

PENGARUH PENAMBAHAN CLAY TERHADAP SIFAT MEKANIK KOMPOSIT HIBRID EPOKSI /SERAT GELAS

Heribertus Sukarja

Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Proklamasi 45
Jl.Proklamasi No.1 Babarsari Yogyakarta 55281
E-mail: heribertus.sukarjo@yahoo.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan *clay* terhadap kekuatan impact dan ketangguhan retak dari komposit hibrid epoksi/*clay*/serat gelas.

Penelitian ini menggunakan epoksi untuk bahan matrik, *clay* dan serat gelas jenis *woven roving* sebagai penguat dan *polyaminoamide* sebagai *hardener*. Metode *handy lay-up* digunakan untuk persiapan sampel. Mula-mula *clay* dipanaskan pada suhu 80°C selama 1 jam di dalam oven ini dilakukan untuk mengurangi kadar air pada *clay*. Selanjutnya epoksi dicampur *clay* dengan variasi 0, 1, 2, 3, 4 dan 5% fraksi berat. Diaduk dengan menggunakan *mechanical stirrer* selama 120 menit dengan putaran 800 rpm pada temperatur 80°C. Campuran didinginkan selama 10 menit, kemudian dilakukan penghampaan selama 5 menit setelah itu campuran *clay* dan epoksi ditambahkan *hardener* diaduk lagi selama 5 menit, selanjutnya pemvakuman dalam tabung hampa selama 3 menit. Kemudian matrik dituangkan dalam cetakan kaca, berikutnya lembaran serat gelas dan dipadatkan dengan rol baja seterusnya dituang lagi matrik, proses ini diulang sampai 4 lembar serat gelas kemudian di rol sampai ketebalan 3,2 mm. Proses selanjutnya didiamkan selama 24 jam pada temperatur ruang, dimasukkan dalam oven pemanas selama 2 jam pada temperatur 125°C kemudian spesimen dipotong dengan *scroll saw machine* menjadi benda uji impact dan uji ketangguhan retak.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan *clay* 1% fraksi berat menaikkan sifat mekanik, tetapi penambahan *clay* lebih dari 1% fraksi berat menurunkan kekuatan impact dari komposit hibrid epoksi/*clay*/serat gelas. Pengujian uji impact menunjukkan fraksi *clay* yang optimum terjadi pada 1% dengan kenaikan kekuatan impact sebesar 30,16%. Ketangguhan retak tertinggi dari komposit hibrid epoksi/*clay*/serat gelas dicapai pada *clay* 2% fraksi berat, dengan kenaikan ketangguhan retak sebesar 19,09%, tetapi penambahan *clay* lebih dari 2% fraksi berat menurunkan kekuatan ketangguhan retak.

Kata kunci : epoksi,serat gelas,*clay*,komposit hibrid dan sifat mekanik

Abstract

The aim of this study is to evaluate the effect of addition of clay on the impact strength and fracture toughness of hybrid composites epoxy/clay/glass fiber.

This study used epoxy for matrix material, clay and glass fibers woven roving types as reinforcement and polyaminoamide as catalyst. Handy lay-up method was used for sample preparation. At first the clay was heated at 80 ° C for 1 hour at the oven is done to reduce the water content of clay. Epoxy mixed with clay variations of 0, 1, 2, 3, 4 and 5 wt%. Mixed using a mechanical Stirrer for 120 minutes with a round of 800 rpm at 80°C. The mixtures were cooled for 10 minutes, then put in a vacuum tube for 5 minutes, After that a mixture of clay and epoxy hardener is added again stirred for 5 minutes, then vacuum in the vacuum tube for 3 minutes. Then the matrix is poured into the glass mold, then compressed a glass fiber

sheet with roll steel and poured another matrix, the process is repeated up to 4 sheets of glass fiber and then on the roll to a thickness of 3.2 mm. The process then allowed to stand for 24 hours at room temperature, put in heating for 2 hours at a temperature of 125°C and then the specimen was cut with a scroll saw machine into impact test specimens, and fracture toughness.

