



PENGUNAAN *CARBOXY METHYL CELLULOSE* DAN GLISEROL PADA PEMBUATAN PLASTIK *BIODEGRADABLE* PATI GEMBILI

Muhammad Khoirul Hidayat*), Latifah dan Sri Mantini Rahayu Sedyawati

Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang

Gedung D6 Kampus Sekaran Gunungpati Telp. (024)8508112 Semarang 50229

Info Artikel

Sejarah Artikel:
Diterima Oktober 2013
Disetujui Oktober 2013
Dipublikasikan November 2013

Kata kunci:
plastik *biodegradable*
gembili
gliserol
carboxy methyl cellulose

Abstrak

Telah dilakukan penelitian tentang pembuatan plastik *biodegradable* dari pati gembili (*Dioscorea esculenta*) dengan menggunakan *plasticizer* gliserol dengan bahan tambahan yakni CMC (*carboxy methyl cellulose*). Tujuan penelitian ini adalah mengetahui kuat tarik plastik dengan *plasticizer* gliserol, mengetahui kuat tarik plastik dengan *plasticizer* gliserol dan bahan tambahan CMC serta karakteristik plastik yang dihasilkan. Gliserol yang ditambahkan divariasi 20, 25, 30 dan 35% dari massa pati. Kuat tarik terbaik pada penambahan gliserol 20% sebesar 7,10 MPa. Hasil tersebut digunakan untuk formulasi plastik dengan bahan tambahan CMC. Pada formulasi selanjutnya ditambahkan CMC, rasio pati : CMC yang memiliki kuat tarik terbaik adalah 7:3 sebesar 12,37 MPa. Plastik *biodegradable* yang dihasilkan dikarakterisasi menggunakan FT-IR, terdapat gugus C=O karbonil dan C-O ester sehingga mudah terdegradasi, bersifat hidrofil karena gugus fungsi plastik yang dihasilkan sama dengan komponen penyusunnya.

Abstract

Synthesis of biodegradable plastics made from *Dioscorea esculenta* using glycerol as plasticizer with addition of CMC (carboxy methyl cellulose) has been studied. The purpose of this research are identify the tensile strength of plastic with addition of glycerol, identify the tensile strength with addition of glycerol and CMC and characteristic of plastic. Variation of glycerol are 20, 25, 30 and 35% from starch weight. The best tensile strength of this plastic is 7,10 MPa. This result used for the next formulation with addition of CMC. The best formula with ratio starch : CMC is 7:3 and produce plastic with characteristic 12,37 MPa of tensile strength, 2,38% of elongation, 95,65% of water uptake, and degrade of 67,78% in two days. Analysis result of functional groups each plastic showing there are carbonyl (C=O) and ester (C-O) group so this plastic degradable.

Pendahuluan

Saat ini plastik menjadi kemasan yang umum digunakan karena memiliki banyak keunggulan diantaranya ringan, kuat, tahan air, praktis dan murah. Plastik digunakan untuk berbagai macam keperluan seperti kemasan makanan, minuman, wadah untuk barang-barang belanja dan sebagainya sehingga plastik sangat diperlukan dalam kehidupan. Plastik yang digunakan merupakan plastik sintetis berbasis minyak bumi yang sulit terdegradasi secara alami.

Penggunaan plastik sintetis mengakibatkan sampah yang mencemari lingkungan. Setiap tahun sekitar 100 juta ton plastik sintetis diproduksi dunia untuk digunakan di berbagai sektor industri, dan kira-kira sebesar itulah sampah plastik yang dihasilkan setiap tahun (Firdaus, *et al.*; 2008).

