

# Rancang Bangun *Vacuum Infusion* dengan *Flow Rate* 84 L/min untuk Pembuatan Material *Fiber Carbon* Ringan

Muhammad Akbar Mujakki<sup>1</sup>, Firman Yasa Utama<sup>2\*</sup>, Arya Mahendra Sakti<sup>3</sup>,  
Diah Wulandari<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Teknik Mesin, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Surabaya, Indonesia 60231

E-mail: \*[firmanutama@unesa.ac.id](mailto:firmanutama@unesa.ac.id)

**Abstrak:** Salah satu teknologi saat ini yang digunakan dalam pembuatan bodi kendaraan dengan material *composite* menggunakan metode *vacuum infusion*. Tetapi ada masalah saat proses distribusi resin pada cetakan karena tekanan tidak stabil dan pengaplikasian untuk mengalirkan resin memerlukan jeda waktu, akibatnya beberapa permukaan tidak terdistribusi dengan baik karena sudah terjadi proses *curing*. Pada proses rancang bangun *vacuum infusion* ini, bertujuan untuk mengetahui desain alat, proses manufaktur dan pengaplikasian alat dengan membentuk serat *composite* menjadi model pada bodi kendaraan. Metode yang digunakan yaitu metode eksperimental dimana pengerjaan alat dimulai dari perancangan yang meliputi: observasi, desain alat dan uji fungsi. Hasil dari rancang bangun *vacuum infusion* pada pengerjaan rangka dengan dimensi Panjang  $\times$  Lebar  $\times$  Tinggi adalah  $57 \times 39 \times 31$  cm dan dimensi *catch-pot* Panjang  $\times$  Lebar  $\times$  Tinggi adalah  $20,5 \times 20,7 \times 20,7$  cm. Spesifikasi *vacuum pump* yang dipilih yaitu: *flow rate* 84 L/min dengan *ultimate vacuum* 2 Pa/150 micron. Diameter dalam selang sebesar 10 mm sesuai dengan nipple. Panjang total selang 1,7 m. Pengujian alat dilakukan saat pembuatan spesimen *composite sandwich* dan pembuatan model menggunakan serat *carbon fiber*. Kondisi tekanan *vacuum* pada *gauge* mencapai -0,94 bar.

**Kata kunci:** Serat *Composite*, Tekanan, *Vacuum Infusion*.

**Abstract:** One of current technologies in making vehicle bodies with composite materials is using vacuum infusion method. However, the problem is during the resin distribution process in the mold, because the pressure was unstable and application to resin required time lag, the result is some surfaces were not properly distributed. The method is experimental in design process of this vacuum infusion, it aims to determine the design of tool, manufacturing process and application of the tool by forming composite fibers into a model on vehicle body. Work on the tool starts from the design which includes: observation, tool design and function testing. Results from vacuum infusion design with dimensions of Length  $\times$  Width  $\times$  Height of  $57 \times 39 \times 31$  cm and dimensions of catch-pot Length  $\times$  Width  $\times$  Height are  $20.5 \times 20.7 \times 20.7$  cm. Vacuum pump flow rate specification 84L/min with vacuum 2 Pa/150 micron. Inner diameter of the hose is 10 mm total length 1.7 m. The tool tested when making composite sandwich specimens and making models using carbon fiber. Condition of vacuum pressure on gauge reaches -0.94 bar.

**Keywords:** Composite Fiber, Pressure, Vacuum Infusion.

© 2023, JRM (Jurnal Rekayasa Mesin) dipublikasikan oleh ejournal Teknik Mesin Fakultas Vokasi UNESA.

## PENDAHULUAN

Proses manufaktur dalam membuat suatu produk saat ini sudah melibatkan suatu alat atau mesin sebagai penunjang produksi. Teknologi saat ini yang digunakan dalam pembuatan bodi kendaraan dengan material *composite* menggunakan metode *vacuum infusion*. *Composite* merupakan kombinasi makroskopik dari dua atau lebih material dengan sifat yang berbeda dari material penyusunnya (Singh & Kumar Gupta, 2022). Material *Composite* memiliki keunggulan seperti massa yang ringan tetapi juga kuat. Salah satunya yaitu Serat karbon komposit memiliki keunggulan lebih kuat dan ringan daripada logam atau serat – serat lainnya.

