



Efek Curing Time Komposit Serat Karbon Pada Filler Hollow Glass Microsphere (HGM) 10 % Menggunakan Metode RSM

Yuliyanto^{1*}, Zulfitriyanto², Imam Subarkah³

^{1,2,3} Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Sungailiat

Email : belzanyuliyanto@yahoo.com

Received : 23 April 2024; Received in revised form : 19 Juni 2024; Accepted : 28 Juni 2024

Abstract

Composite is a type of material or new material made from engineering, consisting of two or more materials, composed of fiber as reinforcement and matrix as adhesive or fiber binder. Carbon fiber is a synthetic fiber that has a very thin size of around 0.1 mm which is very strong and light. This research aims to determine the effect of curing time and other parameters on the flexural strength of carbon fiber composites with Hollow Glass Microsphere (HGM) Filler. Data analysis uses Response Surface Methodology (RSM). The highest average bending test results were found in test 1 with parameters of fiber percentage of 30%, fiber length of 100 mm and curing time of 6 hours of 212 MPa. The lowest average test was in the 20th test, with parameters of fiber percentage of 10%, fiber length of 100 mm and curing time of 6 hours of 72.5 MPa. An increase in the curing time value will result in a decrease in flexural strength. Because the longer the curing time takes, the harder and more brittle the carbon fiber becomes. Another effect is that the fibers experience shrinkage and become smaller so that they form voids or small holes between the fibers and the matrix. A higher percentage of fiber influences the resulting bending strength to be stronger. Because the forces that resist during the testing process are more numerous and large. The effect of fiber length on flexural strength does not have a significant effect.

Keywords: composite, carbon fiber, bending test, HGM, RSM

Abstrak

Komposit adalah suatu jenis material atau material baru yang terbuat dari hasil rekayasa, terdiri dari dua bahan atau lebih, tersusun atas serat sebagai penguat dan matrik sebagai perekat atau pengikat serat. Serat karbon (carbon fiber) merupakan serat sintesis yang memiliki ukuran sangat tipis sekitar 0,1 mm yang sangat kuat dan ringan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh curing time dan parameter lainnya terhadap kekuatan lentur pada komposit serat karbon dengan Filler Hollow Glass Microsphere (HGM). Analisis data menggunakan Response Surface Methodology (RSM). Hasil uji lentur rata-rata tertinggi terdapat pada pengujian 1 dengan parameter persentase serat 30%, panjang serat 100 mm dan waktu curing 6 jam sebesar 212 MPa. pengujian rata-rata terendah terdapat pada pengujian ke 20, dengan parameter persentase serat 10%, panjang serat 100 mm dan waktu curing 6 jam sebesar 72,5 MPa. kenaikan nilai curing time akan menghasilkan kekuatan lentur menjadi menurun. Karena semakin lama proses curing time maka serat karbon semakin keras dan getas. Pengaruh lainnya yaitu serat mengalami penyusutan dan mengecil sehingga akan membentuk void atau lobang kecil antara serat dan matrik. Pada Persentase serat yang lebih banyak mempengaruhi hasil kekuatan lentur menjadi lebih kuat. Karena gaya yang melawan pada saat proses pengujian lebih banyak dan besar. Pengaruh panjang serat terhadap kekuatan lentur tidak memberikan pengaruh yang signifikan.

Kata kunci: komposit, serat karbon, uji lentur, HGM, RSM

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi di berbagai bidang terutama dalam dunia teknik terus ditingkatkan. Salah satu bidang tersebut adalah material komposit. Komposit adalah jenis material yang dibuat dengan menggabungkan beberapa jenis material atau lebih. Contohnya material komposit serat karbon. Perkembangan komposit serat karbon terus diteliti dan dikembangkan guna menjadi bahan alternatif pengganti bahan logam. Sifat komposit serat karbon lebih kuat dan ringan dibandingkan dengan logam. Susunan komposit terdiri dari serat sebagai penguat dan matriks sebagai bahan pengikat [1]. Dalam aplikasinya komposit serat karbon digunakan untuk pembuatan bagian-bagian pesawat, motor, mobil, kapal laut dan lain-lain [2][3].

