

## STUDI FRAKSI VOLUME SERAT TERHADAP KEKUATAN TARIK KOMPOSIT *POLYESTER* BERPENGUAT SERAT KARBON

**Ahmad Fahrul Umam**

S1 Teknik Mesin Manufaktur, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
E-mail : [ahmadumam1@mhs.unesa.ac.id](mailto:ahmadumam1@mhs.unesa.ac.id)

**Mochammad Arif Irfa'i**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
E-mail: [arifirfai@unesa.ac.id](mailto:arifirfai@unesa.ac.id)

### Abstrak

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dalam dunia teknik khususnya pada penggunaan bahan komposit mengalami peningkatan dikarenakan kebutuhan akan bahan yang memiliki kekuatan serta harga yang ekonomis, selain itu bahan jenis komposit memiliki sifat mudah dibentuk sesuai kebutuhan baik dalam segi kekuatan maupun keunggulan sifat yang lain. Tujuan dari penelitian yang dilakukan adalah untuk mengetahui kekuatan tarik dan mekanisme kegagalan komposit berpenguat serat karbon dengan matrik polyester. Penelitian ini akan diaplikasikan pada pembuatan body mobil sport sebagai pengganti logam yang mempunyai sifat lebih keras dan ringan. Pengujian tarik menggunakan standar ASTM D638. Hasil pengujian tarik kekuatan komposit terbesar pada fraksi volume serat ( $V_f$ ) = 55% yaitu sebesar 604.81Mpa, sedangkan kekuatan tarik terendah pada fraksi volume serat ( $V_f$ ) = 25% yaitu 415.5Mpa. identifikasi patahan penampang menunjukkan bahwa mekanisme kegagalan yang terjadi adalah lepasnya serat dengan matrik (*fiber pull out*) dan lapisan antar serat matrik pecah (*delamination*)

**Kata kunci:** komposit poliester, serat karbon, fraksi volume, dan kekuatan tarik

### Abstract

The development of knowledge and technology in the world of engineering, especially in the use of composite materials has increased due to the need for materials that have economic strength and prices, besides that composite materials have easily formed properties according to the needs both in terms of strength and superiority of other properties. The aim of the research was to determine the tensile strength and failure mechanism of carbon fiber reinforced composites with polyester matrices. This research will be applied to the manufacture of sports car bodies instead of metals that have harder and lighter properties. Tensile testing uses the ASTM D638 standard. The biggest tensile strength test results on fiber volume fraction ( $V_f$ ) = 55% which is equal to 604.81Mpa, while the lowest tensile strength in fiber volume fraction ( $V_f$ ) = 25% which is 415.5Mpa. Identification of cross section faults shows that the mechanism of failure that occurs is the release of fiber with the matrix (*fiber pull out*) and the layer between the broken fiber matrix (*delamination*)

**Keywords:** Polyester Composite, Carbon Fiber, Volume Fraction, And Tensile Test

### PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dalam dunia teknik akhir-akhir ini banyak memunculkan terobosan-terobosan baru untuk menghasilkan sesuatu yang bermanfaat bagi umat manusia. Dalam dunia industri manufaktur perkembangan teknologi bahan semakin pesat. Kebutuhan bahan dengan karakteristik tertentu semakin banyak. Berbagai macam bahan telah digunakan dan juga penelitian lebih lanjut terus dilakukan untuk mendapatkan bahan yang tepat, salah satunya yaitu bahan komposit. Sifatnya yang mudah dibentuk sesuai kebutuhan, baik dalam segi kekuatan maupun keunggulan sifat-sifat yang lain, mendorong penggunaan bahan komposit sebagai bahan alternatif atau bahan pengganti material logam pada berbagai produk yang dihasilkan oleh industri khususnya industri manufaktur. Bahan komposit adalah material yang terbuat dari dua bahan atau lebih

yang tetap terpisah dan berbeda dalam level makroskopik yang membentuk komponen tunggal. (Jones,1999).

Bahan komposit pada umumnya menggunakan material pengikat dengan bahan utama plastik (*polyester*). Selain material pengikat (matriks) komposit juga menggunakan material pengisi atau penguat, material yang biasa digunakan adalah serat yang berasal dari bahan yang kuat, kaku dan getas. Serat yang digunakan sebagai penguat dalam material komposit dapat berupa serat sintetik atau serat alam. Serat sintetik adalah serat anorganik yang telah diperlakukan dengan bahan- bahan kimia tertentu, seperti *fiber glass*, serat karbon, dan serat asbestos, sedangkan serat alam adalah serat yang langsung didapatkan dari alam, baik dari tumbuhan atau hewan seperti serat goni (*knaf*), serat aren, pandan, ijuk, dan sabut kelapa.

