

ANALISA DIAMETER *INFUSION TUBE* PADA PEMBUATAN *COMPOSITE CARBON FIBER* MENGGUNAKAN METODE *VACUUM INFUSION*

Mohammad Irfan

D4 Teknik Mesin, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Surabaya
Email: mohammadirfan.21015@mhs.unesa.ac.id

Firman Yasa Utama

D4 Teknik Mesin, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Surabaya
Email: firmanutama@unesa.ac.id

Abstrak

Metode *Vacuum Assisted Resin Infusion (VARI)* atau *vacuum infusion* adalah metode fabrikasi material *fiber composite* dengan menggunakan tekanan rendah untuk mengatur jalannya resin melaminasi *fiber*. Salah satu material yang paling bagus digunakan untuk *composite* adalah *carbon fiber*. Alat *vacuum infusion* sangat bervariasi, dengan menggunakan *infusion tube* berbeda-beda. Oleh karena itu perlu di ketahui diameter *infusion tube* berapa yang optimal dalam proses pemvakuman dengan memperhatikan waktu. Pada alat *vacuum infusion* dengan *catchpot* berkapasitas 1 liter dengan tekanan -0,9 bar menggunakan *vacuum pump* VE 115N dan memakai *epoxy resin*. Pada *composite carbon fiber* menggunakan *infusion tube* 8 mm mampu memvakum sampai dimensi 618,3 cm³ dalam waktu 9,7 jam. Pada *infusion tube* diameter 10 mm mampu memvakum sampai dimensi 350 cm³ dalam waktu 3,7 jam. Sedangkan untuk *infusion tube* dengan diameter 12 mm mampu memvakum sampai dimensi 222,15 cm³ dengan jangka waktu 1,4 jam.

Kata Kunci: *carbon fiber, composite, infusion tube, vacuum infusion.*

Abstract

The *Vacuum Assisted Resin Infusion (VARI)* method or *vacuum infusion* is a method of fabricating *fiber composite materials* using low pressure to regulate the flow of resin laminating *fibers*. One of the best materials used for *composites* is *carbon fiber*. *Vacuum infusion* tools vary widely, using different *infusion tubes*. Therefore, it is necessary to know what diameter of the *infusion tube* is optimal in the *vacuum* process by considering the time. In a *vacuum infusion* tool with a 1 liter *catchpot* with a pressure of -0.9 bar using a VE 115N *vacuum pump* and using *epoxy resin*. In *carbon fiber composites* using an 8 mm *infusion tube*, it can vacuum up to a dimension of 618,3 cm³ in 9.7 hours. In a 10 mm diameter *infusion tube*, it can vacuum up to a dimension of 350 cm³ in 3.7 hours. Meanwhile, the *infusion tube* with a diameter of 12 mm is capable of vacuuming up to a dimension of 222,15 cm³ with a time span of 1.4 hours.

Keywords: *carbon fiber, composite, infusion tube, vacuum infusion.*

PENDAHULUAN

Beberapa tahun terakhir bodi kendaraan sudah menggunakan material *composite*, bukan lagi memakai material baja atau logam. Material *composite* memiliki kelebihan kuat, ringan dan tahan panas. Salah satunya *carbon fiber* ini sangat kuat dan ringan dibandingkan *fiber* lainnya, jadi sangat cocok sebagai bahan pembuatan material *composite*. Metode *Vacuum Assisted Resin Infusion (VARI)* atau *vacuum infusion* adalah metode fabrikasi material *fiber composite* dengan menggunakan tekanan rendah untuk mengatur jalannya resin melaminasi *fiber* (Fauziyyah, et al., 2019).

