

The Influence of Time Variation and Number of Fiberglass Layers in the Composite Material Manufacturing Process on Tensile Strength, Bending Strength, and Surface Smoothness

[Pengaruh Variasi Waktu Dan Jumlah Lapisan *Fiberglass* Dalam Proses Pembuatan Material Komposit Terhadap Kekuatan Tarik , Tekuk , Dan Kerataan Permukaan]

Dimas Sunu Purwohadi¹⁾, Mulyadi ^{*,2)}

¹⁾ Program Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾ Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Email Penulis Korespondensi: Mulyadi@umsida.ac.id

Abstract. *The research explores manufacturing fiberglass composite materials using an open mold process with a pressing technique to overcome the hand lay-up method's shortcomings of producing less smooth surfaces. Conducted at Muhammadiyah University of Sidoarjo (UMSIDA) and Malang State Polytechnic, specimens underwent tensile tests (ASTM D638 Type I), bending tests (ASTM D790), and surface flatness measurements with a dial indicator. Variations included the number of fiberglass layers (2, 3, and 4 layers) and pressing duration (3, 4, and 5 hours). Tensile tests showed the best stress and strain at 2 layers and 3 hours of pressing. Bending tests revealed the best stress and modulus of elasticity at 4 layers and 4 hours of pressing. Optimal surface flatness was achieved with 3 layers and 4 hours of pressing. This optimization is crucial for efficient pressing methods in future composite material production.*

Keywords - composite, , press method, tensile test, bending test, surface flatness.

Abstrak. *Penelitian ini mengeksplorasi metode pembuatan material komposit fiberglass menggunakan proses cetakan terbuka dengan metode press. Metode ini diharapkan mengatasi kekurangan metode hand lay-up yang sering menghasilkan permukaan kurang rata. Penelitian dilakukan di laboratorium Teknik Mesin UMSIDA dan Politeknik Negeri Malang. Spesimen diuji dengan metode tarik (ASTM D638 Type I), tekuk (ASTM D790), serta kerataan permukaan menggunakan dial indicator. Variasi penelitian mencakup jumlah lapisan fiberglass (2, 3, dan 4 lapisan) dan durasi penekanan (3, 4, dan 5 jam). Hasil uji tarik menunjukkan tegangan dan regangan terbaik pada 2 lapisan serat kaca dan 3 jam penekanan. Uji tekuk menunjukkan tegangan dan modulus elastisitas terbaik pada 4 lapisan dan 4 jam penekanan. Kerataan permukaan optimal pada 3 lapisan dan 4 jam penekanan. Optimalisasi diperlukan untuk konfigurasi terbaik dan sebagai dasar bagi pengembangan metode press yang lebih efisien dalam produksi material komposit.*

Kata Kunci - komposit, metode press, uji tarik, uji tekuk, kerataan permukaan.

I. PENDAHULUAN

Komposit adalah sistem material multi fasa yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material dengan sifat yang berbeda. Komposit terdiri dari serat dan matriks. Serat berfungsi sebagai material rangka yang menyusun komposit. Sedangkan matriks berfungsi untuk merekatkan serat dan menjaganya agar tidak berubah posisi.[1] Salah satu material komposit yaitu kaca serat, atau kaca serat dan serat gelas dalam bahasa Indonesia, adalah kaca cair yang ditarik menjadi serat tipis dengan diameter kurang lebih 0,005 hingga 0,01 mm. Serat-serat ini dipintal menjadi benang atau ditunen menjadi kain dan diresapi dengan resin untuk menghasilkan bahan yang tahan lama dan tahan korosi. memiliki banyak kegunaan, termasuk pembuatan kapal, mobil, akuarium, atap, pipa, pelapis, dan banyak lagi.[2] Penggunaan material komposit, khususnya , telah menjadi tren yang menarik dalam industri pembuatan bodi mobil. menawarkan kekuatan yang tinggi, kemampuan untuk dibentuk dengan mudah, serta memiliki sifat tahan terhadap korosi, sehingga menjadi pilihan menarik untuk digunakan dalam pembuatan bodi mobil. Selain itu Penggunaan bahan memungkinkan kendaraan lebih hemat konsumsi bahan bakarnya karena beban bodi yang lebih ringan.[3] Secara umum metode pembuatan material komposit yang terdiri dari atas dua cara, yaitu : a) Proses Cetakan Terbuka (open-mold process), b) Proses Cetakan Tertutup (closed mold processes). Proses cetakan terbuka terdiri dari 5 jenis metode yaitu 1. *Contact molding/ hand lay up*, 2. *Vacuum bag*, 3. *Pressure bag*, 4. *Spray-up*, 5. *Filament winding*. Sedangkan proses cetakan tertutup memiliki tiga jenis metode : 1. Proses cetakan tekan (*compression molding*), 2. *Injection molding*, 3. *Continuous pultrusion*.[4] Metode yang paling sering digunakan yaitu metode *hand*

