

PENGARUH VARIASI SUHU SIKLUS TERMAL TERHADAP KARAKTERISTIK MEKANIK KOMPOSIT HDPE–SAMPAH ORGANIK

Triono Karso¹, Wijang Wisnu Raharjo², Heru Sukanto²

¹Program Sarjana Jurusan Teknik Mesin – Universitas Sebelas Maret

²Staf Pengajar – Jurusan Teknik Mesin – Universitas Sebelas Maret

Keywords :

*Composite
HDPE
Organic waste
Pressure sintering
Thermal cycling*

Abstract :

The aim of this research is to examine the effect of thermal cycling on the characteristic of HDPE-organic waste composite including flexural strength, impact strength and shear press strength.

Composite is made from HDPE waste and organic waste (leaves and twigs). The composite was made by using the pressured sintering method. The pressured sintering process was conducted at 10 minutes sintering time, temperature of 120 °C with pressure of 8,7 kPa, and volume fraction of HDPE of 0.3. Thermal cycling of HDPE-organic waste composite use temperature range 60, 70, 80, 90, 100, 110 °C. Thermal cycling composites are tested in the form of mechanical strength including the flexural strength and shear press referring to ASTM D1037, and impact referring to ASTM D5941. Besides, the research observed the fracture surface of bending test results by using SEM (scanning electron microscopy) photos.

Increased temperature of cycle 60-110 °C will break the bond between organic material and HDPE that affect the impairment for bending is 56.93%, for compression shear 71.75% and for impact is 74.33%.

PENDAHULUAN

Kebutuhan jaman sekarang akan pemakaian logam yang terus meningkat membuat ketersediaan logam semakin menipis di alam, untuk itu dibutuhkan sebuah material alternatif yang bisa mewakili sifat-sifat dari logam tersebut, karena alasan ini maka muncullah material baru yang disebut dengan material komposit, salah satu jenisnya adalah komposit daur ulang yang menggunakan bahan dasar sampah organik dan anorganik. Sampah kota Solo yang di hasilkan pada hari biasa rata-rata mencapai 260 ton/hari, namun jumlah ini akan terus meningkat 3-6 % saat hari libur (Subroto, 2012). Oleh karena itu pembuatan komposit berbahan dasar sampah merupakan salah satu alternatif untuk mengurangi volume sampah kota.

Variasi suhu yang semakin meningkat pada siklus termal dapat menurunkan kekuatan mekanik komposit, hal ini sesuai dengan penelitian Cao S., Dkk (2009) yang menunjukkan bahwa kekuatan tarik serat karbon berkurang secara signifikan dengan peningkatan suhu dari 16, 30, 55, 80, 120, 160 sampai 200 °C, pada suhu tinggi hibridisasi serat mampu mengurangi penurunan kekuatan tarik komposit CFRP. Kemampuan energi serap komposit dengan matrik polimer berkurang seiring dengan peningkatan temperatur perlakuan pada pengujian impak *velocity*, seperti penelitian yang dilakukan oleh Aktas M., Dkk (2010) dengan menggunakan variasi suhu 20, 60, dan 100 °C.

Peningkatan jumlah siklus termal yang diberikan pada komposit dengan matrik *epoxy* dapat menyebabkan kerusakan ikatan antar muka yang dapat menyebabkan terjadinya *crack* (retakan), hal ini sesuai dengan penelitian Papanicolaou G.C., dkk (2009) yang mengkaji tentang pengaruh perlakuan panas kejut (*thermal shock*) dengan variasi jumlah siklus 6, 12, 24, 36 dan 48 kali, hasil penelitiannya menunjukkan perlakuan *thermal shock* menyebabkan kegagalan *debonding* pada matrik karena pengaruh *thermal fatigue*, sedangkan untuk variasi jumlah siklus ditemukan adanya kerusakan *micro crack* yang meningkat pesat dengan bertambahnya jumlah siklus.

Penelitian menggunakan variasi suhu siklus termal untuk komposit berbahan dasar HDPE dan sampah organik merupakan suatu penelitian baru yang sangat menarik untuk diteliti dan dikembangkan, oleh karena itu sangatlah penting untuk mengetahui efek dari beban termal yang berulang terhadap sifat mekanik dari komposit HDPE-sampah organik.

