

## PEMANFAATAN SARI TEBU DAN JENIS PEG DENGAN VARIASI KOMPOSISI TERHADAP SIFAT MEKANIK POLIURETAN

Ani Sutiani<sup>1</sup>, Rahmat Nauli<sup>2</sup> dan Nuralis<sup>3</sup>

<sup>123</sup> Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Medan, Jl. Willem Iskandar Psr. V Medan, Indonesia 20221, Email: [asr.sutinai@gmail.com](mailto:asr.sutinai@gmail.com)

Diterima 5 Januari 2014, disetujui untuk publikasi 26 Februari 2014

**Abstrak:** Penelitian ini bertujuan untuk melakukan reaksi polimerisasi pembentukan perekat poliuretan pada temperatur kamar dengan memvariasikan komposisi sukrosa dari sari tebu, dengan perbandingan PEG dan MDI dibuat tetap yaitu 1:2. Jenis polietilen glikol (PEG) yang digunakan yaitu PEG400, PEG600 dan PEG1000. Hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa proses pembentukan poliuretan dilakukan dalam dua tahap. Tahap pertama mencampurkan sari tebu dengan polietilen glikol berbagai jenis kemudian diaduk sampai diperoleh larutan homogen (larutan I). Tahap berikutnya mencampurkan larutan I (Campuran sari tebu - PEG) dengan MDI, sampai diperoleh campuran homogen. Proses pencampuran atau polimerisasi dilakukan pada temperatur kamar selama 15 menit, dan dialiri dengan gas Nitrogen. Komposisi Poliuretan yang menghasilkan kekuatan tarik, perpanjangan dan kekuatan lentur maksimal diperoleh pada perbandingan PEG1000 : MDI : Sari tebu (1:2:2) sebesar  $52,62 \times 10^4 \text{ Kgf cm}^{-2}$ , 27,183%, dan  $801,6 \times 10^2 \text{ Kgf cm}^{-2}$ .

### Kata kunci:

Sari Tebu, PEG,  
Sifat Mekanik,  
Poliuretan.

### Pendahuluan:

Poliuretan adalah jenis polimer yang sangat unik dan luas pemakaiannya. Poliuretan dibuat dengan mereaksikan molekul yang memiliki gugus isosianat dengan molekul yang memiliki gugus hidroksil, sehingga jenis dan ukuran setiap molekul pembentuk akan memberikan efek terhadap sifat poliuretan yang dihasilkan. Hal inilah yang menyebabkan poliuretan menjadi salah satu polimer yang sangat fleksibel baik dalam sifat mekanik maupun aplikasinya.

Aplikasi poliuretan setiap tahunnya banyak mengalami

peningkatan terutama digunakan pada berbagai komponen kendaraan yang meliputi bagian eksterior dan interior. Di bidang kedokteran, poliuretan digunakan sebagai bahan pelindung muka dan kantong darah. Selain itu poliuretan telah banyak digunakan sebagai bahan busa, perekat dan pelapis. Pembuatan poliuretan sebagai perekat sangat tergantung pada pemilihan jenis isosianat dan jenis hidroksil yang digunakan sebagai sumber polioliol. Tidak hanya senyawa sintetik murni tetapi juga berbagai bahan alam seperti sakarida dapat digunakan sebagai sumber polioliol dalam pembuatan poliuretan.

Sukrosa merupakan bahan polimer alam yang memiliki kereaktifan yang disebabkan oleh gugus hidroksil yang dimilikinya. Pada umumnya semua senyawa yang memiliki lebih dari dua gugus hidroksil permolekulnya dapat dijadikan sebagai sumber polioliol. Adanya gugus hidroksil pada sukrosa dapat menyebabkan senyawa ini mudah membentuk poliuretan bila direaksikan dengan diisosianat. Upaya untuk memperbaiki sifat poliuretan dapat dilakukan dengan cara mencampur sumber polioliol dengan glikol untuk mengganti sebagian gugus hidroksil sekunder dengan gugus hidroksil primer. Pada tahun pertama telah dilakukan reaksi polimerisasi pembentukan perekat poliuretan dengan cara mereaksikan sukrosa sari tebu sebagai sumber polioliol, PEG dan MDI pada suhu kamar selama 15 menit pada kondisi bebas udara dengan cara mengalirkan gas nitrogen. Dalam proses polimerisasi, komposisi PEG dan MDI sedangkan komposisi Sukrosa dibuat tetap. Jenis PEG yang digunakan adalah PEG400 dan PEG1000.

