

PENGARUH FRAKSI VOLUME SERAT GLAS TERHADAP KETAHANAN BAKAR KOMPOSIT DENGAN Matriks RIPOXY R-802 EX

Wakhid Nurrohman Hanif, Yuyun Estriyanto, Danar Susilo Wijayanto

Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Jurusan Pendidikan Teknik Kejuruan, FKIP, UNS

Kampus UNS Pabelan JL. Ahmad Yani 200, Surakarta, Telp/Fax(0271) 718419

Email :Hanifcilikx@gmail.com

ABSTRACT

The objectives of this research are to investigate: (1) the effect of volume fraction variations on the fire resistance of the glass fiber composite with the matrix of Ripoxy R-802 EX; and (2) glass fiber volume fraction with the highest fire resistance of the glass fiber composite with the matrix of Ripoxy R-802 EX. This research used the experimental research method. It was conducted at the Engineering Material Laboratory, the Department of Mechanical Engineering, the Faculty of Engineering, Sebelas Maret University, Surakarta. The instrument used to investigate the fire resistance of the composites was fire resistance testing device of ASTM D-635. The specimen of the research was glass fiber composite with the matrix of Ripoxy R-802 EX with the glass fiber fraction compositions of 15%, 25%, 35%, and 45% respectively. The fire resistance testing of the composite was done according to the standard of ASTM D-635. The indicators of the fire resistance were determined based on the time of burning (TOB) and the rate of burning (ROB). The data of the research were analyzed by using the comparative descriptive technique of analysis. The results of the research are as follows. 1) The more the content of the glass fiber content was, the time of burning was increasing but the rate of burning was decreasing. This indicates that the larger the glass fiber content is, the fire resistance of the composites is increasing, that is, increasing the value of the TOB but decreasing that of the ROB. 2) In accordance with the standard of ASTM D-635 for the fire resistance testing with the method of the horizontal burning test, the use of the glass fiber with the content of 45% in the composite made this composite possess the highest burning resistance.

Keywords: *The composite fire resistance, time of burning, rate of burning, glass fiber, Ripoxy R-802 EX, and volume fraction.*

PENDAHULUAN

Dewasa ini perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dari waktu ke waktu semakin pesat, khususnya pemakaian material komposit. Pertumbuhan dalam penggunaan material komposit telah terjadi selama empat puluh tahun terakhir, seiring meningkatnya kebutuhan dunia industri terhadap material dengan karakteristik yang dapat direncanakan dengan mudah. Material-material ini sekarang telah dipakai dalam berbagai aplikasi industri, seperti di dalam pesawat terbang (kabin), pesawat ruang angkasa, perkapalan, otomotif (bodi atau interior mobil), infrastruktur industri minyak gas, alat olahraga, perangkat biomedis dan produk lainnya.

Penggunaan material komposit oleh berbagai sektor industri di Amerika Serikat sejak tahun 1960. Selama beberapa dekade ini konsumsi telah meningkat sekitar 30 kali, dan tingkat pertumbuhan diperkirakan akan terus berlanjut. Kenaikan terbesar adalah terjadi di pasar transportasi dan konstruksi.

Penggunaan material komposit dalam berbagai macam aplikasi tersebut di atas adalah karena

keunggulan utama dari komposit memiliki kekuatan yang bisa diatur (*tailorability*), memiliki kekuatan lelah (*fatigue*) yang baik, memiliki kekuatan jenis (*strength/weight*) yang tinggi dan tahan korosi. Beberapa kelemahan dalam komposit yang berdampak pada konsumen, salah satunya adalah kinerja yang buruk terhadap api. Ketika komposit yang terkena suhu tinggi (biasanya di atas 300 °C atau 400 °C) matriks terurai dengan melepaskan panas, asap, jelaga, yang dapat mengakibatkan kegagalan struktur komposit, dan degradasi struktural dalam integritas dapat menimbulkan kebakaran yang sangat berbahaya dan meningkatkan kemungkinan cedera serius dan kematian.

