

# PENGARUH FRAKSI VOLUME SERAT TERHADAP KUAT LENTUR METRIAL KOMPOSIT SERAT ENCENGONDOK SEARAH/POLIESTER

**Alharis Pajazi**

*Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Program Studi S-1 Teknik Mesin Fakultas Teknik,  
Yogyakarta 55183, Indonesia  
alharis\_pajazi@yahoo.com*

## **Abstrak**

Komposit adalah hasil penggabungan dua atau lebih material pembentuk secara fisis. Komposit serat terdiri dari serat sebagai penguat dan resin sebagai pengikat. Penelitian ini diharapkan akan didapat kekuatan *bending* yang tinggi sehingga dapat meminimalkan kerusakan yang fatal akibat beban *bending* yang terjadi. Material serat pada penelitian ini digunakan karena pemanfaatannya yang masih terbatas. Tujuan penelitian ini adalah menyelidiki pengaruh fraksi volume serat terhadap kekuatan tarik dan *bending* material komposit serat enceng gondok searah/*polyester* dan mengetahui karakteristik patahan (Jatmiko, 2005).

Spesimen dibuat dengan cara cetak tekan dengan  $V_f = 0\%$ , 10%, 20%, 30%, dan 40%. Bahan yang digunakan untuk penelitian ini adalah serat enceng gondok, resin polyester yucalac BQTN tipe 157 dan *harderner* MEKPO (Methyle Ethyl Ketone Peroxide). Pengujian *bending* menggunakan standar ASTM D-790. Kegagalan spesimen diamati menggunakan foto makro, dan untuk mengetahui karakteristik patahannya.

Hasil pengujian dan pengamatan menunjukkan bahwa semakin besar fraksi volume serat, semakin menurun kekuatan *bending*, regangan dan modulus elastisitasnya. Kekuatan *bending* rata-rata tertinggi pada  $V_f = 10\%$  yaitu 118,620 MPa, sedangkan yang terendah pada  $V_f = 40\%$  yaitu 51,642 MPa. Regangan tarik rata-rata tertinggi pada  $V_f = 0\%$  yaitu 0,0425 mm/mm, sedangkan yang terendah pada  $V_f = 40\%$  yaitu 0,0199 mm/mm, serta modulus elastisitas *bending* tertinggi rata-rata terjadi pada  $V_f = 0\%$  yaitu 5,495 GPa, sedangkan yang terendah pada  $V_f = 40\%$  yaitu 4,240 GPa. Berdasarkan hasil pengamatan foto makro karakteristik patahan komposit serat searah enceng gondok/poliester setelah dilakukan uji *bending* pada seluruh  $V_f = 0\%$ , 10%, 20%, 30% serta 40% terjadi patah tunggal.

Kata kunci: Serat enceng gondok, poliester, kekuatan *bending*, regangan *bending*, modulus elastisitas *bending*

## **1. Latar Belakang**

Pengaruh perkembangan teknologi yang semakin maju menyebabkan kebutuhan material komposit semakin meningkat di bidang industri seperti penerbangan, perkapalan, militer, alat olah raga, kedokteran otomotif bahkan alat rumah tangga. Material komposit dipilih pada bidang tersebut di atas karena memiliki sifat

ketahanan korosi yang lebih baik, karakteristik yang dapat dikontrol serta berat yang lebih ringan dan biaya produksi yang murah.

Bahan komposit juga memiliki banyak keunggulan, diantaranya berat yang lebih ringan, kekuatan yang lebih tinggi, tahan korosi dan biaya perakitan yang lebih murah karena berkurangnya jumlah komponen.

Bahan komposit terdiri dari dua fasa yaitu fasa matrik dan fasa terdispensi. Matrik berfungsi sebagai pengikat serat sedangkan fasa terdispensi berupa serat. Serat inilah yang menentukan karakteristik komposit seperti kekuatan, keuletan, kekakuan dan sifat mekanik yang lain (Jones, 1975).

