

## PENGARUH FRAKSI VOLUME FIBER GLASS TERHADAP SIFAT MEKANIK KOMPOSIT FIBER GLASS/EPOXY DENGAN METODE VARI

Mohammad Alfian Ilmy<sup>1</sup>, Salahuddin Junus<sup>2</sup>, Ahmad Adib Rosyadi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember Jl. Kalimantan 37 Jember 68121

<sup>2</sup> Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember Jl. Kalimantan 37 Jember 68121

Email: alfian\_ilmy@yahoo.com

### ABSTRACT

*The purpose of this study was to determine the optimal volume fraction in obtaining the highest tensile strength and impact resistance. In this study, the composite material consisted of an Epoxy AB777 resin as a matrix and 300 mat fiberglass as a reinforcement, with variations in vacuum pressure (0.2 and 0.5 bar) as well as fiberglass volume fraction ( $V_f = 30\%, 35\%, 40\%, 45\%, 50\%$ ) to tensile strength and impact resistance. Application of Vacuum Assisted Resin Infusion (VARI) method is by drain the resin into the reinforcement which is placed in airtight mold by using vacuum pump. From the test result, the highest tensile strength is owned by composite with  $V_f 50\%$  and 0.5 bar pressure is 138,18 MPa and the lowest is owned by  $V_f 30\%$  with pressure 0,2 bar is 96,60 MPa. While the highest impact resistance is owned by a composite with  $V_f 45\%$  with a 0.5 bar pressure is  $0.191 \text{ J/mm}^2$  and the lowest one is owned by  $V_f 30\%$  with a 0.2 bar pressure is  $0.098 \text{ J/mm}^2$ . It can be concluded that, (1) Greater the vacuum pressure used, greater the mechanical strength of the composite. (2) Greater the fiber volume fraction, will increase the tensile strength of fiberglass / epoxy composites. However, 45% fiber volume fraction is the optimum volume fraction for composite impact resistance.*

*Keywords: Fiberglass / Epoxy Composite, Mechanical properties, VARI.*

### PENDAHULUAN

Persaingan global dalam dunia industri saat ini menuntut untuk diciptakannya inovasi-inovasi yang mampu memenuhi kebutuhan. Salah satu inovasi dalam bidang material adalah dengan pembuatan komposit. Komposit merupakan suatu struktur yang tersusun atas beberapa bahan penyusun tunggal yang digabungkan menjadi struktur baru dengan sifat yang lebih baik dibandingkan dengan masing-masing bahan penyusunnya. Aplikasi material komposit saat ini mulai menggeser penggunaan material logam hal ini dikarenakan dalam beberapa kasus, dibutuhkan suatu material yang memiliki kriteria khusus dalam kebutuhannya yang mana kebanyakan material logam tidak mampu untuk memenuhi kriteria tersebut. Salah satu solusinya yaitu dengan pembuatan komposit, komposit memiliki sifat yang mudah dibentuk dan ringan karena memiliki densitas yang lebih rendah dibandingkan logam namun kekuatannya tidak jauh berbeda dengan logam.

Komposit dapat dibuat dengan beberapa metode, diantaranya yaitu: metode *hand lay up* dan metode *vacuum assisted resin infusion* (VARI). Fabrikasi komposit dengan metode *hand lay up* yaitu dengan cara cairan resin dioleskan diatas sebuah cetakan secara merata dengan menggunakan kuas, kemudian fiber lapisan pertama diletakkan diatasnya, kemudian resin kembali diratakan dengan

menggunakan roller/kuas, langkah ini dilakukan berulang-ulang hingga didapatkan ketebalan produk yang diinginkan (Rasindradita, 2012).