Peneliti berusaha melakukan penelitian tentang karakteristik material komposit yang memiliki ketahanan terhadap api. Untuk mengetahui perilaku material komposit polimer dalam api telah dilakukan berbagai usaha dan penelitian yang dikhususkan untuk menilai dan mengurangi bahaya api. *Fire properties* berbagai macam material komposit telah dianalisis dalam berbagai hal. Propertis ini termasuk waktu penyalaan (*Time of Burning*), laju pembakaran (*Rate of Burning*), laju pelepasan panas, panas

pembakaran, asap dan potensi beracun dari produk gas.

Melihat permasalahan tersebut di atas untuk mengurangi resiko yang ditimbulkan oleh api, maka peneliti melakukan penelitian mengenai material komposit yang memiliki ketahanan terhadap api dengan parameter yang digunakan ialah waktu penyalaan api (*Time of Burning*) dan laju rambat pembakaran (*Rate of Burning*) pada komposit.

KAJIAN TEORI

1. Komposit

Komposit adalah suatu jenis bahan baru hasil rekayasa yang terdiri dari dua atau lebih bahan dimana sifat masing-masing bahan berbeda satu sama lainnya baik itu sifat kimia maupun sifat fisiknya dan tetap terpisah dalam hasil akhir bahan tersebut (bahan komposit).

Menurut Matthews, dkk (1993), komposit adalah suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material pembentukannya melalui campuran yang tidak homogen, dimana sifat mekanik dari masing-masing material pembentuknya berbeda dari campuran tersebut akan dihasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik ini yang berbeda dari material pembentuknya.

Berdasarkan bentuk material dan penyusunnya, komposit dapat dibedakan dalam lima jenis, yaitu (Schwartz, 1984) :

- Komposit serat (*fibrous composite*).
Unsur utama komposit adalah serat yang mempunyai banyak keunggulan oleh karena itu bahan komposit serat yang paling banyak dipakai. Bahan komposit serat terdiri dari serat-serat yang diikat oleh matriks yang saling berhubungan.
- Komposit partikel (*particulate composite*)
Komposit partikel merupakan komposit yang menggunakan partikel atau serbuk sebagai penguatnya dan terdistribusi secara merata dalam matriksnya.
- Kompositserpih (*flake*)
Flake Composites adalah komposit dengan penambahan material berupa serpih ke dalam matriksnya. Flake dapat berupa serpihan mika dan metal.
- Kompositsketal (*filled*)
Filled composites adalah komposit dengan penambahan material ke dalam matriks dengan struktur tiga dimensi.
- Komposit laminat (*laminated composite*)
Laminated Composite (kompositlapisan)

Merupakan jenis komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabung menjadi satu dan setiap lapisnya memiliki karakteristik sifat sendiri.

2. *Fiber Reinforced Polymer Composite*

Secara umum komposit dengan penguatan serat tersusun dari dua material utama yaitu matriks dan serat. Antar kedua unsur material tersebut tidak terjadi reaksi kimia dan tidak larut satu sama lain, melainkan hanya ikatan antar muka di antara keduanya. Serat yang memiliki kekuatan lebih tinggi berperan sebagai komponen penguat, sedangkan matriks yang bersifat lemah dan liat bekerja sebagai pengikat dan memberi bentuk pada struktur komposit (Schwartz, 1984).

Komposit serat dapat dibedakan berdasarkan jenis dan orientasi seratnya, yaitu komposit serat searah (*continuous fiber composite*), serat anyaman (*woven fiber composite*), serat acak (*chopped fiber composite*), dan gabungan beberapa jenis serat (*hybrid fiber composite*) (Schwartz, 1984).

