

ANALISIS HASIL KEKERASAN VICKERS PADA KOMPOSIT SERAT KARBON KEVLAR DENGAN MENGGUNAKAN METODE VACUUM BAGGING & VACUUM INFUSION

¹Dimas Agung Sulthony, ²Ferry Setiawan, ³Dhimas Wicaksono

^{1,2,3}Sekolah Tinggi Teknologi Kedirgantaraan Yogyakarta

Abstrak

Perkembangan material komposit dibidang rekayasa sangat pesat, bahan komposit memiliki keuntungan berupa tahan terhadap korosi rasio antara kekuatan dan densitasnya cukup tinggi (ringan), murah dan proses pembuatannya mudah. Salah satunya Kevlar. Material ini memiliki nilai ekonomis yang cukup tinggi, memiliki keunggulan lebih kuat dibandingkan dengan logam dan komponen struktur lebih ringan dari logam. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui perbandingan komposit yang menggunakan variasi vacuum bagging dan vacuum infusion, dan hasil yang terbaik dapat digunakan untuk pembuatan UAV. Pembuatan komposit kali ini menggunakan resin lycal sebagai matrik dan menggunakan dua metode yaitu vacuum infusion dan vacuum bagging. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kekerasan dengan dibuktikan menggunakan analisis ketebalan untuk mendapatkan hasil kekerasan yang terbaik. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dengan menggunakan vacuum infusion memperoleh nilai kekerasan 23,73 kg/mm² dan nilai ketebalan 474,827 μm, sedangkan dengan metode vacuum bagging memiliki nilai kekerasan 16,33 kg/mm² dan nilai ketebalan 486,927 μm, vacuum bagging memiliki ketebalan yang lebih tinggi, dengan demikian semakin tebal spesimen maka akan semakin lunak karena terdapat banyak void, sehingga hasil terbaik yang didapat pada pengujian ini yaitu dengan menggunakan metode vacuum infusion karena memiliki nilai kekerasan yang lebih tinggi.

Kata kunci : komposit, vacuum, carbon, kekerasan, ketebalan

Abstract

The development of composite materials in the field of engineering is very rapid, composite materials have the advantage of being resistant to corrosion, the ratio between strength and density is quite high (lightweight), cheap and the manufacturing process is easy. One of them is Kevlar. This material has a fairly high economic value, has the advantage of being stronger than metal and the structural components are lighter than metal. The purpose of this study is to determine the comparison of composites using variations of vacuum bagging and vacuum infusion, and the best results can be used to manufacture UAVs. Composite production this time uses lycal resin as a matrix and uses two methods, namely vacuum infusion and vacuum bagging. This study aims to determine the hardness value which is proven using thickness analysis to get the best hardness results. The results of this study showed that using vacuum infusion obtained a hardness value of 23.73 kg/mm² and a thickness value of 474.827 μm, while using the vacuum bagging method it obtained a hardness value of 16.33 kg/mm² and a thickness value of 486.927 μm, vacuum bagging has a higher thickness, thus the thicker the specimen, the softer it will be because there are many voids, so the best results obtained in this test are by using the vacuum infusion method because it has a higher hardness value.

Keywords : composite, vacuum, carbon, hardness, thickness

Pendahuluan

Perkembangan material komposit dibidang rekayasa sangat pesat, seiring dengan hasil riset komposit yang dapat bersaing dengan produk-produk berbahan logam hal itu sebab bahan komposit memiliki keuntungan berupa tahan terhadap korosi rasio antara kekuatan dan densitasnya cukup tinggi (ringan), murah dan proses pembuatannya mudah (Widi et al., 2020). Saat ini banyak penelitian serta pengembangan komposit berbahan baku dari serat karbon dan serat kevlar untuk mengganti bahan baku logam, sifat yang kuat serta ringan menjadi parameter utama mengapa banyak pengembangan pada material komposit. Serat karbon dan serat kevlar mempunyai nilai ekonomis yang cukup tinggi, untuk mendapatkan hasil yang optimal kedua bahan tersebut mempunyai tingkat kesulitan dan ketelitian lebih dalam proses pabrikasi, dikarenakan serat karbon dan serat kevlar mempunyai

