

## UJI BIODEGRADASI PLASTIK BIODEGRADABEL DARI LIMBAH POLIPROPILENA DAN PATI BIJI DURIAN SEBAGAI BAHAN PENGISI

Elda Pelita<sup>1</sup>, Tengku Rachmi Hidayani<sup>2</sup>, Dyah Nirmala<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup> *Analisis Kimia, Politeknik ATI Padang, Jln. Bungo Pasang Tabing Padang, 25171*

<sup>2</sup> *Teknik Kimia Bahan Nabati, Politeknik ATI Padang, Jln. Bungo Pasang Tabing Padang, 25171*

\*e-mail: [elda726@gmail.com](mailto:elda726@gmail.com)

### Abstrak

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menghasilkan suatu plastik biodegradabel dari pencampuran limbah plastik polipropilena dengan pati dari biji durian dengan menambahkan maleat anhidrida sebagai agen pengikat silang dan benzoil peroksida sebagai inisiator. Pada penelitian ini, dilakukan dengan berbagai variasi bahan yang ditambahkan dengan perbandingan tertentu yaitu berturut-turut limbah Polipropilena, pati dari biji durian, maleat anhidrida dan benzoil peroksida yaitu (94:6:1), (94:6:1:1), (94:6:2:1), (94:6:3:1). Plastik biodegradabel dikarakterisasi dengan analisa kemampuannya terurai di alam dengan uji biodegradasi, yaitu dengan menanamkan sampel plastik biodegradabel yang dihasilkan kedalam 3 jenis tanah, yaitu tanah biasa, tanah sampah dan pasir selama 1 bulan. Masing-masing sampel diamati penurunan massanya setiap 10 hari sekali. Dari hasil penelitian uji biodegradasi didapatkan penurunan persen massa plastik biodegradable optimum yang telah ditanam selama 1 bulan yaitu pada tanah sampah sebesar 9,08% pada sampel dengan variasi komposisi (94:6:1:1).

**Kata kunci:** *Plastik biodegradable, polipropilena, pati biji durian, maleat anhidrida*

## BIODEGRADATION TEST OF BIODEGRADABLE PLASTIC FROM POLYPROPYLENE WASTE AND STARCH OF DURIAN SEEDS AS FILLER MATERIAL

### Abstract

*This research was conducted with the aim to produce a biodegradable plastic from waste plastic polypropylene mixing with the starch of durian seeds by adding maleic anhydride as a crosslinking agent, and benzoyl peroxide as initiator. In this study, carried out with a variety of ingredients are added with a certain ratio that is successively waste Polypropylene, starch from durian seeds, maleic anhydride and benzoyl peroxide are (94:6:1), (94:6:1:1), (94:6:2:1), (94:6:3:1). Biodegradable plastic in the characterization of the analysis with the ability to decompose in nature biodegradable test, with embedding samples of biodegradable plastic produced into three types of soil, namely normal soil, ground litter and sand for 1 month. Each sample was observed a decrease in mass every 10 days. From Biodegradabel in nature results obtained mass loss that has been grown for 1 month is on the ground litter by 9.08% in the sample by varying the composition (94:6:1:1).*

**Keywords:** *biodegradable plastic, polypropylene, starchdurian seeds, maleic anhydride*

## PENDAHULUAN

Plastik biodegradable adalah suatu bahan dalam kondisi tertentu, waktu tertentu mengalami perubahan struktur kimianya, yang mempengaruhi sifat-sifat yang dimilikinya oleh pengaruh mikroorganisme (bakteri, jamur, algae). Sedangkan menurut Kurniadi (2010), film plastik biodegradable adalah suatu material polimer yang berubah kedalam senyawa berat molekul rendah dimana paling sedikit satu tahap pada proses degradasinya melalui metabolisme organisme secara alami.

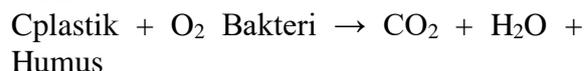
Plastik biodegradable berbahan dasar pati/amilum dapat didegradasi bakteri *pseudomonas* dan *bacillus* memutus rantai polimer menjadi monomer-monomernya. Senyawa-senyawa hasil degradasi polimer selain menghasilkan karbon dioksida dan air, juga menghasilkan senyawa organik lain yaitu asam organik dan aldehid yang tidak berbahaya bagi lingkungan. Plastik berbahan dasar pati/amilum aman bagi lingkungan. Sebagai perbandingan, plastik sintesis membutuhkan waktu sekitar 500 tahun agar dapat terdekomposisi alam, sementara plastik biodegradable dapat terdekomposisi 10 hingga 20 kali lebih cepat.