Beberapa penelitian tentang poliuretan telah menyimpulkan bahwa polimer poliuretan dapat dibuat dengan bahan dasar polioliol (berupa poliester maupun polieter), poliisosianat dan suatu pengembang rantai yang biasanya berupa diol rantai pendek atau diamin. Poliuretan rantai lurus dan bercabang telah berhasil disintesa dari oligo(oxitetrametilen) glikol dengan TDI/MDI dan dimetil hidrazin (Roussos dkk, 2004). Poliuretan sebagai elastomer pada berbagai keperluan industri berhasil disintesa dari minyak jarak, TDI dengan polipropilen glikol maupun 1,4-butanadiol (Yeganeh, H dan

Mehdizadeh, M.R., 2004). Sedangkan Wibowo (2002) telah berhasil membuat perekat poliuretan dengan cara minyak jarak yang digunakan dialkoholisis terlebih dahulu sehingga menghasilkan ester asam risinoleat dan gliserol.

Penelitian lain yang dikemukakan oleh Jhurry (1997) dan Rahmi (1999) menunjukkan bahwa poliuretan dapat disintesis dengan mencampurkan sukrosa dengan variasi dihidroksi, yaitu etilen glikol, propilen glikol, butilen glikol, yang kemudian direaksikan dengan menggunakan 4,4-diphenylmethane diisocyanate /MDI (MDI). Sedangkan Nugraheni (2002) telah berhasil mensintesis poliuretan dari polietilen Glikol (PEG) dan ekstrak tanin dengan TDI, dengan derajat kristalinitas sebesar 70%. Sedangkan Siddaramaiah dkk (2005) berhasil mensintesa poliuretan dari MDI dan berbagai jenis monomer akrilat sehingga menghasilkan poliuretan dengan sifat mekanik yang keras dan kaku serta tahan terhadap reaksi kimia.

Penelitian pembuatan poliuretan telah berhasil dilakukan dengan menggunakan bahan dasar minyak jarak yang direaksikan dengan diisosianat, baik berupa toluen diisosianat (Sutiani,dkk. 2004) maupun dengan menggunakan 2,4 diphenilmetan diisosianat (Sutiani, dkk. 2005). Dari hasil penelitian diketahui bahwa poliuretan yang dihasilkan memiliki sifat rapuh sehingga hanya dapat diaplikasikan sebagai elastomer dan tidak dapat dijadikan sebagai perekat. Penelitian lanjutan dilakukan dengan menambahkan senyawa polietilen glikol (PEG) sebagai pengembang rantai (Sutiani dan Dibyantini, 2006).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekuatan tarik poliuretan yang dihasilkan lebih tinggi jika dibandingkan tanpa menggunakan PEG, akan tetapi belum dapat diaplikasikan sebagai perekat. Penelitian berikutnya dilakukan dengan cara melakukan proses alkoholisis minyak jarak terlebih dahulu sebelum direaksikan dengan glikol maupun isosianat (Sutiani dkk, 2008-2009). Hasil penelitian memperlihatkan bahwa poliuretan yang dihasilkan sudah dapat dijadikan sebagai perekat untuk substrat kayu dan plastik, akan tetapi memiliki kestabilan termal yang relatif rendah. Sedangkan penelitian berikutnya (Sutiani dkk, 2010- 2011) tentang pembuatan perekat poliuretan dari sumber poliol alami yang berasal dari karbohidrat murni yang berupa monosakarida maupun disakarida dengan PEG dan MDI diperoleh hasil bahwa secara sifat mekanik, poliuretan ini memenuhi kualitas standar sebagai perekat, akan tetapi secara fisik tidak memenuhi kualitas standar karena perekat yang dihasilkan mudah mengeras sehingga sulit untuk diaplikasikan.

