STUDI SIFAT MEKANIK KOMPOSIT HIBRID *UNSATURATED POLYESTER/CLAY*/SERAT *GLASS*

Husaini [1)] dan Kusmono[2)]
[1]Program S2 Teknik Mesin Universitas Gadjah Mada
[2]Jurusan Teknik Mesin dan Industri Universitas Gadjah Mada

Abstrak

Permukaan patah diamati dengan *Scanning Electron Microscope* (SEM). Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah resin *unsaturated polyester*, *clay*, serat *glass* dan *hardener*. Metode *handy lay-up* digunakan untuk persiapan sampel. *Unsaturated polyester* dicampur *clay* 0, 2, 4 dan 6% fraksi berat diaduk dengan menggunakan *mechanical stirrer* selama 120 menit pada temperatur 60 ^{o}C, didiamkan selama 10 menit, ditambahkan *hardener* 1% fraksi berat, diaduk selama 2 menit, dimasukkan dalam tabung hampa selama 2 menit, dituangkan dalam cetakan secara berturut-turut yang diawali dengan matrik, lembaran serat *glass*, dipadatkan dengan roll baja dan diakhiri dengan matrik. Proses selanjutnya didiamkan selama 24 jam pada temperatur ruang, dimasukkan dalam oven pemanas selama 3 jam pada temperatur 80^{o}C dan spesimen dipotong untuk uji tarik dan bending. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan *clay* 2% fraksi berat menaikkan sifat mekanik, tetapi penambahan *clay* lebih dari 2% fraksi berat menurunkan kekuatan tarik, kekuatan dan modulus elastisitas dari komposit hibrid *unsaturated polyester*/*clay*/serat *glass*. Pengujian uji tarik dan bending menunjukkan fraksi *clay* yang optimum terjadi pada 2% dengan kenaikan kekuatan tarik sebesar 12,8%, kenaikan kekuatan bending 21,1% dan kenaikan modulus elastisitas bending 11,1%.

Kata kunci : *Unsaturated polyester*, *clay*, serat *glass*, komposit hibrid dan sifat mekanik

1. PENDAHULUAN

Munculnya *issue* permasalahan bahwa material harus *high-perfomance* menyebabkan semakin banyak hadirnya material jenis baru yang mampu mendorong perubahan *trend* teknologi material konvensional menuju *composites materials*. Pengembangan material komposit baik dari *fibrous composite* maupun *particle composite* sangat pesat dimana hal ini dapat dilihat dari berberapa bentuk aplikasinya. Komersial atau industri biasanya menggunakan *fiber-reinforced polymer composites* untuk pesawat terbang, kenderaan ruang angkasa, alat olah raga, elektronik, konstruksi bangunan, industri kesehatan dan furnitur [1].

Pengembangan *reinforcement of polymers using fillers* dimana penambahan *fillers* ke dalam *polymer matrix* dimaksudkan untuk mendapatkan penurunan biaya, meningkatkan modulus elastisitas, kontrol viskositas dan permukaan produk yang halus. Disamping itu ketika *fillers* material ukuran skala *nano* mempunyai luas permukaan besar dengan aspek ratio 30-1000 [2].

Fillers yang umumnya merupakan material yang tidak mahal dapat mengganti sejumlah volume dari polimer yang lebih mahal, hal ini akan mengurangi biaya dari produk akhir [1].

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 [1, 3, 4].

Komposit hibrid mempunyai sifat-sifat lebih baik daripada komposit yang terdiri dari satu jenis penguat. Mineral *clay* yang digunakan sebagai *fillers* dalam komposit *clay* adalah *layered silicate clay mineral*. *Layered silicate clay* berupa *smectite clay* yang umum digunakan

untuk aplikasi komposit disebut dengan *montmorillonite*. *Monmorillonite* adalah bersifat *hydrophilic* dimana akan menyebabkan sulitnya terjadi pengelupasan dalam polimer konvensional. *Unsaturated Polyester* merupakan resin termasuk kelompok *thermoset polymers* dan biasanya digunakan secara umum dalam bidang otomotif, kelautan, kimia dan kelistrikan [1].