¹Email Address: 190202064@students.sttkd.ac.id

Received 15 Agustus 2023, Available Online Desember 2023

 <https://doi.org/10.56521/teknika.v9i2.900>

keunggulan lebih kuat diperbandingkan dengan logam untuk bagian struktur lebih ringan diperbandingkan dengan logam (Solihin et al., 2020). Melanjutkan penelitian sebelumnya yaitu penelitian MBKM yang diselenggarakan di STTKD Yogyakarta dan di PT FROGS Indonesia yang telah dilakukan sebelumnya oleh peneliti yaitu pembuatan pesawat terbang tanpa awak dengan material *carbon kevlar*, pada penelitian ini peneliti akan melakukan analisis material karbon *kevlar* yang digunakan sebagai material dari *fuselage skywalker* 1900 untuk di uji kekerasan dengan menggunakan metode kekerasan *vickers* dan dilengkapi dengan analisis ketebalan material, keuntungan dari pengujian kekerasan lekukan (uji kekerasan *Vickers*) yaitu tidak merusak bahan uji karena lekukannya sangat kecil, seringkali bahan uji dapat digunakan kembali, uji kekerasan akan dilakukan pada material karbon *kevlar* yang pembuatannya dengan menggunakan 2 metode yaitu metode *vacuum bagging* dan *vacuum infusion*, uji ini akan membandingkan hasil nilai kekerasan dari 2 metode pembuatan karbon *kevlar* yang selanjutnya akan digunakan pada pembuatan *fuselage skywalker* 1900.

Tinjauan Pustaka dan Pengembangan Hipotesis

Pesawat Tanpa Awak (UAV)

Pesawat tanpa awak UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) merupakan jenis pesawat terbang yang dikontrol dengan sistem kendali jarak jauh melalui gelombang radio. UAV merupakan sistem tanpa awak (*Unmanned System*) merupakan sistem berbasis elektro mekanik yang bisa menjalankan misi-misi terencana dengan karakteristik sebuah mesin terbang yang berfungsi dengan kendali jarak jauh oleh pilot, mengaplikasikan aturan aerodinamika untuk mengangkat dirinya sendiri, bisa digunakan kembali dan mampu membawa bobot baik senjata maupun bobot lainnya (Saroinsong et al., 2018). Dalam pembuatan *fuselage* UAV *Skywalker* 1900 memiliki beberapa tahapan yang dilakukan dimulai dari proses desain yang kemudian dilakukan *3D printing*, *assembly* atau perakitan dengan menggabungkan komponen – komponen yang sudah dicetak, pembuatan *master molding*, percetakan material dengan menggunakan metode *vacuum bagging* dan *vacuum infusion*.

Pengertian Komposit

Komposit merupakan suatu bahan yang dibentuk dari kombinasi sesuatu, seperti dua bahan untuk membuat suatu bahan komposit yang memiliki sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari bahan penyusunnya, salah satu alasan utama penggunaan material komposit yakni didapatkannya kekuatan material tinggi dengan beban yang jauh lebih ringan daripada material-material konvensional (Handoko. R. D. et al, 2022). Bahan komposit memiliki keuntungan berupa tahan terhadap korosi rasio antara kekuatan dan densitasnya cukup tinggi (ringan), murah dan proses pembuatannya mudah (Widi et al., 2020). Menurut (Sunardi et al., 2015) dari beberapa jenis material pembentuk komposit, dapat dikelompokkan kedalam tiga bagian, yaitu :

Matriks

Matriks berfungsi sebagai pengikat dan pelindung bahan material terhadap pengaruh lingkungan sekitar.

Material penguat (*reinforcement*)

Reinforcement berfungsi untuk membentuk struktur yang memberikan kekuatan pada komposit.

Material pengisi (*filler*)

Filler berfungsi untuk mengisi ruang komposit dan untuk mencegah terjadinya porositas bahan komposit tersebut.

Pada pembuatan komposit serat karbon dengan matriks *resin lycal* 1011 menggunakan proses *hand lay-up* yang merupakan proses laminasi serat secara manual, dimana sistem pertama dalam

pembuatan komposit sistem *hand lay-up* lebih ditekankan untuk pembuatan produk sederhana dan hanya menuntuk satu sisi saja yang mempunyai permukaan yang halus (Billy Suugondo et al., 2022)

Pengujian Kekerasan dan Ketebalan

Pengujian kekerasan *vickers* yaitu untuk mengetahui ketahanan material terhadap indenter yang cukup kecil sehingga hasilnya akan lebih rinci dibandingkan dengan menggunakan cara pengujian kekerasan lainnya (Setiawan et al., 2022). Pada percobaan yang dilakukan, pengujian kekerasan lekukan ini memakai alat *Vickers Hardness Tester*. Alat ini memakai indenter piramida intan yang berbentuk bujur sangkar untuk membuat jejak pada material dengan bobot tertentu. Besar sudut antar permukaan-permukaan piramida yang saling berhadapan adalah 136° . Lama waktu penjejakan berlangsung selama 15 detik dan bisa menjadikan ketelitian antara 2-4 mikro milimeter. Panjang diagonal yang dievaluasi pada arah horisontal ditandai dengan d_1 dan arah vertikal ditandai dengan d_2 yang kemudian dihitung d rata-rata sebagai panjang diagonal jejak (Maulana, 2018).

