

Studi Sifat Mekanis Komposit Hibrid Epoksi/Serat Gelas/Clay

Kusmono¹, M. Waziz Wildan¹, Rochmadi²

¹Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada
Jl. Grafika No.2 Yogyakarta 55281, Indonesia

²Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

Abstrak

Kandungan serat yang masih relatif besar pada komposit yang diperkuat serat dan sifat getas yang dimiliki komposit yang diperkuat clay telah mendorong peneliti untuk mengembangkan komposit yang memiliki kekuatan tinggi, tangguh, dan ringan. Pengaruh penambahan clay terhadap kekuatan tarik, kekuatan bending, dan kekuatan impact pada komposit hibrid epoksi/serat gelas/clay dipelajari dalam penelitian ini.

Komposit hibrid epoksi/serat gelas/clay disiapkan dengan menggunakan metode hand-lay up. Mula-mula, epoksi dan clay dicampur dan diaduk menggunakan mechanical stirrer selama 2 jam pada suhu 80 °C. Kandungan clay yang dicampur divariasikan 0, 1, 2, 3, 4, dan 5% fraksi berat sedangkan 4 lembar serat gelas jenis chopped strand mat (CSM) digunakan. Ke dalam campuran epoksi-clay, selanjutnya agen pengeras jenis polyaminoamide ditambahkan dan diaduk. Campuran ini di-vakum untuk menghilangkan gelembung gas dan selanjutnya sebagian kecil dari campuran ini dituangkan ke dalam cetakan logam berukuran 250x250x3,5 mm. Lembaran serat gelas pertama selanjutnya diletakkan di atas resin epoksi/clay dan dirol sampai serat terbasahi oleh resin. Campuran epoksi-clay dioleskan lagi pada serat gelas dan dirol. Proses ini diulang sampai 4 lembar serat gelas dan dirol sampai memperoleh ketebalan 3,2 mm. Selanjutnya komposit ini di-curing pada suhu 80 °C selama 2 jam dan dilakukan post-curing pada 150 °C selama 2 jam. Komposit dipotong menggunakan mesin scroll saw untuk menghasilkan benda uji sesuai standar dan selanjutnya diuji tarik, bending, dan impact.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan clay 1% fraksi berat pada matriks epoksi/serat gelas telah meningkatkan sifat mekanis antara lain kekuatan tarik, kekuatan bending, dan kekuatan impact. Tetapi, adanya clay lebih dari 1% fraksi berat justru memberikan efek yang sebaliknya. Komposit hibrid dengan sifat mekanis terbaik diperoleh pada kandungan clay 1% fraksi berat.

Keywords: komposit, hibrid, epoksi, serat gelas, clay, sifat mekanis

1. PENDAHULUAN

Komposit bermatriks polimer dengan penguat serat telah digunakan secara luas di dalam berbagai aplikasi antara lain pesawat, otomotif, kapal, dan peralatan olah raga. Hal ini karena komposit ini memiliki perbandingan kekuatan dan kekakuan terhadap berat yang sangat tinggi. Epoksi merupakan salah satu jenis polimer termoset yang banyak digunakan sebagai matrik komposit karena resin epoksi memiliki kombinasi sifat yang sangat baik antara lain sifat mekanik, listrik, tahan kimia dan tahan korosi. Tetapi, epoksi juga memiliki kelemahan seperti getas, sensitif terhadap

adanya *notch*/retak, dan mudah menyerap air sehingga menghalangi aplikasi epoksi untuk aplikasi otomotif dan pesawat terbang. Salah satu metode yang paling efektif untuk mengatasi kelemahan dari epoksi adalah menggabungkan dengan material penguat non organik seperti serat dan partikel (Gu dan Liang, 2003).