Tekanan -0,9 bar adalah tekanan optimal untuk metode *vacuum infusion* dalam meminimalisir resin yang terbuang di dalam *catchpot*. Apabila tekanan terlalu rendah, maka resin akan mengalir lebih cepat dan tidak melaminasi *fiber* dengan sempurna yang mengakibatkan *void* dan apabila tekanan terlalu tinggi bisa mengakibatkan *curing* pada resin (Utomo, S. W. E., 2020). Rangkaian pada *vacuum infusion* sangat rawan bocor, terutama pada bagian katup sambungan antar *infusion tube*. Hal ini dapat

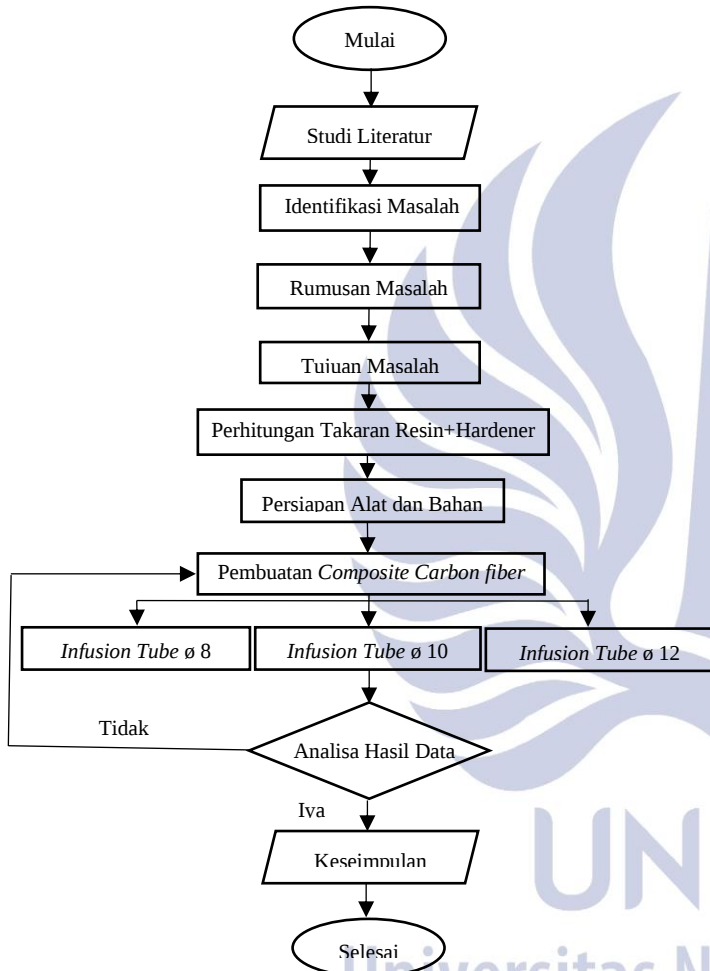
mengakibatkan kebocoran yang bisa membuat *vacuum infusion* kurang optimal dan pastinya memakan waktu yang lebih lama dan membuat resin tidak melaminasi dengan baik.

Infusion tube pada rangkaian *vacuum infusion* sangat mempengaruhi dalam proses laminasi, di mana pada penelitian (Setiawan, F., 2023) menggunakan ukuran diameter *infusion tube* 8 mm dengan kapasitas *catchpot* 4 liter dari material plat besi. Pada penelitian (Mujjaki, M. A., 2023) *catchpot* berkapasitas 6 liter permanen dengan menggunakan diameter *infusion tube* 10 mm yang tidak transparan. Pada penelitian (Fauziyyah, et al., 2019) juga memiliki *catchpot* berkapasitas 6 liter, tapi menggunakan diameter *infusion tube* 12 mm.

Berdasarkan permasalahan tersebut, perlu adanya penelitian lebih lanjut tentang pengaruh diameter *infusion tube* pada pembuatan *composite* menggunakan metode *vacuum infusion*. Hal ini diharapkan bisa meminimalisir waktu dan penggunaan resin dalam proses *vacuum infusion* serta bisa mengetahui apakah dengan menggunakan diameter *infusion tube* berapa proses laminasi resin ke *fiber* dengan metode *vacuum infusion* dapat berjalan optimal.

METODE

Penelitian ini menggunakan jenis metode kuantitatif. Menurut (Sugiyono, 2016), metode penelitian kuantitatif merupakan metode penelitian yang berdasarkan filsafat positivisme, digunakan untuk meneliti populasi atau sampel tertentu dengan teknik pengambilan sampel secara random, pengumpulan data dilakukan menggunakan instrumen penelitian, analisis data bersifat kuantitatif statistik agar dapat menguji hipotesis yang telah ditetapkan. Dalam penelitian ini menggunakan pendekatan penelitian eksperimen yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh suatu perlakuan terhadap variabel lain dalam kondisi yang dikendalikan.