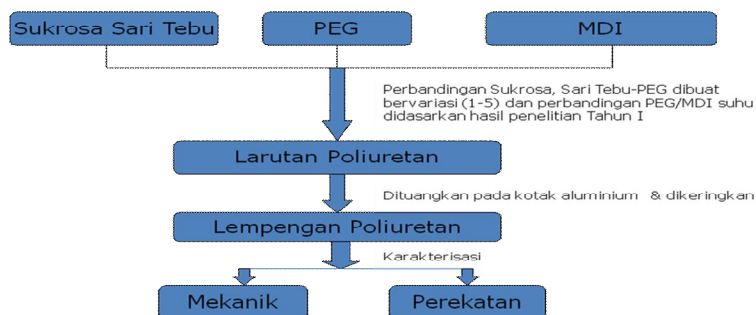
Dalam penelitian ini dilakukan proses pembuatan perekat poliuretan dengan perbandingan PEG dan MDI dibuat tetap yaitu 1:2. Jenis polietilen glikol (PEG) yang digunakan bervariasi yaitu PEG400, PEG600 dan PEG1000. Hasil polimerisasi perekat poliuretan kemudian dikarakterisasi dengan uji sifat mekanik

yang meliputi kuat tarik, perpajangan, dan kuat lentur.

## Metodolgi Penelitian

Pembuatan perekat poliuretan dengan bahan alami sukrosa yang berasal dari sari tebu pada dasarnya membuat polimer poliuretan yang merupakan reaksi polimerisasi kondensasi antara sukrosa dari sari tebu sebagai sumber hidroksida dan MDI sebagai sumber diisosianat serta PEG, baik PEG400, PEG600 maupun PEG1000 sebagai pengembang rantai.

Penelitian yang dilakukan adalah reaksi polimerisasi pembentukan poliuretan pada temperatur kamar selama 15 menit dengan dialiri gas nitrogen. Dalam proses polimerisasi, perbandingan PEG dengan MDI dibuat tetap yaitu 1:2, sedangkan perbandingan sukrosa dari sari tebu dengan PEG dibuat bervariasi (1– 5). Pada tahap ini perekat poliuretan yang dihasilkan dituangkan kedalam cetakan kotak aluminium. Kemudian dimasukkan ke dalam oven dengan pengurangan tekanan pada suhu tertentu selama satu jam untuk menghilangkan gas-gas yang timbul, kemudian dilakukan pemeraman dalam oven suhu 60°C-70°C selama 24 jam, kemudian didiamkan selama satu minggu pada suhu kamar. Hasil polimer ini kemudian diuji/ dikarakterisasi sifat mekanik. Secara lebih jelasnya penelitian yang dilakukan disajikan pada diagram alir seperti ditunjukkan Gambar 1.



Gambar 1 : Dagram Alir Penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian yang telah dilakukan sampai saat ini adalah proses polimerisasi pembentukan poliuretan pada suhu kamar, dengan cara mencampurkan sari tebu sebagai sumber polioliol dengan Polietilen glikol (PEG) sebagai sumber hidroksida, yang kemudian direaksikan dengan Metilen Diisosiyanat (MDI) secara kondensasi langsung, selama 15 menit dengan dialiri gas Nitrogen. Dalam proses polimerisasi, komposisi

PEG dan MDI dibuat bervariasi sedangkan komposisi Sukrosa dibuat tetap. Jenis PEG yang telah digunakan adalah PEG400 dan PEG1000.

### Data Awal Penyusun Poliuretan

Komponen penyusun perekat poliuretan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sukrosa sari tebu, PEG, dan MDI. Sifat fisik dari masing-masing komponen tersebut disajikan pada Tabel 1.