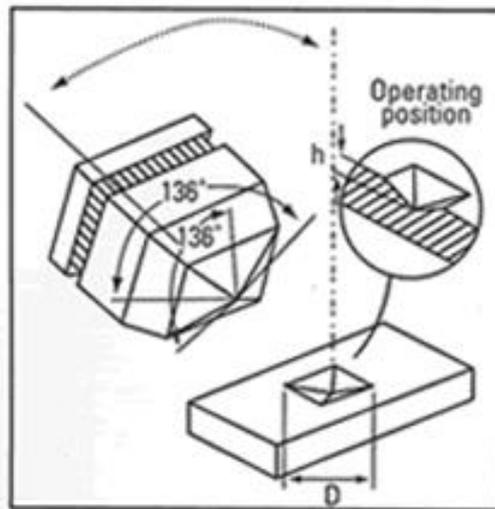
Besarnya angka kekerasan dapat dihitung berdasarkan rumus berikut:

$$VHN = \frac{2F \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)}{D^2} = \frac{(1,854)F}{D^2}$$

Untuk mencari panjang diagonal rata-rata menggunakan rumus berikut :

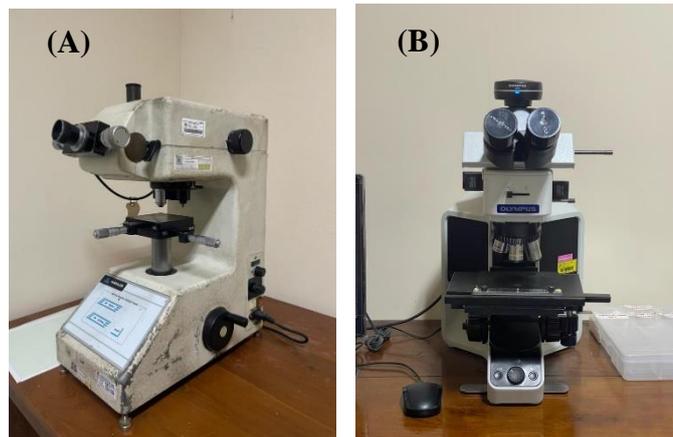
$$D = \frac{d_1 + d_2}{2}$$

- Keterangan:
- VHN = nilai kekerasan *vickers* (kg/mm^2)
 - F = beban yang diberikan (kg)
 - D = panjang diagonal rata-rata (mm)
 - d_1 = panjang diagonal 1
 - d_2 = panjang diagonal 2
 - θ = sudut antara permukaan yang berhadapan = 136°



Gambar 1. Pengujian kekerasan *vickers*

Pengujian ketebalan dilakukan dengan pengamatan menggunakan mikroskop optik yang bertujuan untuk mengetahui seberapa tebal ketebalan pada material uji.



Gambar 2. alat uji (A) kekerasan (B) ketebalan

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di PT. Frogs Indonesia Jl Imogiri Barat No.Km, RW.7, Semail, Bangunharjo, Kec Sewon, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta sebagai tempat pembuatan spesimen kemudian dilanjutkan pengujian *vickers* di Laboratorium Bahan Teknik, Departemen Teknik Mesin Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. dilaksanakan lebih kurang selama 3 bulan, dimulai dari bulan Oktober sampai dengan bulan Desember 2022