Hasil degradasi plastik ini dapat digunakan sebagai makanan hewan ternak atau sebagai pupuk kompos. Plastik biodegradable yang terbakar tidak menghasilkan senyawa kimia berbahaya. Kualitas tanah akan meningkat dengan adanya plastik biodegradable, karena hasil penguraian mikroorganisme meningkatkan unsur hara dalam tanah (Flieger, 2003).

Uji biodegradabilitas dilakukan untuk mengetahui apakah suatu bahan dapat terdegradasi dengan baik dilingkungan. Proses biodegradabilitas dapat terjadi dengan proses hidrolisis (degradasi kimiawi), bakteri/jamur, enzim (degradasi enzimatik), oleh angin dan abrasi (degradasi mekanik), cahaya (fotodegradasi). Proses ini juga dapat dilakukan melalui proses secara anaerobik

dan aerobik. Pada penelitian ini uji biodegradasi dilakukan pada kondisi

aerobik dengan bantuan bakteri dan jamur yang terdapat ditanah dengan reaksi sebagai berikut:



Sampel berupa film bioplastik ditanamkan pada tanah yang ditempatkan dalam pot dengan asumsi komposisi tanah sama (Bastioli, 2005).

Biodegradasi adalah penyederhanaan sebagian atau penghancuran seluruh bagian struktur molekul senyawa oleh reaksi-reaksi fisiologis yang dikatalisis oleh mikroorganisme. Biodegradabilitas merupakan kata benda yang menunjukkan kualitas yang digambarkan dengan kerentanan suatu senyawa (organik atau anorganik) terhadap perubahan bahan akibat aktivitas mikroorganisme (Darni, 2009).

Biodegradasi adalah perubahan senyawa kimia menjadi komponen yang lebih sederhana melalui bantuan mikroorganisme. Dua batasan tentang biodegradasi adalah :

(1) Biodegradasi Tahap Pertama (*Primary Biodegradation*), merupakan perubahan sebagian molekul kimia menjadi komponen lain yang lebih sederhana; (2) Biodegradasi tuntas (*Ultimate Biodegradation*), merupakan perubahan molekul kimia secara lengkap sampai terbentuk  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  dan senyawa organik lain (Marhamah, 2008).

Biodegradasi senyawa akan menghasilkan karbondioksida dan atau metan, air dan biomassa (Budianto, 2010).  $\text{CO}_2$  terlepas di dalam proses respirasi, karbohidrat (gula) dioksidasikan dan terbentuklah energi.  $\text{CO}_2$  terlepas juga di dalam proses fermentasi dan di dalam proses penguraian lainnya yang dilakukan oleh mikroorganisme. Jika zat karbon tidak terlepas lagi ke udara, maka kehidupan akan berhenti. Di dalam sirkulasi zat karbon ini, mikroorganisme memegang peranan penting yaitu sebagai pengurai (Bourtoom, 2008).

Saat degradasi, film plastik akan mengalami proses penghancuran alami baik

mengalami proses fotodegradasi (cahaya matahari, katalisa), degradasi kimiawi (air, oksigen), biodegradasi (bakteri, jamur, alga, enzim), atau degradasi mekanik (angin, abrasi). Proses – proses tersebut dapat berlangsung secara tunggal maupun kombinasi (Rohaeti, 2009). Beberapa faktor yang mempengaruhi tingkat biodegradabilitas setelah kontak dengan mikroorganisme, yakni: sifat hidrofobik, bahan aditif, proses produksi, struktur polimer, morfologi, dan berat molekul bahan kemasan (Ban, 2005).

Telah dilakukan berbagai penelitian untuk menghasilkan plastik biodegradabel, diantaranya dengan menambahkan pati yang bersumber dari pisang dan sorbitol sebagai plastisizer dengan analisa sifat plastik dengan kuat tarik 2,11Mpa, dan nilai modulus elastis 45,78 Mpa pada perbandingan polipropilena, sorbitol dan pati 7:1:2 yang memenuhi standart biodegradabel. Namun dalam hal ini, pisang merupakan bahan konsumsi yang memiliki harga yang cukup tinggi sehingga perlu dicari sumber pati lain yang merupakan limbah namun tetap memiliki kualitas pati yang baik (Ningsih, 2012).

