

## PERBANDINGAN KOMPOSIT SERAT ALAM DAN SERAT SINTETIS MELALUI UJI TARIK DENGAN BAHAN SERAT JUTE DAN E-GLASS

*Rahmat Firman Septiyanto<sup>1</sup> dan Akbar Hanif Dawam Abdullah<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Pendidikan Fisika, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa*

<sup>2</sup>*Pusat Penelitian Fisika LIPI*

Email: rahmat\_firman99@untirta.ac.id

### *Abstract*

*Research composites with epoxy matrix jute has been done with the preparation of 3-layer fiber volume symmetry with fractions of 33.57%. Epoxy composite jute fiber tensile testing was conducted to determine the mechanical properties. The mechanical properties include: tensile strength, the length, and the specific tensile strength. The tensile strength of the epoxy composite jute 3-layer symmetry of 45.961%. The length of 8.9278%. The highest specific tensile strength at epoxy composite jute 3-layer symmetry of 42.517 MPa / g.cm<sup>-3</sup>. In addition, fiber epoxy composites made of e-glass as a comparison. When compared epoxy composite jute fibers with epoxy composites E-glass fiber, the average tensile strength of the epoxy composite E-glass fiber is still not able to match. However, the strength of the epoxy composite jute has the potential to replace the synthetic fiber.*

**Keywords:** *fiber, epoxy, jute, e-glass, composites*

### **Abstrak**

Penelitian komposit dengan matriks epoksi berpenguat serat jute telah dilakukan dengan penyusunan 3 lapis simetri dengan fraksi volume serat sebesar 33,57%. Komposit epoksi berpenguat serat jute tersebut dilakukan pengujian tarik untuk mengetahui sifat mekanik. Sifat mekanik tersebut meliputi: kekuatan tarik, pertambahan panjang, dan kekuatan tarik spesifik. Kekuatan tarik komposit epoksi berpenguat serat jute 3 lapis simetri sebesar 45,961%. Pertambahan panjang sebesar 8,9278%. Kekuatan tarik spesifik tertinggi pada komposit epoksi berpenguat serat jute 3 lapis simetri sebesar 42,517 MPa/g.cm<sup>-3</sup>. Selain itu dibuat komposit epoksi berpenguat serat *e-glass* sebagai pembandingan. Jika dibandingkan komposit epoksi berpenguat serat jute dengan komposit epoksi berpenguat serat *e-glass* maka kekuatan tarik rata-rata komposit epoksi berpenguat serat *e-glass* masih belum bisa menyamai. Akan tetapi, kekuatan komposit epoksi berpenguat jute memiliki potensi untuk menggantikan serat sintetis tersebut.

**Kata Kunci:** serat, epoksi, *jute*, *e-glass*, komposit

## PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi saat ini cukup maju, baik dalam bidang logam maupun non logam. Selama ini pemanfaatan material logam mendominasi dalam bidang industri. Namun, material tersebut masih belum memenuhi sifat tertentu pada aplikasi di bidang industri.

Sifat logam yang lebih berat dan harganya lebih mahal menyebabkan dikembangkan material non logam khususnya dengan penguat serat alam yang bersifat lebih ringan, mudah dibentuk, tahan terhadap korosi, harganya murah dan mampu bersaing dengan material serat sintetis. Bagi kebutuhan masyarakat, penggunaan serat alam sebagai salah satu material pendukung kehidupan.

Selain itu, serat alam merupakan material ramah lingkungan yang merupakan tuntutan teknologi dewasa ini, sehingga penelitian tentang serat alam terus dikembangkan guna mengurangi pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh limbah-limbah industri. Dalam bidang industri, material komposit dengan penguat serat alam telah diaplikasikan oleh para produsen mobil sebagai bahan penguat panel mobil, tempat duduk belakang,

*dashboard*, dan perangkat interior lainnya. Bagi industri, pemanfaatan serat alam didasarkan atas beberapa parameter, yaitu nilai kekuatan dan kekakuan yang sesuai dengan standar industri, stabilitas termal, ikatan antara serat dan matriks, perilaku dinamik, perilaku jangka panjang, harga, biaya proses, dan ketersediaan.

