

STUDI SIFAT MEKANIK DENGAN PENGUJIAN TARIK DAN KETANGGUHAN RETAK PADA KOMPOSIT EPOXY-KAOLIN

Adi Pamungkas

Politeknik Negeri Bandung

Jl. Gegerkalong Hilir Ds Ciwaruga Kab. Bandung.

Telpn : 081573297026/Email: pamungkas12345@yahoo.com

Abstrak

Komposit adalah gabungan dua material atau lebih dengan memiliki sifat yang tidak sama dengan sifat bahan aslinya. Penelitian ini bertujuan untuk mengamati pengaruh serbuk kaolin pada epoxy terhadap kekuatan tarik dan ketangguhan retak pada komposit epoxy/kaolin. Bahan yang digunakan adalah *epoxy* sebagai matrik dan kaolin sebagai *filler*. *Epoxy* jenis DGEBA DER 331 dari DOW Chemical England. Kaolin dari SIGMA ALDRICH England. *Hardener* 2,4,6 Tris-(Dimethylaminomethyl) Phenol 95% dari SIGMA ALDRICH England. Penelitian dilaksanakan dengan memanaskan kaolin pada suhu 80°C selama 2 jam. Komposit dibuat dengan mencampurkan variasi kaolin 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% fraksi berat dengan 2% fraksi berat *epoxy* sebagai matrik menggunakan alat pengaduk pada putaran 1.200 rpm pada suhu 80°C selama 1 jam. Kemudian menambahkan *hardener* dalam keadaan berputar selama 1 menit. Hasil campuran dimasukkan ke dalam tabung hampa selama 1 menit untuk menghilangkan gelembung udara, dan kemudian dilanjutkan *curing* dengan menuangkan ke dalam cetakan dan didiamkan selama 48 jam pada suhu ruang. *Post curing* komposit dilakukan dengan memasukkan ke dalam *oven* pada suhu 120°C selama 3 jam. Pengujian yang dilakukan meliputi uji tarik dan uji ketangguhan retak. Pengamatan mikrostruktur dan permukaan patah menggunakan *optical microscope* dan SEM. Hasil pengujian tarik terjadi kenaikan tegangan tarik pada penambahan 5% berat kaolin sebesar 16.5% atau 53.453 Mpa, dan pada penambahan fraksi berat kaolin selanjutnya tegangan tarik menurun. Hasil pengujian ketangguhan retak terjadi kenaikan pada setiap penambahan berat kaolin dengan ketangguhan maksimum pada penambahan 20% berat kaolin sebesar 97.3% atau 2.28 MPa.m^{0.5}.

Kata kunci : *epoxy*, kaolin, *hardener*.

1. PENDAHULUAN

Dengan berkembangnya teknologi saat ini, kebutuhan material dengan kombinasi sifat-sifat mekanis yang tidak ditemukan pada material konvensional seperti metal, keramik dan polimer sangat diperlukan. Material terapan membutuhkan banyak alternatif sifat-sifat yang dapat disediakan pada bahan komposit. Komposit adalah gabungan dua material atau lebih dengan memiliki sifat yang tidak sama dengan sifat bahan aslinya[3]. *Epoxy thermosets* termasuk kelompok polimer yang digunakan sebagai bahan pelapis, perekat, dan sebagai matrik pada material komposit, sangat luas digunakan pada banyak aplikasi seperti *automotif*, *aerospace*, perkapalan, dan peralatan

elektronik yang secara umum memiliki sifat yang baik dalam hal *chemical reactive adhesives*, *thermal conductive adhesive*, *electrical conductive adhesive*, *corrosion resistance*, kekuatan tarik dan kekuatan bending yang sangat baik. Namun demikian *epoxy* juga mempunyai kelemahan pada sifat sensitif menyerap air, getas dan *notch sensitive*[5]. Mineral kaolin banyak digunakan di industri, secara umum digunakan pada kertas, keramik, karet, plastik dll. Sebagai penguat pada *thermoplastik* dan *thermoset* akan memberikan sifat permukaan halus, produk lebih atraktif, dimensi lebih stabil, dan mempunyai ketahanan yang sangat tinggi terhadap pengaruh kimia[7]. Berdasarkan uraian tersebut di atas, maka peneliti bermaksud untuk melakukan penelitian

