

Pengaruh Ukuran Serbuk CaCO_3 Terhadap Sifat Mekanis Komposit Hibrid Kenaf/ CaCO_3 /Epoxyresin

Cahyo Trisedyo Utomo^a, Harini Sosiati^b, Cahyo Budiyanoro^c

Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Jl. Brawijaya, Tamantirto, Bantul, Yogyakarta 55183

e-mail: cahyotrisedyo@gmail.com

Abstract

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh ukuran serbuk kalsium karbonat (CaCO_3) terhadap sifat mekanis (ketangguhan impak) pada komposit hibrid serat alam tanaman kenaf, kalsium karbonat (CaCO_3) dan epoxyresin. Serat yang digunakan diberi perlakuan alkalisasi 6% NaOH selama 4 jam. Panjang serat kenaf yang diberi perlakuan alkali $\pm 6\text{mm}$ dan serbuk CaCO_3 dengan variasi ukuran (sekitar 120 mesh, 200 mesh, 400 mesh) digunakan sebagai filler. Perbandingan kenaf/ CaCO_3 /epoxyresin yang digunakan adalah (20:70:10) %. Pembuatan spesimen komposit dengan mesin rekayasa cetak cold press menggunakan metode hand lay-up dan prosedur pengujiannya mengacu pada standard American Society for Testing and Materials D6110-04. Analisis persebaran serat kenaf menggunakan foto makro dan karakteristik patahan diamati menggunakan scanning electron microscopy (SEM). Hasil penelitian menunjukkan bahwa ukuran serbuk kalsium karbonat (CaCO_3) dengan variasi ukuran 400 mesh memiliki nilai ketangguhan impak tertinggi 0.00415 J/mm². Semakin kecil ukuran serbuk kalsium karbonat (CaCO_3) dapat meningkatkan sifat mekanis (ketangguhan impak) komposit hibrid kenaf/ CaCO_3 /epoxyresin.

Keywords: Kenaf, alkalisasi, CaCO_3 , NaOH, epoxyresin, Uji impak, SEM

1. PENDAHULUAN

Salah satu industri di Indonesia yang memproduksi komponen dan merakit kereta adalah PT INKA (Persero), komponen kereta yang diproduksi antara lain interior kereta dan body gerbong kereta (Abdullah, 2000). Pada umumnya komponen tersebut masih menggunakan material logam, yang mana material tersebut memiliki kekuatan mekanik tinggi, bentuk yang bisa diubah, dan mudah disambung (las). Akan tetapi, logam mempunyai beberapa kelemahan yang rawan akan terjadi kerusakan (korosi) serta memiliki beban yang relatif berat (Nuri dkk, 2006). Mengingat kelemahan tersebut, saat ini bahan non logam yang banyak dilirik dalam pemanfaatannya sebagai kandidat pengganti bahan logam adalah material komposit. Pada dasarnya material komposit adalah gabungan dari dua atau lebih material yang berbeda sifat mekanis dan fisis, dimana yang satu berfungsi sebagai pengikat (matriks) dan material yang lainnya sebagai penguat (*filler*), tujuan dari penggabungan tersebut yaitu untuk menghasilkan sebuah material baru yang memiliki sifat berbeda (lebih baik) dari material penyusunnya (Daulay dkk, 2014).

Keuntungan mendasar penggunaan komposit adalah ringan, tahan korosi, *performancenya* menarik, ekonomis dan tanpa proses pemesinan yang rumit (Nuri dkk, 2006). Berdasarkan keuntungan tersebut, komposit cepat diserap dan dipakai diberbagai bidang industri antara lain industri pesawat terbang, otomotif, militer, transportasi, alat olah raga, hingga kedokteran (Setiawan, 2013). PT. INKA termasuk perusahaan yang mengembangkan komposit pada gerbong kereta api dan telah mampu mengaplikasikan *komposit glass fiber reinforced plastics* (GFRP) untuk front end KRLI dan mask KRL-Nas (Abdullah, 2000). Komposit GFRP juga memiliki keunggulan yang dapat dipotong sesuai kebutuhan desain struktur, beban konstruksi lebih ringan dan harga produk komponen yang dibuat dapat turun hingga 60% dibanding produk logam (sumber: PT. INKA). Namun, pemanfaatan serat gelas pada komposit memiliki dampak kerugian yaitu serat gelas tidak ramah lingkungan karena limbahnya tidak dapat terurai secara alami.

