

# PENGARUH JUMLAH LAPISAN TERHADAP KETAHANAN BAKAR KOMPOSIT SERAT KACA BERMATRIKS RIPOXY R-802 EX

Ismanto Pusir Karno, Yuyun Estriyanto, Dinar 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 :karno.liem@yahoo.com

## ABSTRACT

*The purpose of this research was to investigate the effect of layers number toward flame resistance of ripoxy R-802 EX 800 gr/m<sup>2</sup> woven roving e glass fiber glass composite. The flame resistance characteristic studied were the ignition time and the burn rate of ripoxy R-802 EX 800 gr/m<sup>2</sup> woven roving e glass fiber glass composite with the number of fiber glass layers variation (up to 5 layers). The method which used in this research was experimental method. The research was done at Engineering Materials Laboratory, Mechanical Engineering Department, Engineering Faculty, of Sebelas Maret University Surakarta which located at Jalan Ir. Sutami No.36 A Surakarta. The equipment which used to study composite burning resistant was burn tester based on ASTM D-635. The specimens in this research was ripoxy R-802 EX 800 gr/m<sup>2</sup> woven roving e glass fiber glass composite. Burning test was done based on ASTM D-635 standard (horizontal burning test). The data analysis which used in this research was descriptive analysis method. Based on experimental result can be concluded: (1) The effect of fiber glass layers number indicated more fiber glass layers number caused increasing of ignition time and decreasing burn rate at composite. It was indicated that more fiber glass layers number will decreased composite burn rate. (2) 5 woven roving 800 gr/m<sup>2</sup> fiber glass layers caused this composite inflammable and the best variation of spessimen, because the fire extinguished before recommended distance based on ASTM D-635UL 94.*

**Keywords :** *fiber glass composite, composite flame resistance, composite burning rate, composite burning test, ASTM D-635.*

## PENDAHULUAN

Pemilihan dan penggunaan suatu bahan dalam dunia teknik, terlebih dahulu dilakukan analisis terhadap bahan tersebut. Proses pemilihan membutuhkan informasi tentang sifat-sifat bahan tersebut. Pengetahuan mengenai jenis-jenis dan sifat-sifat bahan merupakan pengetahuan dasar yang harus dimiliki bagi seorang perencana di bidang teknik mesin. Dengan pengetahuan ini, perencana akan dapat memperlakukan bahan-bahan yang digunakan sesuai dengan kondisi yang dipersyaratkan sehingga dapat menghindari penggunaan yang berbahaya.

Suatu material dinyatakan gagal apabila tidak mempunyai kemampuan untuk memenuhi fungsi utama dari perencanaan yang dikehendaki. Faktor utama penyebab suatu bahan mengalami kegagalan adalah beban maksimum yang bekerja melebihi tegangan patah bahan, tetapi tidak semua bahan gagal dengan cara yang sama. Adapun faktor lain

yang mempengaruhi sifat dari bahan tersebut misalnya kekuatan terhadap menghadapi hantaman, sifat elastisitas dan kerapuhan juga mempengaruhi sifat mekanik suatu bahan. Faktor-faktor yang mempengaruhi kegagalan sangat tergantung pada sifat dasar dan keadaan bahan tersebut, jenis pembebanan yang dikenakan, kadar pembebanan yang dialami, temperatur dan keadaan lingkungan, pengaruh tumpuan beban, ketidaksempurnaan permukaan, atau cacat bahan.

Kebutuhan material komposit dunia industri transportasi semakin lama penggunaannya semakin meningkat. Pemilihan material ini dipertimbangkan dari berbagai kelebihan dari material ini jika dibandingkan dengan logam. Perbandingan kekuatan mekanik yang lebih baik serta sifat ketahanan korosinya, di samping penggunaan logam yang semakin meningkat akan tetapi keterbatasan jumlahnya di alam yang semakin

menipis. Oleh karena itu, akhir-akhir ini banyak dikembangkan material baru sebagai pengganti logam.