Metode *vacuum infusion* merupakan sebuah kemajuan dalam bidang fabrikasi *composite* yang sebelumnya menggunakan metode *Hand lay-up* dimana proses laminasi serat dilakukan secara manual. Pada metode *Vacuum infusion* resin di distribusikan pada cetakan dengan memanfaatkan tekanan hisap yang di

hasilkan oleh pompa *vacuum*. Semakin kecil tekanan hisap *vacuum* yang diperoleh maka laju aliran resin akan semakin kecil sehingga resin mampu mengisi seluruh ruang cetakan (Fauziyyah dkk., 2018). Kelebihan metode ini juga memanfaatkan kondisi *vacuum* untuk mencegah porositas akibat udara yang terperangkap dalam material *composite*. Sehingga filler dapat meresap sampai pori-pori serat dan menghasilkan sifat *adhesive* yang baik pada permukaan serat (Febriyanto, 2011).

Pada metode *vacuum Infusion* yang digunakan oleh tim mobil hemat energi bernama Garuda Unesa (Garnesa). Garnesa merupakan kendaraan mobil hemat energi yang dirancang untuk mengikuti lomba kendaraan hemat energi, ramah lingkungan dan efisiensi yang akan mengikuti ajang perlombaan nasional dan/atau internasional. Untuk menurunkan *massa* kendaraan bodi garnesa agar menghemat konsumsi bahan bakar yaitu dengan menggunakan material bodi *carbon fiber composite*. Dalam pembuatan bodi mobil diesel garnesa

generasi ke 2 ditemukan kendala saat proses *vacuum infusion* serat *composite*. Seperti pada *Catchpot* memiliki 1 *inlet* yang harus bergantian pemasangannya pada cetakan untuk mengatur aliran resin. Hal itu memerlukan waktu untuk jeda, akibatnya beberapa permukaan tidak terdistribusi dengan baik karena sudah terjadi proses *curing*. Tekanan *vacuum infusion* yang tidak stabil karena adanya kebocoran pada sambungan antar selang (*hose*). Hal itu tidak efisien pada waktu proses distribusi resin pada cetakan produk.

Berdasarkan permasalahan tersebut dapat disimpulkan bahwa perlu adanya desain alat *vacuum infusion* yang tepat sehingga dapat mengurangi kebocoran yang terjadi pada sambungan antar selang (*hose*). Desain alat juga harus diperhatikan sedemikian rupa agar semakin efisien dalam pengoperasiannya. Hal itu dapat dilakukan dengan pembuatan rancangan bangun *vacuum infusion* yang berjudul “Rancang Bangun *Vacuum Infusion* dengan *Flow Rate 84 L/min* untuk Pembuatan Material *Fiber Carbon Ringan*”. Alat ini dapat menanggulangi ketidakstabilan tekanan saat distribusi resin pada produk dan efisiensi dalam tata letak rangkaian *vacuum infusion* sehingga permasalahan efisiensi waktu saat distribusi resin dapat diminimalisir.

## DASAR TEORI

Metode *vacuum infusion* merupakan proses pembentukan serat *composite* dengan memanfaatkan kondisi kevakuman udara yang terdapat pada cetakan yang tertutup oleh *bagging film*. Karena cetakan ini nanti di tutup oleh *bagging film* yang di beri perekat (*Sealing-tape*) agar udara dalam cetakan dapat tervakum, yang nantinya aliran resin akan masuk dan mengisi cetakan. Pembentukan serat *composite* dengan proses ini yaitu dapat meminimalisir adanya gelembung udara yang terjebak saat proses laminasi dan resin yang berlebih di dalam cetakan.

Pada proses *vacuum infusion*, menggunakan perangkat pompa *vacuum* yang berfungsi untuk menghisap udara di dalam cetakan yang sudah diletakkan *Composite* untuk proses pencetakan (Yusuf dkk., 2019). Di bandingkan dengan metode *Hand Lay-up* ini memberikan penguatan konsentrasi yang lebih tinggi, adhesiv yang lebih baik antara lapisan (Hidayat, 2020).

