

## **PENGARUH FRAKSI VOLUME DAN ARAH ORIENTASI SERAT RAMI KOMPOSIT HIBRID SANDWICH FIBRE METAL LAMINATE (FML) BERPENGUAT SERAT CARBON TERHADAP KEKUATAN IMPAK**

**Setyo Wahyu Eko Utomo**

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
Email: setyoutomo16050754036@mhs.unesa.ac.id

**Mochammad Arif Irfai**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
Email: Irfaiunesa@gmail.com

### **Abstrak**

Era globalisasi dan perkembangan teknologi saat ini semakin membuat ketat regulasi pemerintah tentang konsumsi bahan bakar kendaraan, hal ini menuntut produsen otomotif memutar pikiran agar kendaraan yang dibuat dapat memenuhi regulasi tersebut. Salah satu upaya yang dapat ditempuh untuk menghemat konsumsi bahan bakar yaitu adalah penggunaan material *frame chassis* kendaraan yang ringan. Pada saat ini kompositlah yang digadang-gadang menjadi material yang mampu menggantikan peran logam sebagai material utama pada *frame chassis* kendaraan, namun disisi lain komposit murni memiliki kelemahan pada ketahanannya terhadap beban kejutan (*shock load*) yang rendah, meskipun terdapat beberapa *super car* yang menggunakan komposit murni sebagai *frame chassis*, hal tersebut tentu memerlukan biaya produksi yang tidak murah karena serat dan resin komposit yang digunakan merupakan jenis tertentu dengan biaya pembuatan yang mahal. Oleh karena itu komposit perlu dikombinasikan dengan bahan lain seperti aluminium menggunakan metode *Fibre Metal Laminate* (FML) untuk memperbaiki kelemahan tersebut dengan biaya ekonomis. Pada penelitian ini serat yang digunakan merupakan kombinasi antara serat *carbon* dan serat rami (*hybrid*) yang dilaminasi logam *sheet metal aluminium* Al 6061 dengan fraksi volume serat 35% dan 45% pada setiap arah orientasi serat rami 90°, 45°, dan 0° yang diuji kekuatan kejutnya menggunakan pengujian impak.

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan (1) Fraksi volume berpengaruh terhadap impak komposit hibrid *fibre metal laminate* (FML), dengan hasil terbesar terletak pada variasi fraksi volume 45% yang memiliki kekuatan impak sebesar 0,068592 J/mm<sup>2</sup> (2) Arah orientasi serat rami berpengaruh terhadap kekuatan impak komposit FML, dengan hasil terbesar terletak pada arah orientasi serat rami 0° yang menghasilkan nilai kekuatan impak sebesar 0,072819 J/mm<sup>2</sup>.

**Kata Kunci:** *Frame Chassis, Fibre Metal Laminate* (FML), Komposit, Serat Rami.

### **Abstract**

*The era of globalization and increasingly technological developments making government regulations on vehicle fuel consumption stricter, this requires automotive manufacturers to turn their minds to made made who can meet these regulations. One of the efforts that can be taken to save fuel consumption is the use of a lightweight vehicle frame material. Recently, composites are predicted to be a material that can replace the role of metal as the main material on the vehicle chassis frame, but on the other hand, pure composites have a weakness in their resistance on shock loads, even though there are some super cars that use composites. purely as a frame chassis, it certainly requires a production cost that is not cheap because the fiber and composite resin used are a certain type with high manufacturing costs. Therefore composites need to be combined with other materials such as aluminum using the Fiber Metal Laminate (FML) method to correct these weaknesses with economical cost. In this study, the fiber used is a combination of carbon fiber and ramie fiber (hybrid) laminated by aluminum sheet metal Al 6061 with a fiber volume fraction of 35% and 45% in each direction of orientation of ramie fibers 90°, 45°, and 0° and the shock strength will be tested by charpy impact method.*

*Based on the results of the study, it can be concluded that (1) the volume fraction has an effect on the impact strength of the fibre metal laminate hybrid composite (FML), with the greatest result lies in the variation of the volume fraction 45% which has the impact strength of 0.068592 J/mm<sup>2</sup>. (2) The orientation of the ramie fiber has an effect on the impact strength of FML composites, with the greatest result being the orientation of the ramie fiber orientation 0° which results in the impact strength values 0.072819 J/mm<sup>2</sup>*