Durian merupakan tanaman buah berupa pohon. Biji durian saat ini belum dapat dimanfaatkan secara luas dan menjadi limbah lingkungan. Setiap 100 gram biji durian mengandung 51 g air, 46.2 g karbohidrat, 2.5 g protein dan 0.2 g lemak. Kadar karbohidratnya ini lebih tinggi dibanding singkong 34,7% ataupun ubi jalar 27,9%. Kandungan karbohidrat yang tinggi ini memungkinkan dimanfaatkannya biji durian sebagai bahan pengganti sumber karbohidrat yang ada dalam bentuk tepung (Yusmarlela, 2009).

Telah dilakukan isolasi pati dari biji durian dengan cara pembuangan kulit ari biji durian yang kemudian dilanjutkan dengan perendaman dengan kapur sirih dan penghancuran menjadi tepung pati dengan persen rendemen 30% (Ummah, 2013).

Sebelumnya, telah dilakukan penelitian dengan mencampurkan limbah plastik polipropilena dengan pati dari biji

durian, dengan berbagai variasi komposisi massa, dimana diperoleh hasil yang optimum antara limbah plastik polipropilena dengan pati biji durian pada perbandingan 94:6 yang memiliki kekuatan tarik 25,722 N/m<sup>2</sup> dan nilai perpanjangan putus 5,292%. Dari penelitian tersebut dapat dilihat adanya interaksi fisika yang terjadi antara limbah plastik polipropilena dan pati biji durian, namun interaksi kimia tidak terlihat, hal ini mungkin terjadi karena polipropilena memiliki sifat yang sulit berikatan dengan zat lain karena gugus ujungnya tertutup untuk gugus lain yang mengakibatkan diharuskannya melakukan modifikasi terhadap polipropilena agar mendapatkan adanya interaksi kimia yang diharapkan dapat membantu mempercepat proses biodegradasi (Nirmala, 2014).

Untuk mengatasi hal tersebut, dilakukan suatu usaha fungsionalisasi dari polipropilena dengan melakukan suatu reaksi grafting dengan suatu monomer tak jenuh seperti contohnya maleat anhidrida (MA), asam akrilat dan berbagai turunannya, dengan menambahkan peroksida sebagai suatu bahan inisiator (Yu, 2009).

Fungsionalisasi polipropilena dengan maleat anhidrida dengan inisiator benzoil peroksida untuk memotong rantai panjang polipropilena kemudian menggrafting maleat anhidrida kedalam campuran tersebut sehingga dihasilkan polipropilena dengan berat molekul lebih rendah dan tingkat kepolarannya meningkat dengan perbandingan penambahan maleat anhidrida maksimum sebanyak 2% dan inisiator benzoil peroksida sebanyak 1% (Hidayani, 2012).

Telah dilakukan penelitian interaksi kimia dari pati sagu kelapa sawit dengan polipropilena tergrafting dengan maleat anhidrida, dengan metode ekstraksi pati dengan menggunakan air, dan pencampuran pati dengan bahan plastik berkisar antara 0,5 – 4 % dari berat plastik biodegradabel yang dihasilkan dengan sifat mekanis yang paling maksimum dimana harga *tensile strength* 16,010 N/m<sup>2</sup> dan *Elongation et break* 8,5937%. (Matondang, 2013).

Berdasarkan uraian tersebut, peneliti ingin melakukan suatu penelitian pembuatan plastik biodegradabel dengan limbah plastik polipropilena dengan pati dari biji durian dengan penambahan maleat anhidrida dan benzoil peroksida sebagai agen pengikat silang, dan ekstraksi pati dari biji durian dengan menggunakan metode perendaman dengan kapur sirih dan air, serta proses pencetakan plastik biodegradabel dengan metode kempa tekan (hot press).

### METODOLOGI PENELITIAN

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: Neraca Analitis dengan merk Mettler Toledo, Labu refluks ukuran 500 mL merk Pyrex, Magnetik Stirer, Alat Pemanas Stirer merk PMC, Pendingin Liebig merk Pyrex, Oven listrik merk Memmert, Alat Cetak Tekan merk Torsee SC-2DE, Alat-alat gelas merk Pyrex, Termometer, Blender merk National, Ayakan 140 mesh merk Tantalum 3N8 Purity.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut: Limbah Polipropilena dari limbah kantong plastik gula, pelarut xilena, methanol, aseton, benzoil peroksida, maleat anhidrida, biji durian, air kapur, dan aquadest.

