

PEMBUATAN *POLYBLEND* DARI LIMBAH *STYROFOAM* DAN α -SELULOSA SERAT DAUN NANAS SEBAGAI BAHAN DASAR PLASTIK RAMAH LINGKUNGAN

Ufiek Andriyani^{1*}, Harlia¹, Intan Syahbanu¹

¹Program Studi Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Tanjungpura,
Jl. Prof. Dr. H. Hadari Nawawi, Pontianak
e-mail: andriyaniupik@gmail.com

ABSTRAK

Pembuatan polyblend sebagai bahan dasar plastik ramah lingkungan telah dilakukan dari limbah styrofoam dan serat daun nanas. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui formula terbaik dari polyblend antara limbah styrofoam dan α -selulosa serta mengetahui kemampuan terdegradasi oleh mikroorganisme dengan metode pencampuran. Campuran styrofoam-diklorometana divariasikan dengan campuran dimetil sulfoksida- α -selulosa dengan formulasi (90:10); (80:20); (70:30); (60:40). Penambahan gliserol pada setiap formulasi dilakukan untuk meningkatkan sifat mekanik dan biodegradabilitas dalam tanah. Formulasi terbaik polyblend antara limbah styrofoam dan α -selulosa yaitu 90:10. Nilai kuat tarik yang dihasilkan adalah 10,492 MPa, elongasi 10%, persentase daya serap air 14,81% serta kemampuan terdegradasi 25,225% di dalam tanah. Hasil analisis karakteristik gugus fungsi menggunakan Fourier Transform Infrared (FT-IR) menunjukkan adanya puncak baru pada styrofoam- α -selulosa pada panjang gelombang 2345,16 cm^{-1} yang menunjukkan gugus alkil. Puncak tersebut menandakan adanya interaksi kimiawi antara gugus fungsi dari styrofoam dan α -selulosa dari serat nanas.

Kata kunci: α -selulosa, daun nanas, plastik, lingkungan, styrofoam

PENDAHULUAN

Bahan plastik kemasan telah menjadi kebutuhan hidup yang jumlah penggunaannya terus meningkat setiap tahun. Kebutuhan plastik di Indonesia mengalami kenaikan rata-rata 200 ton pertahun. Plastik yang digunakan saat ini merupakan polimer sintetik, terbuat dari minyak bumi (*non-renewable*) yang tidak dapat didegradasi oleh mikroorganisme di lingkungan. Kondisi demikian menyebabkan kemasan plastik sintetik tersebut tidak dapat dipertahankan penggunaannya secara meluas karena akan menambah persoalan lingkungan hidup dimasa mendatang. Plastik ramah lingkungan adalah plastik yang dapat terurai oleh aktivitas mikroorganisme karena sifatnya dapat kembali ke alam (Widyasari, 2010). Bahan yang bisa ditambahkan dalam plastik ramah lingkungan yaitu α -selulosa. Selulosa adalah suatu bahan yang sangat populer sebagai bahan pengisi pada pembuatan plastik ramah lingkungan, terutama α -selulosa yang berasal dari tumbuhan seperti serat daun nanas (*pineapple-leaf fibers*) yang diperoleh dari daun-daun tanaman nanas.

Tanaman nanas di Indonesia sudah banyak dibudidayakan sejak sebelum terjadinya kemerdekaan Republik Indonesia, terutama di pulau Jawa dan Sumatra yang merupakan salah satu sumber daya alam yang cukup berpotensi. Tanaman nanas akan dibongkar setelah dua atau tiga kali panen untuk diganti tanaman baru, oleh karena itu limbah daun nanas bertambah secara berkesinambungan sehingga cukup potensial untuk dimanfaatkan sebagai bahan pengisi dalam pembuatan plastik ramah lingkungan. Salah satu material polimer yang digunakan adalah *styrofoam* sebagai tempat makanan plastik, pelindung barang elektronik, gelas plastik, dan lainnya.