Mengacu pada alasan tersebut, potensi sebagai pengganti serat gelas yaitu dengan memanfaatkan serat alam (rami, nanas, sisal, kenaf, dll.). Keuntungan mendasar yang dimiliki oleh serat alam adalah jumlahnya yang berlimpah, memiliki *specific cost* yang rendah, dan dapat diperbaharui, serta tidak mencemari lingkungan (Nuri dkk, 2006). Pada komposit GFRP matriks yang digunakan adalah resin polyester. Adapun beberapa kekurangan dari resin jenis ini yaitu berbau menyengat, tidak akan kuat jika hanya digunakan untuk lapisan tipis, dan tidak cocok untuk lapisan akhir (*finishing*). Seiring perkembangan industri, kepopuleran resin polyester ini mulai memudar karena hadirnya *epoxyresin*, hal tersebut dikarenakan *epoxyresin* memiliki beberapa kelebihan antara lain mudah dalam penggunaan, tidak berbau tajam (menyengat), mampu merekat dengan baik dan kuat pada hampir semua permukaan, sehingga *epoxyresin* ini banyak diadopsi pada berbagai bidang industri antara lain industri perkapalan dan industri pertahanan (pembuatan kevlar, kaca anti peluru, dll) (Setiawan, 2013). Atas uraian diatas, potensi *epoxyresin* sangatlah menjanjikan untuk bahan pengganti penggunaan polyester resin, hal tersebut dimaksud untuk menghasilkan kualitas komposit yang lebih baik.

Adapun penambahan serbuk kalsium karbonat (CaCO_3) bertujuan untuk mendapatkan sifat ketangguhan dan mendapatkan daya ikat yang lebih baik pada komposit. Serbuk kalsium karbonat (CaCO_3) merupakan jenis serat mikro (ukuran partikel) dan pemanfaatan penggunaan CaCO_3 telah banyak dilakukan oleh para peneliti diluar negeri karena sifat stabilitasnya, warna putih, dan murah (Chen dkk, 2004). Berbagai pengisi serat mikro (ukuran partikel) seperti silika (Charbet dkk, 2004) dan kalsium karbonat (Chen dkk, 2004) dilaporkan dapat meningkatkan ketangguhan material.

Penelitian pada bidang komposit masih banyak dilakukan baik didalam maupun diluar negeri, sehingga kesempatan untuk mengembangkan berbagai metode penelitian masih terbuka lebar. Dalam penelitian ini, akan dibuat komposit hibrid serat kenaf/ CaCO_3 /*epoxyresin* dengan perbandingan fraksi volume matriks dan volume *filler* yang digunakan adalah (70%:30%), sedangkan variasi perbandingan volume *filler* antara serat tanaman kenaf dan serbuk CaCO_3 adalah (20%:10%), kemudian untuk variasi ukuran serbuk CaCO_3 yaitu menggunakan variasi ukuran sekita 120 mesh, 200 mesh, dan 400 mesh. Uji mekanis yang dilakukan pada penelitian ini adalah uji ketangguhan impak, sedangkan untuk mengetahui persebaran serat dan struktur patahan hasil uji impak akan dianalisis menggunakan *scanning electron microscopy* (SEM).

2. METODE PENELITIAN

2.1 Preparasi Serat

Serat alam yang digunakan dalam penelitian adalah serat kenaf dengan perlakuan alkali. Serat mentah dipersiapkan dengan mencuci serat menggunakan aquades yang mengalir lalu dikeringkan dalam temperatur ruangan. Serat kenaf diberikan perlakuan alkalisasi 6% NaOH pada temperatur ruangan selama 4 jam. Serat kenaf alkalisasi yang sudah dikeringkan, kemudian dipotong 6mm.

2.2 Preparasi Kalsium Karbonat (CaCO_3)

Kalsium karbonat (CaCO_3) yang digunakan dalam penelitian dilakukan proses *oven* untuk menghilangkan kadar air didalam kalsium karbonat tersebut. Kalsium karbonat yang digunakan memiliki 3 jenis variasi ukuran partikel sekitar 120 mesh, 200 mesh, dan 400 mesh.

