

ANALISIS KEKUATAN IMPAK *FIBERGLASS* WR600 VARIASI *CORE HONEYCOMB* DAN *POLYURETHANE* PADA TULANGAN BODI MOBIL GARNESA

Rohid Adi Prasetyo

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: rohid.20016@mhs.unesa.ac.id

Akhmad Hafizh Ainur Rasyid

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: akhmadrasyid@unesa.ac.id

Abstrak

Peningkatan konsumsi bahan bakar minyak menjadi permasalahan yang dihadapi oleh industri otomotif. Salah satu upaya untuk mengatasi masalah ini, Kemendikbudristek RI menyelenggarakan kompetisi Kontes Mobil Hemat Energi (KMHE). Garnesa adalah tim yang turut berpartisipasi dalam ajang KMHE. Faktor yang mempengaruhi konsumsi bahan bakar adalah berat kendaraan. Bodi merupakan bagian mobil yang dapat dikurangi beratnya, aspek kekuatan dan ergonomis merupakan faktor yang perlu diperhatikan dalam mengurangi berat bodi kendaraan. Garnesa saat ini menggunakan komposit serat carbon dengan *core divinycell*. *Fiberglass* WR600 adalah serat komposit yang memiliki nilai kekuatan hampir sama dengan serat karbon namun memiliki harga yang lebih ekonomis. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh *core honeycomb* PP dan *polyurethane rigid foam* yang diperkuat *fiberglass* WR600 terhadap uji impak. Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan kedua pendekatan kuantitatif dan kualitatif untuk mendeskripsikan data. Pendekatan kualitatif menggunakan analisis eksperimen untuk mendeskripsikan data kuantitatif dalam bentuk tabel dan grafik, dan kemudian mendeskripsikannya dalam kalimat yang mudah dibaca dan dipahami. Dalam penelitian ini, variabel bebas digunakan adalah variasi *core honeycomb* dan *core polyurethane* menggunakan *fiberglass* WR600 sebagai kulit dengan masing-masing dua lapisan atas dan bawah. Studi ini menggunakan uji impak dan uji kegagalan. Pada riset ini tidak terdapat pengaruh yang signifikan antara *core honeycomb* dan *core polyurethane* berdasarkan uji statistika menggunakan program SPSS 26. Rata-rata data hasil uji spesimen pada *core honeycomb* 0,034533 J/mm², dan *core polyurethane* yaitu 0,038281 J/mm².

Kata Kunci : bodi mobil garnesa, komposit *sandwich*, uji impak, *honeycomb*, *polyurethane*.

Abstract

The increase in fuel consumption has become a problem faced by the automotive industry. One effort to address this issue is the Energy-Efficient Car Contest (KMHE) organized by the Ministry of Education, Culture, Research, and Technology of the Republic of Indonesia. Garnesa is a team participating in the KMHE event. One factor affecting fuel consumption is vehicle weight. The body of the vehicle is a part that can be lightened, with strength and ergonomics being factors that need to be considered when reducing the vehicle body's weight. Garnesa currently uses a carbon fiber composite with a divinycell core. WR600 fiberglass is a composite fiber that has nearly the same strength as carbon fiber but is more economically priced. The aim of this research is to determine the impact test effect of PP honeycomb core and polyurethane rigid foam reinforced with WR600 fiberglass. In this study, the researchers used both quantitative and qualitative approaches to describe the data. The qualitative approach used experimental analysis to describe the quantitative data in the form of tables and graphs, and then described it in easily readable and understandable sentences. In this study, the independent variable used was the variation of the honeycomb core and polyurethane core using WR600 fiberglass as the skin with two layers each on the top and bottom. This study used impact tests and failure tests. In this research, there was no significant effect between the honeycomb core and the polyurethane core based on statistical tests using the SPSS 26 program. The average test data of the specimens on the honeycomb core was 0.034533 J/mm², and on the polyurethane core, it was 0.038281 J/mm².

Keywords: garnesa car body, sandwich composite, impact test, honeycomb, polyurethane.