Unsaturated Polyester banyak digunakan dalam produk-produk komposit karena biaya relatif rendah, mempunyai sifat-sifat mekanik yang baik, mempunyai daya tahan terhadap lingkungan yang baik dan mempunyai viskositas rendah pada temperatur ruang Resin *Polyester* digunakan dalam keadaan basah "*wet resin*" dan dapat dibuat untuk keperluan komposit dalam berbagai bentuk, berupa *hand lay-up, spray lay-up, resin transfer moulding* dan *resin infusion* [5].

Komposit hibrid *unsaturated polyester*/*clay/*serat *glass*, dimana komposit ini terdiri dari *unsaturated polyester*/*clay* merupakan matrik sementara serat *E-glass* sebagai penguat. Kehadiran serat *E-glass* dalam komposit ini diharapkan matrik *unsaturated polyester/clay* dapat menempel (*sticking*) pada permukaan serat *glass*. Penempelan yang paling utama diharapkan terjadi oleh *clay* pada permukaan serat *glass* dimana hal ini dapat meningkatkan deformasi plastis dengan signifikan [6].

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 [7].

Banyak penelitian penting yang telah dilakukan terhadap pengembangan komposit *reinforcement of polymers using fillers* sebagai matrik dengan *fiber-reinforced* sebagai penguat, tetapi sepengetahuan peneliti komposit hibrid *unsaturated polyester/clay*/serat *glass*, dimana serat *E-glass* dalam bentuk *chopped strand material* belum ada ditemukan dalam literatur.
Berdasarkan uraian-uraian yang telah dikemukakan di atas, maka peneliti bermaksud untuk melakukan penelitian dengan menggabungkan antara polimer *unsaturated polyester*, *filler clay* dan serat *E-glass* untuk menganalisa sifat mekanik dari komposit hibrid tersebut. Sifat mekanik komposit hibrid akan diteliti melalui pengujian uji tarik dan uji bending. Pada akhirnya, penelitian ini diharapkan akan ditemukan jenis material baru yang mempunyai sejumlah keunggulan untuk mengatasi tuntutan material era kini.

2. METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini resin *unsaturated polyester* sebagai matrik dengan merek dagang YUKALAC® type 157 BQTN-EX, *clay* Nanomer® i.28E Nanoclay dari Nanocor, USA sebagai *filler* dan serat *glass* CSM 300 x 1860, Taiwan serta *hardener methyl ethyl ketone peroxside* (*Mekpo*) dari Lantor Corema® .

Persiapan Spesimen

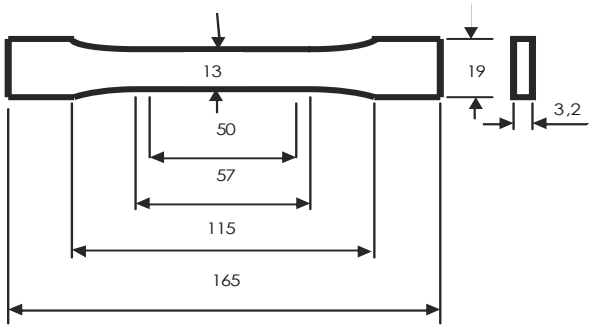
Metode *handy lay-up* digunakan untuk persiapan spesimen. *Unsaturated polyester* dicampur *clay* 0, 2, 4 dan 6% fraksi berat diaduk dengan menggunakan *mechanical stirrer* selama 120 menit pada temperatur 60 ^{o}C, didiamkan selama 10 menit, ditambahkan *hardener* 1% fraksi berat, diaduk selama 2 menit, dimasukkan dalam tabung hampa selama 2 menit, dituangkan dalam cetakan secara berturut-turut yang diawali dengan matrik, lembaran serat *glass*, dipadatkan dengan roll baja dan diakhiri dengan matrik. Proses selanjutnya didiamkan selama 24 jam pada temperatur ruang, dimasukkan dalam oven pemanas selama 3 jam pada temperatur 80^{o}C dan spesimen dipotong untuk uji tarik dan bending serta analisa struktur mikro.

Karakterisasi

SEM
Permukaan patah dari komposit *unsaturated polyester/clay* diamati dengan SEM. Sebelum SEM dilakukan sampel harus melaui proses *coating* terlebih dahulu.

Uji Tarik

Pada uji tarik dimaksudkan untuk mendapatkan kekuatan tarik. Bentuk spesimen, dimensi dan prosedur pengujian mengikuti standar ASTM D 638 type I. Bentuk dan dimensi spesimen uji tarik ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Spesimen uji tarik

Pengujian tarik dilakukan dengan menggunakan mesin uji tarik "SERVO PULSER, Simadzu EFH-EB20-40L dengan *load cell* 2000 kg pada kecepatan tarik 10 mm/menit, dengan menggunakan *standard* ASTM D 638. Pengujian tarik ini dilakukan dengan jumlah spesimen uji 5 buah untuk setiap variasi c*lay*.

