

## PENGARUH *CLEARANCE IMPELLER* DAN VISKOSITAS HTPB TERHADAP POLIMERISASI BINDER PROPELAN

### *EFFECTS OF IMPELLER'S CLEARANCE AND HTPB'S VISCOSITY ON POLIMERIZATION OF PROPELLANT'S BINDER*

Afni Restasari dan Luthfia Hajar Abdillah  
Pusat Teknologi Roket, LAPAN  
afni.restasari@lapan.go.id

#### **Abstrak**

Karakteristik poliuretan yang baik, dengan produk samping yang minimal, diperlukan agar sifat – sifatnya yang terukur mewakili komposisinya sehingga penentuan komposisi binder propelan lebih valid. Penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi pengaruh prosedur pencampuran terhadap karakteristik poliuretan. Dalam penelitian ini, polimer A dan B dibuat dari HTPB:TDI 15:1 yang diawali dengan pengadukan HTPB secara individu dengan teknik X yang menggunakan *impeller* baling – baling dengan variasi *clearance*. Polimer A dibuat dengan teknik X. Sedangkan, polimer B menggunakan teknik X dilanjutkan dengan *impeller* jangkar. Analisa metode ini meliputi penentuan laju kenaikan viskositas dengan pengukuran viskositas, peningkatan kekerasan dan analisa gugus fungsi. Diketahui bahwa pengadukan HTPB sebelum pencampuran dengan TDI dapat menghasilkan poliuretan yang relatif homogen, metode pembuatan prepolimer B menghasilkan laju kenaikan viskositas yang lebih besar daripada prepolimer A. Sementara, metode pembuatan polimer A unggul pada kekerasan daripada polimer B.

Kata Kunci: Pencampuran, Poliuretan, Viskositas, Propelan, Kekerasan.

#### **Abstract**

*A good characteristic of polyurethane, with minimum side product, is needed so that its measured properties represent its composition so that the determination of propellant's binder composition can be done more valide. This research aims to investigate the effects of mixing procedures on polyurethane's characteristics. In this research, polymer A and B were made from HTPB:TDI 15:1 that were initiated by mixing HTPB individually using technique X by using propeller impeller with clearance variations. Polymer A is made with technique X. Polymer B is made with technique X then using anchor impeller. Analysis methods that were done including determination of rate in increasing in viscosity by measuring viscosity, hardness development and functional groups analysis. It is concluded that the mixing of HTPB before it is mixed with TDI produces homogenous polymer relatively, prepolymer B's manufacturing method results higher rate in increasing in viscosity than prepolymer A. While, polymer A's manufacturing method is better than B in the values of hardness.*

*Keywords: Mixing, Polyurethane, Viscosity, Propellant, Hardness.*

## **1. PENDAHULUAN**

Propelan padat komposit ialah bahan bakar roket yang mana di dalamnya partikel logam dan oksidator terlekat pada matriks polimer. Untuk tipe motor roket *case bonded*, propelan dengan kuat tarik sekitar 7-8 kgf/cm<sup>2</sup> dan elongasi 40-50 % dibutuhkan. Sifat mekanik tersebut salah satunya berasal dari matriks polimer [1]

Salah satu polimer yang unggul sebagai matriks propelan adalah poliuretan. Hal ini karena poliuretan memiliki stabilitas hidrolitik yang baik, kemampuan menyerap air yang rendah, fleksibilitas yang baik pada suhu rendah, kesesuaian yang tinggi terhadap pengisi dan *extender* serta fleksibilitas yang baik terhadap modifikasi komposisi propelan. Poliuretan merupakan hasil dari polimerisasi antara polioliol dan senyawa diisosianat. *Hydroxy Terminated Polybutadiene* (HTPB) biasanya digunakan sebagai polioliol karena poliuretan berbasis HTPB memiliki kemampuan meredam goncangan sehingga menurunkan sensitifitas propelan untuk meledak. Sedangkan, senyawa diisosianat yang biasa digunakan adalah TDI (Toluen diisosianat). Hal ini karena hanya dibutuhkan temperatur yang rendah untuk