PENDAHULUAN

Peningkatan konsumsi bahan bakar minyak per tahun menjadi permasalahan yang dihadapi oleh industri otomotif, seperti yang tercatat dalam data yang dirilis oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia (ESDM RI) tahun, 2022. Kontes Mobil Hemat Energi (KMHE), merupakan salah satu kompetisi yang diadakan oleh Balai Pengembangan Talenta Indonesia (BPTI) sebagai salah satu upaya pemecahan masalah

tersebut. Garuda Unesa (Garnesa) merupakan tim dari fakultas teknik Universitas Negeri Surabaya yang turut berpartisipasi dalam ajang KMHE. Mengurangi massa mobil adalah salah satu elemen penting dalam desain mobil khusus hemat energi, bagian mobil yang dapat direduksi salah satunya adalah bodi kendaraan. Garnesa saat ini menggunakan komposit serat karbon dengan penguat *divinycell*. Namun harga yang mahal dari material serat karbon menjadi pertimbangan penting bagi tim Garnesa untuk pembuatan bodi selanjutnya.

Komposit adalah material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material pembentuknya melalui campuran yang tidak homogen dan memiliki sifat mekanik yang berbeda (Matthews dkk, 1993). Material komposit polimer menggunakan *matriks* polimer dan serat penguat sebagai komponen utamanya. Jenis serat yang sering digunakan dalam komposit polimer adalah serat gelas, serat karbon dan serat organik lainnya (Refiadi et al., 2018). Bahan komposit mempunyai beberapa kelebihan seperti sifat mekanik dan fisik yang baik, *reliability* (keupayaan), tahan korosi (Nurul et al., 2021).

Pengembangan material komposit sandwich untuk diaplikasikan pada bodi mobil adalah sebuah inovasi di bidang material yang bertujuan untuk mengurangi berat kendaraan (Abdurohman et al., 2018). Komposit *sandwich* terdiri dari serat komposit sebagai lapisan dan *core* atau inti sebagai penguat. Proses manufaktur komposit pada penelitian ini menggunakan metode *Vacuum Assisted Resin Infusion* (VARI).

Metode *vacuum infusion* merupakan metode yang memanfaatkan perbedaan tekanan yang dihasilkan oleh pompa vakum (Prayoga et al., 2018). Dengan metode ini, distribusi *resin* menjadi lebih efisien dan kelebihan *resin* tidak akan memengaruhi struktur komposit yang dihasilkan. Dengan demikian, fraksi volume serat yang diinginkan dapat tercapai (K. Srivastava, 2012).

Dari penjelasan sebelumnya, penulis ingin mengevaluasi kekuatan efek komposit sandwich dengan *fiberglass WR600* sebagai skin menggunakan *core honeycomb* dan *polyurethane* dan *vacuum assisted resin infusion* sebagai metode pembuatan. Diharapkan penelitian ini bisa menjadi referensi dalam pembuatan bodi mobil garnesa selanjutnya serta untuk industri manufaktur bodi mobil.

METODE

Penelitian ini akan menggunakan pendekatan kuantitatif. Metode ini dikenal sebagai metode positivistik karena berlandaskan pada filsafat positivisme. Filsafat positivisme menyatakan bahwa fenomena atau realitas dapat diklasifikasikan, memiliki sifat yang relatif tetap, konkret, dapat diamati, dapat diukur, dan hubungan antara fenomena bersifat sebab-akibat (Sugiyono, 2013).

Waktu dan Tempat Penelitian

- **Waktu Penelitian**

Penelitian dilakukan pada Mei-Juni 2024, semester genap 2023/2024.

- **Tempat Penelitian**

Pembuatan sampel dilakukan dibengkel tim riset mobil hemat energi Garuda Unesa Racing Team (GARNESA) Universitas Negeri Surabaya. Dan pengujian spesimen untuk mendapatkan data dilakukan di laboratorium pengujian bahan, Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang (POLINEMA).