The results show that the addition of clay 1wt% increase mechanical properties, but the addition of clay is more than 1wt% lower impact strength of hybrid composites of epoxy / clay / glass fiber. Impact test showed that the optimum clay fraction occurs in 1% to increase the impact strength of 30.16%. The highest fracture toughness of the composite hybrid epoxy / clay / glass fiber is achieved at 2% clay weight fraction, the fracture toughness increases by 19.09%, but the addition of more than 2% clay weight fraction lower fracture toughness strength.

Key words: epoxy, fiber glass, clay, and the mechanical properties of hybrid composites.

1. PENDAHULUAN

Komposit merupakan salah satu jenis material yang saat ini sedang dikembangkan penggunaannya untuk berbagai hal, seperti untuk pesawat terbang, kendaraan -bermotor dan berbagai macam peralatan yang membutuhkan kekuatan yang tinggi tetapi ringan. Komposit adalah gabungan material yang terdiri dari dua atau lebih komponen material penyusun, baik secara mikro maupun secara makro yang berbeda bentuk dan komposisi kimianya dan tidak saling melarutkan (Schwartz, 1992). Komposit tersusun dari material pengikat (*matrix*) dan material penguat (*reinforce*). Logam, keramik, polimer dapat dipergunakan sebagai material matrik untuk pembuatan komposit, tergantung dari sifat yang ingin dihasilkan, namun polimer merupakan material yang paling luas dipergunakan sebagai matrik dalam komposit modern yang lebih dikenal *reinforced plastic*. Salah satu faktor yang menarik plastik dipergunakan untuk aplikasi *engineering* adalah memungkinkannya peningkatan kekuatan dengan penguat serat atau berupa partikel (Crawford, 1995).

Epoksi resin dari thermosetting plastik dipilih sebagai matrik dalam penelitian ini karena sifat ketahanan terhadap temperatur yang lebih baik dibanding plastik jenis lain seperti termoplastik, juga epoksi tahan terhadap korosi dan bahan kimia, juga memiliki sifat mekanik yang meningkat jika diberikan bahan penguat / *filler* yang tepat namun epoksi juga mempunyai kelemahan pada sifat sensitif menyerap air, getas dan notch sensitive (Astruc, A.dkk. 2008).

Serat gelas diharapkan sebagai penopang kekuatan dari komposit, tegangan yang terjadi mulanya diterima oleh matrik kemudian diteruskan kepada serat, dan selanjutnya serat akan menahan beban sampai beban maksimum, oleh karena itu serat gelas harus mempunyai tegangan tarik dan modulus elastisitas yang lebih tinggi dari pada matrik. Serat gelas memang banyak digunakan sebagai bahan penguat polimer, keuntungan pemakaian serat gelas adalah harganya murah, mempunyai kekuatan tarik tinggi, tahan terhadap bahan kimia dan mempunyai sifat isolasi yang baik. Pemilihan serat jenis *E-glass*, disamping serat ini lebih sering digunakan, serat *E-glass* relatif mempunyai kekuatan dan kekakuan yang baik serta murah dibandingkan dengan serat jenis *S-glass* dimana mempunyai kekuatan dan kekakuan yang sangat baik tetapi biaya produksi sangat tinggi (Dattoo, 1991).

Bahan penguat yang lain adalah tanah liat/*clay*, tanah liat OMMT telah banyak dipakai untuk menghasilkan epoksi dengan skala nanokomposit, tanah liat dipilih karena ketersediaannya di alam, harga relatif murah. Epoksi yang diperkuat tanah liat/ *clay*

memungkinkan menghasilkan kekakuan, kekuatan, dimensi stabil, penyusutan rendah, *clay* dengan skala nanokomposit berinteraksi dengan epoksi pada luas permukaan yang lebih besar dengan aspek ratio 30-1000 (Hussain, dkk, 2006).