tentang pengaruh fraksi berat kaolin sebagai penguat dan epoksi sebagai matrik terhadap sifat fisis dan mekanis dengan metoda *Conventional Composites*. *Epoxy-kaolin composite (polymer-matrix composites PMC's)* adalah komposit dengan menggunakan suatu polimer (misalnya resin) sebagai matriknya, dan penguatnya dapat berupa partikel atau jenis serat[3]. Dari hasil percobaan dan data masing-masing fraksi berat tersebut akan dibandingkan satu sama lain sehingga akan diperoleh formula yang paling efektif untuk mendapatkan sifat mekanis yang paling optimal. Dengan melakukan penelitian ini diharapkan tercipta material komposit epoxy-kaolin yang mempunyai karakteristik mekanik yang baik, dan hasilnya dapat bermanfaat sebagai data atau informasi bahan referensi, memberikan kontribusi baik bagi perkembangan ilmu pengetahuan juga industri material.

Dalam skema penelitian ini, penulis membatasi permasalahan dengan batasan masalah sebagai berikut :

1. Pengambilan parameter tetap, berdasarkan hasil penelitian oleh beberapa peneliti sebelumnya yang dimodifikasi, seperti pemanasan awal kaolin 80° selama 2 jam[66], kecepatan putar pencampuran 1200 rpm[4] dengan suhu 80° selama 1 jam dan *post curing* 120° selama 3 jam[1]. Penambahan hardener selama 1 menit, waktu pengvakuman 1 menit, waktu *curing* 48 jam pada suhu ruang dari hasil *try and error*.
2. Bahan epoksi yang digunakan adalah *diglycidlyether of bisphenol A* (DGEBA) DER 331 dari DOW Chemical England.
3. Bahan kaolin (2SiO_2 , Al_2O_3 , $2\text{H}_2\text{O}$) dari SIGMA ALDRICH England dengan fraksi berat 0, 5, 10, 15, dan 20%.
4. Hardener yang digunakan *2,4,6 Tris (Dimethylaminomethyl) Phenol* 95% $[(\text{CH}_3)_2\text{NCH}_2]_3\text{C}_6\text{H}_2\text{OH}$ dari SIGMA ALDRICH England dengan fraksi berat 2% dari hasil *try and error*.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh kenaikan fraksi berat kaolin terhadap :

1. Kekuatan tarik komposit epoxy-kaolin.
2. Ketangguhan retak komposit epoxy-kaolin.
3. Struktur mikro komposit epoxy-kaolin.

2. METODE PENELITIAN

Memanaskan kaolin sebagai pemanasan awal yang bertujuan untuk mengurangi kadar air, dilakukan pada suhu 80 °C selama 2 jam dalam oven. Kemudian menambahkan *Diglycidyl ether bisphenol A* (DGEBA) DER 331 pada gelas kaca dan di aduk menggunakan *mechanical stirrer* dengan putaran 1200 rpm pada suhu 80°C selama 1 jam. Dalam keadaan tetap berputar, ditambahkan *hardener* ke dalam campuran *kaolin - Diglycidyl ether bisphenol A* (DGEBA) DER 331 selama 1 menit. Hasil dari campuran dimasukkan ke dalam bejana vakum selama 1 menit dengan tujuan menghilangkan gelembung udara. Hasil campuran yang dikeluarkan dari tabung hampa dituangkan kedalam cetakan. Hasil tuangan didiamkan pada ruang dengan suhu kamar selama 48 jam, dan dilanjutkan *post-curing* dengan memasukkan ke dalam oven pada suhu 120°C selama 3 jam .

