

# PENGARUH MALTOSA TERHADAP PEMBENTUKAN POLIURETAN

Eli Rohaeti<sup>1)</sup>, N. M. Surdia<sup>2)</sup>, Cynthia L. Radiman<sup>2)</sup>, dan E. Ratnaningsih<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Mahasiswa S<sub>3</sub> Jurusan Kimia FMIPA ITB

<sup>2)</sup> Staf Pengajar Jurusan Kimia FMIPA ITB

## ABSTRAK

Sifat poliuretan tergantung pada blok/monomer penyusunnya, terutama tergantung pada jenis polioliol. Tidak hanya senyawa sintesis murni tetapi juga berbagai bahan alam seperti sakarida (glukosa, fruktosa, maltosa, sukrosa) dapat digunakan sebagai sumber polioliol dalam sintesis poliuretan. Bahan alam tersebut merupakan polimer alam yang memiliki kereaktifan gugus fungsi hidroksil. Polimer alam yang memiliki gugus hidroksil per molekulnya lebih dari dua dapat digunakan sebagai sumber polioliol dalam sintesis poliuretan. Dalam penelitian ini, dipelajari pengaruh penambahan komonomer maltosa terhadap pembentukan poliuretan dari polietilen glikol (PEG) dan difenilmetana diisocianat (MDI) melalui pengukuran besarnya indeks ikatan hidrogen (HBI) dan suhu transisi gelas (T<sub>g</sub>). Karakterisasi gugus fungsi poliuretan dilakukan dengan teknik spektrofotometri FTIR, sifat termalnya diukur dengan teknik *Differential Thermal Analysis* (DTA) dan *Thermal Gravimetric Analysis* (TGA). Besarnya indeks ikatan hidrogen (HBI) dan suhu transisi gelas (T<sub>g</sub>) poliuretan yang berasal dari PEG-Maltosa-MDI lebih besar dibandingkan dengan poliuretan yang berasal dari PEG-MDI. Hal ini menunjukkan bahwa maltosa dapat membentuk jaringan tiga dimensi dan bertindak sebagai segmen keras dalam jaringan molekul poliuretan.

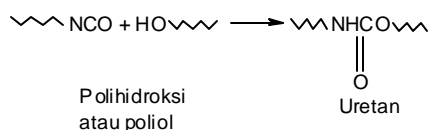
## ABSTRACT

The properties of polyurethane depend largely on the building blocks, especially the kind of polyol. Not only pure synthetic compounds but also various natural substances such as saccharides (glucose, fructose, maltose, sucrose) can be used as possible sources of polyol in polyurethane synthesis. Such natural substances are natural polymeric materials with appropriate functional group reactivity such as hydroxyl groups. Natural polymers which having more than two hydroxyl groups per molecule can be used as polyols for polyurethane synthesis. In this study, the effect of adding maltose on the synthesis of polyethylene glycol (PEG) and diphenylmethane diisocyanate (MDI) based polyurethane was studied by measuring the hydrogen bonding index (HBI) and the glass transition suhue (T<sub>g</sub>). Characterization of functional groups in resultant polyurethane was analyzed by FTIR spectrophotometer, the thermal properties were measured with Differential Thermal Analysis (DTA ) and Thermal Gravimetric Analysis (TGA). The hydrogen bonding index and the glass transition suhue of PEG-Maltose-MDI—based polyurethane were higher than of PEG-MDI—based polyurethane. This case shows that maltose can form three-dimensional networks and acts as hard segment in the polyurethane molecular networks.

**KATA KUNCI :** poliuretan, maltosa, FTIR, TGA, DTA, indeks ikatan hidrogen, dan *hard segment*

## 1 PENDAHULUAN

Poliuretan merupakan bahan polimer yang mengandung gugus fungsi uretan (-NHCOO-) dalam rantai utamanya. Gugus uretan terbentuk dari reaksi antara gugus isosianat dengan gugus hidroksil, seperti nampak dalam persamaan reaksi berikut :

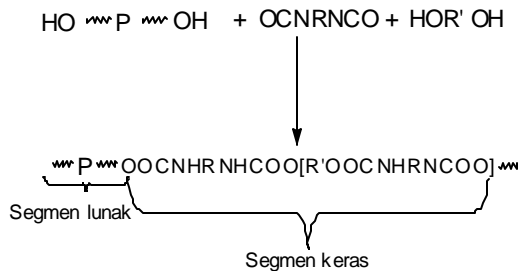


Pada awalnya banyak poliuretan yang dipatenkan adalah dari hasil reaksi diamin dan biskloroformat pada temperatur rendah. Setelah itu berkembang metode polimerisasi lelehan (*melt polymerization method*) dan metode larutan temperatur tinggi (*high-temperature solution method*) yang meliputi reaksi diisocianat dengan diol. Metode yang meliputi reaksi diisocianat dengan diol berkembang lebih pesat melebihi metode biskloroformat-diamin karena lebih sederhana dan tidak menghasilkan produk samping.

