

PEMANFAATAN MALTOSA DAN GLISEROL SEBAGAI SUMBER POLIOL DALAM PEMBUATAN PEREKAT POLIURETAN

Ani Sutiani* dan Yulinda Marsely

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Medan

* Email: asr.sutiani@gmail.com

Abstrak

Sintesis poliuretan menggunakan senyawa maltosa dan gliserol sebagai sumber polioliol telah dilakukan dalam penelitian ini. Senyawa polioliol tersebut direaksikan dengan MDI (metilen 4,4'-difenildiisosiyanat) dan polietilena glikol (PEG)1000. Sintesis poliuretan dilakukan dengan cara memvariasikan volume sumber polioliol. Variasi volume sumber polioliol yang digunakan yaitu 1, 2 dan 3 mL dengan berat sumber polioliol 1 % dan direaksikan pada suhu kamar selama 10 menit. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi maltosa dan gliserol dalam sintesis perekat poliuretan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perekat poliuretan yang dihasilkan memiliki sifat fisik dan sifat mekanik yang bervariasi. Semakin banyak volume sumber polioliol yang ditambahkan dengan perbandingan PEG dan MDI yang sama (1:3) maka sifat mekanik poliuretan semakin menurun. Karakterisasi gugus fungsi poliuretan dilakukan berdasarkan data spektra IR. Sifat mekanik poliuretan dikarakterisasi menggunakan alat uji tarik Tokyo Testing Machine. Hasil uji tarik menunjukkan bahwa sifat mekanik maksimum poliuretan diperoleh pada komposisi polioliol:PEG:MDI adalah 1:1:3, untuk kedua sumber polioliol, Gliserol maupun Maltosa. Kekuatan tarik polioliol Gliserol lebih baik dari Maltosa. Data sifat mekanik Gliserol adalah kekuatan tarik $47,3 \times 10^4 \text{ N/m}^2$, perpanjangan 38,9 % dan kekuatan lentur $828,1 \times 10^4 \text{ N/m}^2$.

Kata Kunci: *Maltosa, Gliserol, Polioliol, Poliuretan, Perekat*

Abstract

Polyurethane synthesis using compounds of maltose and glycerol as a source of polyol has been done in this study. The polyol compound is reacted with MDI (methylene 4,4'-difenildiisosiyanat) and polyethylene glycol (PEG) 1000. Polyurethane synthesis is done by varying the volume of polyol source. Variations of the source volume polyols used are 1, 2 and 3 mL with 1% by weight polyol source and reacted at room temperature for 10 minutes. This study aims to determine the effect of variation maltose and glycerol in the synthesis of polyurethane adhesives. The results showed that the polyurethane adhesive produced has physical properties and mechanical properties vary. The more volume, written sources of polyols and MDI with a PEG ratio of the same (1: 3), the mechanical properties of the polyurethane decreases. The Characterization of functional groups polyurethane conducted by IR spectral data. The mechanical properties of polyurethane were characterized using the tensile test equipment Tokyo Testing Machine. Tensile test results showed that the maximum mechanical properties of polyurethane polyol compositions obtained at: PEG: MDI is 1: 1: 3, for a second source of polyols, glycerol and maltose. The tensile strength of polyols Glycerol better than maltose. Data mechanical properties for Glycerol is the tensile strength of $47.3 \times 10^4 \text{ N / m}^2$, an elongation of 38.9% and a flexural strength of $828.1 \times 10^4 \text{ N / m}^2$.

Keywords : *Maltose, Glycerol, Polyol, Polyurethan, Adhesive*

PENDAHULUAN

Penggunaan bahan polimer poliuretan setiap tahunnya mengalami peningkatan, terutama digunakan pada berbagai komponen kendaraan yang meliputi bagian eksterior dan interior misalnya bumper, panel-panel *body*, dan tempat duduk mobil (jok). Selain itu poliuretan telah digunakan pula untuk furniture, bangunan dan konstruksi, insulasi tank dan pipa, pabrik pelapis, alat-alat olahraga, serta sebagai bahan pembungkus. Dibidang kedokteran, poliuretan digunakan sebagai bahan pelindung muka, kantung darah dan sebagainya. Masalah yang timbul kemudian akibat peningkatan penggunaan poliuretan adalah semakin bertumpuknya limbah poliuretan. Oleh karena itu dibutuhkan cara untuk menanggulangi limbah poliuretan dengan cara menggunakan bahan alami sebagai sumber polioliol dalam pembuatan poliuretan [1,2].