Gambar 1. Flowchart Penelitian

Variabel Bebas

Infusion tube ø8 mm, Infusion tube ø10 mm dan Infusion tube ø12 mm.

Variabel Terikat

Waktu laminasi fiber dan sisa resin+hardener di catchpot.

Variabel Kontrol

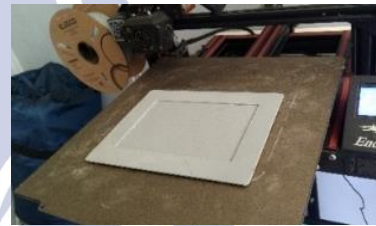
- Menggunakan material serat karbon dengan weave 2x2 twill, weight 220 gsm, yarn size 3k.
- Catchpot berkapasitas 1 liter.
- Tekanan menggunakan -0,9 bar.
- Dimensi cetakan 100 mm x 150 mm x 2 mm
- Menggunakan pompa vakum dengan power ¼ hp.
- Menggunakan selang vakum dengan panjang 100 cm.

- Rangka menggunakan besi hollow 20 mm x 20 mm dengan tebal 1,6 mm.
- Tatakan menggunakan Material kayu balsa dengan ketebalan 10 mm.
- Menggunakan resin epoksi.



Gambar 2. Alat Vacuum Infusion

Proses pembuatan composite pastinya perlu adanya molding, berdimensi panjang x lebar x tinggi 15 cm x 10 cm x 0,2 cm yang terbuat dari filamen dengan proses 3d printing.



Gambar 3. Molding

Volume Fiber

Volume fiber juga perlu diperhatikan dalam proses vacuum infusion, karena mempengaruhi laju aliran resin. Fiber menggunakan fiber karbon 220 gsm 2 x 2 twill 3k dengan dimensi 15 cm x 10 cm. Dimana menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$V_{\text{serat}} = \frac{m}{\rho}$$

Massa dari fiber adalah dikali dimensi fiber, yaitu dimensi fiber 15 cm x 10 cm sebanyak 2 lapis.

$$\begin{aligned}
 m &= 2 \text{ (gsm} \times \text{luas serat)} \\
 &= 2 \text{ (220} \times \text{(0,15} \times \text{0,1))} \\
 &= 2 \text{ (220} \times \text{0,015)} \\
 &= 2 \text{ (3,3)} \\
 &= 6,6 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

Densitas dari fiber karbon 1,78 g/cm³:

$$\begin{aligned}
 V_{\text{fiber}} &= \frac{m}{\rho} \\
 &= \frac{6,6}{1,78} \\
 &= 3,71 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

Jadi volume carbon fiber adalah 3,71 cm³

Perhitungan Resin+Hardener

Perhitungan Takaran Resin+Hardener dengan infusion tube ø8 mm.

$$\begin{aligned}
 V_{\text{matriks}} &= 2 \left(\frac{m}{\rho} \right) + (\pi \times r^2 \times L) \\
 &= 2 \left(\frac{3,3}{1,78} \right) + (3,14 \times 0,4^2 \times 70) \\
 &= 3,71 + 35,16 \\
 &= 38,87 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

Densitas resin berbeda dengan densitas air atau udara, untuk densitas resin ini sendiri sebesar $1,1 \text{ g/cm}^3$. Jadi, hasil dari volume matriks dikalikan densitas resin.

$$V_{\text{matriks}} = 38,87 \times 1,1 \\ = 42,7 \text{ ml}$$

Jadi volume matriks adalah $42,7 \text{ ml}$

Takaran Resin

$$V_{\text{resin}} = \frac{2}{3} \times V_{\text{matriks}} \\ = \frac{2}{3} \times 42,7 \\ = 28,5 \text{ ml}$$