Metode Penelitian

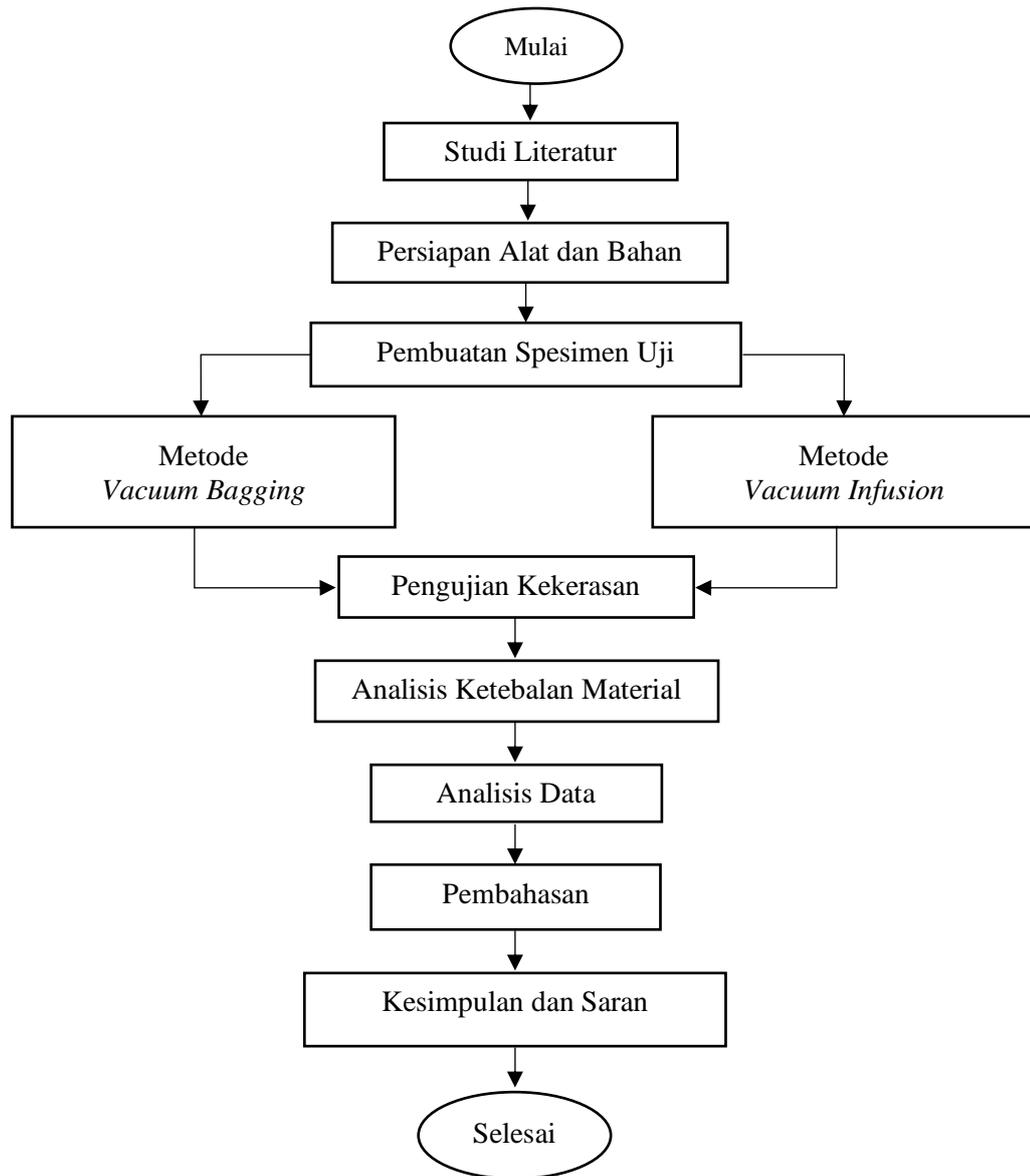
Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah : serat karbon, *flow media*, *breeder cloth*, *resin lycal*, katalis, *maximum mold release wax*, *peelply*, dan plastik *bag*.

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah : gunting, gelas plastik, penggaris, timbangan, mesin *vacuum bagging*, mesin *vacuum infusion*. Alat uji yang digunakan untuk pengujian hasil spesimen adalah : *Vickers Hardness Tester*, dan Mikroskop Optik.

Penelitian ini akan dilakukan dalam beberapa tahap, dengan uraian pekerjaannya sebagai berikut :

Proses pembuatan spesimen dengan menggunakan metode *vacuum infusion*, serat dibentuk sesuai dengan ukuran cetakan, cetakan dipotong bagian pinggir untuk in dan out udara, cetakan dilapisi dengan *wax mold realese* supaya *resin* tidak lengket dengan cetakan, pemasangan selang dibagian in dan out dan ditutup dengan platik *bag* yang direkatkan dengan lem dodol, penuangan resin yang tercampur katalis dengan perbandingan resin 3 : 1 katalis dengan menggunakan mesin *vacuum*. Kemudian pembuatan spesimen dengan menggunakan metode *vacuum bagging*, serat dibentuk sesuai dengan ukuran cetakan, cetakan dipotong ditengah untuk out udara, cetakan dilapisi dengan *wax mold realese* supaya *resin* tidak lengket dengan cetakan, cetakan dioleskan dengan campuran resin dan katalis dengan perbandingan resin 3 : 1 katalis, penataan serat dengan jumlah 2 lapisan yang diselingi dengan pengolesan resin dan katalis, penataan *breeder cloth* pada bagian serat karbon, selang dibagian out dan melakukan proses *vacuum*. Hasil pembuatan spesimen dengan metode *vacuum infusion* dan *vacuum bagging* dilepas dari cetakan setelah spesimen keras. Lakukan pengujian kekerasan dan ketebalan, metode pengujian kekerasan *vickers* dilaksanakan dengan cara menekan benda uji dengan indenter intan yang berbentuk piramida dengan besar sudut dari permukaan – permukaan yang berhadapan 136° . Penekanan oleh indenter intan akan menghasilkan suatu jejak atau lekukan pada permukaan benda uji, dan untuk mengetahui nilai ketebalan spesimen, maka dilakukan analisis dengan pengamatan menggunakan mikroskop optik untuk mengukur ketebalan spesimen tersebut.

