



Pengaruh Orientasi Arah Serat dan Waktu *Curing* terhadap Kekuatan Tarik Komposit Serat Sabut Kelapa dengan Resin Epoxy.

Muhammad Akhlis Rizza^{1*}, Calvin Refdino Gieraldy Putra^{1*}

¹ Politeknik Negeri Malang, Indonesia
*Email Penulis: muh.akhlis@polinema.ac.id,

INFORMASI ARTIKEL

Naskah Diterima 13/06/2022
Naskah Direvisi 23/06/2022
Naskah Disetujui 27/06/2022
Naskah Online 30/06/2022

ABSTRACT

This study aims to investigate and determine the variation of fiber direction and variation of curing time of coconut fiber composites on tensile strength. The materials used to manufacture composites are epoxy resin and coconut fiber. Composites are made using the hand lay-up method. Coir fiber-reinforced composite test specimens were cut according to ASTM D3039 standard for tensile test specimens. The variables of this study were the orientation of the fiber direction and the variation of different lengths of time. The orientation of the fiber direction used is unidirectional fiber and random fiber then the second parameter is the variety of different curing times, namely 0 minutes, 10 minutes, 30 minutes, and 50 minutes with the exact temperature of 100C, by heating the specimen using an electric oven, then carried out a tensile test with the Universal Testing Machine. The highest tensile strength value was 33.72 MPa in the specimen with random fiber orientation, and the curing time was 10 minutes. while the lowest tensile strength value was 19.13 in the specimen with the fiber orientation in the same direction, and the curing time was 0 minutes.

Keywords: Composite, Coir Fiber, Curing, Composite Tensile Test, Temperature

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi komposit yang semakin maju menyebabkan kebutuhan material komposit semakin meningkat di bidang perindustrian, seperti industri penerbangan, perkapalan, otomotif, peralatan militer, alat olahraga, kedokteran, sampai pada peralatan rumah tangga [1], Hal ini dikarenakan material komposit memiliki keunggulan antara lain ringan, terjangkau, ramah lingkungan, tidak memerlukan proses pemesinan, dan memiliki ketahanan terhadap korosi yang lebih baik dibandingkan dengan logam.

Salah satu jenis komposit yang banyak dikembangkan saat ini adalah komposit serat alam. Pemanfaatan serat alam ini makin digencarkan untuk mengurangi pemakaian bahan logam dan serat sintetis. Pengurangan serat sintesis dilakukan karena banyaknya permasalahan limbah non-organik serat sintesis yang semakin meningkat. Jenis-jenis serat alam seperti misalnya, Sisal, Flex, Hemp, Jute, Rami, Kelapa, mulai digunakan sebagai bahan penguat untuk komposit polimer. Keuntungan yang dimiliki oleh serat alam (Natural Fiber) adalah jumlahnya berlimpah, proses pembuatan yang mudah dan aman, biaya yang terjangkau, dan tidak mencemari lingkungan. Salah satu serat alam yang akan

dijadikan penelitian adalah serat sabut kelapa. Menurut [2] sabut kelapa hampir mencapai 1,7 juta ton dari hasil produksi buah kelapa sekitar 5,6 juta ton pertahun.

Potensi limbah yang begitu besar belum dapat dimanfaatkan sepenuhnya untuk kegiatan produksi yang mempunyai nilai tambah ekonomis, dengan tidak adanya pemanfaatan yang optimal limbah dapat menyebabkan masalah lingkungan. Salah satu faktor lain, pemilihan serat kelapa dilakukan karena tanaman kelapa (*Cocos nucifera* L) banyak terdapat di daerah beriklim tropis, Indonesia merupakan negara agraris yang berada di posisi ketiga setelah Filipina dan India, sebagai penghasil kelapa terbesar di dunia.