Objek Penelitian

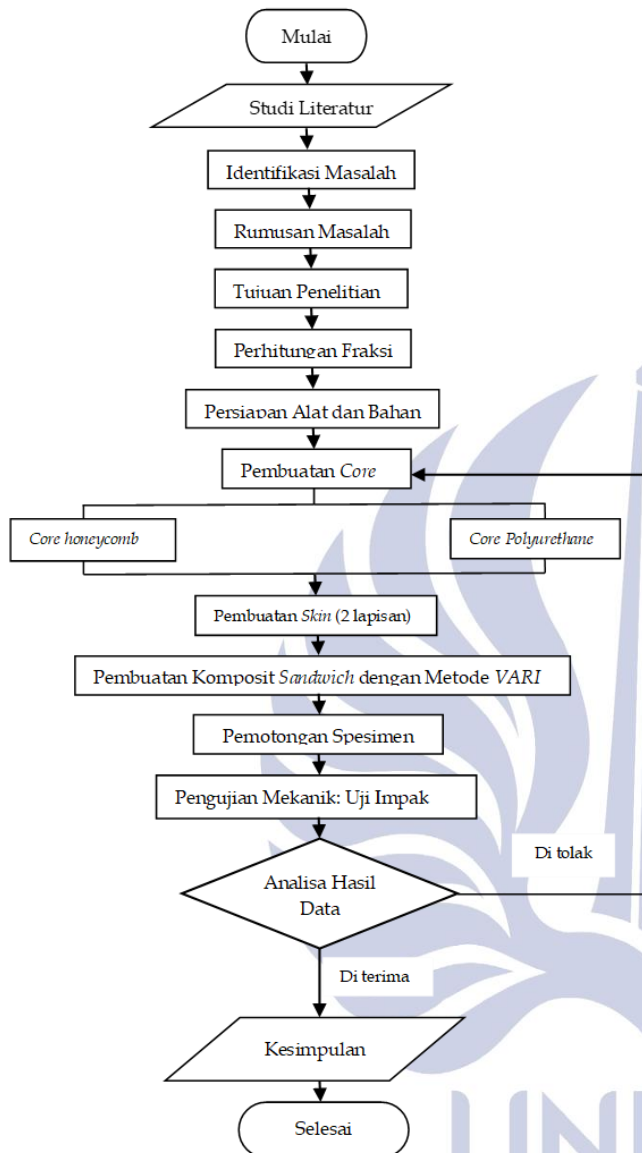
Objek yang digunakan dalam penelitian ini adalah komposit *sandwich fiberglass WR600* dengan variasi *core honeycomb* dan *polyurethane* dengan perlakuan *curing* temperatur suhu kamar ($\pm 27^{\circ}\text{C}$) menggunakan metode *vacuum assisted resin infusion*.

Variabel Penelitian

- Variabel Bebas :
Variasi jenis *core honeycomb* dan *core polyurethane*.
- Variabel Terikat :
Hasil uji impak.
- Variabel Kontrol :
 - *Matriks* yang digunakan berjenis *epoxy resin super clear* dengan *Hardener resin super clear*
 - Perbandingan *matriks* dan *Hardener* adalah 2:1.
 - *Curing* temperatur pada suhu kamar ($\pm 27^{\circ}\text{C}$) selama 24 jam
 - Tekanan *vacuum* yang digunakan sebesar $\frac{1}{4}$ HP dengan perpindahan udara 3 cubic fit per-minute (cfm).
 - Tebal *core* komposit *sandwich* sebesar 12mm.
 - Menggunakan *fiberglass WR600* dengan *plain weave*, berat 600gsm, tebal 0,3mm, dan *yorn size* 2.5K.

Diagram Alir Penelitian

Proses penelitian dilakukan seperti diagram alir (*Flowchart*) dibawah.