Salah satu bahan penguat alam adalah serat jute. Serat jute merupakan salah satu material *biodegradable* sehingga ramah lingkungan. Serat dari tanaman jute ini diperoleh dari kulit batang pohon. Serat gelas dengan tipe *e-glass* digunakan sebagai pembanding serat jute sebab massa jenis *e-glass* dan jute memiliki perbedaan massa jenis yang kecil. Massa jenis mempengaruhi sifat mekanik komposit, oleh karena itu dengan perbedaan massa jenis yang kecil maka serat *e-glass* dapat digunakan sebagai pembanding.

Serat terdiri dari dua yaitu serat alam dan serat sintetis. Contoh dari serat alam adalah jute, kapas, wol, sutra, dan rami (*hemp*), sedangkan serat sintetis adalah gelas, karbon, rayon, akril, dan nilon. Masih banyak serat lainnya yang dibuat untuk memenuhi keperluan, sedangkan yang disebut di atas adalah jenis yang paling dikenal.

Ukuran yang kecil tersebut menghilangkan cacat cacat dan ketidaksempurnaan kristal yang biasa terdapat pada bahan berbentuk padatan besar, sehingga serat menyerupai kristal tunggal tanpa cacat, dan dengan demikian kekuatannya sangat besar (Arif, 2006).

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi saat ini cukup maju, baik dalam bidang logam maupun non logam. Selama ini pemanfaatan material logam mendominasi dalam bidang industri. Namun, material tersebut masih belum memenuhi sifat tertentu pada aplikasi di bidang industri.

Sifat logam yang lebih berat dan harganya lebih mahal menyebabkan dikembangkan material non logam khususnya dengan penguat serat alam yang bersifat lebih ringan, mudah dibentuk, tahan terhadap korosi, harganya murah dan mampu bersaing dengan material serat sintetis. Bagi kebutuhan masyarakat, penggunaan serat alam sebagai salah satu material pendukung kehidupan.

Selain itu, serat alam merupakan material ramah lingkungan yang merupakan tuntutan teknologi dewasa ini, sehingga penelitian tentang serat alam terus dikembangkan guna

mengurangi pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh limbah-limbah industri. Dalam bidang industri, material komposit dengan penguat serat alam telah diaplikasikan oleh para produsen mobil sebagai bahan penguat panel mobil, tempat duduk belakang, *dashboard*, dan perangkat interior lainnya. Bagi industri, pemanfaatan serat alam didasarkan atas beberapa parameter, yaitu nilai kekuatan dan kekakuan yang sesuai dengan standar industri, stabilitas termal, ikatan antara serat dan matriks, perilaku dinamik, perilaku jangka panjang, harga, biaya proses, dan ketersediaan.

Secara garis besar dapat disebutkan bahwa serat alam adalah kelompok serat yang dihasilkan dari tumbuhan, binatang, mineral. Penggunaan serat alam dalam bidang industri berasal dari tumbuhan yang dikenal *base plant* yaitu jute, rosella, flax, kenaf, dan rami. Serat alam merupakan kandidat kuat sebagai bahan penguat yang digunakan sebagai bahan komposit yang ringan, ramah lingkungan, serta ekonomis

Salah satu bahan penguat alam adalah serat jute. Serat jute merupakan salah satu material *biodegradable* sehingga ramah lingkungan. Serat dari

tanaman jute ini diperoleh dari kulit batang pohon. Serat gelas dengan tipe *e-glass* digunakan sebagai pembanding serat jute sebab massa jenis *e-glass* dan jute memiliki perbedaan massa jenis yang kecil. Massa jenis mempengaruhi sifat mekanik komposit, oleh karena itu dengan perbedaan massa jenis yang kecil maka serat *e-glass* dapat digunakan sebagai pembanding.