Penelitian ini dilakukan pembuatan plastik ramah lingkungan dari limbah *styrofoam* dan α -selulosa dari serat daun nanas serta penambahan gliserol sebagai *plastizicer* untuk meningkatkan sifat mekanik dan laju biodegradasi di dalam tanah. Penelitian ini perlu dilakukan guna mengetahui potensi plastik ramah lingkungan dari limbah *styrofoam*- α -selulosa serta menentukan formula terbaik dalam pembuatan plastik ramah lingkungan dari limbah *styrofoam*- α -selulosa.

METODOLOGI PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat refluks, alat ukur *tensile strength* ASTM-D-1822-L, blender, cawan petri, desikator, labu leher dua, oven, penangas air, peralatan gelas standar, spatula, dan spektrofotometer FT-IR (Perkin elmer).

Bahan yang digunakan dalam percobaan ini ialah asam nitrat (HNO₃) (Emsure®), daun nanas, 1,2-diklorometana (DCM) (Emsure®), dimetil sulfoksida (DMSO) (Emsure®), etanol (C₂H₆O) (Emsure®), gliserol (C₃H₈O₃) (Emsure®), kertas saring, n-heksana (C₆H₁₄) (Emsure®), natrium hidroksida (NaOH) (Emsure®), natrium hipoklorit (NaOCl) (Bayclin®), natrium sulfit (Na₂SO₃) (Emsure®), dan limbah *styrofoam*.

Prosedur Penelitian

Ekstraksi serat daun nanas

Preparasi serat daun nanas dilakukan proses *water-retting* dengan cara merendam daun nanas kedalam air selama tiga minggu. Daun nanas yang telah mengalami proses *water retting* selanjutnya dilakukan proses pengerokan (*scraping*) dengan menggunakan plat. Serat yang dihasilkan kemudian dicuci, dikeringkan, dan dihaluskan (Hidayat, 2008).

Serat daun nanas sebanyak 25 gram diekstrak dengan heksana-etanol (2:1 v/v) sebanyak 400 mL heksana dan 200 mL etanol dalam alat refluks selama 6 jam. Sampel kemudian dikeringkan pada suhu kamar dan dicampur dengan 250 mL asam nitrat 3,5%, selanjutnya dipanaskan dalam *waterbath* pada suhu 90°C selama 2 jam setelah itu disaring. Residu dicuci dengan akuades dan disaring dengan kertas saring selanjutnya sampel ditambahkan dengan 250 mL campuran larutan natrium hidroksida 2% dan natrium sulfit 2%, kemudian dipanaskan pada suhu 50°C selama 1 jam lalu dicuci, dan disaring (Zulharmita, 2012).

Pemisahan α-selulosa dari serat daun nanas

Selulosa yang didapat dari serat daun nanas dicampurkan dengan 250 mL natrium hidroksida 17,5% kemudian dipanaskan pada suhu 80°C selama 30 menit. Hasil yang didapat kemudian dicuci bersih dengan akuades dan ditambah dengan larutan natrium hipoklorit 3,5% sebanyak 100 mL, selanjutnya dipanaskan pada suhu 100°C selama 5 menit, kemudian dicuci dengan akuades. Campuran disaring kemudian residu dikeringkan pada suhu 60°C dalam oven (Zulharmita, 2012).

Pembuatan polyblend

Polyblend dibuat dengan memodifikasi metode dari Sumarni, *et.al.* (2013) menggunakan limbah *styrofoam* dan α-selulosa dengan variasi komposisi % (w/w) sebagai berikut: (90/10); (80/20); (70/30); dan (60/40) sedangkan campuran pelarut yang digunakan antara diklorometana dan dimetil sulfoksida adalah 7 mL : 1,5 mL (v/v). Proses pembuatan *polyblend* dari *styrofoam* dan α-selulosa dilakukan dalam wadah yang berbeda. *Styrofoam* dilarutkan dalam diklorometana sedangkan α-selulosa dilarutkan dalam dimetil sulfoksida dan 0,7 mL gliserol. Kedua larutan kemudian dicampurkan dan dihomogenkan selama 20 menit pada suhu ruangan lalu campuran dicetak (proses *casting*). *Polyblend* yang dihasilkan dikarakterisasi menggunakan alat *tensile strength* sesuai dengan ASTM-D-1822-L untuk polimer plastik dan karakteristik gugus fungsi menggunakan instrument *Fourier Transform Infrared* (FTIR), selanjutnya dilakukan uji ketahanan air dan uji biodegradabilitas.