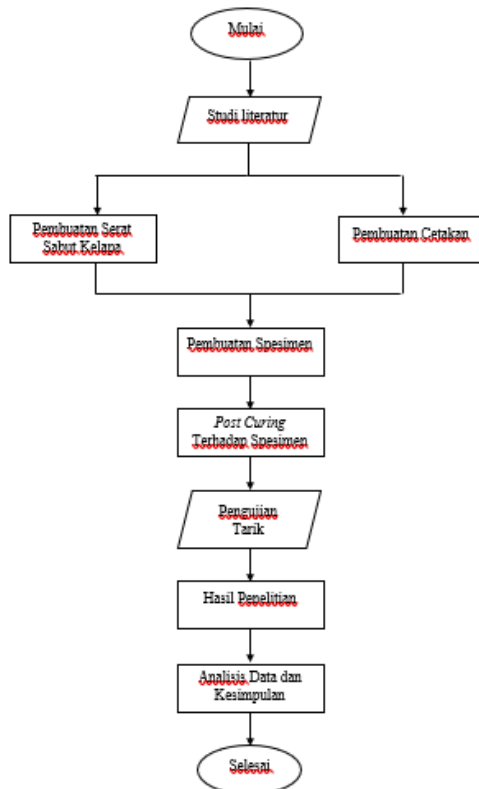
Salah satu cara meningkatkan kekuatan pada material komposit dapat dilakukan dengan menggunakan metode curing. Proses *curing* adalah proses pemanasan yang dilakukan pada material komposit, diharapkan pada proses curing ini bisa mengurangi rongga-rongga yang ada di dalam komposit sehingga dihasilkan komposit yang berkualitas baik, mereaksikan kembali katalis yang tidak bereaksi dibawah suhu kritis, dan memberi kesempatan resin untuk mengalir sehingga dicapai distribusi yang merata yang dapat meningkatkan kekuatan tarik komposit. Apabila suhu pada

material komposit semakin meningkat, maka kekuatan tariknya akan meningkat pula. [3]

Bedasarkan uraian diatas maka penulis tertarik untuk meneliti tentang, pengaruh orientasi dan lama waktu yang berbeda dengan metode *curing* terhadap kekuatan tarik komposit *epoxy* serat sabut kelapa.

2. METODE PENELITIAN

Berikut adalah alur proses *flowchart* yang digunakan, untuk mempermudah proses penelitian pada gambar 2.1



Gambar 1. *Flowchart* penelitian

2.2 Komposisi Pembuatan komposit

Komposisi dalam pembuatan komposit yang dibuat adalah 6% serat, 93,8% resin dan 0,2% katalis. Perhitungan komposit ini bedasarkan perhitungan volume total pada cetakan. Ukuran cetakan yang digunakan adalah 16,5x1,9x0,4 cm.

Berikut ini merupakan perhitungan yang dilakukan:

1) Menghitung volume cetakan

Dengan asumsi yang dipakai volume cetakan = volume komposit, sehingga perhitungannya adalah :

$$\text{Volume cetakan} = \text{volume komposit}$$

$$V_{\text{cet}} = V_{\text{komp}}$$

Sehingga volume komposit :

$$V_{\text{komposit}} = 16,5\text{cm} \times 1,9\text{cm} \times 0,4\text{cm}$$

$$= 12,54 \text{ cm}^3$$

2) Menghitung volume serat:

$$\text{Volume serat } (V_{\text{serat}}) = 6\% \times V_{\text{komposit}}$$

$$= \frac{6}{100} \times 12,54 \text{ cm}^3$$

$$= 0,75 \text{ cm}^3$$

3) Masa serat dapat dihitung dengan menggunakan perhitungan volume serat :

$$\rho = \frac{M}{V}, \text{ dengan massa jenis serat} = 1,15 \text{ gr/cm}^3$$

Sehingga massa seratnya :

$$M_{\text{serat}} = \rho_{\text{serat}} \times V_{\text{serat}}$$

$$= 1,15 \text{ gr/cm}^3 \times 0,75 \text{ cm}^3$$

$$= 0,86 \text{ gr}$$

4) Untuk menghitung jumlah resin dapat dihitung sebagai berikut, dengan komposisi resin dan hardener 2:1:

