

PENGARUH VARIASI FRAKSI BERAT SERAT DAN SIKLUS TERMAL TERHADAP KEKUATAN TARIK KOMPOSIT SERAT KARBON DENGAN MATRIKS RESIN EPOXY

Afal Fadilat Wayu Gunawan

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: afal.19043@mhs.unesa.ac.id

Akhmad Hafizh Ainur Rasyid

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: akhmadrasyid@unesa.ac.id

Abstrak

Tim mobil hemat energi Universitas Negeri Surabaya (Unesa) yang bergerak di bidang otomotif bernama Garuda Unesa (Garnesa) merancang sebuah mobil hemat energi. Garnesa menggunakan serat karbon yang memiliki massa relatif lebih ringan daripada *fiberglass*. Namun pada bodi kendaraan tim Garnesa yang menggunakan material serat karbon terdapat permasalahan yaitu retakan pada bagian penumpu tengah *roll bar*. Terdapat pembebanan termal pada bodi kendaraan mobil Garnesa karena terdapat panas internal dari *engine* kendaraan yang mengalami defleksi sehingga terjadi perubahan bentuk permanen atau deformasi plastis. Penelitian ini menggunakan metode pendekatan kuantitatif yaitu dengan metode penelitian eksperimen, adapun untuk pengambilan data dilakukan dengan metode gabungan antara kuantitatif deskriptif dan kualitatif deskriptif. Kemudian menggunakan teknik analisis data statistik untuk mengetahui pengaruh dari data tersebut. Variasi yang digunakan fraksi berat serat (10 wt%, 20 wt%, dan 30 wt%) dan siklus termal (0x dan 10x) dengan selang waktu penahan selama 10 menit pada temperatur minimal (0°C) dan temperatur maksimal (+100°C). Dalam pembuatan spesimen menggunakan material komposit serat karbon dan matriks resin epoxy. Standart uji tarik yang digunakan yaitu ASTM D 3039.

Berdasarkan dari hasil penelitian dan hasil analisis data dapat disimpulkan bahwa hasil terbesar terdapat pada variasi siklus termal tanpa pengulangan dengan masing-masing fraksi berat serat 30 wt% memiliki nilai kuat tarik sebesar 456,44 MPa, fraksi berat serat 20 wt% memiliki nilai kuat tarik sebesar 374,48 MPa, fraksi berat serat 10 wt% memiliki nilai kuat tarik sebesar 348,03 MPa. Pada siklus termal pengulangan (10X) dengan masing-masing fraksi berat serat 30 wt% memiliki nilai kuat tarik sebesar 432,33 MPa, fraksi berat serat 20 wt% memiliki nilai kuat tarik sebesar 358,87 MPa, fraksi berat serat 10 wt% memiliki nilai kuat tarik sebesar 336,98 MPa. Siklus termal pengulangan (10X) terjadi *thermal fatigue* dan resin melunak melebihi *transition glass* (tg) resin epoxy. Spesimen dengan variasi siklus termal tanpa pengulangan memiliki nilai uji tarik yang lebih tinggi dibandingkan dengan siklus termal dengan pengulangan (10X).

Kata Kunci: Fraksi Berat Serat, Siklus Termal, Serat Karbon, Uji Tarik

Abstract

An energy-efficient vehicle was created by the Garuda Unesa (Garnesa) team from State University of Surabaya (Unesa), which works in the team automotive. Carbon fiber, which has a mass that is generally lighter than fiberglass, is used by Garnesa. The vehicle body of the Garnesa team, which is made of carbon fiber, has an issue, specifically a crack in the middle roll bar. A vehicle that encounters deflection results in a permanent change in shape or plastic deformation, creating a thermal burden on the body. This is because the engine generates internal heat. The experimental research method was used in this study, which took a quantitative approach, and a combination of descriptive quantitative and qualitative descriptive approaches were used for data collecting. Then, to ascertain the impact of the data, employ statistical data analysis tools. The variation used fiber weight fractions of (10 wt%, 20 wt%, and 30 wt%) and thermal cycles (without thermal cycles and 10X), with a holding period of 10 minutes at both the minimum temperature (0°C) and the maximum temperature (+100 °C). When creating specimens, a composite material made of epoxy resin and carbon fiber is used. The tensile test standard in use is ASTM D 3039.

Based on the findings of the study and the analysis of the data, it can be said that variations of the thermal cycle without repetition produce the best results, with each weight fraction of 30 weight percent fiber having a tensile strength value of 456.44 MPa, 20 weight percent fiber having a tensile strength value of 374.48 MPa, and 10 weight percent fiber having a tensile strength value of 348.03 MPa. Repeated heat cycles (10X) for each 30 fiber weight fraction have a tensile strength value of 432.33 MPa, 358.87 MPa for 20 wt% fiber weight fraction, and 336.98 MPa for 10 wt% fiber weight fraction. Thermal fatigue develops after a repeated thermal cycle (10X) and causes the epoxy resin to weaken past the transition glass (tg). The tensile test value for samples with variations in the thermal cycle without repetition is higher than the value for samples with variations in the thermal cycle with repetition (10X).

Keywords: Fiber Weight Fraction, Thermal Cycle, Carbon Fiber, Tensile Test

PENDAHULUAN

Dalam mewujudkan desain mobil khusus hemat energi tersebut salah satu faktor yang diperhatikan adalah mengurangi massa kendaraan tanpa mengurangi tingkat ergonomis dan faktor keamanan pada pengendara. Salah satu bagian utama kendaraan yang dapat direduksi adalah massa bodi mobil dengan cara mengubah material manufaktur bodi mobil tersebut (Utomo, 2021). Garuda Unesa (Garnesa) melakukan penggantian manufaktur material bodi kendaraan menggunakan material komposit. Material komposit memiliki sifat getas dibandingkan dengan logam yang bersifat ulet, sehingga material komposit rentan mengalami retakan atau patahan, pada bodi kendaraan terdapat retakan pada bagian penumpu tengah *roll bar*. Terdapat defleksi pada bodi kendaraan mobil Garnesa karena terdapat panas internal dari *engine* kendaraan, sehingga bodi kendaraan dekat *engine* mengalami perubahan bentuk permanen atau deformasi plastis.

