

STUDI PENGARUH PROSES MANUFAKTUR KOMPOSIT BERMATRIK EPOKSI TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN IMPAK PADA KOMPOSIT HYBRID BERPENGUAT SERBUK KAYU ALBASIA DAN SERAT GELAS

Fajar Nugroho

Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto, Yogyakarta.

Jl. Janti Blok R Lanud Adisutjipto

E-mail : mas_noeg@yahoo.com

Abstract

A composite material is very efficient to use at a structure which needs a combination between strength and stiffness and light weight. The advantage of composite material compared to a metal is corrosion resistance, accessible, and reasonable price. This study aims to determine the tensile and impact strength composites of the epoxy matrix composite reinforced by glass fiber and albasia sawdust.

The composites were made using variations of stirring time 15 minutes and 30 minutes with a stirring speed of 658 rpm and 858 rpm. The composite were made using variations of the drying temperatures 40°C, 50°C, 60°C, 70°C, and the room temperature. The reinforced materials is used albasia sawdust and woven glass fiber. The matrix was Epoxy Resin Bakelite EPR 174 and Epoxy Hardener V-140. The methodology for making the composite test specimens particles was hand lay-up (open mold).

The highest tensile strength testing on a composite was 37.92 MPa with a stirring time of 30 minutes and 858 rpm stirring rotation. For the impact testing, the highest visible impact at 0.0024 J/mm² in the composite with a stirring time of 15 minutes and 858 rpm stirring rotation. Through this test, it was obtained the highest tensile strength of 43.03 MPa in the composite with 50°C drying temperature variation. Meanwhile, the composites with 60°C drying temperature variation had the highest impact strength with a value of 0.0037 J/mm². The composite material composition and morphology of the fracture were analyzed by SEM observation.

Keywords: composite, stirring, post-curing, tensile strength, impact strength.

1. Pendahuluan

Material komposit merupakan material yang tersusun dari campuran atau kombinasi antara dua atau lebih unsur-unsur utama yang secara makro berbeda dalam bentuk dan atau komposisi material yang pada dasarnya tidak dapat dipisahkan [1]. Kelebihan material komposit dibandingkan dengan material logam adalah ketahanan terhadap korosi, bahan yang mudah dicari, harga yang cukup terjangkau, serta memiliki massa jenis yang lebih rendah dibandingkan dengan bahan dari logam.

Salah satu usaha untuk memanfaatkan limbah serbuk kayu yang tersedia dalam jumlah yang melimpah dalam industri pengolahan kayu tersebut adalah dengan menggunakannya sebagai bahan penyusun komposit. Serbuk kayu ini dapat digunakan sebagai penguat material komposit. Salah satu jenis serbuk kayu yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan penguat komposit adalah serbuk kayu albasia. Kayu albasia yang memiliki karakteristik yang ulet dan ringan ini memiliki berat jenis 0.33 gr/cm³ [2].

Sifat mekanik pada komposit ditentukan oleh beberapa faktor. Salah satu faktor yang menentukan adalah proses manufaktur atau pembuatan komposit seperti lamanya waktu pengadukan resin. Selanjutnya kekuatan mekanik dari komposit juga sangat ditentukan oleh komposisi serat, arah orientasi serat, dan ukuran serat yang digunakan [3].

Jenis serat juga sangat menentukan komposit yang dihasilkan. Penambahan serat gelas pada berbagai resin yang digunakan sebagai matriks komposit seperti epoksi atau poliester akan mampu meningkatkan sifat mekanik material. Pada komposit bermatriks epoksi maupun poliester, penggunaan serat gelas sebagai penguat mampu meningkatkan kekuatan tarik secara signifikan [4].

Selain jenis serat yang digunakan sebagai penguat dan resin yang digunakan sebagai matriks, komposisi serbuk kayu yang dimanfaatkan sebagai penguat juga menentukan kekuatan komposit. Jenis serbuk kayu, ukuran butiran serbuk kayu dan komposisi sangat penting dipertimbangkan dalam proses manufaktur komposit berbasis pemanfaatan berbagai limbah serbuk kayu [5].