Serat Jute diperoleh dari dua tanaman tahunan *herbaceous*, yaitu *chorchorus capsularis* (jute putih) dan *Chorchorus oltorius* (Jute Tosia). Serat ini termasuk serat kulit dari pohon dengan ketinggian 3-4 meter. Benang Jute mengandung bagian dari kayu, oleh karena itu tenunan jute mudah diketahui.

Sebagai salah satu serat alam yang telah lama dikenal, Jute telah terbukti keunggulannya. Jute merupakan serat alami (natural fibres) yang digunakan nomor dua terbanyak sesudah kapas (*cotton*) sebagai bahan keperluan hidup manusia. Jute sendiri pada perkembangannya diolah menjadi berbagai jenis bahan tekstil. Salah satu hasil dari pengolahan serat Jute adalah karung goni. Karung goni (*gunny sack*) biasanya dimanfaatkan untuk mengepak barang-barang berat maupun biji-bijian.

Biasanya serat alam ini digunakan di pabrik-pabrik maupun pasar. Karung-karung goni buangan dari pabrik cenderung dianggap tidak dimanfaatkan lebih lanjut. Mengingat serat Jute mempunyai karakteristik yang cukup kuat, karung goni mempunyai potensi untuk dikembangkan lebih lanjut untuk menghasilkan produk yang bernilai lebih yang dapat bermanfaat bagi kehidupan manusia. Serat jute ini memiliki kekuatan dan kekakuan yang besar. Oleh karena itu, serat Jute digunakan sebagai bahan penguat untuk material komposit dengan matriks epoksi.

Jenis Serat lain yakni serat sintetis atau yang didapat melalui proses pabrik atau melalui proses kimia. Salah satu jenis serat buatan adalah serat gelas.

Serat gelas banyak digunakan sebagai bahan penguat dalam komposit. Serat gelas mempunyai kekuatan tarik yang tinggi serta tahan terhadap bahan kimia dan mempunyai sifat isolasi yang baik. Sementara kekurangan dari serat gelas adalah modulus tariknya rendah, massa jenis relatif tinggi, sensitif terhadap gesekan, dan kekerasannya tinggi. Fungsi utama dari serat gelas adalah sebagai penopang kekuatan dari komposit, sehingga tinggi rendahnya

kekuatan komposit sangat bergantung dari serat yang digunakan, karena tegangan yang dikenakan pada komposit mulanya diterima oleh matriks yang diteruskan serat, sehingga serat akan menahan beban sampai beban maksimum. Oleh karena itu, serat haruslah mempunyai tegangan tarik dan modulus elastisitas yang lebih tinggi daripada matriks penyusun komposit. Aplikasi dari serat gelas yang terkenal misalnya otomotif dan bodi kapal, pipa plastik, kotak penyimpanan, dan industri dasar (Callister, 2003).

Matriks dalam struktur komposit dapat berasal dari bahan polimer atau logam. Syarat pokok matriks yang digunakan dalam komposit adalah matriks harus bisa meneruskan beban, sehingga serat harus bisa melekat pada matriks dan kompatibel antara serat dan matriks. Matriks dalam susunan komposit bertugas melindungi dan mengikat serat agar dapat bekerja dengan baik. Selain itu, matriks berfungsi sebagai pelapis serat. Umumnya matriks terbuat dari bahan-bahan lunak dan liat (Gibson, 1994).

Persyaratan di bawah ini perlu dipenuhi sebagai bahan matriks untuk pencetakan bahan komposit (Surdia, 2000):

1. Resin yang dipakai perlu memiliki viskositas rendah, dapat sesuai dengan bahan penguat dan *permeable*.
2. Dapat diukur pada temperatur kamar dalam waktu yang optimal.
3. Mempunyai penyusutan yang kecil pada pengawetan.
4. Memiliki kelengketan yang baik dengan bahan penguat.
5. Mempunyai sifat baik dari bahan yang diawetkan.