lay up. Alasan metode *hand lay up* sering digunakan karena Metode ini adalah metode laminasi yang paling mudah dan sederhana.[5] Selain itu metode ini juga tidak memerlukan banyak alat untuk dilakukan. Namun, dibalik kemudahan tersebut metode *hand lay up* juga memiliki kekurangan juga. Menurut [6] pembuatan material komposit menggunakan metode *hand lay up* memiliki permukaan yang kasar serta laminasi resin yang tidak merata. Hal ini pasti akan menimbulkan kurang efektif dalam pada proses pengerjaan karena perlu melakukan proses finishing yang cukup lama. Selain metode yang digunakan. komposisi antara resin dan katalis dalam pembuatan material komposit juga harus diperhatikan. Karena hal tersebut bisa juga mempengaruhi terhadap kualitas hasil dari produk komposit itu sendiri. Menurut [7] komposisi terbaik pada campuran resin yang disertai katalis berada pada kandungan resin 98,5% dan kandungan katalis 1,5%.

Pada penelitian kali ini penulis akan bereksperimen menggunakan proses cetakan terbuka (open-mold process) dengan metode *press*. Metode ini menggunakan metode dasar *hand lay up* tetapi dengan tambahan tekanan agar bentuk material menjadi lebih sesuai dengan desain yang telah di tentukan. Proses ini memiliki potensi untuk meningkatkan efisiensi produksi serta memungkinkan pengembangan bodi mobil yang lebih ringan, kuat, dan efisien secara energi. Dengan pemahaman yang lebih baik tentang penggunaan material komposit seperti melalui metode *press* dengan dasar metode *hand lay up* penulis berharap hasil dari penelitian ini memberikan sebuah inovasi metode baru yang bisa memberikan solusi bagi metode *hand lay up* yang memiliki kekurangan berupa permukaan komposit yang kurang halus dan rata.

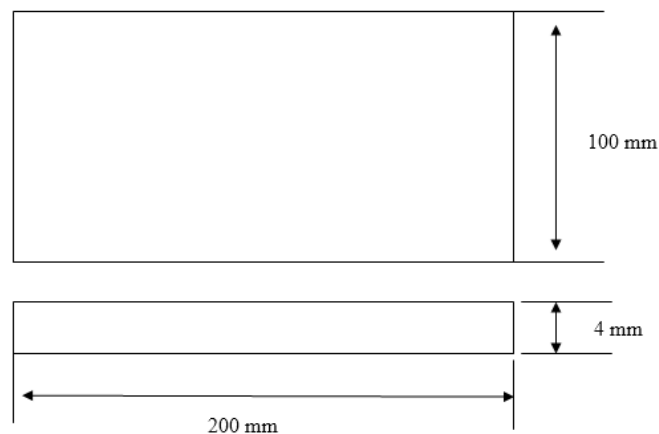
II. METODE

A. Metode Penelitian

Pada penelitian dan pengujian yang di lakukan di laboratorium teknik mesin umsida dan laboratorium teknik mesin politeknik negri malang dengan tujuan mendapatkan hasil uji yang terbaik dari spesimen uji tarik , uji *bending* serta kerataan permukaan pada material komposit dengan pembuatan menggunakan metode *press*. Adapun alur yang digunakan pada penelitian ini yaitu mulai dari studi literatur yang memiliki tujuan sebagai dasar dari penelitian sebelum melanjutkan pada tahap persiapan alat dan bahan pembuatan spesimen, pembuatan spesimen dengan metode *press*, pengujian kekuatan tarik tekuk serta kerataan permukaan. Jika tahap sebelumnya selesai analisa data akan dilakukan untuk memperoleh hasil dari penelitian tersebut. Semua tahapan tersebut dilakukan secara sistematis dan runtut agar diperoleh hasil yang diinginkan.

B. Metode *Press* pada Material Komposit

Pada proses pembuatan material komposit yang menggunakan metode dasar *hand lay up* serta di tambah dengan pemberian *press* saat pembuatan material komposit sesuai dengan **Gambar 2**. memiliki tujuan agar material komposit tersebut bisa mengurangi kekurangan dari metode *hand lay up* yaitu permukaan yang kurang rata. Ukuran dari material komposit sendiri menggunakan 20 cm x 10 cmm dengan tebal 0,4 cm seperti pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Ukuran awal material komposit sebelum dibentuk menjadi spesimen



Gambar 2. Metode *press* yang digunakan saat membuat material komposit

C. Komposisi , alat dan bahan yang digunakan pada material komposit

Komposisi yang digunakan pada material komposit sendiri untuk campuran resin dan katalis ada diangka 98,5% (Resin) dan 1,5% (katalis).[7] Untuk penggunaan alat dan bahan sebagai berikut:

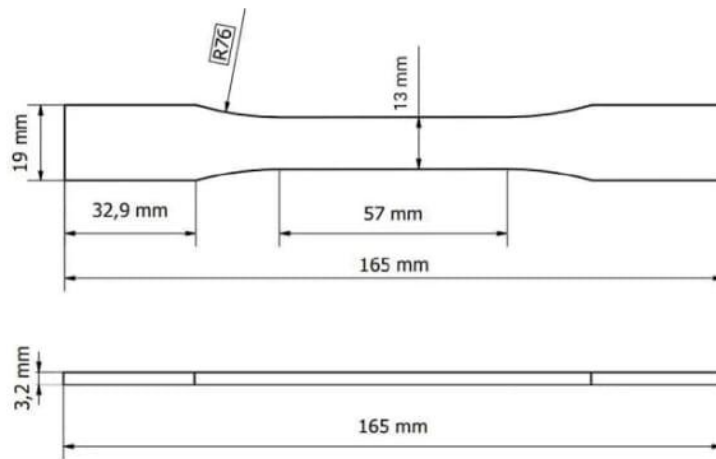
1. Resin
2. Katalis
3. Alat press Manual
4. Pva
5. Plat Besi ukuran 20 x 10 (cetakan)
6. Pipa besi
7. Dial indicator
8. Serat kaca mat
9. Alat uji tarik dan tekuk universal

D. Standar Uji dan Variasi

Penelitian ini melakukan beberapa uji dan menggunakan 2 variasi. Pada Uji tarik menggunakan ASTM D638 Type I sedangkan Uji tekuk sendiri menggunakan ASTM D790. Untuk variasi pada penelitian ini menggunakan 2 variasi yaitu variasi pada lapisan material komposit dan variasi pada waktu pengepressan material komposit.

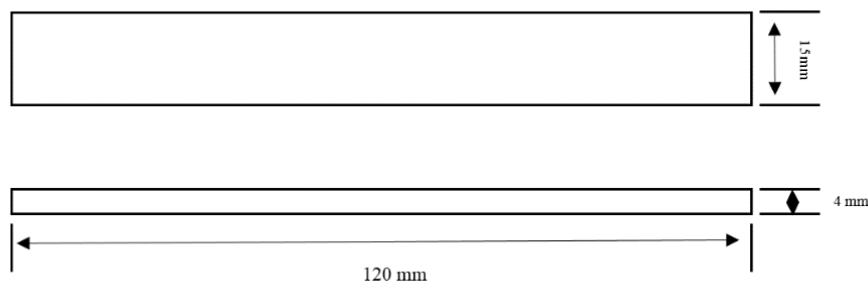
E. Uji Tarik ASTM D638 (Type I) dan Uji Tekuk ASTM D790

Uji tarik pada plastik menurut ASTM D638 membantu menentukan sifat mekanik penting, termasuk tegangan tarik, regangan, modulus tarik, kekuatan tarik. Pengujian tarik ini menggunakan ASTM D638 *Type I* dengan ukuran 165 mm x 19 mm x 3,2 mm sesuai dengan **Gambar 3**.



Gambar 3. Spesimen Uji Tarik ASTM D638 (Type I)

Sedangkan Pengujian tekuk yang berstandar dari ASTM D790 yang bertujuan mengetahui nilai dari tegangan dan modulus elastisitas nya. **Gambar 4.** Adalah rancangan gambar dari spesimen yang memiliki ukuran 120 mm x 15 mm x 4 mm.



Gambar 4. Spesimen Uji tekuk ASTM D790

F. Variasi Pengujian

Pada variasi sendiri menggunakan 2 variasi yaitu variasi jumlah lapisan dan variasi waktu penekanan. Hal ini terdajari dari [8] yang mengatakan bahwa waktu kering dari pembuatan material komposit resin yaitu 3-5 jam dan menurut [9] lapisan yang digunakan bisa 2-5 lapisan, tetapi pada penelitian ini menggunakan 2-4 lapisan karena mempertimbangkan berat material komposit saat digunakan. Berikut ini adalah tabel variasi desain spesimen yang akan di gunakan pada penelitian kali ini

Tabel 1. Variasi Desian Spesimen

	Variasi Spesimen	Pengujian tarik (Mpa)	Pengujian tekuk (Mpa)	Pengujian kerataan permukaan
1.	2 lapisan Serat kaca dengan waktu 3 jam penekanan (2L 3J)			
2.	2 lapisan Serat kaca dengan waktu 4 jam penekanan (2L 4J)			
3.	2 lapisan Serat kaca dengan waktu 5 jam penekanan (2L 5J)			
4.	3 lapisan Serat kaca dengan waktu 3 jam penekanan (3L 3J)			
5.	3 lapisan Serat kaca dengan waktu 4 jam penekanan (3L 4J)			
6.	3 lapisan Serat kaca dengan waktu 5 jam penekanan (3L 5J)			
7.	4 lapisan Serat kaca dengan waktu 3 jam penekanan (4L 3J)			
8.	4 lapisan Serat kaca dengan waktu 4 jam penekanan (4L 4J)			
9.	4 lapisan Serat kaca dengan waktu 5 jam penekanan (4L 5J)			