Karbon adalah elemen yang terdiri dari empat kelompok yaitu, *diamond*, *graphite*, *carbynes* dan *fullerenes*. Masing-masing mempunyai karakter teknologi dan *science* yang berbeda [4]. Serat karbon adalah serat sintetis hitam kaku, sangat kuat, ringan dan ukuran dalam micron dengan rantai molekul aromatic. Serat karbon ini mampu mempertahankan struktur dan sifatnya dibawah kondisi *fluid*, tekanan dan temperatur yang ekstrim. Karbon dapat digabungkan dengan semua jenis matriks, polimer, keramik dan metal, sesuai dengan fungsinya [5].



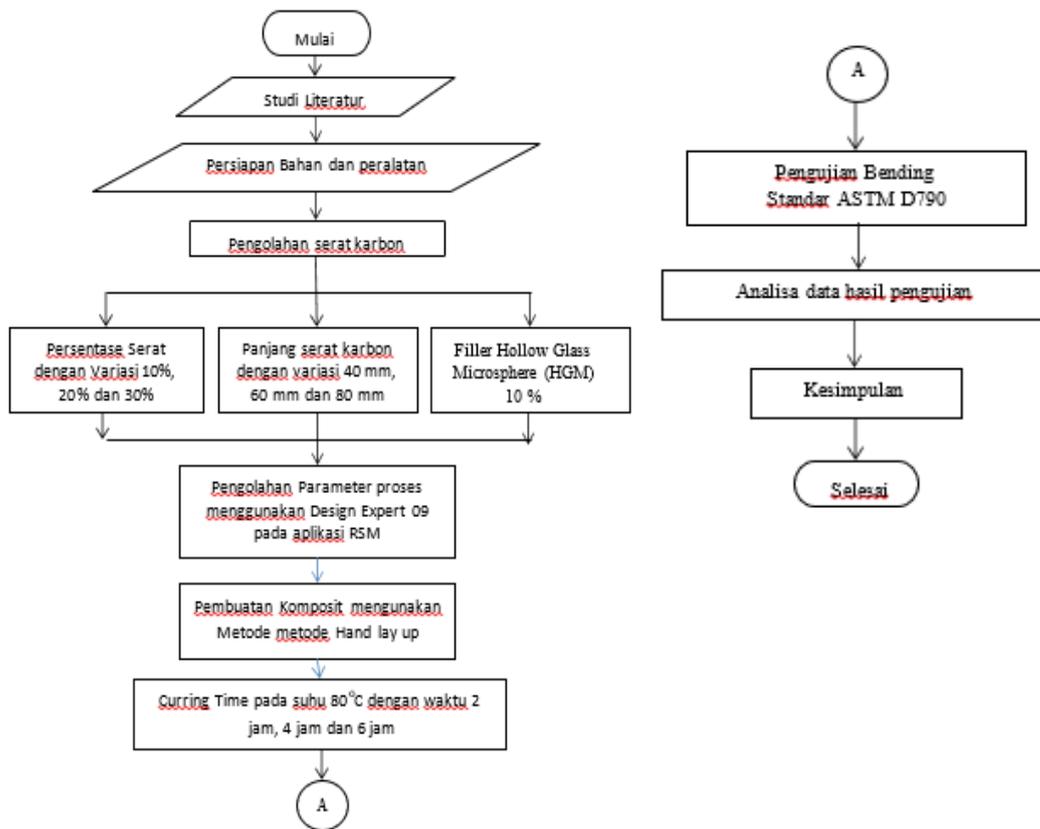
Gambar 1. Aplikasi Penggunaan Serat Karbon

Pada pembuatan produk masal, aplikasi penggunaan komposit serat karbon pada sistem pengereman dengan unjuk kerja yang tinggi. Pada sektor rekayasa umum, material ini digunakan dalam komponen mesin, sebagai material tahan api, cetakan tekan panas, elemen pemanas, pengikat (baut) temperatur tinggi, tabung pelapis silinder, sebagai penghantar industri kaca dan lain-lain [6][7].