Bahan perekat yang umum digunakan saat ini adalah poliepoкси dan polimetakrilat. Poliuretan berbasis *hydroxyl terminated polybutadiene* (HTPB) sebagai polioliol banyak digunakan untuk bahan perekat propelam komposit padat. Namun HTPB merupakan bahan yang mahal, sulit pengadaannya dan berasal dari bahan industri petrokimia yang tak terbaharukan serta masih diimpor [3,4]. Oleh karena itu diperlukan suatu usaha untuk dibuat bahan alternatif lain yang dapat digunakan sebagai polioliol untuk bahan pembuatan poliuretan dan berbasis bahan alam yang ramah lingkungan sebagai perekat. Salah satu berasal dari monogliserid minyak atau bentuk epoksidanya [5].

Berbagai bahan alam seperti maltosa dan gliserol dapat digunakan sebagai sumber polioliol. Bahan alami tersebut merupakan bahan polimer alam yang memiliki kereaktifan yang disebabkan oleh gugus hidroksil yang

dimilikinya. Bahan alami yang memiliki lebih dari dua gugus hidroksil permolekulnya dapat dijadikan polioliol, yang akan memiliki karakteristik tertentu dari segi reologi maupun teksturnya [6]. Maltosa adalah suatu disakarida yang terbentuk dari dua molekul glukosa. Ikatan yang terjadi adalah ikatan antara atom karbon nomor satu dan atom karbon nomor empat. Oleh karenanya maltosa masih mempunyai gugus -OH glikosidik dan mampu mereduksi. Gliserol mengandung tiga gugus hidroksil hidrofilik sehingga senyawa ini dapat larut dalam air serta bersifat higroskopis. Adanya gugus hidroksil pada bahan alami tersebut dapat menyebabkan senyawa ini mudah membentuk poliuretan bila direaksikan dengan diisosiyanat.

Pembuatan perekat poliuretan dari berbagai sumber alami sebagai bahan polioliol, baik berupa sakarida maupun disakarida dengan jenis PEG 400 dan PEG1000 telah dilaporkan [2]. Penelitian untuk mendapatkan poliuretan sudah mulai dilakukan, seperti mencampurkan minyak jarak, PEG 400 dan MDI dengan memvariasikan suhu reaksi polimerisasi. Hasil penelitian maksimal diperoleh pada suhu reaksi 30°C dengan kekuatan tarik 11,625 Kgf/cm² dan perpanjangan 272 % [6]. Penelitian perekat poliuretan dengan memvariasikan waktu reaksi polimerisasi, diperoleh hasil maksimal pada waktu reaksi selama 90 menit dengan kekuatan tarik 21,008 Kgf/cm² dan perpanjangan 447,5 % [8]. Penelitian menggunakan minyak jarak teralkoholisasi dilakukan untuk memperbaiki mutu perekat poliuretan. Hasil penelitian maksimal ditunjukkan pada campuran alkoholisis minyak jarak, PEG 1000 dan MDI dengan perbandingan 1:1:3 [5,9].

Beberapa cara untuk memperbaiki sifat poliuretan dari minyak jarak dapat dilakukan dengan cara mencampur minyak jarak dengan makroglikol dan isosiyanat

untuk mengganti sebagian gugus hidroksil sekunder dengan gugus hidroksil primer. Penelitian yang dilakukan Pritishreemenunjukkan bahwa poliuretan berbahan dasar minyak jarak dengan polimer polihidroksi metakrilat dapat meningkatkan kekuatan tarik dan perpanjangan poliuretan yang dihasilkan.

Sifat mekanik poliuretan yang dapat dimanfaatkan sebagai perekat dapat diperoleh dengan mengubah nilai ratio reaktivitas (OH/NCO) dan jenis gugus hidroksi dalam sumber polioliol [10]. Penelitian lain menggunakan bahan alami berupa fruktosa, glukosa dan sukrosa dengan menggunakan PEG1000 [11]. Pengembangan penelitian lebih lanjut dilakukan dengan jenis PEG yang sama dan bahan alami gliserol [12].

