

22

Bidang Ilmu : MIPA

**LAPORAN PENELITIAN HIBAH BERSAING  
TAHUN II**



**PEMBUATAN PEREKAT POLIURETAN  
MENGUNAKAN BERBAGAI BAHAN ALAMI  
SEBAGAI SUMBER POLIOL**

**Dra. ANI SUTIANI, M.Si  
Dra. RATU EVINA DIBYANTINI, M.Si  
Dr. MARHAM SITORUS, M.Si**

**Dibiayai Oleh :  
Dana DIPA Universitas Negeri Medan Tahun 2011  
Sesuai Dengan Surat Perintah Mulai Kerja (SPMK) Hibah Penelitian  
Nomor : 02004/UN33.17/SPMK/2011, Tanggal 21 Maret 2011**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI MEDAN  
NOVEMBER 2011**

## HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN AKHIR

1. Judul Penelitian : Pembuatan Perekat Poliuretan Menggunakan Berbagai Bahan Alami Sebagai Sumber Poliol
2. Ketua Peneliti
- a. Nama Lengkap : Dra. Ani Sutiani, M.Si
- b. Jenis Kelamin : Perempuan
- c. NIP : 196807301992032001
- d. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
- e. Jabatan Struktural : -
- f. Bidang Keahlian : Kimia Fisik (Polimer)
- g. Fakultas/ Jurusan : FMIPA / Kimia
- h. Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Medan
- i. Tim Peneliti

No	Nama & Gelar Akademik	Bidang Keahlian	Fak/Jur	PT
1.	Dra. Ani Sutiani, M.Si	Kimia Fisik (polimer)	FMIPA/Kimia	Unimed
2.	Dra.R.Evina Dibyantini,M.Si	Kim Organik (Polimer)	FMIPA/Kimia	Unimed
3.	Drs. Marham.Sitorus, M.Si	Kimia Organik	FMIPA/Kimia	Unimed

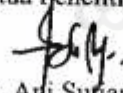
### 3. Pendanaan & Jangka Waktu Penelitian

- a. Jangka Waktu Penelitian yang diusulkan : 2 (dua) tahun
- b. Biaya Total yang diusulkan : Rp. 100.000.000,-
- c. Biaya yang disetujui tahun II : Rp. 50.000.000,-



Medan, November 2011

Ketua Peneliti,

  
Dra. Ani Sutiani, M.Si  
NIP. 196807301992032001



## A. LAPORAN HASIL PENELITIAN

### Pembuatan Perekat Poliuretan Menggunakan Berbagai Bahan Alami Sebagai Sumber Poliol

#### RINGKASAN

Berbagai bahan alami yang memiliki gugus hidroksil permolekulnya lebih dari dua dapat digunakan sebagai sumber poliol dalam sintesa poliuretan. Dalam penelitian ini dipelajari pengaruh penggunaan sumber poliol berupa sukrosa dan gliserol pada pembentukan poliuretan dengan memvariasikan komposisi Polietil Glikol (PEG1000) dan Senyawa diisosiyanat (Senyawa yang digunakan adalah 4,4-diphenylmethane diisocyanate /MDI). Hasil polimerisasi Poliuretan kemudian dikarakterisasi dengan IR spektrofotometer, analisa termal dan uji sifat mekanik meliputi sifat termal, kekuatan tarik, perpanjangan dan kekuatan lentur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Polimerisasi perekat Poliuretan telah dilakukan dengan memvariasikan perbandingan PEG1000, sumber poliol alami (Sukrosa dan Gliserol) dan MDI yang dilakukan pada temperatur kamar selama 30 menit, dan dialiri dengan gas Nitrogen. Penambahan sukrosa atau gliserol dalam sintesis poliuretan dari PEG1000 dan MDI dapat meningkatkan kestabilan termal dan nilai indeks ikatan hidrogen dari poliuretan yang dihasilkan. Komposisi paling maksimal untuk poliuretan dengan sumber poliol alami gliserol diperoleh pada perbandingan PEG1000:Gliserol:MDI sebesar 3:1:2, dengan kekuatan tarik adalah  $41,16 \text{ N/m}^2$  dan perpanjangannya 61,88% dan kekuatan lentur adalah  $657,6 \text{ N/m}^2$ . Sedangkan untuk poliuretan dengan sumber poliol sukrosa diperoleh pada perbandingan PEG1000:Sukrosa:MDI sebesar 1:1:2, dengan kekuatan tarik  $50,542 \text{ N/m}^2$  dan perpanjangannya 74,92% dan kekuatan lentur adalah  $801,6 \text{ N/m}^2$ .



## The Synthesize of Polyurethane with Natural Material As a Polyol Source

### SUMMARY

A variety of natural materials which have a hydroxyl groups more than two can used as a source of polyol in polyurethane synthesis. In this research studied the influence of the use of saccharosa and glycerol polyol in polyurethane synthesis by varying the composition of Polyethylene Glycol (PEG1000) and diisocyanate compounds (compounds used was 4,4-diphenylmethane diisocyanate / MDI). The characterization of polyurethane has been done by IR spectrophotometer, measurements of mechanical properties involved are tensile strength, elongation at break, and ultimate flexure strength. The results showed that the process of polimerization had been investigated at room temperature and 30 minutes with nitrogen flowed. The addition of saccharosa or glycerol in the synthesis of polyurethane from PEG1000 and MDI can increase the thermal stability and hydrogen bonding index (HBI) value of polyurethane. The maximal condition of synthesis in this research 41.16 N/m<sup>2</sup>, 61,88% and 657.6 N/m<sup>2</sup> of the tensile strength, elongation at break and ultimate flexure strength, respectively, which was produced the polyurethane from glycerol with the composition PEG : Glyserol : MDI was 3:1:2. Beside that, the polyurethane from Saccharosa was 50.542 N/m<sup>2</sup>, 74.92% and 801.6 N/m<sup>2</sup> of the tensile strength, elongation at break and ultimate flexure strength, respectively, with the composition PEG : Saccharosa : MDI was 1:1:2.

## PRAKATA

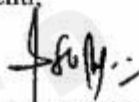
Puji syukur kehadiran Allah SWT, atas rahmat dan ridho-Nya peneliti dapat menyelesaikan penelitian hibah bersaing ini tepat pada waktunya. Penelitian ini diberi judul “Pembuatan Perekat Poliuretan Menggunakan Berbagai Bahan Alami Sebagai Sumber Poliol”. Penelitian ini merupakan penelitian Hibah Bersaing pada tahun kedua yang bertujuan untuk mempelajari proses pembuatan poliuretan dari bahan alami yang berupa sukrosa dan gliserol yang direaksikan dengan PEG1000 dan MDI. Poliuretan yang dihasilkan ini diharapkan dapat dijadikan sebagai alternatif bahan perekat, baik untuk plastik, kayu, logam, maupun karet.

Pada kesempatan ini perkenankanlah peneliti mengucapkan terima kasih kepada Direktur Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Dirjen Dikti Depdiknas dan Pimpinan UNIMED yang telah memberikan dana penelitian untuk pelaksanaan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan Ketua Lembaga Penelitian, Dekan FMIPA, Ketua Jurusan dan Staf Laboratorium Kimia yang telah memberikan izin, tempat dan fasilitas untuk terlaksananya penelitian, serta semua pihak yang telah membantu kelancaran penelitian ini dari mulai perencanaan, pelaksanaan sampai penulisan laporan penelitian.

Akhirnya penulis berharap, mudah-mudahan hasil penelitian yang sederhana ini dapat dijadikan sebagai bahan informasi dan dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan secara umum, khususnya dalam bidang aplikasi polimer.

Medan, November 2011

Peneliti,



Dra. Arji Sutiani, M.Si  
NIP. 196807301992032001

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN	i
A. LAPORAN HASIL PENELITIAN	
RINGKASAN DAN SUMMARY	ii
PRAKATA	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
BAB I PENDAHULUAN	1
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Poliuretan	4
2.2 Senyawa Isosianat	5
2.3 Polietilen Glikol	6
2.4 Bahan Alami Sebagai Sumber Poliol	7
2.5 Karakterisasi Poliuretan	8
2.6 Studi Pendahuluan Yang Telah dilaksanakan	12
BAB III TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	15
3.1 Tujuan Penelitian	15
3.2 Manfaat Penelitian	15
BAB IV METODE PENELITIAN	16
4.1 Tahapan Penelitian	16
4.2 Prosedur Penelitian	16
4.3 Alat dan Bahan yang diperlukan	19
4.4 Analisa Data	19
4.5 Karakterisasi	20
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	21
5.1 Data Awal Sumber Poliol	21
5.2 Proses Pembentukan Poliuretan	21
5.3 Data Spektrum IR	24
5.4 Analisa Termal Menggunakan DTA	25
5.5 Hasil Analisa Sifat Mekanik Bahan	26
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	33
6.1 Kesimpulan	33
6.2 Saran	33
DAFTAR PUSTAKA	34
B. DRAFT ARTIKEL ILMIAH	37
C. SINOPSIS PENELITIAN LANJUTAN	47
LAMPIRAN	50

## DAFTAR TABEL

		Halaman
Tabel 5.1	Sifat Fisika dari Sumber Poliol	21
Tabel 5.2	Sifat Fisik Poliuretan yang berasal dari Sukrosa	23
Tabel 5.3	Sifat Fisik Poliuretan yang berasal dari Gliserol	23
Tabel 5.4	Hasil Analisa Gugus Fungsi	24
Tabel 5.5	Nilai HBI Poliuretan	25
Tabel 5.6	Temperatur Transisi Gelas dan Degradasi Poliuretan	26
Tabel 5.7	Data Sifat Mekanik Bahan Poliuretan	27



## DAFTAR GAMBAR

	Halaman	
Gambar 2.1	Reaksi Poliuretan 28 (Perlon U)	4
Gambar 2.2	Senyawa Isosianat	6
Gambar 2.3	Struktur Gliserol	7
Gambar 2.4	Struktur Sukrosa	8
Gambar 2.5	Pola Umum Kurva DTA dan DSC	10
Gambar 4.1	Diagram alir penelitian Tahun I	18
Gambar 4.2	Spesimen Uji Sifat Mekanik	20
Gambar 5.1	Poliuretan pada berbagai komposisi Sukrosa, PEG1000 dan MDI	22
Gambar 5.2	Poliuretan pada berbagai komposisi Gliserol, PEG1000 dan MDI	22
Gambar 5.3	Pengaruh Variasi Komposisi PEG1000 dan MDI terhadap Kekuatan Tarik Poliuretan dari Sukrosa	27
Gambar 5.4	Pengaruh Variasi Komposisi PEG1000 dan MDI terhadap Kekuatan Tarik Poliuretan dari Gliserol	28
Gambar 5.5	Pengaruh Variasi Komposisi PEG1000 dan MDI terhadap Perpanjangan Poliuretan dari Sukrosa	29
Gambar 5.6	Pengaruh Variasi Komposisi PEG1000 dan MDI terhadap Perpanjangan Poliuretan dari Gliserol	29
Gambar 5.7	Pengaruh Variasi Komposisi PEG1000 dan MDI terhadap Kekuatan Lentur Poliuretan dari Sukrosa	30
Gambar 5.8	Pengaruh Variasi Komposisi PEG1000 dan MDI terhadap Kekuatan Lentur Poliuretan dari Gliserol	31



## BAB I PENDAHULUAN

Dewasa ini penelitian mengenai polimer yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan perekat telah banyak dikembangkan karena kebutuhan akan polimer tersebut semakin meningkat. Usaha untuk mengembangkan polimer yang dapat digunakan sebagai bahan perekat dititikberatkan pada sintesis polimer baru yang dapat diproduksi sendiri, dan bahan dasarnya relatif murah serta mudah didapat.

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, instalasi 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 poliol dalam pembuatan poliuretan (Rohaeti,2003).

Bahan Perekat yang umum digunakan saat ini adalah poliepoksi, dan polimetakrilat. Poliuretan berbasis hydroxyl terminated polybutadiene (HTPB) sebagai poliol 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. Oleh karena itu diperlukan suatu usaha untuk dibuat bahan alternatif lain yang dapat digunakan sebagai poliol untuk bahan pembuatan poliuretan yang digunakan sebagai perekat. Salah satu bahan yang memungkinkan untuk menggantikan HTPB adalah senyawa polieter yang berasal dari monogliserid minyak atau bentuk epoksidanya.

Berbagai bahan alam seperti glukosa, fruktosa, maltosa, sukrosa, dan amilum serta gliserol dapat digunakan sebagai sumber poliol. Bahan-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 sebagai sumber poliol. Adanya gugus hidroksil pada

berbagai bahan alami dapat menyebabkan senyawa ini mudah membentuk poliuretan bila direaksikan dengan diisosianat, meskipun poliuretan yang dihasilkan bersipat rapuh sehingga tidak dapat digunakan sebagai perekat. Upaya untuk memperbaiki sifat poliuretan dapat dilakukan dengan cara mencampur sumber poliol dengan glikol untuk mengganti sebagian gugus hidroksil sekunder dengan gugus hidroksil primer.

Penggunaan berbagai jenis bahan alami sebagai sumber poliol dan variasi perbandingan sumber poliol dengan PEG yang digunakan, akan menentukan kualitas dari perekat poliuretan yang dihasilkan. Dengan demikian sifat mekanik poliuretan yang dapat dimanfaatkan sebagai perekat dapat diperoleh dengan mengubah nilai ratio reaktivitas (OH/NCO) dan jenis gugus hidroksi dalam poliol yang ada dalam bahan alami.

Menurut Rohacti, E (2003) dalam penelitian pengaruh jenis poliol terhadap pembentukan poliuretan menyatakan sifat poliuretan tergantung pada blok/monomer penyusunnya, terutama tergantung pada jenis poliol. Poliol yang mengandung gugus hidroksil berfungsi sebagai penambah cabang atau ikatan silang yang membentuk jaringan polimer. Bahan-bahan alam tersebut merupakan polimer alam yang memiliki kereaktifan yang disebabkan oleh gugus fungsi hidroksil yang dimilikinya. Bahan polimer alam yang memiliki gugus hidroksil permolekulnya lebih dari dua dan dapat digunakan sebagai sumber poliol dalam sintesis poliuretan. Gliserol mengandung tiga gugus hidroksil hidrofilik sehingga senyawa ini dapat larut dalam air serta bersifat higroskopis. Sedangkan Sukrosa memiliki gugus hidroksida yang berasal dari glukosa dan fruktosa, yang masing-masing memiliki lima gugus OH. Adanya gugus hidroksil pada bahan alami tersebut dapat menyebabkan senyawa ini mudah membentuk poliuretan bila direaksikan dengan diisosianat.

Dalam penelitian ini telah dilakukan reaksi polimerisasi pembentukan poliuretan pada temperatur kamar selama 30 menit dengan kondisi bebas udara dengan menggunakan sumber poliol alami yang berasal dari Sukrosa dan Gliserol. Pada tahap ini perekat poliuretan yang dihasilkan dituangkan kedalam cetakan kotak aluminium. Kemudian dimasukkan ke dalam oven dengan pengurangan tekanan pada suhu 60°C selama satu jam untuk menghilangkan gas-gas yang timbul, kemudian dilakukan pemeraman dalam oven suhu 70°C selama 24 jam, kemudian didiamkan selama satu minggu pada suhu kamar. Komposisi penyusun poliuretan dibuat bervariasi, sehingga



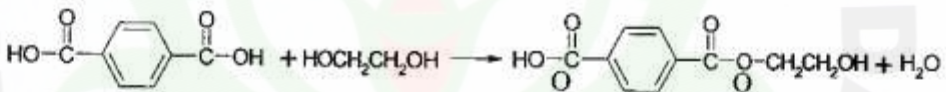
dapat diperoleh pengaruh komposisi PEG1000 dan MDI terhadap sintesa poliuretan. Sumber polioliol alami yang digunakan dibuat dengan konsentrasi 10%b/v. Kemudian dilakukan sintesa poliuretan dengan membuat komposisi MDI dibuat tetap sedangkan komposisi PEG1000 dibuat bervariasi, dan sebaliknya, dalam arti komposisi PEG1000 dibuat tetap sedangkan komposisi MDI dibuat bervariasi. Selain itu juga dilakukan variasi perbandingan komposisi sumber polioliol alami dengan MDI maupun variasi komposisi sumber polioliol alami dengan PEG1000. Hasil polimerisasi perekat poliuretan kemudian dikarakterisasi meliputi analisa gugus fungsi dan nilai indeks ikatan hydrogen (HBI) dengan spektrofotometer IR, analisa termal dengan DTA untuk melihat kestabilan termal, Uji sifat mekanik yang meliputi kuat tarik, perpanjangan, kuat lentur, dan kekerasan, serta uji perekatan terhadap beberapa substrat.



## Bab II STUDI PUSTAKA

### 2.1 Poliuretan

Poliuretan, yang disebut juga polikarbamat (dari asam karbamat,  $R_2NHCO_2H$ ) adalah turunan ester amida dari asam karbonat. Seperti halnya poliamida, poliuretan dapat mengalami ikatan hidrogen. Poliuretan adalah jenis polimer yang sangat unik dan luas pemakaiannya. Poliuretan komersial pertama kali dibuat oleh Otto Bayer di Jerman pada tahun 1937 sebagai pembentuk serat yang didesain untuk menandingi serat nylon, yang mereaksikan antara heksana-1,6-diisosiyanat dan butana-1,4-diol. Poliuretan yang dihasilkan disebut poliuretan 28 dengan merek dagang Perlon U (Cowd, 1991 ; Sopyan, 2001). Reaksinya diperlihatkan pada Gambar 2.1. Penelitian lebih lanjut menunjukkan bahwa poliuretan bukan saja digunakan sebagai serat, tetapi dapat juga digunakan untuk membuat busa-busa yang fleksibel dan kuat, bahan elastomer (karet/ plastik), pelapis dan perekat (Sopyan, 2001).



Gambar 2.1. Reaksi Poliuretan 28 (Perlon U)

Poliuretan pada dasarnya dibuat dengan mereaksikan molekul yang memiliki gugus isosiyanat dengan molekul yang memiliki gugus hidroksil. Dengan demikian, jenis dan ukuran setiap molekul pembentuk akan memberikan sumbangan terhadap sifat poliuretan yang terbentuk. Hal inilah yang membuat poliuretan menjadi polimer yang sangat fleksibel baik dalam sifat mekanik maupun aplikasinya.

Poliuretan memiliki sifat yang sama dengan nilon, tetapi karena sukar diwarnai dan titik lelehnya lebih rendah, polimer ini pada awalnya tidak banyak diperdagangkan. Akan tetapi, kemudian terjadi kemajuan pesat pada kimia poliuretan yang menghasilkan busa, elastomer, pelapis permukaan, serat dan perekat poliuretan (Allcock & Lampe, 1990). Saat ini aplikasi poliuretan paling banyak (sekitar 70%) adalah sebagai bahan busa, kemudian diikuti dengan elastomer, kemudian bahan perekat dan pelapis. Busa poliuretan dapat dibentuk bila secara serentak dibuat polimer poliuretan dari suatu gas. Jika proses ini seimbang, gelembung gas terjebak dalam kisi-kisi polimer yang

terbentuk, sehingga terjadi busa. Jika poliuretan yang digunakan bersifat lunak (mengandung sedikit ikatan silang), maka yang dihasilkan adalah busa lunak seperti kasur busa, alas kursi dan jok mobil, sedangkan busa yang memiliki banyak ikatan silang bersifat kaku seperti pada insulasi lemari es dan insulasi kedap suara. Menurut Sanchez dkk (2000) poliuretan dapat juga digunakan dalam pembuatan elastomer. Sifat mekaniknya baik, yakni tahan kikisan dan tahan sobek, akan tetapi harganya mahal sehingga penggunaannya terbatas.