**Keywords:** *Composite, Frame Chassis, Fibre Metal Laminate* (FML), *Ramie Fibre*

## PENDAHULUAN

Dalam kebijakan industri nasional, industri alat transportasi (otomotif) merupakan salah satu sub-sektor yang diprioritaskan untuk dikembangkan, sehingga diperlukan adanya kebijakan yang kondusif. Dalam kaitan tersebut, Kementerian Perindustrian (Kemenperin) telah menerbitkan kebijakan mengenai mobil murah dan ramah lingkungan atau *low cost green car* (LCGC) yang tertuang dalam Peraturan Menteri Perindustrian No. 33/M-IND/PER/7/2013 tentang Pengembangan Produksi Kendaraan Bermotor Roda Empat yang Hemat Energi dan Harga Terjangkau (Kemenperin, 2013)

Berkaitan dengan peraturan tersebut, maka produsen mobil perlu mengambil langkah terkait dengan jenis material yang digunakan pada produk mereka. Peraturan baru tersebut juga menyatakan bahwa semua produsen mobil diwajibkan untuk mengurangi emisi gas buang pada lingkungan. Dalam industri otomotif pengurangan bobot kendaraan berarti juga mengurangi biaya bahan bakar dan juga akan mengurangi jumlah emisi gas buang kendaraan terhadap lingkungan.

Inovasi pada bidang material dengan mengembangkan material *fibre metal laminate* (FML) untuk penerapan pada *frame chassis* kendaraan merupakan salah satu upaya untuk mengatasi hal tersebut. Material FML merupakan paduan antara material komposit dengan laminasi logam bolak-balik pada setiap *face*/permukaan luarnya (Vieira, 2018).

FML juga dapat disebut sebagai struktur sandwich karena merupakan struktur komposit yang komposisinya simetris (Vieira, 2018). Dalam semua aplikasi FML, kekuatan ikatan *face-core* adalah properti mendasar. Efisiensi mekanis dari FML ditentukan oleh kemampuan daerah antar muka ini untuk mentransfer beban mekanis melalui bahan-bahan penyusunnya. Logam laminasi yang digunakan untuk lapisan permukaan/skin pada komposit FML adalah *sheet metal aluminium* Al 6061.

Tabel 1. Kandungan *Sheet Metal Aluminium* Al 6061

Elemen	Persentase (%)
Aluminium, Al	97,9
Magnesium, Mg	1
Silicon, Si	0,6
Copper, Cu	0,28
Chromium, Cr	0,20

(Sumber : Azo Materials, 2012)

FML tradisional didasarkan pada serat sintetis seperti *carbon*, *E-glass* dan aramid, namun FML alternatif berdasarkan komposit yang diperkuat perpaduan serat sintetis dan alami telah dikembangkan untuk memanfaatkan sumber daya alam yang tersedia. FML baru yang ramah lingkungan berbahan serat hibrid

rami dan *carbon* dengan resin epoksi dikembangkan dalam penelitian ini.

Serat rami merupakan serat alami yang telah banyak dikembangkan sebagai *filler* komposit. Jepang merupakan salah satu negara yang telah memanfaatkan rami sebagai material pada komponen kendaraannya (Leody, 2016).

Tabel 2. Sifat Fisik dan Kimia Serat Rami

Selulosa (% berat)	68,6 – 76,2
Lignin (% berat)	0,6 – 0,7
Hemiselulosa (% berat)	13,1 – 16,7
Pektin (% berat)	1,9
Lilin (% berat)	0,3
Sudut Mikrofibril (°)	7,5
Kadar Air (% berat)	8,0
Kerapatan (g/cm <sup>3</sup> )	1,5

(Sumber: Purwati, 2015)

Kombinasi rami sebagai serat alami dengan serat sintetis menciptakan material komposit yang ringan dengan sifat dan kekuatan mekanis yang unggul (Mohammed dkk, 2018). Serat rami sebagai penguat komposit dipadukan dengan serat *carbon* (*carbon fiber*) untuk meningkatkan sifat dan kekuatan mekanis material komposit dengan massa material yang efisien, karena serat *carbon* merupakan salah satu serat sintetis dengan perbandingan antara massa terhadap kekuatan (*strenght to weight ratio*) yang tinggi. Oleh sebab itu, serat *carbon* dipilih sebagai kombinasi hibrid *sandwich* FML komposit dengan serat rami untuk mendapatkan sifat material yang kuat namun tetap ringan.

Proses pembuatan material pada penelitian ini adalah perpaduan metode *hand lay-up* dan *vacuum assisted resin infusion* (VARI). Penggabungan antara kedua metode ini memiliki kelebihan terhadap lancarnya laju aliran dan distribusi resin yang merata dalam cetakan (*molding*), disamping itu penggunaan metode gabungan ini dinilai lebih ekonomis dibandingkan resin tranfer molding (RTM) yang melibatkan tekanan tinggi (Satrio, 2011).