Komposit dengan penguat serbuk kayu albasia dengan fraksi volume 25% dan dengan ukuran butiran sebesar 1 mm menghasilkan kekuatan tarik tertinggi sebesar 2,1703 kgf/mm². Sedang untuk kekuatan bending terbaik yang dimiliki komposit yang sama adalah komposit dengan fraksi volume 25% dan diameter serbuk sekitar 1,5 mm yaitu sebesar 16,11 kgf/mm². Hasil terbaik pada percobaan tersebut dicapai pada pengeringan dengan suhu 50°C [6].

Selanjutnya pengaruh temperatur *post-curing* terhadap kekuatan tarik komposit bermatriks resin epoksi juga akan menentukan kekuatan mekaniknya. Variasi suhu pemanasan dapat membuat kekuatan tarik dan dampak komposit menjadi optimal apabila dibandingkan dengan komposit tanpa pemanasan. Dengan melakukan pengujian berdasarkan variasi suhu dan pemakaian serbuk kayu pada komposit yang diperkuat dengan serat gelas dengan model *woven* diharapkan akan diperoleh kekuatan tarik yang jauh lebih baik [7].

Kekuatan serat gelas juga telah diuji sebagai bahan alternatif sebagai penguat pada material komposit. Hal ini disebabkan karena sifat serat gelas mempunyai karakteristik yang berbeda antara satu jenis serat dengan yang lainnya. Serat gelas terbuat

dari *silica, alumina, lime, magnesia* dan lain-lain. Keunggulan serat glass terletak pada perbandingan harga dan kinerja yaitu biaya produksi rendah dan proses produksi sangat sederhana. Serat gelas banyak digunakan di industri-industri otomotif seperti pada panel panel body kendaraan [8].

Komposisi komposit *glass-epoxy* dan *glass-polyester* dapat diaplikasikan pada lambung kapal dan bagian-bagian pesawat terbang. Kekuatan tarik komposit bermatriks *epoxy* berpenguat serat gelas sangat ditentukan dan dipengaruhi oleh fraksi volume serat gelas yang digunakan pada proses manufaktur komposit [9].

2. Metode Penelitian

Kekuatan material *hybrid composite* sangat ditentukan oleh proses pembuatannya atau manufakturnya. Waktu pengadukan, kecepatan pengadukan dan temperatur pengeringan merupakan faktor-faktor yang harus diperhatikan dan dikontrol dalam proses pembuatannya. Sifat serbuk kayu albasia yang ringan akan menyebabkan distribusi serbuk kayu menjadi tidak merata. Serbuk kayu albasia akan cenderung mengambang pada permukaan resin epoksi yang digunakan sebagai matriks. Dengan demikian faktor waktu dan kecepatan pengadukan serta temperatur pengeringan pada material komposit bermatriks epoksi dengan penguat serat gelas dan serbuk kayu albasia terhadap kekuatan dampak dan kekuatan tarik penting dilakukan dan dikembangkan.

Dalam penelitian ini digunakan *mixer* dengan kecepatan putaran pengadukan sebesar 658 rpm dan 858 rpm. Sedang temperatur pengeringan setelah penguatan ditahan pada temperatur ruangan 40°C, 50°C, 60°C, dan 70°C dengan menggunakan *oven*. Proses manufakturnya menggunakan metode *hand-layup*. Cetakan di buat dari kaca dengan ukuran 200 mm x 200mm x 5 mm.

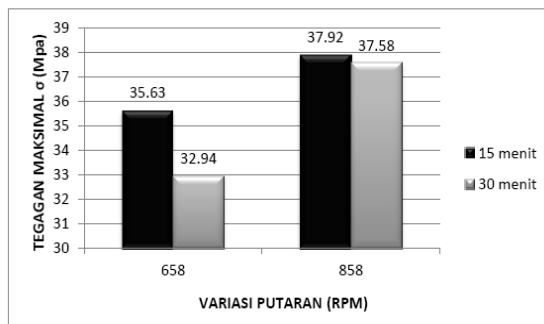
Lembaran komposit yang telah dihasilkan selanjutnya dibuat spesimen untuk uji tarik dan uji dampak. Untuk spesimen uji tarik dengan mengacu pada standar pengujian ASTM D 638 sedang untuk pengujian dampak mengacu pada standar pengujian ASTM D 59942-96. Kemudian dilakukan pengujian kekuatan tarik, kekuatan dampak dan foto SEM. Hasil dari berbagai pengujian dan pengamatan selanjutnya ditampilkan dalam bentuk tabel, grafik atau analisa gambar SEM.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh proses manufaktur komposit bermatrik epoksi terhadap kekuatan tarik dan impak pada komposit *hybrid* berpenguat serbuk kayu albasia dan serat gelas