Hampir semua kecelakaan pada transportasi umum banyak menelan korban jiwa akibat kebakaran yang terjadi setelah terjadi kecelakaan. Oleh karena itu dibutuhkan bahan yang bersifat insulator yang dapat menahan laju api dari luar. Penggunaan material pada industri transportasi mulai berkembang khususnya pada bahan yang cukup tahan lama untuk terbakar. Bahan-bahan sintetik seperti serat kaca adalah serat yang lazim digunakan dalam industri transportasi, karena sifatnya yang lebih unggul dibandingkan dengan bahan serat alam. Contoh aplikasinya yaitu pada dashboard, headlining, door trim dan sunvisor (Rifaida Reiningsih dkk, 2011). Serat kaca lebih banyak digunakan sebagai serat penguat karena selain sifat mekaniknya yang cukup baik, harganya juga tidak begitu mahal dibandingkan dengan serat lainnya, seperti serat karbon atau aramid. Banyak penelitian yang telah dilakukan untuk menguji kekuatan mekanik dari komposit serat kaca ini.

Di samping dari kelebihan kekuatan mekanik dan tahan terhadap korosi, rawannya material komposit terjadi ketika komposit dikenakan pekerjaan dengan suhu tinggi. Kalor menyebabkan ikatan matriks pada komposit akan mengalami penguraian yang menyebabkan kegagalan struktur pada komposit. Efek kegagalan tersebut dapat menyebabkan kecelakaan serius pada pengendara. Inilah kelemahan pada komposit yang harus dilakukan penelitian pengembangan lanjut, sehingga meminimalisir terjadinya kegagalan pada sebuah rancangan aplikasi.

Diperlukan sebuah penelitian untuk mengetahui karakteristik termal komposit serat kaca ini, karena komposit jenis ini banyak digunakan sebagai bahan utama interior transportasi, terutama apabila terjadi sebuah kecelakaan kemudian terjadi kebakaran. Adanya pengetahuan dan wawasan tentang ketahanan bakar dari komposit tersebut akan membantu korban untuk mengetahui waktu untuk dapat meloloskan diri dari bahaya kebakaran pada transportasi.

## KAJIAN TEORI

### 1. Komposit

Kata komposit (*composite*) merupakan kata sifat yang berarti susunan atau gabungan.

*Composite* berasal dari kata kerja “*to compose*” yang berarti menyusun atau menggabung. Jadi secara sederhana, bahan komposit berarti bahan gabungan yang tersusun dari dua atau lebih bahan yang berlainan kemudian digabung atau dicampur secara makroskopis.

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

a. 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. Bahan komposit serat ini terdiri dari dua macam, yaitu serat panjang (*continuous fiber*) dan serat pendek (*short fiber* atau *whisker*). Dalam penelitian ini diambil bahan komposit serat (*fiber composite*). Penggunaan bahan komposit serat sangat efisien dalam menerima beban dan gaya. Bahan komposit serat sangat kuat dan kaku bila dibebani searah serat, sebaliknya sangat lemah bila dibebani dalam arah tegak lurus serat (Hadi, 2000).

b. Komposit partikel (*particulate composite*)

Komposit partikel merupakan komposit yang menggunakan partikel atau serbuk sebagai penguatnya dan terdistribusi secara merata dalam matriksnya.

c. Komposit serpih (*flake*)

*Flake Composites* adalah komposit dengan penambahan material berupa serpih kedalam matriksnya. *Flake* dapat berupa serpihan mika dan metal (Schwartz, 1984).

d. Komposit sketal (*filled*)

*Filled composites* adalah komposit dengan penambahan material ke dalam matriks dengan struktur tiga dimensi (Schwartz, 1984).

e. Komposit laminat (*laminated composite*)

*Laminated Composite* (komposit lapisan) merupakan jenis komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabung menjadi satu dan setiap lapisnya memiliki karakteristik sifat sendiri.

### 2. Matriks

Matriks (resin) dalam susunan komposit bertugas melindungi dan mengikat serat agar

dapat bekerja dengan baik. Matriks harus bisa meneruskan beban dari luar ke serat. Umumnya matriks terbuat dari bahan-bahan yang lunak dan liat. Polimer (plastik) merupakan bahan umum yang biasa digunakan. Matriks juga umumnya dipilih dari kemampuannya menahan panas. Polyester, vinilester dan epoksi adalah bahan-bahan polimer yang sejak dahulu telah dipakai sebagai bahan matriks. 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*.

