

PENGARUH FRAKSI VOLUME DAN ARAH SERAT KOMPOSIT HIBRID *FIBRE METAL LAMINATE* (FML) BERMATRIK *POLYESTER 157 BQTN-EX* TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN BENDING

Muhammad Syahrul Faiz

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: muhammadfaiz16050754033@mhs.unesa.ac.id

Novi Sukma Drastiawati

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: novidrastiawati@unesa.ac.id

Abstrak

Perkembangan olah raga dari masa ke masa terus mengalami evolusi dalam berbagai aspek. Pada jaman dahulu, olah raga mengandalkan kekuatan pikiran dan otot. Tapi, di jaman sekarang, untuk meningkatkan performa para atlet, perangkat olah raga kian dikembangkan. Ketatnya persaingan dalam olah raga beriringan dengan meningkatnya jumlah atlet. Di cabang tenis, perangkat yang dikembangkan secara serius adalah raket. Untuk mengembangkan inovasi pada material raket tenis, maka perlu adanya inovasi pada bidang material maju, salah satunya adalah komposit hibrid (*hybrid composite*) yang dilaminasi dengan metode *Fibre Metal Laminate* (FML). Sifat dan kekuatan mekanis komposit hibrid FML dipengaruhi oleh beberapa faktor salah satunya adalah arah serat dan fraksi volume serat. Untuk mendapatkan kombinasi arah serat dan fraksi volume yang tepat, maka perlu adanya banyak penelitian yang dilakukan. Penelitian ini menggunakan jenis penelitian eksperimen dengan membuat bahan komposit hibrid FML dengan skin komposit Aluminium Al 6061 dan laminasi berpenguat serat rami dan *e-glass* dengan fraksi volume 40%, 60% dan Arah serat 0°, 90°.

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan (1) Arah orientasi serat berpengaruh terhadap kekuatan tarik dan bending komposit hibrid FML. Arah serat 0° mendapatkan hasil yang lebih besar daripada arah serat 90° yaitu dengan nilai kekuatan tarik rata-rata sebesar 98,7098925 Mpa dan kekuatan bending rata-rata sebesar 159,659941 Mpa. (2) Fraksi volume berpengaruh terhadap kekuatan tarik dan bending komposit hibrid FML. Fraksi volume 60% mendapatkan hasil yang lebih besar daripada fraksi volume 40% yaitu dengan nilai kekuatan tarik rata-rata sebesar 96,5237385 Mpa dan kekuatan bending rata-rata 148,808563 Mpa. (3) Paduan yang optimum antara arah serat dan fraksi volume yang memperoleh nilai kekuatan tarik dan bending terbesar yaitu pada arah serat 0° dan fraksi volume 60% dengan nilai kekuatan tarik rata-rata sebesar 115,2694 Mpa dan nilai kekuatan bending rata-rata sebesar 164,9409 Mpa.

Kata Kunci : *Fibre Metal Laminate* (FML), Komposit Hibrid, Uji Tarik, Uji bending

Abstract

The development of sports from time to time continues to evolve in various aspects. In the past, sports only relied on muscle and mind strength. However, in an era where technology has become part of the necessities of life as it is now, sporting equipment has finally been developed to improve the performance of sports players. The increasing number of athletes will certainly have an impact on the intense competition. In tennis, one of the most seriously developed devices is a racket. To develop innovations in tennis racket material, it is necessary to innovate in the field of advanced materials, one of which is a hybrid composite laminated by the Fiber Metal Laminate (FML) method. The properties and mechanical strength of FML hybrid composites are influenced by several factors, one of which is the fiber direction and fiber volume fraction. To get the right combination of fiber direction and volume fraction, it is necessary to do a lot of research. This research uses experimental research by making hybrid composite materials of FML with aluminum Al 6061 composite skin and laminate reinforced with hemp and e-glass fibers with a volume fraction of 40%, 60% and a fiber direction of 0°, 90°.

Based on the results of the study, it can be concluded (1) The direction of fiber orientation affects the tensile strength and bending strength of the FML hybrid composite. The direction of the 0° fiber gets greater results than the direction of the 90° fiber, with an average tensile strength value of 98.70Mpa and

an average bending strength of 159.65Mpa. (2) The volume fraction affects the tensile and bending strength of the FML hybrid composite. The volume fraction of 60% gets greater results than the volume fraction of 40%, with an average tensile strength value of 96.52MPa and an average bending strength of 148.80Mpa. (3) The optimum alloy between the direction of the fiber and the volume fraction that obtained the highest tensile strength and bending strength values is in the direction of the fiber 0° and the volume fraction of 60% with an average tensile strength value of 115.26MPa and an average bending strength value 164,94Mpa.