Jadi, takaran resin adalah $28,5 \text{ ml}$

Takaran Hardener

$$V_{\text{hardener}} = \frac{1}{3} \times V_{\text{matriks}} \\ = \frac{1}{3} \times 42,7 \\ = 14,2 \text{ ml}$$

Jadi, takaran hardener adalah $14,2 \text{ ml}$

Perhitungan Takaran Resin+Hardener dengan *infusion tube* $\phi 10 \text{ mm}$.

$$V_{\text{matriks}} = 2 \left(\frac{m}{\rho} \right) + (\pi \times r^2 \times L) \\ = 2 \left(\frac{3,3}{1,78} \right) + (3,14 \times 0,5^2 \times 70) \\ = 3,71 + 54,95 \\ = 58,66 \text{ cm}^3$$

Densitas resin berbeda dengan densitas air atau udara, untuk densitas resin ini sendiri sebesar $1,1 \text{ g/cm}^3$. Jadi, hasil dari volume matriks dikalikan densitas resin.

$$V_{\text{matriks}} = 42,7 \times 1,1 \\ = 64,5 \text{ ml}$$

Jadi volume matriks adalah $64,5 \text{ ml}$

Takaran Resin

$$V_{\text{resin}} = \frac{2}{3} \times V_{\text{matriks}} \\ = \frac{2}{3} \times 64,5 \\ = 43 \text{ ml}$$

Jadi, takaran resin adalah 43 ml

Takaran Hardener

$$V_{\text{hardener}} = \frac{1}{3} \times V_{\text{matriks}} \\ = \frac{1}{3} \times 64,5 \\ = 21,5 \text{ ml}$$

Jadi, takaran hardener adalah $21,5 \text{ ml}$

Perhitungan Takaran Resin+Hardener dengan *infusion tube* $\phi 12 \text{ mm}$.

$$V_{\text{matriks}} = 2 \left(\frac{m}{\rho} \right) + (\pi \times r^2 \times L) \\ = 2 \left(\frac{3,3}{1,78} \right) + (3,14 \times 0,6^2 \times 70) \\ = 3,71 + 79,12 \\ = 82,83 \text{ cm}^3$$

Densitas resin berbeda dengan densitas air atau udara, untuk densitas resin ini sendiri sebesar $1,1 \text{ g/cm}^3$. Jadi, hasil dari volume matriks dikalikan densitas resin.

$$V_{\text{matriks}} = 116,75 \times 1,1 \\ = 91,1 \text{ ml}$$

Jadi volume matriks adalah $91,1 \text{ ml}$

Takaran Resin

$$V_{\text{resin}} = \frac{2}{3} \times V_{\text{matriks}} \\ = \frac{2}{3} \times 91,1 \\ = 60,7 \text{ ml}$$

Jadi, takaran resin adalah $60,7 \text{ ml}$

Takaran Hardener

$$V_{\text{hardener}} = \frac{1}{3} \times V_{\text{matriks}} \\ = \frac{1}{3} \times 91,1 \\ = 30,4 \text{ ml}$$

Jadi, takaran hardener adalah $30,4 \text{ ml}$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Hasil analisa diameter *infusion tube* pada pembuatan *composite carbon fiber* menggunakan metode *vacuum infusion* menggunakan diameter *infusion tube* 8 mm mampu memvakum sampai dengan dimensi $618,3 \text{ cm}^3$ dengan jangka waktu $9,7 \text{ jam}$, menggunakan diameter *infusion tube* 10 mm mampu memvakum sampai dengan dimensi 350 cm^3 dengan jangka waktu $3,7 \text{ jam}$ serta menggunakan diameter *infusion tube* 12 mm mampu memvakum sampai dengan dimensi $222,15 \text{ cm}^3$ dengan jangka waktu $1,4 \text{ jam}$.

Pembahasan

Infusion tube dari material *polyurethane* dengan ketebalan 2 mm yang berdiameter 8 mm , 10 mm dan 12 mm dengan panjang 70 cm . Perbedaan diameter *infusion tube* juga mempengaruhi komponen lain, seperti *nipple hose*, katup dan *T corner* menyesuaikan ukuran *infusion tube*.