PERUMUSAN MASALAH

Bagaimana pengaruh siklus termal dengan variasi perubahan suhu dan pengaruh jumlah siklus termal terhadap karakteristik mekanik komposit berbahan dasar HDPE-sampah organik.

BATASAN MASALAH

Batasan-batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

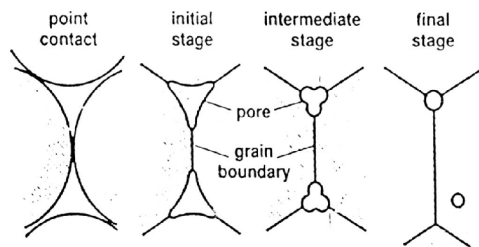
- Distribusi serbuk HDPE, serbuk ranting dan serbuk daun yang digunakan dalam pembuatan komposit ini dianggap merata selama proses pencampuran.
- Distribusi panas diasumsikan merata selama proses *sintering*.
- Panas yang diterima oleh komposit dianggap sama dan merata selama proses siklus termal.

TUJUAN PENELITIAN

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh siklus termal terhadap karakteristik mekanik komposit HDPE-sampah organik berupa kekuatan *bending*, kekuatan impak dan kekuatan geser tekan.

Sintering

Sintering adalah pengikatan antara partikel-partikel serbuk pada suhu tinggi. Gambar 1 memperlihatkan skema penyusutan pori-pori antar partikel serbuk selama proses *sintering*. Pada kondisi awal adalah kondisi setelah kompaksi, yaitu masih terdapat pori-pori antar partikel serbuk. Awal proses *sintering* mulai terjadi pengikatan antar partikel serbuk sehingga pori-pori mulai mengecil.



Gambar 1. Skema penyusutan pori selama proses *sintering*. (German, 1994).

Kontak antara partikel serbuk akan membesar. Jika proses *sintering* terus berlanjut karena adanya tekanan selama proses kompaksi dan partikel serbuk mulai mengalami perubahan fase menjadi lebih lunak, dan ketika material sudah pada kondisi suhu ruang akan menghasilkan ikatan yang lebih kuat.

METODOLOGI PENELITIAN

a. Persiapan Bahan Dasar

Mengumpulan plastik jenis HDPE yang berasal dari tempat penampungan sampah plastik. Sedangkan sampah organik berasal dari lingkungan sekitar kampus UNS.

b. Perlakuan Awal

HDPE dicuci dan dibersihkan dari kotoran yang menempel, selanjutnya dijemur agar kering. Sedangkan untuk sampah organik dijemur agar mudah hancur saat proses penggilingan (*crushing*).

c. Proses *Crushing*

Pembuatan bahan dasar komposit menjadi serbuk dilakukan dengan proses *crushing*.

d. Proses Penyaringan

Serbuk daun, ranting, dan HDPE dari hasil *crushing* selanjutnya akan disaring, ukuran serbuk HDPE yang digunakan adalah lolos *mesh* 30 dan tidak lolos *mesh* 40, sedangkan ukuran serbuk daun dan ranting yang digunakan adalah lolos *mesh* 6 dan tidak lolos *mesh* 10.

e. Pencampuran Serbuk

Bertujuan untuk menyeragamkan komposisi dan mengurangi segregasi yang terjadi akibat pergerakan atau getaran pada serbuk. Pencampuran serbuk dilakukan dalam keadaan kering. Fraksi volume HDPE 30%, serbuk daun 35%, dan serbuk ranting 35%. Pencampuran dilakukan dalam tabung silinder yang diputar dengan kecepatan 75 rpm.

f. Pembuatan Spesimen

Pembuatan spesimen dengan metode *Pressured Sintering*. Pada penelitian ini digunakan tekanan *sintering* 8,7 kPa, temperatur *sintering* 120 °C, waktu *sintering* 10 menit, fraksi volume HDPE 0,3.

g. Pengukuran Densitas

Pengukuran densitas selain digunakan untuk memprediksi sifat mekanik spesimen, juga digunakan untuk mengecek keseragaman spesimen sebelum dilakukan penelitian.

