

## PENGARUH FRAKSI VOLUME SERAT *CANTULA* TERHADAP KETANGGUHAN IMPAK KOMPOSIT *CANTULA*-HDPE DAUR ULANG SEBAGAI BAHAN *CORE* LANTAI RAMAH LINGKUNGAN

Achmad Nurhidayat<sup>1\*</sup> dan Wijoyo<sup>2</sup>

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Surakarta

Jl. Raya Palur Km. 5, Surakarta - 57772

\*E-mail: achkun@telkom.net & achkun72@yahoo.com

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki pengaruh fraksi volume terhadap sifat mekanik dan fisik komposit HDPE daur ulang (limbah)-cantula yaitu massa jenis dan ketangguhan impak. Material komposit terdiri atas serbuk HDPE limbah sebagai matrik dan serat cantula sebagai penguat. Variasi fraksi volume serbuk HDPE dari 10% hingga 90%. Spesimen dicetak dengan cetak tekan hot press pada tekanan 30 bar, temperatur 120 °C dan waktu sintering 10 menit. Sifat fisik dan mekanik komposit diketahui dengan melakukan uji massa jenis dan impak berturut-turut menurut ASTM D-1037 dan ASTM D-5941. Hasil penelitian komposit HDPE-cantula menunjukkan untuk fraksi volume serat cantula 10%-90% nilai massa jenis mengalami kenaikan rata-rata 10,86%, sehingga semakin tinggi fraksi volume HDPE limbah-cantula akan menaikkan nilai massa jenisnya. Ketangguhan impak mengalami peningkatan pada fraksi volume HDPE limbah 10% sampai dengan 40% dan kekuatan menurun pada fraksi volume serat HDPE limbah 50% sampai dengan 90%. Ketangguhan impak tertinggi terjadi pada fraksi volume serat cantula pada 40% sebesar 4996 J/m<sup>2</sup>.

**Kata kunci:** komposit, cantula-HDPE daur ulang, impak

### 1. PENDAHULUAN

Teknologi rekayasa material serta berkembangnya isu lingkungan hidup menuntut terobosan baru dalam menciptakan material yang berkualitas tinggi dan ramah lingkungan. Disamping ramah lingkungan komposit berpenguat serat alam mempunyai berbagai keunggulan diantaranya yaitu harga murah, mampu meredam suara, mempunyai massa jenis rendah, jumlahnya melimpah, ringan dan kemampuan mekanik tinggi (Raharjo 2002), seperti pada Gambar 1.

Penelitian Raharjo (2002) menyatakan serat *Agave Cantula Roxb* adalah salah satu jenis serat alam yang mempunyai kemampuan mekanik yang tinggi. Penggunaan serat alam sebagai penguat komposit salah satunya untuk produk papan (*panel*). Produk papan partikel dari serat Abaka dan Sisal masih memiliki kelemahan yaitu sifat pengembangan tebal yang masih tinggi (Sukanto 2008; Maloney 1993; Syamani *et al.* 2006). Pemilihan kombinasi material serat dan matriks yang tepat dapat mewujudkan material komposit dengan sifat mekanis yang lebih baik (Hygreen dan Bowyer 1996; Dumanaw 1990; Han 1990).



Gambar 1. Tanaman *Agave Cantula Roxb* dan seratnya

*High-density polyethylene* (HDPE) merupakan salah satu komoditas *thermoplastic* yang 100% dapat didaur ulang serta mampu berfungsi baik sebagai matrik komposit karena memiliki

modulus Young's dan kekuatan tarik tinggi tetapi lebih rendah regangan patah, kekerasan, dan kekuatan impaknya jika dipadukan dengan *low-density polyethylene* (LDPE) atau *linear low-density polyethylene* (LLDPE) (Gnauck and Frundt 1991), seperti Gambar 2.



**Gambar 2. Botol plastik HDPE dan serbuk HDPE**

Ketersediaan serat cantula dan sampah plastik HDPE masih berlimpah namun penggunaan masih terbatas menjadi permasalahan utama dalam penelitian ini. Pemanfaatan limbah plastik HDPE (daur ulang) untuk dijadikan serbuk dengan penguat serat *cantula*, diharapkan menjadi solusi produk bahan bangunan (penutup lantai). Penelitian untuk mengetahui pengaruh fraksi volume serat *cantula* terhadap ketangguhan impact komposit *cantula*-HDPE daur ulang sebagai bahan *core* perlu dilakukan, sehingga dapat mewujudkan material panel/penutup lantai ramah lingkungan.