Untuk lebih jelasnya tahapan pengerjaan penelitian ini dapat dilihat pada diagram alir pada gambar 3 berikut

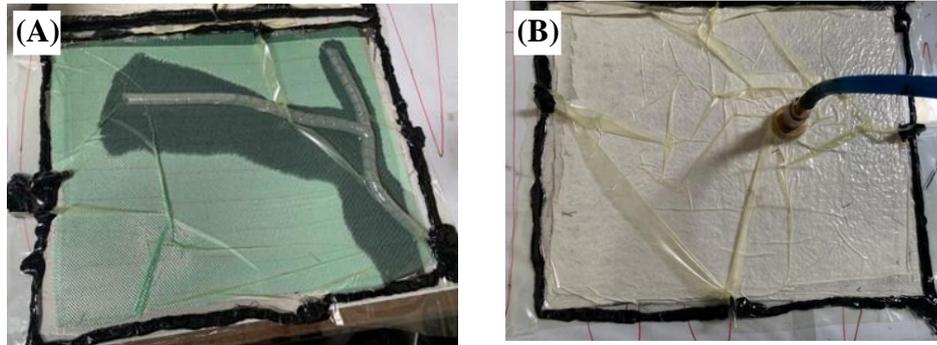


Gambar 3. Diagram Alir

Hasil dan Pembahasan

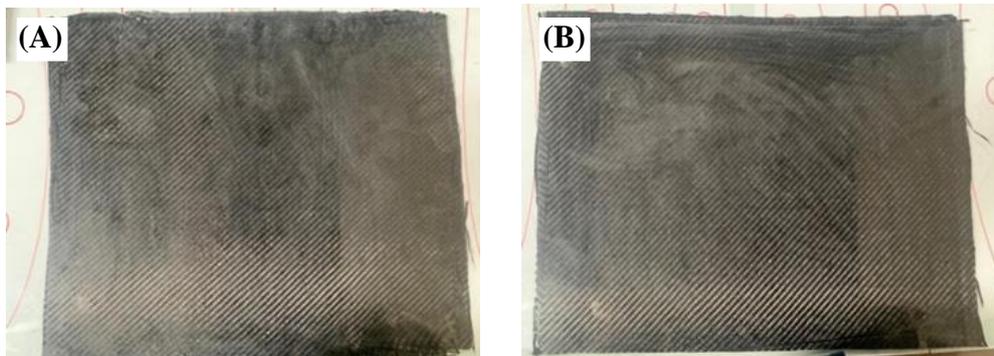
Pengujian Kekerasan

Pada penelitian ini menggunakan 2 metode pembuatan spesimen yaitu dengan menggunakan metode metode VARI (*Vacuum Assisted Resin Infusion*) dan *Vacuum Bagging*. Berikut merupakan proses pemvakuman material dengan menggunakan 2 metode tersebut.



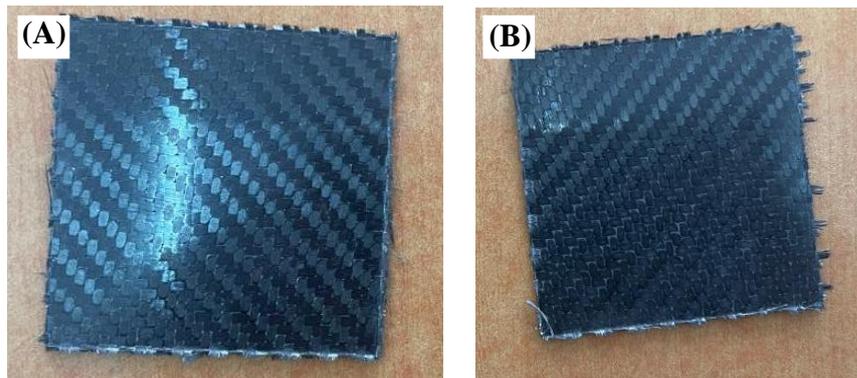
Gambar 4. Proses (A) vacuum infusion dan (B) vacuum bagging

Setelah proses pemvakuuman selesai didapat hasil material komposit pada gambar 5 berikut :



Gambar 5. Hasil proses (A) vacuum indusion (B) vacuum bagging

Pada Gambar 6 merupakan spesimen uji sebelum dilakukan pengujian kekerasan mikro *vickers* dengan standard ASTM E384 untuk mengetahui nilai kekerasan tiap variasi.



Gambar 6. Spesimen karbon kevlar metode (A) vacuum bagging (B) vacuum infusion

Perhitungan Massa Jenis

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Keterangan :

ρ = massa jenis (gr/cm³)

m = massa benda (kg atau gr)

v = volume benda (kg/m³ atau gr/cm³)

Massa jenis spesimen metode *vacuum bagging*

Diketahui :

p = 4,74 cm

l = 4,67 cm

t = 0,19 cm

l = lebar spesimen (cm)

t = tinggi spesimen (cm)

p = panjang spesimen (cm)

v = 4,74 x 4,67 x 0,19 = 4,2058 cm³

m = 1,41 gr

Ditanyakan : $\rho = ?$

$$\text{Jawab : } \rho = \frac{m}{v}$$

$$\rho = \frac{1,41}{4,2058}$$

$$\rho = 0,3335 \text{ gr/cm}^3$$

Massa jenis spesimen metode *vacuum infusion*

Diketahui :