### 3. Polimer Termoset

Polimerisasi polimer termoset dihasilkan oleh reaksi kimia yang melibatkan dua tahap, yaitu ; Prapolimer, pembentukan rantai molekul yang sangat panjang, sama seperti termoplast. Pencetakan, pada tahap ini panas dan tekanan diberikan. Rantai molekul yang panjang diikat melalui ikatan yang kuat agar bahan tidak menjadi lembut kembali. Bila panas berikut diberikan maka bahan akan hangus dan rusak.

Polimer termoset jika dipanaskan akan mengalami perubahan kimia dan fasa dari plastik padat menjadi suatu bahan yang keras dan kaku. Sebelum dipanaskan, polimer termoset memiliki struktur rantai linear atau bercabang panjang. Setelah dipanaskan struktur molekul paut silang/ jalinan di antara rangkaian polimer yang berdekatan. Proses jalinan ini berlangsung kekal.

Polimer termoset lembut jika dipanaskan pertama kali dan mengeras jika didinginkan. Termoset tidak akan lembut bila diberikan panas berikutnya dan umumnya menjadi lebih keras, lebih kuat dan lebih rapuh dibandingkan dengan termoplastik dan hanya sekali pakai. Contoh jenis polimer termoset adalah epoxy, phenolik, polyester, vinyl ester, dan lain-lain.

### 4. Serat Kaca

Serat kaca (*fiberglass*) adalah kaca cair yang ditarik menjadi serat tipis dengan garis tengah sekitar 0,005 mm sampai dengan 0,01 mm. 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 antara lain (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, lalu kemudian dianyam.

### 5. Resin 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 akan digunakan adalah jenis vinyl ester. Ripoxy R-802 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 industri produk yang telah direalisasikan, dan seluruh proses dikontrol oleh DCS. Ripoxy R-802 memiliki kelebihan seperti tahan terhadap zat asam, air, ketahanan pelarut organik dan lain-lain, serta 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 kaca yang baik tapi tidak begitu baik dengan serat sintetis lain seperti karbon atau Kevlar.

Dalam penggunaannya Ripoxy R-802 harus dicampur dengan katalis (MEKPO atau *cumene hydroperoxide*) dan promotor (*cobalt naphthenate* atau *promoter D*). 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 *inflammable* karena struktur kimianya telah mengandung monomer styrene dan dikategorikan kedalam Class 3-3 oleh Intergovernmental Maritime Consultative Organization. (*Technical Data Sheet Ripoxy Resin. Showa Highpolymer Co., LTD, Japan, 2005*)

## 6. Katalis MEKPO

Katalis digunakan untuk membantu proses pengeringan resin dan serat dalam komposit. Waktu yang dibutuhkan resin untuk berubah menjadi plastik tergantung pada jumlah katalis yang dicampurkan. Penelitian ini menggunakan katalis metil *methyl katon peroxide* (MEKPO) yang berbentuk cair dan berwarna bening.

Semakin banyak katalis yang ditambahkan pada resin maka makin cepat pula proses curingnya, tetapi apabila kelebihan katalis material yang dihasilkan akan getas atau resin dapat terbakar dengan mudah. Penambahan

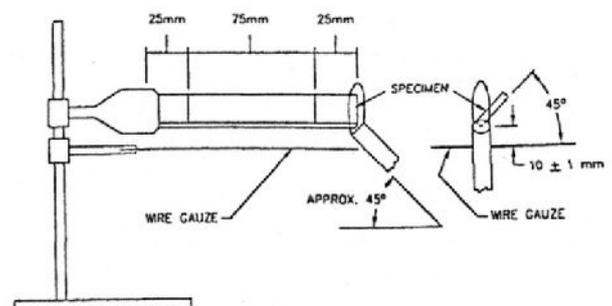
katalis yang baik 1% dari volume resin. Bila terjadi reaksi akan timbul panas antara 60 °C sampai dengan 90 °C. Panas ini cukup untuk mereaksikan resin sehingga diperoleh kekuatan dan bentuk plastik yang maksimal sesuai dengan bentuk cetakan yang diinginkan. Pemakaian katalis dalam penelitian ini adalah 2,9 % dari berat resin total.

## METODE PENELITIAN

Spesimen dalam penelitian ini adalah komposit serat kaca bermatriks Ripoxy R-802 EX dengan komposisi variasi 1 hingga 5 lapis serat kaca tipe *woven roving* 800 gram/m<sup>2</sup>. Metode pengambilan data yang digunakan adalah metode eksperimen dengan pembuatan spesimen komposit serat kaca dan matriks yang dibuat secara berlapis dengan metode *hand lay up*. Data diperoleh dari pengujian.