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil uji tarik

Pengujian kekuatan tarik dilakukan pada *hybrid* komposit bermatriks epoksi dengan penguat serbuk kayu albasia dan serat gelas. Pengujian tarik ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh faktor-faktor manufaktur seperti variasi kecepatan putaran pengadukan dan lama waktu pengadukan. Hasil uji tarik *hybrid* komposit pada variasi putaran 658 rpm dan 858 rpm, untuk waktu pengadukannya 15 menit dan 30 menit dapat dilihat pada gambar berikut:



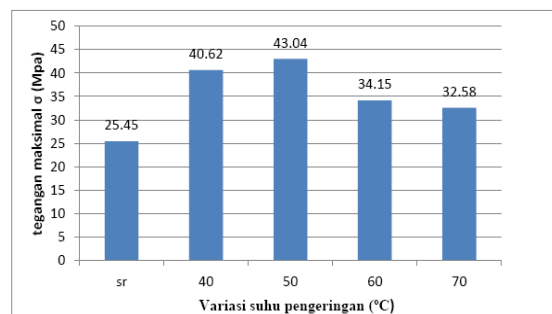
Gambar 1 Grafik Tegangan vs Variasi Putaran

Berdasarkan grafik pada Gambar 1 untuk dapat dilihat bahwa pada putaran 658 rpm dengan waktu pengadukan selama 15 menit dihasilkan komposit yang memiliki kekuatan tarik sebesar 35,63 MPa, sedang pada pengadukan 30 menit memiliki kekuatan tarik sebesar 32,94 MPa. Selanjutnya pada putaran pengadukan sebesar 858 rpm dengan waktu pengadukan 15 menit komposit memiliki kekuatan tarik 37,92 MPa dan ketika waktu pengadukan ditahan 30 menit maka komposit yang dihasilkan memiliki kekuatan tarik maksimal sebesar 37,58 MPa. Dari Gambar 1 tersebut dapat dilihat bahwa kekuatan tarik maksimal terbesar dicapai pada putaran pengadukan sebesar 858 rpm dengan lama waktu pengadukan 15 menit yaitu 37,92 MPa, sedangkan kekuatan tarik terendah terdapat pada putaran pengadukan 658 rpm dengan waktu pengadukan selama 30 menit yaitu sebesar 32,94 MPa.

Berdasarkan data hasil pengujian tersebut di atas, dapat dilihat bahwa kekuatan tarik komposit dipengaruhi oleh dua faktor yaitu variasi putaran dan waktu pengadukan. Kecepatan putaran pengadukan antara serbuk kayu dan resin epoksi yang lebih tinggi akan meningkatkan kekuatan tarik komposit. Pada kecepatan putaran yang tinggi menyebabkan serbuk kayu sebagai penguat komposit tersebar lebih baik dan lebih merata jika dibandingkan pada putaran rendah. Namun demikian pada variasi waktu pengadukan yang terlalu lama akan menyebabkan kekuatan tarik menurun.

Hal tersebut disebabkan oleh adanya aglomerasi/penggumpalan serbuk kayu dengan semakin lamanya waktu pengadukan. Sifat partikel kayu yang ringan menyebabkan timbulnya buih-buih dan menggumpalnya serbuk kayu pada material komposit. Aglomerasi serbuk dalam resin dapat menyebabkan terjadinya *crack* dan *void* pada material komposit tersebut.