Komposit adalah struktur material yang terdiri dari dua kombinasi bahan atau lebih yang dibentuk pada skala makroskopik dan menyatu secara fisika (Kaw 1997). Schwartz (1984) mendefinisikan komposit sebagai sistem material yang terdiri dari gabungan dua atau lebih unsur pokok yang berbeda bentuk atau komposisi yang tidak dapat dipisahkan satu sama lain. Komposit dapat dibagi lima berdasarkan konstituennya yaitu (Schwartz 1984) yaitu komposit serat yang terdiri dari serat dengan atau tanpa matrik, komposit *flake* yang terdiri dari *flake* dengan atau tanpa matrik, komposit partikel yang terdiri dari partikel dengan atau tanpa matrik, komposit rangka (komposit terisi) yang terdiri dari matrik rangka yang terisi dengan bahan kedua dan komposit *laminata* yang terdiri dari lapisan atau lamina.

Matrik harus memiliki kecocokan yang baik dengan serat. Beberapa jenis matrik polimer yang sering digunakan ialah matrik *thermoset* (*polyester*, *epoxy*, *phenolics*, dan *polyamids*) dan matrik polimer (*polyethylene*, *polypropylene*, nilon, *polycarbonate* dan *polyether-ether keton*) (Moncrief 1975). Mazumdar (2002) menjelaskan fungsi penting matriks dalam komposit yaitu mengikat serat menjadi satu dan mentransfer beban ke serat, mengisolasi serat sehingga serat tunggal dapat berlaku terpisah, memberikan suatu permukaan yang baik pada kualitas akhir komposit dan menyokong produksi bagian yang berbentuk benang-benang, memberikan perlindungan untuk memperkuat serat terhadap serangan kimia dan kerusakan mekanik karena pemakaian. Fraksi volume terbaik yang digunakan untuk membuat komposit dengan HDPE adalah 20%-40% (Asshiddiqi 2011; Oza 2010).

Proses pembuatan komposit dapat dilakukan dengan berbagai cara, salah satunya adalah dengan proses *pressured sintering*. Penelitian tentang komposit HDPE-sampah organik dengan variasi suhu *sintering* HDPE menghasilkan bahwa peningkatan suhu *sintering* dari suhu 105 °C sampai 127 °C akan menaikkan kekuatan *bending* sebesar 171,6% dan menyebabkan nilai resapan air komposit HDPE-sampah organik turun sebesar 84,23%. Penambahan waktu *sintering* dari 10 hingga 25 menit akan meningkatkan kekuatan mekanik komposit HDPE-ban bekas (Riyanto 2011; Tutuko 2007). Parameter yang digunakan untuk mengendalikan proses *sintering* adalah laju pemanasan, suhu, dan waktu *sintering* (Sugondo 2000). Kekuatan *impact* yang dihasilkan dengan menggunakan metode *pressured sintering* pada suhu 120 °C selama 5 menit sebesar 25002,13 J/m<sup>2</sup>, sedangkan penelitian dengan metode *sintering* konvensional pada suhu 150 °C dihasilkan kekuatan *impact* sebesar 24346,87 J/m<sup>2</sup> (Sukanto 2008).

Serat secara umum terdiri dari dua jenis yaitu serat alam dan serat sintesis. Serat sintesis mempunyai beberapa kelebihan yaitu sifat dan ukurannya yang relatif seragam, kekuatan serat dapat diupayakan sama sepanjang serat. Serat sintesis yang telah banyak digunakan antara lain serat gelas, serat karbon, *kevlar*, *nylon* dan lain-lain (Schwartz 1984). Penggunaan bahan komposit serat efisien dalam menerima beban dan gaya apabila dibebani serat searah, sebaliknya sangat lemah jika

dibebani dalam arah tegak lurus serat (Hadi 2000). Faktor yang mempengaruhi variasi panjang serat *chopped fiber composites* adalah *critical length* (panjang kritis) yaitu panjang serat minimum pada diameter serat yang dibutuhkan terhadap tegangan, untuk mencapai tegangan saat patah yang tinggi (Schwartz 1984).

Tegangan geser antara matrik dan serat (*Interfacial Shear Stress*), dihitung dari besarnya beban yang digunakan untuk memutuskan atau mencabut serat dari matrik. Besar IFSS setiap serat akan berbeda tergantung pada kekuatan serat. Komposit PP-*heneguin fiber* (*Agave fourcroydes*) dengan serat yang dipotong panjang 10 mm dan diberikan perlakuan rendaman air dengan NaOH 6 wt% selama 60 menit menghasilkan IFSS yang tinggi yaitu 9,47 Mpa. Sedangkan serat tanpa perlakuan menghasilkan IFSS 4,05 Mpa (Lee 2008). Perlakuan serat akan memberikan perubahan sifat pada komposit. Komposit Polyester 157 BQTN-serat rami dengan diberi perlakuan NaOH 5% selama 2 jam, memiliki kekuatan tarik komposit menjadi lebih tinggi. Perlakuan NaOH yang lebih lama dapat menyebabkan kerusakan pada unsur selulosa. Serat yang dikenai perlakuan alkali terlalu lama, dapat menyebabkan mengalami degradasi kekuatan yang signifikan yaitu memiliki kekuatan yang lebih rendah (Diharjo K. 2006).