Keywords : Fibre Metal Laminate (FML), Hybrid Composite, Tensile test, bending test

PENDAHULUAN

Penggunaan material komposit sekarang ini semakin berkembang seiring meningkatnya penggunaan bahan komposit yang kian meningkat pula. Komposit mempunyai keunggulan tersendiri dibandingkan dengan bahan teknik alternatif lain seperti ringan, kuat, tahan korosi dan ekonomis. Untuk mengembangkan inovasi pada material komposit, maka perlu adanya inovasi pada bidang material maju, salah satunya adalah komposit hibrid *fibre metal laminate* (FML). *Fibre metal laminates* (FML) merupakan struktur komposit hibrid yang komponen penyusunnya merupakan lembaran logam paduan dan lapisan serat sebagai penguat (Sinmazçelik dkk, 2011). Komposit hibrid FML memiliki susunan skin alumunium dan dua jenis atau lebih *filler* penguat dalam satu matrik. Hal tersebut membuat sifat dan kekuatan mekanis komposit hibrid FML lebih baik daripada komposit yang terdiri dari satu jenis penguat (penguatan tunggal). Logam laminasi yang digunakan untuk lapisan skin pada komposit FML adalah Al 6061. FML hibrid rami dan *e-glass* ramah lingkungan dengan resin *polyester 157 BQTN-EX* dikembangkan dalam penelitian ini.

Tabel 1. Mechanical Properties Sheet Metal Alumunium Al 6061

Modulus Elastisitas (E), Gpa	Kekuatan Tarik (σ), Mpa	Perpanjangan (ϵ), %
68,9	124-190	12-25

(Sumber: Hatch, John, 1984)

Kombinasi serat alam dengan serat sintetis menciptakan material komposit yang ringan dengan sifat dan kekuatan mekanis yang unggul (Mohammed, 2016). Indonesia memiliki potensi yang cukup besar untuk mengembangkan rami karena memiliki lahan yang relatif luas dan iklim yang cocok untuk tanaman rami. Serat rami mudah didapatkan di Indonesia dengan harga yang relatif murah dan memiliki keunggulan yaitu ringan dan kekuatan tariknya yang kuat

Tabel 2. Sifat Fisik dan Kimia Serat Rami

Karakter	Nilai
Selulosa (% berat)	68,6 -76,2
Lignin (% berat)	0,6 -0,7
Kerapatan (mg/m ³)	1,5
Pektin (% berat)	1,9
Hemiselulosa (% berat)	13,1-16,7
Lilin (% berat)	0,3
Sudut mikrofibril (°)	7,5
Kadar air (% berat)	8,0

(Sumber: Purwati, D.R, 2015)

Serat rami sebagai penguat komposit dipadukan dengan serat *E-glass* yang memiliki kekuatan tarik, tekan dan geser yang cukup tinggi. Oleh sebab itu, serat rami dan *E-glass* dipilih sebagai kombinasi komposit hibrid yang dilaminasi alumunium dengan metode *Fibre Metal laminates* (FML).

Di cabang tenis, perangkat yang dikembangkan secara serius adalah raket. Sekarang bahan dasar yang dipakai untuk membentuk raket sangat beragam. Sebagian menggunakan grafit dan *fiberglass*. Tetapi untuk grafit dan *fiberglass* mempunyai dampak negatif yang berdampak terhadap lingkungan. Penggunaan serat sintetis dapat digantikan dengan serat rami sebagai bahan pembuatan raket tenis. Komposit hibrid FML menawarkan produk yang lebih ramah lingkungan, ulet, kuat namun tetap ringan.

Berdasarkan uraian tersebut, maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian tentang material komposit hibrid *fibre metal laminate* (FML) yang dibuat secara *hand lay up*. Konsep dari penelitian ini adalah penggabungan antara serat alam dan sintetis dengan laminasi logam alumunium Al 6061 menggunakan resin *polyester 157 BQTN-EX* yang nantinya akan diamati bagaimana pengaruh fraksi volume dan arah serat terhadap kekuatan tarik dan *bending* komposit hibrid *fibre metal laminate* (FML).

METODE

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode pendekatan kuantitatif. Dalam penelitian kuantitatif terbagi lagi menjadi penelitian eksperimen, deskriptif korelasional, evaluasi, dan lain sebagainya.

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian eksperimen, yaitu metode untuk mencari pengaruh dari perlakuan tertentu (sugiyono, 2018). Penelitian dilakukan dalam kondisi yang terkontrol dan peralatan yang disesuaikan.

Tempat dan Waktu Penelitian

• **Tempat Penelitian**

Penelitian dilaksanakan di GARNESA Universitas Negeri Surabaya dan pengujian spesimen dilakukan di laboratorium pengujian bahan Teknik Mesin Polteknik Negeri Malang (POLINEMA).

• **Waktu Penelitian**

Penelitian dilakukan antara bulan Agustus – Desember 2020.