Berdasarkan uraian tersebut, penulis sangat tertarik untuk melakukan penelitian tentang material komposit hibrid *sandwich fibre metal laminate* (FML). Konsep pemikrian dari penelitian ini adalah penggabungan antara serat sintetis dan alami dengan laminasi logam aluminium Al 6061 menggunakan resin *epoxy bispheno a-epicholohydin*. Penelitian ini akan mengamati bagaimana pengaruh fraksi volume dan arah orientasi serat rami terhadap kekuatan dampak komposit hibrid *sandwich fibre metal laminate* (FML) berpenguat serat *carbon*.

## METODE

Metode pendekatan penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode pendekatan kuantitatif. Metode penelitian kuantitatif dapat diartikan sebagai metode penelitian yang berlandaskan pada filsafat positivisme, digunakan untuk meneliti pada populasi atau sampel tertentu, teknik pengambilan sampel pada umumnya dilakukan secara random, pengumpulan data menggunakan instrumen penelitian, analisis data bersifat kuantitatif statistik dengan tujuan untuk menguji hipotesis yang telah ditetapkan (Sugiyono, 2016). Dalam penelitian kuantitatif terbagi lagi menjadi penelitian eksperimen, deskriptif korelasional, evaluasi, dan lain sebagainya. Pendekatan penelitian yang dipakai dalam pelaksanaan penelitian ini adalah pendekatan penelitian eksperimen. Penelitian eksperimen merupakan metode penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi yang dikendalikan (Sugiyono, 2016).

### Tempat dan Waktu Penelitian

#### • Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Bengkel Garuda Unesa Racing Team (GARNESA) Universitas Negeri Surabaya untuk pembuatan spesimen dan pengujian spesimen dilakukan di laboratorium pengujian bahan Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang.

#### • Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan setelah proposal disetujui, memerlukan waktu antara bulan Maret – Agustus 2020 untuk waktu pelaksanaannya.

### Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

#### • Variabel Bebas (*Independent Variabel*)

Tabel 3. Variabel Bebas

NO	Fraksi Volume	Arah Orientasi Serat Rami
1	35%	0 <sup>0</sup>
2	35%	45 <sup>0</sup>
3	35%	90 <sup>0</sup>
4	45%	0 <sup>0</sup>
5	45%	45 <sup>0</sup>
6	45%	90 <sup>0</sup>

#### • Variabel Terikat (*Dependent Variabel*)

Dalam penelitian ini yang menjadi variabel terikat adalah nilai kekuatan impak speimen komposit hibrid *sandwich fibre metal laminate*.

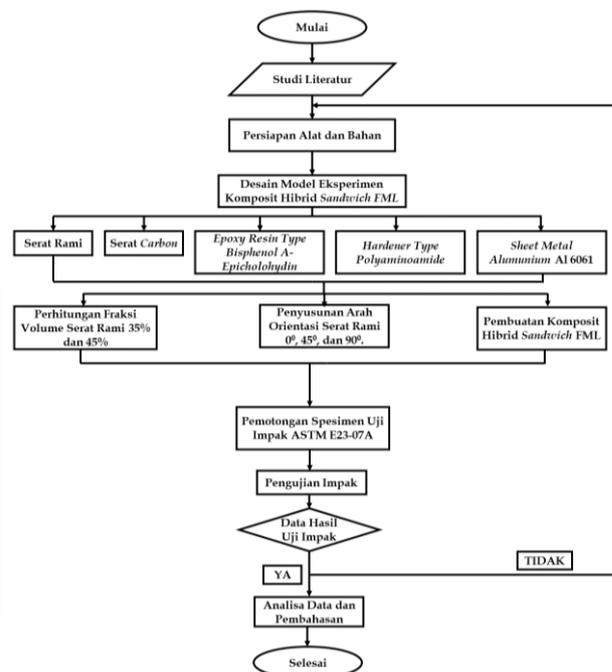
#### • Variabel Kontrol (*Conrol Variabel*)

Variabel kontrol yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis resin, jenis *hardener*, jenis

serat, jenis logam laminasi, orientasi serat *carbon* dan jumlah lamina serat *carbon*.

### Rancangan Penelitian

Tahap-tahap penelitian dilakukan seperti diagram alir (*Flowchart*) dibawah.