$$\text{Volume resin} = 93,8\% \times V_{\text{komposit}}$$

$$= \frac{93,8}{100} \times 300 \text{ cm}^3$$

$$= 281,4 \text{ cm}^3$$

$$= 281,4 \text{ ml}$$

5) Menghitung jumlah katalis yang dipakai :

$$\text{Volume katalis} = 0,2\% \times V_{\text{komposit}}$$

$$= \frac{0,2}{100} \times 300 \text{ cm}^3$$

$$= 0,6 \text{ cm}^3$$

$$= 0,6 \text{ ml}$$

2.3 Uji Tarik *Universal Testing Machine*

Pada penelitian untuk mencari nilai kekuatan tarik sesuaidengan ASTM D639, dapat menggunakan rumus seperti dibawah ini:

$$(\sigma) = \frac{F}{A} \times 9,81$$

Dimana:

σ = kekuatan tarik (N/mm² = MPa)

F = beban maksimum (N)

A = luas penampang awal specimen uji (mm²)

9,81 = gravitasi

Regangan Spesimen dihitung dengan persamaan:

$$\epsilon = \frac{l_i - l_o}{l_o} = \frac{\Delta l}{l_o} \times 100\%$$

Dimana:

ϵ = regangan (%)

l_i = Panjang akhir (mm)

l_o = Panjang awal mula-mula (mm)

Δl = Pertambahan Panjang specimen (mm)

Berikut merupakan tabel rancangan penelitian:

Tabel 3.1 Kode Spesimen Penelitian

No	Arah serat	Lama waktu (menit)	Jumlah replikasi (3)			Tegangan maksimal (N/mm ²)	Regangan maksimal (%)
			X1	X2	X3		
1.	Acak	0	A.0.1	A.0.2	A.0.3		
		10	A.10.1	A.10.2	A.10.3		
		30	A.30.1	A.30.2	A.30.3		
		50	A.50.1	A.50.2	A.50.3		
2.	Searah	0	S.0.1	S.0.2	S.0.3		
		10	S.10.1	S.10.2	S.10.3		
		30	S.30.1	S.30.2	S.30.3		
		50	S.50.1	S.50.2	S.50.3		

Langkah-langkah pengambilan data pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Memotong cetakan akrilik dengan ukuran 16,5 x 1,9 x 0,4cm menggunakan mesin laser cutting
- 2) Merendam serat kelapa dengan menggunakan NaOH 5% selama ± 5 jam
- 3) Memotong serat kelapa untuk serat acak dengan panjang 1 cm, dan serat searah sepanjang 16 cm
- 4) Menimbang serat acak dan serat searah hingga berat mencapai 0,8 g dan meletakkan serat secara merata, dengan komposisi serat 6%
- 5) Mencampurkan resin epoxy dan hardener dengan perbandingan 2:1 dengan komposisi 93,8% dan katalis dengan komposisi 0,2% lalu diaduk secara merata
- 6) Menuangkan campuran resin dan katalis kedalam cetakan akrilik hingga penuh dan dibiarkan hingga cairan resin, hardener, dan katalis sampai kering
- 7) Mencongkel spesimen di dalam cetakan akrilik hingga terlepas
- 8) Meletakkan specimen serat acak dan searah ke dalam oven
- 9) Mengambil specimen serat acak dan searah di dalam oven dengan menggunakan capit setelah dipanaskan selama 10 menit, 30 menit, dan 50 menit
- 10) Melakukan pengujian sifat mekanis kekuatan tarik pada specimen uji tersebut dengan menggunakan uji tarik (tensile test) dengan standar ASTM D 3039
- 11) Melakukan pengujian hingga specimen uji habis

2.4 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang telah diuraikan maka hipotesis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