Variabel Penelitian

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

Tabel 3. Variabel Bebas

NO	Fraksi Volume	Arah Serat Rami
1	40%	0 ⁰
2	40%	90 ⁰
3	60%	0 ⁰
4	60%	90 ⁰

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

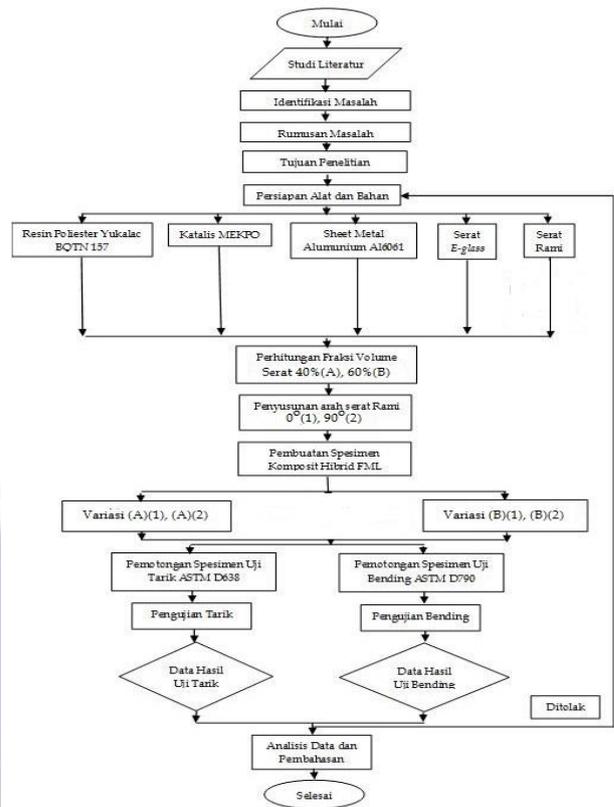
Variabel terikat pada penelitian ini adalah nilai kekuatan tarik dan bending spesimen komposit hibrid *fibre metal laminate*.

• **Variabel Kontrol (*Control Variabel*)**

Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah jenis serat yang digunakan, jenis *hardener* yang digunakan, jenis logam laminasi, serat *e-glass* dan jumlah laminasi serat *e-glass*.

Rancangan Penelitian

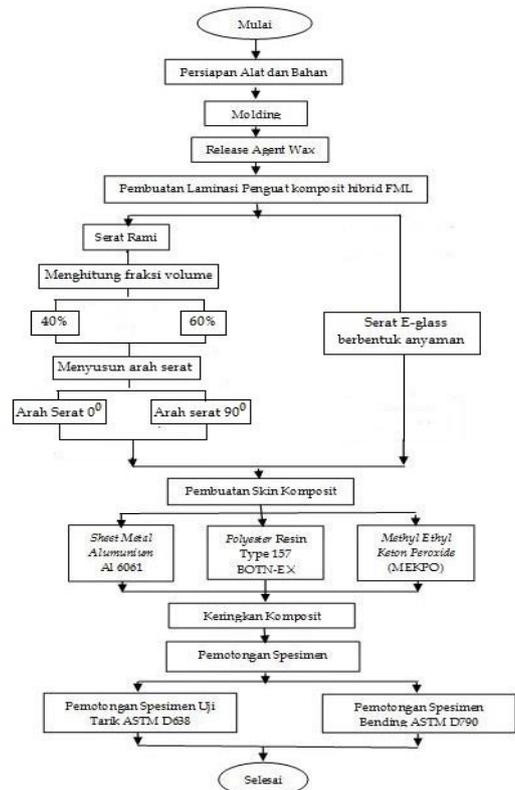
Tahap-tahap penelitian seperti *Flowchart* dibawah.



Gambar 1. *Flowchart* Penelitian

Pembuatan Spesimen

Berikut adalah *flowchart* pembuatan komposit hibrid FML.



Gambar 2. Proses pembuatan komposit hibrid FML.

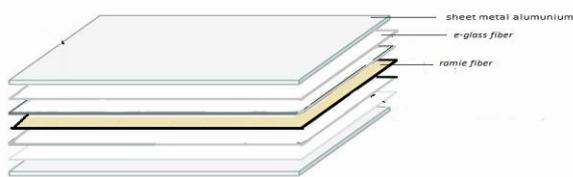
Langkah-langkah pembuatan spesimen komposit adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan alas cetakan atau *molding*.
2. Alas cetak dan penutup dibersihkan dari kotoran.
3. Pemotongan Al 6061 sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan.
4. Selanjutnya cetakan diberi *mirror wax glaze* agar spesimen tidak lengket.
5. Menghitung fraksi volume seperti yang sudah ditentukan
6. Menyusun laminasi komposit sesuai yang telah ditentukan.
7. Menyusun serat sesuai arah yang ditentukan
8. Mencampur matrik dan *hardener* hingga rata.
9. Meratakan permukaan campuran pada cetakan.
10. Proses pengeringan komposit sembari memberi beban diatas cetakan agar resin terdistribusi secara merata
11. Memotong spesimen sesuai standar uji tarik ASTM D638-03 dan uji bending ASTM D790-03.
12. Spesimen komposit yang telah di potong sesuai ukuran siap untuk dilakukan pengujian tarik dan bending.