Umumnya matriks yang dipilih mempunyai ketahanan panas yang tinggi (Triyono dan Diharjo, 2000). Sebagai bahan penyusun utama dari komposit, matriks harus mengikat penguat (serat) secara optimal agar beban yang diterima dapat diteruskan secara optimal oleh serat secara maksimal, sehingga diperoleh kekuatan yang tinggi. Pada dasarnya matriks dalam komposit berfungsi untuk (Diharjo, 1999):

1. Melindungi dari pengaruh lingkungan yang merugikan.
2. Mencegah permukaan serat dari gesekan mekanik.
3. Memegang dan mempertahankan posisi serat agar tetap pada posisinya.

4. Mendistribusikan beban yang diterima pada serat secara merata.
5. Memberikan sifat-sifat tertentu bagi komposit yaitu: keuletan, ketangguhan, dan ketahanan panas.

Komposit adalah struktur material yang terdiri dari dua kombinasi bahan atau lebih, yang dibentuk pada skala makroskopik dan menyatu secara fisika (Kaw, 1997). Sedangkan menurut Triyono dan Diharjo (1999) mengemukakan bahwa kata komposit (*composite*) merupakan kata sifat yang berarti susunan atau gabungan. *Composite* berasal dari kata “*to compose*” yang berarti menyusun atau menggabung. Jadi secara sederhana bahan komposit berarti bahan gabungan dari dua atau lebih bahan yang berlainan.

Bahan komposit pada umumnya terdiri dari dua unsur, yaitu serat sebagai pengisi dan matriks sebagai bahan pengikat serat. Di dalam komposit unsur utamanya adalah serat, sedangkan bahan pengikatnya menggunakan bahan polimer yang mudah dibentuk dan mempunyai daya pengikat yang tinggi. Penggunaan serat sendiri diutamakan untuk menentukan karakteristik bahan komposit, seperti kekuatan, kekakuan

serta sifat-sifat mekanik lainnya. Sebagai bahan pengisi, serat digunakan untuk menahan sebagian besar gaya yang bekerja pada bahan komposit, sedangkan matriks sendiri mempunyai fungsi melindungi dan mengikat serat agar dapat bekerja dengan baik terhadap gaya-gaya yang terjadi. Oleh karena itu, untuk bahan serat digunakan bahan yang kuat, kaku, dan getas. Sedangkan, bahan matriks dipilih bahan-bahan yang liat, lunak, dan tahan terhadap perlakuan kimia.

Secara garis besar terdapat tiga macam jenis komposit berdasarkan penguat yang digunakannya, yaitu (Misriadi, 2010):

1. *Fibrous Composites* (Komposit Serat)

Merupakan jenis komposit yang hanya terdiri dari satu lamina atau satu lapisan yang menggunakan penguat berupa serat (fiber). Serat yang digunakan seperti serat gelas, serat karbon, *aramid fibres* (*polyaramide*) dan sebagainya. Serat ini disusun secara acak maupun dengan orientasi tertentu, bahkan dapat pula dalam bentuk yang lebih kompleks seperti anyaman.

2. *Laminated Composites* (Komposit Laminat)

Merupakan jenis komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabung menjadi satu dan setiap lapisnya memiliki karakteristik sifat sendiri.

3. *Particulate Composites* (Komposit Partikel)

Merupakan komposit yang menggunakan partikel atau serbuk sebagai penguatnya dan terdistribusi secara merata dalam matriksnya.

Pada saat ini, komposit dengan bahan penguat sintetis seperti serat gelas, karbon, nilon dan sebagainya menjadi sebuah *steady expansion* yang digunakan karena memiliki sifat mekanik yang baik. Akan tetapi, bahan penguat sintetis tersebut merupakan material yang cukup mahal. Oleh karena itu, bahan penguat alam seperti serat jute, kapas, wol, dan sebagainya menjadi sebuah pilihan alternatif yang digunakan untuk menurunkan biaya komposit (Rashed dan Rivi, 2006). Selain itu, munculnya permasalahan limbah non organik serat sintetis yang semakin bertambah, mendorong peneliti menuju perubahan teknologi *natural composite* yang ramah lingkungan. Teknologi penggunaan bahan alam