Henrie Ulrich (1982) dalam studinya mengenai polioliol, melaporkan bahwa polioliol polieter dan

poliester biasa digunakan untuk sintesis poliuretan. Polioli polieter merupakan polimer berat molekul rendah yang diperoleh dari reaksi pembukaan cincin pada polimerisasi alkilen oksida. Polioli poliester diperoleh dari reaksi polimerisasi glikol dengan asam dikarboksilat. Jadi pada dasarnya, poliuretan dibuat dari reaksi polimerisasi antara monomer-monomer diisosianat dengan polioli polieter atau poliester.

Elastomer poliuretan memiliki formasi kopolimer blok (A-B)<sub>n</sub> yang terdiri atas segmen keras dan segmen lunak. Elastomer umumnya terbentuk dengan cara mereaksikan diisosianat aromatik berlebih dengan polieter atau poliester yang memiliki gugus ujung hidroksi untuk menghasilkan prepolimer dengan gugus ujung isosianat. Prepolimer yang terbentuk direaksikan dengan senyawa dihidroksi, diamin, atau senyawa dengan gugus asam dikarboksilat (Gambar 1).



Gambar 1. Sintesis Elastomer Poliuretan

Konsumsi bahan polimer poliuretan khususnya di Indonesia setiap tahunnya mengalami peningkatan, terutama digunakan pada berbagai komponen kendaraan yang meliputi bagian eksterior dan interior misalnya bumper, panel-panel, tempat duduk, dan lain-lain. Di bidang kedokteran, poliuretan digunakan sebagai bahan pelindung muka, kantung darah, dan lain-lain. Selain itu poliuretan telah digunakan pula untuk perabot rumah tangga (*furniture*), bangunan dan konstruksi, insulasi tanki dan pipa, pabrik pelapis, alat-alat olahraga, serta sebagai bahan pembungkus.

S. Kim dkk (1981) telah berhasil mensintesis kopolimer blok selulosa yang dapat terbiodegradasi melalui reaksi selulosa dengan diisosianat tanpa penambahan dan dengan penambahan polipropilen glikol (PPG). Kemudian H. Hatakeyama (1995) dalam penelitiannya mengenai poliuretan yang

*biodegradable* berasal dari tumbuhan, menunjukkan bahwa poliuretan dapat disintesis menggunakan komonomer berupa polimer alam yang dikenal sebagai lignoselulosa. Berbagai sumber tumbuhan seperti lignin kraft, lignin solvolisis, kopi, sakarida seperti glukosa, fruktosa, sukrosa, dan molasse dapat dibuat poliuretan lewat pencampuran dengan polietilen glikol (PEG) atau polipropilen glikol (PPG) dan direaksikan dengan difenilmetan diisosianat (MDI). S. Owen (1995) telah dapat mensintesis poliuretan yang *biodegradable* dengan menggunakan polioli berupa poli-D,L-asam laktat dan direaksikan dengan pMDI (polimetilen polifenil poliisosianat). Eli R dkk (2000) telah mengungkapkan pengaruh pati tapioka terhadap pembentukan poliuretan.

Dengan meninjau hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya maka pada penelitian ini telah dilakukan sintesis poliuretan dari PEG (polietilen glikol) dan MDI (metilendifenilisosianat) dengan menggunakan maltosa sebagai komonomernya.

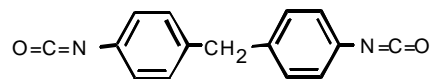
Adapun alasan penggunaan komponen maltosa sebagai komonomer dalam sintesis poliuretan, yaitu karena struktur maltosa memiliki lebih dari tiga gugus hidroksil bebas dalam molekulnya, maka maltosa dapat berfungsi sebagai polioli yang apabila direaksikan dengan diisosianat akan terbentuk poliuretan. Jadi tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan komonomer maltosa terhadap pembentukan poliuretan dari PEG dan MDI.