Susunan Layer Komposit hibrid FML

Tabel 4. Susunan Laminasi Komposit FML

Material	Jumlah Layer
Al 6061	2
Serat e-glass	4
Serat Ramie	1



Gambar 3. Susunan Komposit hibrid Fibre Metal Laminata (FML)

Pengujian Tarik

Pengujian dilakukan dengan standar ASTM D638 yang memiliki dimensi panjang, lebar dan ketebalan masing masing 165mm, 19mm, dan 8mm.

Nilai kekuatan tarik dapat dihitung dengan rumus dibawah ini.

$$\sigma = \frac{P}{A} \tag{1}$$

Keterangan :

σ = Tegangan tarik (MPa)

P= Beban yang diberikan (N)

A = Luas penampang yang dibebankan (mm²)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 5. Data Hasil Uji Tarik

Fraksi Volume Serat	Arah Serat Rami	Spesimen	Nilai Kekuatan Tarik (Mpa)
40%	0°	1	87,44
		2	73,21
		3	85,78
		Rata - rata	82,15
	90°	1	60,68
		2	61,75
		3	65,45
		Rata - rata	62,63
60%	0°	1	121,8
		2	115,01
		3	108,98
		Rata - rata	115,26
	90°	1	67,39
		2	83,22
		3	82,71
		Rata - rata	77,77

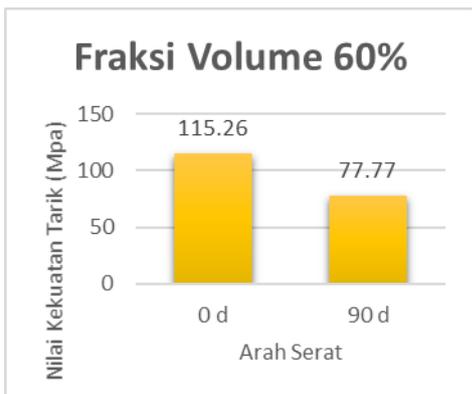
Analisa Data Nilai Kekuatan Tarik Volume 40%



Gambar 4. Grafik Hasil Pengujian Tarik Fraksi Volume 40%

Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat hubungan antara fraksi volume 40% dan arah orientasi serat terhadap nilai kekuatan tarik, dimana arah serat 0° mempunyai nilai kekuatan tarik yang lebih tinggi daripada arah serat 90° yaitu sebesar 82,15 Mpa, sedangkan arah serat 90° hanya sebesar 62,63 Mpa.

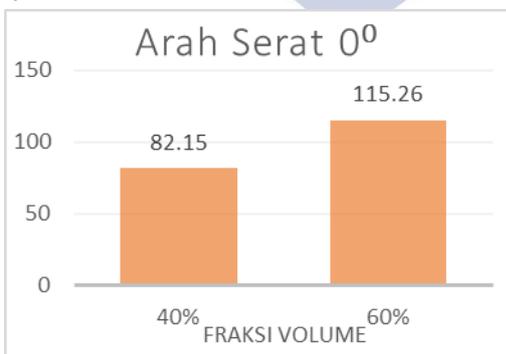
• **Analisa Data Nilai Kekuatan Tarik Fraksi Volume 60%**



Gambar 5. Grafik Hasil Pengujian Tarik Fraksi Volume 60%

Pada kedua analisa diatas dapat disimpulkan material komposit merupakan material yang kekuatannya dipengaruhi oleh arah seratnya (anisotropic) (Nurmagawati,2008). Grafik 5. menunjukkan bahwa arah orientasi serat 0° lebih baik dari pada arah orientasi serat 90°, hal ini disebabkan oleh arah orientasi serat (penguat) pada sudut 0° memiliki pendistribusian beban yang lebih merata dari pada arah orientasi serat 90°. Pada arah 0° beban yang diterima material cenderung didistribusikan ke arah sepanjang material, sedangkan pada arah orientasi serat 90° beban yang diterima material cenderung terkumpul dititik tengah pembebanan, sehingga material akan lebih mudah mengalami kegagalan.

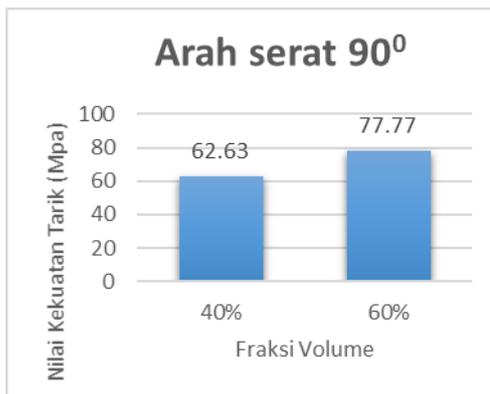
• **Analisa Data Nilai Kekuatan Tarik Pada Arah Serat rami 0°**



Gambar 6. Grafik Hasil Pengujian Tarik Arah Serat 0°

Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat hubungan antara arah serat 0° dan fraksi volume terhadap nilai kekuatan tarik, dimana fraksi volume 60% mempunyai nilai kekuatan tarik yang lebih tinggi daripada fraksi volume 40% yaitu sebesar 115,26 Mpa, sedangkan fraksi volume 40% hanya sebesar 82,15 Mpa.

