

# ANALISIS PENGARUH RASIO RESIN DAN HARDENER TERHADAP SIFAT MEKANIK KOMPOSIT SERAT RAMI

Syafiq Hassya Robbani<sup>1</sup>, Soeparno Djiwo<sup>2</sup>

Program Studi Teknik Mesin S-1, Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Nasional Malang  
Email : [syafiqhassya30@gmail.com](mailto:syafiqhassya30@gmail.com)

## ABSTRAK

Penggunaan serat alam banyak dipakai karena lebih murah dan ramah lingkungan. Salah satu bahan komposit alam yaitu serat rami. Serat rami sangat digemari oleh perancang karena teksturnya yang nyaman dan baik digunakan untuk busana apapun. Untuk itu diperlukan upaya pemanfaatan serat alam sebagai bahan dasar pembuatan bahan baku aksesoris industri otomotif. Serat alam memiliki beberapa keunggulan dibandingkan serat sintetis, seperti bobot yang lebih ringan, pengolahan yang alami dan ramah lingkungan. Maka dalam penelitian ini akan diteliti berapa komposisi terbaik untuk perbandingan resin dan hardener dengan variabel tetap yaitu fraksi volume serat rami 30% dan fraksi volume matrik 70% menggunakan metode uji Tarik dan uji bending. Pada pengujian kekuatan tarik menunjukkan bahwa jumlah persentase antara resin dan hardener dapat mempengaruhi kekuatan tarik dari komposit tersebut, diperlihatkan pada grafik hasil pengujian kekuatan tarik menunjukkan pada spesimen variasi epoxy 80% : hardener 20% menghasilkan kekuatan tarik sebesar  $3,28 \text{ Kgf/mm}^2$  dan beban maksimal 790 Kgf kemudian pada spesimen epoxy 70% : hardener 30% menghasilkan Kekuatan Tarik sebesar  $3,33 \text{ Kgf/mm}^2$  dan beban maksimal 798,3 Kgf, nilai kekuatan tarik tersebut mengalami peningkatan sebesar 1,5 %, kemudian pada variasi polyester 462 ml : 1 tetes hardener menghasilkan kekuatan tarik sebesar  $1,413 \text{ Kgf/mm}^2$  dan beban maksimal 352,6 Kgf dan pada variasi polyester 462 ml : 2 tetes hardener menghasilkan kekuatan tarik sebesar  $1,07 \text{ [(kgf/mm)]}^2$  dan beban maksimal 265,3 Kgf. Berdasarkan hasil pengujian kekuatan Bending didapatkan fakta bahwa dengan melakukan penambahan jumlah persentase hardener dapat meningkatkan kekuatan bending, hal ini terlihat dari grafik nilai rata-rata variasi epoxy 80% : hardener 20% yaitu sebesar  $6,46 \text{ N/mm}^2$  dan beban maksimal 1116 fm, kemudian variasi epoxy 70% : hardener 30% mendapat nilai sebesar  $6,71 \text{ N/mm}^2$  dan beban maksimal 1234 fm nilai tersebut mengalami peningkatan kemudian variasi polyester 462ml : 1 tetes hardener mendapatkan nilai  $4,21 \text{ N/mm}^2$  dan beban maksimal 735 fm.

Kata kunci : Serat rami, Pengujian *Scanning Electron Microscopy*, Kekuatan tarik, Kekuatan bending.