## 2. BAHAN DAN METODE

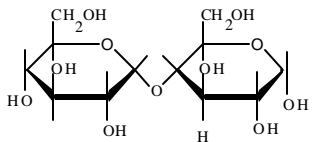
### 2.1 Bahan

Bahan-bahan kimia yang digunakan dalam sintesis poliuretan, yaitu :

- i. Difenilmetan-4,4'-diisosianat (MDI) berupa cairan kental berwarna coklat dengan rumus struktur sebagai berikut :



- ii. Polietilenglikol (PEG ) berat molekul 400 berupa cairan kental tak berwarna dengan rumus struktur sebagai berikut :  
HO-(CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>O)<sub>n</sub>-H
- iii. Maltosa berupa padatan putih dengan rumus struktur sebagai berikut :



## 2.2 Metode

### 2.2.1 Reaksi Polimerisasi Pembentukan Poliuretan

Pada tahap ini dilakukan reaksi polimerisasi pada temperatur kamar dengan perbandingan mol MDI/PEG = 1,0. Adapun variasi konsentrasi maltosa yang dipilih, yaitu : 5%, 10, 15, dan 20% (semua dalam b/b) terhadap berat maltosa dan PEG yang digunakan dalam sintesis poliuretan. Maltosa , PEG, dan MDI dimasukkan ke dalam reaktor labu leher tiga, kemudian diaduk selama 30 menit sambil dialiri gas nitrogen sehingga diperoleh cairan kental. Selanjutnya cairan kental yang diperoleh dimasukkan ke dalam cetakan dan dibiarkan mengeras. Sampel poliuretan dimasukkan ke dalam *vacuum oven* selama 48 jam sebelum dikarakterisasi.

### 2.2.2 Karakterisasi

Adapun uji karakterisasi yang dilakukan untuk setiap produk polimer poliuretan yang diperoleh yaitu uji kualitatif untuk melihat puncak serapan dan menghitung besarnya indeks ikatan hidrogen (HBI) dengan teknik spektrokopi inframerah (IR) dengan alat FTIR Shimadzu seri 8501 menggunakan teknik pellet KBr untuk persiapan sampelnya. Tingkat kontribusi absorpsi gugus karbonil dalam ikatan hidrogen dinyatakan oleh indeks ikatan hidrogen (HBI = *Hydrogen Bonding Index*), yaitu perbandingan relatif dari absorbansi puncak karbonil berikatan hidrogen terhadap puncak karbonil bebas. Puncak serapan ulur C=O berikatan hydrogen berpusat pada 1700 cm<sup>-1</sup> dan puncak serapan ulur C=O bebas berpusat pada ~1720 cm<sup>-1</sup>.

Dilakukan pula uji rapat massa menggunakan piknometer 10 mL pada temperatur kamar, dan uji sifat termal dengan alat DTA General V4.1C Du Pont 2000 dan TGA V5.1A.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Hasil Reaksi Pembentukan Poliuretan

Poliuretan hasil sintesis berupa padatan yang berwarna kuning pucat, tidak larut dalam pelarut organik. Dari hasil pengukuran rapat massa pada temperatur kamar dengan menggunakan alat piknometer menunjukkan bahwa rapat massa poliuretan hasil sintesis bervariasi tergantung pada komposisi komonomer maltosa yang digunakan. Pada Tabel 1 tampak data rapat massa poliuretan sintesis dengan berbagai komposisi maltosa.

Tabel 1. Hasil Penentuan Rapat Massa Poliuretan

Kandungan maltosa (% b/b) dalam maltosa-PEG	Rapat Massa (g/cm <sup>3</sup> )
0	0,9633
5	0,7033
10	0,7315
15	0,5623
20	0,8327

Dengan memperhatikan data pada Tabel 1 tampak bahwa poliuretan yang berasal dari PEG-maltosa-MDI memiliki rapat massa lebih kecil dibandingkan dengan poliuretan dari PEG-MDI.