Material komposit merupakan gabungan dari unsur-unsur yang berbeda. Hal itu menyebabkan munculnya daerah perbatasan antara serat dan matriks. Daerah pencampuran antara serat dan matriks disebut dengan daerah interphase (*bonding agent*), sedang batas pencampuran antara serat dan matriks disebut interface. Ikatan antar muka (*interface bonding*) yang optimal antara matriks dan serat merupakan aspek yang penting dalam penunjukan sifat-sifat mekanik komposit. Transfer beban/tegangan di antara dua fase yang berbeda ditentukan oleh derajat adhesi. (George, dkk, 1995) mengungkapkan bahwa ikatan adhesi yang kuat di antara permukaan antara matriks dan serat diperlukan untuk efektifnya perpindahan dan distribusi beban melalui ikatan permukaan.

3. Serat Gelas *Chopped Strand Mat*

Serat Gelas (*fiberglass*) adalah kaca cair yang ditarik menjadi serat tipis dengan garis tengah sekitar 0,005 mm s/d 0,01 mm. Serat ini dapat dipintal menjadi benang atau ditenun menjadi kain, yang kemudian diresapi dengan resin sehingga menjadi bahan yang kuat, tahan panas dan korosi untuk digunakan sebagai badan mobil dan bangunan kapal. Serat ini juga digunakan sebagai agen penguat untuk banyak produk plastik.

Serat gelas biasanya digunakan oleh perancang komposit sebagai komponen otomotif, pipa, bagian struktur sebuah kerangka konstruksi. Serat kaca sangat mudah ditemui

karena harganya yang cukup ekonomis dengan kekuatan mekanik yang kuat sehingga serat ini banyak digunakan sebagai penguat dalam struktur komposit. (Barbero, 1998).

Berdasarkan jenisnya, serat kaca dapat dibedakan menjadi beberapa macam antara lain (Frederick T. W, dkk 2001):

a. Serat E-Glass

Serat E-Glass adalah salah satu jenis serat yang dikembangkan sebagai penyekat atau bahan isolasi. Jenis ini mempunyai kemampuan bentuk yang baik.

b. Serat C-Glass

Serat C-Glass adalah jenis serat yang mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap korosi.

c. Serat S-Glass

Serat S-Glass adalah jenis serat yang mempunyai kekakuan dan kekuatan tarik yang tinggi, sehingga harganya lebih mahal dibandingkan dengan tipe yang lain.

Berdasarkan bentuknya serat kaca dapat dibedakan menjadi beberapa macam (Santoso, 2002):

a. *Roving*, berupa benang panjang yang digulung mengelilingi silinder.

b. *Yarn*, berupa bentuk benang yang lekat dihubungkan pada filamen.

c. *Chopped Strand*, adalah *strand* yang dipotong-potong dengan ukuran tertentu kemudian digabung menjadi satu ikatan.

d. *Reinforcing Mat*, berupa lembaran *chopped strand* dan *continuous strand* yang tersusun secara acak.

e. *Woven roving* merupakan serat penguat menerus berbentuk anyaman dengan arah yang saling tegak lurus. Berbeda dengan material lain, *woven roving* terbentuk dari serat-serat kaca berukuran panjang-panjang dan dibentuk dalam suatu kesatuan yang bergerak kedua arah, kemudian dianyam.

4. Ripoxy R-802 EX

Resin memiliki tipe atau jenis yang beragam, sesuai dengan kebutuhan. Tiga jenis resin yang banyak digunakan yaitu *polyester*, *vinyl ester*, dan *epoxy*. Pada penelitian ini resin yang digunakan adalah jenis *vinyl ester* Ripoxy. Ripoxy R-802 *vinyl ester* resin adalah salah satu resin dikembangkan dan diterapkan awal yang dihasilkan oleh Showa Highpolymer Co, Ltd, diperoleh dengan memodifikasi dari bis-fenol A

resin *epoxy* dan industrialisasi produksi telah direalisasikan, dan seluruh proses dikontrol oleh DCS. Ripoxy R-802 *vinylester* resin memiliki kelebihan seperti tahan terhadap zat asam, air, ketahanan pelarut organik dan dapat digunakan dalam bidang perlindungan dari reaksi kimia.