Serat gelas merupakan salah satu jenis material penguat yang banyak digunakan untuk pembuatan komposit yang diperkuat serat. Hal ini disebabkan karena serat gelas memiliki sifat mekanis yang tinggi, tahan korosi, dan lebih murah daripada serat karbon. Telah banyak didokumentasikan

tentang penelitian yang difokuskan pada preparasi dan karakterisasi dari epoksi yang diperkuat serat gelas. Perbandingan kekuatan dan kekakuan terhadap berat dapat dihasilkan dari komposit epoksi yang diperkuat serat. Namun demikian, adanya cacat makro dan kandungan serat yang relatif tinggi menyebabkan keterbatasan aplikasi dari komposit epoksi yang diperkuat serat.

Clay jenis montmorillonite merupakan salah satu jenis material penguat yang terkenal untuk nanokomposit polimer karena *high aspect ratio*, murah, dan terdiri dari silikat yang berlapis dan berukuran nanometer. Nanokomposit adalah kelompok baru dari material komposit yang terbentuk dari material penguat berukuran nanometer yang tersebar merata di dalam matriks polimer (Ray dan Okamoto, 2003). Nanokomposit memiliki sifat unggul seperti sangat ringan, mekanik, dan termal. Nanokomposit berbasis epoksi-clay telah banyak dipelajari (Liu dkk., 2004; Nigam dkk., 2004). Namun demikian, nanokomposit memiliki kelemahan yakni relatif getas. Sifat nanokomposit sangat bergantung pada dispersi *clay* di dalam matriks polimer. Ada tiga kemungkinan jenis komposit dengan morfologi yang berbeda ketika matriks polimer dan *clay* dicampur (Alexandre dan Dubois, 2000). Ketiganya itu adalah *microcomposite*, *intercalated nanocomposites*, dan *exfoliated nanocomposites*. Di antara ketiga jenis komposit, *exfoliated nanocomposites* memiliki sifat mekanik yang paling tinggi di mana silikat berlapis dari *clay* yang berukuran nanometer tersebar secara individu di dalam matriks.

Selanjutnya, komposit yang tersusun lebih dari satu jenis penguat dikenal dengan komposit hibrid. Komposit hibrid berbasis epoksi/serat gelas/*clay* belum banyak diteliti orang. Adanya serat gelas dan *clay* di dalam matriks epoksi diharapkan dapat memberikan efek yang sinergis pada peningkatan kekuatan dan ketangguhan. Pada penelitian ini, komposit hibrid epoksi/serat gelas/*clay* dipreparasi dengan

menggunakan metode *hand-lay up*. Pengaruh penambahan *clay* terhadap sifat mekanis yang meliputi kekuatan tarik, kekuatan *bending*, dan kekuatan *impact* dari komposit epoksi/serat gelas akan dipelajari dalam penelitian ini.

2. METODE

2.1. Material

Resin epoksi jenis *diglycidyl ether bisphenol A* (DEGBA) dengan nama dagang DER 331 dibeli Dow Chemical digunakan sebagai matriks komposit. Agen pengeras *polyaminoamide* dibeli dari PT Justus Kimiaraya, Semarang. *Clay* jenis montmorillonite *grade* Nanomer I.28E dibeli dari Nanocor Co., USA.