Gambar 1. *Flowchart* Penelitian

Proses Pembuatan Spesimen

- Mempersiapkan alat dan bahan
- Memotong *core honeycomb* dan *polyurethane rigid foam* dengan dimensi panjang 150mm, lebar 20mm, dan tebal 12mm.
- Pemotongan serat kaca, peel ply, *infusion Mesh*, *film vacuum bagging*, dan selang spiral sesuai dengan ukuran cetakan, dan tambah *wax* pada cetakan.
- Penyusunan *core* dan *skin*, masing-masing *skin* berjumlah 2 lapis. Serat *fiberglass* diletakan dengan sudut yang sama.
- Setiap *layer* disemprot dengan *Aerosol Spray* terlebih dahulu supaya *fiberglass* tidak bergerak selama proses *vacuum infusion*.
- Peel ply, *infusion Mesh*, *Spiral Tube*, dan *vacuum*

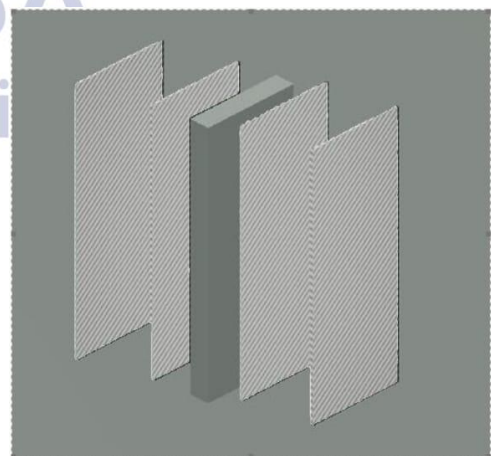
bagging film ditata secara berurutan.

- *vacuum bagging film* direkatkan ke cetakan menggunakan sealant *Tape*.
- Pemasangan selang penghubung pada bagian yang menghubungkan wadah tempat *resin epoxy* dan cetakan, cetakan dan tabung *Reserfoir*, serta tabung *Reserfoir* dengan pompa *vacuum*. instalasi tabung *Reserfoir* dan pompa *vacuum*.
- Pengecekan kebocoran dengan memperhatikan tekanan pada *preasure gauge* yang ada di tabung *reserfoir*. Bila terdapat kebocoran maka proses instalasi *bagging film* diulangi.
- Pencampuran *resin epoxy* dengan *Hardener* sesuai perhitungan lalu mendingkan selama beberapa menit untuk mengilangkan gelembung.
- Melakukan proses *vacuum infusion* menggunakan pompa *vacuum* tekanan yang digunakan ¼ HP.
- Pasang pengunci berupa klem pada *infusion Tube* setelah selesai proses *vacuum*. Ini dilakukan untuk mencegah resin dan udara masuk kembali ke dalam cetakan.
- Proses *curing* dilakukan selama 24 jam menggunakan suhu ruang dengan temperatur $\pm 27^{\circ}\text{C}$.
- berikutnya adalah pelepasan sampel komposit *sandwich* dari cetakan.
- Komposit dipotong dengan ukuran 150mm x 20 mm x 12mm.

Pembuatan Spesimen Uji Struktur Micro

Tabel 1. Jumlah dan Susunan Laminasi

Bahan	Total Layer
<i>Fiberglass WR600</i>	2
<i>Core</i>	1
<i>Core</i>	2



Gambar 2. Urutan Komposit Sandwich

Pengujian Impak

Pengujian impak bertujuan untuk menilai ketahanan spesimen terhadap beban *impuls* atau hantaman secara mendadak. Menggunakan standart ASTM D 5942-96 dengan dimensi sampel komposit *sandwich* 150mm x 20mm x 12mm. Hasil kekuatan impak dihitung dengan persamaan dibawah ini:

E serap : energi awal - energi akhir
: $m.g.h_1 - m.g.h_2$

Dimana

E serap : energi serap spesimen (J)
Harga Impak : harga impak spesimen (J/mm²)
m : massa pendulum (Kg)
h₁ : sudut ayunan pendulum awal (°)
h₂ : sudut ayunan pendulum akhir (°)



