

# Ketangguhan Retak Komposit Epoxy - Serbuk Cangkang Kerang

Yohanes Suyoko

Burhan Ibnu Muhtadi

Program Studi Teknologi Mesin dan Mesin Otomotif Politeknik Pratama Mulia Surakarta

[yesuyoko@gmail.com](mailto:yesuyoko@gmail.com)

## ABSTRACT

Composite is a new material resulting from a combination of two or more materials. Each of composite materials has advantages that will reduce or even eliminate the deficiencies of other materials. Fillers are given to strengthen the particle shaped matrix. This study aims to determine the effect of the addition of scallop powder in the epoxy matrix to the fracture toughness of the epoxy-scallop powder composite.

The composite matrix is Eposchon products of PT. Justus Kimia Raya and its reinforcing material are scallop powder with a size of 40 mesh passes. The conventional method is used to make composites, where the scallop powder is mixed in epoxy resin with variations in weight fraction of 0%, 5%, 10% and 15%. Each composition was mixed with a mechanical stirrer for 15 minutes at 500 rpm and a temperature of 40 ° C. At the last minute the stirrer rotation is lowered at 100 rpm while adding a hardener (catalyst). The next process is pouring the mold followed by curing in an oven at 90 ° C for 2 hours. The specimen is then tested for fracture toughness according to ASTM D5045 standard.

The test results showed that there was an increase in fracture toughness in all additional weight fractions of the shell powder. The biggest increase occurred in the addition of 5% by weight fraction, where the fracture toughness increased by 178.38% (1.03 MPa.m<sup>1/2</sup>).

**Keywords:** Composite, Fracture Toughness, Epoxy Resin

## I. PENDAHULUAN

Penelitian terus diusahakan dan dikembangkan untuk mendapatkan material baru yang memiliki sifat khusus. Komposit partikulat terdiri dari fasa matrik yang diperkuat dengan fasa dispersi dalam bentuk partikel.

Resin epoxy merupakan material *thermoset* yang mudah dan cepat dikeraskan pada temperatur mulai 5°C sampai 150°C. Kelebihan dari resin epoxy adalah bersifat tahan aus dan tahan fatik, sedangkan kekurangannya adalah kekuatan rendah, peka terhadap takik dan bersifat getas.

Rangka luar pada hewan kerang disebut cangkang. Cangkang kerang mengandung kalsium karbonat (CaCO<sub>3</sub>). Semakin keras

cangkang, maka semakin tinggi kandungan kalsium karbonatnya.

Kekurangan pada matrik epoxy yang bersifat getas dan kekuatannya yang rendah akan diperbaiki dengan mencampur serbuk cangkang kerang yang akan berlaku sebagai penguat. Komposit ini diharapkan menjadi alternatif material baru yang relatif ringan dan kuat sebagai pilihan untuk mengganti material logam pada aplikasi di bidang rekayasa material.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Komposit

Kebanyakan material komposit tersusun dari dua fase material saja, satu disebut matrik yang merupakan fase tidak terputus dan mengelilingi fase lain yang disebut fase dispersi atau penguat. Partikel penguat cenderung menahan gerak dari

fase matrik di daerah sekitar masing-masing partikel.

Matrik akan memindahkan sejumlah tegangan aplikasi ke partikel yang menanggung sebagian kecil beban. Derajat peningkatan perilaku mekanik bergantung pada kekuatan ikatan pada antar-muka matrik-partikel. Partikel dapat memiliki variasi geometri yang lengkap, tetapi harus diperkirakan memiliki dimensi yang sama pada semua arah. Penguatan yang efektif didapatkan pada partikel yang relatif kecil dan terdistribusi merata pada matrik. Fraksi volume dari kedua fase mempengaruhi perilaku sifat mekanik komposit. Sifat komposit merupakan fungsi dari sifat fase penyusunnya yaitu sifat fase matrik dan penguat berdasarkan jumlah kandungan, ukuran, bentuk, distribusi dan orientasi.

Interaksi antara partikel-matrik yang menimbulkan penguatan terjadi pada level atom atau molekul. Sebagian besar beban aplikasi ditanggung oleh matrik sedangkan partikel dispersi menghalangi atau mengganggu gerak dislokasi. Deformasi plastis dibatasi sehingga kekerasannya meningkat (Callister, 2007).