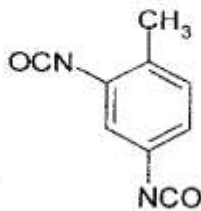
Serat *Spandex*, yang biasanya digunakan sebagai serta untuk kaus kaki dan T-shirt, juga dibuat dari poliuretan. Kemampuan poliuretan untuk dibuat menjadi fiber elastis dan tidak mudah putus bergantung pada pemilihan jenis isosianat dan hidroksil yang digunakan. Aplikasi dalam bidang pelapisan permukaan, cat dan pernis, poliuretan sangat banyak diminati karena ketahanannya terhadap cuaca dan anti gores.

Pemakaian poliuretan di Indonesia sebagai bahan pendukung industri masih sangat tergantung pada import, walaupun beberapa industri sudah mulai mencoba memproduksi poliuretan di dalam negeri. Banyaknya pabrik kertas, furniture, industri otomotif dan industri tekstil sangat memungkinkan pengembangan pembuatan poliuretan di Indonesia khususnya dengan menggunakan bahan baku utama yang mudah diperoleh, salah satunya dengan menggunakan berbagai bahan alami seperti polisakarida, amilosa, dan gliserol sebagai sumber polioli.

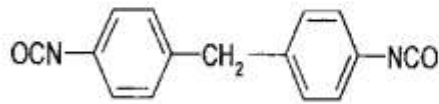
## 2.2 Senyawa Isosianat

Isosianat merupakan bagian utama dalam pembentukan poliuretan. Gugus isosianat ( $N=C=O$ ) merupakan gugus yang sangat reaktif dan dapat membentuk rantai dengan alkohol. Isosianat yang umum digunakan yaitu toluen 2,4-toluen diisosianat (TDI) dan 4,4-diphenilmetana diisosianat (MDI) yang keduanya merupakan golongan isosianat aromatik, dimana gugus isosianat (NCO) mempunyai dua bentuk molekul seperti ditunjukkan Gambar 2.2. Senyawa 4,4-diphenilmetana diisosianat (MDI) memiliki tekanan uap yang lebih rendah ( $10^{-5}$  mmHg pada  $25^{\circ}C$ ) dibandingkan dengan 2,4-toluen diisosianat (TDI) dan MDI memiliki bau yang kurang merangsang dibandingkan TDI. MDI dan TDI mempunyai berat molekul (BM) yang rendah dan mudah menguap pada lingkungan sekitarnya (Bruins,1969).





2,4-toluen diisosianat (TDI)



4,4-diphenilmetana diisosianat (MDI)

Gambar 2.2. Senyawa Isosianat

Dalam penelitian ini, pembuatan perekat poliuretan menggunakan senyawa MDI. Secara umum, perekat yang dibuat dari poliuretan (poliisosianat) dapat digunakan untuk perekat kulit, kayu, logam dan juga dapat dimanfaatkan di berbagai bidang industri, konstruksi, seperti : kertas, dinding, semen atap dan glazur genteng serta banyak sekali digunakan pada berbagai komponen otomotif seperti bumper, panel-panel body, pengatur terpaan angin dan sebagainya (Hanum R.,2000).

### 2.3 Polietilen Glikol (PEG)

Polietilen Glikol (PEG) merupakan salah satu senyawa makroglikol yang merupakan komponen penting dalam polimerisasi poliuretan. Makroglikol disebut juga sebagai poliol yaitu senyawa yang mengandung gugus hidroksil. Penggunaan makroglikol mencakup berbagai segi kehidupan dari barang yang bersifat keras sampai yang bersifat lunak serta elastis. Sifat elastis yang baik sangat bergantung pada berat molekul (BM) dan biasanya terjadi pada poliol dengan berat molekul 1000-3000 (Hepburn,1992).

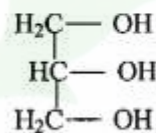
Polietilen glikol (PEG) merupakan polimer dari etilen oksida dan air, dibuat menjadi bermacam-macam panjang rantainya. Bahan ini terdapat dalam berbagai macam berat molekul dan yang paling banyak yang digunakan adalah polietilen glikol (PEG) 200, 400, 600, 1000, 1500, 1540, 3350, 4000, dan 6000. Pemberian nomor menunjukkan berat molekul rata-rata dari masing-masing polimernya. PEG yang memiliki berat molekul rata-rata 200, 400 dan 600 berupa cairan bening tidak berwarna dan mempunyai berat molekul rata-rata lebih dari 1000 berupa lilin putih, padat. Macam-macam kombinasi dari PEG bisa digabung dengan cara melebur, dengan memakai dua jenis atau lebih untuk memperoleh basis supostoria yang diinginkan konsistensi dan sifat khasnya (Ansel, 1989).



## 2.4 Bahan Alami Sumber Poliol

Bahan alami yang dapat digunakan sebagai sumber poliol adalah gliserol dan Sukrosa. Bahan alami ini merupakan bahan alam yang kereaktifan yang disebabkan oleh gugus hidroksil yang dimilikinya. Bahan alami yang memiliki lebih dari dua gugus hidroksil permolekulnya dapat dijadikan sebagai sumber poliol. Adanya gugus hidroksil pada berbagai bahan alami dapat menyebabkan senyawa ini mudah membentuk poliuretan bila direaksikan dengan diisosiyanat.

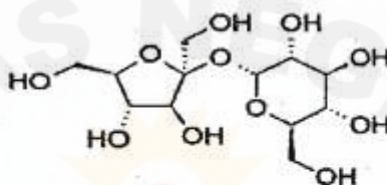
Gliserol yang dikenal dengan istilah gliserin memiliki struktur yang ditunjukkan Gambar 2.3. Gliserol merupakan senyawa kimia berwujud cairan kental tanpa warna dan bau. Gliserol banyak digunakan dalam industri farmasi. Senyawa gliserol merupakan golongan alkohol gula, oleh karena itu memiliki rasa manis. Gliserol mengandung tiga gugus hidroksil hidrofilik sehingga senyawa ini dapat larut dalam air serta bersifat higroskopis. Tegangan permukaan gliserol adalah 64 mN/m pada suhu 20<sup>0</sup>C. Gliserol memiliki nama baku yaitu 1,2,3 propanatriol. Senyawa ini berwujud cair, tidak berwarna dengan titik didih 290<sup>0</sup>C. titik didih yang dimiliki oleh senyawa dengan bobot molekul 92,09 g/mol ini karena adanya ikatan hidrogen yang sangat kuat antar molekul gliserol. Gliserol merupakan bahan baku pembentuk trigliserida yang dapat membentuk ikatan ester dengan asam lemak. Dalam bidang pangan, gliserol digunakan sebagai bahan pelarut, pemanis dan pengawet serta juga dapat digunakan sebagai pengganti gula.



Gambar 2.3. Struktur Gliserol

Sukrosa merupakan gula yang dikenal sehari-hari suatu disakarida yang dibentuk dari monomer-monomernya yang berupa unit glukosa dan fruktosa, dengan rumus molekul C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>11</sub>. Struktur Sukrosa ditunjukkan oleh Gambar 2.4. Senyawa ini dikenal sebagai sumber nutrisi serta dibentuk oleh tumbuhan, tidak oleh organisme lain seperti hewan. Penambahan sukrosa dalam media berfungsi sebagai sumber karbon. Sukrosa atau gula dapur diperoleh dari gula tebu atau gula beet. Unit glukosa dan

fruktosa diikat oleh jembatan asetal oksigen dengan orientasi alpha. Struktur ini mudah dikenali karena mengandung enam cincin glukosa dan lima cincin fruktosa. Glukosa dan fruktosa yang terdapat dalam sukrosa memiliki gugus hidroksida (-OH) glikosidik, atau gugus aldehida pada glukosa atau gugus keton pada fruktosa. Dengan demikian molekul sukrosa tidak mempunyai gugus aldehida atau keton bebas, atau mempunyai gugus -OH glikosidik.



Gambar 2.4. Struktur Sukrosa

## 2.5 Karakterisasi Poliuretan

Karakterisasi dilakukan untuk mengetahui dan menganalisa poliuretan yang dihasilkan. Karakterisasi yang dilakukan meliputi analisa gugus fungsi dengan spektrofotometer IR, analisa termal dengan DTA untuk melihat kestabilan termal, penentuan sifat mekanik yang meliputi kuat tarik, perpanjangan, kuat lentur, dan uji perekatan.

### 2.5.1 Spektrofotometer IR

Dengan teknik spektroskopi IR dapat ditentukan uji kualitatif untuk melihat puncak serapan. Spektroskopi Infra Merah (IR) merupakan salah satu teknik identifikasi struktur baik untuk senyawa organik maupun anorganik. Analisa ini merupakan metode semi empirik dimana kombinasi pita serapan yang khas dapat diperoleh untuk menentukan struktur senyawa yang terdapat dalam suatu bahan.

Energi dari kebanyakan vibrasi molekul berhubungan dengan daerah infra merah. Vibrasi molekul dapat dideteksi dan diukur pada spektrum infra merah bila vibrasinya menghasilkan perubahan momen dipole. Radiasi infra merah yang penting dalam penentuan struktur atau analisa gugus fungsi terletak pada daerah infra merah sedang yaitu antara  $4000 - 650 \text{ cm}^{-1}$ . Sampel yang digunakan untuk analisa ini dapat berupa padat, cair dan gas. Metoda yang banyak digunakan untuk polimer adalah melarutkan polimer ke dalam suatu pelarut, film transparan dan metode pelet KBr.



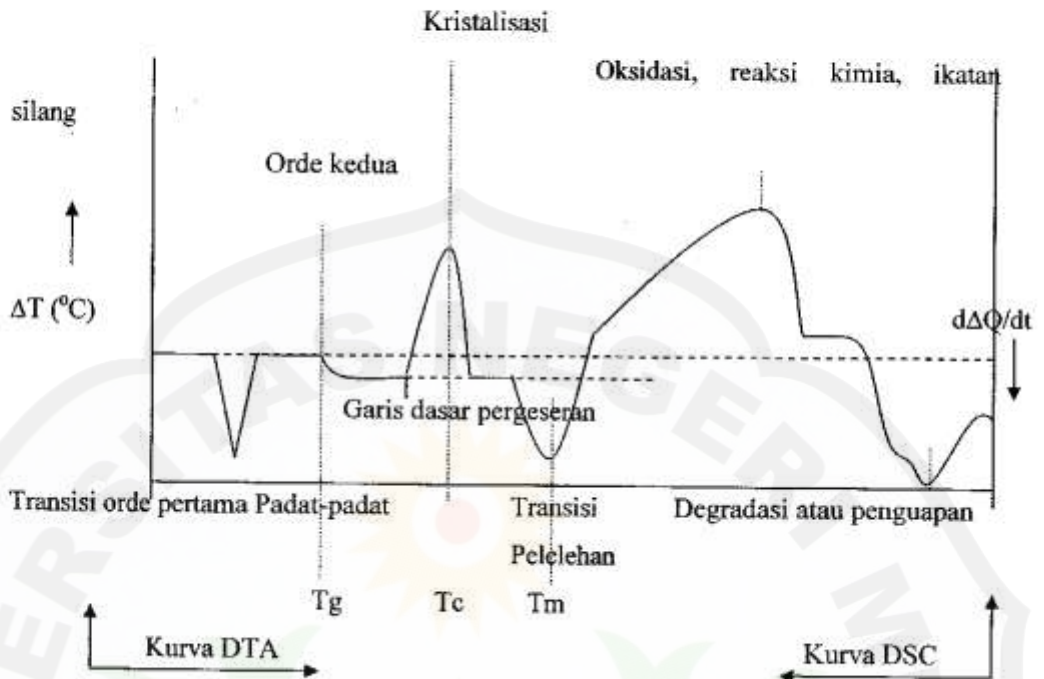
### 2.5.2 Analisa Termal

Analisa termal didefinisikan sebagai pengukuran sifat-sifat fisika dan kimia bahan sebagai fungsi temperatur. Yang termasuk ke dalam metoda analisis termal adalah DTA (*Differential Thermal Analysis*), DSC (*Differential Scanning Colorimetry*) dan TGA (*Thermogravimetry*).

Dalam DTA, panas yang diserap atau dibebaskan dari suatu sistem atau sampel diamati dengan cara mengukur perbedaan temperatur antara sampel dengan senyawa pembanding sebagai fungsi temperatur. Perubahan panas yang dicatat dalam metoda ini adalah akibat kehilangan atau penyerapan panas karena adanya reaksi dalam sampel baik secara eksotermis maupun endotermis. Jika  $\Delta H$  positif (reaksi endotermis) maka temperatur sampel akan lebih rendah dari pembanding, sedangkan jika  $\Delta H$  negatif (reaksi eksotermis) maka temperatur sampel akan melebihi senyawa pembanding. Sementara dalam DSC, sampel dan pembanding merupakan subjek untuk mengubah temperatur, akan tetapi panas yang diberikan baik pada sampel maupun pembanding diperlukan untuk menjaga agar keduanya (sampel dan pembanding) berada pada temperatur yang identik. Ini berarti dalam teknik DSC, panas yang diserap maupun dibebaskan bertujuan untuk membuat perbedaan temperatur antara sampel dan senyawa pembanding menjadi nol.

Kurva DSC biasanya menjadi satu dengan kurva DTA. Kedua kurva diplot sebagai fungsi temperatur dengan kecepatan tetap (konstan). Perbedaan kedua alat ini terletak pada ordinatnya. Pada pengukuran DTA, ordinat menunjukkan perbedaan temperatur sampel dengan pembanding,  $\Delta T$ , sedangkan pada DSC, ordinat menunjukkan perbedaan energi (kapasitas panas) antara sampel dengan pembanding,  $d\Delta Q/dt$ . Dalam DTA, panas yang diserap atau dibebaskan dari suatu sistem atau sampel diamati dengan cara mengukur perbedaan temperatur antara sampel dengan senyawa pembanding sebagai fungsi temperatur. Perubahan panas yang dicatat dalam metoda ini adalah akibat kehilangan atau penyerapan panas karena adanya reaksi dalam sampel baik eksotermis maupun endotermis. Bentuk kurva DTA dan DSC secara umum ditunjukkan pada Gambar 2.5. Dalam penelitian polimer, teknik ini digunakan untuk mengukur transisi gelas ( $T_g$ ), titik leleh ( $T_m$ ), dan temperatur dekomposisi ( $T_d$ ).





Gambar 2.5 Pola Umum Kurva DTA dan DSC

### 2.5.3 Uji Tarik dan Perpanjangan

Sifat uji kuat tarik dan perpanjangan suatu bahan perlu dipelajari yang berkaitan dengan pengklasifikasian bahan untuk penggunaan tertentu. Uji kuat tarik dan perpanjangan merupakan reaksi antara atom-atom atau antara ikatan-ikatan dalam bahan polimer terhadap gaya luar atau tegangan. Dari uji kuat tarik dan perpanjangan ini akan diperoleh kurva tegangan terhadap regangan (*stress-strain*). Informasi yang diperoleh dari kurva tegangan regangan untuk bahan polimer adalah kekuatan tarik saat putus (*ultimate strength*) dan perpanjangan saat putus (*elongation at break*). Kekuatan tarik menggambarkan kekuatan tegangan maksimum spesimen untuk menahan gaya yang diberikan. Sedangkan perpanjangan adalah penambahan panjang yang dihasilkan oleh ukuran tertentu panjang spesimen akibat gaya yang diberikan (Billmeyer, 1984). Besarnya kuat tarik bahan poliuretan ditentukan oleh persamaan 2.1.

$$\tau = \frac{F_{maks}}{A} \quad (2.1)$$

Keterangan :

- $\tau$  : kekuatan tarik bahan (Kgf/mm<sup>2</sup>)
- $F_{maks}$  : Tegangan maksimum (Kgf)
- $A$  : luas penampang lintang (mm<sup>2</sup>)

Sedangkan besarnya perpanjangan bahan (elongation) dapat dihitung menggunakan persamaan 2.2.

$$\%E = \frac{L - L_0}{L_0} \times 100\% \quad (2.2)$$

Keterangan :

- $\% E$  : kelenturan (%)
- $L_0$  : panjang spesimen mula-mula
- $L$  : panjang spesimen setelah diberikan beban hingga putus.

#### 2.5.4 Uji Kekuatan Lentur

Pengujian kekuatan lentur (Ultimate flexural Strength/UFS) bertujuan untuk mengetahui ketahanan material/ komposit terhadap pembebanan pada tiga titik lentur. Pada pengujian ini, sampel diberikan pembebanan yang arahnya tegak lurus terhadap arah penguatan. Pembebanan yang diberikan yaitu pembebanan dengan tiga titik lentur, dengan titik-titik sebagai penahan berjarak 10 cm dan titik pembebanan diletakkan pada pertengahan panjang sampel. Besarnya kekuatan lentur maksimum pada sampel ditentukan oleh persamaan 2.3.

$$KuatLentur(UFS) = \frac{3PL}{2bh^2} \quad (2.3)$$

Keterangan :

- UFS : Kekuatan lentur maksimum (Kgf/Cm<sup>2</sup>)
- P : Gaya Penekanan
- L : Jarak dua penumpu (cm)
- B : Lebar sampel (cm)
- H : Tebal sampel uji (cm)

## 2.6 Hasil Penelitian Yang Sudah Dicapai / Studi Pendahuluan Yang Sudah Dilaksanakan

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. Dengan tersedianya bahan poliisosianat, polioliol dan pengembang rantai yang sangat luas, poliuretan memiliki kemungkinan formulasi yang tidak terbatas. Poliuretan rantai lurus dan bercabang telah berhasil disintesa dari oligo(oxitetrametilen) glikol dengan TDI/MDI dan dimetil hidrazin (Roussos dkk, 2004)

Poliuretan dari minyak jarak telah banyak diteliti meliputi sifat termodinamika, kinetika dan sifat mekaniknya (Pritishree dkk., 1997). 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). Pembuatan poliuretan dengan menggunakan bahan dasar minyak jarak yang langsung direaksikan dengan toluen diisosianat (TDI) menghasilkan poliuretan yang memiliki sifat rapuh yang disebabkan adanya gugus hidroksil sekunder dalam minyak jarak yang menyebabkan jaringan geometri tidak teratur. Selain itu fungsionalitas tiga buah gugus OH dalam setiap molekul menyebabkan polimer yang terjadi banyak memiliki percabangannya sehingga bentuk jaringan polimer tidak teratur (Sutiani, dkk. 2004).

Usaha memperbaiki kualitas poliuretan telah dilakukan oleh Manjari dkk (1993) dengan cara tranesterifikasi minyak jarak menggunakan asam sulfat dilanjutkan dengan reaksi perpanjangan rantai dengan trimetiol propan, tetapi poliuretan yang dihasilkan tidak bersifat keras, sehingga tidak dapat digunakan sebagai perekat. Sedangkan Wibowo (2002) telah berhasil membuat perekat poliuretan dengan cara minyak jarak yang digunakan dialkoholisis terlebih dahulu sehingga menghasilkan ester asam risinoleat dan gliserol. Minyak jarak yang telah dialkoholisis kemudian direaksikan dengan toluen diisosianat.