Komposit serat kenaf dengan fraksi volume 30% menggunakan matrik *polyester resin* akan menghasilkan kekuatan lentur paling tinggi dibanding menggunakan resin *epoxy* dan resin *ester vinyl* (Rasman 2010). Jenis resin berpengaruh pada sifat mekanik komposit, komposit serat cantula dengan matrik resin *epoxy* menghasilkan kekuatan tarik lebih tinggi. Sedangkan komposit serat cantula dengan matrik resin BQTN EX menghasilkan kekuatan bending tertinggi (Ariawan 2006). Serat *cantula* merupakan serat alam sebagai hasil dari ekstraksi daun tanaman *agave cantula roxb* yang termasuk dalam keluarga *Agavaceae* (Maruto 2008). Raharjo (2003), menyatakan perlakuan pemanasan temperatur 110 °C selama 45 menit terhadap serat cantula, menghasilkan kekuatan tarik tertinggi sebesar 346,7 Mpa.

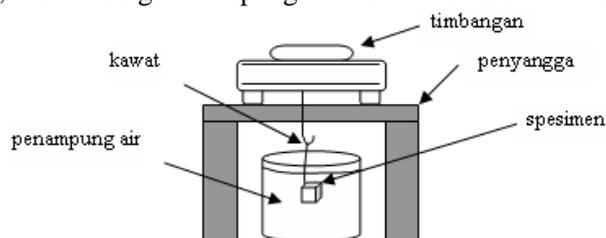
Plastik HDPE termasuk dalam kategori *thermoplastik*, karena memiliki ikatan antar molekul yang linier, sehingga dapat mengalami pelunakan atau perubahan bentuk, dengan kata lain meleleh jika dikenai panas. Proses pembuatan *polymer* ini disebut polimerisasi, yang melibatkan energi panas dan katalisator untuk memisahkan ikatan dalam suatu molekul agar dapat terjadi ikatan dengan molekul-molekul lain yang sejenis (Billmeyer 1994). Sifat-sifat plastik HDPE secara umum adalah tahan terhadap zat kimia (minyak, deterjen), ketahanan *impact* cukup baik, memiliki ketahanan terhadap suhu dan plastik HDPE stabil terhadap oksidasi udara (Corneliusse 2002). HDPE juga lebih keras dan bisa bertahan pada suhu tinggi ( $T_m = 130\text{ }^\circ\text{C}$ ) (Wang, M.W. 2009). Sifat-sifat plastik HDPE secara umum adalah tahan terhadap zat kimia (minyak, deterjen), ketahanan impak cukup baik, kuat, fleksibel dan tembus pandang. Bentuk umum yang ditemui yaitu botol minuman, botol oli, botol sampo, botol kosmetik dan lain-lain. Karakter HDPE (Corneliusse 2002) dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 1. Karakter HDPE**

Properties	Value
Massa jenis (gram/cm <sup>3</sup> )	0,952
<i>Tensile strength</i> (MPa)	33,10
<i>Compression strength</i> (MPa)	24,82
<i>Flexural strength</i> (MPa)	39,99
<i>Melting point</i> (°C)	130
<i>Izod Impact</i> (J/m <sup>2</sup> )	21,351
<i>Water absorption</i> (%)	0,01

Pengujian yang dilakukan terhadap spesimen adalah pengujian fisik dan pengujian mekanik. Pengujian fisik dengan melakukan uji densitas, seperti pada Gambar 3, sedangkan pengujian

mekanik dengan melakukan pengujian *impak*. Densitas/kepadatan merupakan suatu indikator penting suatu komposit, karena sangat mempengaruhi sifat dari material komposit.