2.3 Fabrikasi Komposit

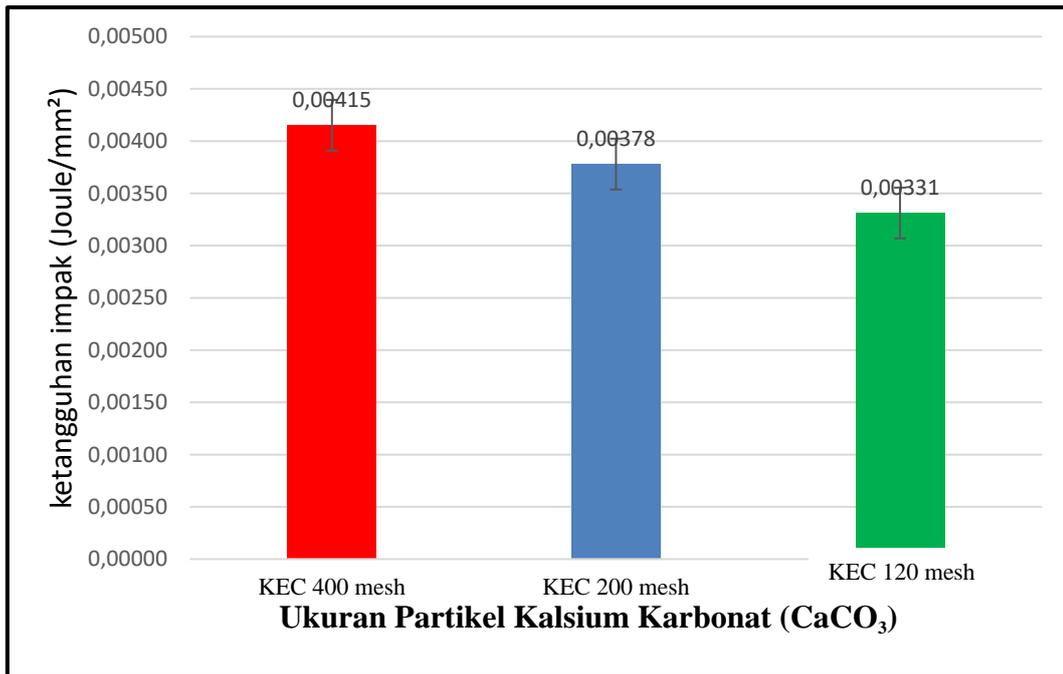
Pembuatan spesimen komposit dengan mesin rekayasa *cold press* menggunakan metode *hand lay-up* dan prosedur pengujiannya mengacu pada standard *American Society for Testing and Materials* D6110-04. Spesimen komposit dibuat dari campuran matriks *epoxyresin* dengan *filler* serat kenaf dan kalsium karbonat (CaCO_3). Komposisi komposit menggunakan perbandingan fraksi volume antara matriks dan *filler* 70%:30%, sedangkan variasi perbandingan volume *filler* serat kenaf dan kalsium karbonat (CaCO_3) 20%:10%.

2.4 Uji Mekanis dan Karakterisasi

Spesimen komposit yang telah difabrikasi mengacu pada standard *American Society for Testing and Materials D6110-04*, kemudian dilakukan pengujian ketangguhan impact. Jenis pengujian ketangguhan impact yang digunakan yaitu uji impact *charpy*. Prosedur uji impact *charpy* mengacu pada standard ASTM D6110-04 menggunakan mesin uji impact Zwick Roell HIT 5,5 P di Akademi Teknik Mesin Industri (ATMI. Morfologi permukaan patahan hasil uji impact dikarakterisasi menggunakan mesin *scanning electron microscope* (SEM) di Balai Penelitian Teknologi Bahan Alam - LIPI (The Indonesian Institute of Sciences) Yogyakarta.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisa Pengujian Ketangguhan Impact