Menurut bahan ajar Dalian University of Technology, *impeller* bentuk baling – baling cocok untuk cairan dengan viskositas 1 sentipoise hingga 100 Poise. Rentang viskositas ini menjangkau viskositas HTPB maupun prepolimer poliuretan. *Impeller* ini diketahui berguna untuk menarik bahan yang akan dicampur dari atas ke bawah seperti menarik TDI yang dituang di bagian atas HTPB. Penarikan ini penting oleh karena massa dan viskositas TDI yang ditambahkan jauh lebih kecil daripada massa HTPB. Diketahui, menambahkan cairan berviskositas rendah ke cairan berviskositas tinggi lebih sulit dalam hal pencampuran daripada menambahkan cairan berviskositas tinggi ke cairan berviskositas rendah. Namun, *impeller* baling – baling memiliki *clearance* (daerah sapuan) lokal sehingga variasi *clearance* sepanjang tinggi bejana diperlukan untuk mengoptimalkan pencampuran [16], [17].

Di sisi lain, dalam kaitannya dengan *clearance*, *impeller* bentuk jangkar memiliki daerah *clearance* hingga tepi bejana. Hal ini karena *impeller* bentuk jangkar memiliki *shear rate* yang tinggi pada ujung *impeller* sehingga menghasilkan sisa bahan yang minimal pada dinding bejana. Karakter ini diketahui cocok untuk reaksi polimerisasi [18]. Dengan demikian, optimalisasi pencampuran dapat dilakukan dengan menggabungkan *impeller*, yaitu dengan penggunaan *impeller* baling – baling dengan optimalisasi seperti yang terurai di atas, dilanjutkan dengan penggunaan *impeller* bentuk jangkar. Sementara dari segi prosedur, sebuah upaya untuk menurunkan viskositas HTPB sebelum dicampur dengan TDI perlu untuk dilakukan. Hal ini karena polimer dengan viskositas tinggi sulit untuk diproses dan mencampurkan dua bahan yang memiliki perbedaan viskositas, seperti TDI dan HTPB lebih sulit daripada mencampurkan dua bahan dengan sifat fisik yang mirip. Upaya ini dapat dilakukan dengan mengaduk dan memanaskan HTPB sebelum ditambah TDI [16], [19]–[21].

Oleh karena parameter optimalnya pencampuran adalah laju kenaikan viskositas prepolimer selama pencampuran dan nilai kekerasan polimernya maka penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi pengaruh prosedur pencampuran terhadap karakteristik poliuretan yang meliputi viskositas, laju kenaikan viskositas dan kekerasan. Prosedur yang dilakukan meliputi variasi *clearance*, penggabungan jenis *impeller* dan pengadukan HTPB sehingga dari penelitian ini didapat manfaat mengenai prosedur pencampuran yang optimal untuk penentuan komposisi *binder* propelan.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1. Bahan dan Alat

Dalam penelitian ini, dibuat 2 buah elastomer poliuretan, yaitu poliuretan A dan B. Kedua poliuretan tersebut dibuat dari HTPB : TDI 15:1 dengan 187,5 g HTPB dan 12,5 TDI. TDI mengandung isomer 2,4-TDI sebesar 80.5% dan 19.5% isomer 2,6-TDI. Sedangkan HTPB memiliki spesifikasi bilangan hidroksil sebesar 47 mg KOH/g, 27.58% isomer cis, 29.57% trans dan vinil 42.84%. Peralatan utama yang digunakan meliputi IKA Mechanica Stirrer RW 20 digital dengan *impeller* bentuk baling - baling, IKA R 1342, dan jangkar R 1330 IKA. Viskositas diukur dengan viskometer Rion 04F spindle 01. Kekerasan diukur dengan Durometer Shore A. Cetakan yang digunakan berukuran 0.5 x 15 x 15 cm<sup>3</sup>. Analisa gugus - gugus fungsi dilakukan dengan menggunakan Spektrofotometer Fourier Transform Infrared (FT-IR) Shimadzu yang mampu merekam spektra dengan bilangan gelombang 400-4000 cm<sup>-1</sup>.