G. Perhitungan Komposisi Material Komposit

Salah satu factor yang sangat penting dalam menentukan karakteristik material komposit adalah kandungan (presentase) antara matriks dan serat. Sebelum melakukan proses pencetakan komposit, terlebih dahulu dilakukan perhitungan mengenai volume komposit (V_c), Volume Serat (V_s) dan massa serat (m_s) sebelum komposit dicetak. Volume komposit dapat dihitung dengan menggunakan persamaan [10] :

$$V_c = P \times L \times T$$

Dimana :

V_c	: Volume komposit sebelum dicetak	(cm^3)
P	: Panjang komposit sebelum dicetak	(cm)
L	: Lebar komposit sebelum dicetak	(cm)
T	: Tinggi komposit sebelum dicetak	(cm)

Volume serat (V_s) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$V_s = \frac{f_{vs} \times V_c}{100 \%}$$

Dimana :

V_s	: Volume serat sebelum dicetak (m^3)
f_{vs}	: Fraksi volume serat yang digunakan (%)

Massa serat (m_s) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$m_s = \rho_s \times V_s$$

Dimana :

m_s	: Massa serat sebelum dicetak (kg)	ρ_s	: Massa jenis serat sebelum dicetak (kg/m^3)
-------	------------------------------------	----------	--

H. Perhitungan Uji Tarik dan Uji Tekuk

Uji tarik merupakan salah satu pengujian untuk mengetahui sifat-sifat suatu bahan. Dengan menarik suatu bahan kita akan segera mengetahui bagaimana bahan ini bereaksi terhadap tenaga tarikan dan mengetahui sejauh mana material itu bertambah panjang. Pengujian uji tarik digunakan untuk mengukur ketahanan suatu material terhadap gaya statis yang diberikan secara lambat. Besarnya tegangan dan regangan pada pengujian tarik dapat dinyatakan dengan rumus persamaan sebagai berikut [10] :

$$\sigma : P/A$$

P : beban (N)
 A : luas penampang (mm^2)
 σ : tegangan (Mpa)

Besarnya regangan merupakan akumulasi jumlah pertambahan panjang karena pembebanan dibandingkan dengan panjang daerah ukur (*gage length*). Sedangkan nilai regangan adalah regangan proporsional yang di dapat dari garis proporsional pada grafik tegangan – regangan hasil uji tarik komposit [10].

$$\varepsilon : \Delta L/L$$

ΔL : pertambahan panjang (mm)
 L : panjang daerah

Besarnya nilai modulus elastisitas komposit yang juga merupakan perbandingan antara tegangan dan regangan pada daerah proporsional dapat dihitung dengan persamaan [10] :

$$E : \sigma / \varepsilon$$

E = Modulus elastisitas tarik (Mpa)
 σ = Kekuatan tarik (Mpa)
 ε = Regangan (mm/mm)

I. Uji Tekuk

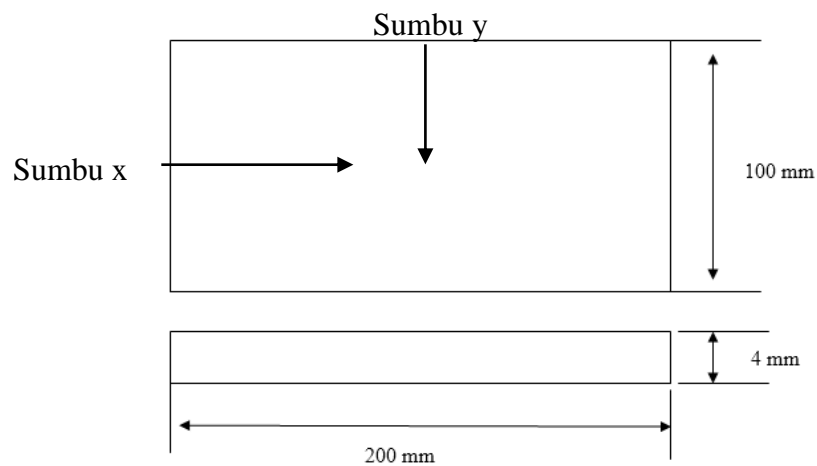
Uji Tekuk (*bending test*) merupakan salah satu bentuk pengujian untuk menentukan mutu suatu material secara visual. Pada material yang homogen pengujian batang sederhana dengan dua titik dudukan dan pembebanan pada tengah-tengah batang uji (*three point bending*), maka tegangan maksimum dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\sigma : \frac{3PL}{2bd^2}$$

σ = Kekuatan bending, MPa b = lebar batang uji, mm
 P = Beban, N d = tebal batang uji, mm
 L = Panjang span, mm