Berbeda dengan metode *hand lay up*, metode VARI membutuhkan ruang kedap udara dalam pembuatannya. Langkah-langkah pembuatannya yaitu penguat diletakkan didalam cetakan yang didesain dapat menghasilkan ruang kedap udara. Terdapat delang saluran yang terhubung dengan cetakan, satu terhubung dengan resin dan yang lain terhubung dengan pompa vakum. Pompa vakum menyedot resin kedalam susunan penguat dan meresap kedalamnya.

Telah banyak penelitian yang dilakukan untuk menguji sifat mekanik komposit dengan berbagai variasi penguat maupun matrik. Yusoff *et al* (2010), meneliti sifat mekanik komposit cacahan buah kelapa sawit/epoxy, hasil dari penelitian menunjukkan nilai kekuatan tarik tertinggi sebesar 29.9 MPa dengan fraksi volume penguat sebesar 5%. Scalici *et al* (2016), meneliti sifat mekanik komposit *basalt fiber/epoxy* dengan menggunakan metode VARI dan *vacuum bagging*. Hasil penelitian menunjukkan perbandingan kekuatan tarik maksimal arah *longitudinal* antara metode VARI dan *vacuum bag* masing-masing sebesar  $619 \pm 68,6$  MPa dan  $553 \pm 20,2$  MPa, dan kekuatan tarik maksimal arah *transversal* masing-masing sebesar  $6,16 \pm 0,05$  MPa dan  $9,22 \pm 0,27$  MPa.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui fraksi volume yang tepat antara fiber dengan resin sehingga menghasilkan kekuatan tarik dan ketahanan impak tertinggi dari komposit fiber glass/epoxy.

**METODOLOGI PENELITIAN**

Penelitian ini meliputi dua kegiatan utama yaitu pembuatan dan pengujian. Pembuatan spesimen dilakukan dilaboratorium Terapan jurusan Teknik mesin Fakultas Teknik Universitas Jember, sedangkan pengujian dilakukan dilaboratorium Uji Bahan jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember. Kegiatan pembuatan sampai dengan pengujian dilakukan selama 7 bulan, dari bulan Maret sampai bulan Oktober 2017. Peralatan dan bahan yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

- Resin Epoxy merk AB777
- Fiber mat 300
- Pompa vakum merk Value ¼ hp
- *Universal Testing Machine* merk ESSOM TM 113 kapasitas 30 kN.
- Mesin uji impak *Charpy*
- Mikroskop digital

**Prosedur Pembuatan Spesimen**

Sebelum pembuatan spesimen, perlu dilakukan perhitungan fraksi volume fiber terlebih dahulu untuk menentukan jumlah fiber glass serta resin yang akan digunakan. Perhitungan fraksi volume menggunakan persamaan:

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

$$m = \rho \times V \dots\dots\dots (1)$$

dimana:

- ρ = massa jenis (gr/cm<sup>3</sup>)
- m = massa fiber (gr)
- V = volume fiber (cm<sup>3</sup>)

Fraksi volume fiber yang digunakan dalam penelitian ini adalah 30%, 35%, 40%, 45% dan 50%. Setelah menghitung fraksi volume, selanjutnya dilakukan penimbangan fiber serta resin sesuai dengan hasil perhitungan, fiber yang telah ditimbang kemudian diletakkan didalam cetakan yang didesain mampu menghasilkan ruang vakum. Selanjutnya, resin yang telah ditimbang dicampur dengan *hardener*, perbandingannya yaitu 3:1, aduk perlahan campuran tersebut, pastikan tidak ada gelembung yang terbentuk saat proses pengadukan untuk meminimalisir munculnya void pada komposit. Setelah tercampur sempurna, selanjutnya resin + *hardener* disedot dengan pompa vakum menuju cetakan yang berisi fiber sehingga menutupi seluruh fiber. Tekanan pompa vakum yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sebesar 0,2 dan 0,5 bar. Setelah seluruh fiber terbasahi, diamankan selama kurang

lebih 20 jam dalam keadaan masih kedap udara. Kemudian keluarkan komposit dari cetakan.