### 3.2 Spektrum FTIR

Dari hasil karakterisasi terhadap poliuretan hasil sintesis dengan teknik spektrokopi FTIR menunjukkan pita serapan pada 3330 cm<sup>-1</sup> yang merupakan daerah ulur N-H, ~1730 cm<sup>-1</sup> merupakan daerah serapan gugus uretan, 1720 cm<sup>-1</sup> merupakan daerah serapan ulur C=O bebas, 1700 cm<sup>-1</sup> merupakan daerah serapan ulur C=O yang berikatan hydrogen, 1541 cm<sup>-1</sup> merupakan daerah serapan deformasi N-H, 1400 cm<sup>-1</sup> merupakan daerah serapan C-N-C, dan ~1100 cm<sup>-1</sup> yang merupakan daerah serapan ulur C-O.

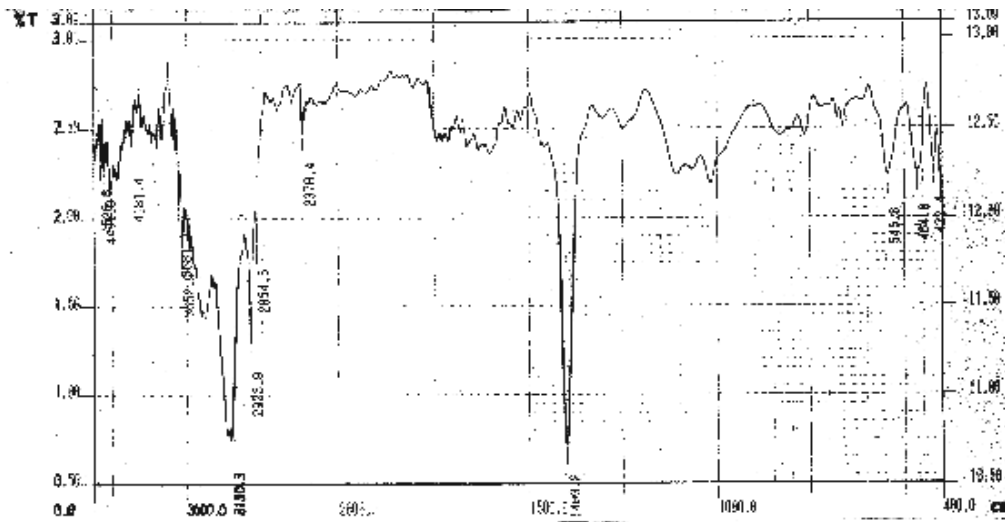
Spektrum FTIR poliuretan hasil sintesis dibandingkan dengan data referensi menunjukkan pita-pita serapan pada daerah yang hampir sama terutama pada daerah pita serapan karakteristik. Pada Gambar 2 tampak hasil spektrum FTIR poliuretan yang berasal dari PEG-MDI dan poliuretan yang berasal dari Maltosa-PEG-MDI.

Berdasarkan hasil perhitungan besarnya indeks ikatan hidrogen (HBI) seperti yang nampak pada Tabel 2 menunjukkan bahwa dengan makin meningkatnya komposisi maltosa maka makin besar nilai HBI dari poliuretan. Hal ini mengindikasikan bahwa derajat ikatan hidrogen dari gugus karbonil yang ada pada

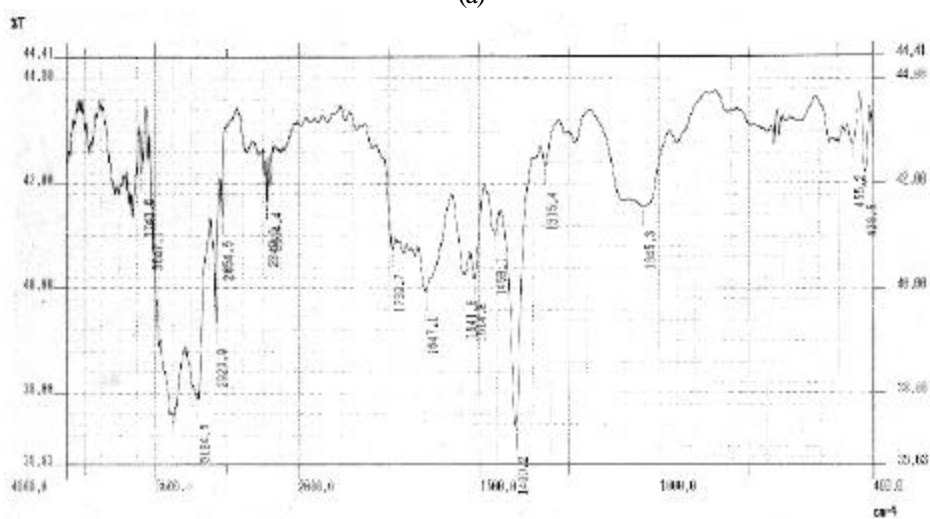
bagian interior segmen keras meningkat dengan meningkatnya kandungan maltosa.