J. Pengujian Kerataan Permukaan

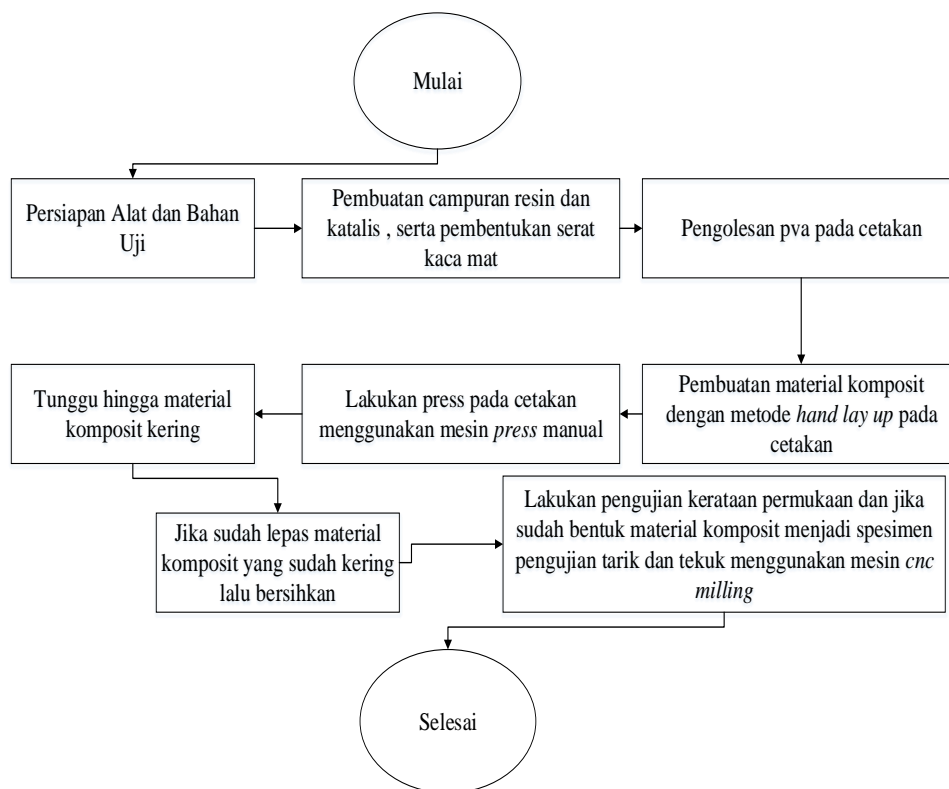
Pengujian kerataan permukaan menggunakan dial indikator, serta menggunakan 2 sumbu yaitu sumbu x dan sumbu y yang akan menjadi parameter pada uji kerataan permukaan sendiri. Setelah dilakukan uji kerataan permukaan akan diketahui hingga berapa kelengkungan antara sumbu x serta sumbu y.



Gambar 5. Pengujian kerataan permukaan pada material komposit yang telah jadi

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Proses Pembuatan spesimen komposit



Gambar 6. Proses pembuatan Material komposit

Hasil dari pembuatan material komposit seperti pada **Gambar 7.** ini dilakukan secara cermat dan memperhatikan setiap detail agar hasil dari material komposit tersebut tidak terjadi kecacatan dalam pembuatannya.



Gambar 7. Material komposit yang telah jadi

B. Data Hasil Pengujian

Pengujian Tarik pada penelitian ini dilakukan di politeknik negeri malang dan dilakukan perhitungan secara sistematis. Berikut ini hasil dari pengujian serta perhitungan dari pengujian tarik.

Tabel 2. Hasil pengujian tarik

	Tegangan (σ)		Regangan (ϵ)		Modulus Elastisitas (GPa)
	True Stress (MPa)	Stress Engineer	True Strain	Strain Engineer	
2L-3J	50,330	49,028	0,032	0,033	1572,813
2L-4J	34,427	33,562	0,032	0,033	1075,844
2L-5J	28,537	27,966	0,023	0,024	1240,739
3L-3J	52,255	49,164	0,066	0,071	791,742
3L-4J	24,725	24,517	0,014	0,015	1766,071
3L-5J	30,964	30,647	0,014	0,015	2211,714
4L-3J	40,627	40,200	0,013	0,013	3125,154
4L-4J	53,936	53,227	0,017	0,017	3172,706
4L-5J	13,398	13,258	0,016	0,016	837,375



Gambar 8. Hasil Spesimen uji kekuatan tarik setelah di lakukan Pengujian

C. Pengujian Tekuk

Pengujian tekuk atau bending sendiri dilakukan sesuai dengan langkah langkah awal dan standart uji tekuk yang telah ditentukan. Berikut ini adalah tabel perhitungan dari hasil uji tekuk :

Tabel 3. Hasil pengujian tekuk

Parameter	Tegangan	Modulus Elastisitas (Mpa)
2L-3J	384	3753.662
2L-4J	268	3751.749
2L-5J	243	3747.106
3L-3J	247	3743.358
3L-4J	237	3752.967
3L-5J	272	3748.277
4L-3J	217	3742.440
4L-4J	526	3749.554
4L-5J	408	3748.277

**Gambar 9.** Hasil spesimen uji kekuatan tekuk setelah dilakukan Pengujian

D. Pengujian Kerataan Permukaan

Pada pengujian kerataan permukaan yang menggunakan dial indicator sendiri mendapatkan hasil data m sebagai berikut :