**Prosedur Pengujian**

Setelah komposit dikeluarkan dari cetakan, selanjutnya yaitu dilakukan pemotongan spesimen uji menurut standar ASTM, untuk spesimen uji tarik standar yang digunakan yaitu ASTM D 638 – 02a (gambar 1), sedangkan untuk spesimen uji impak mengacu pada standar ASTM E 23 (Gambar 2).



Gambar 1. Spesimen uji tarik standar ASTM D 638-02a



Gambar 2. Spesimen uji impak standar ASTM E 23

Untuk menentukan kekuatan tarik maksimum digunakan persamaan :

$$\sigma_t = \frac{F_{max}}{A} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

- σ<sub>t</sub> = kekuatan tarik maksimum (MPa)
- F<sub>max</sub> = beban maksimal sebelum kegagalan (N)
- A = luasan penampang pada bagian menyempit (mm<sup>2</sup>)

Untuk menentukan energi potensial yang diserap spesimen dalam pengujian impak, menggunakan persamaan :

Es = energi awal – energi yang tersisa  
 = m.g.h – m.g.h' .....(3)  
 = m.g(R-Rcos α) – m.g(R-Rcos β) .....(4)  
 = m.g.R(cos β – cos α) .....(5)

Dimana :

- Es = energi serap (J)
- m = berat pendulum = 20 kg
- g = percepatan gravitasi = 9,8 m/s<sup>2</sup>
- R = panjang lengan pendulum = 0,8 m
- α = sudut pendulum sebelum diayunkan = 30°
- β = sudut ayunan pendulum setelah mematahkan spesimen (°)

Harga impact dapat dihitung dengan persamaan :

$$HI = \frac{Es}{A} \dots\dots\dots (6)$$

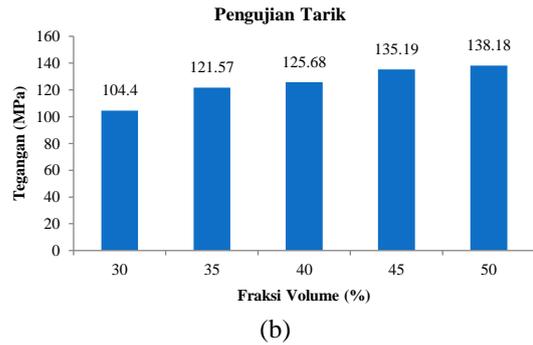
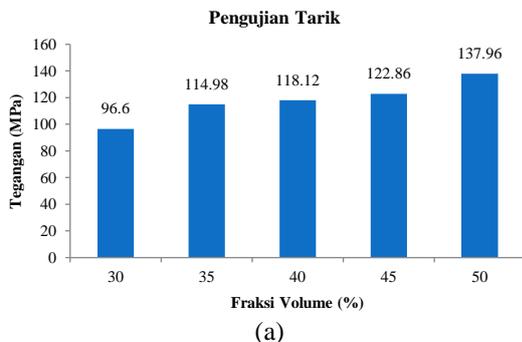
Dimana :

- HI = harga impact (J/mm<sup>2</sup>)
- Es = energi serap (J)
- A = luasan penampang dibawah takikan (mm<sup>2</sup>)

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Pengujian Kekuatan Tarik**

Pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik maksimal (*ultimate tensile strength*) yang dimiliki oleh material. Data hasil pengujian diperoleh dari pengujian komposit menggunakan *universal testing machine* merk ESSOM TM 113 kapasitas 30 kN. Data hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 3.