Serat secara umum terdiri dari dua jenis yaitu serat sintetis ialah serat yang dibuat dari bahan-bahan anorganik dengan komposisi kimia tertentu, dan serat alam, adalah serat yang dapat langsung diperoleh dari alam. Serat alam yang telah banyak digunakan oleh manusia diantaranya adalah kapas, wol, sutera, pelepah pisang, sabut kelapa, ijuk, bambu, nanas dan kenaf atau goni, sedangkan, Pemanfaatan enceng gondok sebagai bahan penguat material komposit belum maksimal, selama ini enceng gondok hanya digunakan sebagai pakan ternak dan bahan kerajinan. Melihat dari potensi tersedianya bahan baku yang cenderung melimpah karena tingkat pertumbuhan enceng gondok yang mencapai 1,9% per hari dan tingkat perkembangbiakannya, dimana 10 tanaman ini dapat menjadi 600.000 tanaman dalam waktu 8 bulan (Van Stenis dalam Sri Kusumawati 1995 dikutip Bagir & Pradana, 2008), maka penelitian ini diarahkan untuk memanfaatkan enceng gondok sebagai serat penguat material komposit.

Berdasarkan uraian tersebut dimana bahan penguat komposit serat enceng gondok belum maksimal, maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan pengaruh fraksi volume serat terhadap kuat lentur material komposit serat enceng gondok searah/poliester.

## 2. Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori

### 2.1. Tinjauan Pustaka

Junaedi (2008), menguji kekuatan tarik dan *impak* komposit berpenguat serat rami dengan variasi panjang serat 25 mm, 50 mm dan 100 mm dengan fraksi volume 90% matrik

*polyester* BQTN 157 dan 10% serat rami, pembuatan komposit dengan cara *prees mold*. Diperoleh kekuatan tarik tertinggi pada komposit dengan panjang serat 100 mm yaitu 52,483 MPa, dengan modulus elastisitas 5577,213 MPa, harga *impak* tertinggi dimiliki oleh komposit dengan panjang serat 50 mm yaitu 0,087 J/mm<sup>2</sup>. Ditinjau dari penelitian yang telah dilakukan diatas, maka dapat disimpulkan bahwa kekuatan *bending*, *impak* dan tarik dipengaruhi oleh adanya variasi fraksi volume ( $V_f$ ) semakin tinggi fraksi volumenya maka semakin tinggi pula kekuatannya. Maka dari itu penulis mencoba meneliti komposit berpenguat serat rami acak dengan perlakuan alkali 2, 4, 6 dan 8 jam, dengan variasi fraksi volume serat ( $V_f$ ) 20, 30, 40 dan 50% bermatrik *polyester* BQTN 157, terhadap variasi tebal komposit 1 mm, 2 mm, 3 mm, 4 mm dan 5 mm.

Berdasarkan studi terdahulu tentang perlakuan alkali dan fraksi volume serat terhadap kekuatan *bending*, tarik, dan *impak* komposit berpenguat serat rami bermatrik *polyester* BQTN-157 tersebut nilai kekuatan *impak* yang paling optimal yaitu pada alkali 6 jam tebal spesimen 5 mm  $V_f$  50% yaitu sebesar 1,833 J/mm<sup>2</sup> Dari hasil foto patahan dapat dilihat bahwa jenis patahan yang terjadi adalah patahan jenis *broken fiber*. Patahan *broken fiber* yaitu patahan pada spesimen dimana serat mengalami patah atau rusak dan membentuk seperti serabut (Hartanto, 2009).

### 2.2. Dasar Teori

Kekuatan *bending* atau kekuatan lengkung adalah tegangan *bending* terbesar yang dapat diterima akibat pembebanan luar tanpa mengalami deformasi yang besar atau kegagalan. Akibat pengujian *bending*, pada bagian atas spesimen akan mengalami tekanan, dan bagian bawah akan mengalami tegangan tarik. Material komposit kekuatan tekannya lebih tinggi terhadap tegangan tariknya. Kegagalan yang terjadi akibat

pengujian *bending*, komposit akan mengalami patah pada bagian bawah yang disebabkan karena tidak mampu menahan tegangan tarik yang diterima. Kekuatan *bending* bekerja kebalikan dari kekuatan tarik, karena bahan polimer mempunyai cacat yang kecil atau mengandung zat pengisi tertentu, maka bahan polimer dapat mengalami deformasi yang besar, umumnya kekuatan *bending* lebih besar dari pada kekuatan tarik dan modulus elastik untuk kekuatan *bending* lebih besar dari pada kekuatan tarik. (Tata Surdia dan Shinroku, 1984).