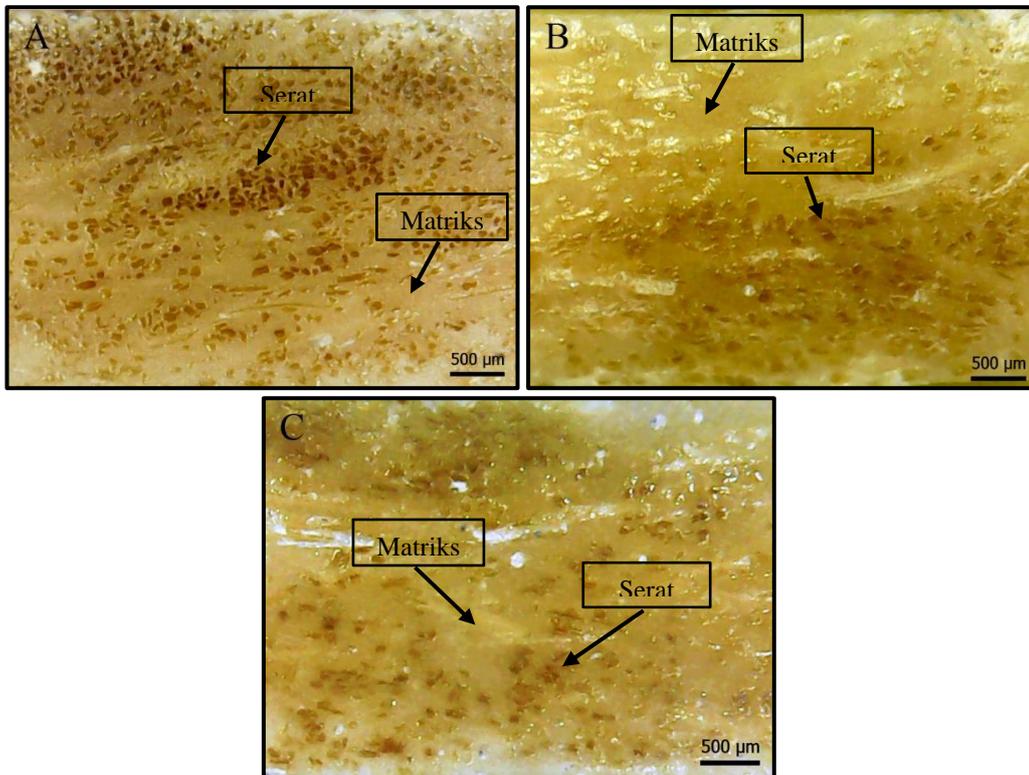
Gambar 3.1. Diagram Perbandingan Ketangguhan Impact Komposit Serat kenaf/epoxyresin/CaCO₃ 400 mesh, 200 mesh, dan 120 mesh.

Ketangguhan impact optimum terjadi pada komposit hibrid Kenaf/epoxyresin/CaCO₃ dengan serbuk CaCO₃ berukuran 400mesh yang memiliki kekuatan impact sebesar 0,00415 J/mm² dapat dilihat pada Gambar 3.1, Nilai tersebut memiliki kekuatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan komposit serbuk CaCO₃ 120 mesh dan 200mesh yang memiliki nilai masing masing ketangguhan impact 0.00331 J/mm² dan 0.00378 J/mm².

Hasil tersebut dapat membuktikan bahwa semakin kecil ukuran partikel serbuk CaCO₃ maka ketangguhan impactnya akan semakin meningkat, hal tersebut dikarenakan ukuran partikel yang besar memiliki kecenderungan yang lebih besar pula untuk menghalangi keterikatan antara matriks dan filler (berkumpul pada satu area), sehingga terjadi ikatan matriks dan filler yang lemah dan memberikan ruang kosong pada beberapa bagian serta memicu terjadinya void, karena adanya void yang terdapat pada komposit ini menyebabkan komposit yang menerima beban akan berpindah ke daerah void sehingga ketangguhan komposit akan menurun. Sedangkan ukuran partikel yang lebih kecil akan memiliki kecenderungan menyebar secara merata sehingga dapat terikat lebih baik di dalam matriks dan akan meminimalisir terjadinya ruang kosong yang tidak terisi filler.

3.2 Analisis Pengujian Mikroskop Optik (Foto Makro).

Pengujian optik (foto makro) ini digunakan untuk mengamati distribusi atau persebaran matriks dan filler pada komposit.