## 2. Resin Epoxy

Resin epoxy adalah polimer *thermoset* yang mengeras ketika dicampur dengan katalis atau hardener. Diantara semua resin *thermoset*, resin epoxy adalah unik karena beberapa faktor yaitu :

- Tekanan minimum diperlukan untuk proses fabrikasi produk yang secara normal digunakan pada resin *thermoset*.
- Penyusutan saat mengeras relatif kecil sehingga memperkecil tegangan sisa yang terjadi pada produk .
- Pemilihan *hardener* yang digunakan pada temperatur dengan jangkauan lebar memungkinkan pengendalian derajat *crosslinking* yang baik.
- Tersedia resin dari kondisi cairan encer sampai padat.

Karena karakteristiknya yang unik dan sifat bermanfaat dari polimer *network*, resin epoxy secara luas digunakan sebagai adhesi struktur, pelapisan permukaan, komposit teknik dan laminasi listrik. Kebanyakan aplikasi komposit memanfaatkan epoxy sebagai matrik.

Molekul epoxy mengandung dua cincin aromatik yang mampu menyerap baik tegangan mekanik maupun tegangan thermal sehingga resin epoxy memiliki sifat yang baik pada kekakuan, ketangguhan dan ketahanan panas (pro-lite.net).

## 3. Kerang

Kerang adalah salah satu hewan lunak (Mollusca) kelas Bivalvia atau Pelecypoda. Kerang biasanya simetri bilateral, mempunyai sebuah mantel yang berupa daun telinga atau cuping dan cangkang setangkup. Mantel dilekatkan ke cangkang oleh sederetan otot yang meninggalkan bekas melengkung yang disebut garis mantel.

Fungsi dari permukaan luar mantel adalah mensekresi zat organik cangkang dan menimbun kristal-kristal kalsit atau kapur. Cangkang terdiri dari tiga lapisan, yaitu

- a. Lapisan luar tipis, hampir berupa kulit dan disebut periostracum, yang melindungi.
- b. Lapisan kedua yang tebal, terbuat dari kalsium karbonat.
- c. Lapisan dalam terdiri dari mother of pearl, dibentuk oleh selaput mantel dalam bentuk lapisan tipis. Lapisan tipis ini yang membuat cangkang menebal saat hewannya bertambah tua.

Kandungan serbuk cangkang kerang diberikan pada Tabel 1. Cangkang kerang merupakan bahan sumber mineral yang telah mengalami penggilingan dan mempunyai karbonat tinggi.

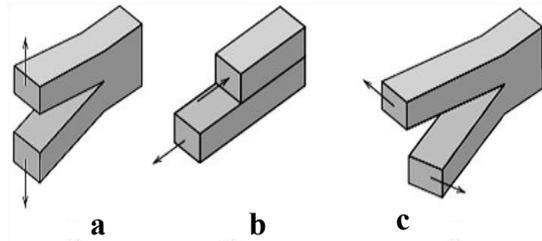
Tabel 1. Kandungan Kimia Serbuk Cangkang Kerang

Komponen	Kadar (% berat)
CaO	66,70
SiO <sub>2</sub>	7,88
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,03
MgO	22,28
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,25

## 4. Uji Ketangguhan Retak

Ketangguhan retak adalah sifat yang menggambarkan kemampuan material yang mengandung retak untuk menahan patah. Jika suatu material memiliki harga ketangguhan retak

yang besar maka patah ulet berpeluang terjadi pada material tersebut. Ketangguhan retak merupakan indikasi dari jumlah tegangan yang diperlukan untuk merambatkan cacat awal yang ada pada material.



Gambar 1. Tiga mode perpindahan permukaan patah (buka, geser, sobek)

Parameter yang disebut faktor intensitas tegangan ( $K$ ) digunakan untuk menentukan ketangguhan retak pada kebanyakan material. *Subscript* angka Romawi menunjukkan mode perpindahan permukaan patah dan tiga mode tersebut diberikan seperti pada Gambar 1 diatas.

Prinsip mekanika perpatahan digunakan untuk mendapatkan ekspresi faktor intensitas tegangan di ujung retak sebagai :

$$K_I = Y\sigma\sqrt{\pi a} \quad (1)$$

Dengan catatan  $K_I$  adalah faktor intensitas tegangan untuk pola pembebanan I (mode I),  $\sigma$  adalah tegangan aplikasi,  $a$  adalah panjang retak dan  $Y$  adalah faktor geometri yang bergantung pada dimensi benda.