### Prosedur Kerja

#### Isolasi Pati Dari Biji Durian

Proses yang dilakukan dalam pembuatan pati dari biji durian ini memiliki beberapa tahap, awalnya biji durian dikupas hingga terbuang kulit arinya kemudian dibersihkan dengan air hingga bersih. Biji durian bersih kemudian dipotong kecil-kecil dan direndam air kapur selama 1 jam. Biji durian rendaman air kapur ditiriskan dan dicuci air bersih kemudian diblender dengan akuadest. Bubur biji durian kemudian disaring, dan filtratnya didiamkan selama satu malam sampai pati dari biji durian mengendap. Dipisahkan endapan pati biji durian yang basah kemudian dikeringkan pati biji durian pada sinar

matahari selama satu minggu, dan diayak dengan ayakan 140 mesh

### Penggraftingan Maleat Anhidrida dengan inisiator benzoil peroksida dengan limbah plastik polipropilena menggunakan metode refluks dengan pelarut xilena dan penambahan pati biji durian

Limbah polipropilena yang bersumber dari limbah kemasan plastik gula dibersihkan dan dipotong kecil dengan ukuran 0.5 x 0,5 cm. Dimasukkan kedalam labu alas dan direfluks dengan pelarut xilena pada suhu 130°C selama 1 jam. Ditambahkan maleat anhidrida dan benzoil peroksida sesuai perbandingan dan direfluks kembali selama 30 menit, terakhir ditambahkan pati biji durian sesuai perbandingan dan direfluks kembali selama 30 menit. Diendapkan larutan plastik biodegradabel dengan menggunakan methanol. Dikeluarkan dan dikeringkan serta dihaluskan sehingga menjadi serbuk plastik biodegradabel, diayak dengan ayakan 140 mesh.

**Tabel.1** Perbandingan Komposisi serbuk limbah polipropilena, pati biji durian, maleat anhidrida dan benzoil peroksida

No	Serbuk Limbah Plastik Polipropilena (LPP) (%)	Pati dari biji (PBD) durian (%)	Maleat Anhidrida (MA) (%)	Benzoil Peroksida (BPO) (%)
1	94	6	1	0
2	94	6	1	1
3	94	6	2	1
4	94	6	3	1

### Proses Pengepresan Plastik Biodegradabel

Serbuk Plastik biodegradabel dengan berbagai variasi dan komposisi massa yang telah dihasilkan dimasukkan kedalam alat cetak tekan dan ditekan pada alat tekan hidrolis pada temperatur 165°C selama 15 menit. Hasil yang diperoleh didinginkan pada suhu kamar dan dikeluarkan dari dalam cetakan.

## Uji Biodegradabel

Analisa biodegradasi dari film yang dihasilkan dilakukan secara *in vivo* yang didasarkan pembuatan kompos yaitu dengan cara yaitu dipotong film dengan ukuran (3 x 3) cm. Dikubur dalam tiga jenis tanah (tanah biasa, tanah sampah dan pasir). Penanaman dalam tanah dilakukan selama satu bulan dengan pengamatan setiap 10 hari. Laju degradasi sampel diamati berdasarkan pengurangan berat.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Plastik biodegradabel yang dihasilkan dari cetak tekan kemudian digunting menjadi (3 x 3) cm yang kemudian disebut spesimen yang akan di uji sifat biodegradabelnya. Pada Gambar 1 dapat dilihat spesimen untuk uji biodegradabel dengan komposisi serbuk limbah PP, pati biji durian, maleat anhidrida dan benzoil peroksida.



**Gambar 1.** Spesimen Untuk Uji Biodegradabel

Tahap utama degradasi adalah pemutusan rantai utama membentuk fragmen – fragmen dengan berat molekul rendah (oligomer) yang dapat diasimilasi oleh mikroba. Berdasarkan uraian tersebut, dapat dilihat degradasi secara penanaman lebih cepat karena semua faktor yang memicu terjadinya degradasi terdapat di lingkungan luar.