Karakterisasi plastik

Uji ketahanan air

Uji ini didasarkan pada metode yang dilakukan oleh Pimpan, *et.al.* (2001) yaitu plastik dipotong dengan ukuran 1 cm x 1 cm dan ditimbang, lalu dimasukkan ke dalam gelas beker telah diisi akuades sebanyak 5 ml, dan didiamkan dalam suhu kamar. Setiap satu menit plastik diambil dan air yang terdapat pada permukaan plastik dikeringkan dengan tisu selanjutnya ditimbang. Langkah ini dilakukan berulang-ulang sampai diperoleh berat konstan. Berdasarkan hasil pengukuran berat tersebut, dilakukan perhitungan seperti pada persamaan berikut:

$$\text{Air yang diserap} = \frac{W - W_0}{W_0}$$

dimana W_0 = berat sampel kering dan W = berat sampel setelah dikondisikan dalam akuades. Kemudian, persen air yang diserap dikalkulasi lagi dalam perhitungan berikut

% ketahanan air = 100% - persen air yang diserap

Uji biodegradabilitas

Uji biodegradabilitas dilakukan dengan memodifikasi metode dari Cornelia *et al.*, (2001). Plastik dipotong dengan ukuran 5 cm x 1 cm kemudian ditimbang sampai diperoleh berat konstan. Plastik di pendam dalam tanah selama 49 hari dengan kedalaman 10 cm di bawah permukaan tanah. Kemudian sampel dibersihkan dan ditimbang sampai diperoleh berat konstan. Perhitungan yang dilakukan untuk melihat persentase kehilangan berat pada plastik sebagai berikut:

$$\% \text{ kehilangan berat} = \frac{(W_1 - W_2)}{W_1} \times 100\%$$

keterangan: W_1 adalah berat sampel sebelum penguburan dan W_2 adalah berat sampel setelah penguburan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Preparasi serat nanas dilakukan dengan proses *water-retting* oleh mikroorganisme selama 3 minggu tanpa terpapar sinar matahari. Serat yang diperoleh langsung dicuci menggunakan air mengalir kemudian dilakukan proses pengikisan (*scraping*) dengan menggunakan plat yang tidak tajam untuk diambil serat-serat daun nanas yang terurai satu dengan lainnya kemudian serat daun nanas dicuci menggunakan air mengalir serta dikeringkan dibawah sinar matahari. Serat daun nanas yang telah kering kemudian dihaluskan dengan blender. Serat daun nanas diekstrak dengan heksana-etanol, hal tersebut dilakukan untuk memisahkan senyawa polar dan nonpolar yang terdapat pada serat nanas. Sampel yang telah diekstraksi kemudian disaring untuk memisahkan filtrat dan residu. Residu serat daun nanas dicampur dengan asam nitrat kemudian dipanaskan dalam *waterbath* dan disaring.

Residu dicuci menggunakan akuades dan disaring kemudian ditambahkan campuran larutan natrium hidroksida dan natrium sulfit serta dipanaskan. Campuran larutan natrium hidroksida dan natrium sulfit berfungsi untuk menyempurnakan pembebasan lignin dari sampel serat nanas kemudian sampel dicuci menggunakan akuades dan disaring. Residu serat daun nanas ditambahkan larutan natrium hipoklorit serta dididihkan yang bertujuan untuk menghilangkan residu lignin pada serat daun nanas (Zulharmita, 2012).

Pemisahan α -Selulosa

Selulosa yang didapat dari serat daun nanas direaksikan dengan natrium hidroksida 17,5% dan dipanaskan. Larutan natrium hipoklorit ditambahkan ke residu hasil penyaringan α -selulosa agar bereaksi dengan lignin. Selulosa α tidak larut dalam larutan NaOH 17,5% karena memiliki nilai derajat polimerisasi 600-1500 sedangkan β -selulosa dan γ -selulosa dapat larut dalam larutan NaOH 17,5% yang memiliki nilai derajat polimerisasi 15-90 dan kurang dari 15 (Nuringtyas, 2010).