Tabel 4. Hasil pengujian kerataan permukaan

Parameter	Koordinat awal		koordinat tengah		koordinat akhir	
	X	Y	X	Y	X	Y
2L-3J	0	0	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
2L-4J	0	0	-0,1	-0,1	0,23	-0,05
2L-5J	0	0	-0,1	-0,1	0,44	-0,1
3L-3J	0	0	-0,1	-0,1	0,85	-0,1
3L-4J	0	0	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
3L-5J	0	0	-0,1	-0,1	0,45	-0,1
4L-3J	0	0	-0,1	-0,1	-0,1	0,15
4L-4J	0	0	-0,1	-0,1	0,03	-0,1
4L-5J	0	0	-0,1	-0,1	-0,1	-0,37



Gambar 10. Pengujian kerataan permukaan menggunakan alat dial indikator

E. Analisa Data

Pada Analisa data sendiri menggunakan minitab 18 dengan metode taguchi dan *analisa of variance* yang dijelaskan berikut ini :

F. Analisa Data Pengujian Tarik

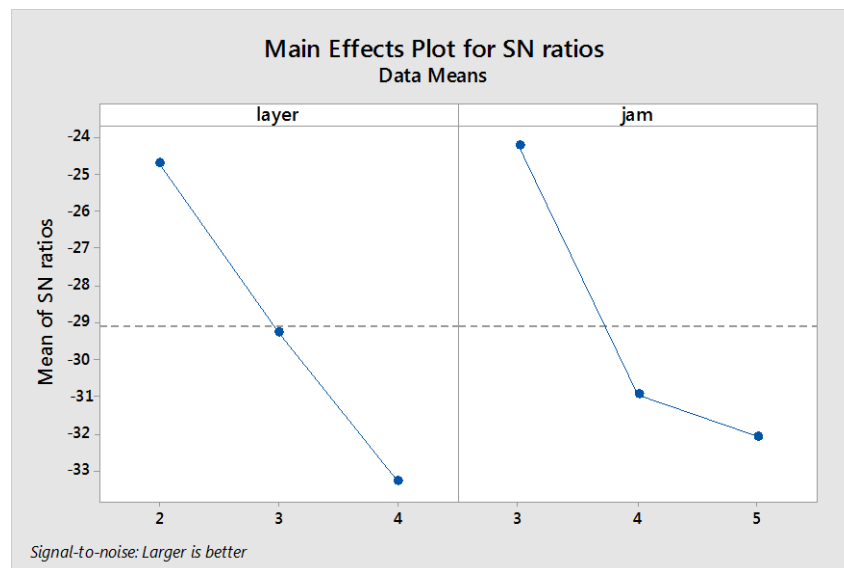
Tabel 5. Analisa Varian menurut *True stress*

Analysis of Variance							
Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
layer	2	0,1475	0,88%	0,1475	0,07375	0,04	0,961
jam	2	9,2538	55,28%	9,2538	4,62690	2,52	0,196
Error	4	7,3400	43,84%	7,3400	1,83499		
Total	8	16,7413	100,00%				

Tabel 6. Analisa Varian Menurut *True Strain*

Analysis of Variance							
Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
layer	2	0,001581	27,24%	0,001581	0,000791	1,98	0,253
jam	2	0,002626	45,23%	0,002626	0,001313	3,29	0,143
Error	4	0,001599	27,53%	0,001599	0,000400		
Total	8	0,005806	100,00%				

Dari tabel analisis variansi diatas, untuk *true stress*, faktor "jam" memberikan kontribusi terbesar sebesar 55,28% dengan P-Value 0,196, sedangkan "layer" hanya memberikan kontribusi sebesar 0,88% dengan P-Value 0,961. Untuk *true strain*, faktor "jam" juga memiliki kontribusi terbesar sebesar 45,23% dengan P-Value 0,143, sementara "layer" memberikan kontribusi sebesar 27,24% dengan P-Value 0,253. Meskipun faktor "jam" memiliki kontribusi terbesar dalam kedua kasus. Sebagian besar variansi dijelaskan oleh *error*, menunjukkan adanya faktor lain yang mempengaruhi hasil yang tidak terukur dalam model ini.



Gambar 11. Grafik SN ratio Pengujian tarik

Berdasarkan **Gambar 11.** grafik *Main Effects Plot* untuk rasio SN di atas, dengan parameter "*larger is better*", optimalisasi jumlah layer dan jam yang menghasilkan rasio SN tertinggi adalah layer 2 dan jam 3.