### 2.2. Prosedur

#### 2.2.1. Teknik Pencampuran

Seluruh teknik pencampuran yang dilakukan dalam penelitian ini dikondisikan dalam suhu 44-45 °C dan kecepatan putar 140 rpm. Teknik yang digunakan ada 2 jenis yaitu :

##### 1. Teknik Pencampuran X

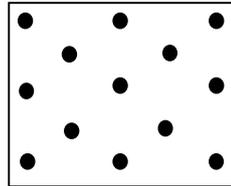
Teknik ini menggunakan *impeller* bentuk baling – baling dengan variasi *clearance*. Posisi *clearance* meliputi posisi A, B dan C. Posisi A terletak 1 cm di bawah permukaan bahan. Posisi B memiliki ketinggian sebesar setengah dari tinggi bahan. Sedangkan, posisi C berada 1 cm di atas dasar bahan. Pada teknik ini *impeller* ditempatkan selama 1 menit pada posisi A, B, C, B, A secara berturut – turut.

##### 2. Teknik Pencampuran Y

Teknik ini menggunakan *impeller* bentuk jangkar. Pengadukan dilakukan selama 5 menit.

### 2.2.2. Pembuatan dan Analisa Poliuretan

Pembuatan poliuretan dibagi menjadi 4 tahap. Tahap pertama adalah pengadukan HTPB secara individu dengan menggunakan teknik X. Tahap kedua, TDI dimasukkan kemudian diaduk dengan teknik X dilanjutkan dengan pengukuran viskositas. Pada tahap ketiga, prepolimer A diaduk dengan teknik X. Sementara, prepolimer B diaduk dengan teknik Y. Selanjutnya, viskositas kedua prepolimer tersebut diukur. Tahap keempat, prepolimer dituangkan pada cetakan kemudian di-oven pada suhu 60°C, 20 jam/hari selama 2 hari. Kekerasan diukur di 10 titik, seperti pada Gambar 2, dan penampakan visual diamati pada hari pertama, kedua dan keenam setelah pengovenan. Analisa gugus-gugus fungsi dilakukan dengan FT-IR.



Gambar 2. Letak titik tempat pengukuran kekerasan

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

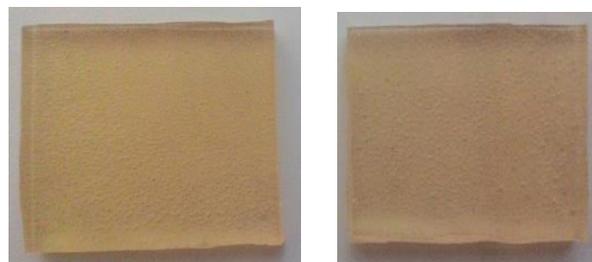
### 3.1. Hasil

Tabel 1. Viskositas prepolimer

Prepolimer	Viskositas setelah tahap II ( $\eta_1$ )	Viskositas setelah tahap III ( $\eta_2$ )
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Prepolimer A	25 P	30 P
Prepolimer B	25 P	32 P

Tabel 2. Data pengamatan visual dan kekerasan poliuretan

No	Hari ke -	Poliuretan A		Poliuretan B	
		Visual	Kekerasan (Shore A)	Visual	Kekerasan (Shore A)
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
1	1	Matang secara homogen, tidak lengket, keras, sedikit <i>void</i> kecil – kecil	14	Matang secara homogen, tidak lengket, keras, sedikit <i>void</i> kecil – kecil	13
2	2		15		14
3	6		17		16



Gambar 3. Penampakan visual polimer dan polimer B void (Kanan)

### 3.2. Pembahasan

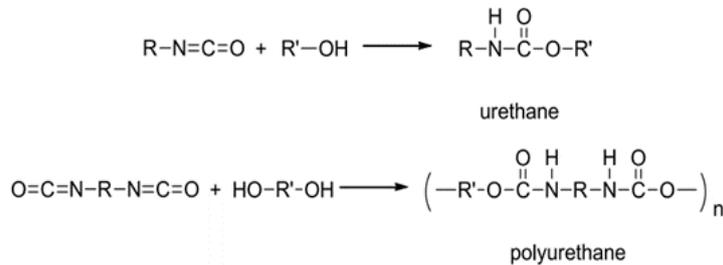
#### 3.2.1. Pengaruh Pengadukan HTPB Sebelum Pencampuran