terutama penggunaan serat alam terus dikembangkan dalam rangka menggantikan serat sintetis yang selama ini dipakai. Salah satu alasannya karena polusi yang disebabkan oleh material sintetis pada umumnya tidak dapat didaur ulang, dan juga serat alam memiliki ketersediaan yang melimpah serta pada umumnya ramah lingkungan karena dapat terurai oleh alam. Akan tetapi terdapat kekurangan pada serat alam, yaitu kekuatan tariknya yang tidak selalu merata serta daya tahan panasnya yang rendah.

Umumnya material komposit terdiri dari gabungan antara bahan penguat yaitu serat dan bahan pengikat yaitu matriks. Tujuan penggabungan ini adalah untuk memperoleh sifat-sifat baru yang berbeda dari material pembentuknya. Bahan matriks dalam komposit berfungsi untuk mendistribusikan beban ke dalam seluruh material penguat komposit. Bahan penguat dalam komposit berperan untuk menahan beban yang diterima oleh material komposit.

Salah satu bahan penguat alam adalah serat jute. Serat jute merupakan salah satu material *biodegradable* sehingga ramah lingkungan. Serat dari tanaman jute ini diperoleh dari kulit

batang pohon (yang dinamakan *bast fibre*). Kain yang dianyam dari serat jute ini dinamakan *hessian cloth*, sedangkan karung yang terbuat dari hessian cloth ini dinamakan karung goni (gunny bags).

Pada penelitian ini difokuskan pada studi komposit dengan bahan penguat berupa serat jute yang merupakan serat alam yang telah lama dikenal dan mempunyai karakteristik yang cukup kuat serta dalam perkembangannya diolah menjadi karung goni dan mempunyai potensi untuk dikembangkan lebih lanjut untuk menghasilkan produk yang bernilai lebih. Selain itu, penelitian komposit dengan bahan baku serat jute ini, diharapkan dapat digunakan sebagai komposit pengganti serat gelas yang menimbulkan limbah lingkungan.

Serat gelas dengan tipe *e-glass* digunakan sebagai pembanding serat jute sebab massa jenis *e-glass* dan jute memiliki perbedaan massa jenis yang kecil. Massa jenis mempengaruhi sifat mekanik komposit, oleh karena itu dengan perbedaan massa jenis yang kecil maka serat *e-glass* dapat digunakan sebagai pembanding.

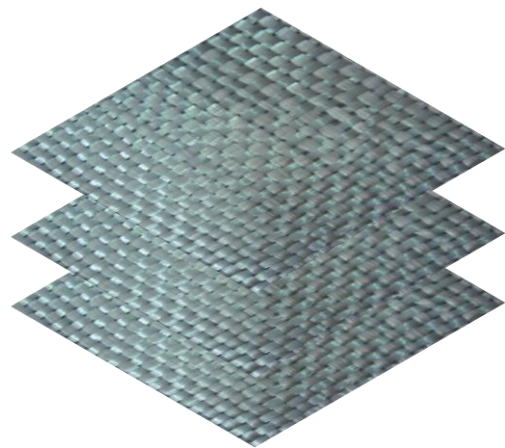
Sedangkan matriks yang digunakan sebagai bahan pengikat

adalah matriks epoksi resin dan matriks epoksi hardener. Beberapa penelitian sejenis yang berhubungan dengan penggunaan serat alam sebagai penguat dalam komposit telah dilakukan oleh beberapa peneliti, diantaranya serat pohon aren, serabut kelapa, kenaf dan sebagainya.