Upaya untuk memperbaiki sifat poliuretan yang rapuh dapat dilakukan dengan cara mencampur sumber polioliol dengan glikol dan gliserol untuk mengganti sebagian gugus hidroksil sekunder dengan gugus hidroksil primer. Penelitian yang pernah dilakukan oleh Hatakeyama (1995) memperlihatkan bahwa poliuretan dapat disintesis menggunakan monomer berupa polimer alam yang dikenal dengan sebutan ligno



selulosa. Selain itu berbagai sumber tumbuhan seperti lignin kraft, kopi, sakarida dapat dibuat poliuretan melalui proses pencampuran dengan polietilen glikol (PEG) yang kemudian direaksikan dengan diisosianat.

Penelitian lain yang dikemukakan oleh Yusmaniar (2003), 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). Hasil penelitiannya memperlihatkan bahwa poliuretan yang berasal dari propilen glikol mempunyai derajat kristalinitas yang paling rendah, sedangkan poliuretan yang berasal dari butilen glikol memiliki derajat kristalinitas paling tinggi. Sedangkan Nugraheni (2002) telah berhasil mensintesis poliuretan dari polietilen Glikol (PEG) dan ekstrak tanin dengan TDI, dengan derajat kristalinitas sebesar 70%. Rohaeti & Surdia (2003) melakukan polimerisasi poliuretan menggunakan monomer MDI dan PEG dengan variasi berat molekul, yang menunjukkan kekuatan tarik tertinggi diperoleh pada PEG dengan berat molekul tertinggi (PEG1000).

Cara lain yang dapat dilakukan untuk memperbaiki mutu poliuretan yang dihasilkan dapat dilakukan dengan mencampurkan polimer lain membentuk polimer jaringan campuran (*Interpenetrating Polymer Networks, IPNs*). Penelitian yang telah dilakukan Pritishree dkk (1997), menunjukkan bahwa poliuretan berbahan dasar minyak jarak dengan polimer poli hidroksi metakrilat, dapat meningkatkan kekuatan tarik dan perpanjangan (% kelenturan) dari poliuretan yang dihasilkan, sedangkan Athawale, V dan Kolekar, S., (1998), Quan Xie, H dkk (1993) menggunakan minyak jarak dengan senyawa akrilat dan TDI yang menunjukkan adanya kenaikan kuat tarik dan kekerasan dipengaruhi dengan meningkatnya rasio NCO/OH. Disamping itu Melo, B.N dan Pasa, P.M.D., (2004) juga telah mensintesa poliuretan dari minyak jarak, MDI dan Eucalyptus tar pitch dengan katalis dibutildin dilaurat, yang menyatakan bahwa dengan rasio NCO/OH =1 dihasilkan poliuretan yang keras, dan kaku dengan kekuatan tarik yang tinggi, dan kelenturan yang rendah.

Siddaramiah dan Somashekar (1998) telah berhasil mensintesa poliblend poliuretan-polistiren yang dapat meningkatkan kekerasan dari polimer yang dihasilkan. Hasil penelitian lainnya yang berkaitan dengan poliuretan telah dilakukan Sanmathi dkk (2004) yang telah berhasil membuat poliuretan dari campuran gliserol-minyak jarak

dengan poli(2-etoksi etil metakrilat) Sedangkan Siddaramaiah dkk (2005) berhasil mensintesa poliuretan dari polimerisasi minyak jarak, MDI dan berbagai jenis monomer akrilat. Sanmathi dkk (2004) dan Siddaramiah dkk (2005) menggunakan inisiator benzoil peroksida dan etilen glikol dimetakrilat sebagai senyawa pembentuk ikatan silang dan poliuretan yang dihasilkan memiliki sifat mekanik yang keras dan kaku serta tahan terhadap reaksi kimia.

Beberapa penelitian pendahuluan telah dilakukan oleh tim peneliti. 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) tentang pembuatan perekat poliuretan dari sumber poliol alami yang berasal dari karbohidrat murni yang berupa monosakarida maupun disakarida dengan PEG dan MDI diperoleh hasil maksimal pada perbandingan SP: PEG 1000:MDI sebesar 1:1:3 dengan hasil kekuatan tarik maksimum  $46,82 \text{ N/m}^2$  dan kekuatan lentur maksimum  $822 \times 10^4 \text{ N/m}^2$  yang diperoleh pada pembentukan poliuretan dengan sumber bahan alami karbohidrat murni. Hal ini berarti 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.



## BAB III

### TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

#### 3.1 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

- (a) Melakukan karakterisasi awal untuk sumber polioliol yang digunakan (Gliserol & Sukrosa), PEG1000, dan MDI yang digunakan, meliputi analisa gugus fungsi dengan spektrofotometer IR, dan analisa termal dengan DTA.
- (b) Melakukan reaksi polimerisasi pembentukan perekat poliuretan dengan memvariasikan komposisi sumber polioliol, PEG1000 dan MDI selama waktu tertentu dan temperatur yang bervariasi.
- (c) Melakukan karakterisasi terhadap perekat Poliuretan yang dihasilkan. Karakterisasi yang akan dilakukan meliputi analisa gugus fungsi dan penentuan nilai indeks ikatan hidrogen (HBI) dengan spektrofotometer IR, analisa termal dengan DTA, uji sifat mekanik (kuat tarik, perpanjangan, kuat lentur, kekerasan), serta uji coba perekatan terhadap substrat (logam, plastik, kayu dan karet)
- (d) Memberikan kontribusi ilmiah melalui publikasi di jurnal ilmiah nasional tentang pemanfaatan berbagai bahan alam sebagai sumber polioliol dalam pembuatan perekat poliuretan dengan menggunakan glikol dan diisosianat.

#### 3.2 Manfaat Penelitian

Penelitian yang telah dilakukan memberikan manfaat dalam menghasilkan produk polimer poliuretan yang dapat dijadikan sebagai alternatif bahan perekat untuk berbagai substrat. Produk ataupun keluaran yang merupakan manfaat dari penelitian ini adalah :

- (a) Mendapatkan teknik melakukan proses pembuatan perekat poliuretan yang terbuat dari campuran sumber polioliol (Gliserol & Sukrosa), PEG1000 dan MDI.
- (b) Memperoleh data sifat mekanik (kuat tarik, perpanjangan, kuat lentur) dan data analisa termal dari poliuretan yang dihasilkan.
- (c) Menghasilkan beberapa publikasi ilmiah dalam jurnal Nasional terakreditasi tentang pemanfaatan bahan alam Gliserol atau Sukrosa sebagai sumber polioliol dalam pembuatan perekat poliuretan dengan menggunakan glikol dan diisosianat.



## BAB IV METODA PENELITIAN

### 4.1 Tahapan Penelitian

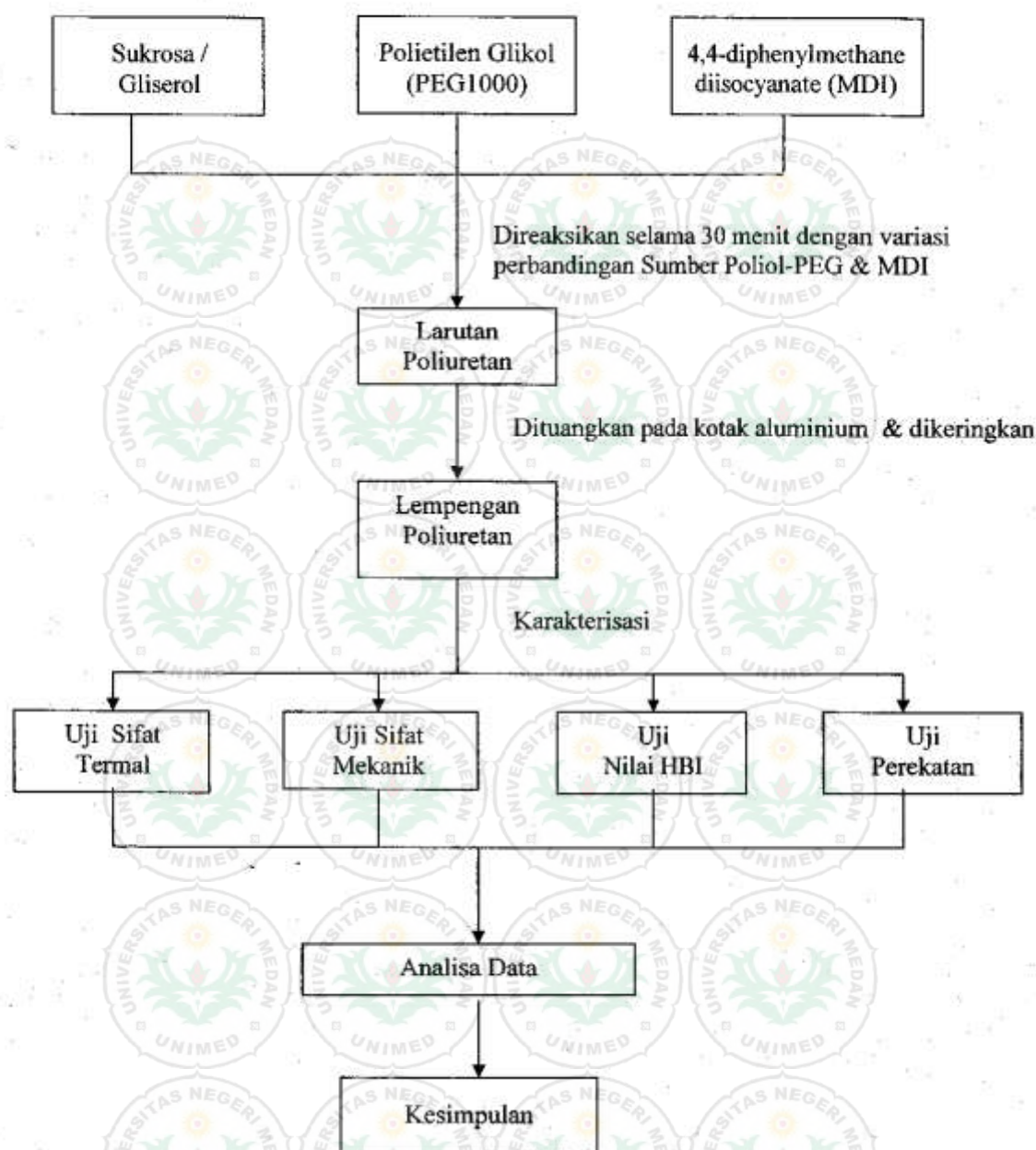
Penelitian ini merupakan eksperimental murni di laboratorium. Rancangan penelitian untuk pembuatan perekat poliuretan dengan menggunakan bahan alami sebagai sumber polioliol, merupakan lanjutan dari penelitian tahun pertama. Penelitian yang telah dilakukan pada tahun kedua (2011) adalah :

- (a) Karakterisasi awal untuk sumber polioliol (sukrosa dan Gliserol) PEG1000 dan MDI.
- (b) Reaksi polimerisasi pembentukan perekat poliuretan dilakukan dengan cara mereaksikan sumber polioliol, PEG dan MDI pada suhu kamar selama 30 menit pada kondisi bebas udara dengan cara mengalirkan gas nitrogen. Perlakuan yang dibuat adalah Komposisi MDI dibuat tetap sedangkan komposisi PEG1000 dibuat bervariasi, kemudian komposisi PEG1000 dibuat tetap sedangkan komposisi MDI dibuat bervariasi. Selain itu juga dilakukan variasi perbandingan komposisi sumber polioliol alami dengan MDI maupun variasi komposisi sumber polioliol alami dengan PEG1000.
- (c) Karakterisasi perekat poliuretan yang dihasilkan meliputi analisa gugus fungsi dengan spektrofotometer IR, analisa termal dengan DTA, Uji sifat mekanik yang meliputi kuat tarik, perpanjangan dan kekuatan lentur, dan uji coba perekatan.

### 4.2 Prosedur Penelitian

Penelitian yang dilakukan pada tahun kedua pada prinsipnya didasarkan pada hasil penelitian yang dilakukan pada tahun pertama. Pada tahun pertama telah diketahui bahwa poliuretan telah dihasilkan dari reaksi antara sumber polioliol alami, PEG1000 dan MDI. Sumber polioliol alami yang digunakan pada penelitian tahun I adalah glukosa, fruktosa, sukrosa, amilum, gliserol dan maltosa. Variasi yang dilakukan adalah variasi komposisi sumber polioliol alami dengan perbandingan PEG1000 dan MDI dibuat sama. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sumber polioliol alami yang berasal dari gliserol dan sukrosa dengan perbandingan sumber polioliol alami : PEG1000 : MDI sebesar 1:1:3 menghasilkan perekat dengan sifat mekanik yang paling maksimal.

Berdasarkan hasil penelitian pada tahun pertama, maka pada tahun kedua dilakukan reaksi polimerisasi pembentukan poliuretan pada temperatur kamar selama 30 menit dengan kondisi bebas udara dengan menggunakan sumber polioli alami yang berasal dari Sukrosa dan Gliserol. Pada tahap ini perekat poliuretan yang dihasilkan dituangkan kedalam cetakan kotak aluminium. Kemudian dimasukkan ke dalam oven dengan pengurangan tekanan pada suhu  $60^{\circ}\text{C}$  selama satu jam untuk menghilangkan gas-gas yang timbul, kemudian dilakukan pemeraman dalam oven suhu  $70^{\circ}\text{C}$  selama 24 jam, kemudian didiamkan selama satu minggu pada suhu kamar. Komposisi penyusun poliuretan dibuat bervariasi, sehingga dapat diperoleh pengaruh komposisi PEG1000 dan MDI terhadap sintesa poliuretan. Sumber polioli alami yang digunakan dibuat dengan konsentrasi 10%b/v. Kemudian dilakukan sintesa poliuretan dengan membuat komposisi MDI dibuat tetap sedangkan komposisi PEG1000 dibuat bervariasi, dan sebaliknya, dalam arti komposisi PEG1000 dibuat tetap sedangkan komposisi MDI dibuat bervariasi. Selain itu juga dilakukan variasi perbandingan komposisi sumber polioli alami dengan MDI maupun variasi komposisi sumber polioli alami dengan PEG1000. Setelah penelitian pada tahun kedua ini diharapkan data yang diperoleh dari hasil penelitian sudah dapat mencukupi untuk penulisan beberapa artikel yang akan dipublikasikan di jurnal nasional. Secara lebih jelasnya penelitian pada tahun II (tahun 2011) disajikan pada diagram alir seperti ditunjukkan Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Bagan Alir Penelitian



### 4.3 Alat dan Bahan yang Diperlukan

Alat-alat yang diperlukan dalam penelitian ini terdiri dari alat refluks dan hotplate stirrer yang berfungsi untuk proses polimerisasi poliuretan. Neraca digunakan untuk menimbang bahan-bahan kimia yang diperlukan. Oven digunakan untuk proses pengeringan, sedangkan desikator digunakan untuk menyimpan poliuretan setelah proses pengeringan. Selain itu juga digunakan peralatan untuk karakterisasi, baik untuk penentuan sifat fisika dan kimia minyak jarak maupun untuk karakterisasi kekuatan tarik, dan perpanjangan, disamping berbagai peralatan gelas yang umum digunakan dalam setiap tahap percobaan.

Bahan-bahan yang diperlukan dalam penelitian ini terdiri dari Sumber polioliol, yang berupa sukrosa dan gliserol. Selain itu juga diperlukan Polietilen Glikol 1000 (PEG1000), Metilen Diisosiyanat (MDI), berbagai jenis pelarut, seperti aseton, pertoleum eter, dan sikloheksana serta aquadest.

### 4.4 Analisa Data

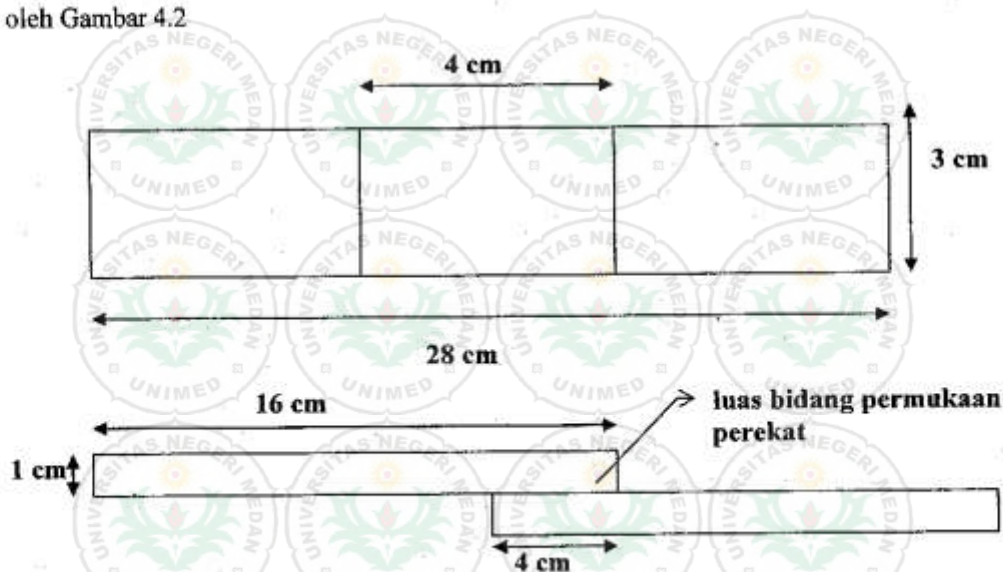
Analisa data yang akan dilakukan dalam penelitian pada Tahun II ini adalah :

- (a) Analisa perbandingan kadar PEG1000 dan MDI dengan sumber polioliol Sukrosa atau Gliserol pada reaksi polimerisasi, yang bertujuan untuk melihat pengaruh sumber polioliol, komposisi PEG1000/MDI terhadap nilai HBI, dan sifat termal perekat poliuretan.
- (b) Analisa sifat mekanik yang meliputi kekuatan tarik, perpanjangan dan kekuatan lentur yang bertujuan untuk menentukan pengaruh jenis polioliol, perbandingan polioliol/PEG1000, serta perbandingan PEG1000/MDI terhadap sifat mekanik poliuretan. Dari data ini juga dapat digambarkan kurva stress-strain dari poliuretan sehingga dapat ditentukan jenis dan kualitas perekat poliuretan terbaik yang dapat dihasilkan.
- (c) Uji kekuatan perekatan terhadap substrat dari perekat poliuretan yang dihasilkan akan dibandingkan dengan perekat yang umum digunakan. Substrat yang akan digunakan dapat berupa kayu, plastik, karet maupun logam. Dari data ini dapat diketahui kualitas daya rekat dari poliuretan hasil polimerisasi dari bahan alami (Sukrosa dan Gliserol) yang direaksikan dengan PEG1000 dan MDI.

## 4.5 Karakterisasi

### 4.5.1 Pembuatan Spesimen Uji Poliuretan

Spesimen kayu disiapkan dengan mengikuti ASTM standar yang ditunjukkan oleh Gambar 4.2



Gambar 4.2 Spesimen uji sifat mekanik

### 4.5.2 Uji Kekuatan Tarik & Perpanjangan

Rangkaian alat uji tarik diset sesuai dengan yang diperlukan. Kecepatan tarik 1 mm/menit, kecepatan kertas 10 mm/ menit, dan beban maksimum 400 kgf. Specimen kayu yang telah diolesi dengan perekat dijepitkan pada alat uji tarik, kemudian alat dijalankan dan data yang dihasilkan dicatat diatas kertas.

### 4.5.3 Uji Kekuatan Lentur Maksimum

Rangkaian alat uji lentur diset sesuai dengan yang diperlukan. Kecepatan tekan adalah 1 mm/menit, kecepatan kertas 50 mm/ menit, dan beban maksimum 1000 kgf. Specimen kayu yang telah diolesi dengan perekat dijepitkan pada alat uji lentur, kemudian alat dijalankan dan data yang dihasilkan dicatat diatas kertas.