HTPB yang digunakan memiliki viskositas awal sebesar 49 Poise. Nilai viskositas setelah pencampuran tahap I, yaitu dengan teknik pencampuran X, ditunjukkan pada Tabel 1 kolom 2, yaitu sebesar 25 P. Pada kolom tersebut terlihat bahwa viskositas prepolimer A sama dengan viskositas

prepolimer B. Hal ini menunjukkan bahwa pengadukan HTPB secara individu sebelum ditambah TDI dapat berperan dalam membentuk prepolimer yang matang secara homogen dan pola kenaikan nilai kekerasan yang seragam. Kematangan polimer yang homogen terlihat pada Tabel 2 kolom 3 dan 5. Sementara, pola kenaikan nilai kekerasan yang seragam terlihat pada gradien yang sama antara polimer A dan B pada grafik kenaikan kekerasan di Gambar 6. Ini karena ketika HTPB diaduk, belitan (*entanglement*) atau saling tumpuk dari rantai HTPB berkurang sehingga viskositasnya menurun. Dengan demikian, pencampuran antara HTPB dan TDI menjadi lebih mudah. Hal ini terbukti dengan lebih tingginya laju kenaikan viskositas prepolimer A dan B dibanding prepolimer C dan D pada Tabel 3 kolom 5 dan 7, baris 1 - 4 [16], [21].

### 3.2.2 Pengaruh Metode Pencampuran terhadap Laju Kenaikan Viskositas

Laju kenaikan viskositas mewakili reaksi polimerisasi yang terjadi seperti Gambar 4. Prepolimer dengan bahan dan komposisi yang sama namun dicampur dengan proses yang berbeda, prepolimer yang memiliki laju kenaikan viskositas yang lebih tinggi menunjukkan laju polimerisasi yang lebih cepat, yang berarti bahwa proses pencampurannya lebih baik. Hal ini karena proses pencampuran tersebut lebih baik dalam memicu tumbukan antara TDI dan HTPB melalui transfer massa dan panas. Nilai laju kenaikan viskositas didapat dengan mengukur viskositas dengan rentang waktu tertentu kemudian menghitung lajunya. Hal ini karena semakin lama, poliuretan yang terbentuk semakin banyak sehingga semakin sulit mengalir dan viskositas semakin meningkat.. [15], [22], [23].



Gambar 4. Reaksi pembentukan poliuretan [24]

#### a. Pengaruh *Impeller* Ganda

Tabel 3. Perbandingan metode *impeller* ganda dan tunggal [15]

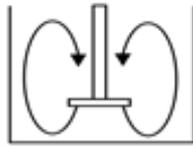
No	Jenis Prepolimer Poliuretan	Jenis <i>Impeller</i>	Variasi <i>Clearance Impeller</i> Baling – Baling	Pengadukan HTPB Secara Individu	Waktu per Tahapan Pencampuran (menit)	Laju Kenaikan Viskositas (P/s)
1	2	3	4	5	6	7
1	Prepolimer A	Tunggal: Baling – baling	Ya	Ya	5	0,0167
2	Prepolimer B	Ganda	Ya	Ya	5	0,0233
3	Prepolimer C*	Tunggal: Baling – baling	Tidak	Tidak	10	0,0017
4	Prepolimer D*	Tunggal: Jangkar	-	Tidak	10	0,0117

Pada Tabel 3 terlihat bahwa laju kenaikan viskositas prepolimer B lebih besar dibanding yang lain. Perbedaan mencolok dari proses pembuatan prepolimer B terletak pada kolom 3. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan *impeller* ganda lebih baik daripada *impeller* tunggal karena setiap *impeller* memiliki kelebihan yang berbeda. Untuk prepolimer B, C dan D, dengan tingginya laju kenaikan viskositas prepolimer B dengan waktu pencampuran yang lebih singkat daripada prepolimer C dan D, menekankan bahwa teknik dan prosedur pencampuran sangat berpengaruh dalam efisiensi dan efektivitas pencampuran.