h. Perlakuan Siklus Termal

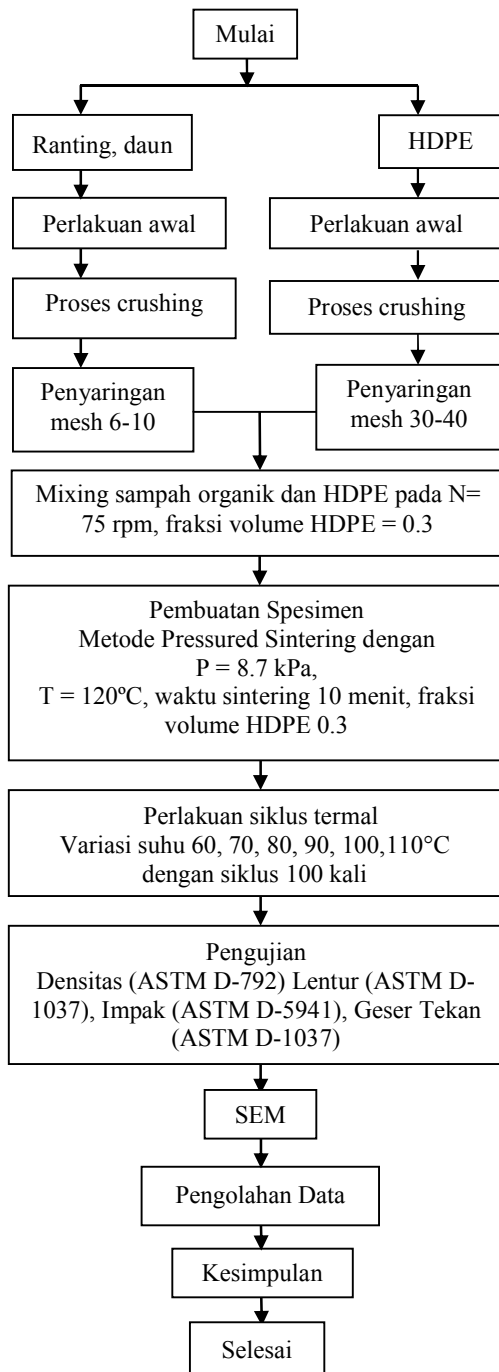
Sebelum dilakukan pengujian mekanik spesimen terlebih dahulu mendapat perlakuan siklus termal dengan variasi suhu 60, 70, 80, 90, 100 dan 110 °C dan dengan variasi jumlah siklus 100, 150, 200, dan 250 kali.

i. Tahap Pengujian

Pengujian spesimen yang dilakukan adalah :

- Pengujian Kekuatan Lentur
Pengujian ini mengacu pada ASTM D 1037.
- Pengujian Kekuatan Impak
Pengujian ini mengacu pada ASTM D 5941.
- Pengujian Kekuatan Geser Tekan
Pengujian geser tekan mengacu pada ASTM D 1037.

Diagram Alir Penelitian

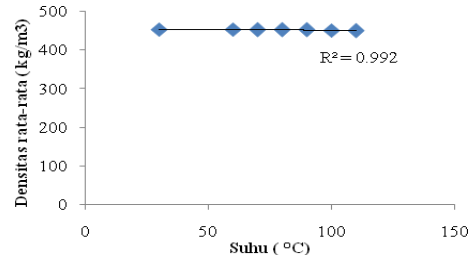


Gambar 2. Bagan tata cara penelitian

HASIL DAN ANALISA

A. Pengaruh Variasi Temperatur Siklus Termal
1. Pengukuran Densitas Komposit HDPE-Sampah Organik

Pengukuran densitas komposit HDPE-sampah organik dilakukan sebelum dan setelah perlakuan siklus termal.