Tekanan (*pressure*) adalah gaya yang bekerja persatuan luas, maka tekan didefinisikan sebagai besarnya gaya untuk tiap satuan luas. Tekanan mutlak (*absolute pressure*) adalah nilai mutlak tekanan yang bekerja pada benda tersebut atau gaya yang bekerja pada satuan luas, tekanan ini dinyatakan dan diukur pada *pressure gauge* terhadap tekanan nol atau suatu tekanan yang ada diatas nol *absolute* atau jumlah dari tekanan atmosfer dengan tekanan *relative* yang terdapat pada *pressure gauge*. Apabila tekanan relatif adalah negatif, maka tekanan *absolute* adalah tekanan atmosfer dikurangi tekanan *relative* (Putri, 2019).

Menurut (Fauziyyah dkk., 2018) pada saat melakukan proses *vacuum infusion* dengan media perangkat kompressor. Semakin kecil tekanan vakum yang terjadi, maka laju aliran resin akan semakin kecil

sehingga resin mampu melaminasi seluruh serat *composite* yang ada didalam cetakan.

Menurut (Sari, 2018) klasifikasi *composite* berdasarkan jenis penguat ada 3 macam sebagai berikut:

### 1. *Particle Composites*

Merupakan *Composite* yang menggunakan partikel sebagai penguat. Partikel dapat berupa logam atau non logam. Contoh *Composite* jenis ini adalah papan partikel, *hollow glass microspheres*, *Composite* serbuk aluminium – *silicon* karbida.

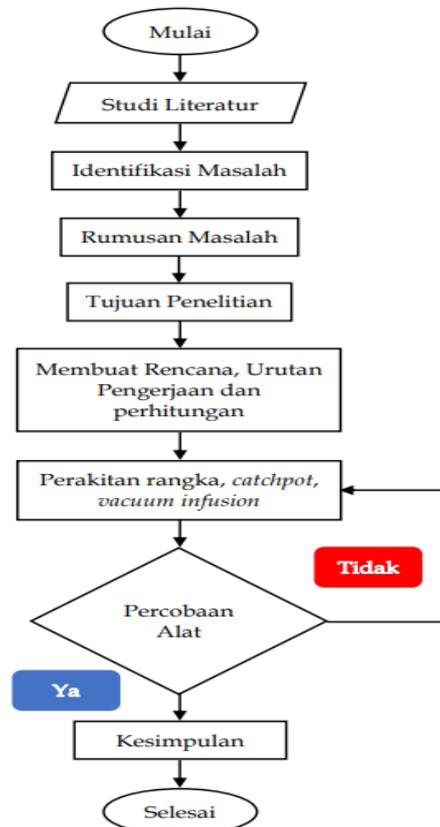
### 2. *Fibre Reinforced Composites*

Merupakan *Composite* yang diperkuat serat sintesis atau alami, bisa juga dari gabungan keduanya (*hybrid*). Contoh *Composite* jenis ini adalah *fiberglass*, *carbon fibers*, *aramid fibers (poly aramide)*, *Composite* serat kenaf, dan *Composite hybrid*.

### 3. *Structural Composites*

Merupakan *Composite* yang menggunakan penguat struktur laminasi. *Composite* jenis ini dibagi dua, yaitu: penguat laminat dan struktur *sandwich*. Contoh *Composite* jenis ini adalah kayu lapis (*plywood*), *sandwich panel*.

## METODE



Gambar 1. Flowchart Penelitian

Tema yang dipilih dalam penyusunan Jurnal ini adalah Rancang Bangun *Vacuum Infusion* dengan *Flow Rate 84 L/min* untuk Pembuatan Material *Fiber Carbon*

Ringan. Alat ini digunakan untuk pembuatan produk yang terbuat dari material serat *Composite*.

Pembuatan alat dilakukan setelah melakukan observasi agar mendapatkan dasar dari perancangan, baik dari studi literatur maupun dari pengamatan ke *workshop* tim mobil hemat energi GARNESA Universitas Negeri Surabaya. Dari kegiatan tersebut dapat diperoleh perancangan alat *vacuum infusion* yang cocok digunakan sebagai acuan dalam rancang bangun alat ini.