Plastik sintetis sulit diurai oleh alam baik oleh curah hujan, panas matahari maupun mikroba tanah. Kebanyakan pengolahan plastik tersebut dilakukan secara fisik yakni dengan cara dibakar. Hal tersebut menimbulkan dampak pencemaran lain yakni pencemaran udara. Salah satu usaha untuk mengatasi permasalahan akibat sampah plastik berbasis minyak bumi yakni dengan pengembangan plastik yang dapat terdegradasi oleh mikroorganisme yang disebut plastik *biodegradable*. Bahan pembuatan plastik *biodegradable* bersifat ramah lingkungan. Salah satu bahan utama dalam pembuatan plastik *biodegradable* yaitu pati. Pati digunakan karena merupakan bahan yang dapat terdegradasi di alam menjadi senyawa-senyawa yang ramah lingkungan (Darni dan Utami; 2010).

Dalam proses pembuatan plastik *biodegradable* diperlukan juga adanya *plasticizer*. *Plasticizer* yang umum digunakan adalah gliserol, polivinil alkohol dan sorbitol. Gliserol (gliserin) menjadi pilihan karena stabilitasnya dan merupakan bahan yang mudah didapat.

Beberapa penelitian tentang sintesis plastik *biodegradable* telah dilakukan menggunakan bahan dasar pati, namun plastik *biodegradable* yang dihasilkan memiliki kelemahan diantaranya memiliki sifat fisik yang rendah (kekuatan tarik dan elastisitas), sehingga diperlukan adanya bahan tambahan untuk meningkatkan sifat fisik plastik tersebut. Untuk mengatasi sifat kaku dari plastik *biodegradable*, digunakan gliserol sebagai *plasticizer* agar plastik yang dihasilkan lebih elastis sedangkan untuk

meningkatkan kekuatan tarik digunakan turunan selulosa yaitu CMC.

Penelitian terkait plastik *biodegradable* diantaranya tentang pengaruh penambahan selulosa residu rumput laut *Euchema spinosum* untuk meningkatkan hidrofobisitas dan sifat fisik plastik *biodegradable* dari pati tapioka yang dilakukan oleh Darni, *et al.* (2009). Dalam penelitian tersebut rasio pati-selulosa 8:2 dan konsentrasi *plasticizer* 25% memiliki ketahanan air terbaik yaitu sebesar 32,32%. Selain pati tapioka, diteliti juga pengembangan *film biodegradable* dari pati singkong (Larotonda, *et al.*; 2004). Modifikasi juga telah dilakukan oleh Tongdeesoontorn, *et al.* (2011) dengan menambahkan CMC untuk meningkatkan sifat fisik dari film yang dihasilkan.

Pengembangan plastik *biodegradable* yang berbahan pati perlu dikaji lebih mendalam, karena di Indonesia terdapat berbagai tanaman terutama umbi-umbian penghasil pati seperti umbi ganyong, ubi kelapa (uwi), suweg, gembili, dan sebagainya. Rendemen pati umbi ganyong, ubi kelapa (uwi), suweg dan gembili berturut-turut 12,93, 4,56, 11,56 dan 21,44%. Kandungan pati dalam gembili dapat menjadi alternatif bahan dasar pembuatan *film* plastik *biodegradable* karena diantara umbi-umbian seperti ganyong, ubi kelapa (uwi) dan suweg, gembili memiliki rendemen pati tertinggi (Richana dan Sunarti; 2004).

Metode Penelitian

Alat yang digunakan adalah *oven*, *hot plate* dan *magnetic stirrer*, termometer 100°C, desikator, neraca analitik (Ohaus Adventurer \pm 0,0001 gram), dan cetakan plastik. Bahan yang digunakan adalah pati gembili, aquades, gliserol (Brataco). Sebelum ditambahkan CMC, campuran plastik terdiri dari pati gembili, aquades dan gliserol dengan variasi 20, 25, 30, dan 35% dari total massa 4 gram pati yang digunakan dalam 100 mL pelarut. Setelah didapatkan konsentrasi gliserol dengan kuat tarik yang optimum, ditambahkan CMC dengan perbandingan rasio pati : CMC sebesar 10:0, 9:1, 8:2, 7:3 dan 6:4.