Ripoxy R-802 merupakan salah satu resin yang banyak digunakan dalam industri komposit selain *epoxy* dan *polyester*. Sifat utama dari Ripoxy R-802 adalah tahan terhadap korosi dan reaksi asam kimia. Ripoxy R-802 mempunyai daya tahan yang baik terhadap lingkungan yang lembab, kemampuan ikatannya dengan beberapa jenis serat tidak begitu baik dibandingkan dengan *epoxy*. Kemampuan daya ikatan yang baik terhadap serat gelas yang baik tapi tidak begitu baik dengan serat sintetis lain seperti carbon atau kevlar.

Dalam penggunaannya Ripoxy R-802 harus dicampur dengan katalis (MEKPO atau *cumene hydroperoxide*) dan promotor (*cobalt naphthenate*) atau promotor P-EX. Pencampuran antara katalis dan promotor akan menghasilkan gelembung udara sehingga dalam setelah dicampur lebih baik didiamkan sejenak agar gelembung udara dapat terangkat dari dalam resin.

Ripoxy R-802 juga mempunyai sifat *flammable* karena struktur kimianya telah mengandung monomer styrene dan dikategorikan ke dalam Class 3-3 oleh Intergovernmental Maritime Consultative Organization. (Showa Highpolymer, 2005).

5. Fraksi Volume

Untuk menghitung fraksi volume, parameter yang harus diketahui adalah berat jenis resin, berat jenis serat, berat komposit dan berat serat. Adapun fraksi volume yang ditentukan dengan persamaan (Harper, 1996) :

$$Wf = \frac{wf}{wc} = \frac{\rho f \cdot Vf}{\rho c \cdot Vc} = \frac{\rho f}{\rho c}$$

$$Vf = \frac{\rho c}{\rho f} \cdot wf = 1 - Vm$$

Jika selama pembuatan komposit diketahui massa *fiber* dan matriks, serta *density fiber* dan matriks, maka fraksi volume dan fraksi

Massa fiber dapat dihitung dengan persamaan (Shackelford, 1992) :

$$V_f = \frac{w_f / \rho_f}{w_f / \rho_f + w_m / \rho_m}$$

Dimana :

- V_f : Fraksi volume fiber
- V_m : Volume matriks (cm³)
- W_f : Fraksi berat fiber
- w_f : Berat fiber penyusun (gr)
- w_c : Berat komposit (gr)
- ρ_f : Berat jenis fiber (gr/cm³)
- ρ_c : Berat jenis komposit (gr/cm³)
- ρ_m : Berat jenis matriks (gr/cm³)

METODE PENELITIAN

Spesimen dalam penelitian ini adalah komposit serat gelas bermatriks Ripoxy R-802 EX dengan fraksi volume sebagai berikut :

- a. Serat gelas 15%
- b. Serat gelas 25%
- c. Serat gelas 35%
- d. Serat gelas 45%

Metode pengambilan data yang digunakan adalah metode eksperimen dengan pembuatan spesimen komposit serat gelas dan matriks yang dibuat secara berlapis dengan metode *handlay up*. Data diperoleh dari pengujian.

Pengujian yang dilakukan adalah pengujian bakar sesuai ASTM D635 yang merupakan *horizontal burning test*. Pengujian pertama adalah Untuk mendapatkan waktu nyala api (*Time to Igniton*) pada spesimen. Setelah timbul nyala api, *brender* pembakar dimatikan. Waktu yang dibutuhkan untuk menyalakan api pada specimen selama kurang dari 30 detik pada interval jarak 0 hingga 25 mm. Nilai *Time to Ignition* diperoleh saat waktu pertama penyalan api merambat pada Spesimen penelitian .

Nilai *Rate of Burning* diperoleh data waktu awal api merambat pada jarak 25 mm sampai jarak L =100 mm. Dengan kata lain nilai *Rate of Burning* diperoleh dari jarak sejauh 75mm (ASTM D-635).

(rate of burning). Ketahanan bakar yang baik diperoleh dari hasil data waktu penyalan api yang lama dan laju pembakaran rendah pada komposit.