Gambar 3. Penurunan nilai densitas komposit HDPE-sampah organik setelah dikenai siklus termal

Pengukuran densitas dilakukan untuk mengetahui keseragaman komposit dan memprediksi kekuatan suatu komposit. Selanjutnya dilakukan perlakuan siklus termal dengan variasi suhu. Gambar 3 di atas dapat dilihat nilai densitas komposit penurunannya sangat kecil bahkan bisa dikatakan cenderung tetap. Meskipun nilai untuk densitas cenderung tetap tetapi ikatan yang terjadi antar muka material penyusun komposit telah rusak. Fakta ini bisa dilihat pada gambar 6. Penurunan nilai densitas yang sangat kecil ini disebabkan karena massa dari komposit mengalami penurunan akibat kadar air di dalam komposit yang turun setelah komposit dikenai siklus termal. Fakta ini bisa dilihat pada gambar 4. Pada gambar 4 terlihat perubahan warna dari komposit sebelum dan sesudah dikenai siklus termal. Komposit sebelum dikenai siklus termal memiliki warna yang lebih gelap, sedangkan komposit yang telah dikenai siklus termal warnanya lebih terang dan terlihat lebih kering.



(a.)

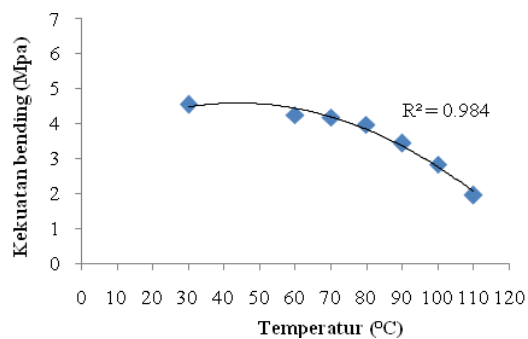


(b.)

Gambar 4. Perubahan warna komposit : (a.) sebelum dikenai siklus termal; (b) setelah dikenai siklus termal

2. Pengaruh Variasi Suhu Siklus Termal Terhadap Kekuatan Lentur

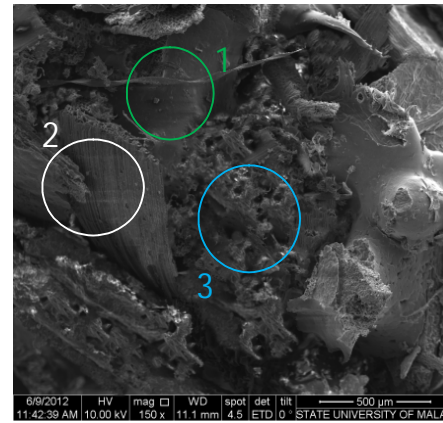
Hasil pengujian lentur komposit HDPE-sampah organik ditampilkan pada gambar 5 di bawah ini.



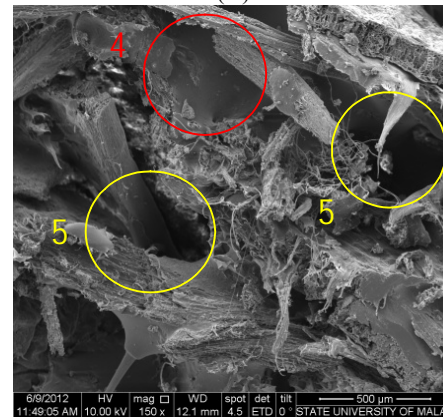
Gambar 5. Pengaruh variasi suhu siklus termal terhadap kekuatan lentur

Nilai kekuatan *bending* semakin turun dengan bertambahnya temperatur. Penurunan kekuatan *bending* dari temperatur 30 °C (tanpa perlakuan) sampai temperatur 110 °C mencapai 56,93 %. Semakin tinggi temperatur siklus termal akan menurunkan kekuatan *bending* komposit HDPE-sampah organik. Penurunan kekuatan *bending* yang sangat signifikan terjadi pada temperatur 110 °C yaitu sebesar 44,96 %, hal ini disebabkan karena temperatur distorsi dari HDPE yang hanya sekitar 60-80 °C (Martienssen W. dan Warlimont H., 2005) sehingga saat diberi perlakuan siklus termal material HDPE mengalami perubahan fase dari padat ke fase cair yang mengakibatkan ikatan antar muka antara HDPE dan sampah organik menjadi melemah dan lama kelamaan sampah organik akan terlepas dari HDPE dan meninggalkan pori yang bertambah banyak seiring dengan ditambahkannya temperatur siklus termal. Pori yang timbul sangat mempengaruhi kekuatan *bending*, karena pori merupakan tempat awal terjadinya retakan (*initial crack*). Ikatan antar muka yang melemah akan menyebabkan ketahanan daya lengkung komposit HDPE-sampah organik berkurang. Fakta ini dapat dilihat pada gambar 6 yang merupakan gambar penampang patah *bending* yang diamati menggunakan foto SEM.