Polimerisasi yang terjadi diharapkan untuk menghasilkan *intercalated* dan *exfoliated* dengan skala nano. Pada metode ini lapisan silikat dari *clay* akan tersisipi oleh rantai polimer dan lapisan silikat secara individual yang berukuran nanometer tersebar merata di matrik polimer, polimerisasi dapat terjadi dengan perubahan panas.

Berdasarkan hal-hal yang telah disebutkan di atas maka muncullah komposit hibrid dengan berbagai jenis penguat. Komposit hibrid adalah komposit yang terdiri dari lapisan-lapisan penguat dapat berupa dua atau lebih jenis penguat yang berbeda-beda (Callister, 2007 ; Harris, 2003 ; Vasieliev dan Morazov, 2001). Komposit hibrid mempunyai sifat-sifat lebih baik daripada komposit yang terdiri dari satu jenis penguat.

Penulisan ini difokuskan untuk meneliti pengaruh penambahan *clay* pada sifat mekanis dari komposit hibrid/*clay*/serat gelas dengan resin ether *diglycidyl ether bisphenol A* (DGEBA) dengan hardener *polyamamide*, sifat mekanik akan diteliti melalui pengujian uji impak dan ketangguhan retak.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Bahan

Resin epoksi sebagai polimer matrik : DER 331, *diglycidyl ether bisphenol A* (DGEBA) dari Dow Chemical, *Polyaminoamide* sebagai *hardener* dari PT Justus Kimia Raya Semarang, *Clay/Organo Montmorillonit Nanomer*[®] 1.28 E sebagai *filler* dari Nanocor Co, USA dan serat gelas berbentuk *woven roving* 200gr.

Proses Pembuatan Komposit Hibrid

Proses *Hand Lay-Up* dipergunakan dalam proses ini karena proses fabrikasinya sangat mudah dan dapat dilakukan dalam skala kecil/ sederhana. Mula-mula *clay* dipanaskan 80°C selama 1 jam di dalam oven ini dilakukan untuk mengurangi kadar air pada *clay*. *Clay* dengan variasi 0,1,2,3,4 dan 5% fraksi berat dicampur DGEBA dengan *mechanical stirrer* selama 2 jam pada putaran 800 rpm dan temperatur 80°C, selanjutnya didiamkan pada udara luar selama 10 menit. Kemudian campuran epoksi dan *clay* dilakukan pemvakuman selama 5 menit setelah itu dilakukan penambahan dengan hardener dan diaduk selama 5 menit. Kemudian matrik dimasukkan ke tabung hampa dilakukan pemvakuman selama 3 menit, selanjutnya dituang dalam cetakan kaca sebagai lapisan matrik pertama kemudian lembaran serat gelas *woven roving* dipadatkan dengan rol baja kemudian dituang lagi matrik demikian dan seterusnya sampai 4 lembar serat gelas. Kemudian komposit didiamkan selama 24 jam pada temperatur ruang, selanjutnya dilakukan *post curing* dalam oven dengan suhu 125 °C selama 120 menit, setelah itu lembaran komposit hibrid dipotong dengan *scroll saw machine* sesuai kebutuhan uji impak dan ketangguhan retak.

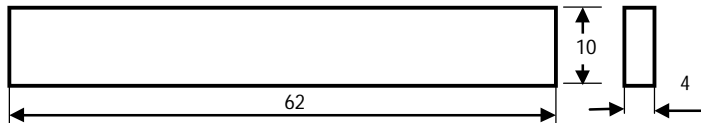
Pengujian Impa

Ketangguhan komposit dapat diketahui dengan menggunakan uji impak (*impact test*). Uji ini bertujuan untuk mengukur ketangguhan atau kemampuan suatu bahan dalam menyerap energi sebelum patah (*toughness*). Uji impak mengikuti standar ASTM D 5942-96.