Pengujian tarik dilakukan menggunakan mesin uji tarik "*Servopulser*" dengan *standard* yang digunakan pada pengujian tarik ini adalah ASTM D 638. Dari pengujian ini dapat dihitung tegangan tarik maksimum yang terjadi dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\sigma_{maks} = \frac{P_{maks}}{A_0} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

σ_{maks} : tegangan tarik maksimum (MPa)

P_{maks} : beban (N)

A_0 : luas mula dari penampang batang uji (mm^2)

Pengujian dilakukan dengan jumlah spesimen uji 5 buah setiap variasi *Kaolin*.

Pengujian ketangguhan retak dilakukan menggunakan mesin "*Torsee's Universal*" dengan *Standard* yang di gunakan pada pengujian ketangguhan retak ini adalah ASTM D 5045 96. Dari pengujian ini kita dapat menghitung harga K_{IC} yang terjadi dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$K_{1r} = Y \frac{3PS\sqrt{a}}{2BW^2} \dots\dots\dots (2)$$

$$Y = 1.93 - 3.07 \left| \frac{a}{W} \right| + 14.53 \left| \frac{a}{W} \right|^2 - 25.11 \left| \frac{a}{W} \right|^3 + 25.8 \left| \frac{a}{W} \right|^4 \dots\dots\dots (3)$$

Dimana :

K_{Ic} : Critical stress intensity factor

(MPa.m^{1/2})

Y : factor bentuk

P : Beban saat rusak (N)

S : jarak tumpuan (mm)

B : tebal spesimen (mm)

W : lebar spesimen (mm)

a : panjang retak (mm)

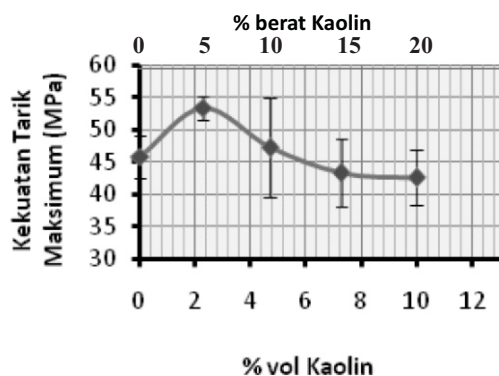
Pengujian dilakukan dengan jumlah spesimen uji 5 buah setiap variasi Kaolin.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian yang didapat adalah sebagai berikut :

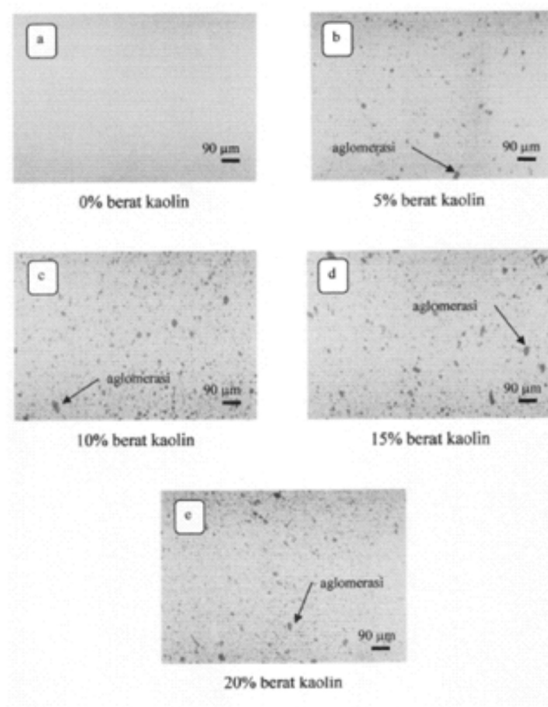
Tabel 1. Nilai uji tarik

NO	% Berat Kaolin	Teg. Maksimum	Standart
		rata-rata (MPa)	Deviasi
1	0	45,875	3,309
2	5	53,435	1,898
3	10	47,294	7,647
4	15	43,276	5,301
5	20	42,613	4,399