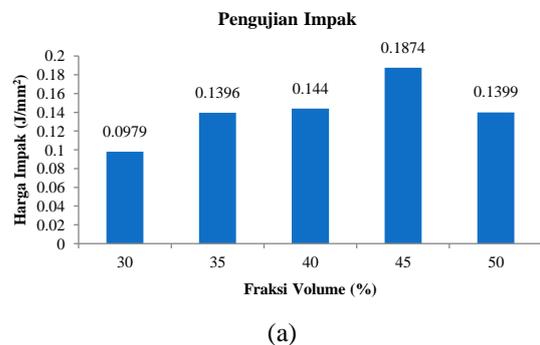
Gambar 3. Grafik hasil pengujian tarik komposit fiber glass/epoxy (a) tekanan 0,2 bar (b) tekanan 0,5 bar

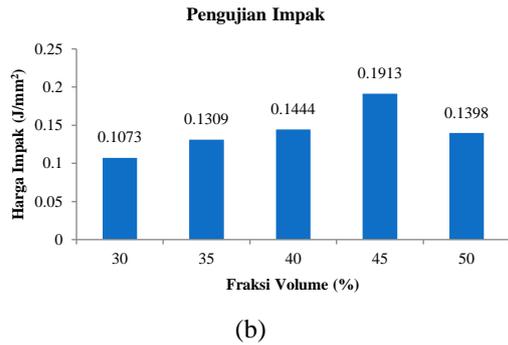
Grafik diatas menunjukkan bahwa kekuatan tarik tertinggi (UTS) terletak pada fraksi volume fiber 50% dengan tekanan 0,5 bar yaitu sebesar 138,18 Mpa, kemudian menurun berturut-turut seiring dengan berkurangnya fraksi volume fiber yang digunakan. Pada fraksi volume 45% kekuatan tarik maksimum yaitu sebesar 135,19 MPa, kemudian fraksi volume 40% sebesar 125,68 MPa , 35% sebesar 121,57 MPa, dan 30% sebesar 104,4 Mpa.

Pada tekanan 0,2, kekuatan tarik komposit lebih rendah dibandingkan dengan tekanan 0,5, kekuatan tarik maksimum terletak pada fraksi volume 50% yaitu sebesar 137,96 Mpa kemudian berturut-turut 45% sebesar 122,86 Mpa, 40% sebesar 118,12 Mpa, 35% sebesar 114,98 Mpa, dan 30% sebesar 96,60 Mpa.

**Pengujian Ketahanan Impact**

Pengujian impact bertujuan untuk mengetahui seberapa besar suatu material mampu menahan beban yang diberikan secara tiba-tiba. Data hasil pengujian diperoleh dari pengujian komposit menggunakan alat uji impact *charpy*. Data hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 4.





Gambar 4. Grafik hasil pengujian impak komposit fiber glass/epoxy (a) tekanan 0,2 bar (b) tekanan 0,5 bar

Grafik diatas menunjukkan bahwa ketahanan impak tertinggi terletak pada fraksi volume fiber 45% dengan tekanan 0,5 bar yaitu sebesar 0,1913 J/mm<sup>2</sup>. Pada fraksi volume 50%, ketahanan impak mengalami penurunan menjadi sebesar 0,1398 J/mm<sup>2</sup>. Sedangkan pada fraksi volume 40% didapat ketahanan impak sebesar 0,1444 J/mm<sup>2</sup>, sedikit lebih besar dari fraksi volume 50%, kemudian secara berturut-turut ketahanan impak fraksi volume 35% sebesar 0,1309 J/mm<sup>2</sup> dan 30% sebesar 0,1073 J/mm<sup>2</sup>.

Pada tekanan 0,2 ketahanan impak tertinggi didapat dari fraksi volume fiber 45% yaitu sebesar 0,1874 J/mm<sup>2</sup>. Pada fraksi volume 50%, ketahanan impak mengalami penurunan menjadi sebesar 0,1399 J/mm<sup>2</sup>, kemudian berturut-turut ketahanan impak fraksi volume 40% sebesar... J/mm<sup>2</sup>, 35% sebesar 0,1396 J/mm<sup>2</sup> dan 30% sebesar 0,0979 J/mm<sup>2</sup>. Cacat Delaminasi dan *fiber pull out* adalah masalah utama yang sering didapatkan dalam pengujian komposit.