Pada uji ketangguhan retak kondisi *plane-strain*, konfigurasi spesimen yang digunakan adalah *single edge notch bend* (SENB) atau *three-point bend*.

Ekspresi ketangguhan retak mode I menggunakan spesimen SENB diberikan dalam persamaan berikut (Hertzberg, 1989).

$$K_{Ic} = Y \frac{3PS\sqrt{a}}{2BW^2} \quad (2a)$$

$$Y = 1,93 - 3,07\left(\frac{a}{W}\right) + 14,53\left(\frac{a}{W}\right)^2 - 25,11\left(\frac{a}{W}\right)^3 + 25,80\left(\frac{a}{W}\right)^4 \quad (2b)$$

Dengan catatan  $P$  adalah beban kritis untuk perambatan retak ( $N$ ),  $S$  adalah jarak antar tumpuan (m),  $a$  adalah panjang retak awal (m),  $B$  adalah tebal spesimen (m) dan  $W$  adalah lebar spesimen (m).

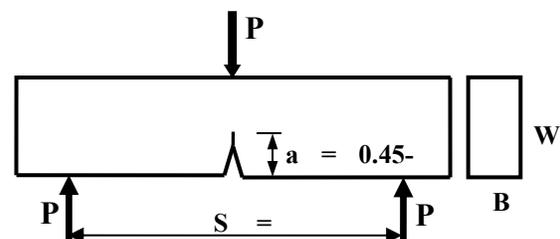
### III. METODOLOGI

#### A. Bahan

1. Serbuk cangkang kerang sebagai filler dengan ukuran lolos 40 mesh.
2. Epoxy Resin Bisphenol A-epichlorohydrin produk PT. Justus Kimia Raya
3. Epoxy Hardener Polyaminoamide produk PT. Justus Kimia Raya

#### B. Bentuk Spesimen

Spesimen pengujian retak berbentuk *single edge notch bend* (SENB) standar ASTM D5045 beserta skema uji *three point bending* ditunjukkan pada Gambar 2. Dimensi spesimen meliputi tebal ( $B$ ), lebar ( $W$ ), jarak tumpuan ( $S$ ) dan panjang retak ( $a$ ).



Gambar 2. Skema uji ketangguhan retak dengan spesimen SENB (Broek, 1982).

#### C. Pembuatan Spesimen

Cangkang kerang dibersihkan dan dikeringkan dengan penjemuran sinar matahari. Pembuatan serbuk dilakukan dengan penumbukan. Serbuk yang dihasilkan kemudian ditampung sementara untuk disaring dengan pengayak ukuran 40 mesh.

Serbuk cangkang kerang dengan fraksi berat 5% dicampur dengan resin epoxy menggunakan mechanical stirrer pada putaran 500 rpm sambil dipanaskan pada suhu 40°C selama 15 menit. Pemanas dimatikan dan hardener dimasukkan ke dalam campuran dengan putaran yang diturunkan menjadi 100 rpm selama 1 menit.

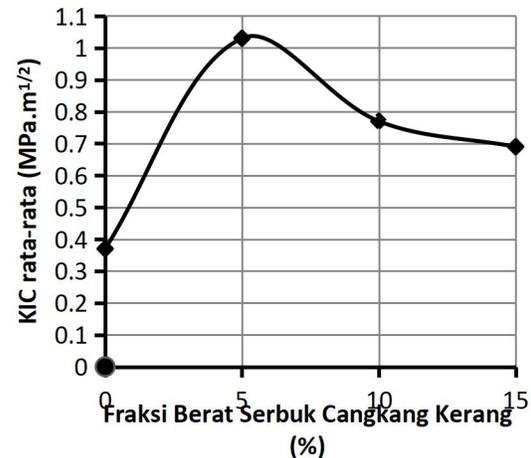
Campuran dituang ke dalam cetakan aluminium sesuai standar ASTM D5045 untuk uji ketangguhan retak. Proses *curing* dilakukan di dalam oven listrik pada suhu 90°C selama 2 jam. Pengulangan proses pembuatan komposit dengan fraksi berat serbuk karet sebesar 10% dan 15%. Untuk fraksi berat 0%, campuran hanya terdiri dari resin epoxy dan hardener.