Kondisi seperti ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Papanicolaou G.C., dkk. (2009), pengaruh perlakuan panas kejut (*thermal shock*) terhadap komposit dengan matrik *epoxy* menyebabkan kegagalan *debonding* pada matrik karena pengaruh *thermal fatigue* dan sesuai dengan penelitian Surdia, (2000), bahwa lamanya waktu berada pada temperatur tinggi juga dapat menjadi satu penyebab menurunnya kekuatan polimer, polimer dalam waktu singkat pada temperatur yang lebih tinggi akan memberikan pengaruh kerusakan signifikan.



(a.)



(b.)

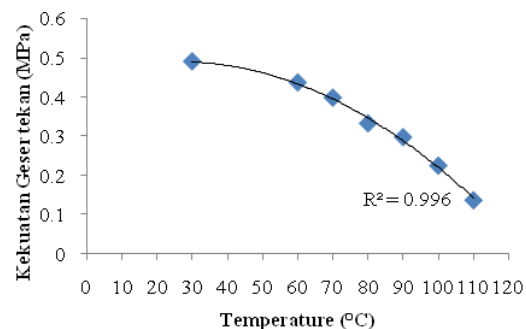
Gambar 6. Pengamatan SEM (a.) sebelum dikenai siklus termal; (b.) setelah dikenai siklus termal

Keterangan gambar 6 :

1. HDPE (lingkaran warna hijau)
2. Ranting (lingkaran warna putih)
3. Daun (lingkaran warna biru)
4. Ikatan antar muka (lingkaran warna merah)
5. Pori (lingkaran warna kuning)

3. Pengaruh Variasi Suhu Siklus Termal Terhadap Kekuatan Geser Tekan

Hasil pengujian geser tekan komposit HDPE-sampah organik ditampilkan pada gambar 7.

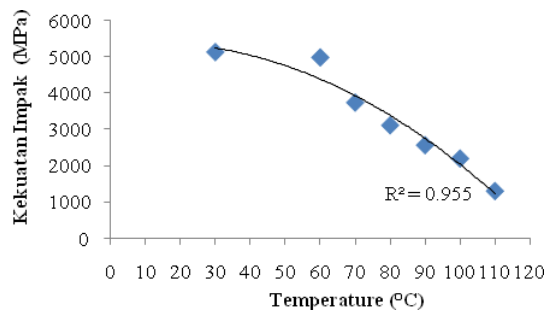


Gambar 7. Pengaruh variasi suhu siklus termal terhadap kekuatan geser tekan

Kekuatan geser tekan juga mengalami penurunan dengan bertambahnya temperatur siklus termal. Penurunan kekuatan geser tekan dari variasi tanpa perlakuan sampai variasi dengan temperatur 110 °C mencapai 71,75 %. Penurunan nilai geser tekan terbesar terjadi pada temperatur 110 °C sebesar 63,25 %, ini disebabkan karena pada temperatur 110 °C material penyusun komposit seperti daun dan ranting mulai terlepas dari ikatan yang disebabkan karena perubahan fase dari HDPE. Terlepasnya daun dan ranting dari ikatan menyebabkan timbulnya pori baru yang mengakibatkan ikatan antar muka pada komposit HDPE-sampah organik menjadi lemah dan rusak, sehingga ketahanan komposit untuk menahan gaya geser berkurang. Hal ini bisa dilihat pada gambar 6.b.

4. Pengaruh Variasi Suhu Siklus Termal Terhadap Kekuatan Impak

Hasil dari pengujian kekuatan impact komposit HDPE-sampah organik dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Pengaruh variasi suhu siklus termal terhadap kekuatan impact.