Gambar 4. *Infusion Tube* 8 mm



Gambar 5. *Infusion Tube* 10 mm



Gambar 6. *Infusion Tube* 12 mm

Pembuatan *Composite Carbon Fiber*

Proses pembuatan *composite carbon fiber* dimulai dengan memotong *carbon fiber*, *peel ply*, *infusion mesh* dan *vacuum bag* sesuai ukuran *molding*.

1. Oleskan *wax* ke *molding* untuk mempermudah saat melepas *composite* dari *molding*, tunggu 15 menit dan lakukan sebanyak 3 kali.
2. Tempelkan *carbon fiber* ke *molding* dengan di semprotkan *aerosol spray*.
3. Tempelkan *peel ply* dan *infusion mesh* diatasnya yang telah di berikan *aerosol spray*.
4. Tempelkan *sealant tape* pada *stoper molding* untuk merekatkan *vacuum bag* dengan *molding*.
5. Pasang *infusion tube* yang telah di lengkapi *T corner* dan *spiral tube*.
6. Cek kebocoran pada rangkaian *vacuum infusion*.
7. Takar resin+hardener sesuai diameter *infusion tube*, lalu aduk dan diamkan selama 15 menit untuk menghilangkan gelembung.
8. Distribusikan resin yang telah tercampur hardener ke dalam *infusion tube*, apabila resin telah terdistribusi ke *molding* tunggu sampai 2 jam dan matikan *vacuum pump*.
9. Tunggu selama 24 jam untuk proses *curing*, apabila sudah *composite* bisa di lepas dari *molding*.
10. *Finishing*.



Gambar 7. Proses Laminasi Resin



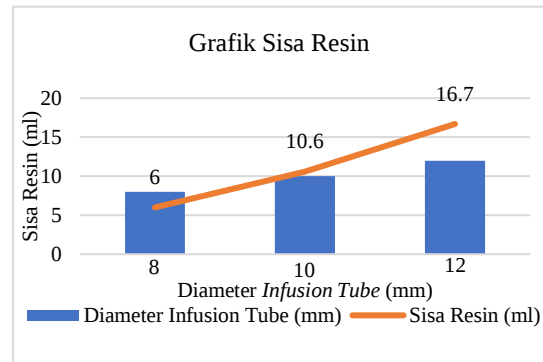
Gambar 8. Hasil *Composite Carbon Fiber*

Analisa data dilakukan sebanyak 3x percobaan di setiap ukuran diameter *infusion tube* untuk mengetahui sisa resin+hardener dan berapa lama waktu yang dibutuhkan saat proses laminasi. Berikut Hasil data yang diperoleh :

Tabel 1. Hasil Uji Coba

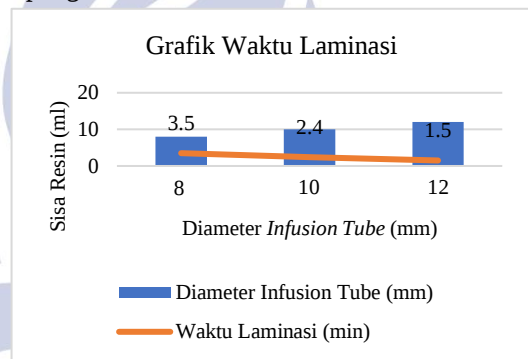
Diameter Infusion Tube (mm)	Percobaan	Sisa Resin + Hardener Pada Catchpot (ml)	Waktu Laminasi (min)
Ø 8	1	6,3	3,4
	2	5,9	3,5
	3	5,8	3,5
	rata-rata	6	3,5
Ø 10	1	10,7	2,5
	2	10,8	2,6
	3	10,4	2,2
	rata-rata	10,6	2,4
Ø 12	1	15,8	1,7
	2	17,1	1,4
	3	17,2	1,5
	rata-rata	16,7	1,5

Dari Tabel di tersebut diperoleh grafik sebagai berikut :



Gambar 9. Grafik Sisa Resin

Pada grafik di atas dapat dilihat *infusion tube* diameter 8 mm memiliki sisa resin yang paling sedikit dan konsisten rendah, diameter 10 mm semakin meningkat dan diameter 12 mm sisa resin paling banyak atau tinggi. Jadi semakin besar ukuran *infusion tube* maka semakin banyak sisa resin yang terbuang, begitupun sebaliknya semakin kecil ukuran *infusion tube* semakin sedikit sisa resin yang tertampung.