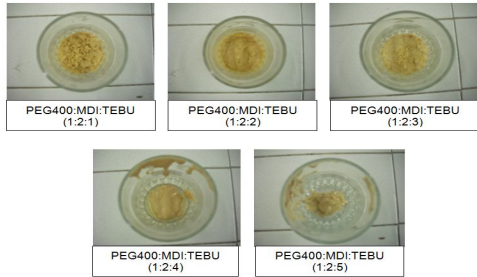
Bahan	Rumus Molekul	Mr (gram/mol)	Wujud/ Warna
Sukrosa Sari Tebu	$C_{12}H_{22}O_{11}$	342,30	Cair/ kuning
PEG400	$C_{2n}H_{4n+2}O_{n+1}$	380-420	Cair kental / tak berwarna
PEG600	$C_{2n}H_{4n+2}O_{n+1}$	590-610	Padat/ Putih
PEG1000	$C_{2n}H_{4n+2}O_{n+1}$	950-1050	Padat/ Putih
MDI	$C_{15}H_{10}N_2O_2$	250,26	Cair/ Coklat

### Proses Pembentukan Poliuretan

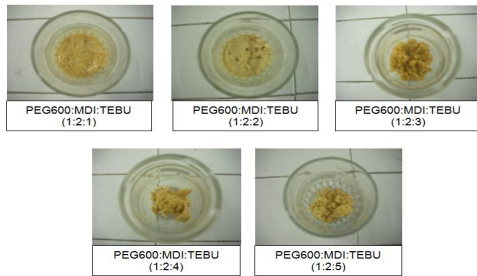
Pada penelitian ini proses pembentukan poliuretan dilakukan dalam dua tahap. Tahap pertama mencampurkan sukrosa sari tebu dengan polietilen glikol berbagai jenis kemudian diaduk sampai diperoleh larutan homogen (larutan I). Tahap berikutnya mencampurkan larutan I (Campuran sari tebu - PEG) dengan MDI, sampai diperoleh campuran homogen. Proses pencampuran atau polimerisasi

dilakukan pada temperatur kamar selama 15 menit, dan dialiri dengan gas Nitrogen. Penelitian yang telah dilakukan adalah pembentukan poliuretan pada temperatur kamar dengan komposisi PEG dan MDI dibuat tetap yaitu 1:2, dengan jenis PEG yang digunakan bervariasi, sedangkan komposisi sukrosa sari tebu bervariasi (1-5) terhadap perbandingan PEG : MDI. Jenis PEG yang sudah digunakan dalam penelitian ini adalah PEG400, PEG600 dan PEG1000. Produk Poliuretan yang

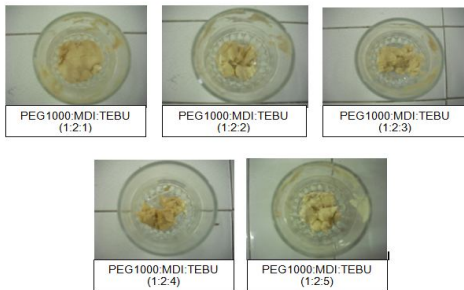
dihasilkan dengan berbagai variasi komposisi dan jenis PEG disajikan pada Gambar 1-3



Gambar 1. Poliuretan dengan Variasi Sari Tebu pada komposisi PEG:MDI (1:2) menggunakan PEG400



Gambar 2. Poliuretan dengan Variasi Sari Tebu pada komposisi PEG:MDI (1:2) menggunakan PEG600



Gambar 3. Poliuretan dengan Variasi Sari Tebu pada komposisi PEG:MDI (1:2) menggunakan PEG1000

kuning muda, dengan berbagai kondisi ada yang berbentuk seperti busa, kental, lengket, dan keras. Pengamatan secara visual untuk produk poliuretan secara menyeluruh menggunakan PEG400 dan PEG1000 ditunjukkan pada Tabel 2 -4.