#### b. Pengaruh Variasi *Clearance*

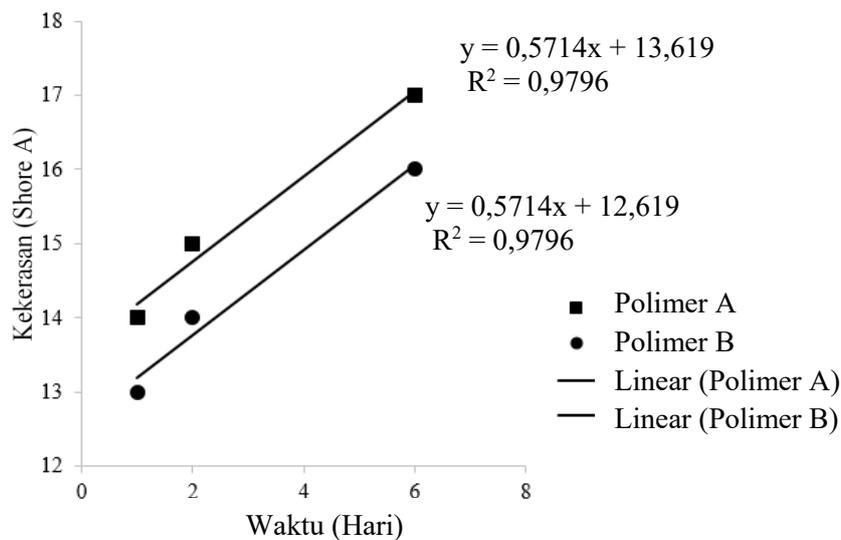
Sementara, untuk prepolimer A dan C, perbedaan terletak pada Tabel 3 kolom 4, variasi *clearance* (daerah sapuan). Pada pembuatan prepolimer A variasi *clearance* dilakukan dengan memvariasi

ketinggian *impeller*. Pada kolom 7 terlihat laju kenaikan viskositas prepolimer A mendekati 10x lebih tinggi daripada prepolimer C. Hal ini membuktikan keberhasilan metode variasi *clearance* dalam menarik TDI. TDI tertarik ke daerah pencampuran yang lebih dalam oleh karena aliran aksial yang dihasilkan *impeller* baling – baling, seperti pada Gambar 5. Oleh karena *impeller* menghasilkan *shear* lokal maka *clearance* perlu divariasasi [17].



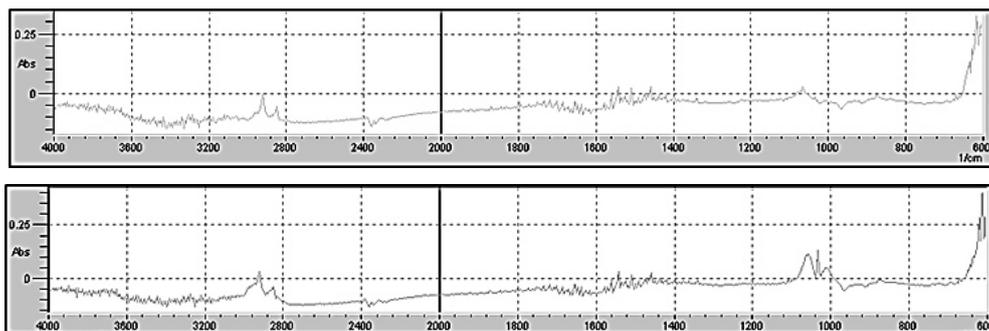
Gambar 5. Aliran aksial [25]

### 3.2.2 Pengaruh Metode Pencampuran terhadap Kekerasan



Gambar 6. Peningkatan kekerasan polimer

Selain mempengaruhi viskositas dan laju viskositas prepolimer, metode pencampuran juga mempengaruhi sifat fisik dari polimer yang dihasilkan [13]. Kekerasan adalah kemampuan suatu bahan untuk menahan deformasi permanen ketika kontak atau ditembus oleh bahan yang lebih keras [26]. Gambar 6 dan Tabel 2 kolom 4 dan 6 memperlihatkan kenaikan kekerasan setelah pengovenan. Kenaikan ini disebabkan oleh polimerisasi pada suhu ruang [27]. Pada Gambar 6 terlihat bahwa kekerasan polimer A selalu lebih tinggi daripada polimer B. Polimer A lebih unggul dibanding polimer B, padahal pada bab sebelumnya diketahui bahwa prepolimer B lebih unggul dalam polimerisasi selama pencampuran. Hal ini dapat disebabkan oleh adanya *void* yang merupakan akibat dari adanya karbondioksida sebagai keberadaan produk samping, seperti dijelaskan pada Gambar 1 nomor 1. Hal ini diperkuat dengan munculnya puncak urea ( $1716,65\text{ cm}^{-1}$ ) pada polimer B dengan area sebesar 0,04777, yang disajikan pada Gambar 7. Sedangkan di polimer A puncak tersebut tidak muncul. Terbentuknya urea ini dijelaskan pada Gambar 1 nomor 2.