Berdasarkan geometrinya, α -selulosa memiliki gugus -OH pada posisi aksial yang lebih stabil daripada posisi ekuatorial sehingga tidak dapat disubstitusi oleh atom Na karena posisi aksial memiliki efek tolakan sterik lebih besar dibandingkan posisi ekuatorial pada β -selulosa, sehingga α -selulosa tidak larut dalam larutan NaOH 17,5% (Fessenden dan Fessenden, 1986). Ikatan rantai karbon α -selulosa lebih panjang daripada β -selulosa dan γ -selulosa sehingga berhubungan dengan tidak larut α -selulosa dalam larutan NaOH 17,5% (Nuringtyas, 2010). Selulosa α yang dihasilkan serta limbah *styrofoam* sebagai bahan dasar pembuatan plastik ramah lingkungan dianalisis dengan FT-IR.

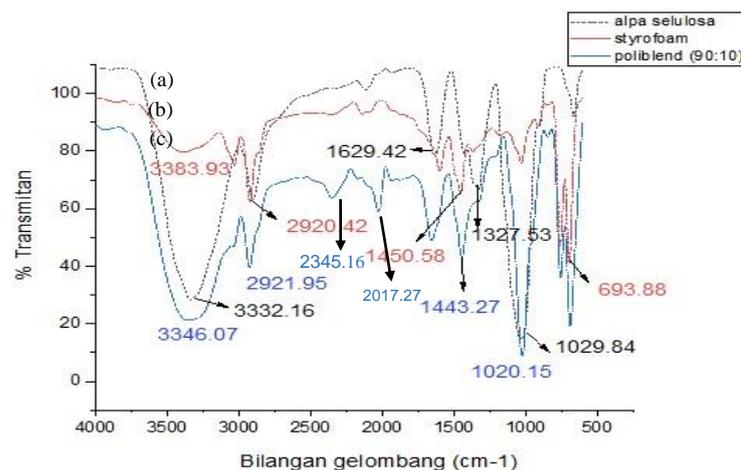
Plastik Ramah Lingkungan dari Limbah *Styrofoam* dan α -Selulosa

Poliblend antara limbah *styrofoam* dan α -selulosa dibuat dengan variasi komposisi % (w/w) sebagai berikut: (90/10); (80/20); (70/30); (60/40). Kedua jenis larutan dicampurkan dan dihomogenkan hingga gelembung udara tidak terbentuk didalam larutan, bertujuan meminimalisir terjadinya deformasi (rusak) karena terdapat lubang di dalam lapisan (Coniwati, 2014). Campuran dicetak menggunakan plat kaca.

Pembuatan plastik ramah lingkungan dilakukan dengan metode inversi fasa yaitu teknik penguapan pelarut (*solvent casting*). Teknik ini dipilih karena sederhana. Gliserol digunakan sebagai *plasticizer* bertujuan untuk menurunkan kekuatan inter dan intra molekular dan meningkatkan mobilitas dan fleksibilitas plastik (Sanchez *et al.*, 1998).

Analisis Karakteristik dengan FT-IR pada Poliblend Plastik Limbah *Styrofoam*- α -Selulosa

Ketiga sampel yaitu α -selulosa, limbah *styrofoam* dan plastik poliblend limbah *styrofoam*- α -selulosa dianalisis dengan menggunakan *Fourier Transform Infrared* (FT-IR) untuk mengetahui gugus fungsinya yang akan dihasilkan dari puncak-puncak pada spektrum Gambar 1.



Gambar 1. Perbandingan FT-IR (a) α -selulosa dari serat daun nenas, (b) limbah *styrofoam*, dan (c) plastik limbah *styrofoam*- α -selulosa.