- a. Energi patah benda uji dapat ditentukan dengan menggunakan Persamaan (1).
 $W = G \times R (\cos \beta - \cos \alpha)$ (1)
 dengan : W = energi yang diserap benda uji (J)
 G = berat pendulum (N)
 R = jarak pendulum ke pusat rotasi (m)
 β = sudut pendulum setelah tabrak benda uji ($^{\circ}$)
 α = sudut pendulum tanpa benda uji ($^{\circ}$)
- b. Kekuatan impact benda uji dihitung dengan menggunakan Persamaan (2):

$$\text{Kekuatan impact} = \frac{W}{b_i \times h_i}$$
 (2)
 dengan : W = energi terserap benda uji (J)
 b_i = lebar benda uji impact (mm)
 h_i = tebal benda uji impact (mm)

Bentuk benda uji dan dimensi untuk uji impact ditunjukkan oleh Gambar 1.



Gambar 1. Benda uji impact (ASTM D 5942-96)

Pengujian Retak

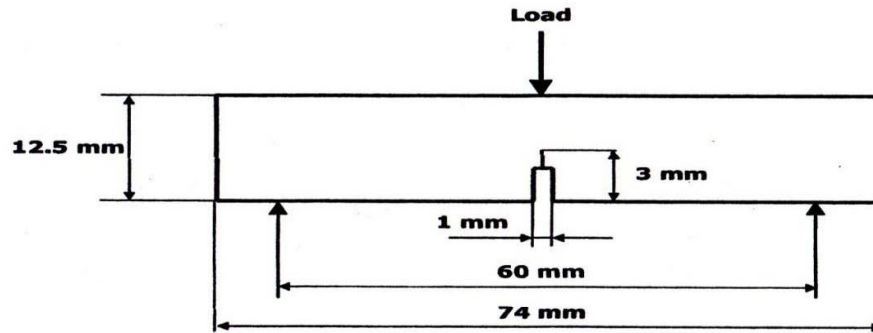
Pengujian ketangguhan retak mengikuti standar ASTM D 5045-96. Pengujian ini digunakan untuk menghitung harga K_{IC} yang terjadi dengan menggunakan Persamaan (3) dan (4).

$$K_{IC} = Y \frac{3P_r S \sqrt{a}}{2 h_r b_r^2}$$
 (3)

$$Y = 1,93 - 3,07 \left[\frac{a}{b_r} \right] + 14,53 \left[\frac{a}{b_r} \right]^2 - 25,11 \left[\frac{a}{b_r} \right]^3 + 25,8 \left[\frac{a}{b_r} \right]^4$$
 (4)

- dengan :
- K_{IC} = critical stress intensity factor (MPa.m^{1/2})
 - Y = faktor bentuk
 - P_r = beban saat patah (N)
 - S = jarak tumpuan (mm)
 - h_r = tebal benda uji ketangguhan retak (mm)
 - b_r = lebar benda uji ketangguhan retak (mm)
 - a = panjang retak (mm)

Bentuk dan dimensi benda uji untuk uji ketangguhan terhadap retak (K_{IC}) dapat dilihat pada Gambar 2.