Hollow Glass Micropsheres (HGM) merupakan penguat jenis partikel. HGM umumnya berbentuk serbuk. Serbuk ini merupakan gabungan bola-bola yang terbuat dari kaca dengan ketebalan tertentu dan di dalamnya memiliki lubang berisi gas inert. HGM memiliki kelebihan, densitas yang kecil karena memiliki lubang sehingga cocok digunakan untuk menghasilkan kombinasi material (komposit) yang ringan. HGM jenis IM30K, merupakan HGM yang terbuat dari material *soda-lime-borosilicate glass* dengan densitaas 0,6 g/cc, diameter rata-rata untuk setiap partikelnya adalah 18 mikron. HGM ini memiliki kekuatan *isostatic crush* yang cukup tinggi yaitu 28000 psi [8]

2. METODE PENELITIAN

Pelaksanaan penelitian dilakukan dengan beberapa tahap sebagai pedoman penelitian, langkah awal dimulai dari studi-studi literatur yang didapat dari jurnal ilmiah, internet, *handbook*, *text book*, *manual book* dan lain lain. Data-data studi literature dipelajari dan dijadikan referensi untuk melakukan penelitian. berikut langkah-langkah proses penelitian yang dilakukan.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

2.1 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

2.1.1 Serat Karbon

Serat karbon berfungsi sebagai penguat pada komposit. Berikut Serat karbon yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Serat Karbon Kevlar

2.1.2 Hollow Glass Microspheres

Hollow Glass Microspheres (HGM) digunakan sebagai pengisi untuk material komposit. HGM merupakan penguat jenis partikel. Jenis HGM yang digunakan pada penelitian ini HGM jenis IM30K dimana densitas 1035,4 Kg/m³, modulus young 567,02 Mpa dan poisson ratio 0,12 [9]. Hollow Glass Microsphere dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. *Hollow Glass Microsphere*

2.1.3 Epoxy Resin epoxy Hardener

Resin yang digunakan berfungsi sebagai matriks dalam komposit. Epoxy Hardener digunakan untuk mempercepat proses pengerasan Epoxy Resin [10]. Jenis resin dan pengeras yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. *Epoxy Resin epoxy Hardener*

2.1.4 Wax

Wax digunakan untuk melapisi cetakan dengan komposit, sehingga komposit mudah dilepaskan dari cetakan. Jenis *Wax Glasses* yang digunakan seperti Gambar 6.



Gambar 6. *Wax Glasses*

2.2 Peralatan yang Digunakan

Peralatan yang digunakan dalam pengujian spesimen ini menggunakan Mesin Pengujian lenturKomposit dengan gaya 20kN. pengujian lentur bertujuan untuk mengetahui seberapa besar kekuatan komposit ini dapat menahan beban dan seberapa besar lendutan maksimal yang dapat diberikan kepada komposit ini. Mesin uji lentur dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Mesin Uji Lentur

2.3 Proses Pembuatan Komposit

Pada pembuatan komposit serat karbon ini mengikuti standar pengujian ASTM D 790. Dimana volume cetakan sebesar $6,215 \text{ cm}^3$. Berikut komposisi material untuk pembuatan komposit Serat Karbon Pada Filler Hollow Glass Microsphere (HGM).

Tabel 1. Komposisi Material Komposit Serat Karbon Pada Filler Hollow Glass Microsphere (HGM)

Run	Persentase Serat %	Persentase Epoxy %	Persentase HGM %
1	30	60	10
2	36,82	53,18	10
3	20	70	10
4	20	70	10
5	20	70	10
6	20	70	10
7	20	70	10
8	3.18	86,82	10
9	20	70	10
10	10	80	10
11	20	70	10
12	10	80	10
13	20	70	10
14	30	60	10
15	20	70	10
16	30	60	10
17	30	60	10
18	10	80	10
19	20	70	10
20	10	80	10

2.4. Pengolahan Data

Pengolahan data atau Analisa dilakukan dengan menggunakan serat Karbon terhadap uji lentur. Pengolahan data dengan menggunakan metoda desain eksperimen respon Surface Metodologi (RSM) menggunakan bantuan perangkat lunak design Expert 09, kemudian dilanjutkan *analysis of variance* (ANOVA).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian Lentur

Proses pengujian lentur dilakukan di Lab Material Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung. Mesin yang digunakan adalah mesin Zwick/Roell Z020 menggunakan standar pengujian ASTM D790. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 2.