### 4.5.4 Uji Infra Merah

Mula-mula menentukan background sesuai dengan kondisi ruangan. Teknik yang digunakan adalah teknik pelet KBr. Lempeng tipis poliuretan kemudian ditempelkan pada alat yang berbentuk seperti film negatif. Alat dijalankan dan spektra dari sampel diukur, dan spektrum yang dihasilkan diamati serapannya pada angka gelombang  $400\text{ cm}^{-1}$  sampai  $4000\text{ cm}^{-1}$ .



Gambar 5.1. Poliuretan pada berbagai variasi komposisi Sukrosa, PEG1000 dan MDI



Gambar 5.2. Poliuretan pada berbagai variasi komposisi Gliserol, PEG1000 dan MDI



Tabel 5.2. Sifat Fisik Poliuretan yang berasal dari Sukrosa

Sumber Isolat	Perbandingan (P:G:SP:V:W)	Sifat		
Sukrosa	1 : 1 : 1	Gel lalu mengeras	Lengket, mengeras	Kuning
	2 : 1 : 1	Kental, lalu mengeras	Lengket, mengeras	Kuning susu
	3 : 1 : 1	Padatan kenyal	Rapuh, mengeras	Kuning
	1 : 1 : 2	Agak kental	Lengket, cepat mengeras	Kuning
	2 : 1 : 2	Kental, lalu mengeras	Lengket, cepat mengeras	Kuning
	3 : 1 : 2	Kental	Rapuh, cepat mengeras	Kuning susu
	1 : 1 : 3	Agak cair	Lengket, lama mengeras	Kuning susu
	2 : 1 : 3	Agak kental	Lengket, lama mengeras	Kuning susu
	3 : 1 : 3	Kental, lalu mengeras	Rapuh, cepat mengeras	Kuning

Tabel 5.3. Sifat Fisik Poliuretan yang berasal dari Gliserol

Sumber Isolat	Perbandingan (P:G:SP:V:W)	Sifat		
Gliserol	1 : 1 : 1	Cair	Rapuh, lama mengeras	Kuning
	2 : 1 : 1	Tidak terlalu cair	Rapuh, lama mengeras	Kuning susu
	3 : 1 : 1	Sangat cair	Lengket	Kuning
	1 : 1 : 2	kental	Lengket, cepat mengeras	Kuning
	2 : 1 : 2	kental	Lengket, cepat mengeras	Kuning
	3 : 1 : 2	Kental kemudian memadat	Rapuh, cepat memadat dan mengeras	Kuning susu
	1 : 1 : 3	Tidak terlalu Kental	Lengket, sangat cepat mengeras	Kuning susu
	2 : 1 : 3	Kental kemudian memadat	Lengket, cepat mengeras dan kuat	Kuning susu
	3 : 1 : 3	Sangat Kental kemudian memadat	Lengket, cepat memadat dan mengeras	Kuning

### 5.3. Data Spektrum IR

Analisa spektrum IR dimaksudkan untuk mengetahui gugus fungsi dari komponen penyusun poliuretan yaitu Sukrosa, Gliserol, PEG1000 dan MDI, maupun gugus fungsi dari poliuretan yang dihasilkan. Hasil analisa disajikan pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Hasil Analisa Gugus Fungsi MDI, PEG1000, Sukrosa, Gliserol, dan Poliuretan

Substrat	Wavenumber (cm <sup>-1</sup> )	Gugus Fungsi
MDI	3027,78	=C-H
	2917,79	C-H
	1777,76	C=O
	1720,48	C=O
	1608,37	C=C ring
	1232,75	-N=C=O
PEG 1000	3418,54	O-H
	2875,53	C-H
	1103,37	C-O
Sukrosa	3567,25	O-H
	2942,27	C-H
	1638,80	C=O
	1280,44	C-C
Poliuretan dari Sukrosa	1241,43	C-O
	3785,21	O-H
	3362,20	N-H
	1662,20	C=O
	1600,14	C=C ring
	1234,13	-N=C=O
	1109,13	C-O
Gliserol	3389,12	O-H
	2939,19	C-H
	1214,27	C-O
Poliuretan dari Gliserol	3572,46	O-H
	3344,16	N-H
	2906,17	C-H
	1709,16	C=O
	1692,45	C=O
	1597,14	C=C ring
	1233,15	-N=C=O
	1107,16	C-O



Dari data yang ditunjukkan pada Tabel 5.4, terlihat adanya pita serapan -NH dari uretan pada bilangan gelombang  $3362,20 \text{ cm}^{-1}$  (poliuretan dari Sukrosa) dan  $3346,20 \text{ cm}^{-1}$  (poliuretan dari Gliserol), maka reaksi polimerisasi telah berlangsung dengan sempurna dan bilangan gelombang  $1662,20 \text{ cm}^{-1}$  dan  $1692,45$  merupakan serap ulur C=O yang berikatan hidrogen.

Hasil perhitungan besarnya nilai indeks ikatan hidrogen (HBI) berdasarkan data spektrum IR Poliuretan diperlihatkan pada Tabel 5.5.

Tabel 5.5 Nilai HBI Poliuretan

No.	Penambahan Poliol dalam Poliuretan	Nilai HBI
1.	-	0,23
2.	Sukrosa	2,85
3.	Gliserol	4,02

Dari data yang ditunjukkan pada Tabel 5.5 terlihat bahwa penambahan poliol (Sukrosa atau Gliserol) pada pembentukan poliuretan dapat meningkatkan nilai HBI dari poliuretan yang dihasilkan bila dibandingkan tanpa penambahan poliol. Hal ini berarti bahwa derajat ikatan hidrogen dari gugus karbonil yang ada pada bagian *hard segment* meningkat dengan adanya penambahan poliol tersebut. Menurut Huang (1997), peningkatan nilai HBI akan mengakibatkan meningkatnya antaraksi intermolekuler antara *hard segment-hard segment* dalam daerah *hard segment* untuk bergabung membentuk jaringan daripada terdispersinya *hard segment* dalam daerah *soft segment*.

#### 5.4. Analisa Termal Menggunakan DTA

Analisa ini bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat termal berupa temperatur degradasi dan temperatur transisi gelas. Data yang diperoleh dari hasil analisa termal menggunakan DTA ini disajikan pada Tabel 5.6.

Data pada Tabel 5.6 menunjukkan bahwa penambahan poliol dalam sintesa poliuretan dapat meningkatkan temperatur tansi gelas poliuretan. Sukrosa terdiri dari banyak unit satuan glukosa dan fruktosa dalam molekulnya dan memiliki lebih dari dua gugus hidroksil dalam setiap unit ulangnya. Sedangkan Gliserol memiliki tiga gugus hidroksil dalam setiap molekulnya. Hal ini dapat menurunkan mobilitas dari rantai utama poliuretan, yang secara langsung dapat menyebabkan terjadinya peningkatan temperatur transisi gelas. Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa



penambahan Sukrosa atau Gliserol dalam sintesa poliuretan dapat meningkatkan kestabilan dari poliuretan yang dihasilkan. Sedangkan data temperatur degradasi menunjukkan bahwa penambahan sukrosa atau gliserol dalam pembentukan poliuretan dapat menurunkan temperatur degradasi bila dibandingkan tanpa penambahan sumber polioliol. Namun demikian secara umum dapat dikatakan bahwa penambahan sukrosa atau gliserol dalam sintesa poliuretan dapat meningkatkan kestabilan dari poliuretan yang dihasilkan.

Tabel 5.6. Temperatur Transisi Gelas dan Temperatur Degradasi Poliuretan

No	Jenis Polioliol dalam Polimeran	Temperatur Transisi Gelas (°C)	Temperatur Degradasi (°C)
1.	-	89,58	420,87
2.	Sukrosa	135,24	362,85
3.	Gliserol	160,72	275,46

### 5.5. Hasil Analisis Sifat Mekanik Bahan

Analisa yang dilakukan untuk menentukan sifat mekanik bahan adalah kekuatan tarik, perpanjangan, dan kekuatan lentur. Kekuatan tarik merupakan kekuatan tegangan maksimum spesimen untuk menahan tegangan yang diberikan. Perpanjangan adalah pertambahan panjang yang dihasilkan oleh ukuran tertentu panjang spesimen, yang diakibatkan oleh tegangan yang diberikan. Sedangkan kekuatan lentur dimaksudkan untuk mengetahui komponen ketahanan bahan terhadap tiga titik lentur. Data kekuatan tarik, perpanjangan dan kuat lentur dari poliuretan yang dihasilkan pada Tabel 5.7.

Pengaruh Variasi komposisi PEG1000 dan variasi komposisi MDI pada reaksi polimerisasi pembuatan poliuretan yang berasal dari Sukrosa dan Gliserol terhadap kekuatan tarik, perpanjangan dan kekuatan lentur poliuretan yang dihasilkan menunjukkan kecenderungan seperti ditunjukkan pada Gambar 5.3 sampai Gambar 5.8. Variasi komposisi PEG1000 maupun MDI pada pembentukan poliuretan berpengaruh terhadap kekuatan tarik, perpanjangan maupun kekuatan lentur poliuretan yang dihasilkan.

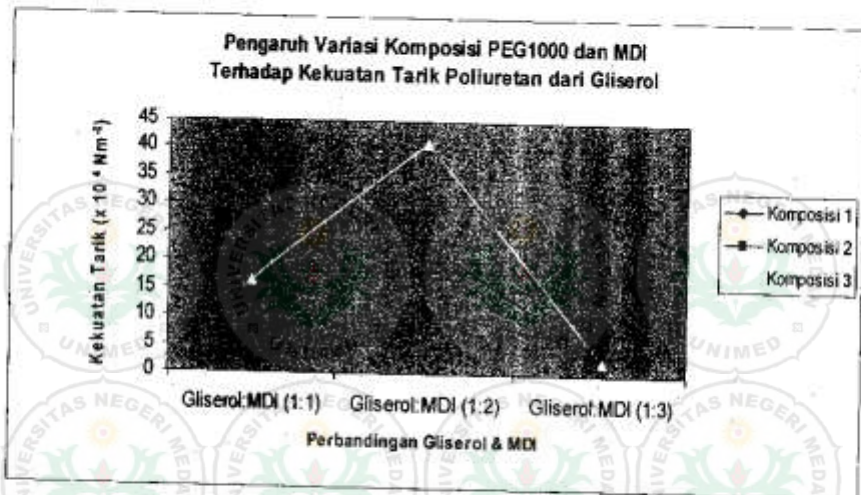
Tabel 5.7 Data Sifat Mekanik Bahan Poliuretan

Jenis Poliol Dalam Poliuretan	Perbandingan Sifat Mekanik (EG/MDI)	Data Sifat Mekanik		
		Sifat Tarik (kg/cm <sup>2</sup> )	Perubahan Energi (kg/cm <sup>2</sup> )	Perubahan Energi (kg/cm <sup>2</sup> )
Sukrosa	1:1:1	0,425	8,87	6,0
	2:1:1	13,508	21,02	32,4
	3:1:1	3,375	19,65	76,8
	1:1:2	50,542	74,92	801,6
	2:1:2	25,56	31,75	242,4
	3:1:2	9,558	25,04	12,0
	1:1:3	7,625	24,37	309,6
	2:1:3	40,325	59,41	666,0
	3:1:3	33,58	35,32	486,0
Gliserol	1:1:1	4,96	12,35	153,6
	2:1:1	39,41	32,83	560,4
	3:1:1	16,31	22,18	309,6
	1:1:2	11,44	20,55	174
	2:1:2	23,08	33,68	416,4
	3:1:2	41,16	61,88	657,6
	1:1:3	4,52	17,65	74,4
	2:1:3	2,93	11,38	127,2
	3:1:3	2,53	9,93	126



Gambar 5.3. Pengaruh Variasi Komposisi PEG1000 dan MDI terhadap Kekuatan Tarik Poliuretan dari Sukrosa

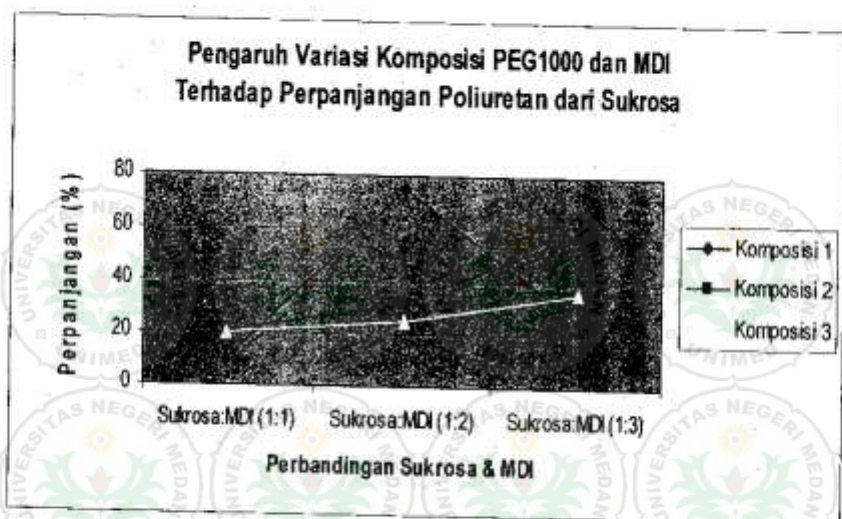




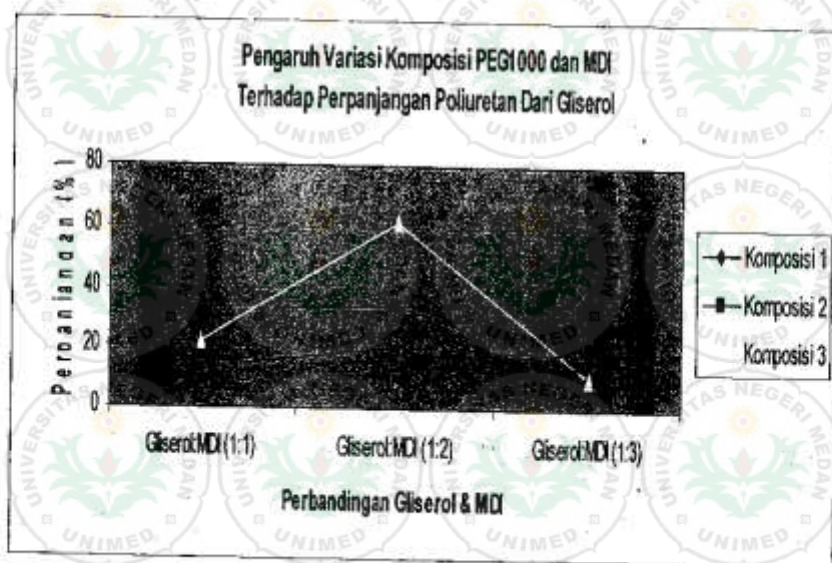
Gambar 5.4 Pengaruh Variasi Komposisi PEG1000 dan MDI terhadap Kekuatan Tarik Poliuretan dari Gliserol

Dari Gambar 5.3 terlihat bahwa komposisi yang menghasilkan kekuatan tarik maksimal diperoleh pada perbandingan PEG1000 : Sukrosa : MDI (1:1:2) sebesar  $50,542 \times 10^4 \text{ Nm}^{-2}$ . Semakin tinggi jumlah PEG1000 yang ditambahkan pada perbandingan Sukrosa dan MDI sebesar 1:1 dan 1:3, maka kekuatan tarik pada awalnya meningkat kemudian menurun, sedangkan pada perbandingan 1:2 kekuatan tarik semakin menurun dengan bertambahnya komposisi PEG1000. Pada Gambar 5.4 juga dapat diamati bahwa penambahan jumlah MDI pada perbandingan PEG dan Sukrosa sebesar 1:1 menyebabkan kekuatan tarik mengalami peningkatan kemudian penurunan secara tajam, sedangkan untuk perbandingan 2:1 dan 3:1, penambahan MDI menyebabkan terjadinya kenaikan kekuatan tarik. Sedangkan pada Gambar 5.4 terlihat bahwa komposisi yang menghasilkan kekuatan tarik maksimal diperoleh pada perbandingan PEG1000 : Sukrosa : MDI (3:1:2) sebesar  $41,16 \times 10^4 \text{ Nm}^{-2}$ . Semakin tinggi jumlah PEG1000 yang ditambahkan pada perbandingan Gliserol dan MDI sebesar 1:1, maka kekuatan tarik pada awalnya meningkat kemudian menurun, sedangkan pada perbandingan 1:2 dan 1:3, kekuatan tarik semakin meningkat dengan bertambahnya komposisi PEG1000. Selain itu juga dapat diamati bahwa penambahan jumlah MDI pada perbandingan PEG dan Gliserol sebesar 1:1 dan 3:1 menyebabkan kekuatan tarik mengalami peningkatan kemudian penurunan, sedangkan untuk perbandingan 2:1 penambahan MDI menyebabkan terjadinya penurunan kekuatan tarik.





Gambar 5.5 Pengaruh Variasi Komposisi PEG1000 dan MDI terhadap Perpanjangan Poliuretan dari Sukrosa



Gambar 5.6 Pengaruh Variasi Komposisi PEG1000 dan MDI terhadap Perpanjangan Poliuretan dari Gliserol

Dari Gambar 5.5 terlihat bahwa komposisi yang menghasilkan perpanjangan maksimal diperoleh pada perbandingan PEG1000 : Sukrosa : MDI (1:1:2) sebesar  $74,92 \times 10^4 \text{ Nm}^{-2}$ . Semakin tinggi jumlah PEG1000 yang ditambahkan pada perbandingan Sukrosa dan MDI sebesar 1:1 dan 1:3, maka perpanjangan pada awalnya meningkat kemudian menurun, sedangkan pada perbandingan 1:2 perpanjangan semakin menurun

dengan bertambahnya komposisi PEG1000. Pada Gambar 5.5 juga dapat diamati bahwa penambahan jumlah MDI pada perbandingan PEG dan Sukrosa sebesar 1:1 menyebabkan perpanjangan mengalami peningkatan kemudian penurunan, sedangkan untuk perbandingan 2:1 dan 3:1, penambahan MDI menyebabkan terjadinya kenaikan perpanjangan. Sedangkan pada Gambar 5.6 terlihat bahwa komposisi yang menghasilkan perpanjangan maksimal diperoleh pada perbandingan PEG1000 : Sukrosa : MDI (3:1:2) sebesar  $61,88 \times 10^4 \text{ Nm}^{-2}$ . Semakin tinggi jumlah PEG1000 yang ditambahkan pada perbandingan Gliserol dan MDI sebesar 1:1, maka perpanjangan pada awalnya meningkat kemudian menurun, sedangkan pada perbandingan 1:2 perpanjangan mengalami kenaikan, dan pada perbandingan 1:3, perpanjangan semakin menurun dengan bertambahnya komposisi PEG1000. Selain itu juga dapat diamati bahwa penambahan jumlah MDI pada semua perbandingan PEG dan Gliserol (1:1, 2:1 dan 3:1) menyebabkan kekuatan tarik mengalami peningkatan kemudian penurunan.