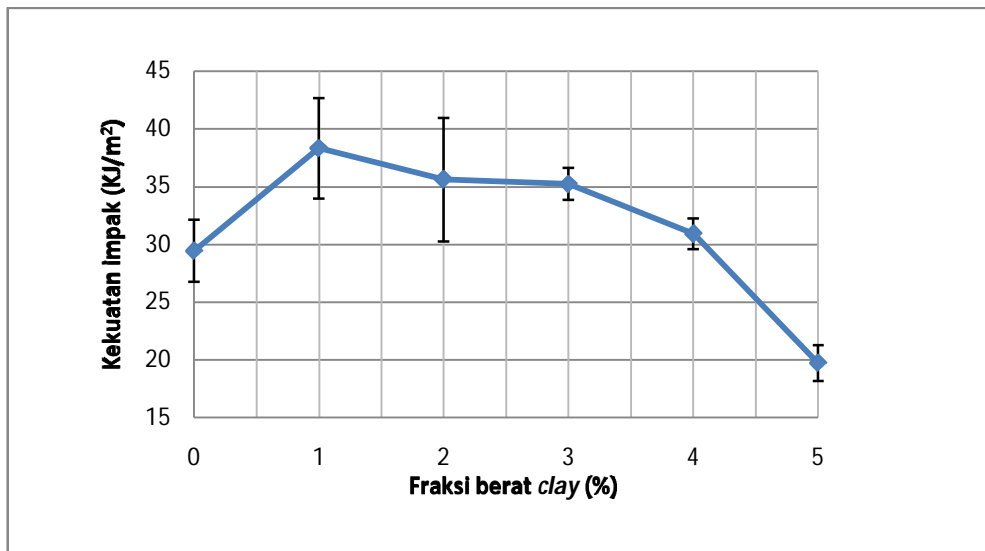


Gambar 2. Benda uji ketangguhan retak (ASTM D 5045-96)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

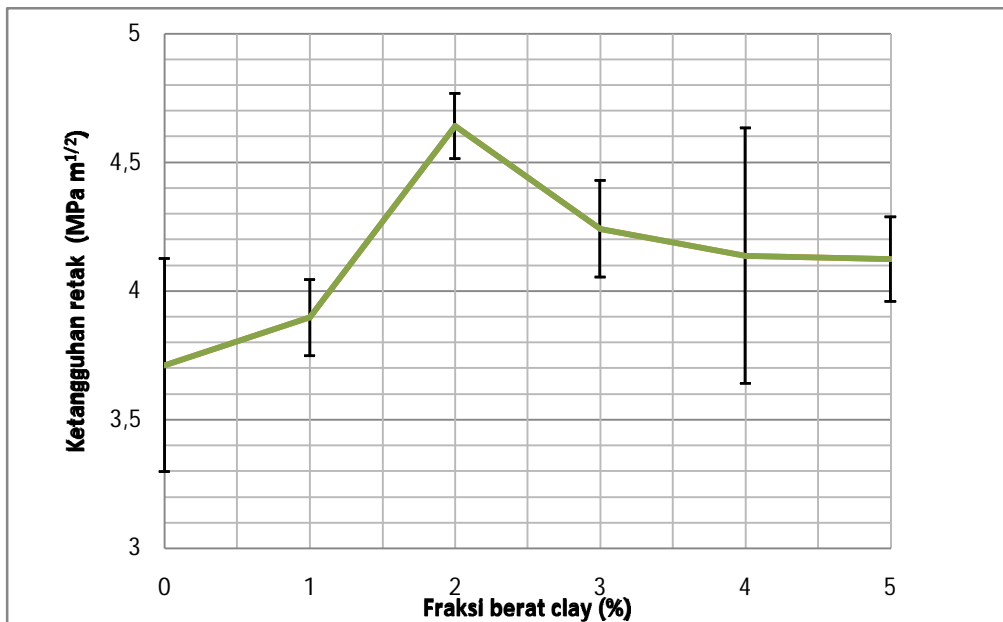
Gambar 3. menunjukkan pengaruh kandungan *clay* terhadap kekuatan impact dari komposit hibrid epoksi/*clay*/serat gelas. Dari Gambar 3. dapat diketahui bahwa penambahan *clay* sampai 5% fraksi berat, penambahan 1% fraksi berat *clay* pada matrik epoksi terlihat ada peningkatan kekuatan impact walaupun hanya kecil sekali, terlihat pula untuk penambahan *clay* lebih dari 1% berat justru memberikan efek sebaliknya yaitu menurunkan kekuatan impact. Kekuatan impact yang tertinggi diperoleh untuk kandungan *clay* 1% dengan peningkatan kekuatan impact mencapai 30,16%. Hal ini dimungkinkan karena terjadinya struktur interkalasi. Struktur interkalasi terbentuk ketika lapisan *silicate* yang berukuran nanometer tersisipi oleh satu atau lebih molekul-molekul matrik epoksi. Partikel-partikel *clay* yang terdispersi memberikan efek positif terhadap merambatnya tegangan. Struktur yang menyebar dari partikel *clay* merupakan penghambat yang menyebabkan rambatan *crack* menjadi berliku-liku dan tak beraturan. Peristiwa ini dikenal dengan *crack deflection*. Semakin banyak *clay* terdispersi dalam matrik maka akan semakin tinggi kekuatan impact. Penambahan kandungan *clay* lebih dari 1% fraksi berat menyebabkan terjadinya penurunan kekuatan impact dari komposit epoksi/*clay*/serat gelas. Hal ini dimungkinkan karena adanya aglomerasi dan dispersi *clay* yang tidak merata dalam matrik epoksi sehingga menimbulkan konsentrasi tegangan, dengan adanya konsentrasi tegangan sebagai pemicu awal terjadinya retak yang mengakibatkan pada menurunnya kekuatan impact komposit hibrid epoksi/*clay*/serat gelas.