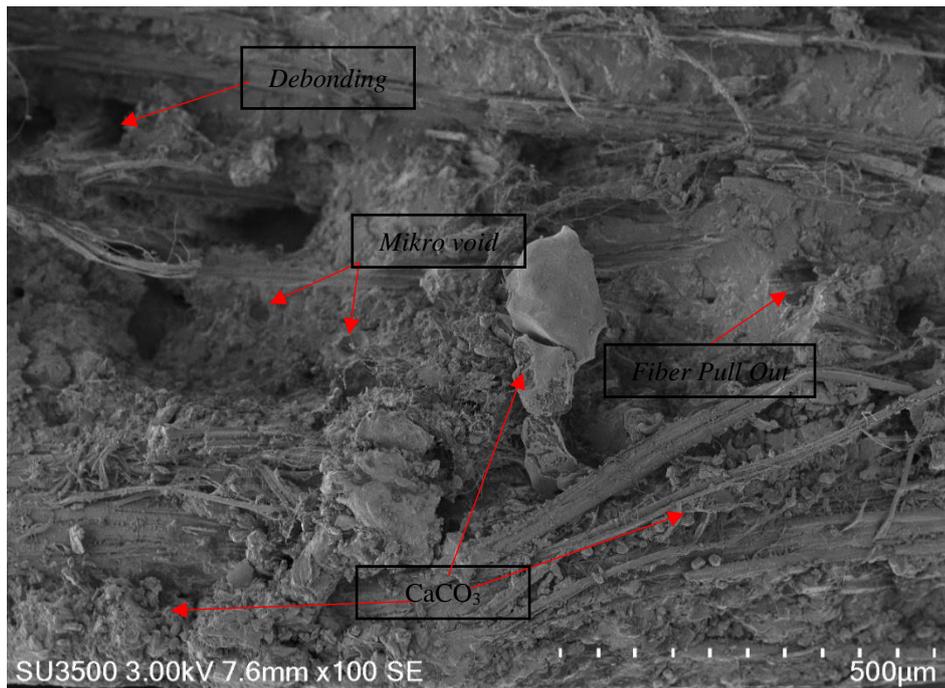
Gambar 3.2. Struktur potongan hasil uji optik (A) KEC 400 mesh. (B) KEC 200 mesh. (C) KEC 120 mesh.

Gambar 3.2 menunjukkan bahwa persebaran serat pada semua variasi ukuran serbuk CaCO_3 (400 mesh, 200 mesh, dan 120 mesh) terisi penuh oleh serat kenaf, namun pada beberapa bagian masih terdapat matriks yang tidak terisi *filler*, hal ini diakibatkan oleh kurangnya komposisi *filler* pada komposit tersebut. Komposit yang terisi penuh dan persebaran serat yang merata akan menghasilkan ketangguhan impact dan kekerasan yang tinggi. Pembuatan spesimen komposit dengan cara penyusunan secara acak, mengakibatkan serat yang posisinya searah dengan bentuk cetakan akan terlihat terpotong, namun pada serat melintang atau tidak searah dengan cetakan ini terlihat tidak terpotong.

3.3 Analisis Pengujian Scanning Electron Microscope (SEM)

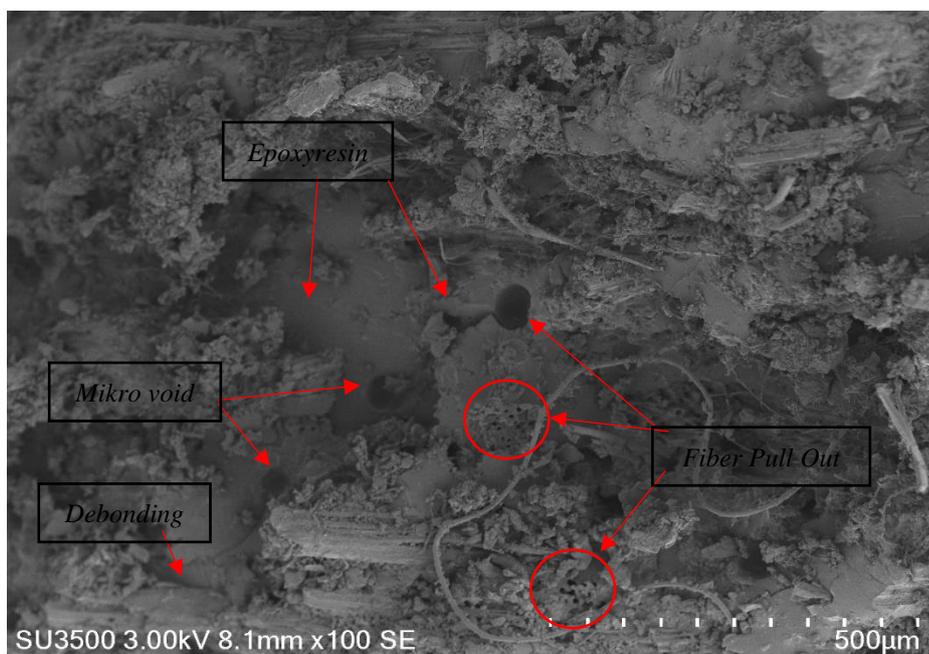
Pengujian SEM digunakan untuk mempelajari morfologi struktur ikatan antara filler dengan matriks, serta mengetahui distribusi serat kenaf dan CaCO_3 pada matriks, sehingga akan dapat diketahui penyebab terjadinya penurunan dan kenaikan ketangguhan impact pada komposit. Spesimen yang dipilih untuk dilakukan SEM yaitu bagian patahan hasil uji ketangguhan impact.