Defleksi merupakan proses terjadinya perubahan bentuk dalam arah horizontal dan vertikal pada suatu material akibat adanya beban yang diberikan pada material tersebut (Sianturi, 2020). Salah satu faktor dalam manufaktur material dirancang untuk mengatasi terjadinya defleksi sampai batas tertentu. Hal-hal yang mempengaruhi terjadinya defleksi yaitu besar gaya yang diterima, kekakuan material, tumpuan yang diberikan, dan jenis beban yang diterima material (Basori, 2015). Pada bodi kendaraan Garnesa terjadi pembebanan termal internal yaitu panas engine diesel Yanmar L48V yang memiliki suhu kerja ideal pada temperatur engine (82-92)^oC, sehingga terjadi panas internal di sekitar engine yang mengakibatkan defleksi terhadap sekitar bodi kendaraan. Setelah kembali ke temperatur ruang defleksi yang terjadi pada bodi kendaraan yaitu deformasi plastis sehingga bentuk bodi kendaraan mengalami tekanan tegangan dengan sudut 90^o yang tidak teratur pada penumpu bodi yaitu *roll bar* karena perubahan bentuk bodi kendaraan yang berbeda dari yang semula.

Sifat material komposit berpenguat serat dipengaruhi oleh jumlah kandungan serat, hal tersebut dikarenakan untuk memperoleh hasil material komposit yang mempunyai harga *specific modulus* dan *specific strength* yang lebih tinggi (Rusminanda, 2021). Persebaran serat yang merata dengan matriks membuat cacat *void* berkurang pada hasil produk komposit. Sifat mekanik pada serat tergantung pada sifat material antara serat dan matriks, salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas keduanya adalah fraksi berat serat (Adithya, 2015). Siklus termal merupakan suatu perlakuan dimana suatu sampel akan dilakukan pemanasan dan pendinginan secara perlahan dan itu dilakukan secara berulang-ulang hingga membentuk suatu siklus. Penurunan kekuatan mekanik disebabkan oleh perubahan temperatur yang berubah pada siklus termal menyebabkan terjadinya kelelahan material atau *thermal fatigue* (Darmawan, 2018).

Dari uraian diatas maka penulis tertarik untuk menganalisa kekuatan komposit serat karbon (*reinforced*) dengan resin *epoxy* (matriks) terhadap komposisi fraksi berat serat pada perlakuan temperatur siklus termal.

Diharapkan beberapa variasi fraksi berat serat dan siklus termal dapat meningkatkan kuat tarik dari komposit serat karbon dan hasil penelitian dari analisa tersebut dapat digunakan sebagai referensi perancangan bodi kendaraan tim Garnesa Unesa.

METODE

Metode yang digunakan merupakan metode eksperimen, adapun untuk pengambilan data dilakukan dengan metode gabungan antara kuantitatif deskriptif dan kualitatif deskriptif. Kemudian menggunakan teknik analisis data statistik untuk mengetahui pengaruh dari data tersebut dari hipotesis yang telah ditetapkan (Sugiyono, 2016).

Tempat dan Waktu Penelitian

• Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan april 2023 – juli 2023 untuk waktu pelaksanaanya.

• Waktu Penelitian

Proses pembuatan spesimen akan dilaksanakan di Workshop Garuda Unesa Racing Team (GARNESA), Universitas Negeri Surabaya. Pengujian tarik spesimen akan dilakukan di Laboratorium Pengujian Bahan, Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang.

Variabel Penelitian

• Variabel Bebas

Variabel bebas dalam penelitian penulis adalah variasi fraksi berat serat (10 wt%, 20 wt%, dan 30 wt%) dan siklus termal (tanpa perlakuan dan pengulangan 10X).

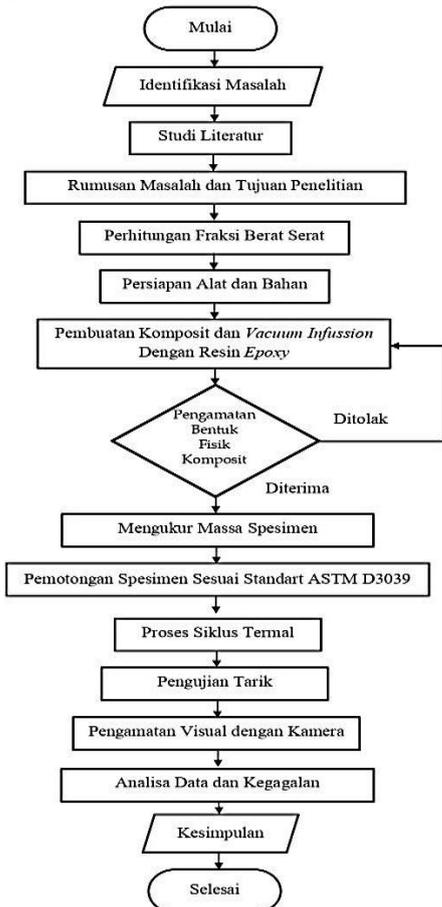
• Variabel Terikat

Variabel terikat pada penelitian penulis adalah hasil pengujian tarik pada spesimen.