Hasil terlihat pada Gambar 1 gugus O-H hidroksil dari α -selulosa pada bilangan gelombang 3346,07 puncaknya lebih melebar dikarenakan penambahan gliserol yang memiliki gugus serupa, kemudian adanya penyisipan C-H alifatik dari limbah *styrofoam* pada bilangan gelombang 844,92 cm^{-1} . Hal ini menunjukkan bahwa α -selulosa dan gliserol memiliki gugus -OH yang menyerap semua radiasi sehingga persentase transmittannya menurun demikian juga yang terjadi pada puncak-puncak lain, yaitu C-O eter di 1250-970 cm^{-1} , C-H alifatik di bilangan gelombang 2960-2850 cm^{-1} , serta O-H di bilangan gelombang 3700-3780 cm^{-1} dan lainnya.

Spektrum *polyblend* memperlihatkan puncak baru yaitu 2345,16 cm^{-1} dan 2017,17 cm^{-1} . Puncak tersebut menandakan adanya interaksi kimiawi. Menurut Silverstein, *et al.*, (1986) adanya pita-pita serapan vibrasi C-H merupakan ciri khas bagi tiap corak gugus-gugus pada cincin aromatik. Pelebaran puncak dan menurunnya persentase transmittan gugus yang menyerap radiasi menunjukkan bahwa masing-masing komponen dengan gugus fungsinya mengalami interaksi kimiawi antara gugus fungsi spesifik pada α -selulosa, limbah *styrofoam*, dan gliserol.

Darni dan Herti (2010) menyatakan bahwa gugus fungsi O-H pada plastik yang disintesis mengindikasikan plastik tersebut memiliki kemampuan terbiodegradasi. Hal ini disebabkan gugus O-H bersifat hidrofilik pada α -selulosa, gugus tersebut dapat mengikat molekul-molekul air yang berasal dari lingkungan sehingga mikroorganisme dapat memasuki matriks plastik semakin banyak seiring dengan tingginya intensitas gugus hidrofilik. Hal ini juga berhubungan dengan uji ketahanan air pada plastik limbah *styrofoam*- α -selulosa, dimana semakin sedikit penggunaan α -selulosa maka semakin baik ketahanan air pada plastik berdasarkan data pada Tabel 1.

Karakteristik Sifat Mekanik Dan Ketahanan Air pada Poliblend Plastik Limbah *Styrofoam- α -Selulosa*

Berikut merupakan perbandingan sifat mekanik dan ketahanan air pada plastik limbah styrofoam- α -selulosa disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan Sifat Mekanik dan Ketahanan air

Formula plastik	Ketahanan terhadap air (%)	Kuat tarik (MPa)	EB (%)
90:10	85,19	10,492	10
80:20	75,93	9,499	10
70:30	82,22	11,003	0
60:40	80,37	9,226	0
limbah <i>styrofoam</i>	98,72	6,44	34

Berdasarkan Tabel 1, nilai kuat tarik plastik *styrofoam- α -selulosa* telah memenuhi golongan *Moderate Properties* plastik *biodegradable* yaitu pada formula 90:10, 80:20 akan tetapi pada formula 70:30 dan 60:40 tidak memenuhi golongan *Moderate Properties*. Plastik yang memenuhi golongan *Moderate Properties* harus memiliki nilai elongasi sebesar 10-20% dan nilai kuat tarik 1-10 Mpa (Purwanti, 2010).

Besarnya nilai kuat tarik pada plastik disebabkan distribusi sempurna dari masing-masing komponen penyusun serta interaksi antar α -selulosa dengan gliserol yang cukup kuat untuk menahan beban saat diujikan kuat tariknya. Elongasi ialah nilai yang menyatakan elastisitas suatu plastik, berdasarkan Tabel 1 plastik komposisi (70:30) dan (60:40) dengan nilai elongasi 0 % disebabkan tidak seimbang dalam penggunaan gliserol dengan penambahan α -selulosa yang semakin meningkat sedangkan jumlah gliserol (*plasticizer*) tetap. Plastik limbah *styrofoam- α -selulosa* dengan formula terbaik berdasarkan nilai kuat tarik dan elongasi tertinggi yaitu formula 90:10 serta memenuhi nilai standar elongasi dan kuat tarik untuk golongan *Moderate Properties* plastik *biodegradable*.