Gambar 7. Spektra FT-IR polimer A (atas) dan polimer B (bawah)

Pada metode pembuatan polimer A, total waktu yang mana *impeller* dekat dengan permukaan prepolimer selama 6 menit. Sedangkan, pada pembuatan polimer B, total waktu ini selama 9 menit, yaitu 2 menit saat pencampuran HTPB individu, 2 menit saat teknik pencampuran X dan 4 menit saat teknik pencampuran Y. Keberadaan *impeller* yang dekat dengan permukaan prepolimer dapat membentuk *vortex* (pusaran) yang dapat menarik uap air yang terkandung dalam kelembaban udara untuk masuk ke dalam prepolimer [16].

#### 4. KESIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa pengadukan HTPB sebelum pencampuran dengan TDI dapat menghasilkan poliuretan yang relatif homogen, metode pembuatan prepolimer B unggul dalam hal laju kenaikan viskositas daripada prepolimer A. Sementara, metode pembuatan polimer A unggul pada kekerasan daripada polimer B.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada LAPAN atas pembiayaan penelitian ini, kepada Drs. Kendra Hartaya, M.Si dan Dra. Geni Rosita atas bimbingannya, semua staf Laboratorium Komposisi Dasar Propelan dan Sintesa HTPB serta semua pihak yang telah membantu penelitian ini.

#### PERNYATAAN PENULIS

Penulis dengan ini menyatakan bahwa seluruh isi menjadi tanggung jawab penulis.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Manjari, V. C. Joseph, V. Sarabhai, and S. Centre, "Structure-Property Relationship of HTPB-Based Propellants.," pp. 279–289, 1993.
- [2] A. K. Mahanta and D. D. Pathak, "HTPB-Polyurethane : A Versatile Fuel Binder for Composite Solid Propellant," Polyurethane, 2012.
- [3] A. Dey, J. Athar, A. K. Sikder, and S. Chattopadhyay, "Effect of Microstructure on HTPB Based Polyurethane (HTPB-PU)," vol. 5, no. April, pp. 145–151, 2015.
- [4] S. N. Jawalkar, Mehilal, R. Kurva, P. P. Singh, and B. Bhattacharya, "Influence of bicurative on processibility of composite propellant," Def. Sci. J., vol. 57, no. 5, pp. 669–675, 2007.
- [5] G. Rosita, "Retikulasi Hidroxy Terminated Polybutadiene (HTPB) Mandiri Dengan Toluene Diisocyanate (TDI) Membentuk Poliuretan Sebagai Fuel Binder Propelan," pp. 51–60, 2016.
- [6] H. Li, J. Wang, and C. An, "Study on the Rheological Properties of CL-20 / HTPB Casting Explosives," Cent. Eur. J. Energ. Mater., vol. 11, no. 2, pp. 237–255, 2014.
- [7] H. B. Wibowo, "Pengaruh Distribusi Fungsionalitas Polimer Terhadap Sifat Mekanik Poliuretan Berbasis HTPB," in Pengaruh Distribusi Fungsionalitas Polimer Terhadap Sifat Mekanik Poliuretan Berbasis HTPB, Indonesia Book Project, 2015, pp. 283–290.
- [8] D. K. Chattopadhyay, P. S. R. Prasad, B. Sreedhar, and K. V. S. N. Raju, "The phase mixing of moisture cured polyurethane-urea during cure," vol. 54, pp. 296–304, 2005.
- [9] C. Oppon, P. M. Hackney, I. Shyha, and M. Birkett, "Effect of Varying Mixing Ratios and Pre-Heat Temperature on the Mechanical Properties of Polyurethane ( PU ) Foam," Procedia Eng., vol. 132, pp. 701–708, 2015.