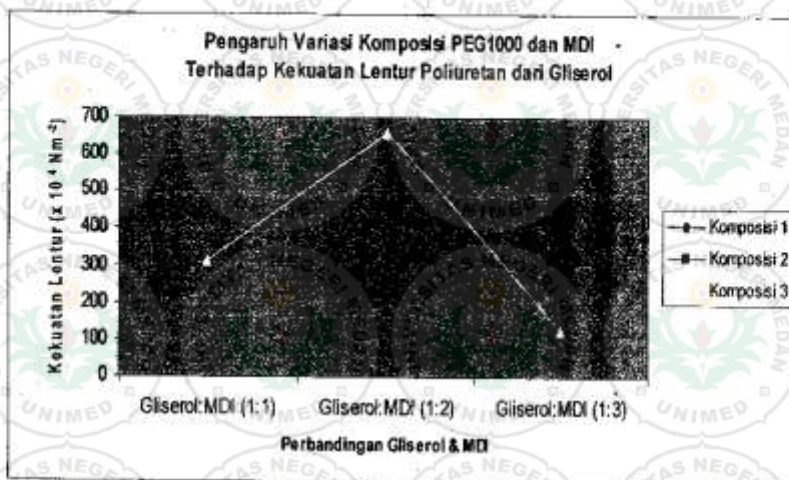


Gambar 5.7. Pengaruh Variasi Komposisi PEG1000 dan MDI terhadap Kekuatan Lentur Poliuretan dari Sukrosa

Dari Gambar 5.7 terlihat bahwa komposisi yang menghasilkan kekuatan lentur maksimal diperoleh pada perbandingan PEG1000 : Sukrosa : MDI (1:1:2) sebesar  $801,6 \times 10^4 \text{ Nm}^{-2}$ . Semakin tinggi jumlah PEG1000 yang ditambahkan pada perbandingan Sukrosa dan MDI sebesar 1:1, maka kekuatan lentur semakin meningkat, sedangkan pada perbandingan 1:2, kekuatan lentur semakin menurun, dan pada perbandingan 1:3



kekuatan lentur mengalami peningkatan kemudian penurunan. Pada Gambar 5.7 juga dapat diamati bahwa penambahan jumlah MDI pada perbandingan PEG dan Sukrosa sebesar 1:1 menyebabkan kekuatan lentur mengalami peningkatan kemudian penurunan, sedangkan untuk perbandingan 2:1, penambahan MDI menyebabkan terjadinya kenaikan kekuatan lentur, dan pada perbandingan 3:1, terjadi penurunan kemudian peningkatan kekuatan lentur.



Gambar 5.8 Pengaruh Variasi Komposisi PEG1000 dan MDI terhadap Kekuatan Lentur Poliuretan dari Gliserol

Pada Gambar 5.8 terlihat bahwa komposisi yang menghasilkan kekuatan lentur maksimal diperoleh pada perbandingan PEG1000 : Sukrosa : MDI (3:1:2) sebesar  $657,6 \times 10^4 \text{ Nm}^{-2}$ . Semakin tinggi jumlah PEG1000 yang ditambahkan pada perbandingan Gliserol dan MDI sebesar 1:1 dan 1:3, maka kekuatan lentur pada awalnya meningkat kemudian menurun, sedangkan pada perbandingan 1:2 perpanjangan mengalami kenaikan, dengan bertambahnya komposisi PEG1000. Selain itu juga dapat diamati bahwa penambahan jumlah MDI pada perbandingan PEG dan Gliserol (1:1 dan 3:1) menyebabkan kekuatan tarik mengalami peningkatan kemudian penurunan, sedangkan pada perbandingan 2:1, kekuatan lentur mengalami penurunan dengan semakin bertambahnya komposisi MDI.



Berdasarkan data dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat dinyatakan bahwa polimer 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:Sukrosa:MDI sebesar 1:1:2, sedangkan untuk bahan alami dari Gliserol diperoleh pada perbandingan PEG1000:Gliserol:MDI sebesar 3:1:2. Proses pembentukan poliuretan dilakukan pada suhu kamar selama 30' menit dan dialiri dengan gas Nitrogen. Selain itu juga dari hasil penelitian dengan menggunakan data spektra IR dapat dikatakan bahwa penambahan sukrosa atau gliserol dapat meningkatkan nilai indeks ikatan hidrogen poliuretan yang dihasilkan, dan dari data analisa termal menunjukkan bahwa penambahan sukrosa dan gliserol dapat meningkatkan kestabilan termal dari poliuretan yang dihasilkan.



## BAB V

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 5.1 Data Awal Sumber Polioli

Sumber bahan alami polioli yang digunakan dalam penelitian ini adalah gliserol dan sukrosa. Sifat fisik dari masing-masing sumber polioli disajikan pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1. Sifat Fisika dari Sumber Polioli

Sumber Polioli	Rumus Kimia	Titik Didih (°C)	Sifat Fisik
Sukrosa	$C_{12}H_{22}O_{11}$	342,30	Padat/ Putih
Gliserol	$C_3H_8O_3$	92,10	Cair/ tak berwarna

#### 5.2. Proses Pembentukan Poliuretan

Pada penelitian ini proses pembentukan poliuretan dilakukan dalam dua tahap. Tahap pertama mencampurkan sumber polioli (sukrosa 10% atau gliserol 10%) dengan PEG1000, kemudian diaduk sampai diperoleh larutan homogen (larutan I). Tahap berikutnya mencampurkan larutan I (Campuran Sumber polioli-PEG) dengan MDI, sampai diperoleh campuran homogen. Proses pencampuran dilakukan pada temperatur kamar selama 30 menit, dan dialiri dengan gas Nitrogen. Komposisi yang digunakan dalam penelitian ini adalah Sumber polioli : PEG : MDI sebesar 1:1:1, kemudian komposisi PEG diperbesar menjadi 2 dan 3, sedangkan komposisi sumber polioli : MDI tetap 1:1. Setelah itu komposisi sumber polioli : MDI diperbesar menjadi 1:2 dan 1:3, sedangkan komposisi PEG adalah 1, kemudian diperbesar menjadi 2 dan 3. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa poliuretan yang dihasilkan berwarna kuning muda, dan kuning kecoklatan, dengan kondisi ada yang berbentuk cair, kental, gel maupun padatan. Produk Poliuretan diperlihatkan dalam Gambar 5.1 dan 5.2, sedangkan hasil pengamatan sifat fisik poliuretan ditunjukkan pada Tabel 5.2 dan 5.3.



Gambar 5.1. Poliuretan pada berbagai variasi komposisi Sukrosa, PEG1000 dan MDI



Gambar 5.2. Poliuretan pada berbagai variasi komposisi Gliserol, PEG1000 dan MDI



Tabel 5.2. Sifat Fisik Poliuretan yang berasal dari Sukrosa

Sumber Isolat	Perbandingan (P:G:SP:V:W)	Sifat		
Sukrosa	1 : 1 : 1	Gel lalu mengeras	Lengket, mengeras	Kuning
	2 : 1 : 1	Kental, lalu mengeras	Lengket, mengeras	Kuning susu
	3 : 1 : 1	Padatan kenyal	Rapuh, mengeras	Kuning
	1 : 1 : 2	Agak kental	Lengket, cepat mengeras	Kuning
	2 : 1 : 2	Kental, lalu mengeras	Lengket, cepat mengeras	Kuning
	3 : 1 : 2	Kental	Rapuh, cepat mengeras	Kuning susu
	1 : 1 : 3	Agak cair	Lengket, lama mengeras	Kuning susu
	2 : 1 : 3	Agak kental	Lengket, lama mengeras	Kuning susu
	3 : 1 : 3	Kental, lalu mengeras	Rapuh, cepat mengeras	Kuning

Tabel 5.3. Sifat Fisik Poliuretan yang berasal dari Gliserol

Sumber Isolat	Perbandingan (P:G:SP:V:W)	Sifat		
Gliserol	1 : 1 : 1	Cair	Rapuh, lama mengeras	Kuning
	2 : 1 : 1	Tidak terlalu cair	Rapuh, lama mengeras	Kuning susu
	3 : 1 : 1	Sangat cair	Lengket	Kuning
	1 : 1 : 2	kental	Lengket, cepat mengeras	Kuning
	2 : 1 : 2	kental	Lengket, cepat mengeras	Kuning
	3 : 1 : 2	Kental kemudian memadat	Rapuh, cepat memadat dan mengeras	Kuning susu
	1 : 1 : 3	Tidak terlalu Kental	Lengket, sangat cepat mengeras	Kuning susu
	2 : 1 : 3	Kental kemudian memadat	Lengket, cepat mengeras dan kuat	Kuning susu
	3 : 1 : 3	Sangat Kental kemudian memadat	Lengket, cepat memadat dan mengeras	Kuning

### 5.3. Data Spektrum IR

Analisa spektrum IR dimaksudkan untuk mengetahui gugus fungsi dari komponen penyusun poliuretan yaitu Sukrosa, Gliserol, PEG1000 dan MDI, maupun gugus fungsi dari poliuretan yang dihasilkan. Hasil analisa disajikan pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Hasil Analisa Gugus Fungsi MDI, PEG1000, Sukrosa, Gliserol, dan Poliuretan

MDI	3027,78	=C-H
	2917,79	C-H
	1777,76	C=O
	1720,48	C=O
	1608,37	C=C ring
	1232,75	-N=C=O
PEG 1000	3418,54	O-H
	2875,53	C-H
	1103,37	C-O
Sukrosa	3567,25	O-H
	2942,27	C-H
	1638,80	C-O
	1280,44	C-C
Poliuretan dari Sukrosa	1241,43	C-O
	3785,21	O-H
	3362,20	N-H
	1662,20	C=O
	1600,14	C=C ring
	1234,13	-N=C=O
	1109,13	C-O
Gliserol	3389,12	O-H
	2939,19	C-H
	1214,27	C-O
Poliuretan dari Gliserol	3572,46	O-H
	3344,16	N-H
	2906,17	C-H
	1709,16	C=O
	1692,45	C=O
	1597,14	C=C ring
	1233,15	-N=C=O
	1107,16	C-O



Dari data yang ditunjukkan pada Tabel 5.4, terlihat adanya pita serapan -NH dari uretan pada bilangan gelombang  $3362,20 \text{ cm}^{-1}$  (poliuretan dari Sukrosa) dan  $3346,20 \text{ cm}^{-1}$  (poliuretan dari Gliserol), maka reaksi polimerisasi telah berlangsung dengan sempurna dan bilangan gelombang  $1662,20 \text{ cm}^{-1}$  dan  $1692,45$  merupakan serap ulur C=O yang berikatan hidrogen.

Hasil perhitungan besarnya nilai indeks ikatan hidrogen (HBI) berdasarkan data spektrum IR Poliuretan diperlihatkan pada Tabel 5.5.

Tabel 5.5 Nilai HBI Poliuretan

No.	Penambahan Poliol dalam Poliuretan	Nilai HBI
1.	-	0,23
2.	Sukrosa	2,85
3.	Gliserol	4,02

Dari data yang ditunjukkan pada Tabel 5.5 terlihat bahwa penambahan polioliol (Sukrosa atau Gliserol) pada pembentukan poliuretan dapat meningkatkan nilai HBI dari poliuretan yang dihasilkan bila dibandingkan tanpa penambahan polioliol. Hal ini berarti bahwa derajat ikatan hidrogen dari gugus karbonil yang ada pada bagian *hard segment* meningkat dengan adanya penambahan polioliol tersebut. Menurut Huang (1997), peningkatan nilai HBI akan mengakibatkan meningkatnya antaraksi intermolekuler antara *hard segment-hard segment* dalam daerah *hard segment* untuk bergabung membentuk jaringan daripada terdispersinya *hard segment* dalam daerah *soft segment*.

#### 5.4. Analisa Termal Menggunakan DTA

Analisa ini bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat termal berupa temperatur degradasi dan temperatur transisi gelas. Data yang diperoleh dari hasil analisa termal menggunakan DTA ini disajikan pada Tabel 5.6.

Data pada Tabel 5.6 menunjukkan bahwa penambahan polioliol dalam sintesa poliuretan dapat meningkatkan temperatur tansiisi gelas poliuretan. Sukrosa terdiri dari banyak unit satuan glukosa dan fruktosa dalam molekulnya dan memiliki lebih dari dua gugus hidroksil dalam setiap unit ulangnya. Sedangkan Gliserol memiliki tiga gugus hidroksil dalam setiap molekulnya. Hal ini dapat menurunkan mobilitas dari rantai utama poliuretan, yang secara langsung dapat menyebabkan terjadinya peningkatan temperatur transisi gelas. Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa

penambahan Sukrosa atau Gliserol dalam sintesa poliuretan dapat meningkatkan kestabilan dari poliuretan yang dihasilkan. Sedangkan data temperatur degradasi menunjukkan bahwa penambahan sukrosa atau gliserol dalam pembentukan poliuretan dapat menurunkan temperatur degradasi bila dibandingkan tanpa penambahan sumber polioliol. Namun demikian secara umum dapat dikatakan bahwa penambahan sukrosa atau gliserol dalam sintesa poliuretan dapat meningkatkan kestabilan dari poliuretan yang dihasilkan.

Tabel 5.6. Temperatur Transisi Gelas dan Temperatur Degradasi Poliuretan

No	Jenis Polioliol dalam Polimeran	Temperatur Transisi Gelas (°C)	Temperatur Degradasi (°C)
1.	-	89,58	420,87
2.	Sukrosa	135,24	362,85
3.	Gliserol	160,72	275,46

**5.5. Hasil Analisis Sifat Mekanik Bahan**

Analisa yang dilakukan untuk menentukan sifat mekanik bahan adalah kekuatan tarik, perpanjangan, dan kekuatan lentur. Kekuatan tarik merupakan kekuatan tegangan maksimum spesimen untuk menahan tegangan yang diberikan. Perpanjangan adalah pertambahan panjang yang dihasilkan oleh ukuran tertentu panjang spesimen, yang diakibatkan oleh tegangan yang diberikan. Sedangkan kekuatan lentur dimaksudkan untuk mengetahui komponen ketahanan bahan terhadap tiga titik lentur. Data kekuatan tarik, perpanjangan dan kuat lentur dari poliuretan yang dihasilkan pada Tabel 5.7.

Pengaruh Variasi komposisi PEG1000 dan variasi komposisi MDI pada reaksi polimerisasi pembuatan poliuretan yang berasal dari Sukrosa dan Gliserol terhadap kekuatan tarik, perpanjangan dan kekuatan lentur poliuretan yang dihasilkan menunjukkan kecenderungan seperti ditunjukkan pada Gambar 5.3 sampai Gambar 5.8. Variasi komposisi PEG1000 maupun MDI pada pembentukan poliuretan berpengaruh terhadap kekuatan tarik, perpanjangan maupun kekuatan lentur poliuretan yang dihasilkan.

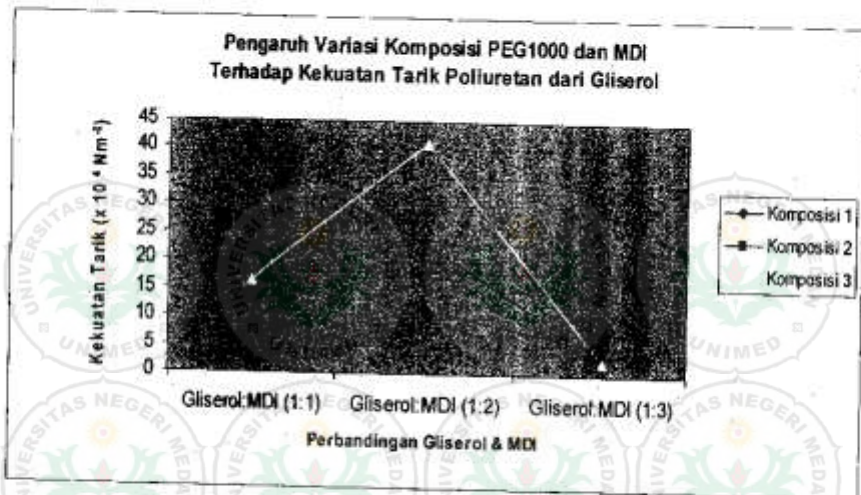


Tabel 5.7 Data Sifat Mekanik Bahan Poliuretan

Jenis Poliol Dalam Poliuretan	Perbandingan Sifat Mekanik (EG/MDI)	Data Sifat Mekanik		
		Sifat Tarik (kg/cm <sup>2</sup> )	Perubahan Energi (kg/cm <sup>2</sup> )	Perubahan Energi (kg/cm <sup>2</sup> )
Sukrosa	1:1:1	0,425	8,87	6,0
	2:1:1	13,508	21,02	32,4
	3:1:1	3,375	19,65	76,8
	1:1:2	50,542	74,92	801,6
	2:1:2	25,56	31,75	242,4
	3:1:2	9,558	25,04	12,0
	1:1:3	7,625	24,37	309,6
	2:1:3	40,325	59,41	666,0
	3:1:3	33,58	35,32	486,0
Gliserol	1:1:1	4,96	12,35	153,6
	2:1:1	39,41	32,83	560,4
	3:1:1	16,31	22,18	309,6
	1:1:2	11,44	20,55	174
	2:1:2	23,08	33,68	416,4
	3:1:2	41,16	61,88	657,6
	1:1:3	4,52	17,65	74,4
	2:1:3	2,93	11,38	127,2
	3:1:3	2,53	9,93	126



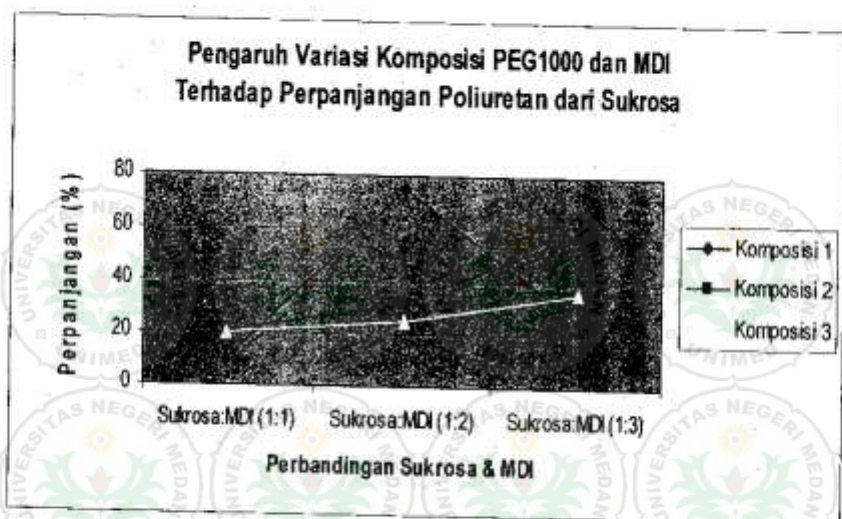
Gambar 5.3. Pengaruh Variasi Komposisi PEG1000 dan MDI terhadap Kekuatan Tarik Poliuretan dari Sukrosa



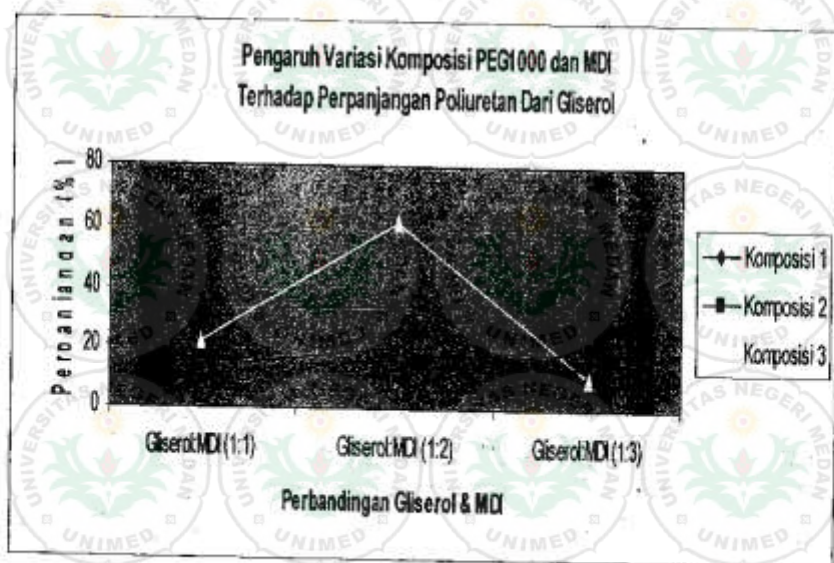
Gambar 5.4 Pengaruh Variasi Komposisi PEG1000 dan MDI terhadap Kekuatan Tarik Poliuretan dari Gliserol

Dari Gambar 5.3 terlihat bahwa komposisi yang menghasilkan kekuatan tarik maksimal diperoleh pada perbandingan PEG1000 : Sukrosa : MDI (1:1:2) sebesar  $50,542 \times 10^4 \text{ Nm}^{-2}$ . Semakin tinggi jumlah PEG1000 yang ditambahkan pada perbandingan Sukrosa dan MDI sebesar 1:1 dan 1:3, maka kekuatan tarik pada awalnya meningkat kemudian menurun, sedangkan pada perbandingan 1:2 kekuatan tarik semakin menurun dengan bertambahnya komposisi PEG1000. Pada Gambar 5.4 juga dapat diamati bahwa penambahan jumlah MDI pada perbandingan PEG dan Sukrosa sebesar 1:1 menyebabkan kekuatan tarik mengalami peningkatan kemudian penurunan secara tajam, sedangkan untuk perbandingan 2:1 dan 3:1, penambahan MDI menyebabkan terjadinya kenaikan kekuatan tarik. Sedangkan pada Gambar 5.4 terlihat bahwa komposisi yang menghasilkan kekuatan tarik maksimal diperoleh pada perbandingan PEG1000 : Sukrosa : MDI (3:1:2) sebesar  $41,16 \times 10^4 \text{ Nm}^{-2}$ . Semakin tinggi jumlah PEG1000 yang ditambahkan pada perbandingan Gliserol dan MDI sebesar 1:1, maka kekuatan tarik pada awalnya meningkat kemudian menurun, sedangkan pada perbandingan 1:2 dan 1:3, kekuatan tarik semakin meningkat dengan bertambahnya komposisi PEG1000. Selain itu juga dapat diamati bahwa penambahan jumlah MDI pada perbandingan PEG dan Gliserol sebesar 1:1 dan 3:1 menyebabkan kekuatan tarik mengalami peningkatan kemudian penurunan, sedangkan untuk perbandingan 2:1 penambahan MDI menyebabkan terjadinya penurunan kekuatan tarik.