Dalam makalah ini dibahas tentang proses pembuatan perekat poliuretan dari bahan alami maltosa dan gliserol sebagai sumber polioliol dengan campuran polietilen glikol (PEG) 1000 dan diisosianat yang berupa 4,4-diphenylmethane diisosianat (MDI). Semua bahan kimia yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sumber polioliol, Gliserol dan Maltosa, PEG1000 serta MDI dikarakterisasi terlebih dahulu dengan spektrofotometer IR untuk penentuan gugus fungsi. Pembuatan poliuretan dilakukan dengan cara memvariasikan komposisi sumber polioliol, sedangkan perbandingan PEG : MDI dibuat tetap yaitu 1:3. Hasil polimerisasi perekat poliuretan kemudian dikarakterisasi meliputi analisa gugus fungsi dengan spektrofotometer IR, dan Uji sifat mekanik yang meliputi kuat tarik, perpanjangan, dan kuat lentur.

METODE PENELITIAN

1. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah mixer, stop watch, neraca analitik, spektrofotometer IR, alat-alat yang digunakan untuk karakterisasi seperti kayu dan *Tokyo Testing Machine* serta seperangkat alat gelas sebagai pendukung sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah

maltosa, gliserol, polietilen glikol 1000 (PEG), metilen diisosianat (MDI) dan akuades.

2. Sintesis Perekat Poliuretan

Sintesis poliuretan diawali dengan merangkai alat untuk proses polimerisasi. Kemudian dilakukan pencampuran sumber polioliol (maltosa/gliserol) dengan variasi volume sebanyak 1, 2 dan 3 mL dan PEG1000 sebanyak 1 gram serta MDI sebanyak 3 mL dimasukkan ke dalam alat polimerisasi. Gas Nitrogen dialirkan selama proses reaksi polimerisasi pembentukan poliuretan. Proses polimerisasi dilakukan selama 10 menit pada suhu ruangan sehingga terbentuk padatan poliuretan.

3. Karakterisasi Poliuretan

3.1 Uji Infra Merah

Menentukan background yang sesuai dengan kondisi ruangan kemudian lempeng tipis poliuretan ditempelkan pada alat yang berbentuk seperti negatif film setelah itu diukur spektra dari sampel. Sampel akan di scan yang berarti sinar infra merah akan melewati sampel. Gelombang yang diteruskan oleh sampel akan ditangkap oleh detektor yang terhubung ke komputer dan akan memberikan gambaran spektrum sampel poliuretan tersebut. Struktur kimia dan bentuk dasar ikatan molekul serta gugus fungsional tertentu sampel menjadi dasar bentuk spektrum yang akan diperoleh hasil analisisnya.

3.2 Uji Tarik

Rangkaian alat uji tarik diset sesuai dengan yang diperlukan. Kecepatan tarik 1 mm/menit, kecepatan kertas 10 mm/menit dan beban maksimum variasi dari 1000 N, 400 N dan 200 N. Spesimen kayu yang telah diolesi dengan poliuretan dijepitkan pada alat uji tarik, kemudian alat dijalankan sampai kayu yang melekat terlepas dan data yang dihasilkan dicatat diatas kertas.

3.3 Uji Kekuatan Lentur (UFS)

Rangkaian alat uji tekan sesuai dengan yang diperlukan, kemudian pembebanan diatur dengan beban maksimum 200 N dan jarak sangga 12 cm. Skala beban pada mesin uji diatur agar menunjukkan skala nol dan beban dibuat persisi di tengah-tengah sampel uji. Kemudian tombol pembebanan tekan dihidupkan (down) dan mesin akan bekerja, gerakan mesin secara otomatis akan berhenti setelah sampel uji telah mencapai kelenturan maksimum dan data yang tertera pada display dicatat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pembuatan Perekat Poliuretan

Perekat poliuretan dihasilkan dari reaksi polimerisasi antara isosianat dan polioliol. Dalam penelitian ini, isosianat yang digunakan adalah MDI dengan PEG1000 dan penambahan maltosa atau gliserol sebagai sumber gugus polioliol sehingga dari proses polimerisasi diatas diharapkan terbentuk perekat poliuretan yang mempunyai sifat dan ketahanan yang baik.