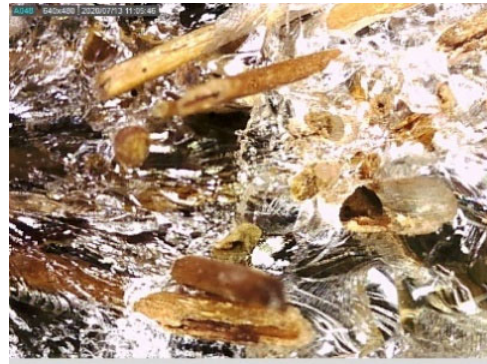
- 1) H₀: Tidak terdapat pengaruh lama waktu curing terhadap nilai kekuatan tarik
 H₁: Terdapat pengaruh lama waktu curing terhadap nilai kekuatan tarik
- 2) H₀: Tidak terdapat pengaruh orientasi arah serat terhadap nilai kekuatan tarik
 H₁: Terdapat pengaruh orientasi arah serat terhadap nilai kekuatan tarik
- 3) H₀: Tidak terdapat pengaruh interaksi lama waktu curing dan orientasi arah serat terhadap nilai kekuatan tarik

H₁: Terdapat pengaruh interaksi lama waktu curing dan orientasi arah serat terhadap nilai kekuatan tarik.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil uji foto makro dengan perbesaran 100x, Nampak permukaan serat acak dan searah dengan masing-masing waktu curing nampak sebagai berikut:

3.1 Foto Uji Makro



Gambar 2. Foto makro serat acak curing 10 menit



Gambar 3. Foto makro serat acak curing 30 menit



Gambar 4. Foto makro serat acak curing 50 menit



Gambar 5. Foto makro serat searah *curing* 50 menit



Gambar 6. Foto makro serat searah *curing* 10 menit



Gambar 7. Foto makro serat searah *curing* 30 menit



Gambar 8. Foto makro serat searah *curing* 50 menit

3.2 Hasil Pengujian Kekuatan Tarik Komposit

Pada penelitian ini, nilai kekuatan tarik dan regangan diperoleh dengan cara setelah mendapatkan data berupa grafik dan angka yang menghasilkan nilai beban maksimal

dan pertambahan Panjang, maka kekuatan tarik dan regangan dari setiap spesimen dapat diperoleh.
 Contoh perhitungan nilai kekuatan tarik dan regangan spesimen A.0.1

$$A = \text{Luas penampang curing serat acak, 0 menit} \\
 = \text{Lebar} \times \text{Tebal} \\
 = 12,7 \text{ mm} \times 3,7 \text{ mm} \\
 = 47 \text{ mm}^2$$

$$(\sigma) = \frac{F}{A} = \frac{90.2}{47} \times 9,81 = 18,82 \text{ MPa}$$

Dari pertambahan panjang yang sudah diperoleh, regangan dapat dicari sebagai berikut:

$$\epsilon = \frac{l_i - l_o}{l_o} = \frac{\Delta l}{l_o} \times 100\% \\
 \epsilon = \frac{166,1 - 165}{165} \times 100\% = \frac{1,1}{165} \times 100\% \\
 \epsilon = 1,66 \%$$

Hasil uji tarik sample dari masing-masing variable adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Rata-rata kekuatan tarik komposit

No	Arah Serat	Lama waktu (menit)	Jumlah replikasi (3)			Rata-rata Kekuatan Tarik (MPa)
			X1	X2	X3	
1	Acak	0	16,68	32,45	18,03	22,38
		10	29,9	31,04	40,23	33,72
		30	31,33	33,67	27,26	30,75
		50	28,86	28,83	27,88	28,52
2	Searah	0	16,82	19,38	21,2	19,13
		10	31,77	32,98	34,56	33,10
		30	28,72	32,36	25,5	28,86
		50	33,31	21,24	30,57	28,37

Tabel 2. Rata-rata regangan komposit

No	Arah Serat	Lama waktu (menit)	Jumlah replikasi (3)			Rata-rata regangan (%)
			X1	X2	X3	
1	Acak	0	1,66	2,66	1,75	2,02
		10	3,09	2,9	3,57	3,18
		30	3,33	2,9	2,78	3
		50	2,42	2,78	3,21	2,8
2	Searah	0	1,21	1,63	2	1,61
		10	4,24	3,75	2,66	3,55
		30	2,3	7,6	5,17	5,02
		50	16,66	5,03	5,33	9