2.2. Preparasi komposit hibrid epoksi/serat gelas/*clay*

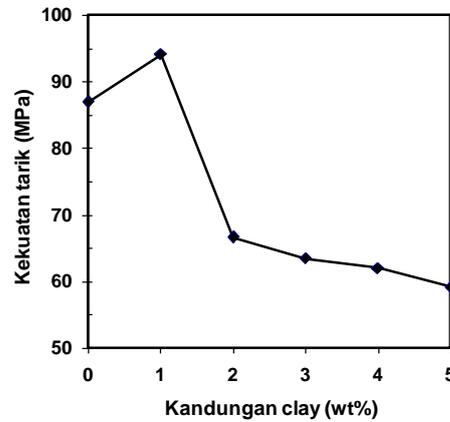
Komposit hibrid epoksi/serat gelas/*clay* disiapkan dengan menggunakan metode *hand-lay up*. Mula-mula, epoksi dan *clay* dicampur dan diaduk menggunakan *mechanical stirrer* selama 2 jam pada suhu 80°C. Kandungan *clay* yang dicampur divariasikan 0, 1, 2, 3, 4, dan 5% fraksi berat (wt%). Serat gelas jenis *chopped strand mat* (CSM) sebanyak 4 lembar (250x250 mm²) digunakan. Pengeras *polyaminoamide* ditambahkan ke dalam campuran epoksi-*clay* dan diaduk. Campuran ini di-vakum untuk menghilangkan gelembung gas dan selanjutnya sebagian dari campuran ini dituangkan ke dalam cetakan logam berukuran 250x250x3,5 mm². Lembaran serat gelas pertama selanjutnya diletakkan di atas campuran epoksi-*clay* dan dirol sampai serat terbasahi oleh resin. Campuran epoksi-*clay* dioleskan di atas serat gelas dan selanjutnya dirol. Proses ini diulang sampai 4 lembar serat gelas dan dirol sampai memperoleh ketebalan 3,2 mm. Selanjutnya komposit ini di-*curing* pada suhu 80°C selama 2 jam dan dilakukan *post-curing* pada 150°C selama 2 jam. Komposit dipotong menggunakan mesin *scroll saw* untuk menghasilkan benda uji sesuai standar untuk pengujian tarik, *bending*, dan *impact*.

2.3. Sifat Mekanis komposit hibrid epoksi/serat gelas/clay

Sifat mekanis seperti kekuatan tarik, kekuatan *bending*, dan kekuatan *impact* dari komposit hibrid epoksi/serat gelas/clay dievaluasi melalui pengujian tarik, *bending*, dan *impact*. Pengujian mekanis dilakukan mengikuti standard yang berlaku seperti uji tarik (ASTM D 638 tipe I), uji *bending* (ASTM D 790-02), dan uji *impact Charpy* tidak bertakik dengan model *flatwise impact* (ASTM D 5942-96)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

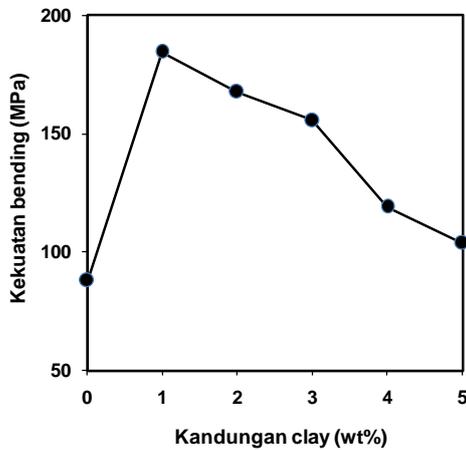
Gambar 1 menunjukkan pengaruh penambahan *clay* terhadap kekuatan tarik dari komposit epoksi/serat gelas. Dari Gambar 1 dapat diketahui bahwa penambahan *clay* 1 wt% telah meningkatkan kekuatan tarik dari komposit epoksi/serat gelas. Tetapi, adanya *clay* lebih dari 1 wt% justru memberikan efek sebaliknya yaitu menurunkan kekuatan tarik secara drastis. Kekuatan tarik tertinggi dicapai pada kandungan *clay* 1 wt% dengan prosentase kenaikan sebesar 8,3%. Kekuatan tarik tertinggi pada *clay* 1 wt% mungkin berkaitan dengan terbentuknya struktur eksfoliasi pada komposit hibrid epoksi/serat gelas/clay. Pada struktur eksfoliasi, lapisan silikat dari *clay* yang berukuran nanometer tersebar secara individu di dalam matriks polimer. Penyebaran *clay* dalam skala nanometer akan memberikan efek pada *high aspect ratio*, luas permukaan kontak yang sangat tinggi dengan matriks, dan interaksi yang kuat antara *clay* dengan matriks polimer. Telah didokumentasi secara luas bahwa pada nanokomposit polimer-*clay* yang memiliki struktur eksfoliasi memiliki sifat mekanis yang sangat tinggi. Penurunan kekuatan tarik untuk komposit hibrid epoksi/serat gelas/*clay* dengan kandungan *clay* lebih dari 1 wt% mungkin disebabkan karena terjadinya penurunan derajat penyebaran eksfoliasi dari *clay* dan adanya aglomerasi/pengumpulan *clay*. Aglomerasi *clay* dipercaya menjadi tempat konsentrasi tegangan dan menjadi awal terjadinya retak sehingga menurunkan kekuatan tarik.