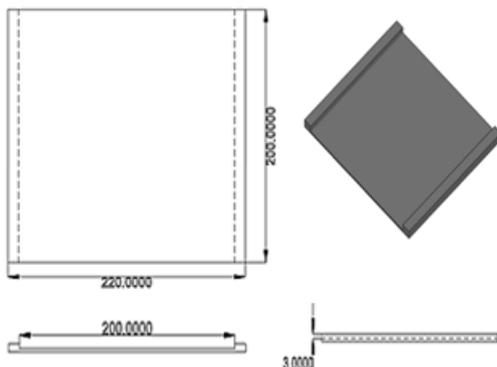
• Variabel Kontrol

- Spesimen di uji tarik dengan standart ASTM D3039-07
- Matriks yang digunakan yaitu resin *epoxy* tipe *bisphenol A-epichlorohydrin* dan *hardener polyiminoamide*.
- Perbandingan matriks dan *hardener* adalah 2:1.
- Menggunakan serat karbon tipe *weave 4x4 twill*, berat 10,2oz/220gsm, ketebalan 0,2mm dan yarn size 3K.
- Daya vakum yang digunakan sebesar 1 *Horse Power* (HP) dengan perpindahan udara 12 *cubic feet per-minute* (*cfm*).
- Temperatur penahanan maksimal (+100^oC) dan minimal (0^oC) dengan selang waktu siklus termal yang digunakan 10 menit.

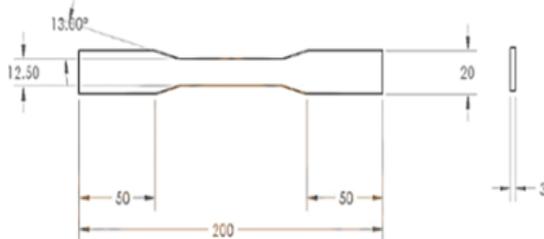
Rancangan Penelitian



Gambar 1. Diaram Alir Penelitian



Gambar 2. Ilustrasi Cetakan Spesimen

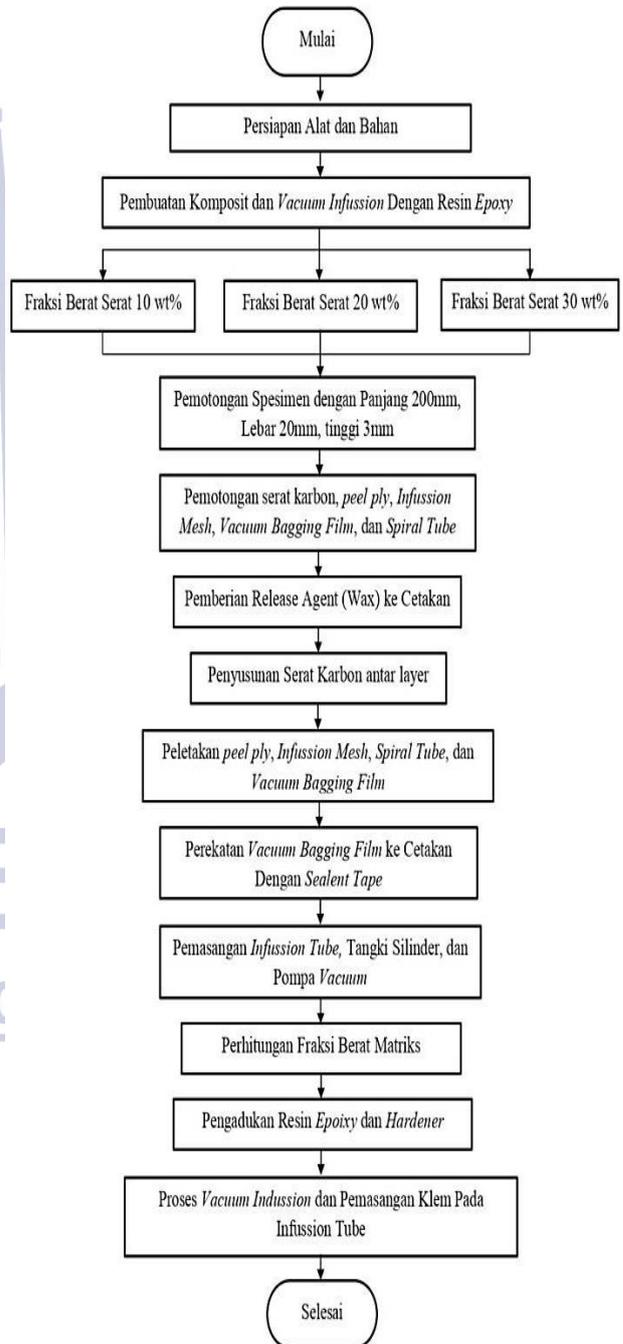


Gambar 3. Dimensi Spesimen Uji Tarik ASTM D3039



Gambar 4. Ilustrasi Serat Karbon

**Proses Pembuatan Spesimen
Proses Pembuatan Fraksi Berat, Resin, Komposit, dan
Proses Vacuum**



Gambar 5. Diagram Alir Proses Tahapan Pembuatan Komposit

Proses dan tahapan-tahapan dalam pembuatan spesimen komposit:

- Persiapan alat dan bahan.
- Pembuatan spesimen fraksi berat 10 wt%, 20 wt%, dan 30 wt% sesuai perhitungan fraksi berat dengan menggunakan matriks resin *epoxy*. Ukuran dimensi spesimen panjang 200 mm, lebar 20 mm, dan tinggi 3 mm.
- Pembuatan komposit dimulai dengan penataan serat karbon, lembar *peel ply*, lembar *infusion mesh*, lembar *vacuum bagging film*, dan selang spiral mengelilingi cetakan sesuai standar ukuran cetakan.
- Pemberian *wax* ke cetakan dan ditunggu hingga kering.
- Pada layer tiap karbon diberikan *aerosol spray* secara merata agar tidak terjadi pelepasan dan pergeseran tiap layer pada proses vakum.
- Peletakan lembar *peel ply*, lembar *infusion mesh*, selang spiral, dan lembar *vacuum bagging film* ditata beraturan.
- *Sealant tape* digunakan pada saat merekatkan lembar *vacuum bagging film* ke cetakan
- *Infusion tube* dipasang diantara cetakan komposit, tangki silinder resin, dan pompa *vacuum*.
- Pompa vakum dipasang ke tangki silinder resin dan menghubungkan tangki silinder resin ke cetakan.
- Perhitungan fraksi berat serat seperti serat karbon dan matriks bertujuan agar bahan tersebut sesuai dengan takaran dan kemampuan komposit.
- Campuran resin *epoxy* dan *hardener* diaduk hingga merata dan jika terdapat gelembung dibiarkan beberapa menit agar hilang. Takaran resin *epoxy* dan *hardener* adalah perbandingan 2:1.
- Melakukan proses *vacuum infusion* dengan menggunakan pompa vacuum tekanan 1 HP dengan perpindahan udara 12 *cubic feet per-minute* (cfm). Resin dialirkan hingga merata pada permukaan komposit. Proses pemvakuman dimulai dari proses penghilangan udara pada cetakan komposit. Setelah udara vakum, lanjutkan ke tahap vakum resin *epoxy*.
- Pemasangan tutup klem pada *infusion tube* ketika proses *vacuum* selesai. Pemasangan tersebut agar udara tidak masuk dan vakum dalam cetakan.

Pengamatan Bentuk Fisik Komposit

Sebelum pemotongan spesimen dan siklus termal, dilakukan pengamatan untuk melihat apabila terdapat kecacatan pada komposit. Apabila memiliki kecacatan pada spesimen komposit seperti tidak meratanya resin, terdapat patah atau retak, layer tidak menempel atau

merekat pada layer lainnya, dan terdapat bahan lain yang melekat pada komposit. Maka diperlukan pembuatan spesimen dari proses awal dan spesimen yang gagal tidak dapat digunakan.

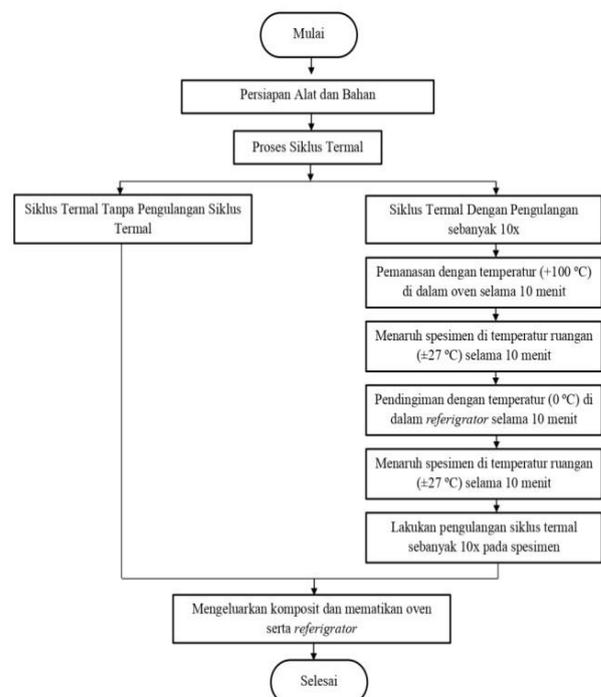
Proses Pemotongan Spesimen Komposit

Apabila komposit dinyatakan tidak terdapat kecacatan, maka komposit dapat dibentuk menjadi spesimen siap uji. Spesimen tersebut dibentuk dengan alat bantu potong berupa gerinda tangan. Pada saat tahap pemotongan perlu hati-hati, agar komposit tidak patah atau pecah. Dimensi spesimen uji tarik komposit yang dibentuk mengacu pada standar pengujian tarik ASTM D3039-07.

Proses Perhitungan Massa Spesimen Komposit

Sebelum proses siklus termal, spesimen uji dilakukan penghitungan massa spesimen diawal-awal untuk dibandingkan dengan sesudah siklus termal. Untuk perhitungan massa digunakan timbangan digital. Pengukuran massa spesimen komposit dilakukan untuk mengetahui adanya pengaruh perbedaan hasil uji tarik terhadap setiap variasi spesimen. Pertama dilakukan tahapan menghitung massa setiap spesimen menggunakan timbangan digital. Kedua dilakukan tahapan menghitung rata-rata massa dari ketiga spesimen yang digunakan. Selanjutnya data massa dari setiap spesimen akan dibandingkan untuk mengetahui pengaruh variasi fraksi berat dan siklus termal.

Proses Siklus Termal



Gambar 6. Diagram Siklus Termal

- Mengatur instalasi pengujian termal tanpa ada kebocoran pada *refrigerator*.
- Menyalakan oven listrik dengan *setting* temperatur 100°C dan waktu siklus termal penahanan 10 menit.
- Melakukan cek temperatur secara berkala dengan menggunakan termokopel digital. Jika temperatur stabil pada oven di temperatur 100°C maka dapat lanjut proses siklus termal berikutnya.
- Spesimen komposit diletakkan dalam oven.
- Spesimen diberikan proses siklus termal selama 10 menit pada temperatur tinggi (+100 °C).
- Setelah 10 menit, mematikan oven dan mengeluarkan spesimen untuk diangin-anginkan di temperatur ruangan selama 10 menit.
- Setelah 10 menit di temperatur ruangan, memasukkan spesimen ke dalam *refrigerator* selama 10 menit.
- Setelah 10 menit, mengeluarkan spesimen dari *refrigerator* untuk diangin-anginkan di temperatur ruangan selama 10 menit.
- Kemudian ulangi langkah-langkah tersebut sebanyak pengulangan spesimen yang ditentukan.