Perancangan dan uji coba alat “*Vacuum Infusion* dengan *Flow Rate* 84 L/min untuk Pembuatan Material *Fiber Carbon* Ringan” dilakukan di tempat *Workshop* Garuda Unesa Racing Team (GARNESA) Universitas Negeri Surabaya.

Untuk mengetahui keberhasilan dari suatu alat maka diperlukan uji fungsi. Uji coba *vacuum infusion* menggunakan *specimen composite sandwich*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil

Hasil Rancang Bangun *Vacuum infusion* dengan *Flow Rate* 84 L/min untuk Pembuatan Material *Fiber Carbon* Ringan diperoleh berdasarkan perhitungan secara sistematis yang mengacu pada perencanaan desain yang relevan. Berikut ini data yang didapat dari hasil perancangan meliputi *catchpot* menggunakan plat besi dengan tebal 3 mm yang telah dilengkapi *nipple*, *vacuum pressure gauge*, *check control* sebagai indikator kalau resin sudah penuh, Selang penghubung pada pompa *vacuum* diberi katup untuk mengatur aliran resin, Sambungan selang dilengkapi *clamp hose* agar sambungan lebih kuat, *Vacuum pressure gauge* menggunakan satuan bar, Membuat sampel produk dari bodi mobil yaitu *mudguard* bagian belakang roda mobil dan *over fender* samping, Rangka menggunakan besi *hollow* 30 mm x 30 mm dengan tebal 1,6 mm.

### Proses Pembuatan

Bagian rangka utama terbuat dari besi *hollow* (30x30x1,6) mm, kayu balsa dan plat besi dengan tebal 3mm. Tahap awal pembuatan rangka diawali dengan memotong besi *hollow*, plat besi (10x10) cm untuk menopang roda *trolley* dan kayu balsa sebagai penopang *catchpot* dan pompa *vacuum* dengan menyesuaikan bentuk rangka. Pada bagian ujung besi *hollow* dilakukan las titik dengan penataan diberi magnet siku supaya tidak terjadi perubahan posisi dan setelah itu dilanjutkan pengelasan secara menyeluruh pada tiap sambungan menggunakan las MIG dan dilanjutkan pengelasan pada plat besi bagian bawah rangka di setiap siku.



Gambar 2. Rangka

*Catch-pot* menggunakan bahan plat besi dengan tebal 3 mm dengan ukuran 20x20 cm sesuai pada Gambar 3. Plat besi dipotong sesuai dengan kebutuhan ukuran pada desain yang telah dibuat. Pengerjaan diawali dengan pemotongan dan pembuatan lubang dengan diameter disesuaikan pola pada desain. Untuk Pengelasan dilakukan bertahap pada tiap sisi samping dan dilas menyeluruh bagian luar dan dalam. Pada sambungan *nipple* dan *vacuum gauge* menggunakan *sock* yang dilas titik pada bagian atas tiap lubang *catch-pot* lalu dilanjutkan pengelasan keseluruhan *sock nipple* dan *sock vacuum gauge*.



Gambar 3. *Catch-pot*



Gambar 4. Pengecatan Rangka

Pada tahap akhir dilakukan pengecatan pada bagian rangka sesuai pada Gambar 4 dan *catch-pot* pada Gambar 6. Sebelum melakukan proses pengecatan bagian permukaan yang masih berkarat, terdapat *splatter* ataupun las yang masih kasar perlu dilakukan pengamplasan menggunakan gerinda agar bagian permukaan yang dicat dapat menempel dengan optimal. Cat dasar dirancang dengan sifat anti korosi untuk mencegah karat dan sekaligus meningkatkan daya lekat. Setelah cat dasar sudah kering, dilanjutkan pengecatan *surface* dan dilakukan 2 kali penyemprotan dengan jeda waktu 10 menit.