Uji Bending

Kekuatan bending diperoleh dengan uji bending mengikuti metode ASTM D 790. Uji bending menggunakan metode *3-point bend test*. Pengujian ini untuk menghitung kekuatan bending dan modulus elastisitas bending dengan menggunakan persamaan (1) dan (2) :

$$\sigma_f = \frac{3PL}{2bd^2} \quad \text{.....} \quad (1)$$

Dimana :

σ_f = kekuatan bending (MPa)
P = beban maksimum (N)
L = jarak antara dua tumpuan rol (mm)
b = lebar benda uji (mm)
d = tebal benda uji (mm)
Modulus elastisitas bending :

$$= \frac{L^3 F}{4bd^3\delta} \quad \text{.....} \quad (2)$$

Dimana :

F = beban (N)
L = jarak antara dua tumpuan rol (mm)
b = lebar benda uji (mm)
d = tebal benda uji (mm)
δ =defleksi ketika mendapat beban F (mm)

Gambar dari spesimen untuk pembebanan *3-point bend test* dapat dilihat pada gambar 2 di bawah ini :

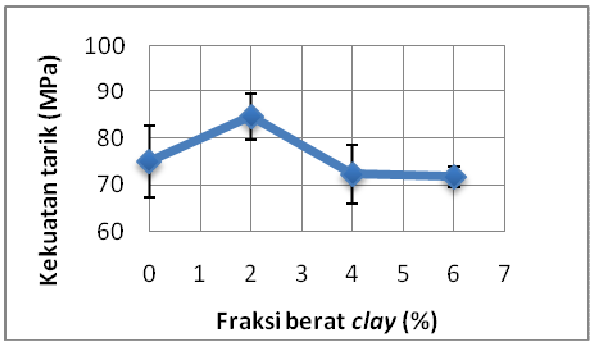


Gambar 2. Spesimen Uji Bending

Pengujian bending dilakukan menggunakan mesin "*Torsee's Universal*" dengan *load cell* 250 kg pada kecepatan pembebanan 10 mm/menit, dengan *standard* yang digunakan pada pengujian bending ini adalah ASTM D 790. Pengujian bending ini dilakukan dengan jumlah spesimen uji 5 buah untuk setiap variasi *clay*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 3 menunjukkan grafik kekuatan tarik dari beberapa fraksi berat *clay*. Kekuatan tarik semakin meningkat akibat penambahan *clay* dalam komposit. Kekuatan tarik dicapai pada kandungan *clay* yang optimum sebesar 2 % fraksi berat. Hal ini dimungkinkan karena terjadinya struktur eksfoliasi. Struktur eksfoliasi terbentuk ketika lapisan *silicate* yang berukuran nanometer tersebar secara acak dan merata dalam matrik. Penambahan *clay* lebih dari 2% fraksi berat menyebabkan terjadinya penurunan kekuatan tarik dari komposit. Hal ini dimungkinkan oleh adanya aglomerasi *clay* yang dapat menyebabkan konsentrasi tegangan. Konsentrasi tegangan ini menjadi awal terjadinya retak yang berakibat pada menurunnya kekuatan tarik komposit *unsaturated polyester*/serat *glass/clay*.