## METODE

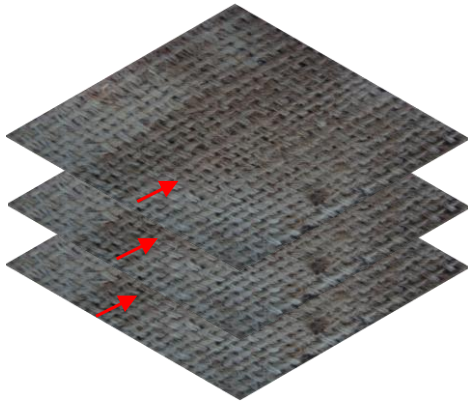
Metode penelitian yang dipilih untuk memecahkan permasalahan seperti dirumuskan dalam rumusan masalah adalah eksperimen murni.

Pembuatan komposit dengan menggunakan serat jute dan serat sintesis dilakukan dengan susunan seperti pada gambar 1 dan 2.



Gambar 1. Susunan Komposit Serat jute 3 lapis





Gambar 2 Susunan Komposit Serat e-glass 3 lapis

Proses pembuatan specimen komposit komposit tersebut dilakukan dengan proses permesinan yang mengacu pada standar uji yang digunakan yaitu bentuk spesimen uji tarik berdasarkan standar ASTM D 3039. Tahap selanjutnya adalah pengujian tarik terhadap spesimen yang menggunakan uji standar ASTM D 3039. Pengujian tarik dilakukan di Pusat Penelitian Fisika Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (P2F-LIPI) dengan mesin uji tarik Tensilon/Universal Testing Machine (UTM) dengan model UCT-5T, kecepatan penarikan pada alat ini dapat divariasikan.

Uji karakterisasi material yang dilakukan bertujuan untuk mendapatkan parameter-parameter fisis dari komposit yang dibuat. Adapun proses uji

karakterisasi pada penelitian ini adalah menggunakan uji SEM. Tujuan dilakukan SEM adalah untuk mengetahui morfologi patahan yang telah dilakukan pengujian tarik. Proses pengujiannya dilakukan di Pusat Penelitian Fisika Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (P2F-LIPI), dengan menggunakan alat JEOL JSM-T330A *Scanning Microscope*.

Sebelum dilakukan pengujian, dilakukan perhitungan fraksi volume serat terlebih dahulu. Menghitung masing-masing perkiraan fraksi volume serat jute dan serat gelas yang akan dibuat, dengan komposisi perbandingan seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan Fraksi Volume Serat

Komposit	Jumlah Lapis Serat	Fraksi Volume Serat (%)
Epoksi Berpenguat Serat Jute	3 lapis simetri	33,57
Epoksi Berpenguat Serat <i>e-glass</i>	3 lapis simetri	24,88

Dengan perhitungan fraksi volume serat sebagai berikut:

$$Fraksi\ Volume\ Serat\ (\%) = \frac{\frac{massa_{lapis}\ (gram)}{\rho_{serat}\ (\frac{gram}{cm^3})}}{V_{cetakan}\ (cm^3)} \times 100\% \quad (1)$$

$$Fraksi\ Volume\ Serat\ Jute\ (\%) = \frac{\frac{1,5\ (\frac{gram}{cm^3})}{97,2\ cm^3}}{\frac{massa_{lapis}\ (gram)}{2,5\ (\frac{gram}{cm^3})}} \times 100\% \quad (2)$$

$$Fraksi\ Volume\ Serat\ Gelas\ (\%) = \frac{\frac{2,5\ (\frac{gram}{cm^3})}{97,2\ cm^3}}{\frac{massa_{lapis}\ (gram)}{2,5\ (\frac{gram}{cm^3})}} \times 100\% \quad (3)$$

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Secara keseluruhan hasil pengujian tarik yaitu epoksi murni, komposit epoksi berpenguat serat jute, dan komposit epoksi berpenguat serat e-glass untuk kekuatan tarik ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan Kekuatan Tarik

Komposit	Jumlah Lapis Serat	Kekuatan Tarik (MPa)
Epoksi Berpenguat Serat Jute	3 lapis simetri	45,961
Epoksi Berpenguat Serat e-glass	3 lapis simetri	123,77