Sebelum dilakukan uji SEM, spesimen terlebih dahulu diberi perlakuan coating (lapisan tipis) oleh *gold-palladium* (Au:80% dan Pd:20%) dengan ketebalan 5 nm menggunakan mesin ion sputter agar spesimen yang akan dilakukan pemotretan menjadi penghantar listrik (konduktif). Ikatan antara serat dengan matriks dan distribusi serat sangat mempengaruhi kekuatan mekanik komposit hibrida. Semakin tinggi ikatan serat dengan matriks dan distribusi serat yang merata maka akan semakin tinggi pula kekuatan mekanik komposit.



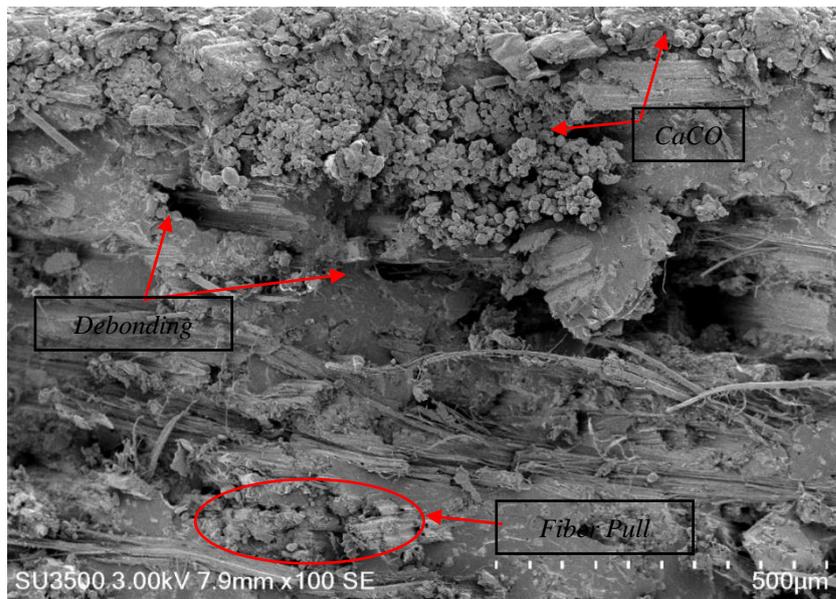
Gambar 3.3. Struktur patahan komposit KEC 120 mesh perbesaran 100x.

Gambar 3.3 memperlihatkan citra SEM komposit antara kenaf/epoxyresin/ CaCO_3 120 mesh (tanpa ayakan), arah persebaran serat terlihat acak serta distribusi serat ke berbagai tempat sudah cukup merata, namun masih terdapat beberapa bagian epoxy tidak terisi serat kenaf, dan terdapat debonding dan fiber pull out. Persebaran CaCO_3 juga sudah cukup merata namun demikian masih terdapat gumpalan CaCO_3 pada permukaan komposit. Hal ini terjadi karena sifat dari CaCO_3 sendiri yang memiliki sifat *hygroscopicis* atau mudah menyerap air.



Gambar 3.4. Struktur patahan komposit KEC 200 mesh perbesaran 100x.