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



Gambar 7. Grafik Hasil Pengujian Tarik Arah Serat 90°

Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat hubungan antara arah serat 90° dan fraksi volume terhadap nilai kekuatan tarik, dimana dimana fraksi volume 60% mempunyai nilai kekuatan tarik yang lebih tinggi daripada fraksi volume 40% yaitu sebesar 77,77Mpa, sedangkan fraksi volume 40% hanya sebesar 62,63 Mpa.

Fraksi volume adalah perbandingan antara serat (penguat) dan matriks yang digunakan untuk membuat komposit. Fungsi matriks adalah mendistribusikan beban ke seluruh material penguat komposit, sedangkan serat merupakan penguat yang menopang beban paling besar yang diterima oleh material. dari kedua analisa diatas dapat disimpulkan bahwa naiknya presentase fraksi volume serat disebabkan oleh bertambahnya serat (penguat) pada komposit diiringi dengan meningkatnya nilai kekuatan tarik (Rusmiyanto, 2007).

Pengujian Bending

Pengujian dilakukan dengan standar ASTM D790 yang memiliki dimensi panjang, lebar dan ketebalan masing masing 126mm, 12,7mm, dan 8mm.

Nilai kekuatan *bending* dapat dihitung dengan rumus dibawah ini.

$$\sigma = \frac{3PL}{2bd^2} \tag{1}$$

Keterangan :

σ = Tegangan bending (MPa)

P = Beban Maksimal (N)

L = lebar span (mm)

b = lebar spesimen (mm)

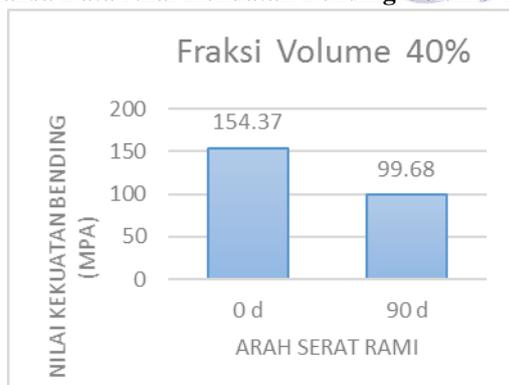
d = tebal spesimen (mm)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 6. Data Hasil Uji Bending

Fraksi Volume Serat	Arah Serat Rami	Spesimen	Tegangan Bending (Mpa)
40%	0°	1	148,45
		2	158,00
		3	154,52
		Rata - rata	154,37
	90°	1	91,15
		2	109,38
		3	98,53
		Rata - rata	99,68
60%	0°	1	157,13
		2	173,62
		3	164,07
		Rata - rata	164,94
	90°	1	126,74
		2	138,46
		3	132,82
		Rata - rata	132,67

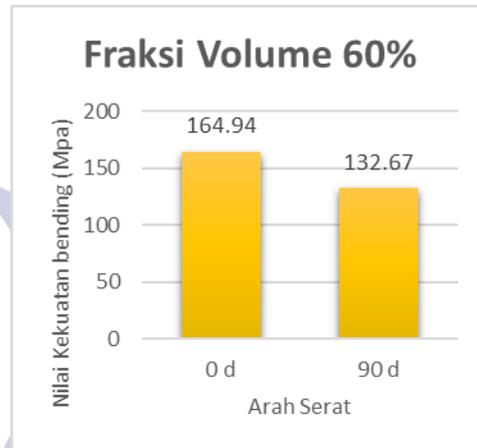
- Analisa Data Nilai Kekuatan Bending Volume 40%



Gambar 8. Grafik Hasil Pengujian Bending Fraksi Volume 40%

Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat hubungan antara fraksi volume 40% dan arah orientasi serat terhadap nilai kekuatan bending, dimana arah serat 0° mempunyai nilai kekuatan bending yang lebih tinggi daripada arah serat 90° yaitu sebesar 154,37Mpa, sedangkan arah serat 90° hanya sebesar 99,68 Mpa.