## PENDAHULUAN

PT.MercedesBenz, perusahaan otomotif besar dunia asal Jerman, telah memanfaatkan serat pisang abaca sebagai komponen eksterior. Penggunaan serat alam banyak dipakai karena lebih murah dan ramah lingkungan. Salah satu bahan komposit alam yaitu serat rami. Serat rami sangat digemari oleh perancang karena teksturnya yang nyaman dan baik digunakan untuk busana apapun. Umumnya, serat rami memiliki diameter sekitar 0.04 – 0.08 mm. Untuk itu diperlukan upaya pemanfaatan serat alam sebagai bahan dasar pembuatan bahan baku aksesoris industri otomotif untuk menggantikan serat sintetis, karena serat alam lebih murah dibandingkan serat sintetis dan juga mudah didapatkan karena tumbuhan tersebut dapat tumbuh dimana saja dibandingkan dengan serat sintetis. Serat alam memiliki beberapa keunggulan dibandingkan serat sintetis, seperti bobot yang lebih ringan, pengolahan yang alami dan ramah lingkungan. Maka dalam penelitian ini akan diteliti berapa komposisi terbaik untuk perbandingan resin dan hardener dengan variabel tetap yaitu fraksi volume serat rami 30% dan fraksi volume matrik 70% menggunakan metode uji Tarik dan uji bending.

Tempat penelitian :

- Pengujian kekuatan tarik dilakukan di Laboratorium institut teknologi nasional Malang
- Pengujian kekuatan bending dilakukan di Laboratorium institut teknologi nasional Malang
- Pengujian SEM dilakukan di laboratorium biologis universitas brawijaya Malang

Variable Penelitian :

- Variable bebas

Variable bebas (*independent variable*) adalah variable yang hanya berdiri sendiri dan tidak dipengaruhi variable lainnya. Variable yang digunakan pada penelitian ini yaitu serat rami dan variasi resin

- Variable tetap

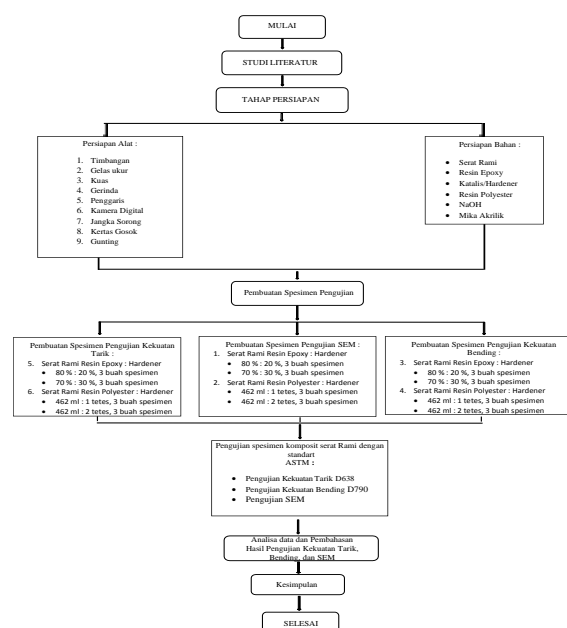
- Uji tarik
- Uji bending
- Uji SEM

- Variable terkontrol

- Matriks resin polyester BQTN 157, epoxy, dan katalis.
- Serat rami

## METODE PENELITIAN

Diagram Alir Penelitian



## Prosedur Pengujian

### 1. Pengujian SEM

Pengujian SEM pada penelitian ini menggunakan standart ASTM D1002

Prosedur yang dilakukan dalam pengujian SEM adalah :

- Pengembangan model teoritis
- Pengembangan diagram jalur
- Konversi diagram jalur ke persamaan structural
- Memilih matriks input dan jenis estimasi
- Mengidentifikasi model
- Menilai kreteria uji kesesuaian
- Menginterpretasikan hasil.

### 2. Pengujian Kekuatan Tarik

Standar ASTM yang paling umum untuk uji tarik pada plastik adalah ASTM D638, Prosedur yang dilakukan dalam pengujian kekuatan Tarik adalah

- Benda uji yang digunakan adalah komposit.
- Ukur panjang dan diameter benda uji yang digunakan.
- Siapkan mesin uji tarik yang akan digunakan.
- Tempatkan benda uji di chuck.
- Operasikan mesin uji tarik dan catat diameter masing-masing benda uji penambahan panjang.
- Catat beban yang diterima oleh benda uji yang dihasilkan benda uji

mengalami pengecilan diameter (necking).