G. Analisa Data Pengujian Tekuk

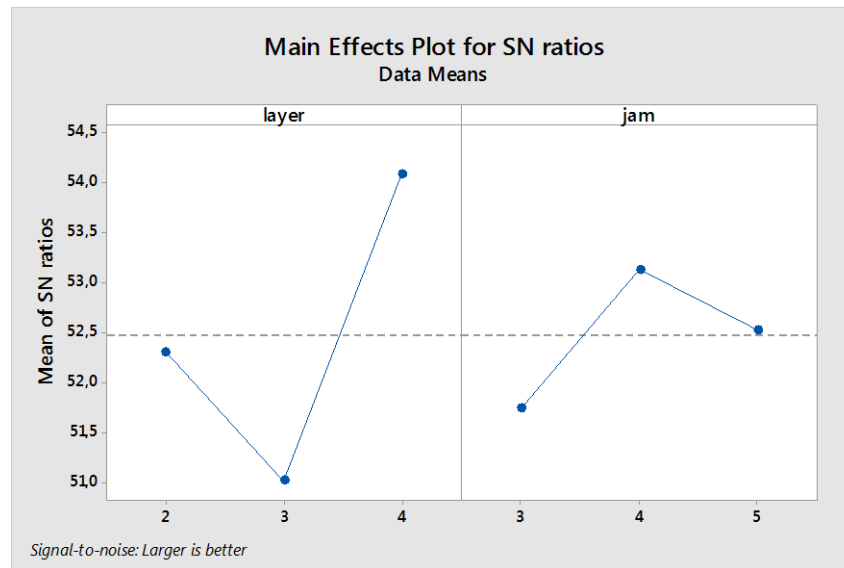
Tabel 7. Analisa Varian menurut Tegangan

Analysis of Variance							
Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
layer	2	26765	30,64%	26765	13382	0,97	0,452
jam	2	5642	6,46%	5642	2821	0,21	0,822
Error	4	54957	62,91%	54957	13739		
Total	8	87364	100,00%				

Tabel 8. Analisa Varian Menurut Modulus Elastisitas

Analysis of Variance							
Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
layer	2	25,71	20,84%	25,71	12,86	0,87	0,484
jam	2	38,84	31,48%	38,84	19,42	1,32	0,363
Error	4	58,84	47,68%	58,84	14,71		
Total	8	123,39	100,00%				

Sesuai dengan data dari 2 tabel diatas analisis varians menurut tegangan, faktor "layer" memberikan kontribusi terbesar sebesar 30,64% dengan P-Value 0,452, sedangkan "jam" memberikan kontribusi sebesar 6,46% dengan P-Value 0,822. Sebagian besar variansi dijelaskan oleh *error* (62,91%). Untuk analisis varians menurut modulus elastisitas, faktor "jam" memiliki kontribusi terbesar sebesar 31,48% dengan P-Value 0,363, sementara "layer" memberikan kontribusi sebesar 20,84% dengan P-Value 0,484. Sebagian besar variansi juga dijelaskan oleh *error* (47,68%). Meskipun kontribusi terbesar dalam kedua analisis berasal dari faktor "layer" untuk tegangan dan faktor "jam" untuk modulus elastisitas.



Gambar 12. Grafik SN ratio Pengujian tekuk

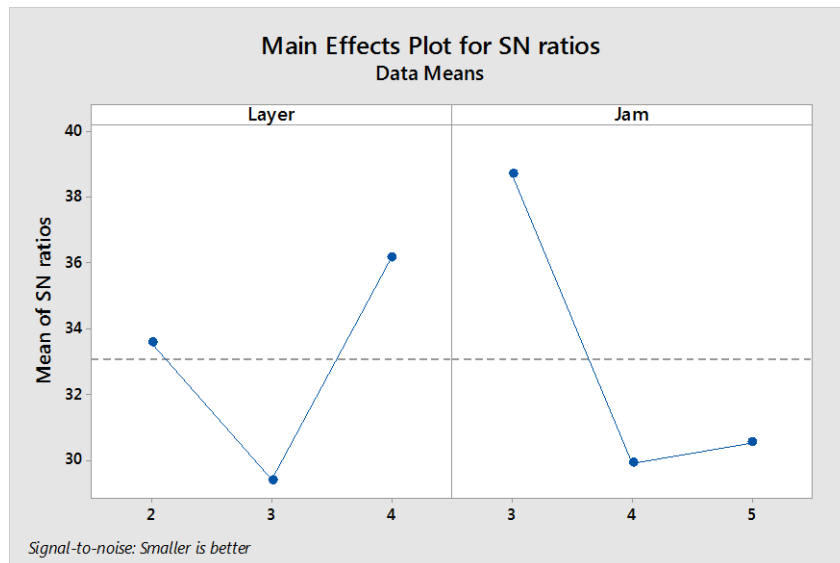
Berdasarkan **Gambar 12.** grafik *Main Effects Plot* untuk rasio SN di atas, dengan parameter "*large is better*", optimalisasi jumlah layer dan jam yang menghasilkan rasio SN tertinggi adalah layer 4 dan jam 4.

