



Terbit online pada laman web jurnal : <http://metal.ft.unand.ac.id>

## METAL: Jurnal Sistem Mekanik dan Termal

| ISSN (Print) 2598-1137 | ISSN (Online) 2597-4483 |



Artikel Penelitian

# Pengaruh Variasi Persentase Campuran Polymer Blend Polyester dan Vinyl Ester terhadap Tegangan Lentur

Nusyirwan\*, R. Mutya, Firman Ridwan, Hairul Abral, Hendery Dahlan, Eka Satria

Jurusan Teknik Mesin Universitas Andalas, Kampus Limau Manih, Padang, 25163, Indonesia

### INFORMASI ARTIKEL

#### Sejarah Artikel:

Diterima Redaksi: 2 Juli 2021

Revisi Akhir: 25 September 2021

Diterbitkan Online: 21 Oktober 2021

### KATA KUNCI

bending-stress

polyester

vinyl ester

### KORESPONDENSI

E-mail: nusyirwan1802@gmail.com

### A B S T R A C T

Polymer mixture of polyester and vinyl ester is widely used in engineering fields such as for car bumpers, boat bodies, ultra-light aircraft wings, wind turbine blades and others. One of the requirements to meet the application aspects in the engineering field is the ability of the material to withstand bending loads. For this reason, it is necessary to test the flexural stress characteristics of the mixture of the two polymers of unsaturated polyester and unsaturated vinyl ester. The aim is to find out which of the two polymer blends obtains superior flexural resistance properties from each of the polymers with respect to the blend percentage. To determine the flexural stress value of the polyester and vinyl ester mixture, a flexural stress test was carried out with reference to the standard flexural test or the bending test used based on ASTM D 790 by varying the composition of the mixture 100%: 0%, 90%: 10%, 80%: 20%, 60%:40%, and 0%:100%. From the results of the bending stress test on specimens with variations in the composition of polyester and vinyl ester with the hand lay-up method, the highest bending stress value is found in the composition of 60% polyester and 40% vinyl ester, which is 126.88 MPa ( an increase in maximum flexural strength of 255%)

## 1. PENDAHULUAN

Teknologi material saat ini berkembang sangat pesat, salah satunya adalah usaha untuk menemukan material baru yang kuat dan ringan untuk pengganti logam. Polimer merupakan salah satu jenis material yang banyak dikembangkan dan diteliti. Polimer adalah material yang ringan dan mudah dibentuk. Disamping itu, kekuatan polimer masih dapat ditingkatkan. Material polimer terdiri dari molekul besar yang tersusun secara berulang dari molekul-molekul kecil yang saling berikatan kovalen. Molekul-molekul ini biasa disebut monomer [1]. Sifat dari polimer yang tahan akan korosi, relatif ringan dibandingkan logam, dan memiliki nilai estetika yang tinggi adalah salah satu alasan

material polimer dikembangkan sebagai alternatif dalam dunia industri.

Polimer sangat berpotensi untuk ditingkatkan sifat mekanik dan sifat termalnya [2]. Sifat mekanik yang umumnya ditingkatkan dari material polimer adalah kekuatan, kekakuan dan keuletan. Alasan peningkatan sifat mekanik pada material polimer dikarenakan umumnya material polimer bersifat getas. Peningkatan sifat mekanik dari material polimer dapat dilakukan dengan cara pencampuran beberapa polimer. Pencampuran beberapa polimer ini dikenal dengan istilah polimer *blend* [3]. Tujuan dari Polimer *blend* adalah untuk mendapatkan sifat mekanik dari masing-masing polimer yang dicampurkan, sehingga diperoleh material polimer

paduan baru yang memiliki sifat mekanik yang lebih baik.

Salah satu polimer yang sering digunakan dalam dunia industri adalah *polyester*. *Polyester* umumnya digunakan dalam dunia industri sebagai bahan pembuatan suatu produk karena *polyester* memiliki fleksibilitas dan kemudahan dalam proses pembentukan struktur [4]. *Polyester* memiliki sifat mekanik yang terbatas dibandingkan dengan beberapa jenis polimer lain, sehingga diperlukan paduan lain yang dapat menguatkan dan meningkatkan sifat mekaniknya [4].