#### Analisis Foto Makro dan Mikro

Pengamatan makro dan dilakukan untuk mengetahui dan membedakan bentuk-bentuk patahan hasil dari pengujian. Bentuk-bentuk patahan hasil dari pengujian tarik dapat dilihat pada foto makro berikut:



(a)

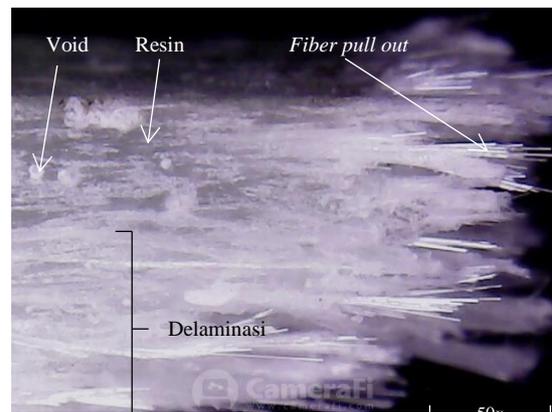


(b)

Gambar 5. Bentuk patahan hasil pengujian tarik dengan fraksi volume fiber 30%, 35%, 40%, 45%, 50% (kiri ke kanan), (a) tekanan 0,2 bar (b) tekanan 0,5 bar

Dari gambar diatas dapat dijelaskan adanya perbedaan bentuk patahan pada masing-masing fraksi volume fiber glass yaitu semakin besar fraksi volume yang digunakan maka bentuk patahan akan cenderung menciptakan cacat delaminasi baik itu tekanan 0,2 bar ataupun 0,5 bar. Pada fraksi volume 30% dan 35% (pada masing-masing tekanan), cacat yang terbentuk masih berupa *fiber pull out* yang disebabkan karena lepasnya ikatan antara permukaan fiber dengan resin. Pada fraksi volume 40% tekanan 0,5 cacat komposit masih berupa *fiber pull out*, sedangkan pada tekanan 0,2 sudah terjadi delaminasi. Penyebab delaminasi yaitu resin tidak melekatkan dengan sempurna dua lapisan fiber yang berdampingan serta juga bisa diakibatkan oleh beban yang diterima lebih besar dibandingkan dengan gaya lekat antar lapisan.

Pada fraksi volume 45% dan 50%, bentuk cacat dari spesimen berbentuk delaminasi dan *fiber pull out* baik itu tekanan 0,2 bar maupun tekanan 0,5 bar. Namun cacat delaminasi yang terjadi pada tekanan 0,5, luas areanya tidak terlalu lebar apabila dibandingkan dengan tekanan 0,2, hal inilah yang menjadikan kekuatan tarik tekanan 0,5 bar lebih tinggi dari pada tekanan 0,2 bar.

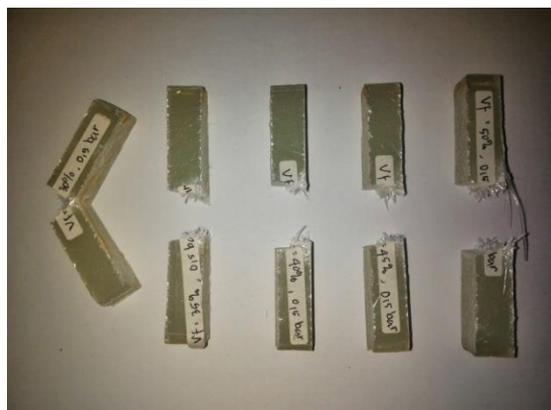


Gambar 6. Cacat delaminasi dan *fiber pull out*

Sedangkan bentuk patahan hasil pengujian impact dapat dilihat pada foto makro berikut:



(a)



(b)