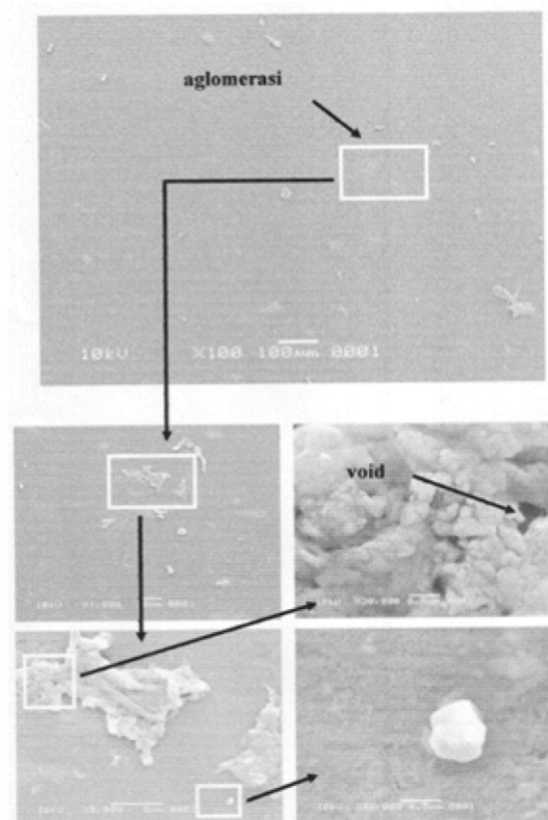


Gambar 1. Kekuatan Tarik Maksimum

Dari Tabel 1 dan Gambar 1 dapat dilihat bahwa terjadi kenaikan kekuatan tarik maksimum paling tinggi pada penambahan 5% fraksi berat kaolin sebesar 16,5% atau 53,453 MPa, dan kemudian menurun pada 10% fraksi berat kaolin sebesar 0,03% atau 47,294 MPa dan seterusnya sampai pada 20% fraksi berat kaolin. Peristiwa ini dapat terjadi karena pada 5% fraksi berat kaolin kemungkinan terjadinya gumpalan-gumpalan kaolin (aglomerasi) yang mengakibatkan awal patah masih relatif sedikit dibandingkan dengan 10% fraksi berat kaolin,



Gambar 2. Struktur Mikro Epoxy-Kaolin Komposit

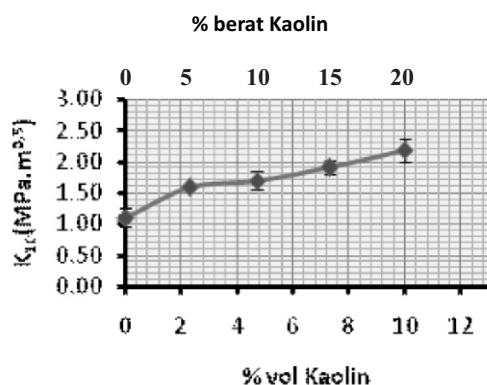


Gambar 3. SEM epoxy-kaolin Komposit (5% berat kaolin)

15% fraksi berat kaolin, dan 20% fraksi berat kaolin (Gambar 2). Semakin besar fraksi berat kaolin pada komposit menjadikan semakin banyak kemungkinan terjadinya gumpalan-gumpalan kaolin yang mengakibatkan adanya *void* (Gambar 3) yang terisi oleh udara sehingga terjadi konsentrasi tegangan yang mengakibatkan munculnya awal retak. Dengan adanya *void* mengakibatkan berkurangnya kemampuan dalam menahan tegangan tarik.