Selain *polyester*, jenis polimer lain yang juga umum digunakan adalah *vinyl ester*. *Vinyl ester* memiliki sifat mekanik yang lebih baik dibandingkan dengan polimer lainnya [4]. *Vinyl ester* merupakan salah satu polimer yang memiliki kinerja yang tinggi dan sifat mampu proses yang baik untuk meningkatkan sifat mekanik suatu unsur paduan, sehingga *vinyl ester* dapat digunakan untuk meningkatkan sifat mekanik pada paduan *polyester*.

Peningkatan sifat mekanik pada polimer *blend* akan berhubungan dengan persentase paduan. Informasi untuk nilai kekuatan bending dari polimer *blend* dari paduan *polyester* dan *vinyl ester* belum banyak dikaji [3,4]. Untuk itu, pada penelitian ini dilakukan kajian tentang pengaruh persentase campuran dua buah polimer terhadap kekuatan lentur dari polimer *blend*.

Dalam penelitian ini, dibuat polimer *blend* dari paduan *polyester* dan *vinyl ester*. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian lentur atau uji *bending* dengan menggunakan alat uji *bending*. Standar pengujian lentur atau uji *bending* yang digunakan berdasarkan ASTM D 790 [5,6]. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi untuk pengembangan dan pemanfaatan *polyester* dan *vinyl ester* guna meningkatkan penggunaan polimer di bidang industri.

## 2. METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan secara eksperimental melalui beberapa tahapan diantaranya : penyediaan

material, tahap pencetakan sampel dan pengujian bending spesimen uji.

### 2.1. *Penyiapan Material Spesimen Uji*

Bagian terpenting dari penelitian adalah penyiapan sampel material untuk spesimen uji, pencetakan spesimen dan pengujian bending.

#### 2.1.1. *Material*

*Polyester* merupakan material yang umum digunakan sebagai bahan dasar dalam pembuatan produk berbasis polimer. Penggunaan polimer akan disesuaikan dengan *output* dari produk dan sifat mekanik yang diinginkan nantinya. Sifat mekanik yang dimiliki oleh *polyester* tergolong baik dan jika ditinjau dari *reasonable costs* tergolong tidak mahal [7,8]. Berikut beberapa sifat dari *polyester* antara lain: *polyester* memiliki kekuatan tarik yang sangat baik, resistensi terhadap regangan, bahan kimia dan lumut, memiliki ketahanan abrasi yang sangat baik, perawatan yang mudah, *polyester* juga memiliki sifat anti air dan cepat kering. Jenis *polyester* yang digunakan pada penelitian ini adalah *unsaturated polyester*. dengan produk Yukalac 1560 BL-EX. Sifat-sifat mekanik *polyester* dapat dilihat pada Tabel 1[9].

Tabel 1. Sifat mekanik *Polyester*

Sifat mekanik	Satuan	Nilai
<i>Tensile strength</i>	MPa	20-100
<i>Tensile modulus</i>	GPa	2,1-4,1
<i>Ultimate strain</i>	%	1-6
<i>Poisson's ratio</i>	-	-
Density	g/cm <sup>3</sup>	1,0-1,45
T <sub>g</sub>	°C	100-140
CTE	10 <sup>-6</sup> /°C	55-100
<i>Cure Shrinkage</i>	%	5-12

Untuk melihat pengaruh komposisi paduan polimer terhadap kekuatan bending polimer *blend polyester* dan *vinyl ester*, dilakukan pengujian untuk beberapa harga campuran. Pada Tabel 2 diperlihatkan komposisi campuran yang digunakan dalam pengujian.