Selanjutnya pada Gambar 2 menunjukkan hasil uji tarik komposit bermatriks epoksi dengan penguat serbuk kayu albasia dan serat gelas pada variasi temperatur pengeringan 28°C (temperatur ruangan), 40°C, 50°C, 60°C, dan 70°C.



Gambar 2. Kekuatan Tarik vs Temperatur Pengeringan

Berdasarkan grafik pada Gambar 2 di atas dapat dilihat bahwa temperatur pengeringan mempunyai pengaruh yang cukup signifikan terhadap kekuatan tarik komposit. Pada temperatur ruangan (tr) 28°C dihasilkan material komposit yang memiliki kekuatan tarik 25,45 MPa. Ketika temperatur pengeringan dinaikkan dan dijaga pada temperatur 40°C, 50°C, 60°C dan 70°C maka akan dihasilkan material komposit yang memiliki kekuatan tarik yang berbeda-beda yaitu sebesar 40,62 MPa, 43,05 MPa, 34,15 MPa dan 32,58 MPa.

Berdasarkan Gambar 2, dapat dilihat bahwa temperatur pengeringan sangat berpengaruh terhadap kekuatan komposit yang dihasilkan. Kekuatan tarik komposit akan semakin baik seiring dengan kenaikan temperatur pengeringan. Namun demikian kecenderungan tersebut akan mencapai batas maksimal pada temperatur pengeringan sebesar 50°C. Setelah temperatur 50°C kekuatan tarik komposit yang dihasilkan berangsur angsur menurun. Dari grafik pada gambar 2 dapat dilihat bahwa kekuatan tarik terbesar dapat dicapai pada variasi temperatur pengeringan 50°C yaitu sebesar 43,03 MPa. Pada temperatur pengeringan 70°C menghasilkan komposit dengan kekuatan tarik sebesar 32,58 MPa. Hasil tersebut masih lebih tinggi jika dibandingkan dengan komposit yang dibiarkan kering secara alami pada temperatur kamar. Namun bila temperatur pengeringan ditingkatkan lagi maka ada kemungkinan komposit yang dihasilkan akan memiliki kekuatan tarik yang lebih rendah lagi. Dalam penelitian ini nilai kekuatan tarik terendah terdapat pada komposit yang dikeringkan pada temperatur kamar yakni sebesar 25,45 MPa.

Tabel 1. Pengaruh Temperatur & Waktu Pengeringan

No	Temperatur pengeringan (°C)	Waktu Pengeringan (Jam)
1	28 (TR)	6
2	40	4
3	50	3
4	60	2
5	70	1,5

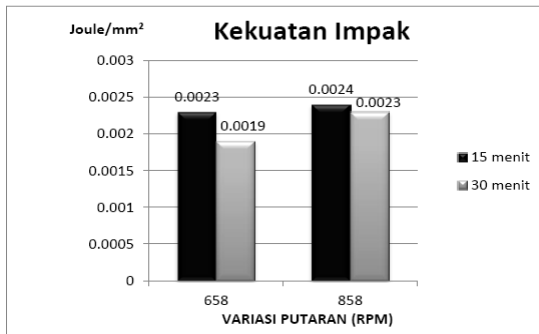
Selain variasi temperatur pengeringan kekuatan tarik komposit sangat dipengaruhi oleh lamanya waktu pengeringan. Pada Tabel 1, terlihat bahwa temperatur post curing atau temperatur pengeringan memiliki kecenderungan yang proporsional dengan lama waktu pengeringan. Dari tabel tersebut juga terlihat bahwa semakin tinggi temperatur pengeringan maka waktu pengeringan juga akan semakin pendek. Sifat serbuk kayu yang ringan menyebabkan usaha untuk meratakan distribusi serbuk kayu pada seluruh bagian komposit.

Proses manufaktur material komposit dan yang perlu diperhatikan adalah pada proses pengadukan komposit harus merata sehingga antara serbuk kayu albasia bisa menyebar pada seluruh bagian dari komposit. Pada temperatur pengeringan 40°C dan 50°C kekuatan tarik komposit mengalami kenaikan, namun pada temperatur 60°C dan 70°C mengalami penurunan kekuatan tarik. Kemungkinan pada suhu 60°C dan suhu 70°C banyak terdapat *crack* dan *void* yang disebabkan tidak meratanya distribusi serbuk kayu menyebabkan menurunnya kekuatan tarik material komposit.