Gambar 10. Grafik Waktu Laminasi

Pada grafik di atas dapat dilihat untuk *infusion tube* diameter 8 mm memiliki waktu yang paling lama, diameter 10 mm memiliki waktu sedikit cepat dan diameter 12 mm memiliki waktu yang paling cepat. Jadi semakin besar diameter *infusion tube* semakin cepat waktu proses laminasi resin ke *fiber*, sedangkan semakin kecil diameter *infusion tube* semakin lambat waktu yang dibutuhkan resin melaminasi *fiber*.

Pada uji fungsi ini bisa dianalisis hasil *composite* yang dibuat dari masing-masing percobaan ukuran *infusion tube*, di mana *fiber* terlaminasi semua atau ada yang belum terlaminasi atau *void*. Pada hasil *composite* menggunakan *infusion tube* 8 mm, 10 mm dan 12 mm memiliki berat seperti pada tabel berikut :

Tabel 2. Hasil Berat *Composite*

Percobaan	Infusion Tube ø 8 mm	Infusion Tube ø 10 mm	Infusion Tube ø 12 mm
Berat Composite (gram)			
1	7,3	7,1	7
2	7,2	7	6,8
3	7,1	7,1	6,6
Rata-rata	7,2	7	6,8

Pada hasil tabel di atas dapat disimpulkan semakin besar ukuran *infusion tube* semakin ringan, akan tetapi perlu adanya analisis apakah resin sudah melaminasi seluruh *fiber* dengan baik atau tidak. Dari hasil *composite* tersebut ternyata pada *composite* dengan menggunakan diameter 12 mm terdapat *void* atau bagian *fiber* ada yang masih belum terlaminasi.



Gambar 11. Void Pada Composite

Pada analisa *infusion tube* berdiameter 8 mm *catchpot* mampu menampung sisa resin sebesar 6 ml dengan volume *fiber* $3,71 \text{ cm}^3$. Pada *infusion tube* berukuran diameter 10 mm mampu menampung sisa resin pada *catchpot* sebesar 10,6 ml dengan volume *fiber* $3,71 \text{ cm}^3$ dan untuk *infusion tube* berdiameter 12 mm mampu menampung sisa resin pada *catchpot* sebesar 16,7 ml dengan volume *fiber* $3,71 \text{ cm}^3$.

Volume Fiber Yang Dibutuhkan

Pada hasil uji di atas alat ini bisa memvakum *fiber* dengan dimensi sampai berapa dengan kapasitas *catchpot* 1 liter. Berikut perhitungan untuk mengetahui berapa dimensi yang bisa di vakum :

Menggunakan Diameter *Infusion tube* 8 mm.

Volume *fiber* $3,71 \text{ cm}^3$ dengan sisa resin 6 ml. Berapa volume yang dibutuhkan untuk memenuhi *catchpot* 1 liter? Dapat dicari dengan menggunakan persamaan linear.

$$\begin{aligned}\frac{3,71}{6} &= \frac{x}{1000} \\ 6x &= 3,71 \times 1000 \\ x &= \frac{3710}{6} \\ x &= 618,3 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

Jadi *vacuum infusion* dengan menggunakan *infusion tube* berdiameter 8 mm mampu memvakum *fiber* sebesar $618,3 \text{ cm}^3$.

Menggunakan Diameter *Infusion tube* 10 mm.

Volume *fiber* $3,71 \text{ cm}^3$ dengan sisa resin 10,6 ml. Berapa volume yang dibutuhkan untuk memenuhi *catchpot* 1 liter? Dapat dicari dengan menggunakan persamaan linear.

$$\begin{aligned}\frac{3,71}{10,6} &= \frac{x}{1000} \\ 10,6x &= 3,71 \times 1000 \\ x &= \frac{3710}{10,6} \\ x &= 350 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

Jadi *vacuum infusion* dengan menggunakan *infusion tube* berdiameter 10 mm mampu memvakum *fiber* sebesar 350 cm^3 .