- Catat beban maksimum yang diterima benda uji yang dihasilkan benda uji retak.
- Keluarkan benda uji dari mesin uji tarik.
- Ukur panjang benda uji setelah uji tarik.
- Ukur diameter benda uji pada bagian leher

### 3. Pengujian Kekuatan Bending

Pembuatan benda uji bending mengacu pada standar ASTM D790-03, Prosedur yang dilakukan dalam pengujian kekuatan bending adalah :

- Siapkan spesimen dan kode setiap spesimen.
- Hidupkan mesin uji bending kontrol laboratorium.
- Atur jarak penyangga roller dan posisi indentor.
- Memasang dan mengatur benda uji lentur pada roller dan Pastikan indentor berada di garis tengah spesimen.
- Tetapkan nilai pembebanan yang akan digunakan pada mesin uji tekuk.
- Menjalankan mesin uji tekukan.
- Mencatat data nilai beban maksimum dan panjang pergerakan indentor pada indicator
- Ulangi langkah yang sama untuk benda uji berikutnya.

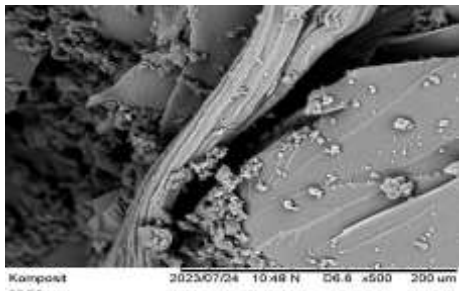
- Hitung kekuatan lentur dengan data yang dihasilkan dari pengujian.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah melakukan pengujian, dilakukan pembahasan hasil pengujian, data yang didapatkan kemudian dilakukan pengolahan dan Analisa sehingga didapat hasil yang optimum.

### 1. Pengujian Scanning Electron Microscopy (SEM)

#### a. Pengolahan data hasil pengujian SEM epoxy 80% : hardener 20%

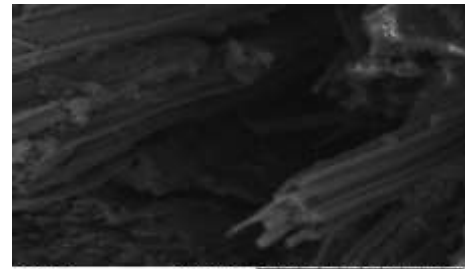


Gambar 1 Data hasil uji SEM Epoxy 80% : hardener 20%

Pada gambar 1 merupakan hasil uji SEM komposit serat rami dengan perbandingan epoxy 80% : hardener 20%, dengan menggunakan perbesaran 500x menunjukkan struktur susunan antara serat dan matriks tersusun kurang rapi, sebagian serat tidak menempel secara sempurna dengan matriks, hal tersebut dapat mengurangi kekuatan rekatan antar layer (*Interface*) dikarenakan pada bagian tersebut penguat tidak didukung oleh matriks, sedangkan matriks selalu mentransfer tegangan ke penguat, hal

seperti ini yang menjadi penyebab terjadinya *crack* sehingga komposit akan gagal lebih awal.

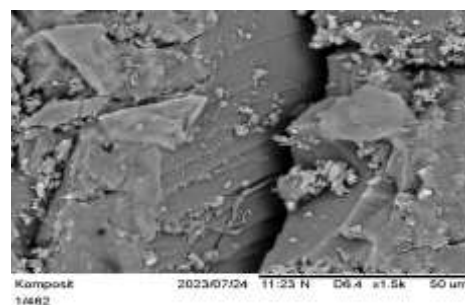
#### b. Pengolahan data hasil pengujian SEM epoxy 70% : hardener 30%



Gambar 2 Data hasil uji SEM Epoxy 70% : hardener 30%

Pada gambar 2 merupakan hasil uji SEM komposit serat rami dengan perbandingan epoxy 70% : hardener 30%, dengan menggunakan perbesaran 1500x menunjukkan struktur susunan antara serat dan matriks tersusun lebih rapi ketimbang variasi sebelumnya, sebagian serat tidak menempel secara sempurna dengan matriks, hal tersebut dapat mengurangi kekuatan rekatan antar layer (*Interface*) dikarenakan pada bagian tersebut penguat tidak didukung oleh matriks.