Pencampuran MDI dengan bahan alami maltosa atau gliserol dengan campuran PEG1000 dilakukan dengan variasi volume sumber polioliol 1 mL, 2 mL

dan 3 mL pada suhu kamar dengan dialiri gas nitrogen selama 10 menit. Dari hasil polimerisasi diperoleh perekat poliuretan kemudian diuji sifat mekaniknya untuk mengetahui pengaruh variasi sumber polioliol terhadap sifat mekanik poliuretan. Hasil pengamatan sifat fisik poliuretan yang dihasilkan terlihat pada 1. Dari data pada Tabel 1 terlihat bahwa urutan kekerasan dari pembentukan perekat poliuretan secara umum memiliki karakteristik tertentu, baik pada maltosa maupun gliserol. Semakin banyak penambahan volume sumber polioliol maka sifat kekerasan dan kekakuan dari perekat yang terbentuk semakin menurun. Hal ini disebabkan gugus hidroksil pada sumber polioliol sangat banyak sehingga jika berikatan dengan MDI dan PEG akan membentuk rantai yang bercabang dan tidak teratur yang mengakibatkan kekerasan dan kekakuan semakin menurun. Dalam hal ini MDI merupakan pembentuk segmen kekerasan (*hard segment*) dan kekakuan dalam polimerisasi poliuretan dan PEG sebagai pembentuk kelembutan (*soft segment*).

Tabel 1. Sifat Fisik Perekat Poliuretan dengan Berbagai Sumber Polioliol

Sumber polioliol	Perbandingan			Bentuk	Sifat perekat	Warna
	polioliol	PEG	MDI			
Maltosa 1%	1	1	3	Gel kemudian memadat	Lengket, mengeras dan tidak rapuh	Putih susu
	2	1	3	Agak mengental	Lengket dan rapuh	Kuning
	3	1	3	Cair dan tidak mengeras sama sekali	Rapuh dan kurang melekat	Putih susu
Gliserol 1%	1	1	3	Gel kental, padat dan keras	Lengket, meresap ke kayu, dan kuat	Putih susu
	2	1	3	Gel kental	Lengket, meresap ke kayu dan tidak rapuh	kuning
	3	1	3	Cair dan tidak mengeras	Lengket dan sedikit rapuh	Kuning

2 Proses Pembentukan Spesimen Uji

Poliuretan yang dihasilkan dari penelitian ini berbentuk padatan yang keras, lengket dan kuat. Dalam pembuatan spesimen uji, perekat yang baru di mixer selama 10 menit langsung dioleskan pada kayu yang telah mengikuti prosedur baku ASTM D 920 dengan satuan N/m^2 untuk uji tarik dan mengikuti ASTM D 790 dengan satuan N/m^2 untuk uji kelenturan. Hal yang terpenting dalam penyediaan spesimen adalah permukaan kedua spesimen harus dalam keadaan kering dan ujung kayu harus kasar. Perekat poliuren yang dihasilkan cepat mengeras dan sangat

sulit untuk dilelehkan kembali. Kayu yang telah dioles dengan perekat poliuretan langsung di *press* dingin sebelum dilakukan uji tarik dan uji kelenturan. Penge-*press*-an dilakukan sampai perekat lengket pada kayu dan kering. Kondisi ini diperoleh setelah melakukan beberapa percobaan (*trial and error*). Spesimen uji yang dihasilkan lengket dan kuat.

3. Analisa Gugus Fungsi dengan FTIR

Analisa ini dimaksudkan untuk mengetahui gugus fungsi dari bahan dasar maltosa, gliserol, PEG 1000 dan MDI. Data hasil analisa spektrum PEG 1000 ditunjukkan pada Tabel 2

Tabel 2. Data Gugus Fungsi MDI, PEG1000, Sumber Polioliol dan Poliuretan

Sampel	Bilangan Gelombang (cm^{-1})	Gugus Fungsi
MDI	3028,46 2918,48 1777,54 1721,34 1608,25 1232,48	=C-H -C-H -C=O -C=O C=C ring -NCO
PEG	3429,17 2876,30 1103,10	-OH Regang C-H pada aldehid C-O
Maltosa	3412 2977,5 2947,5 1638,11 1273,12 1250,14	-OH Regang C-H pada $-CH_2$ Regang C-H pada aldehid -C=O -C-C -C-O
Poliuretan Maltosa	3347,54 2918,54 1604,54 1097,53	-OH =C-H C=C ring C-C
Gliserol	3368,4 2940,19 1212,33	-OH Regang C-H pada $-CH_2$ C-O
Poliuretan Gliserol	3572,46 3347,44 2903,44 1773,48 1692,45	-OH -NH -C-H pada $-CH_2$ -C=O -C=O

	1602,45 1234,45 1107,46	C=C ring -NCO C-O
--	-------------------------------	-------------------------

Berdasarkan Tabel 2. Dengan membandingkan serapan yang dihasilkan pada setiap bahan baku dan hasil sintesis poliuretan, maka dapat mengindikasikan bahwa poliuretan yang disintesis telah terbentuk dengan menggunakan polioliol maltosa dan gliserol.