Gambar 5. Pengecatan Kayu Balsa



Gambar 6. Pengecatan Catchpot

TABEL I  
Dimensi Komponen

Komponen	Panjang	Lebar	Tinggi	satuan
1 Ranga	57	39	31	cm
2 Catchpot	20,5	20,7	20,7	cm

Setelah semua bagian dari alat *vacuum infusion* selesai di buat, maka dilakukan perakitan semua komponen agar dapat melakukan pengujian fungsi alat agar dapat mengetahui alat tersebut bisa berfungsi dengan baik dan dapat dipakai untuk membentuk serat *composites*.

### Perhitungan

#### 1. Pemilihan *infusion tube*

Pemilihan material selang yang digunakan sebagai alat pengalir *fluida* pada saat proses *vacuum infusion* adalah material *Teflon*. Selang ini mampu dioperasikan pada tekanan dan suhu yang tinggi sehingga cocok dipakai pada rangkaian alat *vacuum infusion*.

Selang ini dipilih karena dalam proses pengoperasian, mampu bertahan hingga suhu  $100^{\circ} \text{ celcius}$  sebagai jalur *vacuum* dan aliran resin. Sifatnya yang fleksibel juga cocok digunakan pada saluran sistem *vacuum* dan juga dapat menyesuaikan posisi komponen penghubung lainnya. Diameter dalam selang yang dibutuhkan yaitu 10 mm yang menyesuaikan dengan *nipple* bawaan pada *vacuum pump* dengan panjang yang dibutuhkan ialah 1,7 m.

#### 2. Pemilihan *nipple*

Pemilihan *nipple* disesuaikan dengan ukuran diameter dalam selang agar bisa dihubungkan dengan baik. *Nipple* akan dipasang pada *catchpot* untuk media penghubung selang ke *catchpot*.

#### 3. Debit aliran udara.

Debit atau  $Q$  merupakan jumlah volume *fluida* yang mengalir per satuan waktu (aliran pada selang) dimana volume dari *catchpot* sebesar 8 liter dan membutuhkan waktu 1 menit saat proses *vacuum*.

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{8 \text{ l}}{1 \text{ menit}} = \frac{8 \times 10^3 \text{ cm}^3}{60 \text{ s}} = 133 \text{ cm}^3/\text{s}$$

$$Q = 133 \text{ cm}^3/\text{s} = 7,98 \text{ L}/\text{min}$$

Luas area atau penampang berdasarkan diameter dalam dari selang sebesar 1 cm.

$$A = \pi \times r^2$$

$$A = 3,14 \times (0,5)^2$$

$$A = 0,785 \text{ cm}^2 = 0,0000785 \text{ m}^2$$

Menghitung Kelajuan atau kecepatan aliran dalam selang.

$$Q = A \times V$$

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$V = \frac{133 \text{ cm}^3/\text{s}}{0,785 \text{ cm}^2}$$

$$V = 169 \text{ cm}/\text{s} = 1,69 \text{ m}/\text{s}$$

#### 4. Koefisien gaya gesek *fluida*

Setelah itu menghitung nilai bilangan *Reynold* yang digunakan untuk menghitung kerugian yang terjadi pada selang *fleksibel*. (*kinematika viskositas* udara sebesar  $1,59 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ ) dan diameter dalam selang sebesar 10 mm dikonversi menjadi 0,01 m.

$$Re = \frac{VD}{\nu}$$

$$Re = \frac{1,69 \times 0,01}{0,0000159}$$

$$Re = 1063$$

Karena bilangan *Reynolds* yang di dapat kurang dari 4000 maka termasuk aliran *laminar*. Untuk menghitung besarnya koefisien gaya gesek yang terjadi pada selang *fleksibel* adalah.

$$f = \frac{64}{Re}$$

$$f = \frac{64}{1063}$$

$$f = 0,060$$

Nilai koefisien gaya gesek yang terjadi di dalam selang sebesar 0,060.