- Analisa Data Nilai Kekuatan Bending Fraksi Volume 60%

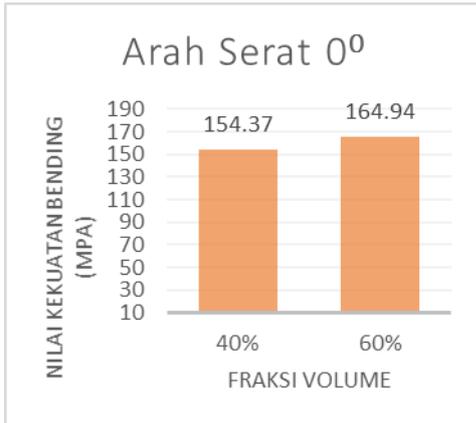


Gambar 9. Grafik Hasil Pengujian Bending Fraksi Volume 60%

Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat hubungan antara fraksi volume 60% dan arah orientasi serat terhadap nilai kekuatan bending, dimana arah serat 0° mempunyai nilai kekuatan bending yang lebih tinggi daripada arah serat 90° yaitu sebesar 164,94Mpa, sedangkan arah serat 90° hanya sebesar 132,67 Mpa.

Pengujian bending (*flexural load*) merupakan pengujian dengan beban bertahap yang akan dapat mengetahui nilai kuat lentur spesimen (Mpa) hingga titik maksimal sebelum mengalami kegagalan, tentu saja besar kekuatan *bending* tergantung pada jenis material dan pembebanan (ASTM D790-03 Standard *Flexural Test*). Pada arah serat 0° susunan makroskopis dalam material memiliki kuat bending (Mpa) yang lebih tinggi daripada arah serat 90° karena pada arah tersebut matriks (resin) lebih banyak mengalami pembebanan disebabkan oleh rongga jarak antar serat penguat, sedangkan pada arah serat 0° susunan serat memanjang dari kiri kekanan sehingga membuat pembebanan secara berimbang diterima oleh serat penguat dan resin sebagai matriks.

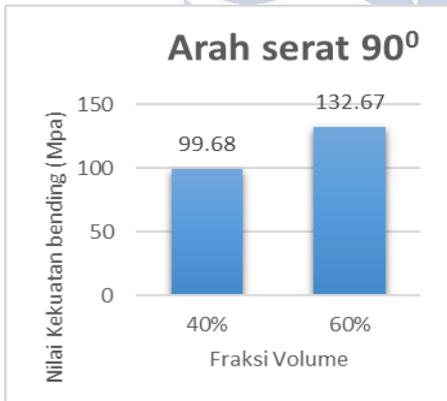
• Analisa Data Nilai Kekuatan Bending Pada Arah Serat rami 0°



Gambar 10. Grafik Hasil Pengujian Bending Arah Serat 0°

Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat hubungan antara arah serat 0° dan fraksi volume terhadap nilai kekuatan bending, dimana dimana fraksi volume 60% mempunyai nilai kekuatan bending yang lebih tinggi daripada fraksi volume 40% yaitu sebesar 164,94 Mpa, sedangkan fraksi volume 40% hanya sebesar 154,37 Mpa.

• Analisa Data Nilai Kekuatan Bending Pada Arah Serat Rami 90°



Gambar 11. Grafik Hasil Pengujian Bending Arah Serat 90°

Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat hubungan antara arah serat 90° dan fraksi volume terhadap nilai kekuatan bending, dimana dimana fraksi volume 60% mempunyai nilai kekuatan bending yang lebih tinggi daripada fraksi volume 40% yaitu sebesar 132,67Mpa, sedangkan fraksi volume 40% hanya sebesar 99,68 Mpa.

Pada pengujian bending (*flexural test*) spesimen ditumpu oleh tiga titik pembebanan, dimana dua titik di samping kiri dan kana berfungsi sebagai span dan titik tengah adalah titik utama pembebanan.

Pada fraksi volume 60% jumlah serat penguat yang ada pada material lebih besar daripada fraksi volume 40%, hal inilah yang membuat spesimen uji bending pada fraksi volume 60% mendapatkan nilai kekuatan bending yang lebih tinggi.

Uji Statistik

Tabel 7 Hasil Uji Normalitas Pada Pengujian Tarik

Y1	X1	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Y1	40% 0	.347	3		.836	3	.204
	40% 90	.303	3		.909	3	.413
	60% 0	.182	3		.999	3	.935
	60% 90	.375	3		.774	3	.054

Tabel 8 Hasil Uji Normalitas Pada Pengujian Bending

Y1	X1	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Y1	40, 0	.238	3		.976	3	.703
	40, 90	.217	3		.988	3	.791
	60, 0	.209	3		.992	3	.826
	60, 90	.178	3		1.000	3	.959

Apabila nilai sig. lebih dari 0,05 maka data terdistribusi secara normal

Tabel 9. Hasil Uji Homogenitas Pada Pengujian Tarik

Levene's Test of Equality of Error Variances^a
 Dependent Variable: Kekuatan Tarik

F	df1	df2	Sig.
1.942	3	8	.201

Tabel 10. Hasil Uji Homogenitas Pada Pengujian Bending

Levene's Test of Equality of Error Variances^a
 Dependent Variable: Kekuatan Bending

F	df1	df2	Sig.
.440	3	8	.730

Apabila nilai sig. lebih besar dari 0,05, maka data ditanyakan homogeny.