Pada penelitian ini, metode pengolahan data yang digunakan dengan menggunakan software SPSS 26 dengan menggunakan metode *two-way* ANOVA yang dapat digunakan untuk mengukur variabel bebas yang jumlahnya lebih dari 1, selain itu dapat digunakan untuk mengetahui hubungan antara kedua variabel bebas yaitu orientasi arah serat dan lama waktu *curing* yang berbeda. Terdapat lima persyaratan penggunaan uji *two-way* anova, yaitu: (i) sampel berasal dari kelompok yang independent; (ii) variabel faktor adalah data non metrik (data kategorikal); (iii) variabel dependen adalah data berskala kuantitatif; (iv) nilai residual standard terdistribusi normal; dan (v) varian antar kelompok harus homogen.

Langkah-langkah uji *two-way* anova

- 1) Melakukan uji normalitas nilai *residual* standar

Tabel 3. Uji normalitas

Tests of Normality						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Standardized Residual for Nilai	.108	24	.200 [*]	.976	24	.820

*. This is a lower bound of the true significance.
a. Lilliefors Significance Correction

Pengambilan keputusan uji normalitas adalah jika nilai Sig. > 0.05, maka nilai residual standard terdistribusi secara normal. Namun sebaliknya, jika nilai Sig < 0.05, maka nilai residual standard terdistribusi dengan tidak normal. Hasil uji normalitas menunjukkan bahwa baik dengan menggunakan model Kolmogorov-Smirnov maupun Shapiro-Wilk nilai signifikansi > 0.05 (masing-masing memiliki nilai Sig. 0.20 dan 0.20). Berdasarkan nilai uji normalitas diatas, dapat disimpulkan bahwa nilai residual standard telah terdistribusi secara normal sehingga dapat dilanjutkan pada tahap berikutnya.

- 2) Melakukan uji homogenitas dan uji *two-way* anova

Tabel 4. Tabel korelasi sampel
Between-Subjects Factors

	Value Label	N
Lama Waktu Curing	1.00 0 Menit	6
	2.00 10 Menit	6
	3.00 30 Menit	6
	4.00 50 Menit	6
Arah Serat	1.00 Serat Acak	12
	2.00 Serat Searah	12

Tabel tersebut menunjukkan sampel yang digunakan dalam penelitian ini. Dimana, terdapat dua kategori *variable* yang digunakan, yaitu: (i) Berdasarkan lama waktu *curing*; dan (ii) berdasarkan arah serat. Terlihat pada kategori sub *variable* lama waktu *curing*, terdiri dari empat kategori yang digunakan yaitu: (i) 0 menit; (ii) 10 menit; (iii) 30 menit; dan (iv) 50 menit. Pada kategori sub *variable* arah serat, terdiri dari dua kategori yang digunakan yaitu: (i) acak; dan (ii)

searah. Deskripsi *statistic* tentang nilai kekuatan tarik setiap *specimen* akan dijelaskan pada tabel selanjutnya

Tabel 5. Statistik deskriptif

Descriptive Statistics				
Dependent Variable: Nilai Kekuatan Tarik				
Lama Waktu Curing	Arah Serat	Mean	Std. Deviation	N
0 Menit	Serat Acak	22.3867	8.74120	3
	Serat Searah	19.1333	2.20039	3
	Total	20.7600	5.97289	6
10 Menit	Serat Acak	33.7233	5.66369	3
	Serat Searah	33.1033	1.39908	3
	Total	33.4133	3.70530	6
30 Menit	Serat Acak	30.7533	3.24368	3
	Serat Searah	28.8600	3.43214	3
	Total	29.8067	3.16162	6
50 Menit	Serat Acak	28.5233	.55734	3
	Serat Searah	28.3733	6.32774	3
	Total	28.4483	4.01835	6
Total	Serat Acak	28.8467	6.37036	12
	Serat Searah	27.3675	6.24543	12
	Total	28.1071	6.21563	24