Pati gembili diperoleh dengan cara ekstraksi sederhana. Umbi gembili dikupas, dicuci dan diparut. Hasil parutannya ditambah air kemudian diperas dan disaring, serta didiamkan selama 12 jam untuk mengendapkan patinya. Endapan pati diambil dan dikeringkan dengan oven pada suhu 60°C selama 24 jam.

Perlakuan awal pembuatan plastik yakni

dengan variasi gliserol, sintesis plastik dilakukan dengan memanaskan campuran pati dan aquades dengan perbandingan 1:25 ke dalam gelas erlenmeyer. Campuran tersebut dipanaskan dalam *hot plate* pada suhu 90°C dan diaduk dengan *stirrer*. Setelah 25 menit, ditambahkan gliserol, kemudian diaduk lagi selama 15 menit dan dicetak pada cetakan plastik serta dikeringkan dalam *oven* suhu 60°C selama 24 jam. Plastik yang telah disintesis diukur kuat tariknya, hasil kuat tarik yang optimum digunakan ke tahap pembuatan berikutnya dengan penambahan CMC, dengan perbandingan rasio pati:CMC yang telah ditentukan. Pengujian kuat tarik dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik Mesin FT UGM dan karakterisasi gugus ujung dilakukan di Laboratorium Kimia FMIPA UGM.

Uji ketahanan air dilakukan dengan cara memotong plastik hasil sintesis 1 cm x 1 cm, lalu ditimbang (W_0) kemudian dicelupkan ke dalam gelas beker yang berisi 10 mL aquades. Plastik diambil satu menit, air pada permukaan plastik dihilangkan kemudian ditimbang (W). Langkah ini diulang hingga diperoleh berat konstan.

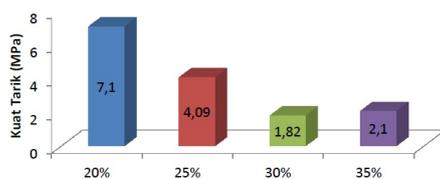
$$\text{Air yang diserap} = \frac{W - W_0}{W_0} \times 100\%$$

Uji biodegradabilitas dilakukan dengan metode *soil burial test*, yakni dengan cara memotong *film* plastik dengan ukuran 5 cm x 1 cm. Plastik didiamkan dalam desikator selama 24 jam dan ditimbang hingga beratnya konstan. Setelah itu dikubur dalam tanah selama 2 hari. Kemudian sampel dikeringkan dalam desikator dan ditimbang hingga diperoleh berat yang konstan.

$$\%W = \frac{(W_1 - W_2)}{W_1} \times 100\%$$

Hasil dan Pembahasan

Kuat tarik adalah salah satu uji untuk mengetahui tegangan maksimum suatu bahan. Sifat mekanik plastik *biodegradable* seperti kuat tarik dipengaruhi oleh komponen-komponen penyusunnya hasil sintesis plastik *biodegradable* dengan variasi gliserol.



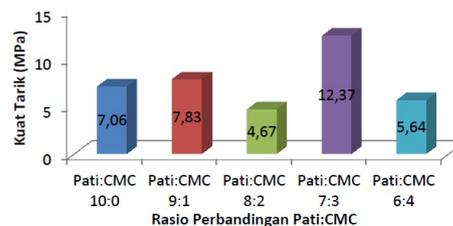
Gambar 1. Pengaruh penambahan konsentrasi gliserol terhadap kuat tarik plastik *biodegradable* pati gembili

Pada Gambar 1. dapat diketahui pengaruh konsentrasi gliserol yang ditambahkan dalam pembuatan plastik *biodegradable*, terlihat bahwa dengan adanya konsentrasi gliserol yang bertambah, kuat tarik plastik menjadi semakin berkurang. Hasil kuat tarik semakin menurun dengan semakin banyaknya penambahan gliserol. Hasil terbaik kuat tarik terdapat pada sampel plastik dengan penambahan *plasticizer* gliserol sebesar 20% dari berat pati yang dilarutkan.