Uji biodegradabilitas

Uji biodegradabilitas atau kemampuan biodegradasi plastik dilakukan untuk mengetahui pengaruh alam terhadap plastik dalam jangka waktu tertentu, sehingga akan diperoleh persentase kerusakan atau persentase kehilangan berat pada plastik. Berdasarkan standar *European Union* tentang biodegradasi plastik, plastik *biodegradable* harus terdekomposisi menjadi karbondioksida, air, dan substansi humus dalam waktu maksimal 6 sampai 9 bulan (Sarka, *et.al.*, 2011). Plastik limbah *styrofoam- α -selulosa* yang dihasilkan diuji biodegradabilitas dengan nilai kehilangan berat plastik seperti terlihat pada grafik dan tabel sebagai berikut:

Tabel 2. Persen Kehilangan Berat pada Plastik

Formula plastik	Kehilangan berat (%)
90:10	25,225
80:20	17,457
70:30	20,465
60:40	32,815
<i>Styrofoam</i>	1,025

Berdasarkan Tabel 2 pengurangan berat pada plastik limbah *styrofoam- α -selulosa* dikarenakan adanya penambahan komponen dari polimer alam pada plastik ramah lingkungan tersebut. Kemampuan biodegradasi semakin meningkat seiring dengan penggunaan jumlah α -selulosa dan gliserol yang mengandung gugus -OH yang mampu berikatan dengan molekul air yang berasal dari lingkungan sehingga membentuk ikatan hidrogen. Gliserol mempunyai kemampuan untuk mengikat kelembaban dari udara, sehingga dalam penelitian ini, plastik

limbah *styrofoam- α -selulosa* yang dihasilkan lebih cepat terdegradasi. Plastik kontrol (100% *styrofoam*) memiliki nilai kehilangan berat 0,922% ini dikarenakan tidak adanya gugus $-OH$ yang dapat berikatan dengan air. Semakin banyak penggunaan α -selulosa yang ditambahkan pada plastik limbah *styrofoam- α -selulosa* akan meningkatkan degradasi di dalam tanah seperti formulasi 60:40 yang memiliki persentasi tertinggi daripada formulasi lainnya yaitu 32,815%.

Formulasi 90:10 seharusnya memiliki biodegradasi yang paling rendah dari formulasi lainnya karena penggunaan α -selulosa lebih sedikit daripada formulasi 90:10. Besarnya nilai kehilangan berat pada formula 90:10 bisa disebabkan kandungan mikroorganisme dan molekul air di dalam tanah lebih banyak daripada formula lainnya, sehingga meningkatkan nilai kehilangan berat pada plastik formula 90:10. Pengujian biodegradasi dilakukan pada media lingkungan yaitu tanah dari perkarangan rumah di daerah kota Pontianak dengan pH 5 yang diukur secara manual menggunakan pH universal, dimana pengujian langsung di alam terbuka (*in-situ*) yang sulit dikontrol pada saat kondisi cuaca seperti panas dan hujan yang akan mempengaruhi kecepatan penguraian plastik yang diuji. Menurut penelitian Vijaya dan Reddy (2008) spesies-spesie mikroorganisme dominan pendegradasi pada plastik polietilena adalah *Bacillus sp.*, *Staphylococcus sp.*, *Streptococcus sp.*, *Pseudomonas sp.*, *Moraxella sp.*, *Aspergillus niger*, dan *A.flavus*.

Tabel 2 menunjukkan semakin lama uji pendam (*soil burial test*) pada plastik *styrofoam- α -selulosa* maka semakin cepat degradasi plastik tersebut. Persentasi kehilangan berat paling tinggi yaitu formula 60:40 menunjukkan bahwa diperlukan waktu 49 hari dengan kedalaman pendam yaitu 10 cm untuk dapat mendegradasi plastik *styrofoam- α -selulosa* sebesar 32,815%. Penentuan kedalaman tanah 10 cm dikarenakan mikroorganisme tanah biasanya berkembang pada lapisan tanah atas, misalnya bakteri aerobik dan fungi yang sangat menyukai lapisan tanah atas karena dekat dengan oksigen (Sarpian, 2003).