Tabel 2. Komposisi Campuran Spesimen Uji

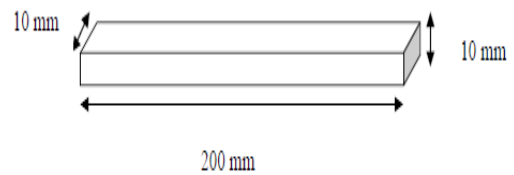
Material	Polyester (% wt)	Vinil Ester (% wt)	MMA (% wt)
UP/VE 100	100	0	10
UP/VE 90	90	10	10
UP/VE 80	80	20	10
UP/VE 70	70	30	10
UP/VE 60	60	40	10
UP/VE 0	0	100	10

### 2.1.2. Peralatan Uji

Penelitian ini menggunakan beberapa peralatan uji sebagai berikut :

1. Cetakan Uji *Bending* digunakan untuk mencetak spesimen uji.
2. Pipet Tetes digunakan untuk penakaran penambahan katalisgugian.
3. Gelas Kimia Ukuran 250 digunakan untuk menakar volume material
4. *Hot Plat Magnetic Stirrer* digunakan untuk mengaduk campuran material agar homogen Cara penulisan referensi dapat dilihat selengkapnya pada bagian Daftar Pustaka. Penulisan rujukan mengikuti aturan IEEE. Referensi dalam teks dilakukan dengan menuliskan nomor referensi dalam kurung [1]. Beberapa.
5. GALDABINI *universal testing machine series 32559* digunakan untuk uji bending specimen.

Pengujian bending merupakan salah satu bentuk pengujian untuk menentukan mutu suatu material secara visual. Saat material diberi beban pada daerah elastis, maka akan timbul tegangan pada penampang melintang sebagai akibat dari momen lentur. Standar dimensi yang digunakan untuk pengujian lentur pada material polimer mengacu pada ASTM D 790 [5]. Standar spesimen uji menurut ASTM D 790 mempunyai lebar,  $b = 10$  mm, tebal,  $h = 10$  mm dan panjang  $L = 200$  mm dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Ukuran Speimen Bending sesuai Standar ASTM D 790

Persamaan matematik yang digunakan untuk menghitung tegangan bending (bending stress) adalah sebagai berikut[10].

$$\sigma = \frac{3PL}{2bh^2} \quad (1)$$

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. *Penyiapan Material*

Penyiapan material awal berupa pencampuran *polyester, vinyl ester, Methyl Methacrylate* (MMA), dan *catalyst* sesuai dengan penentuan perbandingan campuran. Selanjutnya dilakukan pencetakan *polymer blend* dengan cetakan spesimen uji *bending* dengan ukuran sesuai dengan standar ASTM D 790. Pada Gambar 2 diperlihatkan material uji yang telah dibuat sesuai dengan standar ASTM D 790. Jumlah spesimen yang dicetak disesuaikan dengan banyaknya pengulangan data yang akan diambil yaitu tiga kali pengulangan setiap komposisi campuran.



Gambar 2. Contoh spesimen uji

### 3.2. *Pengujian Bending*

Pengujian bending dilakukan menggunakan alat uji bending seperti diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Mesin uji Bending.

### 3.2 Hasil Pengujian

Hasil pengukuran beban yang diperoleh dari pengujian selanjutnya digunakan untuk menghitung kekuatan bending pada Pers. (1). Pada Tabel 3 ditunjukkan data dan hasil perhitungan yang diperoleh dari pengujian.

Tabel 3. Nilai Beban dan Tegangan pada Uji Bending.

Komposisi Polyester : Vinyl Ester	Beban (Kg)	$\sigma_b$ (N/mm)	Standar Deviasi
100% : 0 %	25	49,71	3,86
90% : 10%	32,67	63,27	2,97
80% : 20%	45,33	93,79	7,88
60% : 40%	58,43	126,88	11,30
0% : 100%	29,47	56,50	5,78

Hasil pengujian dari mesin uji bending dapat digunakan untuk menampilkan besarnya *elongasi* pada material uji. Tabel.4 menunjukkan hasil *elongasi* yang diperoleh dari pengujian.

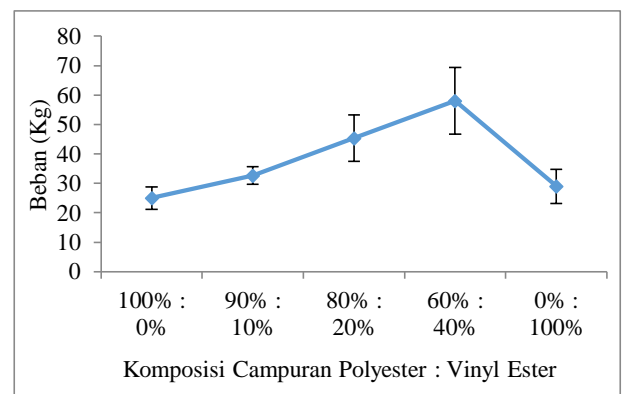
Tabel 4. Nilai lendutan maksimum uji bending.