### 2.3. Komposit

Komposit adalah kombinasi antara dua atau lebih dari tiga bahan yang berbeda yang tidak larut satu dengan yang lain dan memiliki sejumlah sifat yang tidak mungkin dimiliki oleh masing-masing komponennya (Schwartz, 1984). Secara garis besar komposit diklasifikasikan menjadi tiga macam (Jones, 1975), yaitu: komposit serat (*fibrous composites*), komposit partikel (*particulate composites*), dan komposit lapis (*laminates composites*)

### 2.4. Serat

Serat atau *fiber* dalam bahan komposit berperan sebagai bagian utama yang menahan beban, sehingga besar kecilnya kekuatan bahan komposit sangat tergantung dari kekuatan serat pembentuknya. Semakin kecil bahan (diameter serat mendekati ukuran kristal) maka semakin kuat bahan tersebut, karena minimnya cacat pada material (Triyono & Diharjo K, 2000).

### 2.5. Matrik

Menurut Gibson (1994), bahwa matrik dalam struktur komposit dapat berasal dari bahan polimer, logam, maupun keramik. Syarat pokok matrik yang digunakan dalam komposit adalah matrik harus bisa meneruskan beban, sehingga serat harus bisa melekat pada matrik dan kompatibel antara serat dan matrik. Umumnya matrik

dipilih yang mempunyai ketahanan panas yang tinggi (Triyono & Diharjo, 2000). Menurut Diharjo (1999), bahan matrik yang sering digunakan dalam komposit antara lain: polimer, keramik, karet, matrik logam, matrik karbon.

### 2.6. Resin Polyester

*Polyester* berupa resin cair dengan viskositas yang relatif rendah, mengeras pada suhu kamar dengan penambahan katalis. Secara luas *polyester* digunakan untuk konstruksi sebagai bahan komposit (Surdia, 1999).

### 2.7. Katalis

Bahan tambahan utama adalah katalis (*hardener*). Katalis merupakan zat *curing* (mengeraskan cairan resin) bagi sistem perekat. Katalis juga dipergunakan sebagai zat *curing* bagi resin termoset, mempersingkat waktu *curing* dan meningkatkan ikatan silang *polymer*-nya. Katalis berfungsi memulai dan mempersingkat reaksi *curing* pada temperatur terelevasi (*elevated temperature*) tanpa ikut bereaksi (Hartomo, 1992). Pemberian katalis dibatasi kira - kira 1% - 2% dari berat resin (Justus Kimia Raya, 2001, Technical Data Sheet). Salah satu katalis yang sering digunakan adalah MEKPO (*Metyhl Ethyl Ketone Peroxide*).

### 2.8. Enceng Gondok

Enceng gondok (*Eichhornia crassipes*) merupakan tanaman gulma yang berkembang di wilayah perairan terapung pada air. Enceng gondok berkembangbiak dengan sangat cepat, baik secara vegetatif maupun generatif. Serat enceng gondok merupakan salah satu material *natural fibre* alternatif dalam pembuatan komposit. Serat enceng gondok sekarang banyak digunakan dalam industri-industri mebel dan kerajinan rumah tangga karena selain mudah didapat, murah, dapat mengurangi polusi lingkungan (*biodegradability*). Oleh karena itu jika dimanfaatkan menjadi bahan pembuatan komposit dapat mengatasi permasalahan

lingkungan, serta tidak membahayakan kesehatan (Purboputro, 2006). Karakteristik enceng gondok ialah sebagai berikut.

Tabel 2.1 Karakteristik Enceng Gondok (Gani, 2002)

Massa jenis ( $\text{g/cm}^3$ )	0,25
Kehalusan ( <i>Fineness</i> ) ( $\mu$ )	35
Porositas (%)	69,6 – 74,1
Sifat putih ( <i>Whiteness</i> ) (%)	22,2
Kekuatan tarik ( <i>Tensile strength</i> ) (MPa)	18 – 33
Lignin	12%
Hemiselulosa	20%
Selulosa	65,2%

Karakteristik dari eceng gondok dapat dilihat dalam tabel 2.1. Enceng gondok yang memiliki massa jenis yang ringan, kehalusan dan sifat putih yang baik. Sedangkan untuk *tensile strength* (kekuatan tarik) dan *breaking tenacity* (ketahanan patah) yang cukup tinggi. Dari karakteristik tersebut, eceng gondok berpotensi menjadi serat dalam komposit karena memiliki sifat mekanik yang lebih tinggi dibanding serat alam lainnya.