Pada konsentrasi gliserol 20, 25 dan 30%, kuat tarik plastik semakin kecil. Namun, penjelasan tersebut tidak berlaku pada penambahan konsentrasi gliserol 35% karena pada konsentrasi tersebut terjadi peningkatan kuat tarik. Hal ini disebabkan oleh adanya distribusi komponen penyusun yang tidak merata (Buzarovska, *et al.*; 2008). Distribusi gliserol yang ditambahkan tidak menyisip secara sempurna ke dalam molekul pati yang menyebabkan ikatan hidrogen antar molekul pati tidak terputus secara sempurna. Adanya ikatan hidrogen yang masih tersisa menyebabkan kuat tarik plastik dengan konsentrasi gliserol 35% meningkat.

Gliserol yang ditambahkan dalam komposisi penyusun plastik akan menyisip ke dalam struktur pati dan kemudian ikatan hidrogen dalam pati berkurang dengan adanya gliserol. *Plasticizer* memiliki kemampuan mengurangi ikatan hidrogen internal pada ikatan intermolekuler. Penambahan *plasticizer* menurunkan kekuatan intermolekuler, meningkatkan fleksibilitas *film* dan sifat *barrier film* (Firdaus dan Anwar; 2004).

Data tersebut diambil yang kuat tariknya tinggi, yakni konsentrasi gliserol 20% dan digunakan untuk uji plastik selanjutnya dengan penambahan CMC. Plastik yang dihasilkan dengan variasi penambahan gliserol akan ditingkatkan kuat tarik plastik tersebut dengan CMC.



Gambar 2. Pengaruh rasio pati dan CMC terhadap kuat tarik

Pada Gambar 2. menyajikan pengaruh perbandingan pati dan CMC terhadap kuat

tarik, dapat diketahui bahwa CMC dapat meningkatkan kuat tarik plastik *biodegradable* yang dihasilkan. Dapat diketahui bahwa perbandingan rasio pati dan CMC yang memiliki kuat tarik paling bagus terlihat pada rasio Pati:CMC 7:3. Hal ini disebabkan oleh adanya ikatan hidrogen yang terjadi antara gugus hidroksil (OH) dari pati dengan gugus hidroksil (OH) dan karboksil (COOH) dari CMC. Ikatan hidrogen tersebut mengakibatkan kekuatan material menjadi semakin meningkat sehingga penambahan CMC terbukti meningkatkan kuat tarik.

Pada rasio pati:CMC 9:1 memiliki kuat tarik yang tidak jauh berbeda dengan rasio pati:CMC 10:0 (tanpa CMC). Hal tersebut diakibatkan oleh minimnya kontribusi CMC dalam campuran komponen, sehingga menyebabkan penambahan CMC yang belum maksimal. Sedangkan penurunan terjadi rasio pati:CMC 8:2 karena adanya interaksi antara gugus hidroksil dari pati dengan gugus karboksil dari CMC yang tidak maksimal, karena penambahan CMC pada rasio pati:CMC 8:2 pencampuran ketiga penyusun kurang bagus.

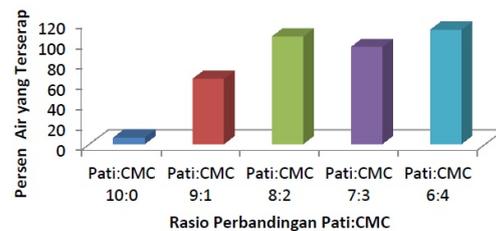
Pada rasio pati:CMC 6:4 kuat tarik menurun jika dibandingkan dengan rasio pati:CMC 7:3. Hal ini disebabkan oleh adanya penambahan CMC yang hampir mencapai setengah berat campuran sehingga proses pencampuran kurang sempurna (kurang homogen). Proses pencampuran yang tidak homogen dapat menyebabkan distribusi molekul komponen penyusun plastik tidak merata, sehingga material yang dihasilkan tidak memiliki ketahanan yang lebih bagus terhadap pemberian beban.