Gambar 1. *Flowchart* Penelitian

### Pembuatan Spesimen

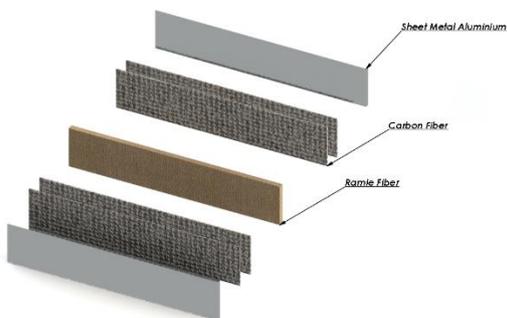
- Alas cetakan yang telah disiapkan diberi pembatas sesuai dengan luasan yang telah ditentukan.
- Pemotongan logam sheet metal aluminium sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan.
- Penggosokan logam sheet metal aluminium dengan kertas gosok ukuran 150 untuk menghilangkan lapisan luar aluminium.
- Seluruh luasan alas cetak dan penutup diolesi *mirror wax glaze*. Hal ini berguna agar benda tidak lengket dengan cetakan.
- Serat ditimbang dengan jumlah sesuai dengan fraksi volumenya terhadap cetakan.
- Menata dan menyusun serat sesuai arah orientasi dan susunan serat sesuai dengan yang telah ditentukan sebelumnya.
- Matrik dan hardener ditimbang sesuai jumlah fraksi volumenya terhadap cetakan.
- Mengaduk matrik dan hardener hingga tercampur secara merata.
- Menyatukan bahan serat dan logam diatas cetakan (*molding*) sambil diberi resin yang sudah tercampur hardener dibantu dengan kuas/spatula.

- meratakan permukaan campuran pada cetakan.
- Membungkus molding dengan *peel ply*, *infusion mesh*, dan *vacuum film* untuk proses VARI.
- Menyambungkan selang pompa *vacuum* pada *molding* dan menyambung selang *molding* pada matrik.
- Menyalakan pompa *vacuum* dan hingga matrik terdistribusi secara merata pada *molding*.
- Setelah matrik terdistribusi secara merata pompa *vacuum* dimatikan, kemudian membiarkan spesimen memadat pada temperatur curing suhu ruangan.
- Spesimen yang telah selesai dicuring kemudian dilepas dari *molding* kemudian dipotong sesuai standar uji impact ASTM E23-07a.
- Spesimen komposit yang telah di potong sesuai ukuran siap untuk dilakukan pengujian impact.

**Susunan Layer Komposit Sandwich FML**

Tabel 4. Susunan Laminasi Komposit FML

Material	Jumlah Layer
Al 6061	2
Serat Carbon	4
Serat Ramie	1



Gambar 2: Susunan Komposit Sandiwich Fibre Metal Laminata (FML)

**Pengujian Impact**

Pengujian impact pada spesimen dilakukan untuk mengetahui ketangguhan komposit hibrid FML terhadap beban kejut (shock load). Pengujian dilakukan dengan standar ASTM E23-07a yang memiliki dimensi panjang, lebar dan ketebalan masing masing 55 mm, 10 mm, dan 8 mm. Nilai ketangguhan impact dapat dihitung dengan rumus dibawah ini.

$$E \text{ serap} : \text{energi awal} - \text{energi akhir} \quad (1)$$

$$: m.g.h1 - m.g.h2 \quad (2)$$

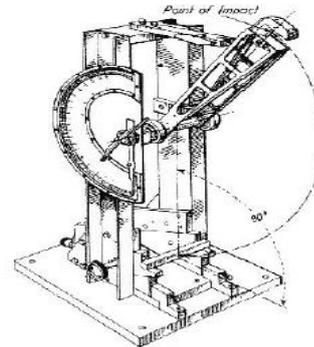
$$: m.g (R \cos \alpha) - m.g (R \cos \beta) \quad (3)$$

E serap : m.g.R (cos  $\beta$ -cos  $\alpha$ ) (4)

Dimana:

E serap : energi serap spesimen (J)

- Harga Impact : harga *impact* spesimen (J/mm<sup>2</sup>)  
 m : massa pendulum (kg)  
 R : panjang lengan (mm)  
 $\alpha$  : sudut ayunan pendulum awal (°)  
 $\beta$  : sudut ayunan pendulum akhir (°)