SIMPULAN

Plastik *styrofoam- α -selulosa* berpotensi menjadi plastik ramah lingkungan dikarenakan mampu terdegradasi oleh proses biologi sebesar 25% di dalam tanah yang memiliki pH 5. Formulasi terbaik dari bahan-bahan pembuat plastik *styrofoam- α -selulosa* yaitu 90:10 dengan nilai kuat tarik 10,492 MPa, elongasi 10%, persentase daya serap air 14,81% sehingga dapat dikatakan plastik ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Coniwanti, P., Linda L., dan Mardiyah, R.A., 2014, Pembuatan Film Plastik Biodegradebel dari Pati Jagung dengan Penambahan Kitosan dan Pemplastik Gliserol, *Jurnal Teknik Kimia*, 4 (20): 22-30.
- Cornelia M., Rizal S., Helfi E., dan Budi N., 2013, Pemanfaatan Pati Biji Durian (*Durio zibethinus Murr.*) dan Pati Sagu (*Metroxylon sp.*) dalam Pembuatan Bioplastik, *Jurnal Kimia Kemasan*, 35 (1): 20-29.
- Fessenden, R.J., dan Fessenden, J.S., 1986, *Kimia Organik Dasar Edisi Ketiga*, Jilid 1, Terjemahan oleh A.H. Pudjaatmaka, Erlangga, Jakarta.
- Hidayat, P., 2008, Pemanfaatan Serat Daun Nanas sebagai Alternatif Bahan Baku Tekstil, *Jurnal Teknik kimia*, 13 (2): 31-35.
- Nuringtyas, T. R., 2010, *Karbohidrat*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Purwanti, A., 2010. Analisis Kuat Tarik dan Elongasi Plastik kitosan Terplastisasi Sorbitol. *Jurnal Teknologi*. 3(2):99-106.
- Pimpan, V., Korawan R., and Mulika P., 2001, Preliminary Study on Preparation of *Biodegradable* Plastic from Modified Cassava Starch, *Journal Science Chulalongkom University*, 26(2).
- Sanchez-Moreno, C., Larrauri, J.A Saura-Calxto., F., 1998, New Parameter for Evaluation of Free Radical Capacity of Polyphenolls, in *2nd International Electronic Coference on Synthetic Organic Chemistry (ECSOC -2)*.
- Sumarni, Husain S., Rahman R., dan Musafiradkk , 2013, Kajian Fisika Kimia Limbah Styrofoams dan Aplikasinya, *Jurnal of Natural Science*. 2(3) :123 -131 ISSN: 2338-0950.

- Sarka, E., Zdenek K., Jiri K., Lubomir R., Anna K., Zdenek B dan Michaela R., 2011, Application of Wheat B-Starch in Biodegradable Plastic Materials, *Czech Journal of Food Science*, (29)3 :232-242.
- Silverstein, R. M., Bassler, G.C., dan Morrill, T. C., 1986, *Penyidikan Spektrometri Senyawa Organik Edisi 4*, Erlangga, Jakarta.
- Sarpian, 2003, *Pedoman Berkebun Lada dan Analisis Usaha Tani*, Kanisius, Yogyakarta.
- Vijaya, C., and Reddy, R.M., 2008, Impact of Soil Composting Using Municipal Solid Waste on Biodegradation of Plastic, *Indian Journal Biotechnol*, 7: 235-239
- Widyasari, R., 2010, Kajian Penambahan Onggok Termoplastis terhadap Karakteristik Plastik Komposit Polietilen, Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor. (Tesis).
- Yusuf, B., Alimuddin, Chairul, S., dan Dessy, R.R., 2014, Pembuatan Selulosa dari Kulit Singkong Termodifikasi 2-merkaptobenzotiazol untuk Pengendalian Pencemaran Logam Kadmium (II), *Jurnal Sains Dasar*, 3 (2): 169-173.
- Zulharmita, Siska, N.D., dan Mahyuddin, 2012, Pembuatan Mikrokristalin Selulosa dari Ampas Tebu (*Saccharum officinarum* L.), *Jurnal Sains dan Teknologi Farmasi*, 17(2): 158-163.