Tabel 2. Hasil Penentuan Nilai HBI (Indeks Ikatan Hidrogen) Poliuretan

Kandungan Maltosa dalam Maltosa –PEG (%b/b)	Nilai HBI ( <i>Hydrogen Bonding Index</i> )
0	1,55
5	2,00
10	2,01
15	2,04
20	2,24



(a)



(b)

Gambar 2. Spektrum FTIR Poliuretan dari (a) PEG-MDI, dan (b) Maltosa-PEG-MDI

Dengan semakin meningkatnya kandungan maltosa dalam poliuretan dapat meningkatkan antaraksi intermolekuler antara segmen keras dengan segmen lemah yang ada dalam poliuretan. Menurut Huang (1997) dengan meningkatnya nilai HBI menunjukkan lebih banyak terjadi antaraksi intermolekuler antara segmen keras - segmen keras dalam daerah segmen keras untuk beragregat daripada terdispersinya segmen keras dalam daerah segmen lemah.

### 3.3 Sifat Termal

Berdasarkan analisis kurva hasil pengukuran dengan teknik *Differential Thermal Analysis* (DTA) diperoleh hasil seperti yang tampak pada Table 3. Dengan bertambahnya komposisi maltosa dalam sintesis poliuretan dapat meningkatkan temperatur transisi gelas poliuretan. Perubahan nilai temperatur transisi gelas tersebut menunjukkan peningkatan yang cukup berarti. Sebagaimana telah diketahui bahwa maltosa terdiri atas unit ulang glukosa dalam molekulnya yang memiliki lebih dari dua gugus hidroksil dalam setiap unit ulangnya. Hal ini dapat menurunkan mobilitas rantai utama dari molekul poliuretan dan menyebabkan terjadinya peningkatan temperatur transisi gelas.

Tabel 3. Temperatur Transisi Gelas Poliuretan

No	Komposisi Maltosa (%b/b) dalam maltosa-PEG	Suhu Transisi Gelas (°C)
1	0	1,68 <sup>a</sup>
2	5	<sup>b</sup>
3	10	<sup>b</sup>
4	15	37,80
5	20	42,57

<sup>a</sup> dari literatur

<sup>b</sup> tidak terdeteksi dengan alat DTA

Tabel 4. Data Persentase Kehilangan Berat Poliuretan pada Berbagai Temperatur

No	Sampel	% Kehilangan Berat (%)						
		100°C	200°C	300°C	400°C	500°C	600°C	700°C
1	PU dari PEG-MDI	4	6	10	57	63	86	*
2	PU dari maltosa-PEG-MDI	2	4	7	39	51	70	100

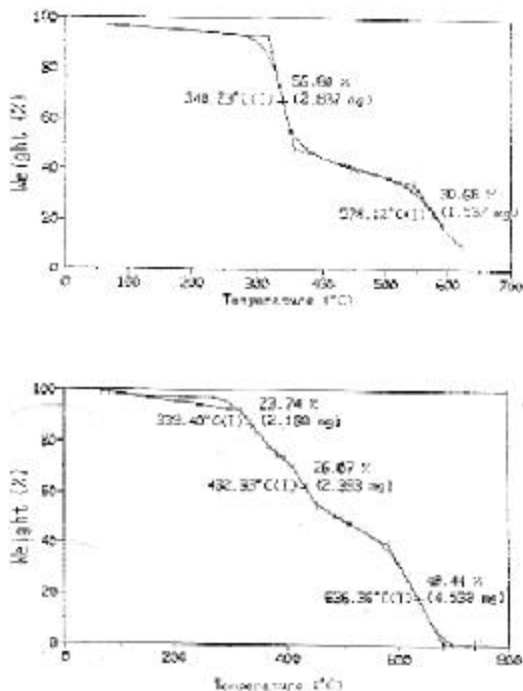
\*tidak dapat ditentukan

Hasil analisis sifat termal poliuretan dengan menggunakan teknik TGA (Thermal Gravimetric Analysis) dapat dilihat pada Gambar 3.