Seperti halnya pada pengujian *bending* dan geser tekan, kekuatan impact juga mengalami penurunan dengan bertambahnya temperatur siklus termal. Penurunan kekuatan impact dari variasi tanpa perlakuan sampai variasi dengan temperatur 110 °C mencapai 74,33 %, sedangkan penurunan terbesar terjadi pada perlakuan siklus termal dengan temperatur 110 °C yaitu sebesar 67,76 %. Semakin tinggi variasi temperatur yang diberikan akan semakin memperlemah ikatan antar muka, karena perlakuan siklus termal mengakibatkan perubahan fase pada HDPE dan menyebabkan kedua material penyusun komposit memuai, tetapi kemampuan memuai yang berbeda dari material HDPE dan sampah organik menyebabkan pori yang semakin besar dan banyak (gambar 6), hal ini akan menurunkan kemampuan menahan energi atau beban kejut yang menyebabkan kekuatan impact menurun. Fakta ini sesuai dengan penelitian Aktas M., Dkk (2010) yang menyatakan bahwa, kemampuan energi serap komposit dengan matrik *epoxy* berkurang seiring dengan peningkatan temperatur perlakuan pada pengujian impact *velocity*.

Nilai uji impact mengalami prosentase penurunan yang paling besar jika dibandingkan dengan penurunan nilai *bending* dan geser tekan, hal ini

disebabkan uji impact menggunakan beban dinamik, sehingga komposit menerima pembebanan yang cepat atau beban kejut (*rapid loading*) (Prasetya N., Dkk, 2009), pada pembebanan cepat terjadi penyerapan energi yang besar dari energi kinetik pendulum yang menumbuk spesimen. Berbeda dengan uji *bending* dan geser tekan yang mengalami beban statik yaitu komposit diberikan beban secara perlahan-lahan. Penyerapan energi yang besar pada uji impact akan diubah menjadi berbagai respon material seperti deformasi plastis, dan efek inersia. Efek inersia adalah kemampuan suatu material untuk mempertahankan bentuknya ketika diberikan gaya, ketika diberikan pembebanan dengan kecepatan tinggi material tersebut tidak sempat untuk mempertahankan bentuknya dan akhirnya patah.

Turunnya kekuatan impact juga dapat dilihat dari besar kecilnya sudut pantul lengan ayun yang mengenai spesimen. Semakin besar sudut pantul lengan ayun yang dihasilkan (β) maka kekuatan impact yang dihasilkan akan semakin kecil, begitu juga sebaliknya.

Kesimpulan

Peningkatan suhu siklus dari 60-110 °C akan merusak ikatan antara material organik dan HDPE yang berdampak pada penurunan nilai *bending* sebesar 56,93%, geser tekan 71,75% dan impact 74,33%.

Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan mengenai variasi siklus termal terhadap karakteristik mekanik komposit HDPE-sampah organik, penulis menyarankan :

- Perlu adanya generator untuk menjaga agar alat bantu siklus yang digunakan tetap hidup jika terjadi padam listrik saat siklus termal sedang berlangsung.
- Saat proses perlakuan siklus termal, alat bantu siklus harus selalu diawasi karena penelitian ini menggunakan material yang mudah terbakar.

DAFTAR PUSTAKA

- Aktas, M., Karakuzu, R., and Icten, B.M., 2010, *Impact Behavior of Glass/ Epoxy Laminated Composite Plates at High Temperatures*, Journal of Composite Materials, Department of Mechanical Engineering, Usak University, 64200, Uşak, Turkey.
- Ariawan, D., Raharjo, W., Budiana, E., 2008, *Karakteristik Fisik dan Mekanik Komposit Sampah Kota dengan Matrik Pati Kanji dan Unsaturated Polyester*, Seminar Nasional Aplikasi Sains dan Teknologi, IST AKPRIND, Yogyakarta.
- Ashby, Michael, Shercliff, Hugh, Cebon, David, 2007, *Materials Engineering, Science, Processing and Design*, Elsevier ISBN-10: 0-7506-8391-0, UK.