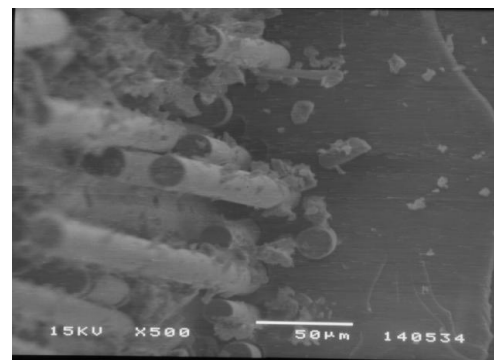
Tabel 3. Perbandingan Pertambahan Panjang

Komposit	Jumlah Lapis Serat	Pertambahan Panjang (%)
Epoksi Berpenguat Serat Jute	3 lapis simetri	8,9278
Epoksi Berpenguat Serat e-glass	3 lapis simetri	8,2299

Tabel 4. Perbandingan Kekuatan Tarik Spesifik

Komposit	Jumlah Lapis Serat	Kekuatan Tarik Spesifik (MPa/g.cm <sup>3</sup> )
Epoksi Berpenguat Serat Jute	3 lapis simetri	42,517
Epoksi Berpenguat Serat e-glass	3 lapis simetri	87,47

Sifat mekanik komposit epoksi berpenguat serat jute meliputi kekuatan tarik, pertambahan panjang, dan kekuatan tarik spesifik. Kekuatan tarik komposit dipengaruhi oleh ikatan antara serat dan matriks. Kekuatan tarik rata-rata komposit epoksi berpenguat serat jute belum bisa menyamai kekuatan tarik rata-rata komposit epoksi berpenguat serat e-glass.



Gambar 3. SEM Komposit e-glass

Patahan makro pada komposit epoksi berpenguat e-glass seperti pada gambar 4 terpisah antara bagian patahan satu dengan bagian yang lainnya. Ini membuktikan bahwa serat e-glass lebih kuat dibandingkan dengan serat jute. Pada hasil struktur mikro SEM ini

memperlihatkan serat *e-glass* yang masih beraturan dan berbentuk batang lurus.

Pada hasil struktur mikro SEM komposit epoksi berpenguat serat *e-glass* tidak terlihat adanya void yang membuat kekuatan komposit tersebut besar seperti yang ditunjukkan Gambar 3.

Dari hasil uji tarik yang didapatkan bahwa komposit epoksi berpenguat serat *e-glass* memiliki kekuatan rata-rata yang sangat tinggi jika dibandingkan dengan komposit epoksi berpenguat serat jute. Hal ini sesuai dengan hasil uji mikro patahan SEM yang menunjukkan bahwa kekuatan komposit epoksi berpenguat serat *e-glass* lebih besar dibandingkan sampel yang lainnya.

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

Jika dibandingkan komposit epoksi berpenguat serat jute dengan komposit epoksi berpenguat serat *e-glass* maka kekuatan tarik rata-rata komposit epoksi berpenguat serat *e-glass* masih belum bisa menandingi, sehingga diperlukan penguat serat alam lainnya yang mampu menandingi kekuatan serat gelas.

### Saran

Sebagai Saran, penelitian ini digunakan sebagai referensi untuk meneliti komposit serat alam lainnya yang mampu menggantikan serat sintesis.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih atas staff dan karyawan LIPI yang telah membantu penelitian ini serta kepada Program Studi Fisika UPI Bandung yang telah memberikan dukungan untuk melaksanakan penelitian di LIPI Bandung. Terimakasih kepada Rahmat Awaludin Salam, Yeyen Nurhasanah, Rani dan Ely atas bantuannya dan diskusi pada penelitian komposit ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- M. P. Callister, William D. 2003, *Materials Science and Engineering an Introduction*. Amerika: Wiley.
- Wicaksono, Arif. 2006, *Karakterisasi Kekuatan Bending Komposit Berpenguat Kombinasi Serat Kenaf Acak Dan Anyam*. Skripsi. Semarang, Indonesia: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.