Gambar 3. Alat Uji Impak

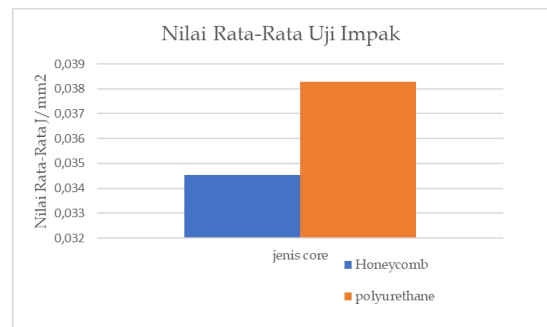
HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 2. Data Hasil Uji Impak

Jenis core	Spesimen	Sudut Awal (°)	Sudut Akhir (°)	Hasil Uji Impak (J/mm ²)
Honeycomb polypropylene	1	121	95,3	0,038494
	2	121	98,2	0,034008
	3	121	97,1	0,031099
	Rata - Rata	121	96,8	0,034533
Polyurethane rigid foam	1	121	106,8	0,032744
	2	121	105,3	0,043427
	3	121	107,1	0,038673
	Rata - Rata	121	106,4	0,038281

Pengujian impak dilakukan dengan metode charpy. Penelitian ini menggunakan dua variasi spesimen uji, masing-masing dengan tiga spesimen. Hasil dari masing-masing variasi akan dirata-rata, dan hasil ini dapat dianalisis dan disajikan dalam grafik di atas.

Analisa Data Pengujian Impak



Gambar 4. Diagram Pengujian Impak

Pada gambar grafik 4. didapatkan rata-rata kekuatan impak komposit *sandwich* dengan menggunakan core *honeycomb polypropylene* 0,034533 J/mm² dan *polyurethane rigid foam* 0,038281 J/mm². Dari data tersebut, spesimen dengan core *honeycomb* cenderung memiliki nilai energi impak yang lebih rendah dibandingkan dengan spesimen dengan core *polyurethane*. Pada komposit dengan core *polyurethane* resin epoxy terdistribusi sangat baik pada area skin dan core sehingga pada spesimen mampu menahan baban impak dengan baik dan memperoleh nilai impak lebih baik, *Polyurethane* memiliki struktur sel tertutup dengan densitas yang relatif tinggi, sifat viskoelastisitas dari *polyurethane* dapat meredam dan menyebarkan beban impak secara efektif (Srivastava, 2012). sedangkan komposit dengan core *honeycomb* terdapat void dan perbedaan sifat mekanis dari *honeycomb* dan *skin* serta sela-sela dari susunan sel menyebabkan kegagalan delaminasi atau pelepasan anantara lapisan resin dengan *face sheet honeycomb* sehingga memiliki hasil lebih rendah. Karena *honeycomb* terdiri dari sel-sel yang terpisah sehingga jika *honeycomb* mengalami tumbukan pada kecepatan yang tinggi struktur antar sel mencapai defleksi maksimumnya dan akan mengakibatkan kerusakan patah, tekuk, dan geser pada *face sheet* (lapisan kulit *honeycomb*) (Keithfoo et al., 2008)

Uji Statistika

Penelitian ini menggunakan program SPSS 26. Metode anova tunggal, atau *One Way Anova*, akan digunakan untuk menganalisis data. Sebelum memulai pengujian Anova, perlu dipastikan bahwa data dari masing-masing variasi terdistribusi normal, sama (homogen), dan bahwa sampel tidak berhubungan satu sama lain. Oleh karena itu, uji homogenitas dan normalitas harus dilakukan terlebih dahulu pada data.

Uji Normalitas

Hasil uji normalitas yang dihasilkan dengan menggunakan metode anova *one-way* anova saat menggunakan SPSS 26 ditunjukkan di bawah ini.

Tabel 3. Hasil Uji Normalitas Pengujian Impak

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Honeycomb	.223	3	.	.985	3	.766
Polyurethane	.196	3	.	.996	3	.879

Nilai masing-masing spesimen dalam uji impak terdistribusi normal, menurut hasil uji normalitas yang ditampilkan pada tabel 4, yang menunjukkan nilai sig. di atas 0,05.