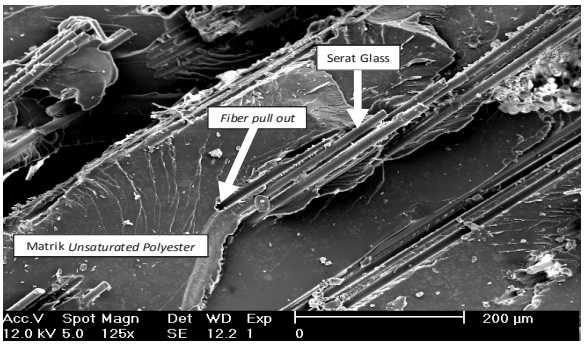


Gambar 3. Pengaruh fraksi berat *clay versus* kekuatan tarik

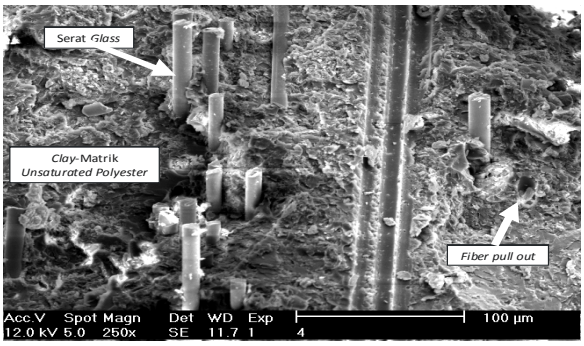
Penambahan *clay* dapat memperbaiki sifat dari komposit *unsaturated Polyester*/serat *glass* yang signifikan dibandingkan tanpa *clay*. Partikel-partikel *clay* yang ditambah diharapkan dapat memberi pengaruh penguatan terhadap komposit *unsaturated Polyester*/serat *glass*. Hal ini disebabkan oleh partikel-partikel *clay* yang dapat

melekat dengan baik pada permukaan serat *glass* dan matrik *unsaturated polyester*. Melekatnya serat *glass* dan matrik *unsaturated polyester* dapat terjadi secara *interfacial* walaupun keduanya tidak sama.

Gambar 4 menunjukkan hasil gambar SEM permukaan patah dari komposit *unsaturated polyester*/serat *glass*. Dari gambar 4 dapat diamati bahwa permukaan patah dari komposit terlihat relatif halus. Permukaan halus juga terjadi pada lubang *fiber pull out*. Hal ini mengakibatkan menurunnya tingkat interaksi antara serat *glass* dan matrik *unsaturated polyester*. Interaksi serat *glass* dan matrik yang tidak optimum akan mempengaruhi beban yang diterima oleh serat. Semakin baik interaksinya semakin baik beban yang diterima oleh serat *glass* dalam komposit. Gambar 5 menunjukkan foto SEM dari bentuk permukaan patah komposit *unsaturated polyester*/serat *glass/clay* lebih relatif kasar. Permukaan kasar juga terlihat pada lubang *fiber pull out*. Disekitar serat tidak terdapat celah. Hal ini menunjukkan adanya interaksi antara matrik *unsaturated polyester*/serat *glass* dan serat *glass*/*clay*.

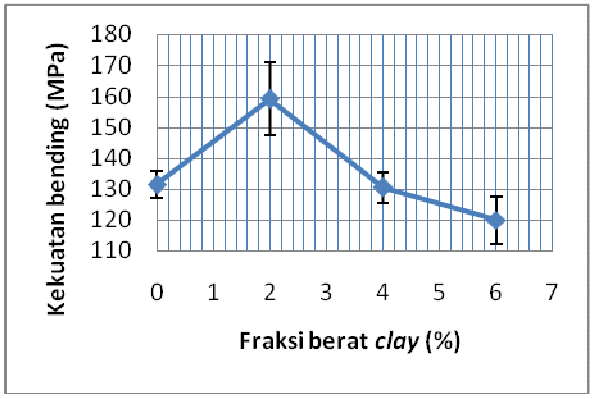


Gambar 4. SEM permukaan patah komposit *unsaturated polyester*/serat *glass*

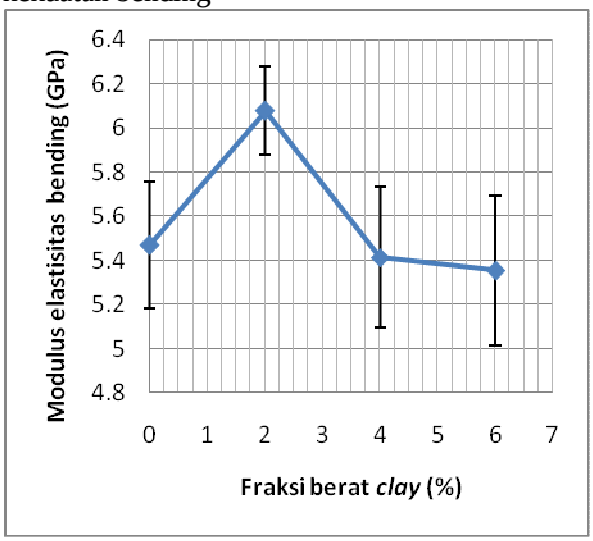


Gambar 5. SEM permukaan patah komposit *unsaturated polyester*/serat *glass*/*clay*