Tabel 2. Sifat Fisik Poliuretan dengan PEG400

PEG : MDI : Sari Tebu	Bentuk	Sifat Perekat	Warna
1:2:1	Kurang Kental	Kurang Lengket	Kuning Susu
1:2:2	Sedikit Kental	Kurang Lengket	Kuning Susu
1:2:3	Sedikit Kental	Lengket mengeras	Kuning Susu
1:2:4	Kental	Lengket mengeras	Kuning Susu
1:2:5	Kental	Lengket mengeras	Kuning Susu

Tabel 3. Sifat Fisik Poliuretan dengan PEG600

PEG : MDI : Sari Tebu	Bentuk	Sifat Perekat	Warna
1:2:1	Sedikit kental	Kurang Lengket	Kuning Susu
1:2:2	Sedikit kental	Lengket mengeras	Kuning Susu
1:2:3	Kental	Lengket mengeras	Kuning Susu
1:2:4	Kental	Lengket mengeras	Kuning Susu
1:2:5	Kental	Lengket mengeras	Kuning Susu

Hasil pengamatan memperlihatkan bahwa poliuretan yang dihasilkan berwarna

Tabel 4. Sifat Fisik Poliuretan dengan PEG1000

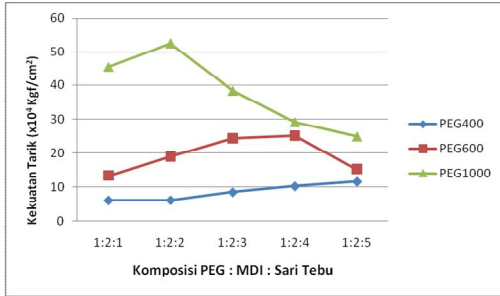
PEG : MDI : Sari Tebu	Bentuk	Sifat Perekat	Warna
1:2:1	Sedikit kental	Lengket, mengeras	Kuning g susu
1:2:2	Kental	Lengket, mengeras	Kuning g susu
1:2:3	Kental	Lengket, mengeras	Kuning g susu
1:2:4	Kental	Lengket, mengeras	Kuning g susu
1:2:5	Kental	Lengket, mengeras	Kuning susu

### Hasil Analisis Sifat Mekanik Bahan

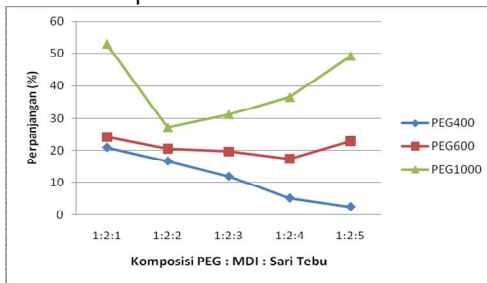
Analisa yang dilakukan untuk menentukan sifat mekanik bahan adalah kekuatan tarik, perpanjangan, dan kekuatan lentur. Data uji sifat mekanik poliuretan yang dihasilkan disajikan pada Tabel 5, sedangkan grafiknya disajikan pada Gambar 4 – 6.

Tabel 5. Data uji sifat mekanik poliuretan

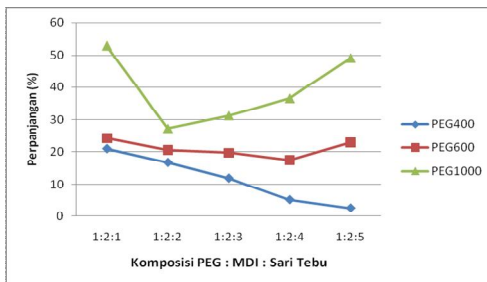
Jenis PEG Dalam Poliuretan	Perbandingan PEG : MDI : Sari Tebu	Data Sifat Mekanik		
		Kuat Tarik ( $\times 10^4$ kgf/cm <sup>2</sup> )	Perpanjangan (%)	Kuat Lentur ( $\times 10^2$ Kgf/cm <sup>2</sup> )
PEG400	1:2:1	5,98	20,93	52,8
	1:2:2	6,03	16,71	86,2
	1:2:3	8,41	11,87	180,4
	1:2:4	10,21	5,12	265,6
	1:2:5	11,57	2,48	286,7
PEG600	1:2:1	13,25	24,07	74,8
	1:2:2	18,91	20,46	108,7
	1:2:3	24,32	19,58	286,1
	1:2:4	25,12	17,32	309,6
	1:2:5	15,23	22,75	195,9
PEG1000	1:2:1	45,47	52,91	753,5
	1:2:2	52,62	27,18	801,6
	1:2:3	38,32	31,28	581,2
	1:2:4	29,06	36,59	534,5
	1:2:5	24,8	49,13	310,2