Gambar 1. Kekuatan tarik *versus* kandungan *clay*

Gambar 2 menunjukkan kekuatan *bending* dari komposit hibrid epoksi/serat gelas/*clay* sebagai fungsi dari *clay*. Tampak bahwa kecenderungan yang sama juga terjadi seperti hubungan kekuatan tarik dengan kandungan *clay* pada Gambar 1. Kekuatan *bending* dari komposit hibrid epoksi/serat gelas/*clay* meningkat sangat signifikan pada kandungan *clay* 1 wt% dengan prosentase kenaikan mencapai 110%, sementara kekuatan *bending* menurun drastis pada kandungan *clay* lebih dari 1 wt%. Struktur eksfoliasi yang terbentuk pada komposit hibrid epoksi/serat gelas/*clay* dengan *clay* 1 wt% mungkin dipercaya sebagai penyebab mengapa kekuatan *bending* tertinggi pada *clay* 1 wt%. Dari Gambar 2 dapat juga diketahui bahwa untuk semua kandungan *clay*, nilai kekuatan *bending* dari komposit hibrid epoksi/serat gelas/*clay* lebih tinggi daripada kekuatan *bending* matriks komposit epoksi/serat gelas. Peningkatan kekuatan *bending* ini mungkin disebabkan oleh adanya lapisan silikat dari *clay* yang terletak pada permukaan serat gelas yang dapat meningkatkan ikatan adesi antar muka antara matriks epoksi dengan serat gelas. Kemungkinan penyebab lainnya adalah karena kekuatan tekan epoksi meningkat akibat adanya *clay* sehingga ini akan meningkatkan kekuatan *bending* dari

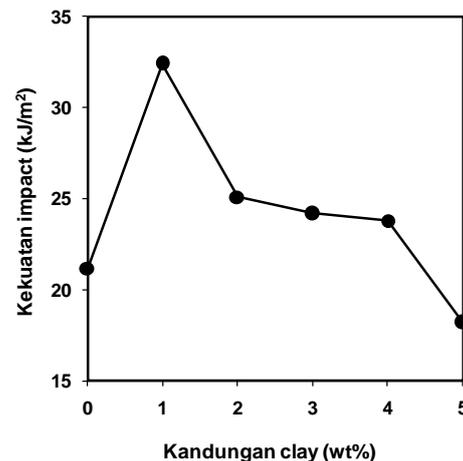
komposit hibrid epoksi/serat gelas/clay (Kornmann dkk., 2005).