Persentase kenaikan kekuatan impact pada kandungan 0% sampai dengan 1% berat *clay* sebesar 30,16% merupakan kenaikan kekuatan impact yang tertinggi yaitu dari 29,44 kJ/m² menjadi 38,32 kJ/m². Pada kandungan 1% sampai dengan 2% fraksi berat *clay*, kekuatan impact menurun 7,64% yaitu dari 38,32 kJ/m² menjadi 35,60 kJ/m². Pada penambahan kandungan campuran *clay* 2% sampai dengan 3% fraksi berat *clay* terjadi penurunan kekuatan impact yang relatif kecil yaitu 1,05% dari 35,60 kJ/m² menjadi 35,23 kJ/m². Pada kandungan 3% sampai dengan 4% fraksi berat *clay* terjadi penurunan tingkat kekuatan impact sebesar 13,90% dari 35,23 kJ/m² menjadi 30,93 kJ/m². Pada penambahan kandungan campuran *clay* 4% sampai dengan 5% fraksi berat *clay* terjadi penurunan kekuatan impact yang sangat besar yaitu 56,68% dari 30,93 kJ/m² menjadi 19,74 kJ/m².



Gambar 3. Pengaruh kandungan *clay* terhadap kekuatan impak dari komposit hibrid epoksi/*clay*/serat gelas

Dengan penambahan *clay* pada komposit epoksi/serat gelas dapat memberikan pengaruh penguatan sehingga bisa meningkatkan / memperbaiki sifat-sifatnya jika dibandingkan tanpa *clay*. Hal ini disebabkan oleh partikel-partikel *clay* yang dapat melekat dengan baik pada permukaan serat *glass* dan matrik epoksi. Melekatnya serat gelas dan matrik epoksi dapat terjadi secara *interfacial* walaupun keduanya tidak sama.



Gambar 4. Pengaruh kandungan *clay* terhadap ketangguhan retak komposit hibrid epoksi/*clay*/serat gelas

Gambar 4. menunjukkan bahwa kenaikan ketangguhan retak terjadi pada penambahan 2% berat *clay*. Pada kandungan *clay* 2% berat, ketangguhan retak mencapai