Gambar 3. Alat Uji Impact

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

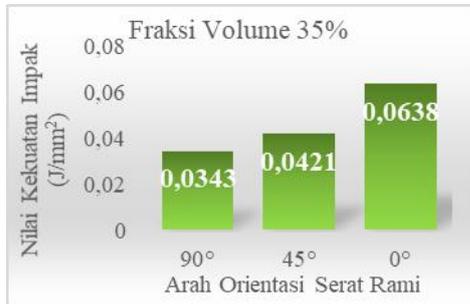
Tabel 5. Data Hasil Uji Impact

Fraksi Volume Serat	Arah Orientasi Serat Rami	Spesimen	Hasil Uji Impact (J/mm <sup>2</sup> )
35%	0°	1	0,072819
		2	0,064132
		3	0,054517
		Rata-rata	0,063823
	45°	1	0,035494
		2	0,043435
		3	0,052483
		Rata-rata	0,043804
	90°	1	0,0265
		2	0,032551
		3	0,043986
		Rata-rata	0,034345
45%	0°	1	0,057987
		2	0,068592
		3	0,068592
		Rata-rata	0,065057
	45°	1	0,05944
		2	0,050414
		3	0,058473
		Rata-rata	0,056109
	90°	1	0,038381
		2	0,043986
		3	0,046704
		Rata-rata	0,043023

Pengujian impact dilakukan menggunakan metode *charpy* dengan masing-masing variasi terdapat tiga spesimen uji yang masing-masing akan dirata-rata

sehingga diketahui pengaruh dari masing-masing variasi tersebut. Berdasarkan data diatas, maka dapat dianalisa pengaruh kekuatan karakteristik dari masing-masing variasi.

• **Analisa Data Nilai Kekuatan Impak Fraksi Volume 35%**



Gambar 4. Grafik Hasil Pengujian Impak Fraksi Volume 35%

Pada Gambar 4 Nilai rata-rata pada arah orientasi serat rami 0° mendapatkan nilai kekuatan impak (J/mm<sup>2</sup>) tertinggi yaitu sebesar 0,0638 J/mm<sup>2</sup>, disusul dengan arah orientasi 45° yaitu menghasilkan nilai 0,0420 J/mm<sup>2</sup>, dan nilai kekuatan impak yang terendah didapatkan dari arah 90° yaitu sebesar 0,0343 J/mm<sup>2</sup>, sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa rata-rata tertinggi nilai kekuatan impak komposit FML dengan fraksi volume 35% terletak pada arah serat rami 0° dan yang terendah adalah pada arah serat rami 90°.

• **Analisa Data Nilai Kekuatan Impak Fraksi Volume 45%**



Gambar 5. Grafik Hasil Pengujian Impak Fraksi Volume 35%

Pada Gambar 5 diatas dapat dilihat nilai rata-rata kekuatan impak komposit *fibre metal laminate* (FML) dengan fraksi volume 45% dan arah serat rami 90°, 45°, dan 90° Nilai rata-rata pada arah orientasi serat rami 0° mendapatkan nilai kekuatan impak (J/mm<sup>2</sup>) tertinggi yaitu sebesar 0,0651 J/mm<sup>2</sup>, disusul dengan arah orientasi 45° yaitu menghasilkan nilai 0,0561 J/mm<sup>2</sup>, dan nilai kekuatan impak yang terendah didapatkan dari arah 90° yaitu sebesar 0,0430 J/mm<sup>2</sup> sehingga dapat ditarik kesimpulan

bahwa rata-rata tertinggi nilai kekuatan impak komposit FML dengan fraksi volume 35% terletak pada arah serat rami 0° dan yang terendah adalah pada arah serat rami 90°.

• **Analisa Data Nilai Kekuatan Impak Pada Arah Orientasi Serat rami 0°**



Gambar 6. Grafik Hasil Pengujian Impak Fraksi Volume 35%

Pada gambar 6 meunjukkan nilai kekuatan impak pada arah orientasi 0° yang menunjukkan bahwa fraksi volume 45% memiliki nilai kekuatan impak yang lebih tinggi yaitu sebesar 0,0651 J/mm<sup>2</sup> dari fraksi volume 35% yang mendapatkan hasil 0,0638 J/mm<sup>2</sup>, maka dengan ini dapat ditarik kesimpulan bahwa pada arah orientasi serat rami 0° nilai kekuatan impak fraksi volume 45% memiliki nilai yang lebih tinggi dai fraksi volume 35%.

• **Analisa Data Nilai Kekuatan Impak Pada Arah Orientasi Serat Rami 45°**



Gambar 7. Grafik Hasil Pengujian Impak Fraksi Volume 35%

Pada gambar 7 meunjukkan nilai kekuatan impak pada arah orientasi 45° yang menunjukkan bahwa fraksi volume 45% memiliki nilai kekuatan impak yang lebih tinggi yaitu sebesar 0,0561 J/mm<sup>2</sup> dari fraksi volume 35% yang mendapatkan hasil 0,0438 J/mm<sup>2</sup>, maka dengan ini dapat ditarik kesimpulan bahwa pada arah orientasi serat rami 0° nilai kekuatan impak fraksi volume 45% memiliki nilai yang lebih tinggi dai fraksi volume 35%.