Komposisi Polyester : Vinyl Ester	Lendutan maksimum (mm)	Standar Deviasi
100% : 0 %	4,93	3,86
90% : 10%	5,09	2,97
80% : 20%	8,85	7,88
60% : 40%	11,51	11,30
0% : 100%	7,96	5,78

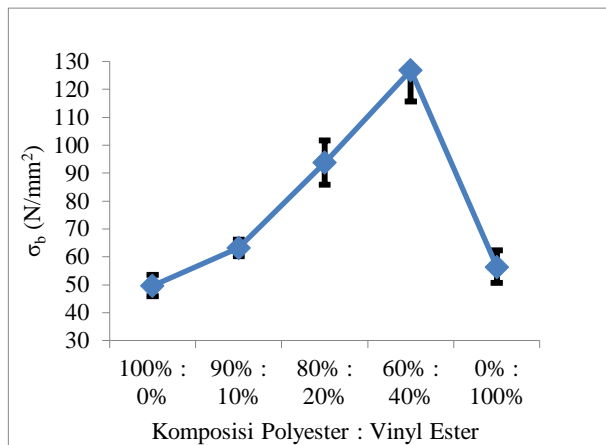
### 3.3 Pembahasan Hasil

Berdasarkan hasil pengujian pengolahan data uji *bending* rata-rata (Tabel 3). Harga kekuatan *bending* maksimum terdapat pada komposisi *polymer blend polyester* 60% dan *vinyl ester* 40% yaitu sebesar 126,88 MPa sedangkan harga kekuatan *bending* terendah pada komposisi *polymer blend polyester* 100% dan *vinyl ester* 0% yaitu sebesar 49,71 MPa. Pada komposisi *polymer blend polyester* 90% dan *vinyl ester* 10% nilai rata-rata untuk tegangan *bending* yang diperoleh adalah 63,27 MPa. Nilai rata-rata tegangan *bending* untuk komposisi *polyester* 80% dan *vinyl ester* 20% adalah 93,79 MPa. Sedangkan pada komposisi *polyester* 0% dan *vinyl ester* 100% nilai rata-rata tegangan *bending* adalah 56,50 MPa.

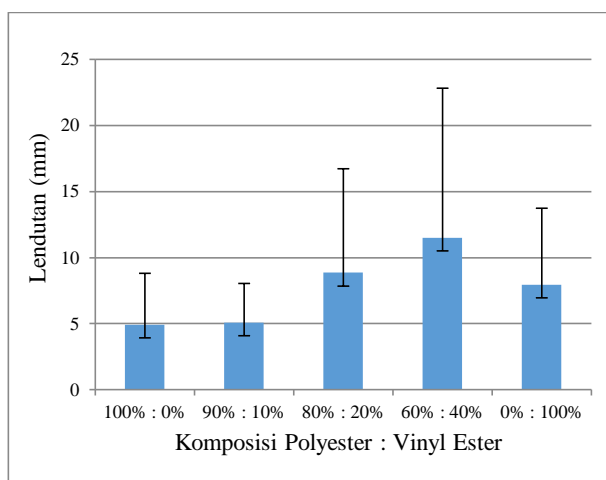
Gambar 4 menunjukkan hubungan antara beban maksimum dan komposisi *polymer blend*. Hubungan antara tegangan lentur maksimum dengan komposisi *polymer blend* diperlihatkan pada Gambar 5. Dari hasil yang ditunjukkan pada Gambar 4 dan 5 terlihat bahwa kekuatan bending terbesar diperoleh dengan komposisi UP:VE = 60%: 40%.



Gambar 4. Perbandingan beban lentur maksimum terhadap komposisi *polymer blend*.



Gambar 5. Grafik perbandingan nilai tegangan lentur terhadap komposisi *polymer blend*



Gambar 6. Grafik perbandingan nilai elongasi terhadap komposisi *polymer blend*.