Tabel 2. Hasil Pengujian Ketangguhan Retak

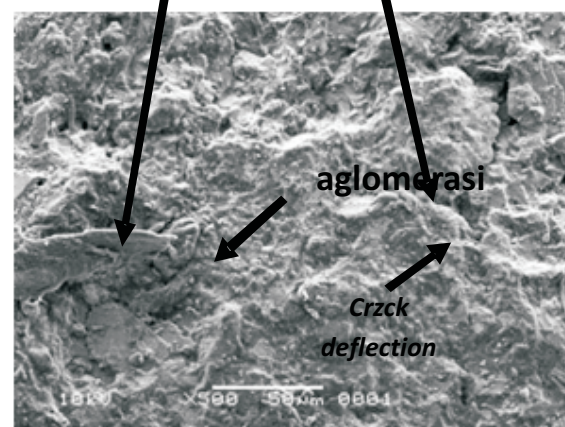
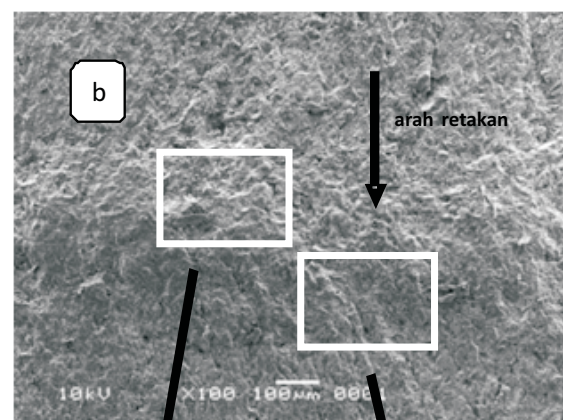
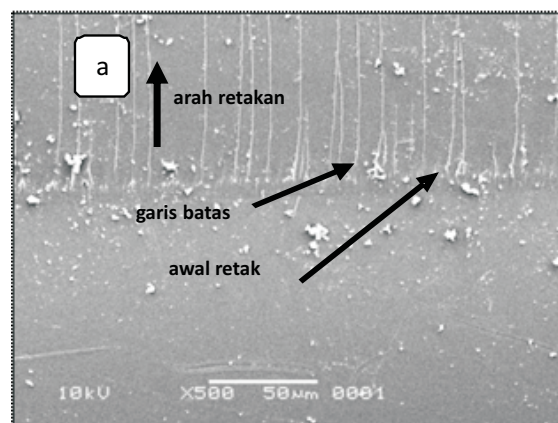
No	% berat Kaolin	K_{Ic} Rata-rata (MPa.m ^{0.5})	Standar Deviasi
1	0	1,11	0,14
2	5	1,59	0,03
3	10	1,7	0,15
4	15	1,91	0,11
5	20	2,19	0,13



Gambar 4. Ketangguhan Retak

Dari Tabel 2 dan Gambar 4 terlihat bahwa kenaikan ketangguhan retak selaras dengan kenaikan penambahan persentase kaolin. Pada 0% fraksi berat kaolin, ketangguhan retak yang terjadi 1,11 MPa.m^{0.5}, pada 5% fraksi berat kaolin meningkat sebesar 43,2% atau 1,59 MPa.m^{0.5}, pada 10% fraksi berat kaolin meningkat sebesar 54,6% atau 1,70 MPa.m^{0.5}, pada 15% fraksi berat meningkat 72,1% atau sebesar 1,91 MPa.m^{0.5}, dan seterusnya hingga pada 20% fraksi berat kaolin sebesar 97,3% atau 2,28 MPa.m^{0.5}. Hal tersebut diatas menjadi semakin jelas setelah melihat Gambar 5 (a) yang menunjukkan bahwa merambatnya retak tidak terhambat dengan ditandai oleh warna terang

didaerah awal retak, dan akan terlihat berbeda apabila melihat Gambar 5 (b) yang menunjukkan bahwa merambatnya retak tidak beraturan karena terhambat oleh adanya butiran atau partikel kaolin, peristiwa ini dikenal dengan *crack deflection*, sehingga semakin banyak persentase kaolin mengakibatkan ketangguhan retak semakin tinggi.