4. Uji Sifat Mekanik

Proses polimerisasi MDI, PEG1000 polietilen glikol dengan

penambahan sumber polioliol alami maltosa dan gliserol diharapkan menghasilkan perekat poliuretan dengan sifat mekanik yang baik. Dari hasil analisa sifat mekanik (kekuatan tarik, perpanjangan dan kekuatan lentur) dapat digambarkan sifat mekanik perekat poliuretan yang dihasilkan seperti diperlihatkan pada Tabel 3. Sedangkan data sifat mekanik poliuretan yang dihasilkan dibandingkan dengan perekat komersil dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 3. Data hasil kekuatan tarik (σ), perpanjangan (ϵ) dan kekuatan lentur maksimum (UFS) pada poliuretan dengan variasi sumber polioliol alami

Sumber Polioliol	SP:PEG:MDI	Kekuatan Tarik X 10 ⁴ N (N/m ²)	Perpanjangan (%)	Kekuatan Lentur X 10 ⁴ (N/m ²)
Maltosa	1 : 1 : 3	46,4	45,9	596,7
Gliserol		47,3	38,9	828,1
Maltosa	2 : 1 : 3	18,4	5,8	451,1
Gliserol		15,8	19,2	443,3
Maltosa	3 : 1 : 3	4,7	16,4	197,6
Gliserol		4,4	16,9	157,3

Berdasarkan Tabel 3 terlihat bahwa Perekat poliuretan yang dihasilkan pada variasi sumber polioliol perbandingan 1:1:3 menghasilkan kekuatan tarik yang maksimum nilainya terutama pada gliserol sebesar 47,3 x 10⁴ N/m² dengan perpanjangan 38,9 % dan kekuatan lentur 828,1x 10⁴ N/m². Hal ini disebabkan gugus -OH pada gliserol merupakan gugus yang tersusun secara teratur dengan atom karbon dan berikatan dengan PEG1000 dan MDI membentuk rantai panjang lurus polimer dan teratur sehingga perekat poliuretan yang dihasilkan cenderung membentuk kristalin dan daya rekatnya lebih bagus dibandingkan dengan poliuretan maltosa.

Sebagai perbandingan pada penelitian ini digunakan produk komersil lem serba bisa dan lem kayu kopal yang

memiliki fungsi yang sama sebagai perekat. Data sifat mekanik lem komersial ini dibandingkan dengan lem hasil penelitian dengan sumber polioliol yang berbeda, tetapi pada perbandingan tetap yaitu 1:1:3, seperti disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Data Sifat Mekanik Perekat Poliuretan dengan Perekat Komersil

No	Perekat	Kekuatan Tarik x10 ⁴ (N/m ²)	Perpanjangan (%)	Kekuatan Lentur x10 ⁴ (N/m ²)
1.	Lem serba bisa	46,4	47,3	685,2
2.	Lem Kayu Kopal	29,3	25,1	494,4
3.	Mal:PEG:MDI (1:1:3)	46,4	45,9	596,7

4.	Gli:PEG: MDI (1:1:3)	47,3	38,9	828,1
----	----------------------------	------	------	-------

Dari data Tabel 4. memberikan informasi bahwa kekuatan rekat paling baik dimiliki oleh perekat poliuretan gliserol dengan kekuatan tarik $47,3 \times 10^4$ N/m² dan kekuatan lentur $828,1 \times 10^4$ N/m². Hal ini menunjukkan bahwa perekat poliuretan gliserol memiliki keelastisan yang lebih besar daripada lem komersial lem serba bisa maupun lem kayu kopal.

Perekat poliuretan yang dihasilkan sudah memenuhi SNI 06-0060-1987 (Departemen Perindustrian, 1987) yaitu kekuatan rekat pada kayu keadaan normal/biasa lebih dari 100 kg/cm². Perekat poliuretan maltosa memiliki kekuatan tarik $46,4 \times 10^4$ N/m² dan kekuatan lentur $596,7 \times 10^4$ N/m², poliuretan gliserol memiliki kekuatan tarik $47,3 \times 10^4$ N/m² dan kekuatan lentur $828,1 \times 10^4$ N/m².