Gambar 3.4 memperlihatkan citra SEM komposit antara kenaf/*epoxyresin*/ CaCO_3 200 mesh, dimana arah persebaran serat acak, serta distribusi serat ke berbagai tempat sudah cukup merata, namun masih terdapat dimana *epoxy* tidak terisi serat kenaf. Persebaran CaCO_3 juga sudah cukup merata namun demikian masih terdapat gumpalan CaCO_3 pada permukaan komposit. Hal ini bisa terjadi karena sifat dari CaCO_3 sendiri yang memiliki sifat *hygroscopic* atau mudah menyerap air. Citra SEM tersebut juga memperlihatkan banyaknya terjadi mikro *void* yang akan dapat mengakibatkan melemahnya nilai ketangguhan impak. Adanya *micro void* karena ada udara yang terjebak, hal ini dikarenakan keterbatasan alat maupun kurang optimalnya proses fabrikasi



Gambar 3.5. Struktur patahan komposit KEC400 mesh perbesaran 100x.

Dari hasil SEM pada Gambar 3.5 struktur patahan komposit hibrid antara kenaf/*epoxyresin*/ CaCO_3 400 mesh, dapat dilihat distribusi CaCO_3 pada beberapa bagian memiliki ikatan yang lemah dengan *epoxyresin* dan masih ada beberapa daerah yang belum terdapat distribusi CaCO_3 , namun demikian dapat dikatakan distribusi CaCO_3 sudah merata karena penyebaran CaCO_3 hampir mengisi seluruh bagian komposit. Selain itu, pada citra SEM tersebut masih terlihat adanya penggumpalan partikel CaCO_3 yang tidak tercampur merata pada *epoxyresin*, hal ini akan mengakibatkan melemahnya ketangguhan impak.

Penyebab terjadinya penggumpalan yaitu diakibatkan oleh kurang optimalnya proses *mixing* pada saat fabrikasi komposit serta perbedaan massa jenis antara CaCO_3 dan *epoxyresin*. Sedangkan ikatan yang lemah antara CaCO_3 dan *epoxyresin* ini akibat perbedaan sifat, yang menunjukkan bahwa CaCO_3 memiliki sifat *hygroscopic* atau mudah menyerap air, sedangkan *epoxyresin* memiliki sifat *hidrophobik*.

Persebaran serat kenaf yang terjadi sudah cukup merata dan pada beberapa daerah terlihat adanya ikatan yang kuat antara serat dan epoxy. Namun demikian, masih banyak terjadi celah kosong dimana *epoxyresin* tidak terisi serat kenaf, serta di beberapa bagian terjadi *debonding* dan *fiber pull out*, hal ini karena fraksi volume memiliki nilai yang sama pada ketiganya antara KEC 120 mesh, KEC 200, dan KEC 400 mesh.

Pada citra SEM diatas memiliki hasil positif yang dapat meningkatkan ketangguhan impak, dimana tidak ditemukan *micro void* pada struktur patahan KEC 400 mesh. Walaupun demikian, tidak menutup kemungkinan *micro void* masih ada namun dengan ukuran yang sangat kecil atau pada bagian lain sehingga tidak terlihat pada perbesaran 100x. Adanya *micro void* bisa terjadi dikarenakan keterbatasan alat maupun kurang optimalnya proses fabrikasi komposit sehingga menyebabkan terjadinya udara yang terjebak pada spesimen.

4. KESIMPULAN

Analisis penelitian memperlihatkan bahwa ukuran serbuk CaCO_3 meningkatkan sifat mekanis komposit hibrid serat kenaf/ CaCO_3 /epoxyresin. Data hasil pengujian ketangguhan impact menunjukkan komposit yang memiliki nilai tertinggi adalah komposit dengan variasi ukuran serbuk CaCO_3 400mesh, dengan nilai rata-rata ketangguhan impact sebesar $0,00415 \text{ J/mm}^2$, kemudian dilanjutkan dengan komposit serbuk CaCO_3 ukuran 200mesh dan 120 mesh dengan nilai 0.00378 J/mm^2 dan 0.00331 J/mm^2 .