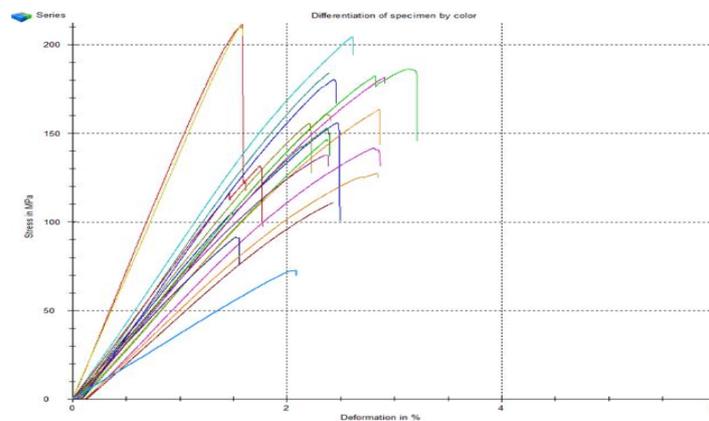
Tabel 2. Hasil Pengujian Lentur

Run	Persentase Serat %	Panjang serat cm	Curing Time jam	Hasil Pengujian lentur Mpa
1	30	100	6	212
2	36,82	75	4	147
3	20	75	4	156
4	20	32.96	4	164
5	20	117.04	4	142
6	20	75	4	204
7	20	75	4	210
8	3.18	75	4	111
9	20	75	0.64	153
10	10	50	6	91.5
11	20	75	4	161
12	10	50	2	138
13	20	75	4	184
14	30	100	2	156
15	20	75	4	132
16	30	50	6	186
17	30	50	2	181
18	10	100	2	121
19	20	75	7.36	182
20	10	100	6	72.5

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 1, persentase serat, panjang serat dan waktu curing time sangat mempengaruhi hasil pengujian lentur. Dapat dilihat bahwa besar rata-rata pengujian lentur tertinggi terdapat pada pengujian 1 dengan parameter persentase serat 30 %, Panjang serat 100 mm dan curing time 6 jam sebesar 212 Mpa. Besar rata-rata pengujian terendah terdapat pada pengujian ke 20, dengan parameter persentase serat 10 %, Panjang serat 100 mm dan curing time 6 jam sebesar 72.5 Mpa. Berikut kegiatan pengujian (Gambar 8) dan Grafik hasil Pengujian bending (Gambar 9).



Gambar 8. Kegiatan Pengujian



Gambar 9. Grafik Pengujian Lentur

3.2 Analisis Variansi Kekuatan Bending (MPa)

Setelah hasil pengujian lentur di Analisa maka untuk membuktikan apakah data tersebut sesuai dan valid, maka dilakukan analisis variansi. Analisis variansi kekuatan lentur dapat ditabulasikan pada Gambar 10.

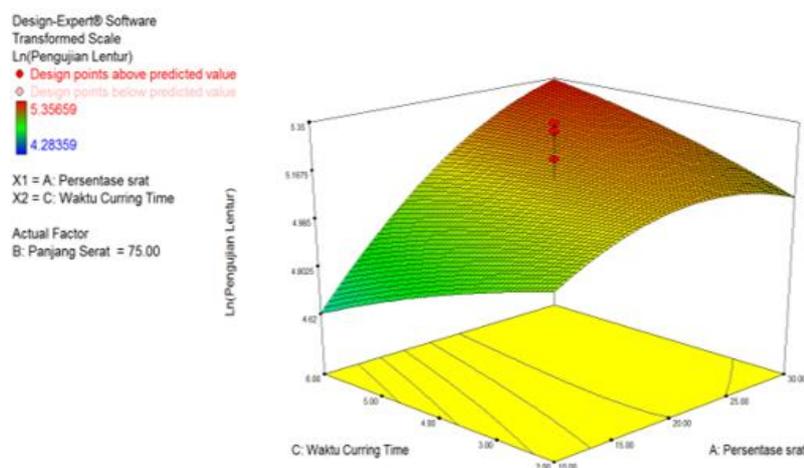
Response I Pengujian Lentur						
ANOVA for Response Surface Quadratic Model						
Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F	
Model	1.06	9	0.12	3.08	0.0474	significant
A-Persentase serat	0.57	1	0.57	14.80	0.0032	
B-Panjang Serat	0.029	1	0.029	0.75	0.4080	
C-Waktu Curring Time	6.469E-003	1	6.469E-003	0.17	0.6896	
AB0.015	1	0.015	0.39	0.5452		
AC0.20	1	0.20	5.16	0.0464		
BC3.969E-003	1	3.969E-003	0.10	0.7540		
A ² 0.21	1	0.21	5.47	0.0414		
B ² 0.048	1	0.048	1.25	0.2895		
C ² 9.757E-003	1	9.757E-003	0.26	0.6244		
Residual	0.38	10	0.038			
Lack of Fit	0.23	5	0.045	1.43	0.3524	not significant
Pure Error	0.16	5	0.031			
Cor Total	1.44	19				

