam kajian gugus fungsi, seluruh perlakuan memiliki gugus fungsi yang sama, yakni alkana kuat, alkuna, alkena, alkena kuat, cincin aromatik, dan senyawa lain yang dimungkinkan sebagai alkohol, eter, ester, atau asam karboksilat. Adapun analisa lebih lanjut menunjukkan adanya perbedaan pada perolehan nilai gelombang puncak serapan infra merah pada masing-masing perlakuan.

DAFTAR PUSTAKA

- Dasuki, M., Lizda, J.M., dan Zulkifli. 2013. *Pengaruh Penambahan NaOH Terhadap Karakteristik Bioplastik Tepung Porang*. Jurusan Teknik Fisika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember . Surabaya.
- Guilbert, S dan N. Gontard. 2005. *Agropolymer for Edible Film and Biodegradable Film. Review of Agricultural Polymers Material*. Physical and Mechanical Characteristic. Innovation in Food Packaging. J.H. Han (Ed) Elsevier.
- Julianti, Elisa dan Mimi Nurminah. 2006. *Buku Ajar Teknologi Pengemasan Departemen Teknologi Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara*. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Kuswanto, H. 2003. *Teknologi Pemrosesan, Pengemasan, dan Penyimpanan Benih*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Ristiana, M. 2006. *Petunjuk Instrumen Kimia*. Batan. Yogyakarta.
- Rodriguez Maris, Osés Javier, Ziani Khalid, Mete Juan I. 2006. *Combined Effect of Plastizers and Surfactants on the Physical Properties of Starch Based Edible Film*. *J. Food Research International*. 39: pp 840-646.
- Shi, R., Zhang, Z., Liu, Q., Han, Y., Zhang, L., Chen, D. and Tian, W. 2007. *Characterization of Citric Acid / Glycerol Co-Plasticized Thermoplastic Starch Prepared by Melt Blending*. *Carbohydrate Polymers*, 69.

- Sinaga, R., Gita M.G., Hendra S.G., dan Rosdanelli H. 2014. ***Pengaruh Penambahan Gliserol Terhadap Sifat Kekuatan Tarik dan Pemanjangan Saat Putus Bioplastik dari Pati Umbi Talas***. Departemen Teknik Kimia. Usu. Sumatera Utara.
- Stevens, MP. 2007. ***Polymer Chemistry*** terjemahan oleh Iis Sopyan. PT. Pradnya Paramita. Jakarta.