Maka dapat disimpulkan bahwa peningkatan ketangguhan impact pada komposit hibrid KEC 400 mesh ini diakibatkan semakin kecil ukuran partikel, karena akan memberikan persebaran CaCO_3 yang lebih merata, sehingga dapat meminimalisir terjadinya celah kosong tanpa filler, debonding, fiber pull out. Selain itu, tidak terlihatnya micro void pada struktur patahan komposit hibrid KEC 400 mesh turut memberi pengaruh positif akan meningkatnya ketangguhan impact. Setiawan (2013) mengemukakan bahwa semakin kecil ukuran partikel penguat pada komposit, menyebabkan lebih banyaknya ikatan antarmuka antara matriks dan partikel, sehingga akan meningkatkan kekuatan mekanik suatu material.

5. DAFTAR PUSTAKA

Journal:

- [1] Abdullah G & Handoko G.W., 2000, "Aplikasi Komposit GFRP untuk Komponen Gerbong Kereta Api", INKA, Madiun
- [2] Abdullah G. & Handoko G.W., 2000, "Rekayasa Manufaktur Front End KRLI", Divisi Rekayasa Pengembangan Produk, Dept. Engineering, PT. INKA, Madiun.
- [3] Daulay S. A., Wirthama F., dan Halimatuddahlima. 2014. "Pengaruh Ukuran Partikel Dan Komposisi Terhadap Sifat Kekuatan Bentur Komposit Epoksi Berpengisi Serat Daun Nanas". *Jurnal Teknik Kimia USU*, Vol. 3, No. 3, pp.13-17.
- [4] Nuri S. H., Suwanda T., dan Diharjo K., 2006. Kajian Komprehensif Pengaruh Perlakuan Alkali Terhadap Kekuatan Komposit Berpenguat Serat Nanas-nanasan (Bromeliaceae). *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*. Vol. 9, No. 2, pp.199-207.
- [5] Chabert, E., M. Bornet, E. Bourgeat-Lami, J. Y. Cavaille, R. Dendievel, C. Gauthier, J. L. Putaux, and A. Zaoui, 2004, "Fillerfiller Interactions and Viscoelastic Behavior of Polymer Nanocomposites", *Materials Science and Engineering A*, pp.320-330.
- [6] Chen, N., C. Wan, Y. Zhang, and Y. Zhang, 2004, "Effect of Nano- CaCO_3 on Mechanical Properties of PVC and PVC/Blendex Blend". *Polymer Testing*. Pp.169-174.
- [7] Setiawan, A., Sevetlana, S., & Ibrahim, G, A., 2013, "Pengaruh Ukuran Butir Serbuk Fly Ash Terhadap Kekuatan Impact Bahan Komposit Bermatriks Epoxy", *Jurnal FEMA*, Vol.1, No.4, pp.53-56

Program Studi Teknik Mesin

Lembar Persetujuan Naskah Publikasi dan Abstrak Tugas Akhir (TA)

Judul TA:	<u>Pengaruh Ukuran Serbuk CaCO₃ Terhadap Sifat Mekanis Komposit Hibrid Kenaf/CaCO₃/Epoxyresin</u>
Judul Naskah Publikasi:	<u>Pengaruh Ukuran Serbuk CaCO₃ Terhadap Sifat Mekanis Komposit Hibrid Kenaf/CaCO₃/Epoxyresin</u>
Nama Mahasiswa:	<u>Cahyo Trisedyo Utomo</u>
NIM:	<u>20140130183</u>
Pembimbing 1:	<u>Dr. Ir. Harini Sosiati, M.Eng.</u>
Pembimbing 2:	<u>Cahyo Budiyanoro, ST., M.Sc.</u>

Hal yang dimintakan persetujuan *:

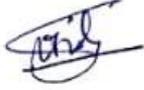
<input checked="" type="checkbox"/> Abstrak berbahasa Indonesia	<input checked="" type="checkbox"/> Naskah Publikasi	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/> Abstrak berbahasa Inggris	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

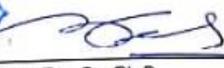
*beri tanda ✓ di kotak yang sesuai

Tanda Tangan 
 Nama Mahasiswa Cahyo TU Tanggal : 4-9-2018

Persetujuan Dosen Pembimbing dan Program Studi

Disetujui

 Tanggal 4-9-18
 Tanda Tangan Dr. Ir. Harini Sosiati, M.Eng. Tanggal

 Tanggal : 6 September 2018
 Tanda Tangan Bertli Paripurna Kaniel, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D Tanggal

Formulir persetujuan ini mohon diletakkan pada lampiran terakhir pada naskah TA.