Gambar 2 .Alat Pengujian Bakar

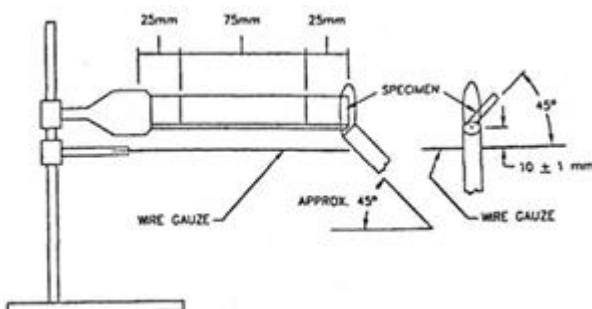
HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pengaruh Fraksi Volume Serat Gelas terhadap Time of Burning

Pengujian bakar untuk mengetahui ketahanan bakar komposit yaitu Time of Burning dan Rate of Burning dilakukan dengan metode Horizontal Burning Test. Spesimen komposit dibakar dengan posisi horisontal sesuai dengan ASTM D 635. Pada pengujian bakar ini, Nilai TOB diperoleh dari waktu penyalan api pertama pada spesimen komposit yang merambat pada spesimen uji selama kurang dari 30 detik pada interval jarak 0 s/d 25 mm. Pengujian bakar yang dilakukan telah diperoleh hasil berupa data dan grafik. Data dan grafik tersebut sebagai berikut :

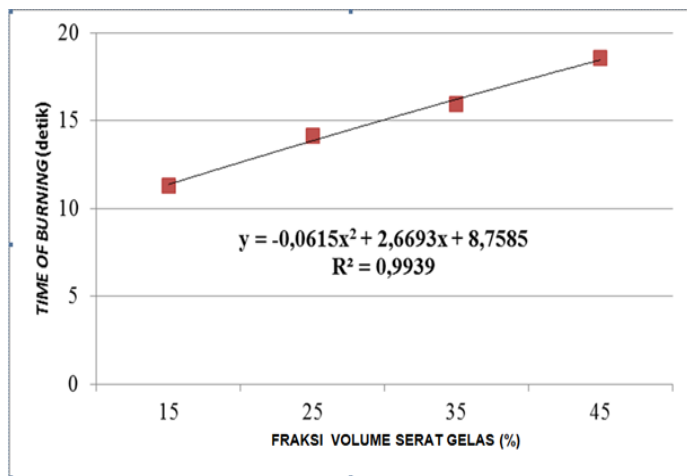
Tabel 1. Hasil Pengujian Time of Burning Komposit Serat Gelas Jenis E-glass Tipe CSM 300 X 1860 Bermatriks Ripoxy R-802 Ex

No	Variasi Fraksi Volume (%)	Dimensi (mm)			Time of Burning (detik)
		Panjang	lebar	tebal	
1	15	125	13	3	11,274
2	25	125	13	3	14,128
3	35	125	13	3	15,936
4	45	125	13	3	18,544



Gambar 1. Standar Pengujian Bakar (ASTM D-635)

Data yang bisa diperoleh dari pengujian bakar sesuai ASTM D-635 adalah data waktu penyalan api (time to igniton) dan kecepatan bakar



Gambar 3. Pengaruh Fraksi Volume Serat Gelas Jenis *E-glass* Tipe CSM 300 x 1860 terhadap *Time of Burning*

Gambar 3. menunjukkan bahwa terdapat perubahan waktu penyalan api pertama pada spesimen dengan variasi fraksi volume serat. Perbedaan penyalan api (*time of burning*) berbanding lurus dengan banyak fraksi serat gelas. Pada spesimen dengan 15% fraksi serat gelas, terlihat bahwa komposit serat gelas jenis *E-glass* tipe CSM 300 x 1860 memiliki ketahanan bakar yang paling kecil dibandingkan dengan variasi fraksi volume serat yang lainnya.