Menggunakan Diameter *Infusion tube* 12 mm.

Volume *fiber* $3,17 \text{ cm}^3$ dengan sisa resin 16,7 ml. Berapa volume yang dibutuhkan untuk memenuhi *catchpot* 1 liter? Dapat dicari dengan menggunakan persamaan linear.

$$\begin{aligned}\frac{3,71}{16,7} &= \frac{x}{1000} \\ 16,7x &= 3,71 \times 1000 \\ x &= \frac{3710}{16,7} \\ x &= 222,15 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

Jadi *vacuum infusion* dengan menggunakan *infusion tube* berdiameter 12 mm mampu memvakum *fiber* sebesar $222,15 \text{ cm}^3$.

Dari hasil perhitungan di atas maka dapat dihitung juga waktu yang dibutuhkan untuk proses vakum. Di mana pada *infusion tube* berukuran diameter 8 mm mampu melaminasi *fiber* dengan volume $3,71 \text{ cm}^3$ dengan jangka waktu 3,5 menit. Pada *infusion tube* berukuran diameter 10 mm mampu melaminasi *fiber* dengan volume $3,71 \text{ cm}^3$ dengan jangka waktu 2,4 menit dan untuk *infusion tube* berukuran diameter 12 mm mampu melaminasi *fiber* dengan volume $3,71 \text{ cm}^3$ dengan jangka waktu 1,5 menit.

Waktu Yang Dibutuhkan

Menggunakan Diameter *Infusion tube* 8 mm.

Volume *fiber* $3,71 \text{ cm}^3$ dapat dilaminasi dengan waktu 3,5 menit, berapa waktu yang dibutuhkan untuk melaminasi $618,3 \text{ cm}^3$. Dapat dicari dengan menggunakan persamaan linear.

$$\begin{aligned}\frac{3,71}{3,5} &= \frac{618,3}{x} \\ 3,71x &= 3,5 \times 618,3 \\ x &= \frac{2164}{3,71} \\ 0,6x &= 583 \text{ min}\end{aligned}$$

Jadi waktu yang dibutuhkan untuk resin melaminasi *fiber* dengan *infusion tube* berdiameter 8 mm dengan volume $618,3 \text{ cm}^3$ adalah 583 menit atau 9,7 jam.

Menggunakan Diameter *Infusion tube* 10 mm.

Volume *fiber* $3,71 \text{ cm}^3$ dapat dilaminasi dengan waktu 2,4 menit, berapa waktu yang dibutuhkan untuk melaminasi 350 cm^3 . Dapat dicari dengan menggunakan persamaan linear.

$$\begin{aligned}\frac{3,71}{2,4} &= \frac{350}{x} \\ 3,71x &= 2,4 \times 350 \\ x &= \frac{840}{3,71} \\ x &= 226 \text{ min}\end{aligned}$$

Jadi waktu yang dibutuhkan untuk resin melaminasi *fiber* dengan *infusion tube* berdiameter 10 mm dengan volume 350 cm^3 adalah 226 menit atau 3,7 jam.

Menggunakan Diameter *Infusion tube* 12 mm.

Volume *fiber* $3,71 \text{ cm}^3$ dapat dilaminasi dengan waktu 1,5 menit, berapa waktu yang dibutuhkan untuk melaminasi $222,15 \text{ cm}^3$. Dapat dicari dengan menggunakan persamaan linear.

$$\frac{3,71}{1,5} = \frac{222,15}{x}$$

$$3,71x = 1,5 \times 222,15$$

$$x = \frac{333,2}{3,71}$$

$$x = 89 \text{ min}$$

Jadi waktu yang dibutuhkan untuk resin melaminasi fiber dengan *infusion tube* berdiameter 12 mm dengan volume $222,15 \text{ cm}^3$ adalah 89 menit atau 1,4 jam.