Pada saat ini serat sintetik telah menjadi pilihan utama pada beberapa aplikasi di bidang industri dunia, seperti di bidang industri otomotif. Pada industri manufaktur

komponen kendaraan yang dulunya menggunakan logam, kini beralih menggunakan bahan serat sintetik yang memiliki nilai ekonomis dan kekuatan yang cukup tinggi. Salah satu serat sintetik yang dapat dikembangkan sebagai bahan penguat bahan komposit adalah serat karbon.

Serat karbon merupakan salah satu material penyusun komposit. Komposit berpenguat serat karbon merupakan salah satu jenis material komposit yang menggunakan serat karbon sebagai salah satu penyusunnya dikarenakan memiliki sifat yang sangat kuat tetapi ringan. Serat karbon sendiri memiliki beberapa keunggulan diantaranya tahan korosi, mudah dibentuk sesuai kebutuhan, lebih ringan dan lebih kuat dari pada logam, sehingga serat karbon dapat dijadikan pilihan sebagai penguat dalam bahan komposit polimer berpenguat serat sintetik. Keunggulan tersebut yang juga dipraktikkan dalam industri pesawat terbang. Sifatnya yang kuat tetapi ringan merupakan salah satu keunggulan yang dimiliki oleh serat karbon dibandingkan dengan besi maupun baja.

Perbandingan komposisi antara matrik dan serat merupakan faktor penentu dalam memberikan karakteristik kekuatan bahan komposit yang dihasilkan. Perbandingan ini dapat ditunjukkan dalam bentuk fraksi volume serat ( $V_f$ ). Fraksi volume serat sendiri biasanya menggunakan perbandingan pembuatan komposit yaitu rasio berat (fraksi berat) dan rasio volume (fraksi volume), ini karena satuan matrik dan serat biasa dihitung dengan menggunakan satuan massa dan satuan volume. Variasi fraksi volume serat yang digunakan adalah 25%, 35%, 45%, 55%, 65% dari variasi tersebut nantinya akan didapatkan hasil atau nilai yang bervariasi karena jumlah kandungan serat dalam komposit, merupakan hal yang menjadi perhatian khusus pada bahan komposit berpenguat serat karena bahan komposit yang berkekuatan tinggi diperoleh dengan distribusi serat dan matrik yang merata pada proses pencampurannya, sedangkan pengujian tarik pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar kekuatan tarik suatu material. Hal ini membuat pentingnya melakukan pengujian tarik pada bahan komposit yang diterapkan pada industri otomotif dalam pembuatan *body* mobil. Sehingga pengujian tarik dalam penelitian ini dapat dijadikan bahan pertimbangan suatu industri untuk menggunakan bahan tersebut.

Berdasarkan uraian diatas, maka penulis melakukan penelitian mengenai studi fraksi volume serat terhadap kekuatan tarik komposit poliester berpenguat serat karbon. Untuk mengetahui seberapa besar kekuatan tarik dari bahan komposit poliester berpenguat serat karbon.

Berdasarkan pemikiran diatas maka didapatkan rumusan masalah sebagai berikut:

- ❖ Bagaimana pengaruh fraksi volume serat (25%, 35%, 45%, 55%, 65%) terhadap kekuatan tarik komposit *polyester* berpenguat serat karbon.
- ❖ Bagaimana mekanisme kegagalan dan penampang patahan akibat beban tarik pada bahan komposit *polyester* berpenguat serat karbon.

## METODE

### Jenis Penelitian

Metode penelitian ini penulis menggunakan jenis penelitian eksperimen (*experimental research*) yang bertujuan untuk mengetahui besarnya kekuatan tarik bahan komposit *polyester* berpenguat serat karbon yang akan diaplikasikan pada industri manufaktur dan otomotif, seperti pada pembuatan bodi mobil dan komponen pada mobil.

### Tempat dan Waktu Penelitian

- Tempat penelitian  
Penelitian ini dilakukan di dua tempat. Untuk pembuatan spesimen dilakukan laboratorium fabrikasi jurusan teknik mesin Universitas Negeri Surabaya. Sedangkan pengujian kekuatan tarik dilakukan di balai riset dan standarisasi industri surabaya.

- Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan mulai dari bulan Agustus - November 2018.

- Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- ❖ Variabel bebas
  - Variabel bebas dalam penelitian ini adalah serat karbon, resin *polyester*, katalis *methyl ethyl keton peroxide*, dan fraksi volume serat 25%, 35%, 45%, 55%, 65%.
- ❖ Variabel terikat
  - Variabel terikat dalam penelitian ini adalah nilai kekuatan Tarik komposit *polyester* berpenguat serat karbon.
- ❖ Variabel control
  - Variabel control dalam penelitian ini adalah proses manufaktur pembuatan komposit dalam cetakan, proses pembuatan spesimen dengan menggunakan metode *vacum infusion*

### Bahan, Instrumen dan Peralatan Penelitian

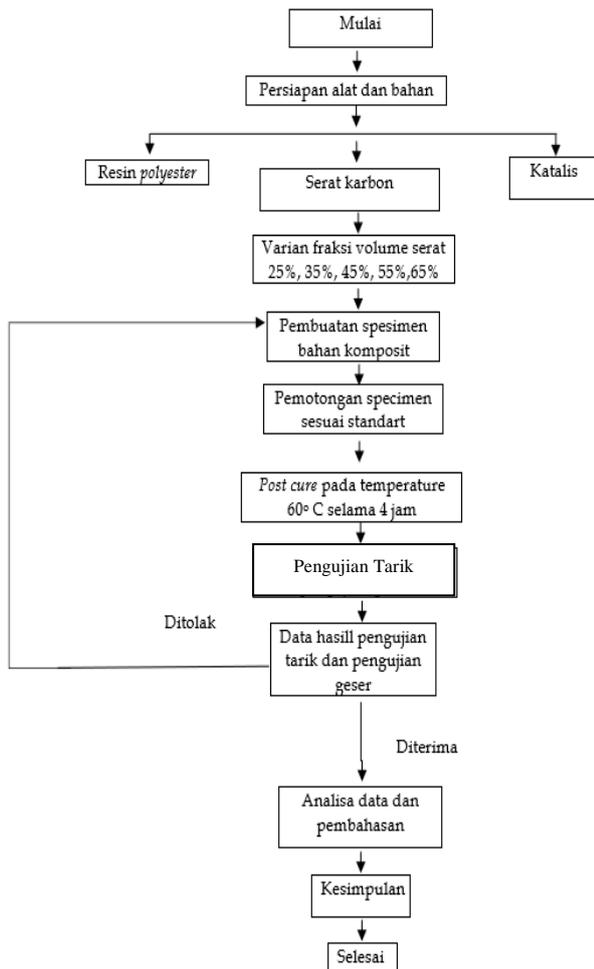
- Bahan Penelitian  
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu serat karbon, dan resin poliester.
- Instrumen Penelitian  
instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah:
  - ❖ Mesin uji tarik
  - ❖ Mistar
- Peralatan Penelitian  
Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:
 

|                      |                        |
|----------------------|------------------------|
| - Cetakan spesimen   | - Kertas amplas        |
| - Mesin uji tarik    | - Gerinda              |
| - Kuat cat           | - Sarung tangan        |
| - Pompa <i>vacum</i> | - plastik <i>vacum</i> |
| - Selang pneumatik   | - Majun                |

# Studi Fraksi Volume Serat Terhadap Kekuatan Tarik Komposit *Polyester* Berpenguat Serat Karbon

## Rancangan penelitian

Langkah penelitian dilakukan seperti pada gambar 1 berikut.



Gambar 1. Rancangan Penelitian

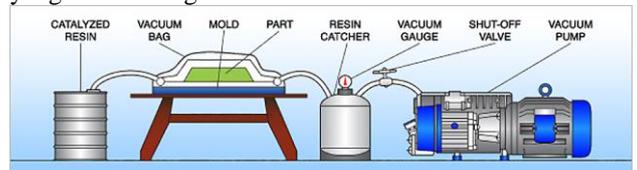
## Prosedur

### • Pembuatan spesimen

Langkah-langkah pembuatan sampel komposit dengan metode vacum infusion. Adapun langkah-langkahnya sebagai berikut:

- Menyiapkan cetakan dan pompa vacum.
- Alas cetakan dan penutup bersih dari kotoran.
- Dilakukan penolesan mirror wax glase pada alas cetakan.
- Serat ditimbang sesuai jumlah fraksi volume.
- Matrik dan katalis juga di timban sesuai takaran.
- Matrik dan katalis dicampur kedalam gelas dan diadukhina merata.
- Tutup serat karbon yan sudah dalam cetakan dengan plastik vakun bag sekaligus direkatkan menggunakan dobletip mengelilingi cetakan.
- Siapkan resin yang sudah tercampur katalis, lalu pasang selang dari gelas ujung kanan ketabung ujung kiri cetakan kemudian ujung kanan ketabung dan memasang shutt-off valve untuk buka tutup saluran selang.