Pada komposit dengan fraksi serat gelas 15% Nilai TOB rata-rata 11,274 detik. Nilai TOB komposit dengan fraksi serat gelas 25% rata-rata 14,128 detik. Nilai TOB komposit dengan fraksi serat gelas 35% rata-rata 15,936 detik. Nilai TOB komposit dengan fraksi serat gelas 45% rata-rata 18,936 detik. Perbedaan ketahanan bakar ini disebabkan oleh variasi banyaknya fraksi serat yang mengisi pada masing-masing komposit. Nilai TOB atau waktu penyalan api yang lebih kecil menunjukkan bahwa komposit ini membutuhkan waktu yang cepat dalam penyalan apinya dan sebaliknya.

2. Pengaruh Fraksi Volume Serat Gelas terhadap *Rate of Burning*

Rate of Burning atau kecepatan laju bakar komposit merupakan cepat rambat api yang membakar spesimen uji bakar Pada pengujian bakar ini, nilai ROB diperoleh dari data waktu awal api merambat pada jarak 25 mm sampai menuju jarak $L = 100$ mm.

Kecepatan bakar atau Rate of Burning pada komposit diperoleh dari persamaan (ASTM D 635, 1998) sebagai berikut :

$$V = 60L/t$$

Keterangan :

V = ROB (mm / menit)

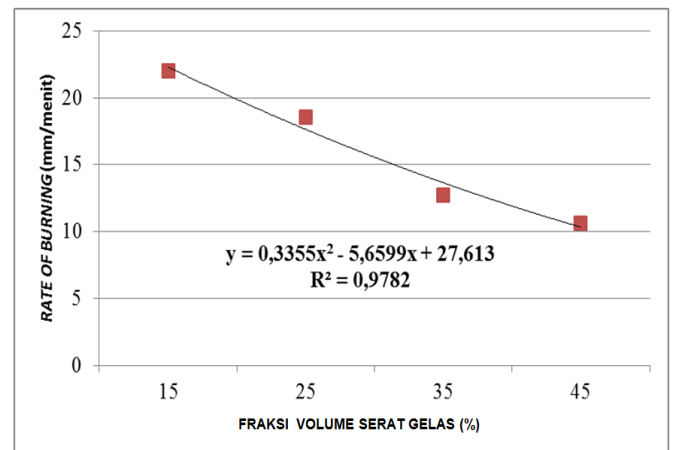
L = Panjang spesimen (75 mm)

t = Waktu rambat (detik)

Pengujian bakar yang dilakukan telah diperoleh hasil berupa data dan grafik sebagai berikut :

Tabel 2. Hasil Pengujian *Rate of Burning* Komposit Serat Gelas Jenis *E-glass* Tipe CSM 300 x 1860 Bermatriks *Ripoxy* R-802 EX.

No	Variasi Fraksi Volume (%)	Dimensi (mm)			Rate of Burning (mm / min)
		Panjang	lebar	tebal	
1	15	125	13	3	21,990
2	25	125	13	3	18,529
3	35	125	13	3	12,758
4	45	125	13	3	10,639



Gambar 4. Grafik Pengaruh Fraksi Volume Serat Gelas Jenis *E-glass* Tipe CSM 300 x 1860 terhadap *Rate of Burning*

Gambar 4. menunjukan bahwa komposit serat gelas jenis *E-glass* tipe CSM 300 x 1860 dikategorikan baik berdasarkan standar ketahanan bakar UL 94 (ASTM, 1994). Dapat dilihat bahwa nilai kecepatan bakar (*rate of burning*) komposit adalah berbanding terbalik dengan banyaknya fraksi serat gelas yang mengisi spesimen uji bakar.

Spesimen komposit dengan fraksi serat 15% mempunyai kecepatan bakar atau nilai ROB rata-rata 21,99 mm/menit. Nilai ROB komposit dengan fraksi serat gelas 25% rata-rata 18,529 mm/menit. Nilai ROB komposit dengan fraksi serat gelas 35% rata-rata 12,758 mm/menit. Nilai ROB komposit dengan fraksi serat gelas 45% rata-rata 10,639 mm/menit. Nilai ROB yang kecil menunjukkan bahwa komposit ini membutuhkan waktu yang lebih lama dalam proses pembakarannya dan sebaliknya.