Pengujian yang dilakukan adalah pengujian bakar sesuai ASTM D 635 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 spesimen selama kurang dari 30 detik pada interval jarak 0 hingga 25 mm. Nilai *Time to Ignition* diperoleh saat waktu pertama penyalaan 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 75 mm (ASTM D-635).



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

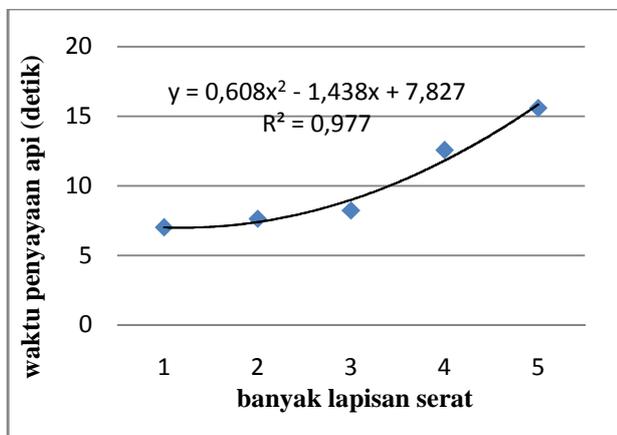
Data yang bisa diperoleh dari pengujian bakar sesuai ASTM D-635 adalah data waktu penyalaan api (*time to igniton*) dan kecepatan bakar (*rate of burning*). Ketahanan bakar yang baik

diperoleh dari hasil data waktu penyalaan api yang lama dan laju pembakaran rendah pada komposit.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Pengaruh Variasi Banyak Lapisan Serat Terhadap Waktu Penyalaan Api (*Time to Ignition*)

Untuk mengetahui ketahanan bakar komposit serat kaca maka perlu dilakukan pengujian terhadap material tersebut. Pengujian bakar adalah dengan metode *horizontal burning test*. Benda dibakar dengan posisi horisontal sesuai dengan ASTM D-635. Pengujian bakar ini dihitung pada waktu penyalaan api (*time to ignition*) pada komposit.



Gambar 2. Waktu Penyalaan Api Komposit Serat Kaca Jenis E Glass Tipe Woven Roving 800 gr/m<sup>2</sup> dengan Variasi Jumlah Lapisan Serat

Berdasarkan Gambar di atas terlihat bahwa terdapat perubahan waktu penyalaan api pertama pada spesimen dengan variasi lapisan serat. Perbedaan penyalaan api (*time to ignition*) menjadi bertambah dengan seiring dengan banyaknya lapisan serat kaca. Pada spesimen dengan 1 lapis serat, terlihat bahwa komposit serat kaca jenis E glass tipe woven roving 800 gr/m<sup>2</sup> memiliki ketahanan nyala api yang lebih kecil bila dibandingkan dengan menggunakan 5 lapisan serat.

Perbedaan ketahanan bakar ini disebabkan oleh banyaknya serat yang mengisi pada masing-masing komposit. Semakin banyak lapisan serat yang mengisi komposit maka waktu penyalaan api menjadi semakin lama. Waktu penyalaan api yang lebih kecil

menunjukkan bahwa komposit ini membutuhkan waktu yang cepat dalam penyalaan apinya.

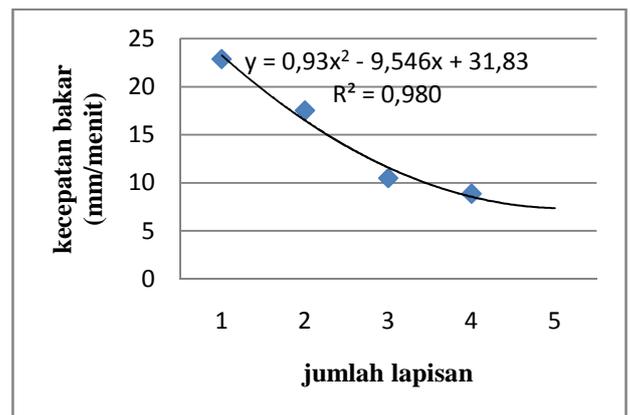
### 2. Pengaruh Variasi Banyak Lapisan Serat terhadap Kecepatan Bakar (*Rate of Burning*) Komposit Serat Kaca