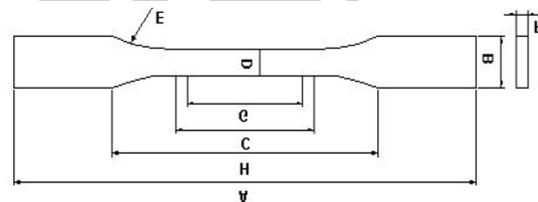
- Setelah semua terpasang, tutup dulu *shutt of valve* kemudian hidupkan pompa vakum ampai kondisi yang di inginkan.
- Setelah kondisi tercapai, buka *shutt off valve* sehinga resin dihisap kedalam *laminat* lewat selang yang terpasang pada cetakan.
- Setelah lima menit proses vakum, bahan komposit yang sudah mengeras dikeluarkan dari cetakan.



Gambar 2. Proses pembuatan spesimen

### • Uji tarik

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui perubahan kekuatan tarik spesimen komposit. sebelum di lakukan pengujian tarik, spesimen harus sesuai dengan standar uji tarik ASTM D638 dengan cara memotong spesimen, kemudian spesimen yang sudah terpotong dirapikan dengan menggunakan amplas. Setelah dirapikan spesimen siap diujikan.



Gambar 3. Spesimen uji tarik

Keterangan gambar:

- A= length overall (LO) =165mm
- B= width overall(WO) =19mm
- C= length pf narrow section(L)=57mm
- D= width of narrow section(Wo)=13mm
- E= radius of fillet(R)=76mm
- F= thickness(T)=variabel(mm)
- G= gage length(G)=50mm
- H= distance beetwen rips(D)=115mm

Perhitungan kekuatan tarik maksimal dapat dihitung dengan persamaan ini:

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

Keterangan :

- $\sigma$  = Kekuatan tarik (Mpa)
- P = Beban yang diberikan (N)
- A = Luas penampang (mm<sup>2</sup>)

### Teknik Analisis Data

Pada penelitian eksperimen ini menggunakan metode analisis data kualitatif deskriptif, yaitu dengan mendeskripsikan data secara sistematis, faktual dan

akurat mengenai hasil yang diperoleh selama pengujian (Sugiyono, 2014).

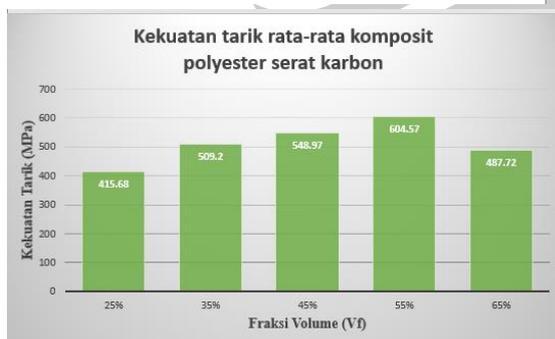
Analisis pada penelitian ini dilakukan dengan pengambilan data dari alat ukur, maka hasil dari pengukuran dimasukkan dalam tabel, dihitung secara teoritis dan disajikan dalam bentuk table serta grafik sehingga hasil dari penelitian mudah dipahami. Analisis ini dipakai untuk mengetahui bagaimana pengaruh fraksi volume serat terhadap kekuatan tarik komposit poliester berpenuat serat karbon.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### • Hasil Uji Tarik (*Tensile Test*)