KESIMPULAN

1. Pengaruh kandungan serat gelas menunjukkan bahwa semakin banyak kandungan serat gelas menyebabkan peningkatan *time of burning* dan penurunan *rate of burning*. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan serat gelas yang semakin besar akan meningkatkan ketahanan bakar komposit yaitu meningkatkan nilai TOB dan menurunkan nilai ROB.
2. Sesuai dengan ASTM D-635 untuk pengujian bakar dengan metode *horizontal burning test*, penggunaan serat gelas pada komposit dengan kandungan 45%, yang menjadikan komposit ini memiliki sifat paling tahan terhadap api.

DAFTARPUSTAKA

- Annual Book of Standards*, ASTM D 635-98 Standard, *Standard Test Method for Rate of Burning and/or Extent and Time of Burning of Plastics in a Horizontal Position*. New York.
- Annual Book of Standards*, ASTM D 635-98 Standard 1994. UL 94 Klasifikasi Api. *Underwriters Laboratories*. Northbrook, Illinois. USA.
- Aprina, S. (2010) *Sintesis Komposit Limbah Polipropilena/Serat Alam/Bentonit yang Memiliki Kemampuan Hambat Bakar dan Sifat Mekanik yang Baik*. Abstrak. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Barbero, Ever J. (1998). *Introduction to Composite Materials Design*. New York: CRC Press.
- Gibson, R.F. (1994). *Principles of Composites Material Mechanics*. Singapore : Mc Graw Hill Book Co.
- Hull, D and Clyne, T.W. (1996) *An Introduction to Composite Materials* (2nd edition) Cambridge Britain: University Press.
- Harper, C. (1996). *Handbook of Plastics and Elastomers*. New York: McGraw-Hill Inc.
- Jones, R.M. (1975). *Mechanics of Composite Materials*. Washington, DC: Scripta Book Company USA.
- Karnani, R., Krishnan M., and Narayan R. (1997). *Biofiber-reinforces Polypropylene Composites*. Polymer Engineering and Science, vol. 37 No. 2.
- Kurah, Victor. (2003) *Fabrication and Testing of Glass Fibre Reinforced Polyester Composites for Automobile Applications*. Department of Chemical Engineering. Zaria : Ahmadu Bello University.
- Matthews, F.L., Rawlings, RD. (1993). *Composite Material Engineering And Science*, Imperial College of Science. UK: Technology and Medicine London.
- Mouritz, A.P. & Gibson, A.G (2006). *Fire Properties of Polymer Composite Materials*. P.O. Box 17, 3300 AA Dordrecht, The Netherlands : Springer.
- P.T. Roy Aris. (2013). *Pengaruh Fraksi Berat dan Ukuran Serbuk Genteng Sokka terhadap Ketahanan Bakar Komposit Geopolimer*. Surakarta: Teknik Mesin UNS.
- Reiningsih Rifaida, Mutia Theresia, Judawisastra Hermawan. (2011). *Flame Resistant Sunvisor Composite With Pineapple Leaf Fiber As Raw Material*. Jurnal Riset Industri vol V no:2. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Schwartz, M.M. (1984). *Composite Materials Handbook*. New York : Mc Graw Hill Inc.
- Shackelford, (1992). *Introduction to Materials Science for Engineer Third Edition*. New York: Mac Millan Publishing Company.
- Strong, A. Brent. (1998). *Flammability Testing. Composites Fabrication*. pp.8-11.
- Technical Data Sheet Ripoxy Resin*. (2005). Showa Highpolymer Co., LTD, Japan.
- Tesoro, G.C. (1978). *Chemical Modification of Polymer with Flame Retardant Compounds*. Journal of Polymer Science : Macromolecular Reviews, Vol. 13, 283-353.
- UL 94. (1998). *Test for Flammability of Plastic Materials for Parts in Devices and Appliances*. ISBN 0-7629-0082-2. Northbrook.