Gambar 7. Bentuk patahan hasil pengujian impact dengan fraksi volume fiber 30%, 35%, 40%, 45%, 50% (kiri ke kanan), (a) tekanan 0,2 bar (b) tekanan 0,5 bar

Bentuk patahan antara tekanan 0,2 bar dan 0,5 bar terdapat perbedaan yang cukup signifikan, pada tekanan 0,2 bar bentuk patahan dari seluruh spesimen uji berbentuk patah ulet, spesimen uji tidak terbelah menjadi dua bagian melainkan hanya mengalami bengkok, hal tersebut disebabkan karena beban dari pendulum tidak didistribusikan secara merata keseluruh fiber melainkan hanya pada bagian tepat dibawah takikan, benda uji telah lepas dari pencekam alat uji sebelum beban didistribusikan ke seluruh lapisan fiber, kemungkinan besar terjadinya peristiwa ini adalah disebabkan oleh void yang terbentuk.

Sedangkan bentuk patahan pada tekanan 0,5 mayoritas berbentuk patah getas, yaitu spesimen terbelah menjadi dua bagian, hal itu disebabkan karena beban dari pendulum telah didistribusikan ke

seluruh fiber. Jadi ketika terjadi tumbukan dengan pendulum, resin yang menerima beban terlebih dahulu akan mengalami patah terlebih dahulu kemudian disusul oleh fiber yang diikat olehnya, kejadian tersebut terjadi pada semua lapisan fiber. Hal inilah yang menjadikan Harga Impak tekanan 0,5 bar lebih besar dari tekanan 0,2 bar.

Pada fraksi volume 50% terjadi penurunan harga impact, baik pada tekanan 0,2 maupun 0,5. Hal tersebut dikarenakan jumlah lapisan fiber terlalu banyak sehingga resin tidak mampu mengikat fiber secara keseluruhan, kemungkinan juga dikarenakan banyaknya void yang terjebak diantara lapisan fiber disebabkan oleh padatnya lapisan fiber yang berada didalam cetakan.

## KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, maka peneliti dapat menarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Semakin besar tekanan vakum yang digunakan akan meningkatkan sifat mekanik komposit fiber glass mat 300/epoxy AB777.
2. Kekuatan tarik tertinggi komposit berpenguat fiber glass mat 300 dengan matrik epoxy AB777 dimiliki oleh fraksi volume fiber 50% dengan tekanan 0,5 bar yaitu sebesar 138,18 Mpa, sedangkan yang paling rendah dimiliki oleh fraksi volume 30% dengan tekanan 0,2 bar sebesar 96,60 Mpa. Kekuatan tarik mengalami peningkatan seiring bertambahnya jumlah volume fraksi fiber yang digunakan.
3. Ketahanan impact tertinggi dari komposit fiber glass mat 300/epoxy AB777 berada pada fraksi volume optimum 45% dengan tekanan 0,5 bar yaitu sebesar 0,1913 J/mm<sup>2</sup> sedangkan yang terendah dimiliki oleh fraksi volume 30% dengan tekanan 0,2 bar sebesar 0,0979 J/mm<sup>2</sup>. Ketahanan impact mulai mengalami penurunan pada fraksi volume fiber 50%.

## SARAN

Saran yang dapat diajukan agar percobaan berikutnya dapat lebih baik dan menyempurnakan percobaan yang telah dilakukan dalam penelitian ini, yaitu:

1. Perlu adanya perhitungan volume void untuk menentukan seberapa banyak void yang terbentuk dalam komposit, guna melengkapi penjelasan dalam proses analisa.
2. Perlu adanya pemberian perlakuan khusus terhadap fiber seperti perlakuan alkali dengan perendaman ke dalam cairan NaOH untuk meningkatkan daya rekat fiber dengan resin sehingga dapat meminimalisir terjadinya *fiber pull out*.
3. Perlunya kajian lebih lanjut mengenai bentuk-bentuk patahan setelah pengujian serta analisa morfologi hasil pengujian komposit.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Aprianto, Nugraha, Dantes. 2016. *Pengaruh Fraksi Volume Serat Terhadap Sifat Mekanis Komposit Matriks Polimer Polyester Diperkuat Serat Agave Sisal*. Singaraja: Universitas Pendidikan Ganesha
- [2] Department of Defense. 2002. *Composite Material Handbook Vol. 3 Polymer Matrix Composites*. Amerika Serikat: Department of Defense
- [3] Essabir, Hilali, Elgharad, Minor, Imad, Elamraoui, dan Gaoudi. 2013. *Mechanical and Thermal Properties of Bio-Composites Based on Polypropylene Reinforced with Nut-Shell of Argan Particles*. Maroko: National School of Applied Science of Agadir
- [4] Febriyanto, S. 2011. *Penggunaan Metode Vacuum Assisted Resin Infusion pada Bahan Uji Komposit Sandwich untuk Aplikasi Kapal Bersayap Wise-8*. Depok: Universitas Indonesia
- [5] Gibson, R. F. 1994. *Principles of Composite Material Mechanics*. New York: McGraw-Hill Inc
- [6] Goncharova, Cosson, dan Lagardere. 2015. *Analytical Modeling of Composite Manufacturing by Vacuum Assisted Infusion with Minimal Experimental Characterization of Random Fabrics*. Prancis: Department of Plymer and Composites Technology & Mechanical Engineering Rue Charles Bourseul.
- [7] Gu, Tan, Yang, Li, dan Zhang. 2014. *Hot Compaction and Mechanical Properties of Ramie Fabric/Epoxy Composite Fabricated Using Vacuum Assisted Resin Infusion Molding*. Beijing: Beihang University
- [8] Junus, S. 2011. *Komposit Proses, Fabrikasi dan Aplikasi*. Jember: Jember University Press
- [9] Kaomin, Gu, Min, dan Zhang. 2014. *Effect of Rapid Curing Process on the Properties of Carbon Fiber/Epoxy Composite Fabricated Using Vacuum Assisted Resin Infusion Molding*. Beijing: Beihang University
- [10] Mendibil, Aretxabaleta, Sarrionandia, Mateos, dan Aurrekoetxea. 2016. *Impact Behavior of Glass Fibre-Reinforced Epoxy/ Aluminium Fibre Metal Laminate Manufactured by Vacuum Assisted Resin Transver Moulding*. Spanyol: Univeristas Mondragon
- [11] Middleton, Bethany. 2016. *Composites: Manufacture and Application*. Elsevier Inc
- [12] Saba, Paridah, Abdan, dan Ibrahim. 2016. *Effect of Oil Palm Nano Filler on Mechanical and Morphological Properties of Kenaf Reinforced Epoxy Composites*. Malaysia: Universiti Putra Malaysia
- [13] Scalici, Pitarresi, Badagliacco, Fiore, dan Valenza. 2016. *Mechanical Properties of Bassalt Fiber Reinforced Composites Manufactured with Different Vacuum Assisted Impregnation Techniques*. Italy: Universita Degli Studi di Palermo
- [14] Setiaji, Dani Arief B. T. 2016. *Optimasi Parameter Proses Vacuum Assisted Resin Infusion Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Komposit Polyester Fiber Glass*. Jember: Universitas Jember
- [15] Statistiano, Ibrahim T. 2016. *Fabrikasi dan Pengujian Tarik Pipa Komposit Berpenguat Serat Wol dengan Aditif Partikel Montmorillonite*. Jember: Universitas Jember
- [16] William D. C, Jr. 2007. *Material Science and Engineering*. Amerika Serikat: John Willy & Sons, Inc
- [17] Yusoff, Salit, Ismali, dan Wirawan. 2010. *Mechanical Properties of Short Random Reinforced Epoxy Composites*. Malaysia: Universiti Putra Malaysia