3.2. Hasil Uji Impak

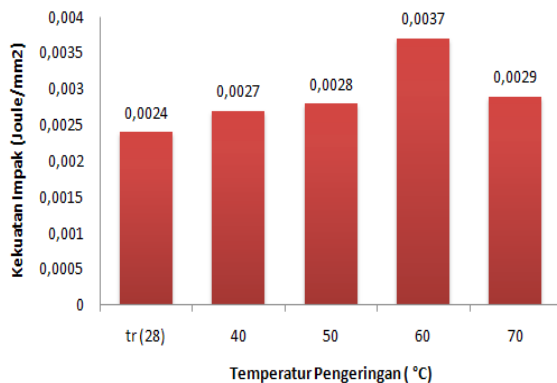
Gambar 3 di bawah ini menunjukkan hasil uji impak *hybrid* komposit bermatriks epoksi dengan penguat serat gelas dan serbuk kayu albasia pada variasi putaran pengadukan 658 rpm dan 858 rpm dengan waktu 15 menit dan 30 menit.

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan tersebut dapat dilihat harga impak pada setiap variasi kecepatan putaran pengadukan dan lama waktu pengadukan antara resin epoksi dan serbuk kayu sebagai bahan penyusun material komposit. Pada putaran pengadukan 658 rpm dengan waktu pengadukan selama 15 menit menghasilkan komposit dengan kekuatan impak sebesar 0,0023 joule/mm². Sedang pada putaran 658 rpm dengan waktu pengadukan selama 30 menit, dihasilkan komposit yang memiliki kekuatan impak sebesar 0,0019 joule/mm². Selanjutnya pada putaran pengadukan yang lebih tinggi ternyata dihasilkan komposit dengan kekuatan impak yang berbeda. Pada kecepatan putaran pengadukan sebesar 858 rpm dengan waktu pengadukan 15 menit dihasilkan komposit yang memiliki kekuatan impak sebesar 0,0024 joule/mm², sedang pada putaran pengadukan 858 rpm dengan waktu pengadukan selama 30 menit dihasilkan komposit dengan kekuatan impak sebesar 0,0023 joule/mm². Dari Gbr.3 dapat dilihat bahwa kekuatan impak terbesar adalah pada variasi putaran 858 rpm dengan waktu pengadukan 15 menit dengan nilai 0,0024 joule/mm², dan kekuatan impak terendah adalah dari variasi putaran 658 rpm dengan waktu pengadukan 30 menit dengan nilai 0,0023 joule/mm².



Gambar.3 Kekuatan Impak vs Variasi putaran

Dari data pengujian tersebut maka dapat dilihat bahwa salah satu usaha untuk meningkatkan kekuatan impak *hybrid* komposit bermatriks epoksi dengan penguat serat gelas dan serbuk kayu albasia adalah dengan mengatur kecepatan putaran pengadukan dan lamanya waktu pengadukan. Pada putaran pengadukan yang rendah kekuatan impak sangat dipengaruhi oleh lamanya waktu pengadukan, semakin lama waktu pengadukan akan dihasilkan kekuatan yang lebih baik. Namun pada kecepatan putaran pengadukan yang lebih tinggi, faktor lamanya waktu pengadukan tidak begitu signifikan pengaruhnya. Sedang pada pengujian kekuatan impak *hybrid* komposit bermatriks epoksi dengan penguat serbuk kayu albasia dan serat gelas pada variasi suhu pengeringan 40°C, 50°C, 60°C, 70°C dan suhu ruangan, menunjukkan hasil yang cukup berbeda. Hasil pengujian kekuatan impak tersebut dapat dilihat seperti pada Gambar 4 berikut ini.