Gambar 6 menunjukkan hubungan lendutan pada sampel terhadap komposisi polimer. Berdasarkan hasil pengujian dan dilanjutkan dengan pengolahan data hasil uji *bending* rata-rata (Tabel 4) diperoleh harga lendutan maksimum terjadi pada campuran dengan komposisi *polymer blend polyester* 60% dan *vinyl ester* 40% yaitu sebesar 11,51 mm, sedangkan harga lendutan terendah pada komposisi *polymer blend polyester* 100% dan *vinyl ester* 0% yaitu sebesar 4,93 mm. Pada komposisi *polymer blend polyester* 90% dan *vinyl ester* 10% nilai rata-rata untuk lendutan yang diperoleh adalah 5,09 mm. Untuk nilai rata-rata lendutan untuk komposisi *polyester* 80% dan *vinyl ester* 20% adalah 8,85 mm.

Sedangkan pada komposisi *polyester* 0% dan *vinyl ester* 100% nilai rata-rata *lendutan* adalah 7,96 mm.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa komposisi campuran pada *polymer blend* memiliki pengaruh terhadap harga tegangan *bending*. Hal ini ditunjukkan oleh harga tegangan *bending* tertinggi terdapat pada campuran *polyester* 60% : *vinyl ester* 40%, yaitu sebesar 126,88 MPa. Harga tegangan *bending* terendah terdapat pada campuran *polyester* 100% : *vinyl ester* 0%, yaitu sebesar 49,71 MPa.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai oleh Dana Hibah Penelitian Fakultas Teknik Universitas Andalas. Terima kasih kepada pimpinan Fakultas yang memberi pendanaan pada penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Riswiyanto, *Kimia Organik*. Jakarta: Erlangga, 2009.
- [2] J. C. B. and J. W. Gillespie, "The effects of a thermoplastic polyester preform binder on vinyl ester resin," *J. Thermoplast. Compos. Mater.*, vol. 18, hal. 157–179, 2005.
- [3] D. S. Longnecker, *Background and perspective*, vol. 9781441964. ACADEMIC PRESS, INC, 2013.
- [4] S. A. N. Mohammed, E.S. Zainudin, S. M. Sapuan, M. D. Azaman, A.M.T. Arifin, "Introduction to Natural Fiber Reinforced Vinyl Ester and Vinyl Polymer Composites," *Elsevier Ltd*, 2018.
- [5] "(ASTM), AMERICAN SOCIETY OF TESTING AND MATERIALS,2000a," *Flexural Prop. unreinforced Plast. Electr. Insul. Mater. ASTM D790. Annu. B. ASTM Stand. Am. Soc. Test. Mater. Philadelphia*.
- [6] M. B. Launikitis, *Handbook of Composites*. New York: Springer, Boston, MA, 1982.
- [7] D. Feldman, *Bahan Polimer Konstruksi*,

- Terjemahan Anton J, Hartono.* PT Gramedia Pustaka Utama, 1995.
- [8] L. Utracki, "Commercial Polymer Blends Hardcover. Springer. W.A. (2014). Pendahuluan Polimer.," 1998.
- [9] H. Ardhyananta, F.D. Puspadewa, S.T Wicaksono, Widyastuti, A.T. Wibisono, B.A. Kurniawan, H. Ismail and A.V. Salsac, "Mechanical and Thermal Properties of Unsaturated Polyester/Vinyl Ester Blends Cured at Room Temperature", IOP Conf. Ser. Mater. Sci.Eng," vol. 202, no. 1, 2017.
- [10] H. Abral, R. Fajrul, M. Mahardika, D. Handayani, E. Sugiarti, A.N. Muslimin and S.D. Rosanti, "Improving impact, tensile and thermal properties of thermoset unsaturated polyester via mixing with methyl methacrylate and thermoset vinyl ester," Polimer Testing, vol 81, 2020.

## NOMENKLATUR

$\sigma_b$	tegangan bending (bending stress),MPa	
b	lebar specimen	mm
h	tinggi specimen	mm
L	panjang specimen	mm
P	beban	N
(% wt)	prosentase berat sampel	