- [10] G. M. Adogbo and V. E. Atiwurcha, "The Effects Of Matrix Mixing On The Properties Of Castor Oil- Based Polyurethane Foams .," vol. 04, no. 08, pp. 1–6, 2014.
- [11] B. Prianto, "Technical Report 1 Pengujian Curing HTPB 2014 dengan TDI 2013," Rumpin, 2016.
- [12] A. Restasari, "Pengaruh Parameter Pengadukan Terhadap Kandungan Gugus Fungsi Dalam Prepolimer HTPB: TDI 15:1 Gagal Matang," *Maj. Sains dan Teknol. Dirgant.*, vol. 11, no. 2, pp. 71–80, 2016.
- [13] M. F. Kemmere, J. Meuldijk, A. A. H. Drinkenburg, and A. L. German, "Emulsification in Batch-Emulsion Polymerization of Styrene and Vinyl Acetate : A Reaction Calorimetric Study," pp. 944–957, 2001.
- [14] I. M. Pereira and R. L. Orefice, "Study of the morphology exhibited by linear segmented polyurethanes," in *Brazilian congress on polymers*, 2009.
- [15] A. Restasari, "Penelitian Laju Kenaikan Viskositas Dengan Impeller Baling - Baling dan Jangkar Dalam Pengembangan Komposisi Binder Propelan," in *Seminar Nasional IPTEK Penerbangan dan Antariksa XX-2016*, 2016, pp. 137–145.
- [16] D. S. Dickey, "Tackling Difficult Mixing Problems," no. August. *American Institute of Chemical Engineers (AIChE)*, New York, pp. 35–42, 2015.
- [17] Dalian University of Technology, "Mixing," Dalian University of Technology. Dalian University of Technology, Dalian, pp. 1–66, 2010.
- [18] IKA Werke Staufen, "Data Sheet R 1330 Anchor stirrer," Staufen im Breisgau, 2017.
- [19] R. Filadelfo, M. F. K. Takahashi, and L. C. Rezende, "The role of antioxidant on propellant binder reactivity during thermal aging," vol. 2, no. 2, pp. 163–168, 2010.
- [20] W. Su, "Polymer Size and Polymer Solutions," in *Principles of Polymer Design and Synthesis*, Berlin: Springer, 2013, pp. 9–26.
- [21] R. Owusu and Apenten, *Introduction to Food Chemistry*, 2nd ed. Florida: CRC Press, 2004.
- [22] R. Gogoi, M. S. Alam, and R. K. Khandal, "Effect of Increasing NCO/OH Molar Ratio on The Physicomechanical and Thermal Properties of Isocyanate Terminated Polyurethane Prepolymer," *Int. J. Basic Appl. Sci.*, vol. 3, no. 2, pp. 118–123, 2014.
- [23] EquipSolutions, "Understanding Polymer Activation Principles," 2012. [Online]. Available: <http://equip-solutions.net/wp-content/uploads/2012/02/TempestEQSPolymerActivationMechanics.pdf>.
- [24] A. H. Telli, "Synthesis and Characterization of Toluene Diisocyanate," Kırıkkale, 2014.
- [25] S. Pierce, "Mixer Basics," 2014. [Online]. Available: <http://blog.mixerdirect.com/blog/mixer-basics-impellers/>.
- [26] K. Herrmann, *Hardness Testing Principles and Applications*. Ohio: ASM International, 2011.
- [27] J. J. Gilman, "Chemistry and Physics of Mechanical Hardness." A John Willey and Sons, New Jersey, 2009.

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS 1

### DATA UMUM

Nama Lengkap : Afni Restasari  
Tempat & Tgl. Lahir : Semarang, 7 September 1986  
Jenis Kelamin : Perempuan  
Instansi Pekerjaan : Pusat Teknologi Roket, LAPAN  
NIP. / NIM. : 19860907 201504 2 001



### DATA PENDIDIKAN

SLTA : SMU N 11 Semarang Tahun: 2004  
STRATA 1 (S.1) : Universitas Diponegoro Tahun: 2009

### ALAMAT

Alamat Kantor / Instansi : Jalan Raya LAPAN, Kel. Mekarsari, Kec. Rumpin, Kab. Bogor  
Email : afnichemist@gmail.com

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS 2

### DATA UMUM

Nama Lengkap : Luthfia Hajar Abdillah  
Tempat & Tgl. Lahir : Surabaya, 3 Januari 1986  
Jenis Kelamin : Perempuan  
Instansi Pekerjaan : Pusat Teknologi Roket, LAPAN  
NIP. / NIM. : 19860103 200901 2 005



### DATA PENDIDIKAN

SLTA : SMU N 5 Surabaya Tahun: 2004  
STRATA 1 (S.1) : Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya Tahun: 2008

### ALAMAT

Alamat Kantor / Instansi : Jalan Raya LAPAN, Kel. Mekarsari, Kec. Rumpin, Kab. Bogor  
Email : lu\_haab@yahoo.com