Gambar 5.5 Pengaruh Variasi Komposisi PEG1000 dan MDI terhadap Perpanjangan Poliuretan dari Sukrosa



Gambar 5.6 Pengaruh Variasi Komposisi PEG1000 dan MDI terhadap Perpanjangan Poliuretan dari Gliserol

Dari Gambar 5.5 terlihat bahwa komposisi yang menghasilkan perpanjangan maksimal diperoleh pada perbandingan PEG1000 : Sukrosa : MDI (1:1:2) sebesar  $74,92 \times 10^4 \text{ Nm}^{-2}$ . Semakin tinggi jumlah PEG1000 yang ditambahkan pada perbandingan Sukrosa dan MDI sebesar 1:1 dan 1:3, maka perpanjangan pada awalnya meningkat kemudian menurun, sedangkan pada perbandingan 1:2 perpanjangan semakin menurun

dengan bertambahnya komposisi PEG1000. Pada Gambar 5.5 juga dapat diamati bahwa penambahan jumlah MDI pada perbandingan PEG dan Sukrosa sebesar 1:1 menyebabkan perpanjangan mengalami peningkatan kemudian penurunan, sedangkan untuk perbandingan 2:1 dan 3:1, penambahan MDI menyebabkan terjadinya kenaikan perpanjangan. Sedangkan pada Gambar 5.6 terlihat bahwa komposisi yang menghasilkan perpanjangan maksimal diperoleh pada perbandingan PEG1000 : Sukrosa : MDI (3:1:2) sebesar  $61,88 \times 10^4 \text{ Nm}^{-2}$ . Semakin tinggi jumlah PEG1000 yang ditambahkan pada perbandingan Gliserol dan MDI sebesar 1:1, maka perpanjangan pada awalnya meningkat kemudian menurun, sedangkan pada perbandingan 1:2 perpanjangan mengalami kenaikan, dan pada perbandingan 1:3, perpanjangan semakin menurun dengan bertambahnya komposisi PEG1000. Selain itu juga dapat diamati bahwa penambahan jumlah MDI pada semua perbandingan PEG dan Gliserol (1:1, 2:1 dan 3:1) menyebabkan kekuatan tarik mengalami peningkatan kemudian penurunan.

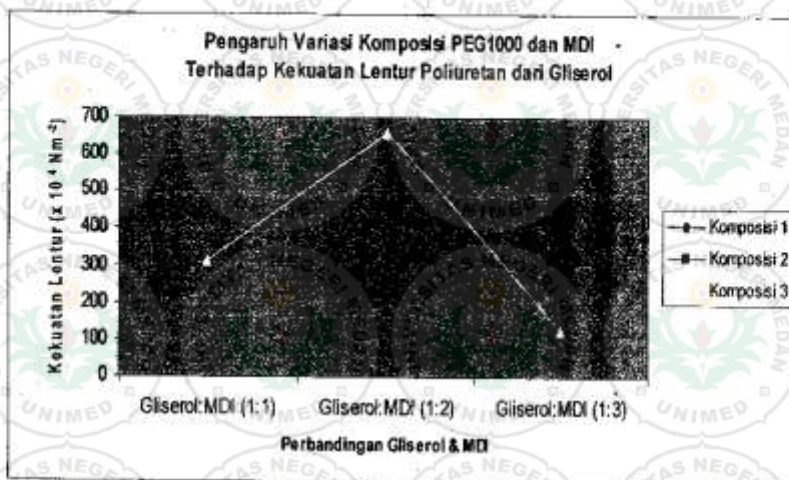


Gambar 5.7. Pengaruh Variasi Komposisi PEG1000 dan MDI terhadap Kekuatan Lentur Poliuretan dari Sukrosa

Dari Gambar 5.7 terlihat bahwa komposisi yang menghasilkan kekuatan lentur maksimal diperoleh pada perbandingan PEG1000 : Sukrosa : MDI (1:1:2) sebesar  $801,6 \times 10^4 \text{ Nm}^{-2}$ . Semakin tinggi jumlah PEG1000 yang ditambahkan pada perbandingan Sukrosa dan MDI sebesar 1:1, maka kekuatan lentur semakin meningkat, sedangkan pada perbandingan 1:2, kekuatan lentur semakin menurun, dan pada perbandingan 1:3



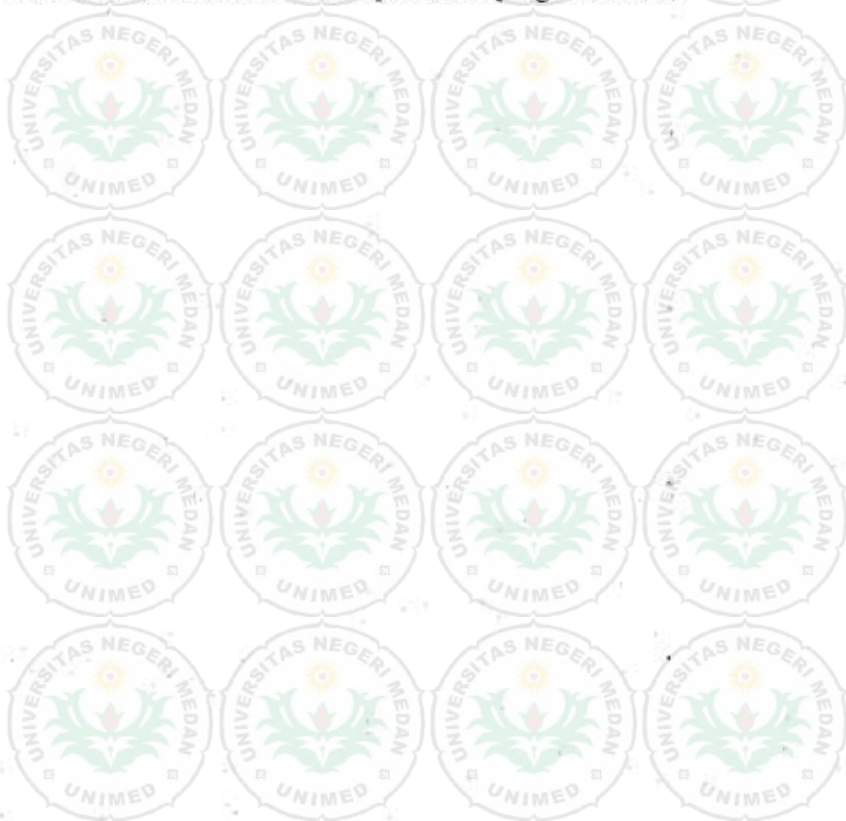
kekuatan lentur mengalami peningkatan kemudian penurunan. Pada Gambar 5.7 juga dapat diamati bahwa penambahan jumlah MDI pada perbandingan PEG dan Sukrosa sebesar 1:1 menyebabkan kekuatan lentur mengalami peningkatan kemudian penurunan, sedangkan untuk perbandingan 2:1, penambahan MDI menyebabkan terjadinya kenaikan kekuatan lentur, dan pada perbandingan 3:1, terjadi penurunan kemudian peningkatan kekuatan lentur.



Gambar 5.8 Pengaruh Variasi Komposisi PEG1000 dan MDI terhadap Kekuatan Lentur Poliuretan dari Gliserol

Pada Gambar 5.8 terlihat bahwa komposisi yang menghasilkan kekuatan lentur maksimal diperoleh pada perbandingan PEG1000 : Sukrosa : MDI (3:1:2) sebesar  $657,6 \times 10^4 \text{ Nm}^{-2}$ . Semakin tinggi jumlah PEG1000 yang ditambahkan pada perbandingan Gliserol dan MDI sebesar 1:1 dan 1:3, maka kekuatan lentur pada awalnya meningkat kemudian menurun, sedangkan pada perbandingan 1:2 perpanjangan mengalami kenaikan, dengan bertambahnya komposisi PEG1000. Selain itu juga dapat diamati bahwa penambahan jumlah MDI pada perbandingan PEG dan Gliserol (1:1 dan 3:1) menyebabkan kekuatan tarik mengalami peningkatan kemudian penurunan, sedangkan pada perbandingan 2:1, kekuatan lentur mengalami penurunan dengan semakin bertambahnya komposisi MDI.

Berdasarkan data dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat dinyatakan bahwa polimer 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:Sukrosa:MDI sebesar 1:1:2, sedangkan untuk bahan alami dari Gliserol diperoleh pada perbandingan PEG1000:Gliserol:MDI sebesar 3:1:2. Proses pembentukan poliuretan dilakukan pada suhu kamar selama 30' menit dan dialiri dengan gas Nitrogen. Selain itu juga dari hasil penelitian dengan menggunakan data spektra IR dapat dikatakan bahwa penambahan sukrosa atau gliserol dapat meningkatkan nilai indeks ikatan hidrogen poliuretan yang dihasilkan, dan dari data analisa termal menunjukkan bahwa penambahan sukrosa dan gliserol dapat meningkatkan kestabilan termal dari poliuretan yang dihasilkan.





## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Polimerisasi perekat Poliuretan telah dilakukan dengan memvariasikan perbandingan PEG1000, sumber poliol alami (Sukrosa dan Gliserol) dan MDI yang dilakukan pada temperatur kamar selama 30 menit, dan dialiri dengan gas Nitrogen.
2. Penambahan sukrosa atau gliserol dalam sintesis poliuretan dari PEG1000 dan MDI dapat meningkatkan kestabilan termal dan nilai indeks ikatan hidrogen dari poliuretan yang dihasilkan.
3. Komposisi paling maksimal untuk poliuretan dengan sumber poliol alami gliserol diperoleh pada perbandingan PEG1000:Gliserol:MDI sebesar 3:1:2, dengan kekuatan tarik adalah  $41,16 \text{ N/m}^2$  dan perpanjangannya 61,88% dan kekuatan lentur adalah  $657,6 \text{ N/m}^2$ . Sedangkan untuk poliuretan dengan sumber poliol sukrosa diperoleh pada perbandingan PEG1000:Sukrosa:MDI sebesar 1:1:2, dengan kekuatan tarik  $50,542 \text{ N/m}^2$  dan perpanjangannya 74,92% dan kekuatan lentur adalah  $801,6 \text{ N/m}^2$ .

#### 6.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan mereaksikan PEG, MDI dan bahan alami sebagai sumber poliol pada suhu reaksi yang dibuat bervariasi dengan kondisi bebas udara. Karakterisasi tambahan dari perekat poliuretan yang dihasilkan berupa derajat penggembungan (swelling) dan analisa kekerasan, serta uji coba kekuatan perekat yang dihasilkan terhadap beberapa sampel seperti karet, plastik dan logam. Disamping itu perlu juga dilakukan pembuatan perekat poliuretan dengan memvariasikan kondisi polimerisasi, dari mulai perbandingan komposisi bahan alami, polietilen glikol dan metilen diisosianat, maupun jenis glikol dan diisosianat yang digunakan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Allcock, H.R & Frederick W. Lampe., (1990), *Contemporary Polymer Chemistry*, 2<sup>nd</sup> edition, Prantice-Hall Inc, New Jersey.
- Athawale, V and Kolekar, S., (1998), Interpenetrating Polymer Networks Based On Polyol Modified Castor Oil Polyurethane and Polymethyl methacrylate, *European Polymer Journal*, **34**, Issue 10, p.1447-1451.
- Billmeyer, J.R., (1984), *Textbook of Polymer Science*, John Wiley and Sons Inc., New York, USA.
- Cowd, M.A., (1991), *Kimia Polimer*, Terjemahan Harry Firman, ITB, Bandung.
- Hatakeyama, H.S & Hirose, T., (1995), *Biodegradable Polyurethane from Plant Componens*, Dekker, New York.
- Jhurry, D., (1997), Sucrose-Based Polymer Polyurethane with Sucrose in the Main Chain, *Eur. Polymer. J.*, **33**, p 1577-1582.
- Manjari, R., Josepsh, V.C., Pandureng, L.P., and Sriram, T., (1993), Structure-Property Relationship of HTPB-Based Propellants III. Optimizing Trial with Varying Levels of Diol-Triol Contents., *J. Applied Polymer Science*, **51**, p. 436-442.
- 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**, Issue 5, p.3287-3291.
- Nugraheni, D.I., (2002), *Sintesa Poliuretan dari sistem PEG-TDI-Ekstrak Tanin dan Karakterisasinya*, Skripsi Jurusan Kimia, ITB, Bandung.
- 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.
- Rahmi., (1999), *Peran Sukrosa Molasses dalam Sintesa Poliuretan dari PEG dan MDI*, Tesis, Jurusan Kimia ITB, Bandung.
- Rizk, A.M & Al-Nowaihi, A.S., (1989), *The Phytochemistry of the Horticultural Plant of Qatar*, The Scientific and Applied Research Center, University of Qatar, The Alden Press, Ltd , Qatar.
- 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**.



- Sanchez, M.S, R. Papon & J. Villenave., (2000), Rheological Characterization of Thermoplastic Polyurethane Elastomers, *Polymer International*, **49**, Issue 6, John Wiley and Sons.
- Sanmathi, C.S, S. Prasannakumar, B.S. Sherigara., (2004), Interpenetrating Polymer Networks Based On Polyol Modified Castor Oil Polyurethane And Poly(2-Ethoxyethyl Methacrylate) : Synthesis, Chemical, Mechanical, Thermal Properties, And Morphology, *J. Applied Polymer Science*, **94**, P. 1029-1034.
- Siddaramiah, P. Mallu, and R. Somashekar., (1998), Characterization of Castor Oil-Based Interpenetrating Polymer Networks of PU/PS., *J. Applied Polymer Science*, **68**, p. 1739-1743.
- Siddaramiah, P. Mallu, S. Roopa, H.Somashekarappa, and R. Somashekar., (2005), Studies On Physico-Mechanical and Optical Properties, and WAXS Of Castor Oil Based Polyurethane/Polyacrylates Interpenetrating Polymer Networks., *J. Applied Polymer Science*, **95**, P. 764-773.
- Sopyan, I., (2001), *Kimia Polimer*, Pradnya Paramita, Jakarta.
- 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., Dibyatini, R.E., (2009), Pengaruh Komposisi Minyak Jarak Teralkoholis terhadap Sifat Mekanik Poliuretan, *Prosiding Seminar Nasional Bidang MIPA, BKS PTN-B*, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh
- Sutiani, A., Dibyatini, R.E., Sitorus, M., (2008-2009), *Pembuatan Poliuretan dengan Bahan Baku Minyak Jarak Teralkoholis sebagai Alternatif Bahan Perekat.*, Laporan Penelitian Hibah Bersaing, Dirjen Dikti, Depdiknas, Jakarta.
- Sutiani, A., Dibyatini, R.E., Sitorus, M., (2010), *Pembuatan Perekat Poliuretan Menggunakan Berbagai Bahan Alami Sebagai Sumber Poliol.*, Laporan Penelitian Hibah Bersaing Tahun I, Dirjen Dikti, Depdiknas, Jakarta.
- Wibowo, H.B., (2002), Pembuatan Perekat Dari Poliuretan Berbasis Minyak Jarak, *JIMat*, Vol. I, 2, Hal. 42-50.

- Xie, H.Q., Guo.J.S., Wang.G.G., (1993), Properties of Two Kinds of Room Temperature Cured Interpenetrating Polymer Network Based On Castor Oil Polyurethane, *European Polymer Journal*, **29**, Issue 12, p.1547-1551.
- 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.
- Yusmaniar., (2003), Pembentukan Poliuretan dari MDI dan Sukrosa dengan Variasi Panjang Rantai Dihidroksi, *Prosiding Seminar Sehari 70 Tahun N.M.Surdia*, Jurusan Kimia, ITB, Bandung.