$$p = 4,83 \text{ cm}$$

$$l = 4,71 \text{ cm}$$

$$t = 0,11 \text{ cm}$$

$$v = 4,83 \times 4,71 \times 0,11 = 2,502 \text{ cm}^3$$

$$m = 1,45 \text{ gr}$$

Ditanyakan : $\rho = ?$

$$\text{Jawab : } \rho = \frac{m}{v}$$

$$\rho = \frac{1,45}{2,502}$$

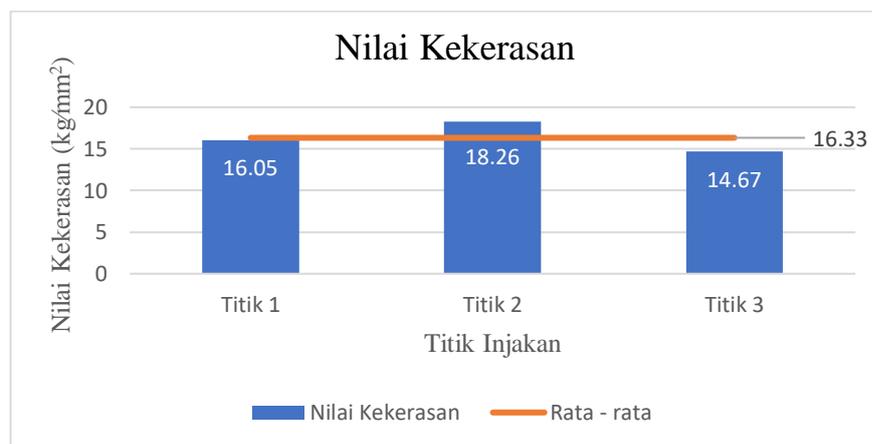
$$\rho = 0,5795 \text{ gr/cm}^3$$

Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa spesimen uji kekerasan *vickers* dengan metode *vacuum bagging* yaitu memiliki massa jenis $0,335 \text{ gr/cm}^3$, sedangkan spesimen uji kekerasan *vickers* dengan metode pembuatan *vacuum infusion* memiliki massa jenis $0,5795 \text{ gr/cm}^3$, dari data tersebut menunjukkan spesimen yang menggunakan metode *vacuum infusion* memiliki kerapatan yang lebih baik.

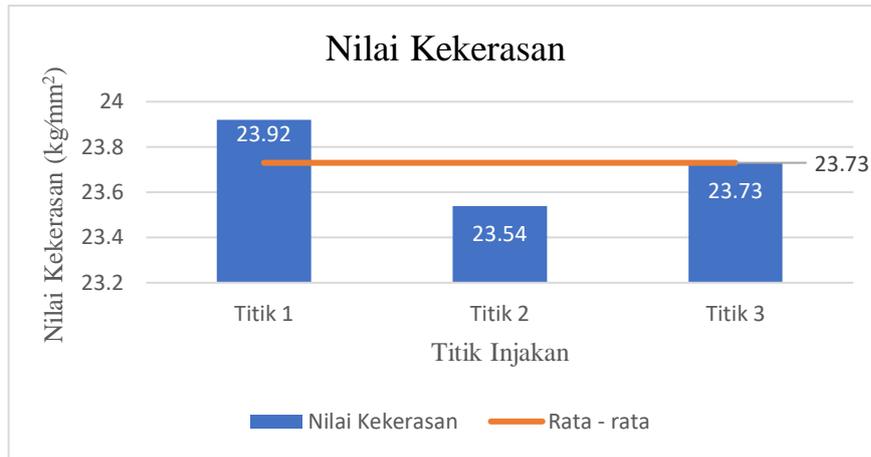
Pada pengujian ini spesimen yang diuji berjumlah dua yaitu terdiri dari spesimen dengan metode VARI (*Vacuum Assisted Resin Infusion*) dan *Vacuum Bagging*. Pada pengujian ini spesimen yang diuji berjumlah dua yaitu terdiri dari spesimen dengan metode VARI (*Vacuum Assisted Resin Infusion*) dan *Vacuum Bagging*. Setiap spesimen akan dikenai tiga titik injakan, sehingga data nilai kekerasan seperti pada Tabel 1 dan Gambar grafik sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil Uji Kekerasan Mikro Vickers

Spesimen	d1(μm)	d2(μm)	d(μm)	d(mm)	VHN	Kekerasan Vickers Rata-rata (kg/mm^2)
<i>Vacuum Bagging</i>	76	76	76	0,0760	16,05	16,33
	71	71,5	71,25	0,0713	18,26	
	80	79	79,5	0,0795	14,67	
<i>Vacuum Infusion</i>	65,5	59	62,25	0,0623	23,92	23,73
	64	61,5	62,75	0,0628	23,54	
	61	64	62,5	0,0625	23,73	