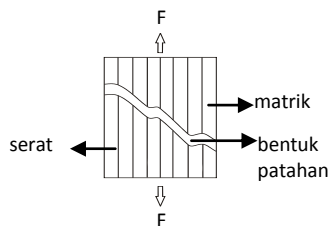
## 2.9. Perpatahan (*Fracture*)

### a. Dasar Perpatahan

Patahnya material komposit dapat disebabkan oleh deformasi ganda, antara lain disebabkan oleh kondisi pembebanan serta struktur mikro yaitu diameter serat, fraksi volume serat, distribusi serat dan kerusakan akibat tegangan termal yang dapat terjadi selama fabrikasi atau dalam pemakaian.

### b. Patah Banyak

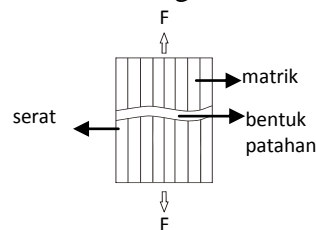
Ketika jumlah serat yang putus akibat beban tarik masih sedikit dan kekuatan *interface* masih baik, matrik mampu mendukung beban yang diterima dengan cara mendistribusikan beban tersebut ke sekitarnya.



Gambar 2.1. Patah Banyak (Schwardz, 1984)

### c. Patah Tunggal

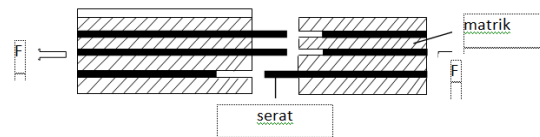
Patah yang disebabkan ketika serat putus akibat beban tarik, matrik tidak mampu lagi menahan beban tambahan. Patahan terjadi pada satu bidang.



Gambar 2.2. Patah Tunggal (Schwardz, 1984)

### d. *Fiber Pullout*

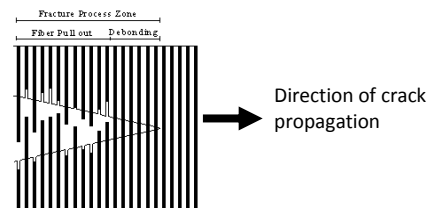
Adalah tercabutnya serat dari matrik yang disebabkan ketika matrik retak akibat beban tarik, kemampuan untuk menahan beban akan segera berkurang namun komposisi masih mampu menahan beban yang mampu ditahan kecil daripada beban maksimum. Saat matrik retak, beban akan ditransfer dari matrik ke serat ditempat persinggungan retak.



Gambar 2.3. *Fiber pullout*

### e. *Fiber breakage / fiber break-up*

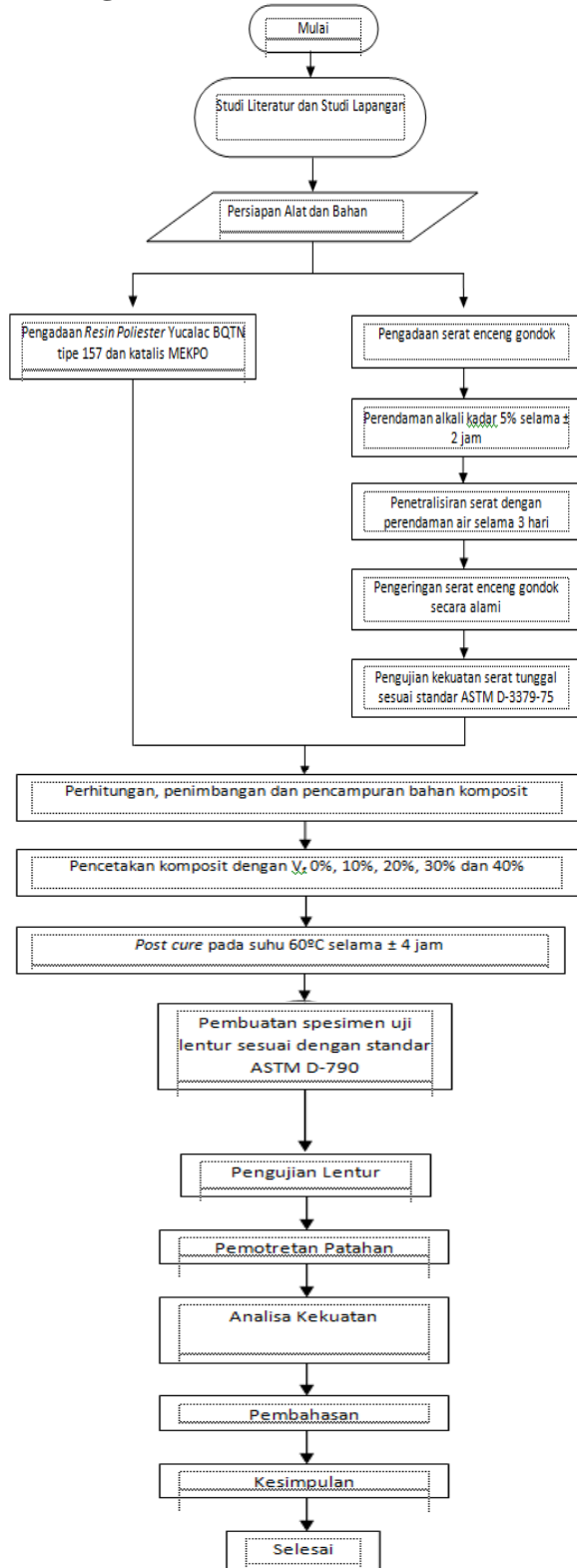
Tercabutnya serat dari matrik sebelum matrik pecah/putus akibat adanya beban tarik. Hal ini disebabkan karena tegangan pada serat jauh lebih besar dari pada tegangan matrik. Patahan pada ujungnya masih ada ikatan matrik yang merekat dan patahan pada ujung serat pendek - pendek.