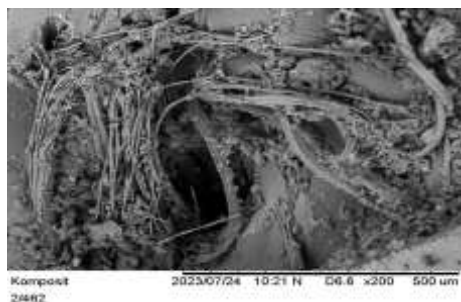
#### c. Pengolahan data hasil pengujian SEM polyester 462 : 1 hardener



Gambar 3 Data hasil uji SEM polyester 462 : 1 hardener

Pada gambar 3 merupakan hasil uji SEM komposit rami dengan perbandingan polyester 462 ml : 1 tetes hardener, dengan menggunakan perbesaran 1500x menunjukkan struktur susunan antara matriks dengan serat, , hasil tersebut memperlihatkan bahwa susunan antara serat dan matriks tersusun rapat, meskipun terdapat bintik-bintik hitam yang merupakan rongga udara atau kekosongan (*Void*) yang terbentuk diantara matriks dan serat.

d. Pengolahan data hasil pengujian SEM polyester 462 : 2hardener



Gambar 4 Data hasil uji SEM polyester 462 : 2 hardener

Pada gambar 4 merupakan hasil uji SEM komposit rami perbandingan , dengan menggunakan perbesaran 200x menunjukkan struktur susunan antara matriks dengan serat, hasil tersebut memperlihatkan bahwa susunan antara serat dan matriks tersusun kurang sempurna, juga terdapat bintik-bintik hitam yang terjadi pada matriks yang merupakan rongga udara (*Void*) yang terjebak diantara

matriks dan serat, hal tersebut dapat mengurangi kekuatan rekatan antar layer (*Interface*) dikarenakan pada bagian tersebut penguat tidak didukung oleh matriks.

2. Pengujian kekuatan Tarik

a. Pengolahan data hasil pengujian kekuatan tarik epoxy 80% : hardener 20%

Tabel 1 Pengolahan data hasil pengujian kekuatan tarik epoxy 80% : hardener 20%

Persentase	Nomer Spesimen	Area (mm <sup>2</sup> )	0,2% Y.S (Kgf/mm <sup>2</sup> )	Max Force (Kgf)	Tensile Strength (Kgf/mm <sup>2</sup> )	Elongation (%)
Epoxy: Hardener 80% : 20%	A	253,08	1,27	753	2,97	8,2
	B	229,84	1,27	913	3,97	14
	C	242,84	1,11	704	2,90	7,6
Rata-Rata				790	3,28	9,93

kekuatan tarik sebesar 3,28 *Kgf/mm<sup>2</sup>*, regangan sebesar 9,93 % dan beban maksimal sebesar 790 Kgf. Pada hasil pengujian kekuatan tarik Epoxy 80% : Hardener 20% ini sudah melebihi dari standar minimal dari beban yang dapat diterima oleh komposit adalah 350 – 390 MPa atau setara dengan 35 – 40 Kgf menurut (Sri Mulyono Bondan Respati.,2020)

b. Pengolahan data hasil pengujian kekuatan tarik epoxy 70% : hardener 30%

Tabel 2 Pengolahan data hasil pengujian kekuatan tarik epoxy 70% : hardener 30%

Persentase	Nomor Spesimen	Area (mm <sup>2</sup> )	0,2% Y.S (Kgf/mm <sup>2</sup> )	Max Force (Kgf)	Tensile Strength (Kgf/mm <sup>2</sup> )	Elongation (%)
Epoxy : Hardener 70% :30%	A	251,90	3,01	1249	4,96	14,6
	B	218	0,88	464	2,13	11
	C	283,32	1,21	682	2,90	6,8
Rata-Rata				798,3	3,33	10,8