Gambar 10. ANOVA Kekuatan Lentur (MPa)

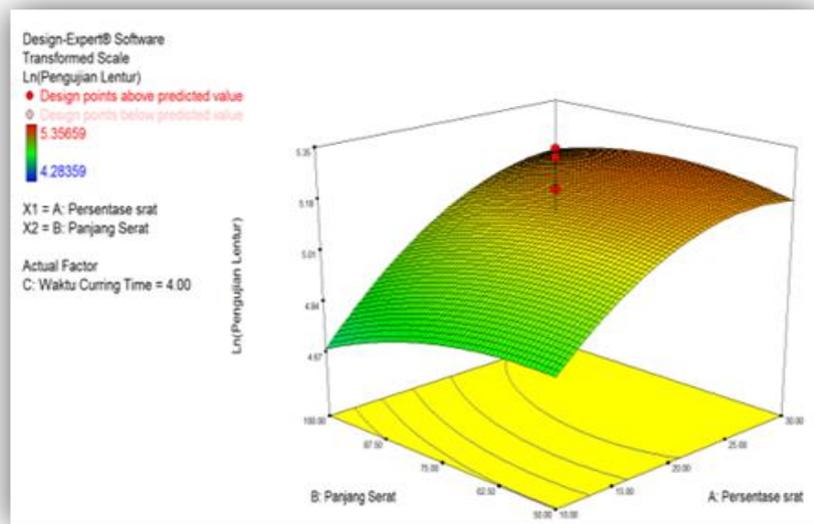
Berdasarkan Gambar 10 terlihat nilai F hitung FModel = 3.08 yang didapat pada tingkat signifikan sebesar 0,0474 atau 4.74% memberikan nilai signifikan terhadap model yang ada. Sedangkan Lack of Fit yang terjadi sebesar 1.43 dan tidak memberikan pengaruh (not signifikan) sehingga persamaan regresi mode matematika dengan bentuk kuadrat yang digunakan dapat diterima.

3.3 Permukaan Respon Kekuatan Lentur

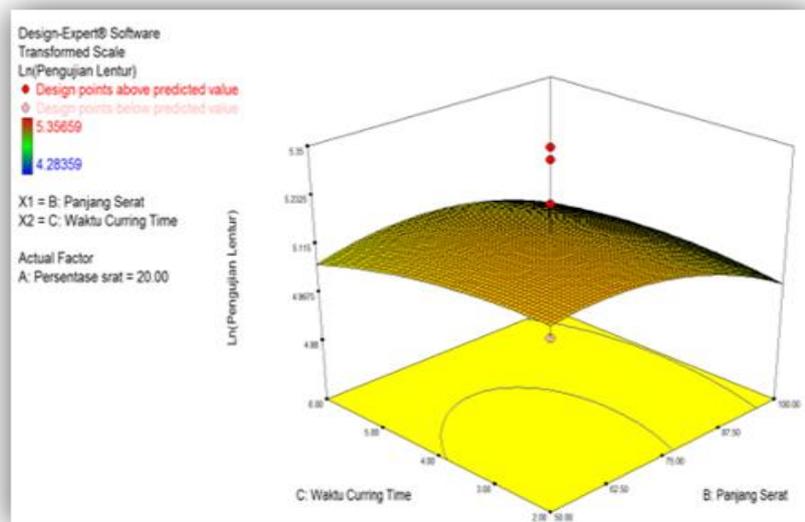
Grafik tiga dimensi (3D) untuk respon Kekuatan lentur yang didapat dengan menggunakan bantuan perangkat lunak *Design Expert 9.0* dapat dilihat pada Gambar 11, Gambar 12 dan Gambar 13.



Gambar 11. Permukaan Respon Model Kuadrat Pengujian Lentur VS Persentase Serat Dan Curing Time.



Gambar 12. Permukaan Respon Model Kuadratik Pengujian Lentur VS Persentase Serat Dan Panjang Serat



Gambar 13. Permukaan Respon Model Kuadratik Pengujian lentur VS *Curing Time* dan panjang serat.