#### 5. Kerugian aliran *fluida*

Kerugian aliran *fluida* terbagi menjadi 2, yaitu kerugian *mayor* dan *minor*. Kerugian *mayor* pada alat *vacuum infusion* ini dikarenakan gesekan yang terjadi pada *fluida* yang mengalir di dalam selang. Akibatnya terjadi penurunan tekanan. Panjang selang yang digunakan berukuran 1,7 m dengan diameter dalam selang sebesar 0,01 m. Kerugian *minor* pada rangkaian sistem *vacuum* adalah kerugian yang terjadi pada lekukan selang sebesar  $90^{\circ}$  dan kerugian pada katup *vacuum*. Untuk lekukan  $90^{\circ}$  dengan koefisien ( $K_l$ ) sebesar 0,3. Karena rangkaian *vacuum* terdapat 3 lekukan maka tinggal di kalikan 3.

$$h_f = f \times \frac{L.V^2}{D.2.g}$$

$$h_f = 0,060 \times \frac{1,7 \times 1,69^2}{0,01 \times 2 \times 9,8}$$

$$h_f = 1,48 \text{ m}$$

Nilai kerugian *mayor* akibat aliran *fluida* adalah 1,48 m.

$$h_l = K_l \times \frac{V^2}{2.g}$$

$$h_l = 3 \times 0,3 \times \frac{1,69^2}{2 \times 9,8}$$

$$h_l = 0,131 \text{ m}$$

Nilai kerugian *minor* akibat aliran *fluida* adalah 0,131 m.

Diketahui nilai koefisien ( $K_l$ ) sebesar 0,15 kerugian pada katup *vacuum* adalah sebagai berikut:

$$h_l = K_l \times \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

$$h_l = 0,15 \times \frac{1,69^2}{2 \times 9,8}$$

$$h_l = 0,021 \text{ m}$$

Total kerugian kecil adalah sebagai berikut:

$$\sum h_l = h_{lekukan} + h_{katup}$$

$$\sum h_l = 0,131 + 0,021$$

$$\sum h_l = 0,152 \text{ m}$$

6. *Head* pada pompa

Berdasarkan kerapatan aliran udara pada tekanan 1 atm dengan *temperature* 30 °C sebesar 1,17 kg/m<sup>3</sup>. Maka gaya yang terjadi pada aliran udara tersebut adalah.

$$F = \rho \times Q \times V$$

$$F = 1,17 \times 0,000133 \times 1,69$$

$$F = 0,000262 \text{ N}$$

Maka tekanan yang dibutuhkan oleh pompa *vacuum* adalah.

$$P = \frac{F}{A}$$

$$P = \frac{0,000262}{0,0000785}$$

$$P = 3,337 \text{ Pa}$$

Menghitung *Head* pompa dengan rumus sebagai berikut:

$$H = \frac{P}{\rho \cdot g}$$

$$H = \frac{3,337}{1,17 \times 9,8}$$

$$H = 0,291 \text{ m}$$

*Head* total dapat dihitung dengan menjumlahkan seluruh *head* yang terjadi adalah sebagai berikut:

$$H_{total} = H_{pompa} + H_f + H_l$$

$$H_{total} = 0,291 + 1,48 + 0,152$$

$$H_{total} = 1,923 \text{ m}$$

Jadi Tekanan sistem *vacuum* adalah sebagai berikut:

$$H_{total} = \frac{P}{\rho \cdot g}$$

$$P = H_{total} \times \rho \times g$$

$$P = 4,377 \times 1,17 \times 9,8$$

$$P = 22,049 \text{ Pa}$$

TABEL II  
Spesifikasi Pompa *Vacuum* Merk Value

Model	VE125N
Flow Rate	3.0 CFM
Ultimate Vacuum	2 Pa
Power	1/4 HP
Inlet Port	1/4" Flare
Oil Capacity	25 ml
Dimensions	290x124x224 mm
Weight	7.1 Kg

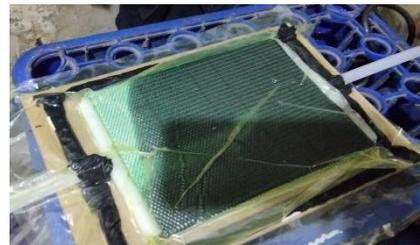
Pemilihan pompa disesuaikan dengan perhitungan kecepatan dan tekanan yaitu 7,98 L/min dan tekanan sebesar 3,337 Pa. Berdasarkan perhitungan Jenis pompa *vacuum* yang digunakan dalam proses *vacuum infusion* sesuai pada Tabel II.