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui ketangguhan retak material terhadap cacat awal yang sengaja diberikan. Pengujian dilakukan dengan spesimen *Single Edge Notch Bend* (SENB) dan metode *Three Point Bending* sesuai standar ASTM D5045. Dari pengujian ini didapat beban maksimum yang mampu diterima spesimen sebelum patah. Ketangguhan retak dari spesimen dihitung menggunakan persamaan (2.3). Hasil perhitungan untuk masing-masing penambahan fraksi berat serbuk cangkang kerang diberikan dalam Tabel 2 dan disajikan dalam bentuk grafik seperti Gambar 3.

Tabel 2. Hasil uji ketangguhan retak

No	Fraksi berat serbuk cangkang kerang (%)	Ketangguhan Retak (MPa.m <sup>1/2</sup> )
1	0	0,37
2	5	1,03
3	10	0,77
4	15	0,69



Gambar 3. Kurva hasil uji ketangguhan retak komposit epoxy-serbuk cangkang kerang. Dari Tabel 2 dan Gambar 3 terlihat bahwa hasil uji ketangguhan retak memiliki kecenderungan naik pada semua penambahan fraksi berat serbuk cangkang kerang. Peningkatan ketangguhan retak pada penambahan 5%, 10% dan 15% fraksi berat masing-masing adalah 178,38% (1,03 MPa.m<sup>1/2</sup>), 108,11% (0,77 MPa.m<sup>1/2</sup>) dan 86,49% (0,69 MPa.m<sup>1/2</sup>).



Gambar 4. Penampang patahan spesimen



Gambar 5. Pandangan samping patahan spesimen



Gambar 6. Pandangan bawah patahan spesimen

Dari Gambar 5 dan Gambar 6 terlihat bahwa pada saat resin dipanaskan dan menjadi lebih encer, serbuk cangkang kerang akan mengendap akibat berat jenisnya yang lebih besar. Konsekuensi dari hal tersebut akan menyebabkan serbuk cangkang kerang tidak terdistribusi secara merata. Akibatnya spesimen tidak mampu menerima beban dan terjadi patah getas, seperti terlihat pada Gambar 4 dimana patahan spesimen berwarna terang pada satu sisi.

Serbuk cangkang kerang yang relatif keras tidak dapat terikat kuat dengan resin epoxy sehingga antara sisi luar butiran serbuk dengan resin akan terbentuk celah atau rongga yang akan menurunkan kekuatan. Rongga ini akan bertambah sebanding peningkatan jumlah serbuk cangkang kerang sehingga terjadi penurunan ketangguhan retak seiring peningkatan jumlah serbuk cangkang kerang. Ketangguhan retak dengan penambahan 10% fraksi berat lebih rendah dibanding penambahan 5% fraksi berat, begitu juga penambahan 20% fraksi berat lebih rendah dibanding penambahan 10% fraksi berat, memang terjadi penurunan walaupun nilainya masih lebih besar dibanding 0% fraksi berat.

## V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Ketangguhan retak komposit epoxy-serbuk cangkang kerang pada penambahan 5%, 10% dan 15% fraksi berat memiliki kecenderungan meningkat. Peningkatan ketangguhan retak pada penambahan 5%, 10% dan 15% fraksi berat masing-masing adalah 178,38% (1,03

MPa.m<sup>1/2</sup>), 108,11% (0,77 MPa.m<sup>1/2</sup>) dan 86,49% (0,69 MPa.m<sup>1/2</sup>).

2. Struktur makro patahan spesimen uji menunjukkan bahwa komposit mengalami patah getas.
3. Serbuk cangkang kerang sulit berikatan dengan resin epoxy.

## REFERENSI

ASM Internatonal. 2001. *Composites*, Vol 21.

Broek,D., 1982. *Elementary Engineering Fracture Mechanics*, Martinus Nijhoff Publisher.

Brydson, JA. 1999. *Plastics Materials*, Oxford, Butterworth Heinemann.

Callister Jr, WD. 2007. *Materials Science and Engineering an Introduction*, New York, John Wiley & Sons, Inc.

Crawford, RJ, 1987. *Plastics Engineering*, Third Edition, Butterworth-Heinemann.

Harper, CA. 2000. *Modern Plastics and Modern Plastics Handbook*, New York, McGraw-Hill Companies.

Hertzberg, R. W., 1989. *Deformation and Fracture Mechanics of Engineering Materials*, John Wiley & Sons, Inc.

Yohanes Suyoko, 2011, *Studi Sifat Fisik Dan Sifat Mekanik Komposit Epoxy-Zirconia*, Seminar Nasional RETII Ke-6, Sekolah Tinggi Teknologi Yogyakarta.

<http://kapurcaco.blogspot.co.id/>