Tabel diatas menunjukkan deskripsi *statistic* data dalam penelitian ini. Pembahasan yang diatas merupakan interaksi antara lama waktu *curing* dan orientasi arah serat terhadap nilai kekuatan tarik. Terlihat bahwa nilai kekuatan tarik lama waktu *curing* 0 menit, 10 menit, 30 menit, dan 50 menit terhadap serat acak adalah, 22.38, 33.72, 30.75, dan 28.52. Sedangkan nilai kekuatan tarik lama waktu *curing* 0 menit, 10 menit, 30 menit, dan 50 menit terhadap serat searah adalah, 19.13, 33.10, 28.86, dan 28.37.

Berdasarkan lama waktu *curing* nilai kekuatan tarik tertinggi, baik serat acak maupun searah, berada pada waktu 10 menit, sedangkan lama waktu dengan nilai kekuatan tarik terendah berada pada waktu 0 menit. Berdasarkan orientasi arah serat, terlihat rata-rata nilai kekuatan tarik serat acak yaitu 28.84 memiliki nilai kekuatan tarik yang lebih tinggi dibandingkan rata-rata nilai kekuatan tarik serat searah yaitu 27.36.

Kecepatan proses *curing* ini dipengaruhi oleh presentase katalis yang dipakai dan juga dipengaruhi oleh besarnya suhu panas yang dipakai dalam proses *curing*. Diharapkan proses *curing* ini dapat mengurangi rongga-rongga yang ada di dalam komposit, sehingga dihasilkan komposit yang berkualitas baik [4]

Penelitian lebih lanjut menyatakan bahwa perubahan sifat mekanis peningkatan kemampuan uji tarik pada komposit serta kelapa dapat mempengaruhi sifat mekanik lainnya, yaitu penurunan kemampuan impak. [5]

Tabel 6. Ekuualitas dari keberagaman error

Levene's Test of Equality of Error Variances ^{a,b}					
		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Nilai Kekuatan Tarik	Based on Mean	2.008	7	16	.118
	Based on Median	.448	7	16	.857
	Based on Median and with adjusted df	.448	7	9.893	.850
	Based on trimmed mean	1.823	7	16	.151

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Dependent variable: Nilai Kekuatan Tarik

b. Design: Intercept + Waktu + Orientasi + Waktu * Orientasi

Dasar pengambilan uji homogenitas adalah jika nilai Sig. > 0.05, maka varian antar kelompok adalah homogen. Namun sebaliknya apabila, nilai Sig < 0.05, maka terdapat perbedaan dalam varian antar kelompok. Berdasarkan tabel output SPSS diatas, diperoleh nilai Sig. >0.05, maka dapat disimpulkan bahwa varian variable nilai kekuatan tarik adalah homogen.

ANOVA digunakan sebagai alat analisis untuk menguji hipotesis penelitian untuk menilai perbedaan rata-rata antar kelompok. Dalam uji *two-way* ANOVA penilaian angka berdasarkan nilai Sig. dimana, jika nilai Sig. < 0.05 maka ada perbedaan nilai kekuatan tarik terhadap dua *variable* faktor, yaitu: lama waktu *curing*, dan orientasi arah serat. Apabila nilai Sig > 0.05 maka tidak ada perbedaan antara kedua *variable* faktor terhadap nilai kekuatan tarik. berikut adalah tabel *Tests of Between-Subjects Effect*.