• **Analisa Data Nilai Kekuatan Impak Pada Arah Orientasi Serat Rami 90°**



Gambar 8. Grafik Hasil Pengujian Impak Fraksi Volume 35%

Pada gambar 8 menunjukkan nilai kekuatan impak pada arah orientasi 90° yang menunjukkan bahwa fraksi volume 45% memiliki nilai kekuatan impak yang lebih tinggi yaitu sebesar 0,0430 J/mm<sup>2</sup> dari fraksi volume 35% yang mendapatkan hasil 0,0343 J/mm<sup>2</sup>, maka dengan ini dapat ditarik kesimpulan bahwa pada arah orientasi serat rami 0° nilai kekuatan impak fraksi volume 45% memiliki nilai yang lebih tinggi dari fraksi volume 35%.

**Uji Stastika**

Pada penelitian kali ini teknik analisis data yang digunakan adalah teknik analisis data deskriptif kuantitatif dimana salah dalam teknik ini peneliti akan memperkirakan atau dengan menentukan besarnya pengaruh secara kuantitatif (Hasan, 201). Untuk membantu memperkirakan dan menentukan besarnya pengaruh dari hasil penelitian ini kami menggunakan aplikasi SPSS 20 dalam aplikasi ini data akan dia analisis menggunakan metode anova ganda (*Two Way Anova*). Sebelum dilakukan pengujian anova, data harus terlebih dahulu dipastikan bahwa data dari masing-masing variasi berdistribusi normal, sama (homogen), dan sampel tidak berhubungan satu dengan yang lain (tidak homogen). Oleh karena, itu perlu dilakukan uji normalitas dan uji homogenitas terlebih dahulu.

**Uji Normalitas**

Berikut ini adalah hasil uji normalitas yang dihasilkan oleh aplikasi SPSS 20 dengan metode residual anova *two way*.

Tabel 6. Hasil Uji Normalitas Pengujian Impak

Tests of Normality						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Impak	.111	18	.200 <sup>*</sup>	.937	18	.261

Dari hasil uji normalitas diatas dapat diketahui apakah masing-masing variabel terdistribusi normal atau tidak. Hasil pengujian didapatkan variabel memiliki nilai sig. 0,261 yang berarti nilainya diatas 0,05 sehingga dapat dikatakan bahwa data hasil pengujian impak terdistribusi normal.

**Uji Homogenitas**

Berikut ini adalah tabel uji homgenitas dari data pengujian impak yang dihasilkan oleh aplikasi SPSS 20 dengan metode *Levene's Test Equality of Error Variance*.

Tabel 7. Hasil Uji Homogenitas Pengujian Impak

Levene's Test of Equality of Error Variances <sup>a</sup>			
Dependent Variable: Kekuatan Impak			
F	df1	df2	Sig.
.440	5	12	.812

Uji homogenitas dapat digunakan untuk mengetahui apakah sampel homogen atau tidak. Hasil pengujian didapatkan nilai sig. sebesar 0,812 yang berarti diatas 0,05 sehingga dapat dikatakan bahwa data hasil impak homogen.

**Uji Anova**

Analisa menggunakan metode anova berganda harus memiliki hipotesa sebelum dapat menarik sebuah simpulan, hipotesa yang diajukan adalah

- Ho

Tidak ada pengaruh yang signifikan antara fraksi volume dan arah orientasi serat rami komposit hibrid *sandwich* berpenguat serat *carbon* yang dilaminasi logam berdasarkan metode FML terhadap kekuatan impak.

- Ha

Terdapat pengaruh yang signifikan antara fraksi volume dan arah orientasi serat rami komposit hibrid *sandwich* berpenguat serat *carbon* yang dilaminasi logam berdasarkan metode FML terhadap kekuatan impak.