komposit menghasilkan kekuatan tarik sebesar 3,33  $Kgf/mm^2$ , regangan sebesar 10,8 % dan beban maksimal sebesar 798,3 Kgf. Pada hasil pengujian kekuatan tarik Epoxy 70% : Hardener 30% ini sudah melebihi dari standar minimal dari beban yang dapat diterima oleh komposit adalah 350 – 390 MPa atau setara dengan 35 – 40 Kgf menurut (Sri Mulyono Bondan Respati.,2020)

c. Pengolahan data hasil pengujian kekuatan tarik polyester 462 ml : 1 hardener

Tabel 3 Pengolahan data hasil pengujian kekuatan tarik polyester 462 ml :1 hardener

Persentase	Nomor Spesimen	Area (mm <sup>2</sup> )	0,2% Y.S (Kgf/mm <sup>2</sup> )	Max Force (Kgf)	Tensile Strength (Kgf/mm <sup>2</sup> )	Elongation (%)
Polyester : Hardener 462 ml : 1 tetes	A	233,56	0,18	432	1,83	9
	B	254,25	0,60	353	1,38	6,5
	C	166,40	0,69	273	1,61	4,5
Rata-Rata				352,6	1,413	6,6

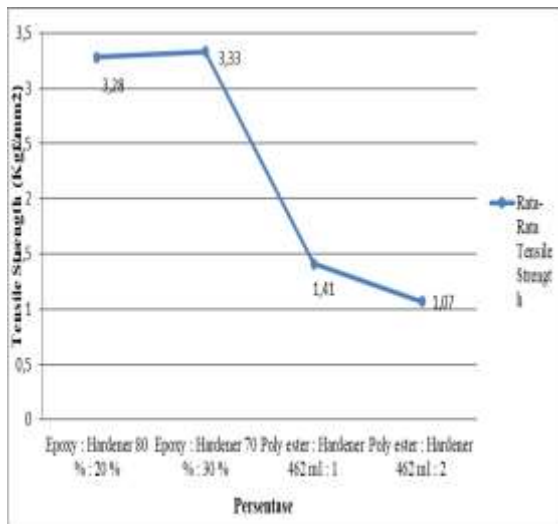
Komposit menghasilkan kekuatan tarik sebesar 1,413  $Kgf/mm^2$ , regangan sebesar 6,6 % dan beban maksimal sebesar 352,6 Kgf. Pada hasil pengujian kekuatan tarik Polyester 462 ml : 1 hardener ini sudah melebihi dari standar minimal dari beban yang dapat diterima oleh komposit adalah 350 – 390 MPa atau setara dengan 35 – 40 Kgf menurut (Sri Mulyono Bondan Respati.,2020)

d. Pengolahan data hasil pengujian kekuatan tarik polyester 462 ml : 2 hardener

Tabel 4 Pengolahan data hasil pengujian kekuatan tarik polyester 462 ml :2 hardener

Persentase	Nomor Spesimen	Area (mm <sup>2</sup> )	0,2% Y.S (Kgf/mm <sup>2</sup> )	Max Force (Kgf)	Tensile Strength (Kgf/mm <sup>2</sup> )	Elongation (%)
Polyester : Hardener 462 ml : 2 tetes	A	251,64	0,24	145	0,57	3,4
	B	233,81	0,80	248	1,06	7
	C	254,25	0,84	403	1,60	8
Rata-Rata				265,3	1,07	6,13

Komposit menghasilkan kekuatan tarik sebesar 1,07  $Kgf/mm^2$ , regangan sebesar 6,13 % dan beban maksimal sebesar 265,3 Kgf. Pada hasil pengujian kekuatan tarik Polyester 462 ml : 2 hardener ini sudah melebihi dari standar minimal dari beban yang dapat diterima oleh komposit adalah 350 – 390 MPa atau setara dengan 35 – 40 Kgf menurut (Sri Mulyono Bondan Respati.,2020)



Hasil pengolahan data pengujian Tarik material komposit berpenguat serat alam. Didapatkan hasil grafik perbandingan dari rata-rata harga Tensile Strenght yang tercantum pada grafik Kekuatan Tarik adalah berat atau beban maksimal dalam suatu tegangan yang dapat ditahan oleh material sampai akhirnya patah atau terjadi deformasi (I Ketut Rimpung.,2017).