Tabel 11. Hasil Uji Anova Pengujian tarik

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4426.975	3	1475.658	31.258	.000
Within Groups	377.676	8	47.209		
Total	4804.651	11			

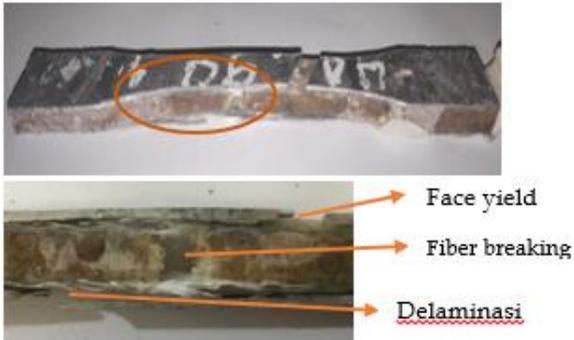
Tabel 12. Hasil Uji Anova Pengujian Bending

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	7400.723	3	2466.908	46.911	.000
Within Groups	420.699	8	52.587		
Total	7821.422	11			

Apabila nilai $\text{sig} < 0,05$, maka H_0 ditolak H_a diterima. Maka terdapat pengaruh yang signifikan antara fraksi volume dan arah serat komposit hibrid FML.

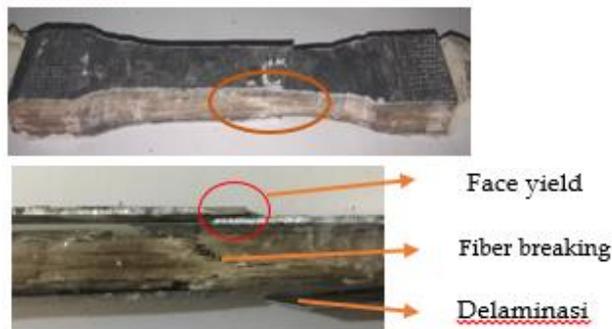
Bentuk Patahan Hasil Uji Tarik

• Arah Serat 90°



Gambar 12. Bentuk patahan uji tarik arah serat 90°
Patahan setiap serat adalah patah getas karena arah serat 90° mendapatkan beban tarik yang tegak lurus, sehingga mengakibatkan bentuk bidang patahan juga tegak lurus terhadap tegangan tarik. Sedangkan delaminasi terjadi akibat kurang kuatnya resin mengikat aluminium sehingga aluminium terlepas saat diuji tarik.

• Arah Serat 0°

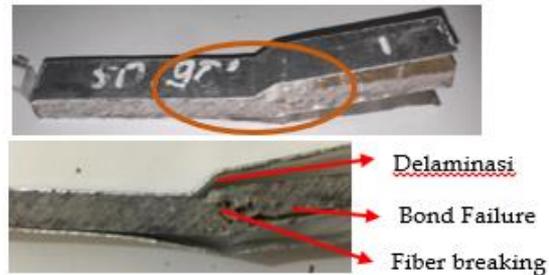


Gambar 13. Bentuk patahan uji tarik arah serat 0°

Patahan setiap serat adalah patah ulet, patahan dengan alur zigzag yang lebih panjang cenderung mempunyai nilai kekuatan tarik dan kelenturan yang lebih tinggi. Hal itu bisa terjadi karena arah beban tarik sejajar atau searah dengan penguatnya (Prayoga, dkk., 2018).

Bentuk Patahan Hasil Uji Bending

• Arah Serat 90°



Gambar 14. Bentuk patahan uji bending arah serat 90°

Pada arah serat 90° spesimen bending, Jenis kegagalan yang terjadi pada umumnya delaminasi, Fiber breaking, dan Bond Failure. Bond Failure terjadi karena perbedaan kekuatan gaya geser yang diterima serat rami yang didistribusikan ke serat e-glass yang mengakibatkan lapisan itu rusak.

• Arah Serat 0°



Gambar 15. Bentuk patahan uji bending arah serat 0°

Gambar diatas menunjukkan kegagalan ulet (ductile) dan delaminasi. Hal ini dapat dilihat dari gambar lengkungan pembebanan yang relative ini tampak mengarah ke lengkungan elastis terjadi pembengkokan (*necking*) yang mengarah ke ulet dengan keadaan sheet metal aluminium Al 6061 yang terlepas pada susunan specimen (delaminasi). Delaminasi terjadi karena gaya adhesi antara penguat dan matriks yang lemah (Hariyanto, 2017). Beban bending yang diterima spesimen pada lokasi retak mengakibatkan Aluminium 6061 terlepas karena kurang kuatnya resin mengikat aluminium.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan pengaruh fraksi volume 40% dan 60% dengan dengan arah serat rami 0° dan 90° maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Arah orientasi serat rami berpengaruh terhadap kekuatan tarik maupun bending komposit FML. Arah

orientasi serat 0^0 memiliki nilai kekuatan tarik dan bending yang lebih besar dari pada arah orientasi serat 90^0 , hal ini disebabkan oleh arah orientasi serat (penguat) pada sudut 0^0 memiliki pendistribusian beban yang lebih merata dari pada arah orientasi serat 90^0 . Pada arah 0^0 beban yang diterima material cenderung didistribusikan ke arah sepanjang material, sedangkan pada arah orientasi serat 90^0 beban yang diterima material cenderung terkumpul dititik tengah pembebanan, sehingga material akan lebih mudah mengalami kegagalan.