## Lampiran 1. Biodata Peneliti

### BIODATA KETUA PENELITIAN

1. Nama : Dra. Ani Sutiani, M.Si  
 2. Tempat / tanggal Lahir : Bandung, 30 Juli 1968  
 3. Jenis Kelamin : Perempuan  
 4. Fakultas/ Jurusan : MIPA/ Kimia  
 5. Pangkat/ Golongan/ NIP : Pembina / IV-a / 19680730 199203 2 001  
 6. Bidang Keahlian : Kimia Fisik  
 7. Alamat Kantor : Jl. Willem Iskandar Pasar V Medan 20221  
 Telp. (061) 6625970  
 Alamat Rumah : Jl. Sumantri Brojonegoro No.41  
 Komp. Dosen UNIMED Laut Dendang

#### 8. Pendidikan

No.	Perguruan Tinggi	Kota	Tahun Lulus	Bidang
1.	IKIP Bandung	Bandung	Dra, 1991	Pendidikan Kimia
2.	Institut Teknologi Bandung (ITB)	Bandung	MSi, 1997	Kimia Fisik (Polimer)

#### 9. Pengalaman Penelitian

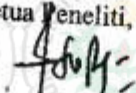
No.	Judul Penelitian	Tugas dalam Penelitian	Pemberi dana, Tahun
1.	Pembuatan Lempeng Tipis PS-Pati-Hiamin dan Karakterisasinya	Ketua Peneliti	Litnud Dikti, 2001
2.	Pembuatan Lempeng Tipis Kopoliblend Stiren Maleat Anhidrida dan Pati.	Ketua Peneliti	Dana Rutin Unimed, 2002
3.	Studi Biodegradasi Plastik Polistiren Menggunakan P.Aeruginosa.	Ketua Peneliti	Dana Rutin Unimed, 2003
4.	Sintesis dan Karakterisasi Plastik Poliuretan yang Bersifat Biodegradabel dari Bahan Baku Minyak jarak.	Ketua Peneliti	Litnud Dikti, 2004
5.	Studi Biodegradasi Plastik Poliuretan dengan Bahan Dasar Minyak Jarak Sebagai Plastik Ramah Lingkungan	Ketua Peneliti	Litnud Dikti, 2005
6.	Studi Awal Pembuatan Poliuretan dari Campuran Minyak Jarak, Glikol dan Isosianat	Ketua Peneliti	Litnud Dikti, 2006
7.	Pembuatan Poliuretan dengan Bahan Baku Minyak Jarak Teralkoholis Sebagai Alternatif Bahan Perakat	Ketua Peneliti	Hibah Bersaing, 2008-2009
8.	Pembuatan Perakat Poliuretan Menggunakan Berbagai Bahan Alami Sebagai Sumber Poliol	Ketua Peneliti	Hibah Bersaing, 2010-2011

## 10. Daftar Publikasi

1. Pembuatan Poliblend Stirena-Co-Maleat Anhidrida-Pati dan Karkterisasinya, *Prosiding Seminar Hasil PPD-HEDS Bidang Kimia*, Padang, Agustus 2001.
2. Pemanfaatan Pati sebagai Bahan Pengisi dalam Pembuatan Plastik berbahan dasar Stirena, *Jurnal Penelitian Sainika*, Volume 2 No.1, Maret 2002
3. Degradasi Poliblend Polistiren-Pati Menggunakan Bakteri *Pseudomonas fluorescens*, *Prosiding Seminar Sehari Upaya Membina Kemandirian Bangsa Melalui Sains dan Teknologi Kimia Material*, Bandung, Januari 2003.
4. Studi Penggunaan Surfaktan Hiamin dalam Pembuatan Polyblend Polistiren-Pati, *Majalah Kultura*, Volume 4 No.1, Maret 2003.
5. Studi Pembuatan Kopolimer Maleat Anhidrida, *Majalah Kultura*, Volume 4 No. 2, September 2003.
6. Upaya mengatasi Pencemaran Lingkungan yang disebabkan limbah plastik Polistiren. *Prosiding Seminar Nasional Dengan Tema Melalui Penataan Kota Berwawasan Lingkungan Kita Tingkatkan Kesadaran Masyarakat Untuk Berperan Aktif Dalam Menjaga Kelestarian Lingkungan Hidup*, Medan, Juni 2005.
7. Pemanfaatan Minyak Jarak dalam Pembuatan Plastik Poliuretan Sebagai Plastik Ramah Lingkungan, *Majalah Kultura*, Volume 9 No.1, Juni 2008.
8. Pengaruh Variasi Temperatur Polimerisasi terhadap Sifat Mekanik Poliuretan, *Prosiding Seminar Nasional Bidang MIPA*, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Mei 2009.
9. Pengaruh Variasi PEG terhadap Sifat Mekanik Perak Poliuretan, *Prosiding Seminar Nasional Bidang MIPA*, Universitas Riau, Pekanbaru, Mei 2010.
10. Pengaruh Variasi MDI dan Alkohlisis Minyak Jarak terhadap Sifat Mekanik Perak Poliuretan, *Prosiding Seminar Nasional Bidang MIPA*, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarmasin, Mei 2011.

Medan, November 2011

Ketua Peneliti,

  
Dra. Ani Sutiani, M.Si  
NIP. 196807301992032001



Lampiran 5.

**BIODATA ANGGOTA PENELITI**

1. Nama : Dra. R. Evina Dibyantini, M.Si  
 2. Tempat / tanggal Lahir : Yogyakarta, 22 Juni 1962  
 3. Jenis Kelamin : Perempuan  
 4. Fakultas/ Jurusan : MIPA/ Kimia  
 5. Pangkat/ Golongan/ NIP : Pembina/ IV-a / 131602235  
 6. Bidang Keahlian : Kimia Organik (Polimer)  
 7. Alamat Kantor : Jl. Willem Iskandar Pasar V Medan 20221  
 Telp. (061) 6625970  
 Alamat Rumah : Jl. Ekaresmi Komp. Bumi Johor Sentosa  
 Blok D-10 Medan  
 Telp. (061) 7861284

8. Pendidikan

No.	Perguruan Tinggi	Kota	Tahun Lulus	Bidang
1.	IKIP Bandung	Bandung	Dra, 1985	Pendidikan Kimia
2.	Universitas Sumatera Utara (USU)	Medan	MSi, 1998	Kimia Organik (Polimer)

9. Pengalaman Penelitian

No.	Judul Penelitian	Tugas dalam Penelitian	Pemberi dana, Tahun
1.	Sintesis dan Karakterisasi Poliblend Polipropilen dan Selulosa Asetat	Ketua Peneliti	Dana Rutin, 2001
2.	Fotodegradasi Polipropilen-Selulosa diasetat dengan pemeka cahaya $FeCl_3$	Ketua Peneliti	PPD Heds Dikti, 2002
3.	Sintesis dan Karakterisasi Plastik Poliuretan yang Bersifat Biodegradabel dari Bahan Baku Minyak jarak.	Anggota Peneliti	Litmud Dikti, 2004
4.	Studi Biodegradasi Plastik Poliuretan dengan Bahan Dasar Minyak Jarak Sebagai Plastik Ramah Lingkungan	Anggota Peneliti	Litmud Dikti, 2005
5.	Studi Awal Pembuatan Poliuretan dari Campuran Minyak Jarak, Glikol dan Isosianat	Anggota Peneliti	Litmud Dikti, 2006
6.	Pembuatan Poliuretan dengan Bahan Baku Minyak Jarak Teralkoholisasi Sebagai Alternatif Bahan Perak	Anggota Peneliti	Hibah Bersaing, 2008-2009
7.	Pembuatan Perak Poliuretan Menggunakan Berbagai Bahan Alami Sebagai Sumber Poliol	Anggota Peneliti	Hibah Bersaing, 2010-2011

10. Daftar Publikasi

1. Mengenal Kumarin, *Majalah Kultura*, Volume 1 No. 2, September 1999.
2. Isolasi dan Identifikasi Senyawa Alkaloid Likorin dari Umbi Bakung Putih, *Visi Wacana*, Volume 10 No.13, 2003.
3. Kapasitas serapan ion Mangan oleh Biomassa pada Silika Gel Hasil Sintesis dari Abu Sekam Padi, *Jurnal Penelitian Sainika*, Vol.29 No.2, Juni 2005
4. Pengaruh Variasi Temperatur Polimerisasi terhadap Sifat Mekanik Poliuretan, *Prosiding Seminar Nasional Bidang MIPA*, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Mei 2009.
5. Pengaruh Variasi PEG terhadap Sifat Mekanik Perakat Poliuretan, *Prosiding Seminar Nasional Bidang MIPA*, Universitas Riau, Pekanbaru, Mei 2010.  
Medan, November 2011  
Anggota Peneliti,

Dra. R. Evina Dibyantini, M.Si  
NIP. 196206221986032001



## BIODATA ANGGOTA PENELITI II

1. Nama : Dr. Marham Sitorus, M.Si  
 2. Tempat / tanggal Lahir : Tapanuli Utara, 01 Januari 1963  
 3. Jenis Kelamin : Laki-laki  
 4. Fakultas/ Jurusan : MIPA/ Kimia  
 5. Pangkat/ Golongan/ NIP : Pembina/ IV-a / 131864166  
 6. Bidang Keahlian : Kimia Organik  
 7. Alamat Kantor : Jl. Willem Iskandar Pasar V Medan 20221  
 Telp. (061) 6625970  
 Alamat Rumah : Jl. Sehati Gg. Sepakat No. 6 Medan 20234  
 Telp. (061) 6623957

### 8. Pendidikan

No.	Perguruan Tinggi	Kota	Tahun Lulus	Bidang
1.	Univ. Gajah Mada (UGM)	Yogyakarta	Drs, 1987	Kimia
2.	Univ. Gajah Mada (UGM)	Yogyakarta	MSi, 1995	Kimia Organik

### 9. Pengalaman Penelitian

No.	Judul Penelitian	Tugas Dalam Penelitian	Pemberi dana, Tahun
1	Isolasi Campuran Sitronelol dan Geraniol Dari Minyak Sereh dan Penggunaannya Sebagai Bahan Dasar Parfum Tea Rose	Ketua Peneliti	Lit mud, 2004
2	Parfum Beraroma Mawar (Rose) Dari Minyak Sereh	Ketua Peneliti	PPD – HEDS, 2004
3	Konversi Risinoleat Dari Minyak Jarak (Castor Oil) Menjadi Asam Azeleat	Ketua Peneliti	SPP/DPP Unimed, 2005
4	Pengolahan Minyak Jarak (Castor Oil) Menjadi Bahan Pewangi (Essen) Sintetik	Ketua Peneliti	Dana Rutin Unimed, 2005
5	Pembuatan "Turkey Red Oil" dari minyak jarak	Ketua Peneliti	PPD – HEDS, 2006
6	Dehidrasi Risonoleat Minyak Jarak Menjadi Linoleat dan Karakterisasinya Sebagai Usaha Pengolahan Minyak Jarak Untuk Konsumsi	Ketua Peneliti	Penelitian Dosen Muda 2006
7	Transformasi Risinoleat Minyak Jarak Secara Dehidrasi menjadi Linoleat Omega-6 dan Linoleat Terkonyugasi.	Ketua Peneliti	Penelitian Fundamental 2007
8	Pembuatan Poliuretan dengan Bahan Baku Minyak Jarak Teralkoholisis Sebagai Alternatif Bahan Perekat	Anggota Peneliti	Hibah Bersaing, 2008-2009



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL**  
**UNIVERSITAS NEGERI MEDAN**

Jl. Willem Iskandar Psr.V – Kotak Pos No. 1589 – Medan 20221 telp. (061) 6613265, 6613276, 6618754,  
Fax. (061) 6614002 – 6613319, Laman : www.Unimed.ac.id

**SURAT PERINTAH MULAI KERJA (SPMK)**

Nomor : 02004 /UN33.17/SPMK/2011

Tanggal : 21 Maret 2011

Pada hari ini Senin, tanggal dua puluh satu bulan Maret tahun Dua ribu sebelas, kami yang bertandatangan dibawah ini :

1. Drs. Wildansyah Lubis, M.Pd. : Berdasarkan Surat Keputusan Mendiknas R.I. Nomor : 783 / A. A3/KU/2011, tanggal 03 Januari 2011 tentang Pengangkatan Pejabat Pembuat Komitmen Dana Eks Pembangunan Unimed, bertindak untuk dan atas nama Rektor untuk selanjutnya dalam SPMK ini disebut sebagai : **PIHAK PERTAMA.**
2. Dra. Ani Sutiani, M.Si : Dosen Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Medan ,dalam hal ini bertindak untuk dan atas nama Ketua Peneliti. Rekening pada Bank BNI Cabang Medan No. A/C : 0057690270 untuk selanjutnya dalam SPMK ini disebut sebagai : **PIHAK KEDUA.**

Kedua belah pihak secara bersama-sama telah sepakat mengadakan Perjanjian Kerja dengan ketentuan sebagai berikut :

**PASAL 1**  
**JENIS PEKERJAAN**

PIHAK PERTAMA memberi Tugas kepada PIHAK KEDUA, dan PIHAK KEDUA menerima Tugas tersebut untuk melaksanakan Pekerjaan Penelitian Pembuatan Perekat Poliuretan Menggunakan Berbagai Bahan Alami Sebagai Sumber Poliol yang menjadi tanggung jawab PIHAK KEDUA.

**PASAL 2**  
**DASAR PELAKSANAAN PEKERJAAN**

Pekerjaan dilaksanakan oleh PIHAK KEDUA atas dasar ketentuan yang merupakan bagian tidak terpisahkan dari SPMK ini, yaitu :

1. Sesuai dengan proposal yang diajukan
2. UU RI No. 17 Tahun 2003, tentang Keuangan Negara.
3. UU RI No. 1 Tahun 2004, tentang Perbendaharaan Negara
4. UU RI No. 15 Tahun 2004, tentang Pemeriksaan Pengelolaan dan Tanggungjawab Keuangan Negara

**PASAL 3**  
**PENGAWASAN**

Untuk Pelaksanaan Pengawasan dan Pengendalian Pekerjaan adalah Tim SPI Unimed dan Pejabat Pembuat Komitmen Dana Eks Pembangunan Unimed.

**PASAL 4**  
**NILAI PEKERJAAN**

PIHAK PERTAMA memberi dana pelaksanaan pekerjaan yang disebut pada pasal 1 tersebut sebesar Rp. 0.000.000,- (Lima puluh juta rupiah) termasuk pajak-pajak yang dibebankan kepada dana DIPA Unimed T.A. 011 Nomor : 0649/023-04.2.01/02/2011, tanggal 20 Desember 2010.

PASAL 5

4





# KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL

## UNIVERSITAS NEGERI MEDAN

Jl. Willem Iskandar Psr.V – Kotak Pos No. 1589 – Medan 20221 telp. (061) 6613265, 6613276, 6618754,  
Fax. (061) 6614002 – 6613319, Laman : [www.Unimed.ac.id](http://www.Unimed.ac.id)

### CARA PEMBAYARAN

Pembayaran dana pelaksanaan pekerjaan yang tersebut pada pasal 4 dilaksanakan secara bertahap, sebagai berikut :

Tahap I (Pertama) sebesar  $40\% \times 50.000.000,- = \text{Rp. } 20.000.000,-$  (Dua puluh juta rupiah), dibayar sewaktu penyerahan Proposal dan Penandatanganan Surat Perintah Mulai Kerja (SPMK) oleh kedua belah pihak.

Tahap II (Kedua) sebesar  $30\% \times 50.000.000,- = \text{Rp. } 15.000.000,-$  (Lima belas juta rupiah), dibayar setelah PIHAK KEDUA menyerahkan Laporan Kemajuan Pekerjaan dengan Bobot minimal 75 %. Dan menyerahkan bukti setor pajak (SSP) yang telah divalidasi Bank.

Tahap III (Ketiga) sebesar  $30\% \times 50.000.000,- = \text{Rp. } 15.000.000,-$  (Lima belas juta rupiah), dibayar setelah PIHAK KEDUA menyerahkan Laporan Hasil Pekerjaan dengan Bobot 100%. Dan menyerahkan bukti setor pajak (SSP) yang telah divalidasi Bank.

### PASAL 6

#### JANGKA WAKTU PELAKSANAAN

Jangka waktu pelaksanaan Pekerjaan sampai 100 % yang disebut pada pasal 1 perjanjian ini ditetapkan selama 255 hari kelender terhitung sejak tanggal 21 Maret s/d 30 Nopember 2011.

Waktu Penyelesaian tersebut dalam ayat 1 Pasal ini tidak dapat dirubah oleh PIHAK KEDUA.

### PASAL 7

#### LAPORAN

PIHAK KEDUA harus menyampaikan naskah artikel hasil penelitian ke Lembaga Penelitian (Lemlit) dalam bentuk Hard Copy dan Sofcopy dalam compact disk (CD) untuk diterbitkan pada Jurnal Nasional terakreditasi dan bukti pengiriman disertakan dalam laporan.

Sebelum laporan akhir penelitian diselesaikan, PIHAK KEDUA melakukan diseminasi hasil penelitian melalui forum yang dikordinasikan oleh Pusat Penelitian yang sesuai dan pembiayaannya dibebankan kepada PIHAK KEDUA.

Seminar Penelitian dilakukan di jurusan/program studi dengan mengundang dosen dan mahasiswa sebagai peserta seminar serta diketahui oleh Pusat Penelitian.

Bahan dan laporan pelaksanaan Seminar dimaksud disampaikan ke Lembaga Penelitian Unimed sebanyak 2 (dua) eksemplar.

Peserta seminar terbaik dari setiap jurusan wajib menyeminarkan hasil penelitian di Lembaga Penelitian Unimed.

PIHAK KEDUA menyampaikan Laporan Akhir Pelaksanaan Pekerjaan kepada PIHAK PERTAMA sebanyak 4 (Empat) eksemplar yang akan didistribusikan kepada :

- 1) PIHAK PERTAMA sebanyak 1 (Satu) eksemplar (ASLI)
- 2) Kantor SPI Unimed sebanyak 1 (Satu) eksemplar.
- 3) Kantor LEMLIT 2 (Dua) Eksemplar

PIHAK KEDUA wajib menyampaikan Laporan Realisasi Penggunaan Dana Pelaksanaan Pekerjaan Penelitian Kepada PIHAK PERTAMA

### PASAL 8

#### SANKSI

Apabila PIHAK KEDUA tidak dapat menyelesaikan pekerjaan sesuai dengan jangka waktu pelaksanaan yang tercantum dalam pasal 6 perjanjian ini, maka untuk setiap hari keterlambatan PIHAK KEDUA wajib membayar denda keterlambatan sebesar 1 % perhari dengan maksimum denda sebesar 5 % dari nilai pekerjaan yang disebut pada pasal 4.



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL**  
**UNIVERSITAS NEGERI MEDAN**

Jl. Willem Iskandar Psr.V - Kotak Pos No. 1589 - Medan 20221 telp. (061) 6613265, 6613276, 6618754,  
Fax. (061) 6614002 - 6613319, Laman : www.Unimed.ac.id

2. Apabila pelaksana Pekerjaan melalaikan kewajibannya baik langsung atau tidak langsung yang merugikan keuangan negara diwajibkan mengganti kerugian dimaksud.

**PASAL 9**  
**PENUTUP**

Surat Perintah Mulai Kerja (SPMK) ini dibuat rangkap 4 (Empat) dengan ketentuan sebagai berikut :

- 1 (satu) lembar pada : Kantor Dana Eks Pembangunan Unimed.  
1 (satu) lembar pada : Ketua Peneliti  
1 (satu) lembar pada : Kantor Pelayanan dan Perbendaharaan Negara (KPPN) Medan.  
1 (satu) lembar pada : Kantor SPI Unimed.

Demikian Surat Perintah Mulai Kerja (SPMK) ini diperbuat untuk diketahui dan dilaksanakan sebagaimana mestinya.