Penambahan CMC terbukti dapat meningkatkan kuat tarik plastik yang dihasilkan. Hal tersebut diakibatkan oleh adanya interaksi molekuler antara pati dan CMC dan penambahan gliserol tidak mampu mengimbangi terjadinya peningkatan ikatan hidrogen antara molekul pati dan CMC.

Plastik *biodegradable* yang dihasilkan memiliki sifat hidrofil, karena cenderung menyerap uap air di sekitar plastik. Penambahan CMC justru menambah sifat hidrofil plastik yang dihasilkan. Akibatnya plastik mempunyai tingkat kelembaban yang tinggi.

Pada Gambar 3. plastik dengan rasio pati:CMC 10:0 (tanpa CMC) memiliki ketahanan air terbaik, dengan persen air yang terserap kecil. Penambahan CMC menjadikan plastik

memiliki nilai persen air yang terserap menjadi besar. Pada rasio pati:CMC 9:1 terjadi peningkatan nilai persen air yang terserap, hasil yang sama juga terjadi pada rasio pati:CMC 8:2 dan rasio pati:CMC 6:4. Namun, penjelasan tersebut tidak berlaku untuk plastik dengan rasio pati:CMC 7:3. Hal ini disebabkan oleh pencampuran ketiga komponen penyusun plastik mencapai keadaan homogen sehingga gugus OH yang terdapat dalam plastik jumlahnya sedikit. Gugus OH yang sedikit mengakibatkan molekul air yang diikat gugus OH yang terdapat dalam plastik juga semakin sedikit.



Gambar 3. Pengaruh perbandingan pati dan CMC terhadap persen air yang terserap

Plasticizer gliserol yang ditambahkan menyebabkan gaya intermolekul melemah dan meningkatkan ruang kosong serta menurunkan ketahanan mekanik plastik yang dihasilkan. Selain itu, konsentrasi gliserol yang semakin bertambah akan meningkatkan kelembaban plastik karena memiliki sifat higroskopik yang mempengaruhi gaya antar molekulnya, gliserol akan menyisip diantara rantai polimer plastik (Bourtoom; 2008). Selain itu penambahan *plasticizer* akan mengakibatkan kelembaban yang tinggi pada *film* plastik. (Tongdeesoontorn, *et al.*; 2011).

Plastik *biodegradable* yang baik yakni memiliki sifat mekanik yang kuat, selain itu juga ramah lingkungan (tingkat biodegradabilitasnya tinggi). Pada Tabel 1. uji biodegradabilitas pada sampel plastik yang telah ditambah CMC membuktikan bahwa dengan penambahan CMC, sampel plastik lebih cepat terdegradasi. Sampel dengan rasio pati:CMC 6:4 memiliki tingkat biodegradabilitas yang tinggi (cepat terdegradasi). Hal tersebut diakibatkan oleh adanya CMC dalam campuran plastik, CMC memiliki gugus hidroksil dan gugus karboksilat yang memungkinkan untuk digunakan mengikat uap air di sekitar film plastik.

Tabel 1. Hasil uji biodegradabilitas plastik

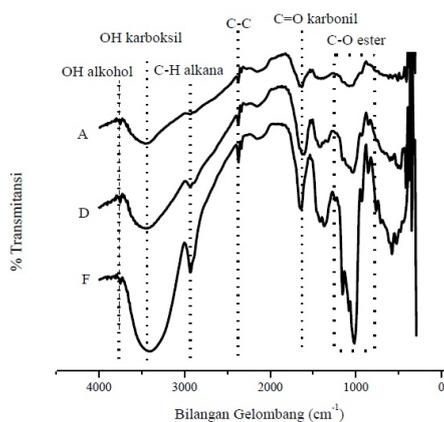
Rasio Pati Gembili : CMC	% W (berat yang hilang)	Waktu uji	Perkiraan terdegradasi
Pati:CMC 10:0	32,93 %	2 hari	6 hari 22 jam
Pati:CMC 9:1	48,34%	2 hari	4 hari 3 jam
Pati:CMC 8:2	65,38%	2 hari	3 hari 14 jam
Pati:CMC 7:3	67,78%	2 hari	2 hari 23 jam
Pati:CMC 6:4	88,76%	2 hari	2 hari 6 jam