Gambar 7. Grafik Nilai Kekerasan Variasi Vacuum Bagging



Gambar 8. Grafik Nilai Kekerasan Variasi Vacuum Infusion

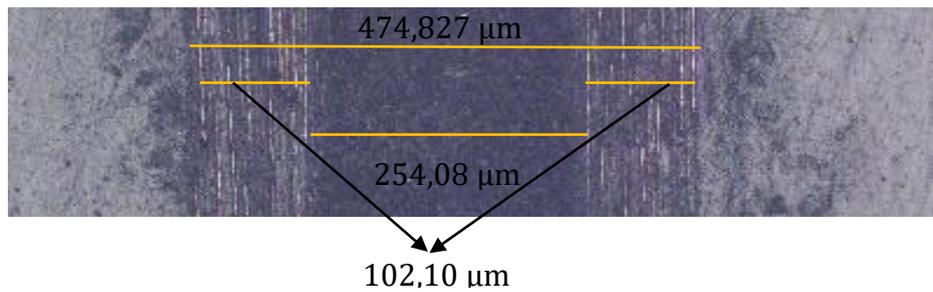
Analisis Ketebalan

Analisis ketebalan ini dilakukan untuk mengamati ketebalan pada spesimen uji, sebagai bukti nilai kekerasan spesimen uji yang sudah dilakukan pengujian kekerasan mikro vickers. Pengamatan menggunakan mikroskop optik Olympus BX53M dengan pembesaran 50%.

Tabel 2. Perbandingan Nilai Ketebalan Spesimen Uji

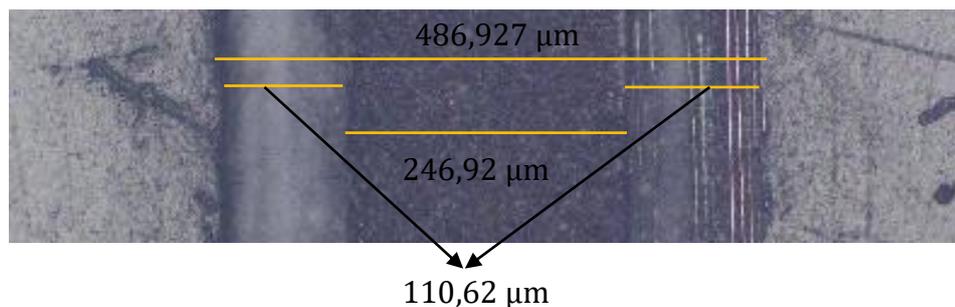
No	Spesimen	Ketebalan Resin (µm)	Ketebalan Serat (µm)	Ketebalan Spesimen (µm)
1	Vacuum Infusion	102,10	254,08	474,827
2	Vacuum Bagging	110,62	246,92	486,927

Vacuum Infusion

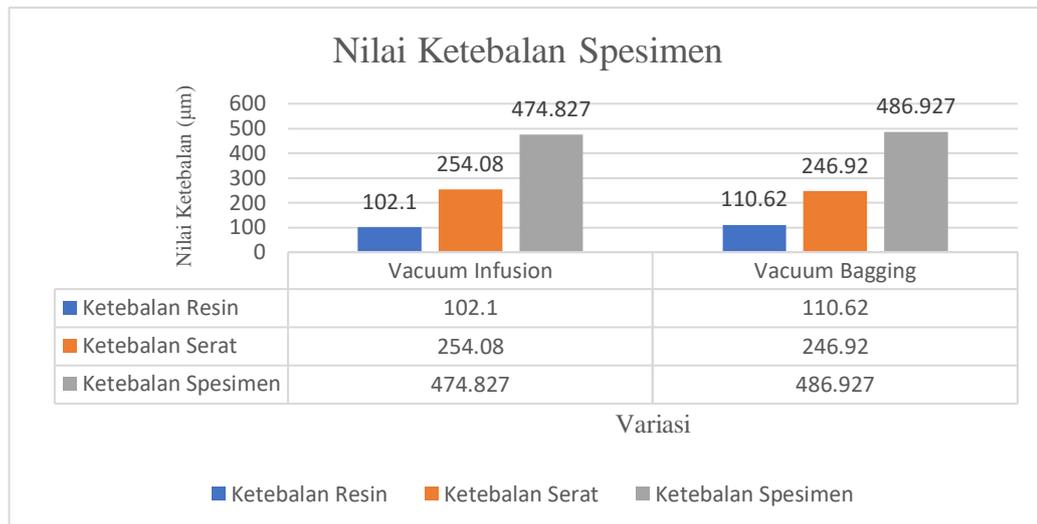


Gambar 9. Ketebalan Material dengan Metode Vacuum Infusion

Vacuum Bagging



Gambar 10. Ketebalan Material dengan Metode Vacuum Bagging



Gambar 11. Hasil pengujian ketebalan

Dari hasil pengujian ketebalan pada *vacuum bagging* didapat ketebalan resin rata – rata 110,62 μm , ketebalan serat rata – rata 246,92 μm , ketebalan spesimen rata – rata 486,927 μm . Dari hasil pengujian ketebalan pada *vacuum infusion* didapat ketebalan resin rata – rata 102,10 μm , ketebalan serat rata – rata 254,08 μm , ketebalan spesimen rata – rata 474,827 μm .