Gambar 2.4. *Fiber breakage/ fiber break-up*

### 3. Metode Penelitian

#### 3.1. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1. Diagram alir penelitian

#### 3.2. Alat Penelitian

- Alat utama
  - Timbangan digital
  - Alat uji kadar air
  - Cetakan Benda Uji
  - Alat Pengepres Cetakan.
  - Grenda pemotong dan amplas
  - Jangka sorong
  - Kotak kaca
  - Alat uji kekuatan serat
  - Alat uji bending

- Alat pendukung

Alat bantu lain yang meliputi sendok, cutter, gunting, kuas, pisau, spidol, kit mobil, penggaris, dan gelas ukur.

- Bahan penelitian

Serat enceng gondok, serta spesimen komposit serat enceng gondok searah.

#### 3.3. Pengujian

- Pengujian *Bending*



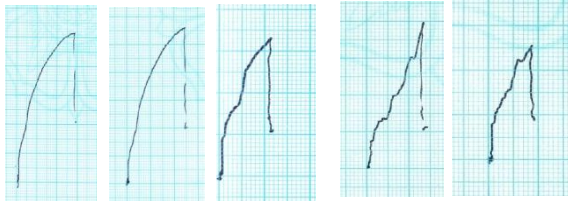
Gambar 3.3. Alat uji *bending*

Pengujian *bending* dilakukan di laboratorium material D3 Universitas Gadjah Mada. Alat uji *bending* bermerk Torsee's Universal Testing Machine dengan tipe AMU-5-DE yang diproduksi oleh Tokyo Testing Machine digunakan untuk menguji kekuatan lentur (*bending*) dari spesimen komposit serat enceng gondok searah.

## 4. Hasil dan Pembahasan

### 4.1. Hasil Pengujian *Bending*

#### 1. Grafik Hasil Pengujian *Bending*



Gambar 4.1 Grafik hasil pengujian *bending* pada  $V_f$  (a)0%, (b)10%, (c)20%, (d)30%, (e)40%.

#### 2. Hasil Kekuatan, Regangan, dan Modulus Elastisitas *Bending*

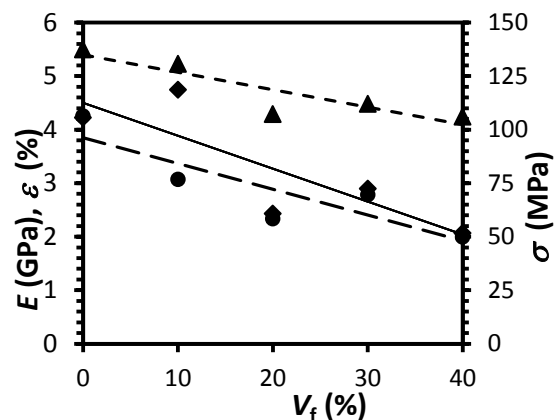
Tabel 4.1. Nilai rata-rata kekuatan, modulus elastisitas *bending*, *failure strain* dan standar deviasi