Film plastik yang dihasilkan cenderung agak lengket apabila terkena udara, karena cenderung hidrofil. Namun pada penambahan CMC mengakibatkan sifat mekanik dari plastik yang dihasilkan meningkat. Selain penambahan CMC, gliserol yang berfungsi sebagai *plasticizer* juga mampu meningkatkan kelembaban plastik, sehingga plastik dapat terdegradasi secara alami. Pada hasil pengamatan, uji *soil burial test* membuktikan bahwa plastik tersebut cenderung memiliki kelembaban yang tinggi, karena mengikat molekul-molekul air di sekitar plastik.

Plastik *biodegradable* hasil sintesis dikarakterisasi secara kimia dengan analisis gugus ujung menggunakan FT-IR. Sampel yang diuji FT-IR yakni pati, sampel plastik dengan gliserol dan sampel dengan penambahan CMC.

Tabel 2. Hasil analisis gugus ujung menggunakan FT-IR

Tipe vibrasi	Bilangan gelombang (cm ⁻¹)		
	Pati	Pati-gliserol	Pati-gliserol-CMC
OH alkohol	3749,62	3749,62	3819,06
OH karboksil	3410,15	3425,58	3425,58
C-H alkana	2931,80	2931,80	2931,80
C=O karbonil	1635,64	1635,64	1604,77
C-O ester	1018-1157,29	1080-1033,85	1033,85



Gambar 4. Perbandingan spektra FT-IR pada pati (F), sampel plastik *biodegradable*, A (Pati-Gliserol), D (Pati-Gliserol-CMC)

Hasil karakterisasi plastik *biodegradable* yang dihasilkan dibandingkan dengan bahan utama yakni pati disajikan Gambar 4. sampel pati (F) yang diuji FT-IR menunjukkan serapan OH karboksil pada rentang 3400-3700-an, serapan OH karboksil juga terjadi pada rentang 1600-an, sedangkan serapan C-O ester pada 1000-1100-an.

Spektra dari plastik dengan *plasticizer* (A) gliserol menghasilkan spektra yang hampir mirip dengan komponen penyusunnya. Begitu juga dengan sampel plastik dengan *plasticizer* gliserol dan penambahan CMC (D). Intensitas gugus OH karboksil pada bahan utama yakni pati lebih besar dibanding dengan plastik *biodegradable*

yang dihasilkan. Pada saat penambahan gliserol, OH karboksil dari molekul pati berkurang intensitasnya. Hal ini diakibatkan oleh gliserol yang menyisip ke dalam rantai polimer plastik. Akibatnya intensitas OH karboksil antar molekul yang terjadi semakin sedikit dibanding dengan bahan utamanya (pati).

Plastik dengan penambahan CMC dan gliserol memiliki intensitas OH karboksil yang lebih besar jika dibandingkan dengan plastik yang ditambah gliserol tanpa penambahan CMC. Hal ini disebabkan karena adanya gugus OH karboksil yang ada pada CMC menambah intensitas gugus OH karboksil.