**Pengujian Alat**

Setelah semua komponen sudah di rakit, selanjutnya dilakukan uji fungsi untuk mengetahui alat *vacuum infusion* dapat bekerja sebagaimana mestinya dan mengamati tekanan pada *vacuum gauge* kondisi yang konstan. Pengujian alat dilakukan pada saat pembuatan spesimen *composite sandwich* dan pembuatan model. Dalam proses *vacuum infusion* menggunakan serat *carbon fiber*, kondisi tekanan *vacuum* pada *gauge* mencapai -0,94 bar saat selang input resin pada cetakan ditutup sesuai Gambar 8.



Gambar 8. Kondisi Tekanan *Vacuum*



Gambar 9. Proses *Vacuum Infusion* Spesimen *Composite Sandwich*

**SIMPULAN**

Proses pembuatan alat dimulai dengan pengerjaan rangka dengan dimensi Panjang × Lebar × Tinggi adalah 57 × 39 × 31 cm. Proses pengerjaan *catchpot* dengan dimensi Panjang × Lebar × Tinggi adalah 20,5 × 20,7 × 20,7 cm. Pengerjaan proses *finishing* meliputi rangka (*frame*), kayu balsa dan *catchpot*. perakitan komponen keseluruhan *vacuum infusion*. Spesifikasi *vacuum pump* yang dipilih yaitu: *flow rate* 84 L/min dengan *ultimate vacuum* 2 Pa/150 micron. Diameter dalam selang yang digunakan yaitu 10 mm sesuai dengan *nipple* bawaan pada *vacuum pump* dengan panjang 1,7 m.

Pengujian alat dilakukan pada saat pembuatan spesimen *composite sandwich* dan pembuatan model. Dalam proses *vacuum infusion* menggunakan serat *carbon fiber*, kondisi tekanan *vacuum* pada *gauge* mencapai -0,94 bar saat selang input resin pada cetakan ditutup. Pompa *vacuum* dinyalakan selama 2 jam agar resin yang tersisa dan gelembung udara pada cetakan bisa terhisap ke *catchpot*.

## REFERENSI

1. Fauziyyah, A. H., Poernomo, H., & Suhardjito, G. Rancang bangun Dua Sistem untuk Vakum dan Kompresi dalam Satu Alat yang Digunakan untuk Vacuum Infusion pada Laminasi Kapal Fiber. *Conference on Design Manufacture Engineering and Its Application*, 2654. 2018; 87–90.
2. Febriyanto, S. *PENGGUNAAN METODE VACUUM ASSISTED RESIN INFUSION PADA BAHAN UJI KOMPOSIT SANDWICH UNTUK APLIKASI KAPAL BERSAYAP WISE-8*. 2011.
3. Hidayat, S. Aplikasi perangkat vacuum infusion untuk pembuatan komponen berbahan komposit. *Rekayasa Dan Aplikasi Teknik Mesin Di Industri*. 2020; 12–20.
4. Putri, T. *MAKALAH INSTRUMEN DAN TEKNIK PENGUKURAN“PENGUKURAN TEKANAN DENGAN BOURDON, DIAFRAGMA DAN BELLOWS.”*. 2019.
5. Sari, N. *Analisa Pengaruh Sudut Karbon Twill Dan Fiber E-Glass Dengan Core Polyurethane Pada Komposit Sandwich Menggunakan Metode Bagging Vacuum*. 2018.
6. Singh, S., & Kumar Gupta, P. Effect of fiber orientation on mechanical properties of jute/carbon/glass hybrid composite. 2022. *Materials Today: Proceedings*, 68(December), 2574–2580. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.09.419>
7. Yusuf, R., Ego, W., & Djoko, H. Rancangan Sistem Vakum Untuk Proses Pengerasan Komposit Dengan Metode Wet Lay Up Di Program Studi Teknik Pesawat Udara. *Jurnal Ilmiah Aviassi Langit Biru*, 12(1). 2019; 19–28.
8. Sujawerni, V. W. *Metode Penelitian: Lengkap, Praktis, dan Mudah Dipahami*. Pustaka Baru Press. 2014.