Harga Tensile Strength rata-rata pada variasi Epoxy 80% : Hardener 20% sebesar 3,28  $Kgf/mm^2$ , variasi Epoxy 70% : Hardener 30% mengalami peningkatan menjadi 3,33  $Kgf/mm^2$ , variasi Polyester 462 ml : 1 hardener mengalami penurunan yang cukup signifikan yaitu sebesar menjadi 1,41  $Kgf/mm^2$ , variasi Polyester 462 ml : 2 hardener mengalami penurunan juga 1,07  $Kgf/mm^2$ . Dapat Dilihat dari grafik rata-rata nilai Tensile Strength, nilai Tensile Strength terbesar dihasilkan pada variasi

variasi Epoxy 80% : Hardener 20% yaitu sebesar 3,28  $Kgf/mm^2$ , sedangkan Tensile Strength terkecil dihasilkan pada variasi Polyester 462 ml : 2 hardener yaitu sebesar 1,07  $Kgf/mm^2$ .

### 3. Pengujian Kekuatan Bending

a. Pengolahan data hasil pengujian kekuatan bending epoxy 80% : hardener 20%

Tabel 5 Pengolahan data hasil pengujian kekuatan bending epoxy 80% : hardener 20%

Percentage	Nomor Spesimen	Area (mm <sup>2</sup> )	FeH (mm)	Peak Load (fn)	FT (N/mm <sup>2</sup> )
Epoxy ; Hardener 80 % : 20 %	A	143	4,2	789	5,58
	B	169,68	4	1202	7,08
	C	201,96	5	1358	6,72
Rata-Rata			4,4	1116	6,46

hasil pengujian kekuatan Bending komposit, menghasilkan nilai rata-rata beban puncak (Peak Load) sebesar 1116 fm, rata-rata Kekuatan bending sebesar 6,46  $N/mm^2$

b. Pengolahan data hasil pengujian kekuatan bending epoxy 70% : hardener 30%

Tabel 6 Pengolahan data hasil pengujian kekuatan bending epoxy 70% : hardener 30%

Persentase	Nomor Spesimen	Area (mm <sup>2</sup> )	FeH (mm)	Peak Load (fm)	FT (N/mm <sup>2</sup> )
Epoxy : Hardener 70% : 30%	A	161,92	4	999	6,17
	B	203,50	3,9	1347	6,62
	C	184,80	5,5	1356	7,34
Rata-Rata			4,46	1234	6,71

hasil pengujian kekuatan Bending komposit, menghasilkan nilai rata-rata beban puncak (Peak Load) sebesar 1234 fm, rata-rata Kekuatan bending sebesar 6,71 N/mm<sup>2</sup>.

c. Pengolahan data hasil pengujian kekuatan bending polyester 463 ml : 1 hardener

Tabel 7 Pengolahan data hasil pengujian kekuatan bending polyester 462 ml : 1 hardener

Persentase	Nomor Spesimen	Area (mm <sup>2</sup> )	FeH (mm)	Peak Load (fm)	FT (N/mm <sup>2</sup> )
Polyester : Hardener 462 ml : 1 tetes	A	179,52	2,5	1017	5,66
	B	155	1,8	396	2,56
	C	179,28	1,7	792	4,42
Rata-Rata			2	735	4,21