Menurut data pada Gambar 4. menunjukkan bahwa tidak ditemukan gugus fungsi baru pada plastik hasil sintesis. Plastik bersifat hidrofil karena gugus fungsi plastik sama dengan komponen penyusunnya yakni pati. Maka yang terjadi adalah proses *blending* secara fisika. Adanya gugus C=O karbonil daerah serapan 1600-an dan C-O ester pada rentang 1100-an menjadikan plastik bersifat *biodegradable*. Berdasarkan hasil penelitian, sifat mekanik plastik *biodegradable* dibandingkan dengan sifat mekanik plastik sintetik sebagai berikut:

Tabel 3. Sifat mekanik plastik

No.	Sifat Mekanik	*PP (Polipropilen)	**Plastik <i>Biodegradable</i>
1.	Kuat Tarik (MPa)	24,7-302	12,37
2.	Elongasi (%)	21-220	2,38
3.	Air yang Terserap (%)	0,01	95,65

Sumber: * SNI, (Dami, *et al.* 2009)

**Data Primer, 2012

Pada Tabel 3. dapat diketahui bahwa sifat mekanik dari plastik *biodegradable* pati gembili dengan penambahan CMC dan *plasticizer* gliserol masih dibawah sifat mekanik dari plastik sintesis (polipropilen). Namun, memiliki tingkat bersifat hidrofil dan memiliki tingkat biodegradabilitas yang tinggi.

Simpulan

Kuat tarik plastik *biodegradable* pati gembili yang terbaik dengan *plasticizer* gliserol 20% sebesar 7,10 MPa. Kuat tarik plastik *biodegradable* yang terbaik dengan *plasticizer* gliserol 20% dan rasio pati:CMC 7:3 adalah sebesar 12,37 MPa sehingga terjadi peningkatan sebesar 74,22%. Plastik *biodegradable* yang dihasilkan dengan penambahan CMC memiliki kuat tarik sebesar 12,37 MPa, bersifat hidrofil karena tidak tahan terhadap air, memiliki tingkat biodegradabilitas yang tinggi.

Daftar Pustaka

- Bourtoom T. 2008. Plasticizer effect on the properties of biodegradable blend film from rice starch-chitosan. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*. 30 (1): 149-165
- Buzarovska A, Bogoeva G.G., Grozdanov A., Avella M., Gentile G. dan Errico M. 2008. Potential use of rice straw as filler in eco-composite materials. *Australian Journal of Crop Science*, 1(2): 37-42
- Darni Y. dan H. Utami. 2010. Studi Pemuatan dan Karakterisasi Sifat Mekanik dan Hidrofobisitas Bioplastik dari Pati Sorgum. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*. 7 (4): 190-195
- Darni Y., H. Utami dan S.N. Asriah. 2009. *Peningkatan Hidrofobisitas dan Sifat Fisik Plastik Biodegradable Pati Tapioka dengan Penambahan Selulosa Residu Rumpuk Laut Eucheima spinossum*. Seminar Hasil Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Lampung: Universitas Lampung
- Firdaus F. dan C. Anwar. 2004. Potensi Limbah Padat-cair Industri Tepung Tapioka sebagai Bahan Baku Film Plastik Biodegradable. *Jurnal Logika*. 1 (2): 38-44
- Firdaus F., S. Mulyaningsih dan H. Anshory. 2008. Sintesis Film Kemasan Ramah Lingkungan dari Komposit Pati, Khitosan dan Asam Polilaktat dengan Pemlastik Gliserol. *Jurnal Logika*. 5 (1): 15-22
- Larotonda F.D.S., K.N. Matsui, V. Soldi and J. B. Laurindo. 2004. Biodegradable films Made from Raw and Acetylated Casava Starch. *Brazilian Archives of Biology and Technology Journal*. 47(3): 477-484
- Richana N. dan T.C. Sunarti. 2004. Karakterisasi Sifat Fisikokimia Tepung Umbi dan Tepung Pati dari Umbi Ganyong, Suweg, Ubi Kelapa dan Gembili. *Jurnal Pascapanen*. 1 (1): 29-37
- Tongdeesoontorn W., L.J. Mauer, S. Wongruong, P. Sriburi dan P. Rachtanapun. 2011. Effect of Carboxymethyl Cellulose Concentration on Physical Properties of Biodegradable Cassava Starch-Based Film. *Chemistry Central Journal*, 5:6. Tersedia di <http://journal.chemistrycentral.com> [diakses 3 Februari 2012]