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Perekat poliuretan dapat dihasilkan dari campuran polietilen glikol (PEG) 1000, metilen diisosiyanat (MDI) dan bahan alami seperti maltosa dan gliserol.
2. Semakin banyak volume sumber polioliol yang ditambahkan maka kekuatan tarik, kekuatan lentur dan perpanjangannya semakin menurun. Variasi volume sumber polioliol terbaik pada penelitian ini yaitu komposisi polioliol:PEG:MDI adalah 1:1:3.
3. Poliuretan dari sumber polioliol gliserol memiliki kekuatan tarik yang maksimum yaitu $47,3 \times 10^4$ N/m² dengan % perpanjangan 38,9 % dan kekuatan lentur $828,1 \times 10^4$ N/m².

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pritishree, N., Mishra, D.K., Parida, D., Sahoo, K.C., Nanda, M., Lenka, S., and Nayak, P.L., (1997), Polymer from Renewable Resources. IX. Interpenetrating Polymer Networks Based on Castor Oil Polyurethane-Poly (hydroxyethyl methacrylate) : Synthesis, Chemical, Thermal, and Mechanical Properties, *J. Applied Polymer Science*, 63, p.671-679
- [2] Sutiani, A., Dibyantini, R.E. & Sitorus, M. (2011) *Pembuatan Perakat Poliuretan Menggunakan Berbagai Bahan Alami Sebagai Sumber Polioliol*. Laporan Penelitian Hibah Bersaing. Dirjen Dikti. Depdiknas. Jakarta
- [3] Rohaeti, E., Surdia, N.M. (2003). Pengaruh Variasi Berat Molekul Polietilen Glikol terhadap Sifat Mekanik Poliuretan. *Jurnal Matematika dan Sains*. 8(2), 63 – 66
- [4] Melo, B.N., Pasa, V.M.D. (2004). Thermal and Morphological Study of Polyurethanes Based On Eucalyptus Tar Pitch and Castor Oil. *J. Applied Polymer Science*, 92 (5). p.3287-3291.
- [5] Sutiani, A., dan Dibyantini, R.E. (2012), Pengaruh PEG, Katalis dan Minyak Jarak Terhadap Sifat Mekanik Poliuretan, *Jurnal Pendidikan Kimia Pasca Sarjana Unimed*. Vol. 4(1).
- [6] Sanchez, M.S, R. Papon & J. Villenave., (2000), Rheological Characterization of Thermoplastic Polyurethane Elastomers, *Polymer International*, 49 (6), Wiley and Sons.
- [7] Erlinda, (2008), *Pembuatan Poliuretan dari Campuran Minyak Jarak, Glikol dan Diisosiyanat dengan Variasi Suhu Reaksi*, skripsi, FMIPA, Unimed, Medan

- [8] Wahyuni, Ade Sri, (2008), *Pembuatan Poliuretan dari Campuran Minyak Jarak, Glikol dan Diisosianat dengan Variasi Waktu Reaksi*, skripsi, FMIPA, Unimed, Medan
- [9] Putri, Arweny , S., (2010), *Pengaruh Variasi MDI (Metilen-4,4-Difenil Diisosianat) dalam Pembuatan Perak Poliuretan dengan Campuran PEG (Polietilen) 1000 dan Minyak Jarak*, skripsi, FMIPA, Unimed, Medan
- [10] Jhurry, D. (1997). Sucrose-Based Polymer Polyurethane with Sucrose in the Main Chain. *Eur. Polymer. J.* **33**. p 1577-1582.
- [11] Sutiani, A., dan Yoshendra. (2012). Pembuatan Poliuretan Menggunakan Glukosa. Fruktosa dan Sukrosa Sebagai Sumber Polioli. *Prosiding Seminar dan Rapat Tahunan BKS PTN-B Bidang MIPA*, Medan, p.422-429
- [12] Sutiani, A., dan Bidza, K.R. (2013). Pengaruh Variasi Komposisi Gliserol, PEG1000 dan MDI terhadap Sifat Mekanik Perak Poliuretan, *Prosiding Seminar dan Rapat Tahunan BKS PTN-B Bidang MIPA*, Lampung.p .566-575.