Prosedur Pengujian Tarik



Gambar 7. Skema Uji Tarik

Hasil nilai kuat tarik dapat dihitung dengan rumus dibawah ini:

$$\sigma_c = \frac{P}{A}$$

Dimana:

- σ_c : kuat tarik komposit (MPa)
- P : beban maksimum spesimen (N)
- A : luas penampang patahan spesimen (mm²)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Uji Tarik Massa Spesimen Komposit

Tabel 1. Hasil Uji Tarik Spesimen

Fraksi Berat Serat (%)	Siklus Termal	Spesimen	Nilai Kuat Tarik (MPa)
10%	Tanpa Perlakuan	1	316,54
		2	403.17
		3	324,38
		Rata - Rata	348,03
	10X	1	377.10
		2	314,97
		3	318,89
		Rata - Rata	336,98
20%	Tanpa Perlakuan	1	388.60
		2	326.66
		3	408.20
		Rata - Rata	374,48
	10X	1	382.85
		2	317.25
		3	376.58
		Rata - Rata	358,87
30%	Tanpa Perlakuan	1	530.72
		2	457.11
		3	381.48
		Rata - Rata	456.44
	10X	1	430.64
		2	357.31
		3	509.04
		Rata - Rata	432.33

Hasil Massa Spesimen Komposit

Tabel 2. Hasil Massa Spesimen

Fraksi Berat Serat (%)	Siklus Termal	Spesimen	Massa Awal (gram)	Massa Akhir (gram)
10	Tanpa Perlakuan	1	6	Tanpa Perlakuan Siklus Termal
		2	5	
		3	5	
		Rata - Rata	5,33	
	10X	1	5	3
		2	5	4
		3	5	4
		Rata - Rata	5	3,66
20	Tanpa Perlakuan	1	7	Tanpa Perlakuan Siklus Termal
		2	6	
		3	8	
		Rata - Rata	7	
	10X	1	7	6
		2	7	6
		3	6	6
		Rata - Rata	6,66	6
30	Tanpa Perlakuan	1	10	Tanpa Perlakuan Siklus Termal
		2	9	
		3	9	
		Rata - Rata	9,33	
	10X	1	10	9
		2	11	9
		3	10	10
		Rata - Rata	10,33	9,33

Uji Statistika

Pada penelitian ini dilakukan teknik analisis data yaitu teknik analisis data deskriptif kuantitatif dimana dalam teknik ini peneliti akan menentukan besarnya pengaruh data secara kuantitatif secara keseluruhan. Untuk membantu memperkirakan dan menentukan besarnya pengaruh dari hasil penelitian ini kami menggunakan aplikasi SPSS 20 dalam aplikasi tersebut nilai data dari tabel akan dianalisis menggunakan metode *two way* anova. Data harus memiliki syarat normalitas dan homogenitas agar dapat dilakukan uji anova untuk mengetahui normal dan homogen dari data spesimen komposit. Maka untuk memenuhi syarat diperlukan uji normalitas dan homogenitas agar dapat dilakukan uji anova.

Uji Normalitas

Berikut merupakan hasil uji normalitas didapatkan hasil dengan bantuan aplikasi SPSS 20 dengan menggunakan metode *residual two way* anova.

Tabel 3. Data Hasil Uji Normalitas

Test of Normality Unstandardized Residual	
N	18
Kolmogorov-Smirnov Z	.596
Asymp. Sig. (2-tailed)	.869

Pada hasil perhitungan alat uji normalitas mengacu pedoman Kolmogorov-Smirnov. Menurut pengujian didapatkan nilai variabel yang memiliki sig. diatas 0,05 yaitu 0.869, Dari hal tersebut didapatkan bahwa data hasil pengujian kuat tarik terdistribusi normal pada tiap spesimen, Selanjutnya yang dilakukan adalah uji homogenitas.

Uji Homogenitas

Berikut merupakan tabel hasil uji homogenitas dari data pengujian tarik.

Tabel 4. Data Hasil Uji Homogenitas

Levenes Test of Equality Error Variances ^a			
Dependent Variable: Uji Tarik (Mpa)			
F	df1	df2	Sig.
.465	5	12	.795

Hasil nilai uji homogenitas didapatkan nilai sig. sebesar 0,795 di atas 0,05. Sehingga data spesimen komposit dapat dinyatakan bahwa data hasil pengujian tarik dinyatakan homogen, Selanjutnya yang dilakukan adalah uji anova.

Uji ANOVA

Untuk menarik sebuah simpulan, diperlukan analisa hipotesa pada metode *two way* anova. Hipotesa yang diajukan

• Ho

Tidak terdapat perbedaan yang signifikan kekuatan tarik pada spesimen komposit berpenguat serat karbon dengan variasi fraksi berat 10 wt%, 20 wt%, 30 wt%, dan siklus termal.

• Ha

Terdapat perbedaan yang signifikan kekuatan tarik pada spesimen komposit berpenguat serat karbon dengan variasi fraksi berat 10 wt%, 20 wt%, 30 wt%, dan siklus termal.

Tabel 5. Data Hasil Uji ANOVA

Tests of Between-Subjects Effects						
Dependent Variable: Uji Tarik						
Source		Sum of Square	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	2626102.804	1	2626102.804	1758.034	.015
	Error	1493.772	1	1493.772 ^a		
Fraksi Berat	Hypothesis	38127.045	2	19063.523	487.460	.002
	Error	78.216	2	39.108 ^b		
Siklus Termal	Hypothesis	1493.772	1	1493.772	38.196	.025
	Error	78.216	2	39.108 ^b		

Hasil nilai Sig. hitung yaitu pada tabel 5 adalah 0,002 untuk fraksi berat dibawah 0,05 dan 0,025 untuk siklus termal dibawah 0,05, Berdasarkan Sig. hasil yang ada pada tabel 5, maka mendapat keputusan penelitian bahwa Ho ditolak dan Ha diterima, atau terdapat pengaruh yang signifikan pada fraksi berat serat dan siklus termal pada spesimen komposit terhadap kekuatan tarik.