$V_f$ (%)	Strength (MPa)	Modulus (GPa)	Failure strain (mm/mm)	(%)	SD
0	105,502	5,495	0,0425	4,250	0,0194
10	118,620	5,225	0,0307	3,070	0,0105
20	60,767	4,286	0,0233	2,330	0,0016
30	72,390	4,480	0,0278	2,780	0,0029
40	51,642	4,240	0,0199	1,990	0,0043

Berdasarkan Tabel 4.1 dapat diketahui bahwa hubungan antara kekuatan tariknya terhadap fraksi volume komposit *unidireksional* berpenguat serat enceng gondok bermatrik poliester menunjukkan kekuatan *bending* rata-rata pada  $V_f = 20\%$  sebesar 60,767 MPa, sedangkan pada  $V_f = 30\%$  terjadi kenaikan dengan kekuatan tariknya sebesar 72,390 MPa, dan pada  $V_f = 40\%$  terjadi penurunan sebesar 51,642 MPa; hubungan antara modulus elastisitas *bending* dengan fraksi volume serat *unidireksional* pada  $V_f = 0\%$  sebesar 5,495 GPa dan mengalami penurunan pada  $V_f = 10\%$  sebesar 5,225 GPa, dan  $V_f = 20\%$  sebesar 4,286 GPa. Sedangkan  $V_f = 30\%$  mengalami kenaikan sebesar 4,480 GPa, namun pada  $V_f = 40\%$  mengalami penurunan menjadi 4,240 GPa; hubungan antara regangan tarik terhadap fraksi volume serat *unidireksional* berpenguat serat enceng gondok searah regangan rata-rata pada  $V_f = 20\%$  sebesar 0,0233 mm/mm, pada  $V_f = 30\%$  hingga  $V_f =$

40% terjadi penurunan dari 0,0278 mm/mm, hingga 0,0199 mm/mm. Sedangkan dari  $V_f = 20\%$  ke  $V_f = 30\%$  mengalami kenaikan dari 0,0233 mm/mm menjadi 0,0278 mm/mm, kecuali pada  $V_f = 0\%$ , dan  $V_f = 10\%$ .

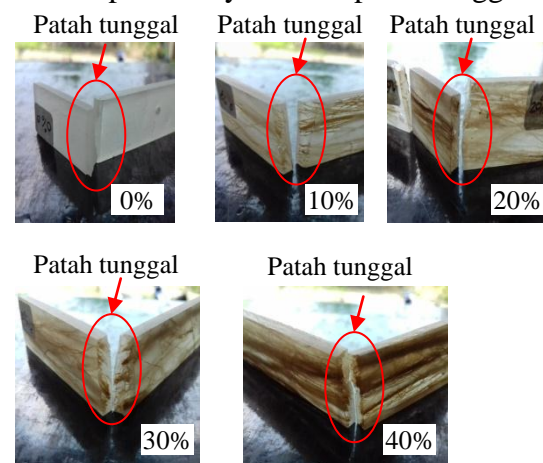
hubungan antara kekuatan, regangan, dan modulus elastisitas *bending* dengan fraksi volume serat dapat disajikan dalam bentuk gambar seperti tercantum pada gambar 4.2 berikut.



Gambar 4.2. Grafik kekuatan, regangan, dan modulus elastisitas *bending*

### 4.2. Hasil Pengamatan Foto Makro

Hasil dari pengamatan foto makro penampang patahan dapat dilihat pada Gambar 4.3. Pada material komposit serat enceng gondok searah untuk  $V_f = 0\%$  terjadi patah tunggal,  $V_f = 10\%$ , 20%, 30, serta 40% bentuk patahannya adalah patah tunggal.