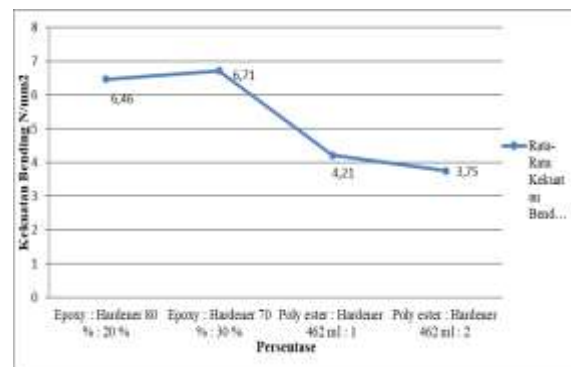
pengujian kekuatan Bending komposit, menghasilkan nilai rata-rata beban puncak (Peak Load) sebesar 735 fm, rata-rata Kekuatan bending sebesar 4,21 N/mm<sup>2</sup>.

d. Pengolahan data hasil pengujian kekuatan bending polyester 463 ml : 2 hardener

Tabel 8 Pengolahan data hasil pengujian kekuatan bending polyester 462 ml : 2 hardener

Persentase	Nomor Spesimen	Area (mm <sup>2</sup> )	FeH (mm)	Peak Load (fm)	FT (N/mm <sup>2</sup> )
Polyester : Hardener 462 ml : 2 tetes	A	166,42	2,2	885	5,32
	B	161,88	1,5	476	2,94
	C	132,8	2	401	3,04
Rata-Rata			1,9	587,3	3,76

Pengujian kekuatan Bending komposit, menghasilkan nilai rata-rata beban puncak (Peak Load) sebesar 587,3 fm, rata-rata Kekuatan bending sebesar 3,76 N/mm<sup>2</sup>.



Hasil pengolahan data uji bending material komposit berpenguat serat alam. Didapatkan hasil grafik perbandingan dari rata-rata kekuatan bending yang tercantum pada grafik

Kekuatan bending rata-rata pada variasi Epoxy 80% : Hardener 20% sebesar 6,46 N/mm<sup>2</sup>, variasi variasi Epoxy 70% :



Hardener 30% mengalami peningkatan sebesar  $6,71 \text{ N/mm}^2$ , variasi Polyester 462 ml : 1 Hardener sebesar  $4,21 \text{ N/mm}^2$ , variasi Polyester 462 ml : 2 Hardener mengalami penurunan  $3,75 \text{ N/mm}^2$ .

Dapat Dilihat dari grafik rata-rata nilai kekuatan bending, kekuatan bending terbesar dihasilkan pada variasi Epoxy 70% : Hardener 30% yaitu sebesar  $6,71 \text{ N/mm}^2$ , sedangkan kekuatan bending terkecil dihasilkan pada variasi variasi Polyester 462 ml : 2 Hardener yaitu sebesar  $3,75 \text{ N/mm}^2$ .

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dari pengujian Scanning Electron Microscopy (SEM), Kekuatan Tarik dan Kekuatan Bending terhadap sifat mekanik dan topografi komposit berpenguat serat rami, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

Pada pengujian kekuatan tarik menunjukkan bahwa jumlah persentase antara resin dan hardener dapat mempengaruhi kekuatan tarik dari komposit tersebut, diperlihatkan pada grafik hasil pengujian kekuatan tarik menunjukkan pada spesimen variasi epoxy 80% : hardener 20% menghasilkan kekuatan tarik sebesar  $3,28 \text{ kgf/mm}^2$  dan

beban maksimal 790 Kgf kemudian pada spesimen epoxy 70% : hardener 30% menghasilkan Kekuatan Tarik sebesar  $3,33 \text{ kgf/mm}^2$  dan beban maksimal 798,3 Kgf, nilai kekuatan tarik tersebut mengalami peningkatan sebesar 1,5 %, kemudian pada variasi polyester 462 ml : 1 tetes hardener menghasilkan kekuatan tarik sebesar  $1,413 \text{ kgf/mm}^2$  dan beban maksimal 352,6 Kgf dan pada variasi polyester 462 ml : 2 tetes hardener menghasilkan kekuatan tarik sebesar  $1,07 \text{ kgf/mm}^2$  dan beban maksimal 265,3 Kgf. Kekuatan tarik tertinggi didapat pada variasi epoxy 70% : hardener 30% dengan Kekuatan Tarik sebesar  $3,33 \text{ kgf/mm}^2$  dan beban maksimal 798,3 Kgf