Permukaan respon grafik 3D untuk kekuatan lentur diatas dapat dilihat bahwa, kenaikan nilai curing time akan menghasilkan kekuatan lentur menjadi getas. Karena semakin lama proses caring time maka serat karbon semakin mengecil sehingga akan membentuk void atau lobang-lobang kecil antara serat dan matrik, Sedangkan pengaruh Persentase serat mempengaruhi hasil kekuatan lentur menjadi lebih kuat. Karena gaya yang melawan pada saat proses pengujian lebih banyak dan besar sehingga kekuatannya meningkat. Pengaruh panjang serat terhadap kekuatan lentur tidak memberikan pengaruh yang signifikan. Sedangkan pengaruh Panjang serat yang digunakan menunjukkan penurunan nilai kekuatan Tarik. Ini disebabkan dengan persentase di bawah 30% maka jumlah serat yang memberikan pengaruh semakin sedikit.

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa, Persentase serat tidak boleh melebihi 30 %, karena akan berpengaruh terhadap tingkat penyatuan antara resin dan serat. Lama curing time maksimal yang diperbolehkan tidak boleh lebih dari 4 jam. Karena semakin lama proses curing time maka serat karbon semakin keras dan getas. Pengaruh lainnya yaitu serat mengalami penyusutan dan mengecil sehingga akan membentuk void atau lobang lobang kecil antara serat dan matrik. Pada Persentase serat yang lebih banyak mempengaruhi hasil kekuatan lentur menjadi lebih kuat. Karena gaya yang melawan pada saat proses pengujian lebih banyak dan besar. Pengaruh panjang serat terhadap kekuatan lentur tidak memberikan pengaruh yang signifikan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kemdikbud dan Polman Babel yang telah memberikan bantuan modal untuk penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Suhdi, et al. 2016. Analisa Kekuatan Mekanik Komposit Serat Sabut Kelapa (*Cocos Nucifera*) Untuk Pembuatan Panel Panjat Tebing Sesuai Standar BSAPI. *Jurnal TeknikMesin*, Vol. 3, no. 1.
- [2] Pramono, G.E. dan Sutisna, S.P., 2017. Perbandingan Karakteristik Serat Karbon Antara Metode Manual Lay-Up dan Vacuum Infusion Dengan Penggunaan Fraksi Berat Serat 60%. Universitas Ibn Khaldun, Bogor
- [3] Abdurrohman, K. dan Marta, A. 2016. Kajian Eksperimental Tensile Properties Komposit Poliester Berpenguat Serat Karbon Searah Hasil Manufaktur Vacuum Infusion Sebagai Material Struktur LSU. LAPAN, Bogor.
- [4] Gibson, 1994. *Principle Of Composite Material Mechanis*. New York, Graw Hill.
- [5] Rusman, N., dan Arif, M., I. 2015. Pengaruh Susunan Lamina Komposit Berpenguat Serat E-Glass Dan Serat Carbon Terhadap Kekuatan Tarik Dengan Matrik Polyester, *Jurnal Teknik Mesin*, Vol.03 No. 3, pp 32-39.
- [6] Chandrabakty, S. 2014. Fourier Transform Infra-Red (Ft-Ir) Spectroscopy Dan Kekuatan Tarik Serat Kulit Batang Melinjo Menggunakan Modifikasi Distribusi Weibull. *Jurnal Mekanikal*, Vol. 5 No, 1(ISSN 2086 - 3404), pp.434 – 442.
- [7] Hilmi, I., F., Anindito, P dan Sopyan, A., S. 2018. Pengaruh Mechanical Bonding Pada Aluminium Dengan Serat Karbon Terhadap Kekuatan Tarik Fiber Metal Laminates, *Jurnal Rekayasa Mesin*, Vol.9, No.2, pp 127-134
- [8] Yuliyanto & Masdani. 2018. Analisis Pengaruh Orientasi Serat Terhadap Kekuatan Impak Dan Model Patahan Komposit Polyester Berpenguat Serat Gaharu. *Machine: Jurnal Teknik Mesin*, 4(2), 15-20.
- [9] Azissyukhron M, Hidayat S. 2018 Perbandingan Kekuatan Material Hasil metode Hand Lay Up dan Metode Vacuum Bag Pada Material Sandwich Composite.
- [10] Eka Dwi Ratna Sari, S.M. Bondan Respati dan Agung Nugroho. (2020). Analisis Kekuatan Tarik Dan Bending Komposit Serat Karbon-Resin Dengan Variasi Waktu Curing Dan Suhu Penahanan 80°C. *Jurnal Momentum*, Vol. 16, No. 2, Oktober 2020, Hal. 150-155