Gambar 4.3. Foto makro patahan pada spesimen *bending*

## 5. Kesimpulan dan Saran

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan dari proses penelitian, perhitungan dan pengujian tarik, *bending* dan pengamatan dari foto makro penampang patahan yang dilakukan, maka penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pada pengujian *bending* komposit serat enceng gondok searah/poliester dengan bertambahnya fraksi volume serat maka menurunkan kekuatan *bending* dari  $V_f = 0\%$ , hingga 40 %. Kekuatan *bending* terendah pada  $V_f = 40\%$  sebesar 51,642 MPa dan tertinggi pada  $V_f = 10\%$  sebesar 118,620 MPa. Regangan terendah pada  $V_f = 40\%$  sebesar 0,0199 mm/mm dan tertinggi pada  $V_f = 0\%$  sebesar 0,0425 mm/mm. Untuk modulus elastisitasnya terjadi penurunan, modulus elastisitas terendah pada  $V_f = 40\%$  sebesar 4,240 GPa dan tertinggi pada  $V_f = 0\%$  sebesar 5,495 GPa. Hal ini terjadi juga karena kurangnya pelakuan alkali dan *hardener* pada proses pencetakan sehingga terjadi *void* yang relatif banyak walaupun diameter *void* yang sangat kecil juga dapat mengakibatkan penurunan dari kekuatan dan regangan dari material komposit serat searah enceng gondok/poliester.
2. Berdasarkan hasil pengamatan pada foto makro spesimen uji *bending* diketahui pada seluruh  $V_f = 0\%$ , 10%, 20%, 30% serta 40% terjadi patah tunggal.

### 5.2. Saran

1. Pada perlakuan serat agar diperhatikan dalam pencucian dari kotoran, perlakuan alkali hingga penetralisiran setelah perlakuan alkali harus benar-benar bersih. Hal tersebut dapat berpengaruh pada kenaikan atau penurunan nilai kekuatannya.
2. Pada proses pencetakan rongga pada sambungan stopper jangan terlalu lebar karena akan mengakibatkan komposit bergelombang disebabkan resin banyak

yang terbuang keluar, dan perlu diperhatikan juga dalam pengadukan dan penuangan resin jangan terlalu cepat agar dapat mengurangi terjadinya *void*.

3. Perlu adanya kajian mengenai metode pencetakan menggunakan alat vakum agar dapat mengurangi kandungan *void* yang berada pada struktur komposit.
4. Perlu adanya penelitian lebih lanjut untuk mengetahui pengaruh aspek geometri seperti ukuran serat, orientasi dan distribusi serat ataupun pengaruh lamanya perlakuan alkali dan *post cure* terhadap kekuatan material material komposit serat enceng gondok dengan matrik poliester. Serta perlu dilakukannya penelitian untuk uji dinamis seperti uji getaran, uji frekuensi maupun fisis terhadap komposit tersebut. Hal ini untuk melengkapi referensi dan data-data kekuatan bahan komposit serat enceng gondok searah.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, \_\_. *Annual Book of Standards, ASTM D 790-02 Standard Test Method for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials*, USA.
- Bagir, A. & Pradana, G.E. 2008. Pemanfaatan Serat Eceng Gondok Sebagai Bahan Baku Pembuatan Komposit. *Jurnal Teknik Kimia*, pp.1-7.
- Diharjo, K. 1999, Pengaruh Perlakuan Alkali terhadap Sifat Tarik Bahan Komposit Serat Rami-Polyester, *Prosiding Seminar Teknik Mesin Universitas Kristen Petra*, Surabaya.
- Diharjo, K., dan Triyono, T., 2000, *Buku Pegangan Kuliah Material Teknik*, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.

- Gani, A.2002. Comparative Effect of Water Hyacinth and Chemical Fertilizer on Growth and Fibre Quality of Jute. *Journal of Biological Science*, Vol.2(8), pp. 558-559.
- Hartanto, Ludi, 2009 Study Perlakuan Alkali Dan Fraksi Volume Serat Terhadap Kekuatan Bending, Tarik Dan Impak Komposit Serat Rami-Poliester BQTN 157. *Skripsi*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Hartomo, A.J. 1992. *Memahami Polimer dan Perekat*. Andi Offset, Yogyakarta.
- Jatmiko, 2005. Penelitian Hybrid Composite Serat Polipropilen Matrik Poliester dengan Variasi Fraksi Volume Serat. *Skripsi*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Junaedi, 2008. Penelitian Kekuatan Tarik dan Impak Komposit Serat Rami Dengan Variasi Panjang Serat 25mm, 50mm, dan 100mm, Dengan Fraksi Volume Serat 10% Dengan Matrik Poliester BQTN 157. *Skripsi*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Schwartz M.M., 1984. *Composite Material Handbook*, Mc Graw-Hill, Singapura.
- Surdia T. dan Saito S., 1984. *Pengetahuan Bahan Teknik*, Cetakan Ketiga, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Technical Data Sheet. 2008. PT Justus Sakti Raya, Jakarta.