Table 7. Tests of between-subjects effect

Tests of Between-Subjects Effects						
Dependent Variable: Nilai Kekuatan Tarik						
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	
Corrected Model	532.709 ^a	7	76.101	3.421	.020	
Intercept	18960.195	1	18960.195	852.445	.000	
Waktu	510.846	3	170.282	7.656	.002	
Orientasi	13.128	1	13.128	.590	.454	
Waktu * Orientasi	8.736	3	2.912	.131	.940	
Error	355.874	16	22.242			
Total	19848.779	24				
Corrected Total	888.584	23				

a. R Squared = .600 (Adjusted R Squared = .424)

Berdasarkan tabel diatas, pada kolom waktu, diperoleh nilai Sig sebesar $0.002 < 0.05$, sehingga dapat disimpulkan ada perbedaan nilai kekuatan tarik berdasarkan lama waktu *curing* tiap *specimen*. Selanjutnya pada kolom orientasi diperoleh nilai Sig sebesar $0.454 < 0.05$, sehingga dapat disimpulkan ada tidak ada perbedaan nilai kekuatan tarik berdasarkan arah orientasi serat.

Beberapa peneliti terdahulu seperti [6] menyatakan bahwa orientasi akan berpengaruh apabila orientasi serat berupa serat yang dijalin (*weaved*) sehingga mendapatkan nilai kekuatan tarik yang tinggi.

Pengambilan keputusan untuk mengetahui interaksi antara pengaruh semua *variable independen* (lama waktu *curing*, orientasi arah serat, dan interaksi keduanya) terhadap nilai kekuatan tarik, dengan mengacu pada kolom *Corrected Model*, terlihat bahwa pada kolom *Corrected Model* nilai Sig $0.02 < 0.05$ sehingga dapat disimpulkan bahwa, terdapat pengaruh nilai kekuatan tarik terhadap kedua *variable* faktor yaitu lama waktu *curing*, dan orientasi arah serat. Dengan demikian, H1 untuk setiap hipotesis dapat diterima.

4 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh kesimpulan bahwa terdapat pengaruh lama waktu *curing* terhadap nilai kekuatan tarik. Sedangkan orientasi arah serat tidak berpengaruh terhadap nilai kekuatan tarik. Diperoleh kesimpulan juga bahwa Terdapat pengaruh kedua variabel independen (lama waktu *curing*, orientasi arah serat, dan interaksi keduanya) terhadap nilai kekuatan tarik.

Rata-rata nilai kekuatan tarik lama waktu *curing* 10 menit lebih tinggi dibandingkan lama waktu *curing* lainnya (0 menit, 30 menit, dan 50 menit). Lama waktu *curing* 10 menit terhadap serat acak adalah 33,72 MPa dan lama waktu *curing* 10 menit terhadap serat searah adalah 33,10 MPa.

5 DAFTAR PUSTAKA

- [1] Zulfikar, "Analisa Kekuatan Statik Tarik Material Komposit Polimer Serat Buah Pinang dengan Perlakuan Perendaman Larutan NaOH 1 M 1%," *Jurnal MEKINTEK* , pp. 224-227, 2012.
- [2] I. M. Astika, I. P. Lokantara and I. M. G. Karohika, "Sifat Mekanis Komposit Polyester dengan Penguat Serat Sabut Kelapa," *Jurnal Energi dan Manufaktur* , pp. 95-202, 2013.
- [3] J. G. G. Alotaibi, A. E. Alajmi, B. F. Yousif and N. D. Salih, "Effect of Fibre Content on Compressive and Flexural Properties of Coconut Fibre Reinforced Epoxy Composites," *American Journal of Applied Sciences*, pp. 142-155, 2020.
- [4] V. Malau, "Karakterisasi Sifat Mekanis dan Fisis Komposit E-Glass dan Resin Eternal 2504 Dengan Variasi Kandungan Serat, Temperatur Dan Lama Curing," *MEKANIKA*, pp. 144-149, 2010.
- [5] K. P. Marimuthu, S. M. Kumar, V. R. Kumar and H. Govindaraju, "Characterization of Mechanical Properties of Epoxy Reinforced with Glass Fiber and Coconut Fiber,," *Materials Today*, pp. 661-667, 2019.
- [6] P. Kongkaew and W. Choawanklang, "Fiber orientation effecting the mechanical properties at coconut fiber reinforce epoxy resin composite,," in *2015 International Conference on Science and Technology (TICST)*, 2015., Pathum Thani, Thailand , 2015.