Tabel 1. Hasil Uji Tarik

| No. | Sampel uji tarik | Baban Maksimum (Kg) | Gaya Maksimum (N) | Tegangan Tarik (MPa) |               |
|-----|------------------|---------------------|-------------------|----------------------|---------------|
| 1.  | Vf 25%           | 1.                  | 2214.0            | 21719.3              | 417.68        |
|     |                  | 2.                  | 2109.2            | 20691.3              | 398.91        |
|     |                  | 3.                  | 2283.6            | 22402.1              | 430.81        |
|     |                  | ∑                   |                   |                      | <b>415.46</b> |
| 2.  | Vf 35%           | 1.                  | 2744.2            | 26920.6              | 517.70        |
|     |                  | 2.                  | 2653.3            | 26028.9              | 500.56        |
|     |                  | 3.                  | 2699.9            | 25897.4              | 509.35        |
|     |                  | ∑                   |                   |                      | <b>509.20</b> |
| 3.  | Vf 45%           | 1.                  | 2982.7            | 29289.7              | 563.26        |
|     |                  | 2.                  | 2844.2            | 27901.6              | 536.57        |
|     |                  | 3.                  | 2899.9            | 28448.0              | 547.08        |
|     |                  | ∑                   |                   |                      | <b>548.97</b> |
| 4.  | Vf 55%           | 1.                  | 3211.2            | 31501.9              | 605.81        |
|     |                  | 2.                  | 3239.9            | 31783.4              | 611.22        |
|     |                  | 3.                  | 3163.0            | 31029.0              | 563.26        |
|     |                  | ∑                   |                   |                      | <b>604.57</b> |
| 5.  | Vf 65%           | 1.                  | 2639.9            | 25897.4              | 498.03        |
|     |                  | 2.                  | 2502.1            | 24545.6              | 472.03        |
|     |                  | 3.                  | 2534.3            | 24861.5              | 478.11        |
|     |                  | ∑                   |                   |                      | <b>482.72</b> |



Gambar 4. Grafik kekuatan tarik (Mpa)

Berdasarkan hasil pada gambar 4 diatas, dapat diketahui hasil rata-rata nilai kekuatan tarik dari komposit poliester berpenuat serat karbon, gambar tersebut menunjukkan bahwa komposit *polyester* berpenuat serat karbon dengan fraksi volume 55% menghasilkan kekuatan tarik paling tinggi yaitu sebesar 604.37 MPa, sedangkan komposit *polyester* berpenuat serat karbon dengan fraksi volume 25% menghasilkan kekuatan tarik paling rendah yaitu

sebesar 415.46 MPa. Pada fraksi volume serat 25% menghasilkan kekuatan tarik yang rendah karena komposisi serat lebih sedikit daripada komposisi matriks, sehingga fungsi serat sebagai penguat kurang maksimal dan komposisi matriks dengan jumlah yang lebih banyak 30% daripada serat menunjukkan sifat matriks yang kaku namun rapuh. Fraksi volume dinaikan menjadi 55% serat, dengan komposisi matriks yang lebih banyak 30% dibanding komposisi serat dapat berpengaruh terhadap kekuatan tarik secara signifikan, dengan ditambahkan volume serat menjadi 55% maka kekuatan bertambah karena serat memiliki fungsi sebagai penguat dan mengurangi komposisi matriks dari 30% pada fraksi volume 25% menjadi 55% pada fraksi volume 55% sehingga dapat dikatakan terjadi perpaduan antara kekuatan bahan komposit oleh serat dan ikatan antar serat oleh matriks yang baik didalam bahan komposit tersebut.



Gambar 5. Patahan uji tarik

Pada gambar 5 diatas dapat dilihat bahwa bentuk penampang patahan pada sampel uji Tarik didapatkan adanya *fiber pull out* dan *delamination*, hal ini dikarenakan arah orientasi dari serat bahan komposit yang disusun secara acak, sehingga serat yang letaknya searah dengan arah beban tarik akan mengalami pelepasan serat dari bahan komposit (*fiber pull out*), sedangkan serat yang letaknya tidak searah atau berlawanan dengan arah beban tarik tidak terlepas dari bahan komposit, namun matriks mengalami pecah menjadi pecahan kecil-kecil atau yang disebut *delamination* dan matriks terlepas dari serat.

## PENUTUP

### Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dari pengujian tarik dan kekerasan serta pembahasan studi fraksi volume serat terhadap kekuatan tarik komposit poliester berpenuat serat karbon, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- ❖ Adanya pengaruh fraksi volume serat terhadap kekuatan komposit *polyester* berpenuat serat karbon. Hasil pengujian kekuatan tarik komposit *polyester* berpenuat serat karbon pada fraksi volume serat 25%,

## Studi Fraksi Volume Serat Terhadap Kekuatan Tarik Komposit *Polyester* Berpenguat Serat Karbon

35%, 45%, 55%, dan 65% menghasilkan kekuatan tarik masing-masing sebesar 415.46 Mpa, 509.20 Mpa, 548.97 Mpa, 604.57 Mpa, dan 482.72 Mpa. Kekuatan tarik terbesar dihasilkan pada fraksi volume serat 55% yaitu sebesar 604.57 MPa, sedangkan kekuatan tarik terendah pada fraksi volume 25% sebesar 415.46 Mpa.