Analisa Data Nilai Uji Tarik Spesimen

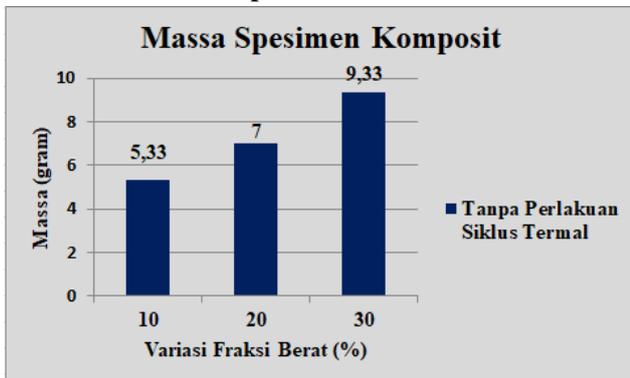


Gambar 8. Nilai Uji Tarik Spesimen

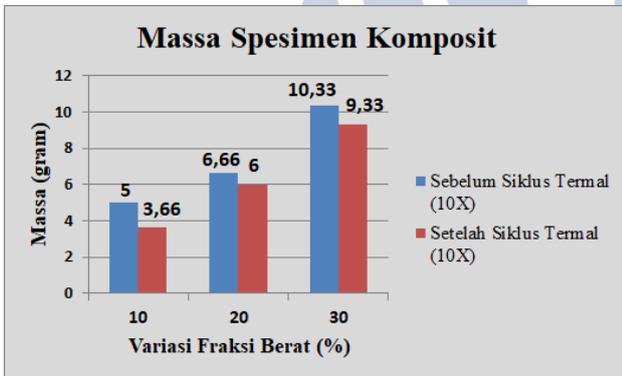
Berdasarkan gambar grafik diatas dapat dilihat hubungan dari variasi fraksi berat dan siklus termal, dimana pada gambar tersebut menunjukkan bahwa nilai uji tarik dari fraksi berat 30% memiliki nilai rata-rata uji tarik yang lebih tinggi daripada fraksi berat 10% dan 20%. Fraksi berat 30% memiliki nilai rata-rata uji tarik sebesar 456,44 MPa untuk tanpa perlakuan siklus termal dan memiliki rata-rata uji tarik sebesar 432,33 MPa yang diberikan perlakuan siklus termal (10X), sedangkan pada fraksi berat 10% memiliki nilai rata-rata uji tarik sebesar 348,03 MPa untuk tanpa perlakuan siklus termal dan

memiliki rata-rata uji tarik sebesar 336,98 MPa yang diberikan perlakuan siklus termal (10X), fraksi berat 20% memiliki nilai rata-rata uji tarik sebesar 374,48 MPa untuk tanpa perlakuan siklus termal dan memiliki rata-rata uji tarik sebesar 358,87 MPa yang diberikan perlakuan siklus termal (10X).

Analisa Data Massa Spesimen



Gambar 9. Massa Spesimen Komposit Tanpa Perlakuan Siklus Termal

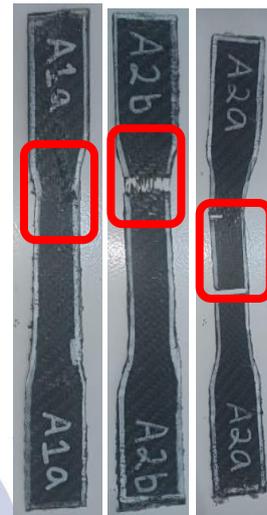


Gambar 10. Massa Spesimen Komposit Dengan Perlakuan Siklus Termal (10X)

Berdasarkan gambar 10 terdapat hubungan antara fraksi berat dan siklus termal terhadap massa spesimen komposit, dimana dilihat pada gambar 8, menunjukkan bahwa berdasarkan variasi fraksi berat 30% memiliki rata-rata nilai massa yang tinggi daripada 10% dan 20%. Fraksi berat 30% memiliki nilai rata-rata massa masing-masing untuk yang tidak diberikan perlakuan siklus termal dan yang diberikan siklus termal (10X) sebesar 9,33 gram dan 9,33 gram. Fraksi berat 20% memiliki nilai rata-rata massa masing-masing untuk yang tidak diberikan perlakuan siklus termal dan yang diberikan siklus termal (10X) sebesar 7 gram dan 6 gram. Sedangkan fraksi berat 10% memiliki nilai rata-rata massa masing-masing untuk yang tidak diberikan perlakuan siklus termal dan yang diberikan siklus termal (10X) sebesar 5,33 gram dan 3,66 gram. Pada gambar 4.3 data massa spesimen menunjukkan bahwa pada siklus termal tanpa perlakuan terdapat nilai rata-rata massa yang lebih tinggi daripada spesimen siklus termal dengan perlakuan (10X) pada

temperatur tinggi sebesar 100°C dan temperatur rendah sebesar 0°C.

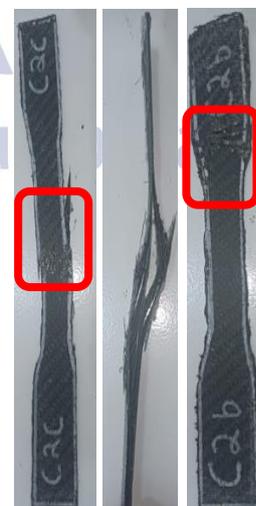
Analisa Patahan Uji Tarik Spesimen Serat Karbon



Gambar 11. Patahan Spesimen Pada Fraksi Berat Serat 10 wt%



Gambar 12. Patahan Spesimen Pada Fraksi Berat Serat 20 wt%



Gambar 13. Patahan Spesimen Pada Fraksi Berat Serat 30 wt%

Pada spesimen uji tarik fraksi berat 10% pada kedua variasi terdapat tiga jenis kode patahan yang terjadi pada komposit. Dilihat pada gambar 10 terlihat kode patahan LIT yaitu komposit serat karbon mengalami tipe kegagalan lateral dengan patahan luas disekitar didalam cekam dan tempat patahan di bagian atas. Pada kode LAT berarti komposit serat karbon gagal tipe lateral pada daerah cekam dan terletak pada di daerah atas. Sedangkan pada kode patahan LGM berarti komposit gagal secara lateral pada *gage* di bagian tengah.