**PIHAK KEDUA :**  
Ketua Peneliti

Dra. An/Sutiani, M.Si  
NIP. 196807301992032001

**PIHAK PERTAMA :**  
Rejabat Pembuat Komitmen  
Dana Eks Pembangunan Unimed ,

Drs. WILDANSYAH LUBIS, M.Pd.  
NIP. 19581111 198601 1 001



**ARTIKEL PENELITIAN HIBAH BERSAING  
TAHUN II**



**PENGARUH VARIASI KOMPOSISI  
GLISEROL, PEG1000 DAN MDI  
TERHADAP SIFAT MEKANIK PEREKAT POLIURETAN**

**Dra. ANI SUTIANI, M.Si  
Dra. RATU EVINA DIBYANTINI, M.Si  
Dr. MARHAM SITORUS, M.Si**

**Dibiayai Oleh :  
Dana DIPA Universitas Negeri Medan Tahun 2011  
Sesuai Dengan Surat Perintah Mulai Kerja (SPMK) Hibah Penelitian  
Nomor : 02004/UN33.17/SPMK/2011, Tanggal 21 Maret 2011**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI MEDAN  
NOVEMBER 2011**

## PENGARUH VARIASI KOMPOSISI GLISEROL, PEG1000 DAN MDI TERHADAP SIFAT MEKANIK PEREKAT POLIURETAN

Oleh :

Ani Sutiani, R. Evina Dibyantini & M.Sitorus

Abstrak :

Berbagai bahan alami yang memiliki gugus hidroksil permolekulnya lebih dari dua dapat digunakan sebagai sumber polioliol dalam sintesa poliuretan. Dalam artikel ini, dipelajari pengaruh penggunaan gliserol pada pembentukan poliuretan dengan memvariasikan komposisi Polietil Glikol (PEG1000) dan Senyawa diisosiyanat (Senyawa yang digunakan adalah 4,4-diphenylmethane diisocyanate /MDI). Hasil polimerisasi Poliuretan kemudian dikarakterisasi dengan IR spektrofotometer dan uji sifat mekanik meliputi sifat termal, kekuatan tarik, perpanjangan dan kekuatan lentur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa polimerisasi perekat Poliuretan telah dilakukan dengan memvariasikan komposisi gliserol, PEG1000 dan MDI, yang dilakukan pada temperatur kamar selama 30 menit, dan dialiri dengan gas Nitrogen. Komposisi paling maksimal diperoleh pada perbandingan PEG1000:Gliserol:MDI sebesar 3:1:2, dengan kekuatan tarik adalah  $41,16 \text{ N/m}^2$  dan perpanjangannya  $61,88\%$  dan kekuatan lentur adalah  $657,6 \text{ N/m}^2$ .

Kata Kunci : Gliserol, poliuretan, PEG1000, MDI.

### A. Latar Belakang Masalah

Dewasa ini penelitian mengenai polimer yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan perekat telah banyak dikembangkan karena kebutuhan akan polimer tersebut semakin meningkat. Usaha untuk mengembangkan polimer yang dapat digunakan sebagai bahan perekat dititikberatkan pada sintesis polimer baru yang dapat diproduksi sendiri, dan bahan dasarnya relatif murah serta mudah didapat. Bahan Perekat yang umum digunakan saat ini adalah poliepoкси, dan polimetakrilat. Poliuretan berbasis hydroxyl terminated polybutadiene (HTPB) sebagai polioliol banyak digunakan untuk bahan perekat propelan komposit padat. Namun HTPB merupakan bahan yang mahal, sulit pengadaannya dan berasal dari bahan industri petrokimia yang tak terbaharukan serta masih diimpor. Oleh karena itu diperlukan suatu usaha untuk dibuat bahan alternatif lain yang dapat digunakan sebagai polioliol untuk bahan pembuatan poliuretan yang digunakan sebagai perekat. Salah satu bahan yang memungkinkan untuk menggantikan HTPB adalah senyawa polieter yang berasal dari monogliserid minyak atau bentuk epoksidanya.



Berbagai bahan alam seperti glukosa, fruktosa, maltosa, sukrosa, dan amilum serta gliserol dapat digunakan sebagai sumber polioli. Bahan-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 sebagai sumber polioli. Adanya gugus hidroksil pada berbagai bahan alami dapat menyebabkan senyawa ini mudah membentuk poliuretan bila direaksikan dengan diisosiyanat, meskipun poliuretan yang dihasilkan bersipat rapuh sehingga tidak dapat digunakan sebagai perekat. Upaya untuk memperbaiki sifat poliuretan dapat dilakukan dengan cara mencampur sumber polioli dengan glikol untuk mengganti sebagian gugus hidroksil sekunder dengan gugus hidroksil primer.

Penggunaan berbagai jenis bahan alami sebagai sumber polioli dan variasi perbandingan sumber polioli dengan PEG yang digunakan, akan menentukan kualitas dari perekat poliuretan yang dihasilkan. Dengan demikian sifat mekanik poliuretan yang dapat dimanfaatkan sebagai perekat dapat diperoleh dengan mengubah nilai ratio reaktivitas (OH/NCO) dan jenis gugus hidroksi dalam polioli yang ada dalam bahan alami.

Dalam artikel ini dibahas tentang proses pembuatan perekat poliuretan menggunakan bahan alami gliserol dan Polietilen Glikol (PEG) dengan Senyawa diisosiyanat (Senyawa yang digunakan adalah 4,4-diphenylmethane diisocyanate /MDI). Perbandingan sumber polioli dengan PEG dan MDI dibuat bervariasi. Reaksi polimerisasi pembentukan perekat poliuretan dilakukan dengan cara mereaksikan Gliserol, PEG dan MDI selama 30 menit pada kondisi bebas udara dengan cara mengalirkan gas nitrogen pada temperature kamar. 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.

## **B. Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dikemukakan, maka dalam makalah ini dirumuskan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimanakah pengaruh komposisi gliserol, PEG, dan MDI terhadap sifat mekanik dari poliuretan yang dihasilkan ?
2. Bagaimanakah komposisi dan kondisi maksimum dalam proses polimerisasi sehingga diperoleh poliuretan sebagai alternatif bahan perekat ?

### **C. Metode Penelitian**

Penelitian yang dilakukan merupakan eksperimental murni di laboratorium. Rancangan penelitian untuk pembuatan perekat poliuretan dengan menggunakan gliserol sebagai sumber polioliol terdiri atas : (a) Reaksi polimerisasi pembentukan perekat poliuretan dilakukan dengan cara mereaksikan gliserol, PEG dan MDI pada suhu kamar selama 30 menit pada kondisi bebas udara dengan cara mengalirkan gas nitrogen. Perbandingan sumber polioliol dengan PEG dan MDI dibuat bervariasi. (b) Karakterisasi perekat poliuretan yang dihasilkan meliputi analisa gugus fungsi dengan spektrofotometer IR, Uji sifat mekanik yang meliputi kuat tarik, perpanjangan dan kuat lentur maksimum.

Analisa data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah :

- (a) Analisa gugus fungsi dengan spektrofotometer IR. Analisa ini dilakukan untuk polimer poliuretan yang dihasilkan. Analisa ini bertujuan untuk memastikan pembentukan senyawa perekat poliuretan dengan melihat gugus fungsi yang ada dalam spektrum.
- (b) Analisa sifat mekanik yang meliputi kekuatan tarik, perpanjangan dan kuat lentur maksimum, yang bertujuan untuk menentukan pengaruh perbandingan gliserol/PEG, serta perbandingan PEG/MDI terhadap sifat mekanik poliuretan.

### **D. Hasil dan Pembahasan**

#### **I. Proses Pembentukan Poliuretan**

Proses pembentukan poliuretan dilakukan dalam dua tahap. Tahap pertama mencampurkan gliserol 10% dengan PEG1000, kemudian diaduk sampai diperoleh larutan homogen (larutan I). Tahap berikutnya mencampurkan larutan I (Campuran Gliserol-PEG) dengan MDI, sampai diperoleh campuran homogen. Proses pencampuran dilakukan pada temperatur kamar selama 30 menit, dan dialiri dengan gas Nitrogen. Komposisi yang digunakan dalam penelitian ini adalah Gliserol : PEG : MDI sebesar 1:1:1, kemudian komposisi PEG diperbesar menjadi 2 dan 3, sedangkan komposisi Gliserol : MDI tetap 1:1. Setelah itu komposisi Gliserol : MDI diperbesar menjadi 1:2 dan 1:3, sedangkan komposisi PEG adalah 1, kemudian diperbesar menjadi 2 dan 3. Hasil penelitian memperlihatkan poliuretan yang dihasilkan berwarna kuning muda, dan kuning kecoklatan, dengan kondisi ada yang berbentuk cair, kental, gel



maupun padatan, seperti terlihat dalam Gambar 2, sedangkan hasil pengamatan sifat fisik poliuretan ditunjukkan pada Tabel 2.



Gambar 2. Poliuretan pada berbagai variasi komposisi Gliserol, PEG1000 dan MDI

Tabel 2. Sifat Fisik Poliuretan yang berasal dari Gliserol

Sumber Polioliol	Perbandingan PEG:SP:MDI	Bentuk	Sifat	Warna
Gliserol	1 : 1 : 1	Cair	Rapuh, lama mengeras	Kuning
	2 : 1 : 1	Tidak terlalu cair	Rapuh, lama mengeras	Kuning susu
	3 : 1 : 1	Sangat cair	Lengket	Kuning
	1 : 1 : 2	Kental	Lengket, cepat mengeras	Kuning
	2 : 1 : 2	Kental	Lengket, cepat mengeras	Kuning
	3 : 1 : 2	Kental kemudian memadat	Rapuh, cepat memadat dan mengeras	Kuning susu
	1 : 1 : 3	Tidak terlalu Kental	Lengket, sangat cepat mengeras	Kuning susu
	2 : 1 : 3	Kental kemudian memadat	Lengket, cepat mengeras dan kuat	Kuning susu
	3 : 1 : 3	Sangat Kental kemudian memadat	Lengket, cepat memadat dan mengeras	Kuning

## 2. Data Spektrum IR

Analisa spektrum IR dimaksudkan untuk mengetahui gugus fungsi dari komponen penyusun poliuretan yaitu Gliserol, PEG1000 dan MDI, maupun gugus fungsi dari poliuretan. Hasil analisa gugus fungsi disajikan pada Tabel 3.

Dari data yang ditunjukkan pada Tabel 3, terlihat adanya pita serapan -NH dari uretan pada bilangan gelombang 3346,20  $\text{cm}^{-1}$  (poliuretan dari Gliserol), maka reaksi polimerisasi telah berlangsung dengan sempurna dan bilangan gelombang 1662,20  $\text{cm}^{-1}$  dan 1692,45 merupakan serap ulur C=O yang berikatan hidrogen.

Tabel 3 Hasil Analisa Gugus Fungsi MDI, PEG1000, Gliserol, dan Poliuretan

Sampel	Angka Gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ )	Gugus Fungsi
MDI	3027,78	=C-H
	2917,79	C-H
	1777,76	C=O
	1720,48	C=O
	1608,37	C=C ring
	1232,75	-N=C=O
PEG 1000	3418,54	O-H
	2875,53	C-H
	1103,37	C-O
Gliserol	3389,12	O-H
	2939,19	C-H
	1214,27	C-O
Poliuretan dari Gliserol	3572,46	O-H
	3344,16	N-H
	2906,17	C-H
	1709,16	C=O
	1692,45	C=O
	1597,14	C=C ring
	1233,15	-N=C=O
1107,16	C-O	

## 3. Hasil Analisis Sifat Mekanik Bahan

Analisa yang dilakukan untuk menentukan sifat mekanik bahan adalah kekuatan tarik, perpanjangan, dan kekuatan lentur. Kekuatan tarik merupakan kekuatan tegangan maksimum spesimen untuk menahan tegangan yang diberikan. Perpanjangan adalah pertambahan panjang yang dihasilkan oleh ukuran tertentu panjang spesimen, yang



diakibatkan oleh tegangan yang diberikan. Sedangkan kekuatan lentur dimaksudkan untuk mengetahui komponen ketahanan bahan terhadap tiga titik lentur. Data kekuatan tarik, perpanjangan dan kuat lentur poliuretan yang dihasilkan disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Data Sifat Mekanik Bahan Poliuretan

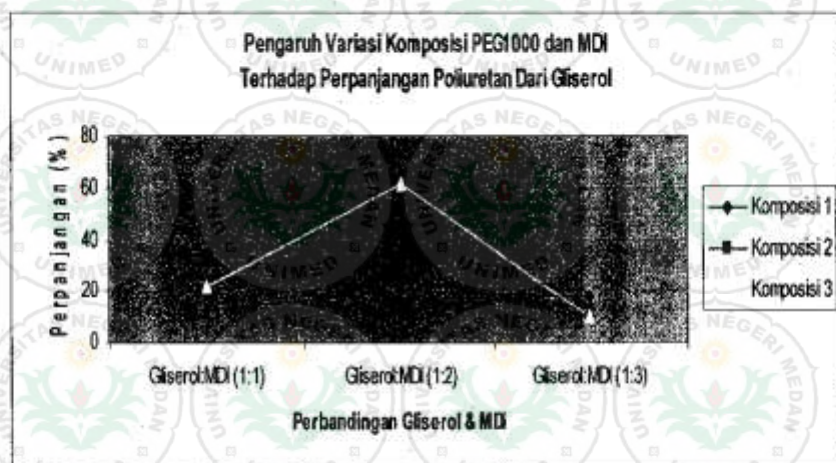
Gliserol	1:1:1	4,96	12,35	153,6
	2:1:1	39,41	32,83	560,4
	3:1:1	16,31	22,18	309,6
	1:1:2	11,44	20,55	174
	2:1:2	23,08	33,68	416,4
	3:1:2	41,16	61,88	657,6
	1:1:3	4,52	17,65	74,4
	2:1:3	2,93	11,38	127,2
	3:1:3	2,53	9,93	126

Pengaruh Variasi komposisi PEG1000 dan variasi komposisi MDI pada reaksi polimerisasi pembuatan poliuretan yang berasal dari Gliserol terhadap kekuatan tarik, perpanjangan dan kekuatan lentur poliuretan yang dihasilkan menunjukkan kecenderungan seperti ditunjukkan pada Gambar 4 sampai Gambar 6. Variasi komposisi PEG1000 maupun MDI pada pembentukan poliuretan berpengaruh terhadap kekuatan tarik, perpanjangan maupun kekuatan lentur poliuretan yang dihasilkan.



Gambar 4. Pengaruh Variasi Komposisi PEG1000 dan MDI terhadap Kekuatan Tarik Poliuretan dari Gliserol

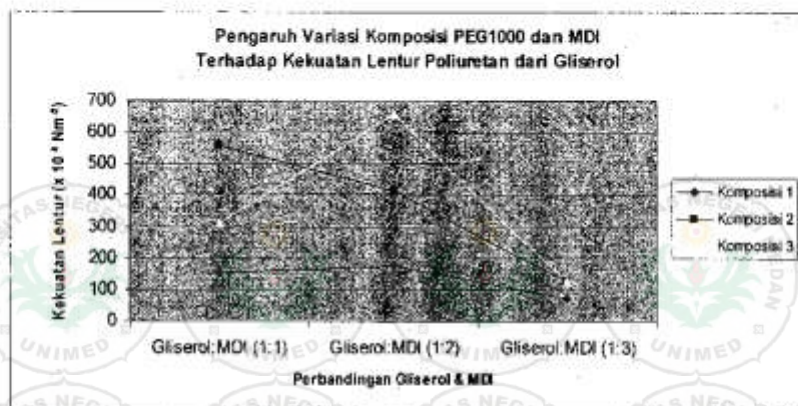
Pada Gambar 4 terlihat bahwa komposisi yang menghasilkan kekuatan tarik maksimal diperoleh pada perbandingan PEG1000 : Sukrosa : MDI (3:1:2) sebesar  $41,16 \times 10^4 \text{ Nm}^{-2}$ . Semakin tinggi jumlah PEG1000 yang ditambahkan pada perbandingan Gliserol dan MDI sebesar 1:1, maka kekuatan tarik pada awalnya meningkat kemudian menurun, sedangkan pada perbandingan 1:2 dan 1:3, kekuatan tarik semakin meningkat dengan bertambahnya komposisi PEG1000. Selain itu juga dapat diamati bahwa penambahan jumlah MDI pada perbandingan PEG dan Gliserol sebesar 1:1 dan 3:1 menyebabkan kekuatan tarik mengalami peningkatan kemudian penurunan, sedangkan untuk perbandingan 2:1 penambahan MDI menyebabkan terjadinya penurunan kekuatan tarik.



Gambar 5. Pengaruh Variasi Komposisi PEG1000 dan MDI terhadap Perpanjangan Poliuretan dari Gliserol

Pada Gambar 5 terlihat bahwa komposisi yang menghasilkan perpanjangan maksimal diperoleh pada perbandingan PEG1000 : Sukrosa : MDI (3:1:2) sebesar  $61,88 \times 10^4 \text{ Nm}^{-2}$ . Semakin tinggi jumlah PEG1000 yang ditambahkan pada perbandingan Gliserol dan MDI sebesar 1:1, maka perpanjangan pada awalnya meningkat kemudian menurun, sedangkan pada perbandingan 1:2 perpanjangan mengalami kenaikan, dan pada perbandingan 1:3, perpanjangan semakin menurun dengan bertambahnya komposisi PEG1000. Selain itu juga dapat diamati bahwa penambahan jumlah MDI pada semua perbandingan PEG dan Gliserol (1:1, 2:1 dan 3:1) menyebabkan kekuatan tarik mengalami peningkatan kemudian penurunan.





Gambar 6. Pengaruh Variasi Komposisi PEG1000 dan MDI terhadap Kekuatan Lentur Poliuretan dari Gliserol

Dari Gambar 6 terlihat bahwa komposisi yang menghasilkan kekuatan lentur maksimal diperoleh pada perbandingan PEG1000 : Gliserol : MDI (3:1:2) sebesar 657,6  $\times 10^4$  Nm<sup>-2</sup>. Semakin tinggi jumlah PEG1000 yang ditambahkan pada perbandingan gliserol dan MDI sebesar 1:1 dan 1:3, maka kekuatan lentur pada awalnya meningkat kemudian menurun, sedangkan pada perbandingan 1:2 perpanjangannya mengalami peningkatan, dengan bertambahnya komposisi PEG1000. Selain itu juga dapat diamati bahwa penambahan jumlah MDI pada perbandingan PEG dan Gliserol (1:1 dan 3:1) menyebabkan kekuatan tarik mengalami peningkatan kemudian penurunan, sedangkan pada perbandingan 2:1, kekuatan lentur mengalami penurunan dengan semakin bertambahnya komposisi MDI.

Berdasarkan data dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat dinyatakan bahwa polimer 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 pada perbandingan PEG1000:Gliserol:MDI sebesar 3:1:2. Proses pembentukan poliuretan dilakukan pada suhu kamar selama 30' menit dan dialiri dengan gas Nitrogen.

#### E. Kesimpulan

Polymerisasi perekat poliuretan telah dilakukan dengan memvariasikan komposisi gliserol, PEG1000 dan MDI, yang dilakukan pada temperatur kamar selama 30 menit, dan dialiri dengan gas Nitrogen. Komposisi paling maksimal diperoleh pada perbandingan PEG1000:Gliserol:MDI sebesar 3:1:2, dengan kekuatan tarik adalah 41,16 N/m<sup>2</sup> dan perpanjangannya 61,88% dan kekuatan lentur adalah 657,6 N/m<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.
- 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**, Issue 5, p.3287-3291.
- Nugraheni, D.L., (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.
- Sanchez, M.S, R. Papon & J. Villenave., (2000), Rheological Characterization of Thermoplastic Polyurethane Elastomers, *Polymer International*, **49**, Issue 6, John Wiley and Sons.
- Siddaramiah, P. Mallu, S. Roopa, H.Somashekarappa, and R. Somashekar., (2005), Studies On Physico-Mechanical and Optical Properties, and WAXS Of Castor Oil Based Polyurethane/Polyacrylates Interpenetrating Polymer Networks., *J. Applied Polymer Science*, **95**, P. 764-773.
- 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., (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 Polioli.*, Laporan Penelitian Hibah Bersaing, Dirjen Dikti, Depdiknas, Jakarta.
- Wibowo, H.B., (2002), Pembuatan Perekat Dari Poliuretan Berbasis Minyak Jarak, *JIMat*, Vol. I, 2, Hal. 42-50.