Dari hasil penelitian yang sudah dilaksanakan didapatkan bahwa pada material dengan metode pembuatan *vacuum infusion* memiliki kerapatan kandungan unsur gas yang lebih sedikit jumlahnya sehingga terdapat sedikit *void*, sedangkan material yang menggunakan metode *vacuum bagging* memiliki kerapatan udara yang kurang baik karena lebih banyak mengandung *void* di dalamnya. Ketebalan pada material berpengaruh terhadap hasil nilai kekerasan karena semakin tebal spesimen, semakin banyak kandungan *void* yang terperangkap dispesimen, dari kedua metode *vacuum bagging* dan *vacuum infusion*, banyaknya *void* pada *vacuum bagging* mengakibatkan spesimen makin lunak ketika diuji dengan pengujian kekerasan dan akan mendapatkan nilai kekerasan yang kurang baik dibandingkan dengan metode *vacuum infusion*, dengan hasil yang sudah didapatkan maka semakin tebal lapisan akan semakin lunak, dan memiliki nilai kekerasan yang kecil. Dan hasil terbaik yang didapat yaitu pada komposit serat karbon yang menggunakan metode VARI (*Vacuum Assisted Resin Infusion*) karena dengan nilai kekerasan yang lebih baik dari metode *vacuum bagging* namun memiliki ketebalan yang lebih tipis dari *vacuum bagging*.

Kesimpulan

Hasil dari uji kekerasan dengan metode *vacuum infusion* adalah 23,73 Kg/mm^2 , sedangkan dengan metode *vacuum bagging* adalah 16,33 Kg/mm^2 . Pengujian ketebalan pada metode *vacuum infusion* memiliki ketebalan spesimen 474,827 μm . Sedangkan pada metode *vacuum bagging* memiliki ketebalan spesimen 486,927 μm . Dengan demikian pengujian dengan menggunakan metode *vacuum infusion* memiliki nilai kekerasan yang lebih baik dibandingkan metode *vacuum bagging*, dan metode *vacuum infusion* memiliki ketebalan yang lebih tipis dari *vacuum bagging*, dengan demikian maka semakin tebal lapisan maka nilai kekerasannya semakin lunak. Dari pengujian yang dilakukan yaitu hasil yang lebih baik dengan menggunakan metode *vacuum infusion* karena memiliki nilai kekerasan yang lebih tinggi.

Daftar Pustaka

Billy Suugondo, S., Purna Irawan, A., & Siahaan, E. (2022). Analisis Kekuatan Komposit Berpenguat Serat Karbon Dengan Matriks Resin Lycal 1011 Terhadap Sifat Mekanis. *Jurnal Health Sains*, 3(7), 905–913. <https://doi.org/10.46799/jsa.v3i7.452>

- Dwi Handoko, R., Setiawan, F., & Sehonu. (2022). Pengaruh Fraksi Serbuk Kayu Jati Terhadap Kekuatan Komposit Partikel Dengan Pengujian Impact. *Teknika Sttkd: Jurnal Teknik, Elektronik, Engine*, 8(2), 322–329. <https://doi.org/10.56521/Teknika.V8i2.738>
- Maulana, N. B. (2018). Pengaruh Variasi Beban Indentor Vickers Hardness Tester Terhadap Hasil Uji Kekerasan Material Aluminium Dan Besi Cor. *Mer-C*, 1(10), 12.
- Saroinsong, H. S., Poekoel, V. C., & Manembu, P. D. . (2018). Rancang Bangun Wahana Pesawat Tanpa Awak (Fixed Wing) Berbasis Ardupilot. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer*, 7(1), 73–84.
- Setiawan, F., Walikram, D., Sehonu, Ariebowo, T., & Putra, I. R. (2022). Analysis of the Effect of Time on Tensile Strength and Hardness of Electroplating Method Using Nickel on Aluminum 7075. *Key Engineering Materials*, 935, 17–23. <https://doi.org/10.4028/p-5m4r14>
- Solihin, S., Pramono, G. E., & Yuliaji, D. (2020). ANALISA KARAKTERISTIK KARBON DAN KEVLAR BERDASARKAN PENGUJIAN TARIK DAN IMPAK. 2(2), 70–76.
- Sunardi, S., Fawaid, M., & Muhamad, F. R. N. (2015). Variasi Campuran Fly Ash Batubara untuk Material Komposit. *Flywheel: Jurnal Teknik Mesin Untirta*, 1(1), 90–102.
- Widi, I. K. A., Sujana, W., Pohan, G. A., & Saskara, P. S. (2020). Analisa Uji Tarik Dan Impak Komposit Epoxy Rami -Agave – Karbon dengan Campuran Epoxy-Karet Silikon (30%, 40%, 50%). *Jurnal Flywheel*, 11(1), 10–14. <https://doi.org/10.36040/flywheel.v11i1.2506>