Kecepatan bakar merupakan cepat rambat api yang membakar spesimen uji bakar. Dalam proses pengujian ini kecepatan bakar dihitung sejauh 25 mm dari titik penyalaan api hingga 100 mm. Kecepatan bakar ini dapat didapat dengan rumus perhitungan:

$$v = \frac{m}{s}$$

Keterangan :

- v = kecepatan laju bakar (mm/min)
- m = jarak tempuh api (75 mm)
- s = waktu tempuh (min)



Gambar 3. Kecepatan Bakar Komposit Serat Kaca Jenis E Glass Tipe Woven Roving 800 gr/m<sup>2</sup> Variasi Jumlah Lapisan Serat

Berdasarkan hasil gambar di atas menunjukkan bahwa komposit serat kaca jenis E glass tipe woven roving 800 gr/m<sup>2</sup> dikategorikan baik berdasarkan standar ketahanan bakar UL 94 (ASTM, 1894). Dapat dilihat bahwa nilai kecepatan bakar komposit berbanding terbalik dengan banyaknya lapisan serat yang mengisi spesimen uji bakar. Semakin banyak serat yang mengisi komposit maka kecepatan pembakaran menjadi semakin berkurang. Spesimen dengan variasi 5 lapis serat dapat dikatakan *inflammable* karena api yang membakar padam sebelum menyentuh titik akhir (25 mm sampai 100 mm).

## KESIMPULAN

1. Penambahan lapisan serat kaca jenis E glass tipe *woven roving* 800 gr/m<sup>2</sup> mempengaruhi waktu penyalaan api pada komposit, hal ini dapat dilihat pada spesimen uji. Jumlah lapisan serat yang semakin banyak menjadikan waktu penyalaan api yang lebih lama.
2. Penambahan lapisan serat kaca jenis E glass tipe *woven roving* 800 gr/m<sup>2</sup> mempengaruhi kecepatan bakar pada komposit. Penambahan jumlah lapisan serat kaca jenis E glass tipe *woven roving* 800 gr/m<sup>2</sup> akan menjadikan kecepatan bakar yang pada komposit semakin menurun.
3. Sesuai dengan ASTM D 635 untuk pengujian bakar dengan metode *horizontal burning test*, Penggunaan serat kaca jenis E glass tipe *woven roving* 800 gr/m<sup>2</sup> dengan variasi 5 lapis serat akan menjadikan komposit ini bersifat *inflammable*.

## DAFTAR PUSTAKA

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.

Barbero, Ever J (1998) *Introduction to Composite Materials Design*, new york. CRC Press V\* J Taylor Si Francis Group. Diunduh pada tanggal 13 November 2013 dari <http://www.gbv.de/dms/ilmenau/toc/626731402.PDF>

Gibson, R.F. (1994). *Principles of Composites Material Mechanics*. Singapore. Mc Graw Hill Book Co. Diunduh pada tanggal 13 November 2013 dari [http://www.iaukhoy.ac.ir/download/Principles%20of%20composite%20materials.\(GIBSON\).pdf](http://www.iaukhoy.ac.ir/download/Principles%20of%20composite%20materials.(GIBSON).pdf)

Santoso (2002). *Bentuk Serat Kaca*. Medan. Universitas Sumatra Utara.

Schwartz, M.M. (1984). *Composite Materials Handbook*. Mc Graw Hill Inc. New York. USA.

*Technical Data Sheet Ripoxy Resin*. (2005). Showa Highpolymer Co., LTD, Japan.

UL 94. (1998). *Test for Flammability of Plastic Materials for Parts in Devices and Appliances*. ISBN 0-7629-0082-2. Northbrook. Didapat pada tanggal 17 oktober 2013 dari <http://www.lairdtech.com/WorkArea/DownloadAsset.aspx?id=3417>

Wallenberger Frederick T., Watson James C., and Li Hong. (2001) *ASM International*. All Rights Reserved. *ASM Handbook, Vol. 21: Composites* didapat pada tanggal 11 November 2013 dari, [http://www.asminternational.org/content/ASM/StoreFiles/06781G\\_p27-34.pdf](http://www.asminternational.org/content/ASM/StoreFiles/06781G_p27-34.pdf)