Gambar. 4 Harga Impak vs temperatur pengeringan

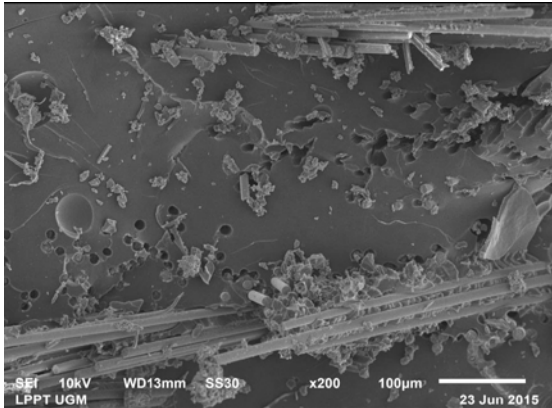
Harga impak komposit pada pengeringan temperatur ruangan (tr) adalah sebesar 0,0024 J/mm². Pada temperatur pengeringan 40°C kekuatan impak meningkat menjadi 0,0027 J/mm². Selanjutnya pada temperatur pengeringan 50°C kekuatan impak komposit menjadi sebesar 0,0028J/mm². Kekuatan impak komposit pada temperatur pengeringan 60°C sebesar 0,0037 J/mm². Selanjutnya kekuatan impak komposit pada temperatur pengeringan 70°C memiliki kekuatan impak sebesar 0,0029 J/mm². Kekuatan impak komposit yang dihasilkan akan meningkat seiring dengan naiknya temperatur pengeringan. Peningkatan harga impak ini mencapai nilai tertinggi pada temperatur pengeringan 60 °C yaitu sebesar 0,0037 J/mm², sedangkan untuk kekuatan impak terendah diperoleh pada temperatur pengeringan 40°C dengan nilai kekuatan impak sebesar 0,0027 J/mm².

Dari data di atas terlihat jelas bahwa kekuatan impak *hybrid* komposit bermatriks epoksi dengan penguat partikel serbuk kayu albasia dan serat gelas pada variasi temperatur pengeringan hingga 60°C mengalami kenaikan. Namun pada temperatur pengeringan lebih tinggi akan mengalami penurunan kekuatan impak. Jika dilihat dari grafik, maka ada kemungkinan di antara temperatur pengeringan 60°C dan 70°C bisa dibuat komposit dengan kekuatan impak yang lebih baik.

Kekuatan impak bahan komposit akan terpengaruh oleh variasi temperatur pengeringan, perbandingan antara matriks dan penguat. Temperatur pengeringan yang tepat akan menyebabkan butiran serbuk kayu albasia terdistribusi secara merata pada seluruh bagian. Hal ini disebabkan karena serbuk kayu yang ringan tidak memiliki waktu untuk bergerak ke permukaan komposit.

3.3. Hasil Uji SEM

Pengujian SEM dilakukan untuk mengetahui struktur morfologi dari material komposit yang diuji. Spesimen uji SEM (*Scanning Electron Microscope*) diambil dari permukaan patahan spesimen pengujian tarik yang memiliki kekuatan tarik tertinggi.

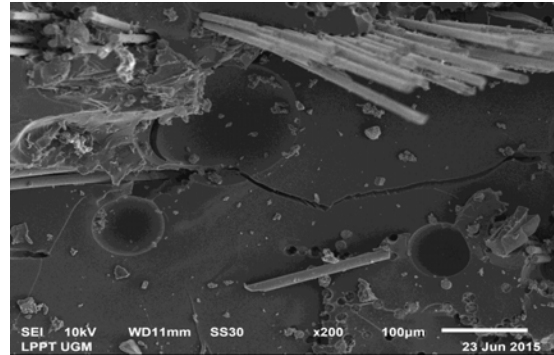


Gambar.5 SEM patahan uji tarik spesimen Putaran $n=858$ rpm dan $t=15$ menit.