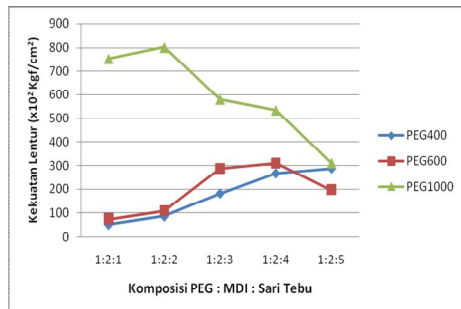
Gambar 4. Pengaruh Komposisi PEG:MDI:Sari Tebu dan Jenis PEG terhadap Kekuatan Tarik Poliuretan



Gambar 5. Pengaruh Komposisi PEG:MDI:Sari Tebu dan Jenis PEG terhadap Perpanjangan Poliuretan



Gambar 5. Pengaruh Komposisi PEG:MDI:Sari Tebu dan Jenis PEG terhadap Perpanjangan Poliuretan



Gambar 6. Pengaruh Komposisi PEG:MDI:Sari Tebu dan Jenis PEG terhadap Kekuatan Lentur Poliuretan Dari

Tabel 5. dan Gambar 4-6 terlihat bahwa untuk poliuretan dengan jenis PEG400, komposisi yang menghasilkan kekuatan tarik, perpanjangan dan kuat lentur maksimal diperoleh pada perbandingan PEG400 : Sari Tebu : MDI (1:2:5) sebesar  $11,57 \times 10^4$  Kgf cm<sup>-2</sup>, 2,48%, dan  $316,7 \times 10^2$  Kgf cm<sup>-2</sup> secara berturut-turut. Untuk poliuretan dengan jenis PEG600, komposisi yang menghasilkan kekuatan tarik, perpanjangan dan kekuatan lentur maksimal diperoleh pada perbandingan PEG1000 : Sari Tebu : MDI (1:1:4) sebesar  $25,12 \times 10^4$  Kgf cm<sup>-2</sup>, 17,32%, dan  $309,6$  Kgf cm<sup>-2</sup>. Sedangkan untuk poliuretan dengan jenis PEG1000, komposisi yang menghasilkan kekuatan tarik, perpanjangan dan kuat lentur maksimal diperoleh pada perbandingan PEG1000 : Sari Tebu : MDI (1:2:2) sebesar  $52,62 \times 10^4$  Kgf cm<sup>-2</sup>, 27,183%, dan  $801,6 \times 10^2$  Kgf cm<sup>-2</sup>.

Sebagai perbandingan pada penelitian ini digunakan produk komersil yaitu lem serba biasa dan lem kayu kopal yang memiliki fungsi yang sama sebagai perekat. Data sifat mekanik lem komersil ini dibandingkan dengan poliuretan hasil penelitian, seperti terlihat pada tabel .6.

Tabel 6. sifat mekanik lem komersial ini dibandingkan dengan poliuretan

No	Perekat	Data Sifat Mekanik		
		Kuat Tarik (x 10 <sup>4</sup> kgf/cm <sup>2</sup> )	Perpanjangan (%)	Kuat Lentur (x 10 <sup>2</sup> Kgf/cm <sup>2</sup> )
1.	Lem Serba Bisa	30,94	30,1	614,4
2.	Lem Kopal	11,88	31,6	382,8
3	PEG1000:MDI:Sari Tebu (1:2:2)	52,62	27,18	801,6

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat dinyatakan bahwa poliuretan memiliki kekuatan tarik dan kekuatan lentur yang dapat dimanfaatkan sebagai alternatif bahan perekat karena polimer yang dihasilkan dapat menjadi keras, dengan kondisi paling maksimal diperoleh perbandingan PEG1000:Sari Tebu:MDI sebesar 1:2:2. Proses pembentukan poliuretan dilakukan pada suhu kamar selama 15' menit dan dialiri dengan gas Nitrogen.