H. Analisa Hasil Data Pengujian Kerataan permukaan

Tabel 9. Analisa Varian Menurut Hasil Pengukuran Kerataan Permukaan
Analysis of Variance

Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Layer	2	0,000808	25,40%	0,000808	0,000404	1,42	0,342
Jam	2	0,001234	38,77%	0,001234	0,000617	2,16	0,231
Error	4	0,001140	35,82%	0,001140	0,000285		
Total	8	0,003182	100,00%				

Berikut adalah analisa data berdasarkan tabel analisis varians di atas: Analisis Varians menunjukkan kontribusi dari masing-masing faktor terhadap kerataan permukaan. Faktor Layer memiliki kontribusi sebesar 25,40% dengan nilai F-Value sebesar 1,42 dan P-Value sebesar 0,342. Sementara itu, faktor Jam memiliki kontribusi sebesar 38,77% dengan nilai F-Value sebesar 2,16 dan P-Value sebesar 0,231. Sebagian besar variabilitas (35,82%) dijelaskan oleh kesalahan pengukuran. Oleh karena itu, berdasarkan hasil ini, tidak terdapat bukti yang cukup untuk menyimpulkan adanya perbedaan yang signifikan dalam kerataan permukaan antara lapisan dan jam yang digunakan.



Gambar 13. Grafik SN ratio Pengujian kerataan permukaan

Berdasarkan **Gambar 13.** grafik *Main Effects Plot* untuk rasio SN di atas, dengan parameter "*Smaller is better*", optimalisasi jumlah layer dan jam yang menghasilkan rasio SN terendah adalah 3 layer dan 4 jam penekanan.

IV. Simpulan

Berdasarkan analisis data hasil pengujian tarik, tekuk, dan kerataan permukaan, faktor "jam" memiliki kontribusi terbesar dalam variasi true stress dan true strain pada pengujian tarik, dengan nilai P-Value masing-masing sebesar 0,196 dan 0,143. Dalam pengujian tekuk, faktor "layer" memberikan kontribusi terbesar terhadap tegangan (30,64%) dengan P-Value 0,452, sementara faktor "jam" lebih berpengaruh pada modulus elastisitas (31,48%) dengan P-Value 0,363, meskipun pengaruh keduanya tidak signifikan. Pada pengujian kerataan permukaan, baik faktor "layer" maupun "jam" tidak menunjukkan pengaruh signifikan terhadap hasil kerataan, dengan P-Value masing-masing sebesar 0,342 dan 0,231. Sebagian besar variabilitas hasil dalam semua pengujian lebih dipengaruhi oleh kesalahan pengukuran atau faktor lain yang tidak terukur dalam model ini. Optimalisasi menunjukkan bahwa untuk pengujian tarik, jumlah layer dan jam terbaik adalah 2 layer dan 3 jam; untuk pengujian tekuk adalah 4 layer dan 4 jam; dan untuk pengujian kerataan permukaan adalah 3 layer dan 4 jam dengan rasio SN terendah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih saya ucapkan kepada Progam Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sidoarjo yang telah memberikan ilmu dan wawasan yang bermanfaat serta rekan aslab, himpunan mahasiswa dan teman-teman yang telah membantu untuk menyelesaikan penelitian ini

REFERENSI

- [1] L. Diana, A. G. Safitra, and M. N. Ariansyah, “Analisis Kekuatan Tarik pada Material Komposit dengan Serat Penguat Polimer,” vol. 4, no. 2, pp. 59–67, 2020.
- [2] W. T. Nugroho, “PENGARUH MODEL SERAT PADA BAHAN FIBERGLASS TERHADAP KEKUATAN, KETANGGUHAN, DAN KEKERASAN MATERIAL,” vol. 15, no. 1, pp. 1–6, 2015.
- [3] J. T. Vokasi, “Design and manufacture of electric car bodies using fiberglass with themethod . hand lays up,” vol. 9, no. 1, pp. 49–54, 2021.
- [4] R. H. Setyanto, “Review : Teknik Manufaktur Komposit Hijau dan Aplikasinya,” vol. 11, no. 1, pp. 9–18, 2012.
- [5] S. ARDHY and I. , MEIKI ERU PUTRA, “PEMBUATAN KAPAL NELAYAN FIBERGLASS KOTA PADANG DENGAN METODE HAND LAY UP,” vol. 2, no. 1, 2019.
- [6] M. Yani and B. Suroso, “Jurnal Rekayasa Material , Manufaktur dan Energi FT-UMSU Jurnal Rekayasa Material , Manufaktur dan Energi FT-UMSU,” vol. 2, no. 2, pp. 150–157, 2019.
- [7] R. Milya *et al.*, “PENGARUH PERSENTASE RESIN DAN KATALIS TERHADAP KEKUATAN,” vol. 4, no. 3, pp. 78–83, 2022.
- [8] A. E. Sucahyono, “PEMANFAATAN RESIN SEBAGAI MEDIA TEMPEL UNTUK KERAJINAN CANGKANG KERANG DARAH (Anadara granosa) Utilization of Resin as a Medium Attachment for Blood Shell (Anadara granosa) Crafts”.
- [9] R. Fadilah, G. Widyaputra, P. Studi, T. Mesin, F. Teknik, and U. M. Buana, “Analisis kekuatan tarik dan struktur mikro material komposit pada body mobil listrik prosoe kmhe 2019 1,” vol. 09, no. 2, 2020.
- [10] J. Teknik, S. Perkapalan, and F. T. Kelautan, “Potensi serat daun nanas sebagai alternatif bahan komposit pengganti fiberglass pada pembuatan lambung kapal,” 2017.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.