Penurunan massa spesimen komposit kemasan plastik biodegradabel sejalan dengan lamanya waktu penanaman. Penguburan spesimen komposit biodegradabel pada berbagai jenis tanah (tanah bakaran sampah, tanah kebun, dan tanah pasir) dengan pengamatan setiap 10 hari selama 1 bulan bertujuan untuk melihat tingkat biodegradasinya di alam hal ini karena salah satu tempat akhir kemasan plastik adalah kembali ke tanah. Oleh sebab itu, sangat perlu dilakukan pengujian sifat degradasi spesimen kemasan plastik biodegradabel yang dihasilkan secara *in vivo* (pengomposan). Data penurunan berat hasil pengomposan spesimen uji dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Data Hasil Penurunan Massa (%) Spesimen Plastik biodegradabel Setelah Penanaman Dalam Tanah

Variasi Komposisi Spesimen (%)	Jenis Tanah	Penurunan Massa Spesimen Setelah Penanaman (gram)				Penurunan Massa (%)
		Awal	10 Hari	20 Hari	30 Hari	
LPP : PBD : MA (94:6:1)	Tanah Sampah	0,2375	0,2365	0,2357	0,2354	0,88
	Tanah Biasa	0,2963	0,2954	0,2950	0,2944	0,65
	Pasir	0,3271	0,3268	0,3260	0,3257	0,42
LPP : PBD : MA : BPO (94:6:1:1)	Tanah	0,2972	0,2843	0,2657	0,2450	9,08
	Sampah	0,3019	0,2985	0,2980	0,2893	4,17
	Tanah Biasa	0,2641	0,2620	0,2615	0,2600	1,55
LPP : PBD : MA : BPO (94:6:2:1)	Tanah Sampah	0,2089	0,2080	0,2077	0,2068	1,01
	Tanah Biasa	0,2218	0,2206	0,2189	0,2175	1,93
	Pasir	0,1930	0,1925	0,1923	0,1920	0,52
LPP : PBD : MA : BPO (94:6:3:1)	Tanah Sampah	0,1456	0,1450	0,1438	0,1427	2,00
	Tanah Biasa	0,2172	0,2166	0,2160	0,2145	1,24
	Pasir	0,2126	0,2120	0,2115	0,2113	0,61

Dari data tabel 2. data penurunan massa plastik biodegradabel yang terurai di alam dengan uji biodegradabel menunjukkan laju persentase biodegradasi dari kemasan biodegradabel yang paling tinggi yakni pada kemasan plastik biodegradabel dengan perbandingan Limbah Polipropilena, Pati dari biji durian, maleat anhidrida, benzoil peroksida (94:6:1:1) yaitu pada tanah sampah yaitu sebesar 9,08%. Harga penurunan plastik biodegradabel yang terbesar adalah pada penanaman dalam tanah sampah lalu tanah biasa kemudian pasir. Hal ini mungkin disebabkan karena jumlah nutrisi dalam tanah sampah lebih banyak dibandingkan tanah lainnya sehingga jumlah dan jenis mikroba juga lebih banyak.

Mikroba yang membantu proses degradasi kemasan di dalam tanah adalah bakteri *pseudomous* dan *bacillus* yang memutus rantai polimer menjadi monomer-monomernya. Penguburan spesimen dilakukan pada beberapa jenis tanah selama 30 hari dengan pengamatan setiap 10 hari. Berdasarkan tabel di atas memperlihatkan laju pengurangan massa yang tidak begitu besar. Suatu penelitian yang telah dilakukan oleh Ningsih, 2012 tentang modifikasi polipropilena yang mempelajari efek lingkungan tanah terhadap biodegradasi selulosa menyatakan bahwa akan menunjukkan hasil yang signifikan selama 2 bulan dalam tanah yang basah (lembab) dan akan hancur seluruhnya dalam waktu 4 – 9 bulan. Namun demikian, besarnya penurunan massa kemasan plastik biodegradabel yang merupakan polimer komposit sejalan dengan lamanya waktu penguburan (Wirjosentono, 1995). Pada Gambar 2. Dapat dilihat wadah tanah tempat uji biodegradabel diurut dari kiri kekanan adalah tanah sampah, pasir dan tanah biasa.