Pada spesimen uji tarik fraksi berat 20% pada kedua variasi terdapat satu jenis patahan yang sama terjadi pada komposit serat karbon. Dilihat pada gambar 11 yaitu kode patahan DGM yaitu komposit serat karbon mengalami tipe kegagalan delaminasi bagian tepi (*edge delamination*) dengan patahan terjadi di daerah *gage* dan daerah patahan ada di bagian tengah (*middle*).

Pada spesimen uji tarik fraksi berat 30% pada kedua variasi terdapat 2 jenis kode patahan yang terjadi pada komposit. Dapat kita lihat pada gambar 4.13 terdapat kode patahan DGM yaitu komposit mengalami kegagalan tipe delaminasi bagian tepi (*edge delamination*) dengan patahan luas didaerah didalam *gage* dan daerah patahan berada di bagian tengah (*middle*). Pada kode patahan GAT artinya komposit gagal terjadi kerusakan di daerah *grip* atau *tabbing* pada cekam (*at grip/tabbing*) dan terletak pada lokasi atas.

Pada fraksi berat 10 wt% mengalami patah getas (*brittle fracture*), hal ini disebabkan patahan pada komposit serat karbon terjadi di beberapa tempat spesimen dan terjadi kerusakan matriks serta tidak mampu menahan konsentrasi pada ujung serat sehingga terlepas dari matriks (*debonding*) dan *fiber pull out*. Kerusakan yang terjadi pada gambar 10 spesimen (A2a) karena pada saat penarikan spesimen di mesin uji tarik terlalu kencang menjepit cekam pada spesimen sehingga terjadi dua patahan (*fracture*). Pada fraksi berat 20 wt% tidak mengalami patah getas (*brittle fracture*), hal ini disebabkan patahan pada komposit serat karbon terjadi secara delaminasi atau tidak menyebabkan spesimen patah. Delaminasi yang terjadi juga disebabkan oleh dari faktor kurangnya menyemprotkan *spray adhesive* yaitu perekat serat karbon antar tiap lapisan secara merata. Pada fraksi berat 30 wt% mengalami delaminasi dan patahan di sekitar area *grip* (*tabbing*) karena tidak meratanya resin serta penyemprotan *spray adhesive* di sekitar area *grip*.

Analisis Pengaruh Massa Cetakan Spesimen dan Kode Patahan Uji Tarik Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Serat Karbon

Variasi Fraksi Berat

- Fraksi Berat 10 wt%

Fraksi berat dengan persentase 10% memiliki nilai rata-rata massa spesimen sebesar gram, struktur yang

memiliki massa lebih ringan mampu menahan beban kuat tarik sesuai kapasitas spesimen dan mendistribusikan secara merata pada seluruh area spesimen. Sehingga fraksi berat 10% mendapatkan nilai rata-rata uji tarik 348,03 MPa pada tanpa perlakuan siklus termal dan dengan perlakuan siklus termal (10X) sebesar 336,98 MPa. Jenis kode patahannya didominasi patah getas (*brittle fracture*), *debonding*, dan *fiber pullout*.

- Fraksi Berat 20 wt%

Fraksi berat dengan persentase 20% memiliki nilai rata-rata massa spesimen sebesar gram, struktur yang memiliki massa lebih ringan mampu menahan beban kuat tarik sesuai kapasitas spesimen dan mendistribusikan secara merata pada seluruh area spesimen. Sehingga fraksi berat 20% memiliki nilai rata-rata uji tarik sebesar 374,48 MPa pada tanpa perlakuan siklus termal dan dengan perlakuan siklus termal (10X) sebesar 358,87 MPa. Jenis kode patahannya didominasi oleh *edge delamination* yang memiliki sifat lebih *ductile* atau tidak sampai patah getas.

- Fraksi Berat 30 wt%

Fraksi berat dengan persentase 30% memiliki nilai rata-rata massa spesimen sebesar gram, struktur yang memiliki massa lebih ringan mampu menahan beban kuat tarik sesuai kapasitas spesimen dan mendistribusikan secara merata pada seluruh area spesimen. Sehingga fraksi berat 30% memiliki nilai rata-rata uji tarik sebesar 456,44 MPa pada tanpa perlakuan siklus termal dan dengan perlakuan siklus termal (10X) sebesar 432,33 MPa. Jenis kode patahannya yang diperoleh adalah *edge delamination* dikarenakan kurangnya *spray adhesive* untuk merekatkan lapisan antar *layer* serat karbon untuk menerima tegangan tinggi dan *fiber pull out* karena kurang meratanya resin pada bagian are *grip* sehingga *crack* pada *grip* bagian atas.

Variasi Siklus Termal

- Tanpa Perlakuan Siklus Termal

Nilai massa pada spesimen yang tanpa diberikan perlakuan siklus termal memiliki rata-rata massa yang lebih tinggi. Hal tersebut disebabkan dari adanya matriks resin *epoxy* yang mengikat serat karbon menguap hanya pada proses suhu ruang pada saat proses pembuatan spesimen. Sehingga spesimen tidak mengalami siklus termal dan memiliki nilai uji tarik yang rata-rata tinggi pada tiap variasi spesimen. Jenis kode patahannya pada fraksi berat 10% didominasi patahan secara lateral yang mengalami patah getas, *debonding*, dan *fiber pullout*. Pada fraksi berat serat 20% dan 30% mengalami patahan yang didominasi secara delaminasi tidak sampai patah,

getas hal tersebut disebabkan kurangnya dari penyemprotan *spray adhesive* tiap layer.