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sementara bahwa proses pembentukan poliuretan dilakukan dalam dua tahap. Tahap pertama mencampurkan sari tebu dengan PEG kemudian diaduk sampai diperoleh larutan homogen (larutan I). Tahap berikutnya mencampurkan larutan I dengan MDI, sampai diperoleh campuran homogen. Proses pencampuran atau polimerisasi dilakukan pada temperatur kamar selama 15 menit, dan dialiri dengan gas Nitrogen. Komposisi yang menghasilkan kekuatan tarik, perpanjangan dan kekuatan lentur maksimal diperoleh

pada perbandingan PEG1000 : MDI : Sari tebu (1:2:2) sebesar sebesar 52,62 x 10<sup>4</sup> Kgf cm<sup>-2</sup>, 27,183%, dan 801,6 x 10<sup>2</sup> Kgf cm<sup>-2</sup>.

### Daftar Pustaka

- Jhurry, D., (1997), *Sucrose-Based Polymer Polyurethane with Sucrose in the Main Chain*, *Eur. Polymer. J.*, 33, p 1577-1582.
- Nugraheni, D.I., (2002), *Sintesa Poliuretan dari sistem PEG-TDI-Ekstrak Tanin dan Karakterisasinya*, Skripsi Jurusan Kimia, ITB, Bandung.
- Rahmi., (1999), *Peran Sukrosa Molasses dalam Sintesa Poliuretan dari PEG dan MDI*, Tesis, Jurusan Kimia ITB, Bandung.
- Roussos, M., Konstantopoulou,A., Kalogeras,I.W., Kanapitsas,A., Pissis,P., Savelyev,Y., and Dova,A.V.,(2004), *Comparative Dielectric Studies of Segmental Mobility in Novel Polyurethanes*, *e-Polymers*, 042.
- Sutiani, A., Dibyantini, R.E., Nauli, R.,(2004), *Sintesis dan Karakterisasi Plastik Poliuretan yang Bersifat Biodegradabel dari Bahan Baku Minyak Jarak*, Laporan Penelitian Dosen Muda, Dirjen Dikti, Depdiknas, Jakarta.
- Sutiani, A., Dibyantini, R.E., Nauli, R.,(2005), *Studi biodegradasi Plastik Poliuretan dari Minyak Jarak Sebagai*



- Plastik Ramah Lingkungan*, Laporan Penelitian Dosen Muda, Dirjen Dikti, Depdiknas, Jakarta.
- Sutiani, A., dan Dibyantini, R.E., (2006), *Studi Awal Pembuatan Poliuretan dari campuran Minyak Jarak, Glikol dan Isosianat*, Laporan Penelitian Dosen Muda, Dirjen Dikti, Depdiknas, Jakarta.
- Sutiani, A., Dibyantini, R.E. & Sitorus, M., (2008-2009), *Pembuatan Poliuretan dengan Bahan Baku Minyak Jarak Teralkoholisasi Sebagai Alternatif Bahan Perekat*, Laporan Penelitian Hibah Bersaing, Dirjen Dikti, Depdiknas, Jakarta
- Sutiani, A., Dibyantini, R.E. & Sitorus, M., (2010-2011), *Pembuatan Perekat Poliuretan Menggunakan Berbagai Bahan Alami Sebagai Sumber Polioliol*, Laporan Penelitian Hibah Bersaing, Dirjen Dikti, Depdiknas, Jakarta
- Wibowo, H.B., (2002), *Pembuatan Perekat Dari Poliuretan Berbasis Minyak Jarak*, *JIMat*, Vol. 1, **2**, Hal. 42-50.
- Yeganeh, H and Mehdizadeh, M.R., (2004), *Synthesis and Properties of Isocyanate Curable Millable Polyurethane Elastomers Based on Castor oil as a Renewable Resource Polyol*, *European Polymer Journal*, **40**, Issue 6, p.1233-1238.