Gambar 2. Kekuatan *bending* versus kandungan *clay*

Gambar 3 menunjukkan pengaruh penambahan clay terhadap kekuatan impact pada komposit epoksi/serat gelas. Dapat diketahui bahwa kekuatan *impact* dari komposit epoksi/serat gelas meningkat signifikan dengan adanya clay 1 wt% sedangkan adanya clay lebih dari 1 wt% justru memberikan efek sebaliknya. Kecenderungan yang sama diamati seperti pada kekuatan tarik (Gambar 1) dan kekuatan *bending* (Gambar 2). Kekuatan *impact* tertinggi juga diamati pada komposit hibrid epoksi/serat gelas/clay dengan kandungan *clay* 1 wt% di mana prosentase kenaikan mencapai 52,3%. Struktur eksfoliasi yang terbentuk pada komposit dengan clay 1 wt% juga mungkin menjadi penyebabnya. Selain itu, adanya nanoclay pada struktur eksfoliasi akan memperpanjang jalan perambatan retak (*tortuous fracture path*) dan juga adanya nanoclay dapat menghentikan perkembangan *micro-crack* (Lin dkk., 2006; Basara dkk., 2005). Pengamatan yang sama juga dilaporkan oleh Manfredi dkk. (2008) pada komposit hibrid epoksi/serat gelas/clay yang menggunakan jenis penguat, clay, dan serat gelas yang berbeda. Selanjutnya, aglomerasi clay pada

kandungan clay tinggi (lebih besar dari 1 wt%) mungkin menjadi tempat konsentrasi tegangan yang selanjutnya menjadi awal retak dan akhirnya menurunkan kekuatan *impact*.



Gambar 3. Kekuatan *impact* versus kandungan *clay*

4. KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian ini:

- Penambahan *clay* 1 wt% pada komposit epoksi/serat gelas meningkatkan kekuatan tarik, kekuatan *bending*, dan kekuatan *impact*, sedangkan adanya *clay* lebih dari 1 wt% berat justru memberikan efek sebaliknya.
- Komposit hibrid epoksi/serat gelas/clay yang memiliki sifat mekanis terbaik dicapai ketika kandungan *clay* 1 wt%.
- Penggabungan serat gelas dan clay dapat menghasilkan efek sinergis terhadap peningkatan sifat mekanis resin epoksi.

Acknowledgements

Penulis mengucapkan terima kasih kepada UGM atas dukungan dana melalui DIPA UGM No. LPPM-UGM/762/BID.I/2012 tanggal 5 Maret 2012.

Daftar Pustaka

- Gu, A. & Liang, G. Thermal degradation behaviour and kinetic analysis of epoxy/montmorillonite nanocomposites, *Polymer Degradation and Stability*, Vol. 80, 383-391 (2003)
- Ray, S.S. & Okamoto, M. Polymer/layered silicate nanocomposites: a review from preparation to processing, *Progress Polymer Science*, Vol. 28, 1539-1641 (2003)
- Alexandre, M. & Dubois, P. Polymer-layered silicate nanocomposites: preparation, properties and uses of a new class of materials. *Materials Science and Engineering R Reports*, Vol. 28, 1-63 (2000)
- Liu, T., Tjiu, W.C., Tong, Y., He, C., Goh, S.S., Chung, T.S. Morphology and fracture behavior of intercalated epoxy/clay nanocomposites. *Journal of Applied Polymer Science*, 94, 1236-1244 (2004)
- Nigam, V., Setua, D.K., Mathur, G.N., and Kar, K.K. Epoxy-clay nanocomposites: Synthesis and Characterization. *Journal of Applied Polymer Science*, 93, 2201-2210 (2004)
- Kornmann X., Rees M., Thomann Y., Necola A., Brabezat M., Thomann R. Epoxy-layered silicate nanocomposites as matrix in glass fibre-reinforced composites. *Composites Science and Technology*, 65, 2259-2268 (2005)
- Lin J-C., Chang L.C., Nien M.H., Ho H.L. Mechanical behavior of various nanoparticle filled composites at low velocity impact. *Composites Structures*, 74, 30-36 (2006)
- Basara C, Yilmazer U, Bayram G. Synthesis and characterization of epoxy based nanocomposites. *Journal of Applied Polymer Science*, 98(3), 1081-1086 (2005)
- Manfredi, L.B., Santis, H.D., Vazquez, A. Influence of the addition of montmorillonite to the matrix of unidirectional glass fiber/epoxy composites on their mechanical and water absorption properties, *Composites: Part A*, Vol. 39, 1726-1731 (2008)