- Asshiddiqi, M.F., 2011, *Pengaruh Variasi Fraksi Volume HDPE Terhadap Karakteristik Komposit Berpori Berbahan Dasar HDPE-Sampah Organik*, Skripsi, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- ASTM D-1037, 1999, *Standard Test Methods for Evaluation Properties of Wood-Base Fiber and Particle Panel Materials*. American Society for Testing and Material, USA.
- ASTM D-5941, 1996, *Standard Test Method for Determining the Izod Impact Strength of Plastics*. American Society for Testing and Material. USA.
- Billmyer, F., 1994, *Text Book of Polymer Science*, John Wiley and sons (SEA), Canada.
- Cao, Shenghu, Wu Zhisen and Wang, Xin, 2009, *Tensile Properties of CFRP and Hybrid FRP Composites at Elevated Temperatures*, Journal of Composite Materials, Vol. 43, No. 04/2009.
- Corneliusse, R.D., 2002, *Property High Density Polyethylene*, Modern Plastic Encyclopedia 99, p.B-198.
- Courney, 1983, *Mechanics of Composite Materials*, McGraw Hill, New York.
- German, R.M., 1994, *Powder Metallurgy Science*, The Pennsylvania State University, New Jersey.
- Gibson, O.F., 1994, *Principle of Composite Materials*, McGraw Hill Company, New York, USA.
- Irul, M., 2008, *High Density Polyethylene 2*, Diperoleh 26 Januari 2013, Dari <http://id.scribd.com/doc/6646896/> High-Density-Polyethylene-2.
- Liza, 2000, *Teknik Analisa Kerusakan (Failure Analysis) pada Komponen Plastik*, Sentra Teknologi Polimer, Bandung.
- Wang, M.W., Hsu, T.C., and Zheng J.R., 2009, *Sintering Proses and Mechanical Property of MWCNTs / GDPE Bulk Composite*, Polymer-Plastics Technology and Engineering, pp. 821-826.
- Papanicolaou, G.C., Xepapadaki, A.G., and Tagaris, G.D., 2009, *Effect of Thermal Shock Cycling on the Creep Behavior of Glass-Epoxy Composites*, Composite Structures, pp. 436-442.
- Riyanto, D., 2011, *Pengaruh Variasi Suhu Sintering Terhadap Densitas, Water Absorption dan Bending Komposit HDPE-Sampah Organik*, Skripsi, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Subroto, 2012, *Liburan Panjang, Volume Sampah Kota Solo Naik Hingga 6%*, Diperoleh 24 Juli 2012, Dari <http://suamerdeka.com/2011/06/liburan-panjang-volume-sampah-kota-solo.html>.
- Sudiyatno, 2012, *Volume Sampah di Kota Solo Meningkat*, Diperoleh 24 Juli 2012, Dari <http://suamerdeka.com/v1/index.php/read/n>ews/2012/01/09/ 106389/Volume-Sampah-di-Kota-Solo-Meningkat.
- Sugondo, 2000, *Analisis Pemadatan, Pengkerutan, dan Pertumbuhan Butir Sintering UO₂*. URANIA No. 21-22/Thn.VI.
- Sukanto, H., 2008, *Sifat Komposit Plastik-Karet Hasil Pressured Sintering dengan Variasi Ukuran Partikel Plastik*, Seminar Nasional Aplikasi Sains dan Teknologi, IST AKPRIND, Yogyakarta.
- Surdia, T., dan Saito S., 2000, *Pengetahuan Bahan Teknik*, Dainippon Gita Karya Printing, Jakarta.
- Sundari, I., dan Indrani, D.J., 2009, *Peran filler Terhadap Fracture Toughness Pada Komposit Resin*, Peserta Program Magister Ilmu Kedokteran Gigi Dasar Kekhususan Ilmu Material Kedokteran Gigi, Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Indonesia. Vol. 24-No.1.
- William, J.C., 2003, *Material Komposit*, Diperoleh 24 Juli 2012, Dari http://id.wikipedia.org/wiki/Material_komposit.
- Yonanta, R., 2008, *Pengaruh Ukuran Serbuk HDPE Terhadap Karakteristik Komposit HDPE-Ban Menggunakan Pressured Sintering*, Skripsi, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.