- Perlakuan Siklus Termal (10X)

Nilai massa pada spesimen yang tanpa diberikan perlakuan siklus termal (10X) memiliki rata-rata massa yang lebih rendah dan menurun dibanding nilai pada masing-masing variasi fraksi berat pada siklus termal tanpa perlakuan. Hal tersebut disebabkan dari adanya matriks resin *epoxy* yang mengikat serat karbon mengalami penguapan disaat proses siklus termal dengan temperatur 100°C, kemudian menyusut pada ikatan matriks yang disebabkan siklus termal dengan temperatur 0°C, pada saat proses pembuatan spesimen. Sehingga spesimen mengalami siklus termal dan memiliki nilai uji tarik yang rata-rata rendah pada tiap variasi spesimen. Jenis kode patahannya pada fraksi berat 10% didominasi patahan secara lateral yang mengalami patah getas, *debonding*, dan *fiber pullout*. fraksi berat serat 20% dan 30% mengalami kode patah yang didominasi secara delaminasi tidak sampai patah getas, hal tersebut disebabkan selain dari kurangnya *spray adhesive* juga disebabkan adanya siklus termal yang membuat terjadinya delaminasi.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil pembahasan penelitian dan analisis yang telah dilakukan pada data komposit serat karbon yang diberikan variasi fraksi berat dan siklus termal, maka dari pembahasan diambil kesimpulan bahwa terdapat pengaruh pada variasi fraksi berat (10%, 20% dan, 30%) dan siklus termal (0X dan 10x) terhadap hasil nilai uji tarik, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Hasil terbesar pada komposit serat karbon yang tidak diberi perlakuan siklus termal yaitu diperoleh fraksi berat serat 30% hasil nilai kuat uji tarik sebesar 456,44 MPa, pada fraksi berat serat 20% memiliki nilai hasil uji tarik sebesar 374,48 MPa, dan fraksi berat serat 10% memiliki nilai hasil uji tarik sebesar 348,03 MPa. Hasil terbesar pada komposit serat karbon yang tidak diberi perlakuan siklus termal (10X) yaitu diperoleh fraksi berat serat 30% hasil nilai kuat uji tarik sebesar 432,33 MPa, pada fraksi berat serat 20% memiliki nilai hasil uji tarik sebesar 358,87 MPa, dan fraksi berat serat 10% mendapatkan nilai hasil kuat uji tarik sebesar 336,98 MPa. Adanya pengaruh pada fraksi berat serat diperkuat dengan hasil metode statistik yaitu uji Anova dimana fraksi berat serat mendapatkan nilai Sig. hasil hitung $0,002 < 0,05$, dimana yang berarti terdapat pengaruh signifikan pada fraksi berat serat terhadap hasil kuat tarik.

- Hasil data nilai pada kekuatan tarik komposit serat karbon yang tidak diberikan perlakuan siklus termal dan yang diberikan perlakuan siklus termal (10X) baik pada masing-masing variasi 10% 20%, dan 30%, didapatkan bahwa tanpa perlakuan siklus termal memiliki hasil kuat tarik dengan nilai rata-rata yang lebih tinggi dibandingkan dengan yang mendapat perlakuan siklus termal (10X). Adanya pengaruh pada siklus termal diperkuat dengan hasil metode statistik yaitu uji Anova dimana siklus termal mendapatkan nilai Sig. hasil hitung $0,025 < 0,05$, dimana yang berarti terdapat pengaruh signifikan pada siklus termal terhadap hasil kekuatan tarik.

Saran

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

- Pada saat pemotongan komposit disarankan menggunakan gergaji besi atau tangan dan saat proses pembentukan khusus komposit serat dapat dibentuk persegi panjang sesuai standar ASTM (tanpa dibentuk).
- Pada saat melepas serat karbon dari cetakan perbanyak *spray adhesive* pada tiap layer serat karbon, *peel ply* dan *infushion mesh*.
- Pada penelitian selanjutnya bisa dikembangkan lebih lanjut terhadap variasi siklus termal secara waktu pengulangan (20X dan 30X) dan waktu penahanan temperatur (2 menit atau 5 menit).

DAFTAR PUSTAKA

- Adithya, Sefry, Wijang W. Raharjo, Teguh Triyono, 2015. "Pengaruh Fraksi Berat Serat Terhadap Kekuatan Bending Komposit rHDPE-Cantula". Mekanika. 13(2), 51-54.
- ASTM. 2003. D790-03 Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials. United states.
- Basori, Syafrizal, Suharwanto, 2015. "Analisis Defleksi Batang Lentur menggunakan Tumpuan Jepit Dan Rolpada Material Aluminium 6063 Profil U Dengan Beban Terdistribusi"
- Darmawan, Waldhy Rifki, dkk, 2018. "Pengaruh Siklus Thermal Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Unsaturated Polyester-Serat Kelapa"
- Rusminanda, Aldiansyah, 2021. "Analisis Kekuatan Material Fiber Carbon Dengan Variasi Core Terhadap Kekuatan Impak Pada Tulangan Bodi Mobil Garnesa Racing Team". JTM. 9(2), 93-100.
- Sianturi, Yerimia M., Stenly Tangkuman, Irfan Rondonuwu, 2020. "Analisis Defleksi Benda Kerja Ditinjau Dari Kedalaman Potong Pada Proses Bubut". Jurnal Online Poros Teknik Mesin.9(2), 172-183.

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

Utomo, Wahyu Budi, 2021. "Pengaruh Variasi Jenis *Core*, Temperatur *Curing* Dan *Post-Curing* Terhadap Karakteristik *Bending* Komposit *Sandwich* Serat Karbon Dengan Metode *Vacuum Infusion*". JTM. 9(2), 45-54.



UNESA

Universitas Negeri Surabaya