Uji Homogenitas

Hasil uji homogenitas yang dihasilkan dari data uji impak menggunakan program SPSS 26 ditunjukkan dibawah ini.

Tabel 4. Hasil Uji Homogenitas
Test of Homogeneity of Variances

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
hasil_uji	Based on Mean	.285	1	4	.622
	Based on Median	.240	1	4	.650
	Based on Median and with adjusted df	.240	1	3.647	.652
	Based on trimmed mean	.283	1	4	.623

Hasil uji homogenitas menunjukkan bahwa nilai sig lebih dari 0,05 homogen, yang berarti bahwa data uji impak homogen.

Uji Anova

Untuk menarik kesimpulan dalam pengujian anova, yang menggunakan one way anova anova satu, hipotesa diperlukan. Hipotesis ini adalah:

- H_0 .
Tidak terdapat perbedaan yang signifikan kekuatan impak pada spesimen komposit *sandwich* dengan variasi *core honeycomb* dan *polyurethane* dengan *skkin* serat kaca.
- H_a
Terdapat perbedaan yang signifikan kekuatan impak pada spesimen komposit *sandwich* dengan variasi *core honeycomb* dan *polyurethane* dengan *skkin* serat kaca.

Tabel 5. Hasil Uji Anova

ANOVA					
hasil_uji	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.000	1	.000	.991	.376
Within Groups	.000	4	.000		
Total	.000	5			

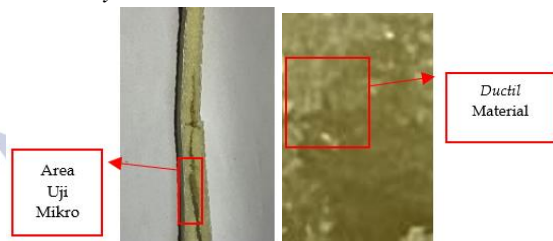
Spesimen komposit sandwich dengan variasi *core honeycomb* dan *polyurethane* dengan serat kaca tidak menunjukkan perbedaan kekuatan impak yang signifikan. Kesimpulan yang dapat diambil dari pengujian impak adalah bahwa H_0 diterima dan H_a ditolak, karena nilai sig pada tabel 5 adalah 0,376.

Kegagalan Uji Impak

1. *Core Honeycomb*

**Gambar 5.** Hasil Uji Mikro *Core Honeycomb*

2. *Core Polyurethane*

**Gambar 6.** Hasil Uji Mikro *Core Polyurethane*

Pada pengujian mikro pada *core honeycomb* dan *core polyurethane* kegagalan yang terjadi adalah *brittle to ductile transition* dan *ductile fracture*. Dimana kegagalan yang terjadi secara *brittle to ductile transition* adalah *honeycomb* karena terjadi delaminasi antara lapisan *skin* dan *face sheet honeycomb*, hal ini terjadi akibat adanya udara yang terjebak pada permukaan *honeycomb*. Dan kegagalan secara *ductil* adalah *polyurethane* karena memiliki sifat elastis namun kuat, pada pengujian mikro hal ini dibuktikan pada gambar 4.12 dengan permukaan yang kusam dan sedikit berserat sehingga memiliki sifat *ductile*.

Simpulan

Dari hasil riset dan pembahasan pengaruh dari “Analisis Kekuatan Impak *fiberglass WR600* Variasi *Core Honeycomb* dan *Polyurethane* Pada Tulangan Bodi Mobil Garnesa”. Variasi jenis *core* menggunakan *honeycomb* dan *Polyurethane*, maka kesimpulan yang didapat sebagai berikut:

- Pada riset ini yang berjudul “Analisis Kekuatan Impak *fiberglass WR600* Variasi *Core Honeycomb* dan *Polyurethane* Pada Tulangan Bodi Mobil Garnesa” tidak memiliki pengaruh signifikan pada komposit *sandwich* dengan *core honeycomb* dan *core polyurethane* menggunakan uji statistika dengan program SPSS 26. Hasil uji pada tiap spesimen memiliki nilai rata-rata pada *core honeycomb* yaitu $0,034533 \text{ j/mm}^2$. Pada *core polyurethane* yaitu $0,038281 \text{ j/mm}^2$.
- Mekanisme kegagalan sampel dengan *core honeycomb* memiliki kegagalan yaitu patahan yang bersifat *ductil fracture* dan delaminasi yang

bersifat *brittle to ductile transition*. Sementara sampel dengan *core polyurethane* memiliki patahan atau sobekan (*tearing*) yang bersifat *ductile*.

Saran

Dari hasil riset dan pembahasan ini, maka didapat saran sebagai berikut:

- Pada pengaplikasian sebagai tulangan pada bodi mobil menggunakan *core polyurethane* karena memiliki *massa* yang ringan dan ketahanan impak yang baik.
- Penggunaan *fiberglass* sebagai *skin* dapat menjadi pilihan karena memiliki harga yang lebih ekonomis.
- Untuk penelitian berikutnya disarankan untuk meneliti dengan mempertimbangkan variasi, tebal *core*, jumlah lapisan, serta jenis material laminat yang lain.
- Pada saat *vacuum infusion* harus dilakukan pemeriksaan kebocoran pada *molding*, *vacuum bagging film*, sambungan selang, dan kran.

Variasi Campuran Fly Ash Batubara untuk Material Komposit. *Flywheel: Jurnal Teknik Mesin Untirta*, 1(1), 90–102.

Utomo, W. B. (2021). Pengaruh Variasi jenis *core*, temperatur curing dan post-curing karakteristik bending komposit sandwich serat karbon dengan metode vacuum infusion. *Jurnal Teknik Mesin*, 9(2), 45–54.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurohman, K., Satrio, T., Muzayadah, N. L., & Teten. (2018). A comparison process between hand lay-up, vacuum infusion and vacuum bagging method toward e-glass EW 185/lycal composites. *Journal of Physics: Conference Series*, 1130(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1130/1/012018>
- C.C. Foo, L.K. Seah, G.B. Chai. (2008) Low-velocity impact failure of aluminium honeycomb sandwich panels, *Composite Structures*, Volume 85, Issue 1, Pages 20-28, ISSN 0263-8223
- K. Srivastava, V. (2012). Impact Behaviour of Sandwich GFRP-Foam-GFRP Composites. *International Journal of Composite Materials*, 2(4), 63–66. <https://doi.org/10.5923/j.cmaterials.20120204.04>
- Nurul, L., Nurtiasto, taufiq satrio, Pratomo, R., Nugroho, A., & Balqis, anis mutiara. (2021). *PROSIDING SEMINAR NASIONAL RISET TEKNOLOGI TERAPAN: 2021. e-ISSN:2747-1217*. 2–5.
- Prayoga, A., Eryawanto, B., & Hadi, Q. (2018). Pengaruh Ketebalan Skin Terhadap Kekuatan Bending dan Tarik Komposit Sandwich dengan Honeycomb Polypropylene sebagai Core. *Jurnal Teknik Mesin*, 18(1), 23–28.
- Refiadi, G., Bayu, N., Judawisastra, H., & Mardiyati, M. (2018). Serat Bambu Petung (*Dendrocalamus asper*) Teralkalisasi sebagai Penguat Komposit Polimer. *Jurnal Selulosa*, 8(01), 1. <https://doi.org/10.25269/jsel.v1i01.214>
- Srivastava, V.. (2012). Impact Behaviour of Sandwich GFRP-Foam-GFRP Composites. *International Journal of Composite Materials*. 2. 63-66. 10.5923/j.cmaterials.20120204.04.
- Sugiyono. (2013). Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D (2nd ed). In *Alfabeta*.
- Sunardi, S., Fawaid, M., & Muhamad, F. R. N. (2015).