- Fraksi volume serat rami berpengaruh terhadap kekuatan tarik maupun bending komposit FML, dimana kekuatan tarik dan bending mengalami peningkatan seiring bertambahnya Fraksi volume. Fraksi volume 60% mendapatkan nilai kekuatan tarik dan bending yang lebih tinggi daripada fraksi volume 40%. Hal tersebut bisa terjadi karena serat merupakan penguat yang menopang beban paling besar yang diterima oleh material dan matriks sebagai pendistribusi tenggangannya.
- Paduan yang optimum antara arah serat dan fraksi volume yang memperoleh nilai kekuatan tarik dan bending terbesar yaitu pada arah serat 0^0 dan fraksi volume 60% dengan nilai kekuatan tarik rata-rata sebesar 115,26Mpa dan nilai kekuatan bending rata-rata sebesar 164,94Mpa. Sedangkan yang memperoleh nilai kekuatan tarik dan bending terkecil yaitu pada arah serat 90^0 dan fraksi volume 40% dengan nilai kekuatan tarik rata-rata sebesar 62,63Mpa dan nilai kekuatan bending rata-rata sebesar 99,68Mpa.

Saran

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

- Pada proses pengeringan spesimen komposit sebaiknya mencari permukaan serata mungkin atau jika perlu menggunakan *waterpass* untuk menghindari kegagalan (perbedaan ketebalan spesimen) dalam pembuatan spesimen komposit.
- Memberi kekasaran permukaan pada skin aluminium komposit sebelum dilakukakan uji tarik agar spesimen tidak terlepas dari pencekam saat diuji tarik.
- Variabel bebas penelitian ini adalah fraksi volume dan arah serat rami maka pada penelitian selanjutnya perlu diteliti lebih lanjut dengan variabel yang lain.
- Penggunaan serat sintetis pada komponen raket tenis dapat dipertimbangkan yaitu dapat diganti dengan serat alam contohnya adalah serat rami. Diharapkan penggantian serat sintetis ke serat rami

dan kombinasi yang tepat mendapatkan kekuatan mekanis yang dapat bersaing dengan raket tenis masa kini sehingga perlu penelitian lebih lanjut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak 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, Novi Sukma Drastiawati, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing, Prof. Dr. Ir. Aisyah Endah Palupi, M.Pd. selaku dosen penguji 1, Arya Mahendra Sakti, S.T., M.T. selaku dosen penguji 2 serta teman-teman yang telah membantu dalam penelitian,

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM. 2003. D790-03 *Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials*. United states
- Book Standard ASTM D638-03 (2003): *Standard Test Method For Tensile Properties Of Plastics*. ASTM International.
- Mohammed, 2018. “*Mechanical Properties Of Fibre-Metal Laminates Made Of Natural/ Syntetic Fibre Composites*” dalam *Bioresource Page 2022-2034*.
- Nurmawati, 2008, “Pengaruh Waktu Taahan Sinter dan Fraksi Volume Penguat Al_2O_3 Terhadap Karakteristik Komposit Laminat Hibrid $Al/SiC-Al/Al_2O_3$ Produk Metalurgi Serbuk”, Universitas Indonesia.
- Prayoga, dkk., 2018, *Jurnal Rekayasa Mesin Vol. 18 No.1* “Pengaruh Ketebalan Skin terhadap kekuatan tarik dan bending komposit Sandwich dengan HoenyComb Polypropylene sebagai Core”. Indralaya, Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
- Purboputro, Hariyanto. 2017. “Analisis sifat Tarik dan Impak komposit serat rami dengan perlakuan Alkali dalam Waktu 2,4,6 dan 8 jam Bermatrik Poliester”. Surabaya, Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surabaya.
- Purwati, 2015, “Strategi Pengembangan Rami (*Boehmeria nivea Gaud.*)”, *Perspektif Vol. 9 No. 2*. Hlm 106 – 118 ISSN: 1412-8004
- Rusmiyanto Fandhy, 2007, “Pengaruh Fraksi Volume Serat Terhadap Kekuatan Tarik dan Kekuatan Bending Komposit Nylon/Epoxy Resin Serat Pendek Random”. Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang, Semarang

Sinmazcelik, T., Avcu, E., Bora, M. O., and Coban, O.
2011. *A review: fibre metal laminates, background, bonding types and applied test methods. Materials.Des32.3671-3685.*
<https://doi.org/10.1016/j.matdes.2011.03.011>

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