4,640 MPa.m^{1/2}. Hal ini memungkinkan struktur pada matrik telah terjadi struktur interkalasi. Struktur interkalasi terbentuk ketika lapisan *silicate* yang berukuran nanometer disisipi oleh satu atau lebih molekul-molekul matrik epoksi. Partikel-partikel *clay* yang terdispersi merupakan penghambat merambatnya tegangan. Partikel *clay* bertindak sebagai penghalang yang menyebabkan rambatan *crack* menjadi berliku-liku dan tak beraturan. Peristiwa ini dikenal dengan *crack deflection*. Semakin banyak *clay* terdispersi dalam matrik maka akan semakin tinggi ketangguhan retak. Penambahan *clay* lebih dari 2% berat menyebabkan terjadinya penurunan ketangguhan retak dari komposit epoksi/*clay*/serat gelas. Hal ini dimungkinkan karena adanya aglomerasi dan dispersi *clay* yang kurang merata dalam matrik epoksi yang dapat menyebabkan konsentrasi tegangan. Konsentrasi tegangan ini menjadi awal terjadinya retak yang berakibat pada menurunnya ketangguhan retak komposit hibrid epoksi/*clay*/serat gelas.

Persentase kenaikan ketangguhan retak pada kandungan 0% sampai dengan 1% berat *clay* sebesar 4,96% yaitu dari 3,712 MPa.m^{1/2} menjadi 3,896 MPa.m^{1/2}. Pada kandungan 1% sampai dengan 2% berat *clay*, ketangguhan retak 2% fraksi berat *clay* terjadi kenaikan ketangguhan retak sebesar 19,09% dari 3,896 MPa.m^{1/2} menjadi 4,640 MPa.m^{1/2}. Pada kandungan 2% sampai dengan 3% berat *clay* mulai terjadi penurunan tingkat ketangguhan retak sebesar 9,38% dari 4,640 MPa.m^{1/2} menjadi 4,242 MPa.m^{1/2}. Selanjutnya pada kandungan 3% sampai dengan 4% berat *clay* penurunan tingkat ketangguhan retak terjadi sebesar 2,51% dari 4,242 MPa.m^{1/2} menjadi 4,138 MPa.m^{1/2}. Pada kandungan 4% sampai dengan 5% berat *clay* penurunan tingkat ketangguhan retak sebesar 0,34% dari 4,138 MPa.m^{1/2} menjadi 4,124 MPa.m^{1/2}.

4. KESIMPULAN

Penambahan *clay* pada komposit epoksi/ *clay* / serat gelas dapat meningkatkan kekuatan impak dimana penambahan *clay* yang optimum dicapai pada 1% fraksi berat. Penambahan *clay* di atas 1% fraksi berat dapat menurunkan kekuatan impak dari komposit epoksi/*clay*/serat gelas. Sedangkan untuk sifat materisl terhadap ketangguhan retak tertinggi komposit hibrid epoksi/*clay*/serat gelas dicapai pada 2% fraksi berat dan penambahan *clay* diatas 2% berat menurunkan ketangguhan retak.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Astruc,A., Joliff, E., Chailan,J.F., Aragon,E., Petter, C.O.,Sampaio, C.H.2008, Incorporation of kaolin fillers into an epoxy/polyamidoamine matrix for coatings, Progress in organic Coatings 65(2009)158-168, Elsevier B.V
- [2] Callister, Jr., William D., 2007, Material science and engineering, 7th Ed., pp.563, John Wiley & Son, New York, USA.
- [3] Crawford, R.J., 1995, "Plastic Engineering 2nd", Maxwell Macmilan International Editions.
- [4] Datto, Mahmood Husein, 1991, "Mechanics of Fibrous Composites", Elsevier Science Publisher LTD, England, pp.2.
- [5] Harris, B., 2003, "Fatigue in Composites", Woodhead Publishing Limited & CRC Press LLC, England.
- [6] Hussain, F., Hojjati, M., Okamoto, M dan Gorga, R. E., 2006, "Review article : Polymer-Matrix Nanocomposites, Processing, Manufacturing, and Application:An Overview", Journal of Composite Materials, Vol.40,No.17.
- [7] Schwartz MM., 1992. "Composite Materials Handbook", Mc Graw - Hill Book.

- [8] Vasiliev, V. V., dan Morozov, E. V., 2001, "Mechanics and Analysis of Composite Materials", Elsevier Science, UK.