Bentuk pengaruh penambahan *clay* terhadap kekuatan dan modulus elastisitas bending ditunjukkan pada gambar 6 dan 7 berikut ini :



Gambar 6. Pengaruh fraksi berat *clay versus* kekuatan bending

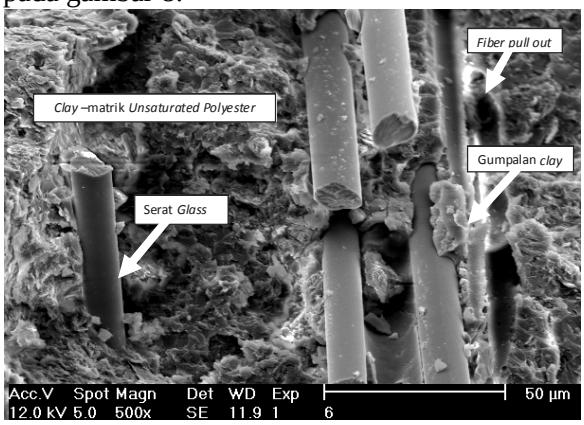


Gambar 7. Pengaruh fraksi berat *clay versus* modulus elastisitas bending

Kekuatan bending dari komposit *unsaturated polyester*/serat *glass* adalah 131,52 MPa tetapi setelah penambahan *clay* sampai dengan 2% fraksi berat kekuatan bending komposit menjadi 159,30 MPa. Hal ini dimungkinkan karena terjadinya struktur eksfoliasi. Struktur eksfoliasi terbentuk ketika lapisan *silicate* yang berukuran nanometer tersebar secara acak dan merata dalam matrik serta *clay* yang melekat dengan baik pada serat *glass*. Serat *glass* dan *clay* yang telah melekat ini akan bekerja menerima beban bending secara baik pada saat matrik *unsaturated polyester* mengalami deformasi.

Penambahan *clay* diatas 2 % fraksi berat dapat menyebabkan menurunnya kekuatan bending dari komposit *unsaturated polyester* / serat *glass* / *clay*. Penurunan kekuatan bending dari komposit disebabkan oleh adanya penggumpalan dari partikel-partikel *clay* dalam matrik *unsaturated polyester*. Penggumpalan dari partikel-partikel *clay* ini dapat menimbulkan tingkat interaksi

antara *unsaturated polyester*/*clay* dan serat *glass*/*clay* menurun. Hal ini akan terbentuk celah yang relatif lebar disekitar serat *glass* dan terjadi konsentrasi tegangan lokal yang dapat menurunkan kekuatan bending dari komposit. Foto SEM bentuk permukaan patah yang memperlihatkan gumpalan *clay* dan celah yang relatif lebar disekitar serat *glass* dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Permukaan patah komposit *unsaturated polyester*/serat glass/*clay* pada kandungan 6% fraksi berat *clay*

4. KESIMPULAN

Penambahan *clay* pada komposit *unsaturated polyester*/serat glass/*clay* dapat meningkatkan kekuatan tarik, kekuatan bending dan modulus elastisitas bending dimana penambahan *clay* yang optimum dicapai pada 2% fraksi berat. Penambahan *clay* di atas 2% fraksi berat dapat menurunkan kekuatan tarik, kekuatan dan modulus elastisitas bending dari komposit *unsaturated polyester*/serat glass/*clay*.

5. DAFTAR PUSTAKA

1. Mallick, P.K., 2007, " Fiber-reinforced Composites", 3 rd Ed., CRC Press, USA.
2. 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.
3. Harris, B., 2003, "Fatigue in Composites", Woodhead Publishing Limited & CRC Press LLC, England.
4. Vasiliev, V. V., dan Morozov, E. V., 2001, " Mechanics and Analysis of Composite Materials", Elsevier Science, UK.
5. Mauritz, A. P. dan A.G. Gibson, 2006, "Fire Properties of Polymer Composite Materials", Springer, Netherland.
6. Xu, Y., dan Hoa, S. V., 2008, "Mechanical Properties of Carbon Fiber Reinforced Epoxy/Clay Nanocomposites", Composites Science and Technology, Vol. 68, pp. 854-861.
7. Datoo, M. H., 1991, "Mechanics of Fibrous Composites", Elsevier Science Publishers LTD, England