Gambar 2. Wadah Tanah Tempat Uji Biodegradabel

## KESIMPULAN

Dengan penambahan maleat anhidrida sebagai agen pengikat silang antara pati dengan limbah plastik polipropilena, dengan bantuan inisiator benzoil peroksida, maka plastik biodegradabel yang dihasilkan tidak hanya berinteraksi secara fisika, namun juga berinteraksi secara kimia. Dari beberapa komposisi variasi massa maleat anhidrida dan benzoil peroksida yang ditambahkan, didapatkan kondisi optimum plastik biodegradabel yang dihasilkan pada perbandingan limbah Polipropilena, Pati dari biji durian, maleat anhidrida, benzoil peroksida (94:6:1:1). Hal ini dibuktikan dari hasil analisa sifat biodegradabelnya didapatkan penurunan massa yang telah ditanam selama 1 bulan yaitu pada tanah sampah sebesar 9,08%.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ban, Weiping, dkk. 2005. *Improving The Physical and Chemical Functionally of Starch-Derived Films with Biopolymer*. Journal of Applied Polymer Science. Vol. 100, United States.
- Bourtoom, Thawien. 2008. *Plasticizer Effect on The Properties of Biodegradable Blend Film from Rice Starch-Chitosan*. J. Sci. Technol. 30 (Supl.1), 149-165.
- Budianto, Hendra. 2010. *Pembuatan dan Karakterisasi Edible Film dari Pati Ubi Jalar dan Garut dengan Penambahan Sorbitol dan Gliserol*. Skripsi. Malang: Universitas Negeri Malang.

- Darni, Yuli., Herti Utami, Siti Nur Asriah. 2009. *Peningkatan Hidrofobisitas dan Sifat Fisik Plastik Biodegradabel Pati Tapioka dengan Penambahan Selulosa Residu Rumpun Laut Eucheima spinosum*. Prosiding Seminar Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat Lampung: Universitas Lampung
- Flieger, M., M. Kantorova, A. Prell, T. Rezanka, J. Votruba. 2003. *Review Biodegradable Plastics from Renewable Sources*. *Folia Microbiol.* 48 (1), 27-44 (2003).
- Hidayani, T.R. 2012. *Pembuatan Komposit Biodegradabel dari Alpha Selulosa Ampas Tebu Bz 132 dan Polipropilena Tergrafting Maleat Anhidrida dan Divinil Benzena Sebagai Agen Pengikat Silang*. USU: Medan
- Kurniadi. 2010. *Kopolimerisasi Grafting Monomer Asam Akrilat pada Onggok Singkong dan Karakteristiknya*. Thesis Bandung: ITB.
- Marhamah. 2008. *Biodegradasi Plastisizer Poligliserol Asetat (PGA) dan Dioktil Ftalat (DOP) dalam Matriks Polivinil Klorida (PVC) dan Toksisitasnya terhadap Pertumbuhan Mikroba*. Tesis. Medan: USU
- Matondang, T.D.S, 2013. *Interaksi Kimia Dari Pati Sagu Kelapa Sawit Sebagai Pengisi Pada Polipropilena Tergrafting Anhidrida Maleat Dalam Pembuatan Bahan Plastik Kemasan Terbiodegradasikan*. *Jurnal Natur Indonesia*
- Ningsih, E.S, 2012. *Modifikasi Polipropilena Sebagai Polimer Komposit Biodegradabel Dengan Bahan Pengisi Pati Pisang dan Sorbitol Sebagai Plastisizer*. *Jurnal Fisika Unand Vol.1 No.1*
- Nirmala, Dyah, dkk. 2014. *Interaksi Fisika Plastik Biodegradabel dari Limbah Polipropilena dengan Bahan Pengisi Pati Biji Durian*. Laporan Penelitian ATIP. Padang
- Rohaeti, Eli. 2009. *Karakterisasi Biodegradasi Polimer*. Prosiding Seminar Nasional Penelitian. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta
- Ummah, N.A., 2013. *Uji Ketahanan Biodegradable Plastic Berbasis Tepung Biji Durian (Durio Ziberhinus Murr) Terhadap Air dan Pengukuran Densitasnya*, Skripsi, Universitas Negeri Semarang.
- Wirjosentono Basuki, Abdi Negara Sitompul, Sumarno, Tiren A. Siregar, Syamsul Bahri Lubis. 1995. *Analisis dan Karakterisasi Polimer*. USU – Press: Medan
- Yu, Long. 2009. *Biodegradable Polymer Blends and Composites from Renewable Resources*. Kanada: John Wiley & Sons, Inc.
- Yusmarlela. 2009. *Studi Pemanfaatan Plastisizer Gliserol dalam Film Pati Ubi dengan Pengisi Serbuk Batang Ubi Kayu*. Tesis. Sekolah Pascasarjana Medan: USU.