- ❖ Bentuk kegagalan komposit poliester berpenuat serat karbon pada pengujian tarik serat mengalami lepas dari komposit (fiber pull out) dan matrik pecah karena matrik tidak mampu menahan beban yang diberikan (deliminasi)

### Saran

Berdasarkan hasil yang didapat maka saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut :

- ❖ Perlu adanya pengujian lebih lanjut secara *destruktif* maupun *Non destruktif* dan menggunakan fraksi volume dengan variasi yang lain, agar didapatkan nilai data kekuatan bahan yang beragam.
- ❖ Gunakan alat-alat pembuatan yang mendukung atau sesuai agar proses pembuatan bahan komposit berpenguat serat karbon bisa lebih baik dan hasil lebih memuaskan.
- ❖ Dalam melakukan pembuatan bahan komposit berpenguat serat karbon, hendaknya memakai alat pengaman, karena bahan komposit merupakan campuran bahan kimia dan serat karbon jika tersentuh kulit akan mengakibatkan gatal.

### DAFTAR PUSTAKA

- Annual Book of ASTM Standards. 2002. D 638. *Standard Test Methods for Tensile Properties*. American Society for Testing and Material: Philadelphia, PA
- ASTM D1037, *Standart Test methods for Evaluation Properties of Wood-base Fiber and Particle Panel Materials*
- Gibson, F.R. 1994. *Principles of Composite material Mechanis*. International Edition. McGraw-Hill Inc: New York.
- Hendra S Ginting, 2002. *Pengendalian Bahan Komposit*. Fakultas Teknik Jurusan Teknik kimia Universitas Sumatra Utara
- Jones, Robert M. 1999. *Mechanic Of Composite Material-2nd Edition*. Taylor & Francis: USA.
- Justus kimia raya, 1996. *Technical Data Sheet of Unsaturated Polyester YUKALAC 157 BQTN-EX*. Jakarta
- Kosim abdurrohman, 2016, *kajian eksperimental tensile properties komposit polyester berpenguat serat karbon searah hasilmanufaktur vacuum infusion sebagai material struktur LSU*. Lembaga Penerbangan dan Anariksa Nasional: Bogor
- Kuncoro diharjo, 2013. *Pengaruh tekanan pengepresan terhadap kekuatan geser tekan dan bending komposit limbah kertas HVS-sekam padi*. Universitas Sebelas Maret: Surakarta
- Morozov, evgeny dan vasiliev, Valery, 2001. *Mechanics and Analys of Composite Materials*. Elsevier scienceLtd: United Kingdom
- Nurhidayat, 2013. *Pengaruh Fraksi Volume Pada Pembuatan Komposit HDPE Limbah Ccantula Dan Berbagai Jenis Perekat Dalam Pembuatan Laminat*. Universitas Sebelas Maret: Surakarta
- Richardson, 1987. *Composite A design Guide*. Industrial Technology Departemen, Northen State College, South Dakota, Industrial Press Int.
- Rusman Nur Ichsan, 2015. *Pengaruh Susunan lamina Komposit Berpenguat Serat E-glass dan Serat Carbon terhadap Kekuatan Tarik dengan Matrik Polyester*. Universitas Negeri Surabaya: Surabaya
- Sanjay k.mazumdar, 2001. *Composite Manufacturing Materials, Product, and Process Engineering* : Britis India
- Schwartz, M.M, 1984. *Composite Materials Handbook*. Mc. Graw - Hill Inc: New York
- Shinroku Saito, 2005. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Cetakan Keenam, PT. Pradnya Paramita: Jakarta
- Suherman, W. 1987. *Pengetahuan Bahan*. Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya: Surabaya.
- Sugiyono. 2014. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Alfabeta: Bandung.
- Tim Penyusun. 2014. *Pedoman Penulisan Skripsi Program Sarjana Strata 1 Universitas Negeri Surabaya*. Universitas Negeri Surabaya: Surabaya.

Suherman, W. 1987. *Pengetahuan Bahan*. Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya: Surabaya.

Suryanto, Heru. 2017. "Karakteristik Fisik, Kimia, Ketahanan Panas dan Kekuatan Tarik Dari Serat Mendong (*Fimbristylis Globulosa*). *Jurnal Penelitian*.