Tabel 8. Hasil Uji Anova Pengujian Impak

Tests of Between-Subjects Effects					
Dependent Variable: Kekuatan Impak					
Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.002 <sup>a</sup>	5	.000	8.925	.001
Intercept	.047	1	.047	892.717	.000
X1	.000	1	.000	4.701	.045
X2	.002	2	.001	19.051	.000
Total	.050	18			

Dasar pengambilan keputusan anova ganda adalah perbandingan p hitung dengan signifikansi  $\alpha = 5\%$  (0,05). Nilai Sig. hasil hitung pada tabel 4.9 adalah 0,000 dan 0,045, maka dapat ditarik keputusan bahwa  $H_0$  ditolak dan  $H_a$  diterima, atau dengan kata lain terdapat pengaruh yang signifikan antara fraksi volume dan arah orientasi serat rami komposit hibrid *sandwich* berpenguat serat *carbon* yang dilaminasi logam berdasarkan metode FML terhadap kekuatan impact.

**Bentuk Patahan Hasil Uji**

Tabel 9. Patahan Hasil Pengujian Impact

Pengujian	Jenis Patahan	
IMPAK		
	<i>Brittle-To-Ductile Transition</i>	<i>Brittle</i>

*Brittle-To-Ductile Transition* merupakan patahan transisi antara patah getas (*brittle*) menuju ke jenis patahan ulet (*ductile*) hal ini dapat dilihat dari gambar permukaan patahan yang relative tampak berserat (atau karakter geser), terjadi *necking* yang mengarah ke ulet namun patah mempunyai tekstur granular (mengkilap) yang cenderung mengarah ke patah getas. Sehingga dapat di klasifikasikan pada jenis patah transisi.

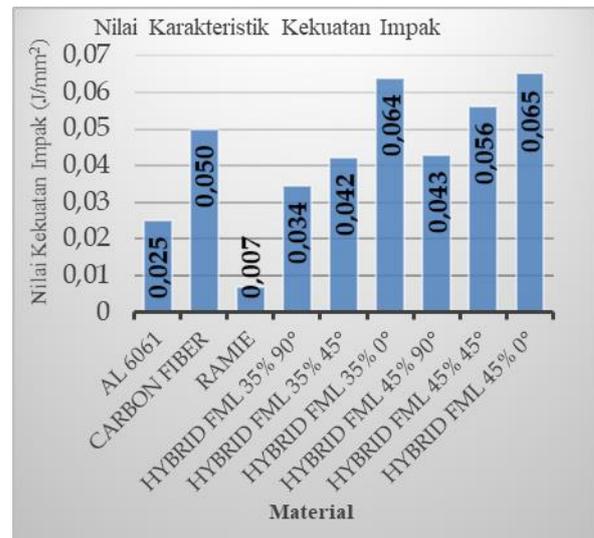
*Brittle* merupakan patahan yang relative mempunyai tekstur granular (mengkilap) dan karakter pembelahan yang cenderung mengarah ke patah getas yang dapat dilihat pada gambar, Sehingga dapat di klsifikasikan pada jenis patah getas (*brittle*).

**Karakteristik Kekuatan Impact Material**

Pada komposit hibrid *sandwich fibre metal laminate* (FML) memiliki beberapa material penyusun yang masing-masing memiliki karakteristik kekuatannya tersendiri dan keika material menerima distribusi beban mekanis dalam pengujian impact, nilai kekuatan dari masing-masing material memiliki peranan dalam hasil nilai karakteristik komposit hibrid FML yang ditunjukkan oleh data dan grafik dibawah.

Tabel 10. Patahan Hasil Pengujian Impact

Material Penyusun	Kekuatan Impact (J/mm <sup>2</sup> )	Sumber
Al 6061	0,025	M.Sateesh, 2018
Carbon	0,05	O. Flasar, 2017
Rami	0,007	Irawan, 2011



**Gambar 8:** Grafik Nilai Kekuatan Impact Komposit Hibrid FML dan Penyusunnya

Pada grafik diatas menunjukkan distribusi nilai kekuatan impact (j/mm<sup>2</sup>) dari masing-masing penyusun komposit hibrid FML. Serat rami mendapatkan peningkatan paling tinggi yaitu sebesar 9,28 kali lipat dari kekuatan murninya, kemudian Al 6061 mendapatkan peningkatan kekuatan impact sebesar 2,6 kali lipat dan serat *carbon* memiliki peningkatan sebesar 1,3 kali lipat dari kekuatan impact murninya.