Pada hasil diatas untuk diameter *infusion tube* 8 mm mampu memvakum sampai dengan dimensi $618,3 \text{ cm}^3$ dengan jangka waktu 9,7 jam dan ini sangat lama. *Infusion tube* diameter 10 mm mampu memvakum sampai dengan dimensi 350 cm^3 dengan jangka waktu 3,7 jam agak cepat dari pada *infusion tube* 8 mm dan untuk *infusion tube* dengan diameter 12 mm mampu memvakum sampai dengan dimensi $222,15 \text{ cm}^3$ dengan jangka waktu 1,4 jam sangat cepat.

Dari hasil tersebut semakin besar ukuran *infusion tube* semakin kecil dimensi yang bisa di vakum oleh *vacuum infusion* dan semakin cepat proses laminasi, begitupun sebaliknya semakin kecil ukuran *infusion tube* semakin besar dimensi yang bisa di vakum untuk memenuhi *catchpot* 1 liter ini dan waktu proses laminasi sangat lama. Jadi pada penelitian ini dapat disimpulkan untuk alat *vacuum infusion* ini lebih optimal dengan menggunakan *infusion tube* berdiameter 10 mm yang di mana bisa memvakum dengan dimensi agak besar dan waktu laminasi yang dibutuhkan juga lebih cepat.

Simpulan

Analisa *infusion tube* pada pembuatan *composite carbon fiber* dengan metode *vacuum infusion* memakai *catchpot* 1 liter dan *vacuum pump* $\frac{1}{4}$ HP menggunakan *infusion tube* diameter 8 mm mampu memvakum sampai dimensi $618,3 \text{ cm}^3$ dalam waktu 9,7 jam. Pada *infusion tube* diameter 10 mm mampu memvakum sampai dimensi 350 cm^3 dalam waktu 3,7 jam. Sedangkan untuk *infusion tube* dengan diameter 12 mm mampu memvakum sampai dimensi $222,15 \text{ cm}^3$ dengan jangka waktu 1,4 jam.

DAFTAR PUSTAKA

- Callister, W. D., & Rethwisch, D. G. (2018). *Materials Science and Engineering: An Introduction* 10th ed.
- Cengel, Y. A., & Cimbala, J. M. (2014). *Fluid Mechanics: Fundamentals and Applications* (3rd ed.). McGraw-Hill Education.
- Fauziyyah, A., et al. (2019). Rancang bangun Dua Sistem untuk Vakum dan Kompresi dalam Satu Alat yang Digunakan untuk *Vacuum Infusion* pada Laminasi Kapal Fiber. *Conf. Des. Manuf. Eng. its Appl.*, no. 2654, pp. 87–90.
- Firman, A. (2017). Implementasi Fiber Karbon/Epoksi Untuk Drive Shaft Pada Kendaraan Penggerak Roda Belakang. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Gibson. (1994). *Principles of Komposit material mechanic. internasional edition*. New York: McGraw Hill.
- Kamila, N. A., et al. (2023). Analisis Sifat Mekanik Komposit Sandwich Fiber Karbon Twill 3K/Divinycell Foam. UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.

- Kusnantomukti, (2017). *Effect On Structural And Morphological Properties Of Aluminum Thin Film At Different Substrates Deposited By Vacuum Thermal Evaporation*. Universiti Tun Hussein Onn Malaysia.
- Mujjaki, M. A. (2023). Rancang Bangun Vacuum Infusion dengan Flow Rate 84 L/min untuk Pembuatan Material Fiber Carbon Ringan. Universitas Negeri Surabaya.
- Setiawan, F. (2023). Rancang Bangun Peralatan Vacuum Asisted Resin Infusion Untuk Pembuatan Material Komposit Wahana Terbang. Sekolah Tinggi Teknologi Kedirgantaraan Yogyakarta.
- Sugiyono (2016). Metode Penelitian Pendidikan (Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R & D). Alfabeta.
- Utomo, S. W. E. (2020). Analisis Pengaruh Tekanan Vacuum Pada Proses Pembuatan Komposit Fiber karbon Menggunakan Metode *Vacuum Infusion*. *Mach. J. Tek. Mesin*, vol. 6, no. 2, pp. 6–11.