Pada Gambar 5, dapat dilihat terlihat adanya pola retak (*crack*), adanya mekanisme *pull out* pada penguat serat dan distribusi butiran serbuk kayu serta adanya beberapa *void*. Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa terdapat mekanisme *pull out* pada longitudinal serat gelas pada saat pengujian tarik. Dari hasil SEM juga dapat dilihat bahwa butiran serbuk kayu masih menggumpal di dekat daerah dari serat gelas. Penggumpalan atau aglomerasi ini terjadi karena serbuk kayu albasia memiliki masa jenis yang lebih ringan jika dibandingkan dengan masa jenis resin epoksi. Penggumpalan ini secara keseluruhan tidak begitu baik bagi sifat mekanik komposit.

Gambar 6 menunjukkan hasil uji SEM penampang patahan uji tarik pada spesimen dengan temperatur pengeringan sebesar 50°C . Dari gambar tersebut dapat dilihat masih adanya *void* atau gelembung udara yang terjebak di dalam material komposit. Namun demikian distribusi serbuk kayu menjadi lebih baik jika dibandingkan komposit yang dikeringkan pada temperatur kamar. Dari gambar foto SEM di atas juga terlihat adanya mekanisme *pull out* yang sedikit.

Selanjutnya dari Gambar 6 juga dapat dilihat bahwa mekanisme perambatan retak dapat dihambat dengan adanya butiran serbuk kayu. Dalam kasus ini butiran serbuk kayu dapat membelokkan arah rambatan retak, sehingga retak tidak merambat secara langsung dan lintasan perambatan retaknya menjadi semakin panjang.



Gambar.6 SEM penampang patahan uji tarik spesimen dengan temperatur pengeringan 50°C .

4. Kesimpulan

Kekuatan tarik dan dampak pada *hybrid* komposit bermatriks epoksi dengan penguat serbuk kayu albasia dan serat gelas sangat dipengaruhi oleh kecepatan putaran pengadukan, waktu pengadukan serta temperatur pengeringan. Adapun nilai kekuatan tarik dan dampak adalah sebagai berikut :

- Kekuatan tarik terbesar sebesar $37,92$ MPa dicapai pada variasi putaran pengadukan 858 rpm selama 15 menit. Kekuatan tarik ini bisa ditingkatkan menjadi $43,04$ MPa pada temperatur pengeringan hingga 50°C .
- Kekuatan dampak terbesar adalah sebesar $0,0024$ joule/ mm^2 pada variasi putaran pengadukan 858 rpm selama 15 menit. Kekuatan dampak *hybrid* komposit ini bisa ditingkatkan menjadi sebesar $0,0037$ J/ mm^2 pada suhu pengeringan 60°C .

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Schwartz, M.M (1984), *Composite materials handbook*. McGraw-Hill, New York
- [2] P3HH, 2008, *Petunjuk Praktis Sifat Sifat Dasar Jenis Kayu Indonesia*, ISWA.
- [3] Hatmi, P, W, dkk., (1998), *Pengaruh Komposisi pada Glass Reinforced Polyester Terhadap sifat mekaniknya*. Dit. Teknologi Proses Industri BPP Teknologi Serpong
- [4] Nuning, dkk, (2004), *Pembuatan Komposit Polimer Berpenguat Serat Sintetik untuk Bahan Genteng*, Jurusan Fisika FMIPA, IPB, Bogor

- [5] Savetlanan, S dan Parulian, Y, 2013, *Kekuatan Tarik Komposit Poliester Berpenguat Partikel Kayu Jati, Merawan, dan meranti*, Jurusan Teknik Mesin UNILA, Bandar Lampung.
- [6] Priyadi, I , dkk, (2013), *Sifat Mekanis Komposit Resin Epoksi Berpenguat Serbuk Kayu Sengon*, Universitas Panca Sakti, Tegal
- [7] Bodja, S, 2006, *Pengaruh Temperatur Post-Curing Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Epoksi Resin Yang Diperkuat Woven Serat Pisang*
- [8] Purwanto dan Johar, ____, *Karakterisasi Komposit Berpenguat Serat Bambu dan Serat Gelas Sebagai Alternatif Bahan Baku Industri*, Skripsi.
- [9] Catur, A.D dkk, 2014, *Sifat Mekanik Komposit Sandwich Berpenguat Serat Bambu – Fiber Glass Dengan Core Polyurethane Rigid Foam*. Fakultas Teknik Universitas Universitas Mataram