**PENUTUP  
Simpulan**

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan pengaruh fraksi volume 35% dan 45% dengan dengan arah orientasi serat rami 0°, 45°, dan 90° maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Fraksi volume berpengaruh signifikan terhadap nilai kekuatan impact hasil spesimen komposit hibrid *fibre metal laminate* (FML). Hasil terbesar terletak pada variasi fraksi volume 45% yang memiliki kekuatan impact 0,068592 J/mm<sup>2</sup>, sedangkan nilai kekuatan impact terendah dihasilkan oleh fraksi volume 35% dengan hasil kekuatan impact 0,0265 J/mm<sup>2</sup>.
- Arah orientasi serat rami berpengaruh signifikan terhadap kekuatan impact hasil komposit FML, dimana kekuatan impact mengalami peningkatan seiring mengecilnya arah orientasi serat rami dari 90°, 45°, dan 0°. Hasil terbesar terletak pada arah orientasi serat rami 0° yang menghasilkan nilai kekuatan impact sebesar 0,072819 J/mm<sup>2</sup>, sedangkan nilai kekuatan impact terendah dihasilkan oleh arah orientasi serat rami 90° dengan hasil nilai kekuatan impact sebesar 0,0265 J/mm<sup>2</sup>.

## Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka diperoleh saran sebagai berikut:

- Pada penelitian selanjutnya sebaiknya perlu ditambahkan *waterpass* untuk mengecek kemiringan cetakan agar lebih presisi dan mempunyai *alignment* yang baik sehingga mengurangi trouble pada pembuatan spesimen komposit hibrid *fibre metal laminate* (FML).
- Penggunaan sarung tangan *latex* sebaiknya diganti dengan sarung tangan plastik karena dinilai sarung tangan *latex* terlalu mahal dan hanya dapat digunakan satu kali pakai.
- Variabel bebas pada penelitian ini adalah pada fraksi volume 35%, 45% dan arah orientasi serat rami  $0^{\circ}$ ,  $45^{\circ}$ ,  $90^{\circ}$  sehingga pada penelitian selanjutnya perlu diketahui parameter-parameter lainnya diantaranya adalah temperatur curing, jenis resin, dan jenis *sheet metal*.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Dr. Soeryanto, M.Pd. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin di Universitas Negeri Surabaya, Priyo Heru Adiwibowo, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Mesin di Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya, Mochamad Arif Irfai, S.Pd., M.T. selaku dosen pembimbing, Prof. Dr. Ir. Aisyah Endah Palupi, M.Pd. selaku dosen penguji 1, Akhmad Hafizh Ainur Rasyid, S.T., M.T. selaku dosen penguji 2 serta teman-teman Garnesa Racing Team yang memberikan tempat dan fasilitas penelitian.

## DAFTAR PUSTAKA

Azo Material *Book Specification for Al 6061*, 2017, Azo Materials Copyright.

Hasan, 2006. "Analisis Data Penelitian dengan Statistik". Jakarta: Bumi Aksara

Irawan, 2011, "*Tensile and Flexural Strength of Ramie Fiber Reinforced Epoxy Composites for Socket Prosthesis Application*", in *International Journal of Mechanical and Materials Engineering (IJMME)*, Vol.6, No.1, 46-50

Kemenperin RI, 2013," Peraturan Kementerian Perindustrian Republik Indonesia tentang LCGC (*low cost green car*) No. 33/M-IND/PER/7/2013. Tersedia pada [www.kemenperin.go.id](http://www.kemenperin.go.id).

Leody, 2016, "Analisis Komposit Dengan Penguat Serat Rami 405 dan Serbuk Kayu Sengon 60% pada Fraksi Volume 40%, 50%, 60% Bermatrik Resin *Polyester* Untuk Panel Akustik",

Mohammed, 2018. "*Mechanical Properties Of Fibre-Metal Laminates Made Of Natural/ Synthetic Fibre Composites*" dalam *Bioresource Page* 2022-2034.

M. Satheesh, 2018, "*Flexural Strength Behavior of Al 6061 matrix Reinforced with SiC and Coconut Shell Ash*", SSRJ-IJME 605014, India.

O. Flasar, 2017, "*Experimental Investigation of CFRP Impact Toughness and Failures Modes*", AIMT Vol 13 No.1.

Purwati, 2015, "Strategi Pengembangan Rami (*Boehmeria nivea Gaud.*)", *Perspektif* Vol. 9 No. 2. Hlm 106 – 118 ISSN: 1412-8004

Satrio, 2011, "Penggunaan Metode *Vacuum Asisted Resin Infusion* Pada Bahan Uji Komposit *Sandwich* Untuk Aplikasi Kapal Bersayap WISE-8", Fakultas Ilmu Matematika dan Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.

Sugiyono, 2016. "Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D". diproduksi di Bandung: PT Alfabet.

Vieiera, 2018. "*Evaluation of Mechanical Properties Of Low Cost FMLs Fabricated With Coir Fibre-Reinforced Composites*" dalam *4th Brazilian Conference on Comoposite Material*, Rio De Janaero.