1. Berdasarkan hasil pengujian kekuatan Bending didapatkan fakta bahwa dengan melakukan penambahan jumlah persentase hardener dapat meningkatkan kekuatan bending , hal ini terlihat dari grafik nilai rata- variasi epoxy 80% : hardener 20% yaitu sebesar  $6,46 \text{ N/mm}^2$  dan beban maksimal 1116 fm , kemudian variasi epoxy 70% : hardener 30% mendapat nilai sebesar  $6,71 \text{ N/mm}^2$  dan beban maksimal 1234 fm nilai tersebut mengalami peningkatan kemudian variasi polyester 462ml : 1 tetes hardener mendapatkan nilai  $4,21 \text{ N/mm}^2$  dan beban maksimal 735 fm. Variasi polyester 462 ml : 2 tetes hardener mendapat nilai  $3,76 \text{ N/mm}^2$  dan

beban maksimal 587,3. Nilai kekuatan bending tertinggi didapatkan pada variasi epoxy 70% : hardener 30% dengan nilai sebesar  $6,71 \text{ N/mm}^2$  dan beban maksimal 1234 fm

Adanya pengaruh jumlah persentase dari resin dan hardener, semakin banyak jumlah hardener yang digunakan maka akan membuat material komposit menjadi lebih kaku tetapi jika terlalu banyak persentase hardener akan menyebabkan komposit menjadi rapuh dikarenakan terlalu getas.

### Saran

Ada beberapa kekurangan dalam penelitian ini dan masih sangat jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis menyarankan beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam penelitian komposit serat karbon, antara lain :

1. Perlu adanya pengujian lebih lanjut secara masif dengan menggunakan jumlah persentase yang berbeda, agar didapatkan nilai data kekuatan bahan yang beragam.
2. Dalam menakar takaran antara resin dan hardener sebaiknya dilakukan secara presisi.

### DAFTAR PUSTAKA

Amri Alfathoni., (2019). *Analisis karakteristik komposit serat rami (Boehmeria nivea) dengan matrik polipropilena dan epoxy pada fraksi*

*volume 40%, 50% dan 60%*. Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Akbar Indra., (2021) *Karakteristik serat rami dan pengaruh perlakuan alkali serat penambahan micro crystalline cellulose (MCC) terhadap kekuatan mekanis komposit rami/polyester*. Fakultas Teknik, Universitas Gajah Mada.

C.Bintoro., (2022). *Justifikasi karakteristik mekanik material bio-composite serat rami epoxy dan deteksi.*, Politeknik Negeri Bandung.

Dhien Kusuma Wardani., (2015). *Pengaruh rasio resin dan hardener terhadap sifat mekanik matrik bahan komposit serat rambut manusia*, Fakultas Teknik, Institut Teknologi Sepuluh nopember.

Hartono, Mochammad Rifai, Handoko Subawi. (2016). *Pengenalan teknik komposit*. Yogyakarta : Deepublish.

Indra Mawardi, Hasrin Lubis. (2019). *Proses manufaktur plastik dan komposit*. Yogyakarta : Penerbit Andi

I Made Laut Mertha Jaya., (2020). *Metode penelitian kuantitatif dan kualitatif: teori, penerapan, dan riset nyata*. Yogyakarta : ANAK HEBAT INDONESIA.

Lies Banowati, Herry Hartopo, Gina Octariyus, Joko Suprianto., (2020). *Analisis perbandingan kekuatan Tarik komposit rami/epoksi dan hybrid rami-E-glass/epoksi*.Fakultas Teknik, Universitas Nortanio Bandung.

Muhammad Najib., (2010). *Optimasi kekuatan Tarik komposit serat rami polyester*. Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Nasmi Herlina Sari., (2019). *Teknologi papan komposit : diperkuat serat kulit jagung*. Yogyakarta : Deepublish.