Gambar 5. SEM komposit *epoxy-kaolin* (a) 0% berat kaolin (b) 20% berat kaolin

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Terjadi kenaikan kekuatan tarik maksimum pada 5% fraksi berat kaolin 16,5% atau 53,453 (Mpa), dan terjadi penurunan pada 10%, 15% dan 20% fraksi berat kaolin.
2. Terjadi kenaikan ketangguhan retak pada setiap fraksi berat kaolin dengan maksimum pada 20% fraksi berat kaolin 97,3% atau 2,19 (MPa.m^{0.5}).
3. Pada penambahan fraksi berat kaolin 5%, 10%, 15% dan 20%, terjadi aglomerasi yang mengakibatkan *void*. Pada penambahan fraksi berat kaolin 5%, terjadi ikatan yang baik antara partikel dengan matrik. Pada penambahan fraksi berat kaolin 20%, partikel kaolin menyebar lebih merata, pengujian ketangguhan retak terjadi *crack deflection*.

Saran

1. Sebaiknya pilih fraksi berat kaolin 5% karena terbaik untuk sifat tarik.
2. Sebaiknya pilih fraksi berat kaolin 20% karena terbaik untuk sifat ketangguhan retak.
3. Sebaiknya proses kegiatan pencampuran dan pengadukan bahan komposit dilakukan bersamaan di dalam tabung vakum untuk meminimalkan kemungkinan terjadinya gelembung udara sebelum dituangkan pada cetakan spesimen.

DAFTAR PUSTAKA

1. Bakar, M dan Skrzypek, K, 2007, Effect of Kaolin and Polyurethane on the Fracture and Thermal Properties of Epoxy Based Composite, ISSN 1392-1320 Materials Science (Medziagotyra) Vol.13, No.1
2. Chow, W.S, and Yap, Y.P. 2008. Optimazion of process variables on flextural properties of epoxy/organo-montmorillonite nanocoposites by response surface methodology, EXPRESS Polymer Letter Vol.2, No.1 (2008) 2-11.
3. Kornmann, X., Berglund, L.A, and Sterte, J. 1998. Nanokomposites Based on Montmorillonite and Unsaturated Polyester. Polymer Engineering And Science. Vol 38, No.8, pp. 1351-1358.
4. Leong, Y.W., Abu Bakar, M.B., Ishak, M.Z.A., Ariffin,A., Pukanszky, B. 2004, Comparison Of the Mechanical Properties and Interfacial Interaction Between Talk, Kaolin, and Calcium Carbonate Filled Polypropylene Composites, Journal of Applied Polymer Science, Vol.91, 3315-3326, Wiley Periodicals, Inc.
5. Liu, T., Tjiu, W.C., Tong, Y., He, C., Goh,S.S., Chung, T.S. 2004, Morphology and Fracture Behaviour of Interacaleted Epoxy/Clay Nanocomposites, Journal of Applied Polymer Science, Vol 94, 1236-1244, Wiley Periodicals, Inc.Liu, W.,
6. Hoa, SV., Pugh, M. 2005, Fracture toughness and water uptake of high-performance epoxy-nanoclaycomposites, Journal of Composites Science And Technology 65, 2364-2373, Elsevier.
7. Murray, HH, Industrial Applications Of Kaolin, Georgia Kaolin Company, Elizabeth, New Jersey.
8. American Society for Metal Handbook Committee. 2000, Mechanical Testing and Evaluation, ASM Handbook, New edition, Vol 8, ISBN 0-87170-389-0, ASM International.
9. Askeland, DR.,2001, The Science and Engineering of Materials, 3th SI Ed, ISBN 0-7487-4083-X.
10. [http___www.dow.com](http://www.dow.com), DOW EPOXY, Epoxy Resin Product Overview, Products for the global kaolin industry.