Poliuretan yang berasal dari PEG dan MDI mengalami dua tahap dekomposisi sedangkan poliuretan yang berasal dari maltosa, PEG, dan MDI mengalami tiga tahap dekomposisi. Dengan memperhatikan kedua termogram tersebut maka nampak perbedaan temperatur pada tahap akhir dekomposisi. Untuk poliuretan dari PEG-MDI dekomposisi mulai terjadi pada temperatur 450°C, sedangkan untuk poliuretan dari maltosa-PEG-MDI dekomposisi mulai pada 500°C. Dengan demikian terjadi pergeseran temperatur dekomposisi dari poliuretan yang mengandung maltosa ke nilai yang lebih tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa dengan adanya maltosa dalam sintesis poliuretan dapat meningkatkan kestabilan termal poliuretan

Pada Tabel 4 tampak persentase kehilangan berat poliuretan yang berasal dari PEG-MDI dan berasal dari maltosa-PEG-MDI pada berbagai temperatur.

Untuk kedua jenis poliuretan hasil sintesis menunjukkan nilai persentase kehilangan berat yang kecil pada temperatur di bawah 300°C. Pada setiap nilai temperatur menunjukkan bahwa persentase kehilangan berat poliuretan yang berasal dari maltosa-PEG-MDI memiliki nilai lebih rendah dibandingkan dengan poliuretan yang berasal dari PEG-MDI. Pada temperatur 600°C, poliuretan yang berasal dari maltosa-PEG-MDI mengalami persentase kehilangan berat sebanyak 70% sedangkan untuk poliuretan yang berasal dari PEG-MDI mengalami persentase kehilangan berat lebih besar yaitu sebanyak 86%.



Gambar 3. Perbandingan Termogram antara Poliuretan yang berasal dari PEG-MDI (atas) dengan Poliuretan yang Berasal dari Maltosa-PEG-MDI (Bawah)

#### 4. KESIMPULAN

Poliuretan dapat disintesis dari maltosa, metilen-4,4'-difenildiisocyanat (MDI), dan polietilen glikol (PEG) yang ditunjukkan dengan munculnya puncak-puncak serapan karakteristik poliuretan.

Bertambahnya komposisi maltosa dalam sintesis poliuretan dapat meningkatkan nilai indeks ikatan hydrogen (HBI) dan temperatur transisi gelas poliuretan. Hal ini menunjukkan bahwa maltosa berfungsi sebagai segmen keras.

Dengan penambahan komonomer maltosa dalam sintesis poliuretan dapat meningkatkan kestabilan termal poliuretan.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Frisch, K. C., P. Kordomenos, *Applied Polymer Chemistry*, edisi 2, halaman, 985 – 1021, ACS Symposium Series 285, Washington DC, (1985)
2. Hatakeyama, H., S. Hirose, T. Hatakyama, K. Nakamura, K. Kobashigawa, N. Morohoshi, Biodegradable Polyurethanes from Plant Component, *J. Pure Applied Chemistry*, A32(4), 743 – 750, (1995)
3. Nicholson, J. W., *The Chemistry of Polymer*, edisi 2, halaman 19, 71, The Royal Society of Chemistry, Cambridge, (1997)
4. Huang, S.L. Structure-Tensile Properties of Polyurethanes, *Eur. Polym.J.*, 33,10-12,1563-1567, (1997)
5. Ulrich, Henrie, *Introduction to Industrial Polymers*, halaman 83 – 88, Hanser Publishers, New York, (1982)
6. Eli R, N.M.Surdia, Cynthia L.Radiman, E.Ratnaningsih, Thermal Properties of Synthesized Polyurethane with Tapioca Starch, *Proceedings of The Second International Workshop on Green Polymers*, 313-316, (2000)
7. Eli R, N.M.Surdia, Cynthia L.Radiman, E.Ratnaningsih, *Pengaruh Pati Tapioka terhadap Pembentukan Poliuretan*, makalah Seminar MIPA 2000, (2000)
8. Schnabel, W., *Polymer Degradation, Principles and Practical Applications*, halaman 154 – 176, Macmillan Publishing Co, Inc., New York, (1981)
9. Owen, S., M. Masaoka, R. Kawamura, and N. Sakota, Biodegradation of Poly-D,L-Lactic Acid Polyurethanes, *Degradable Polymers, Recycling, and Plastics Waste Management*, editor : Ann-Christine Albertsson and Samuel J. Huang, halaman 251 – 258, Marcel Dekker Inc., New York, (1995)