**Gambar 3. Skema uji densitas**

Uji densitas komposit ini dilakukan dengan mengacu pada standar ASTM D-1037, dimana berat jenis diperoleh berdasar persamaan sebagai berikut :

$$\text{Densitas (Kg/m}^3\text{)} = \frac{\text{massa}}{\text{volume}}$$

Kekuatan *impact* diketahui dengan terlebih dahulu dihitung energi yang diserap oleh benda ( $W$ ), yaitu selisih energi potensial pendulum sebelum dan sesudah mengenai benda. Rumus perhitungan kekuatan *impact izod* untuk material plastik mengacu pada ASTM D-5941.

$$W = [ w \cdot R \cdot (\cos \beta - \cos \alpha) ]$$

dimana:

$w$  = berat pendulum (N)

$$= m \cdot g$$

$R$  = jarak dari pusat rotasi pendulum ke pusat massa (m)

$\beta$  = sudut pantul lengan ayun;  $\alpha$  = sudut naik awal lengan ayun

Kondisi pendulum diayunkan bebas (tanpa mengenai benda uji) sudut pantul lengan ayun lebih kecil daripada sudut naiknya berarti terdapat gesekan, maka nilai  $W$  dikurangi dengan energi gesekan ( $W_{\text{gesek}}$ ).

Persamaan untuk menghitung energi total yang diserap oleh benda ( $W$ ) adalah:

$$W = W_{\text{spesimen}} - W_{\text{gesek}}$$

$$W = w \cdot R \cdot (\cos \beta - \cos \beta')$$

dimana:

$\beta'$  = sudut pantul lengan ayun tanpa mengenai benda.

Perhitungan nilai kekuatan *impact* benda uji adalah sebagai berikut:

$$a_{iU} = \frac{W}{h \times b} \times 10^3 \left( \frac{J}{m^2} \right)$$

dimana:

$h$  = ketebalan benda uji (m);  $b$  = lebar benda uji (m)

## 2. METODOLOGI

Tahap pembuatan dan menyiapkan bahan spesimen.

Penyiapan bahan HDPE limbah menggunakan jenis limbah botol kosmetik yang dipotong-potong  $\pm 10$  mm (Lee, dkk. 2008). Terlebih dahulu dicuci dengan air hingga bersih, lalu dikeringkan dibawah sinar matahari. HDPE yang sudah kering kemudian digiling dengan menggunakan mesin *chruser* dan hasilnya diayak, dengan ayakan manual mesh 40-60.

Penyiapan serat cantula dengan mencuci dan mengeringkan dibawah sinar matahari. Selanjutnya dioven pada temperatur 110 °C selama 45 menit untuk menyisakan kadar air serat 4% (Raharjo 2002), kemudian dipotong-potong panjang 10 mm.

Tahap proses pembuatan komposit.

Bahan terdiri dari serbuk HDPE dan serat cantula dengan perbandingan  $V_f$  serat 10% hingga 90%, dicampur menggunakan *mixer* dengan putaran 250 rpm selama 60 menit. Saat pencampuran ditambahkan isopropil alkohol (Wang, dkk. 2009), sebesar 0,5 wt%. Serbuk HDPE

dan serat cantula yang telah bercampur, selanjutnya dioven selama 10 menit dengan temperatur 60 °C (Wang, dkk. 2009). Proses berikutnya dicetak dalam mesin *hot press* pada tekanan 30 bar, temperatur 120 °C dan variasi rasio fraksi volume awal hingga akhir selama 10 menit. Titik cair limbah HDPE 130 °C (Corneliusse 2002).

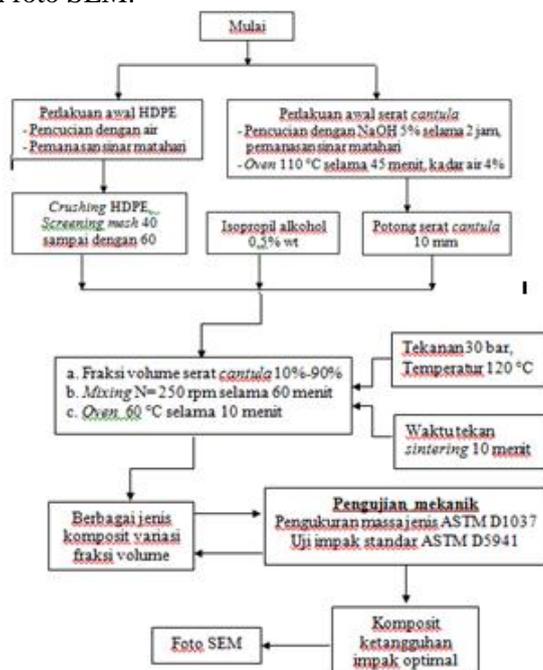
Tahap proses pengujian.

1. Pengukuran massa jenis (ASTM D-1037)

Pengukuran massa jenis digunakan untuk memprediksikan sifat mekanik komposit, dengan mengacu pada ASTM D-1037. Dimensi spesimen panjang 76 mm, lebar 38 mm dan tebal 7 mm.

2. Pengujian impak (ASTM D-5941)

Pengujian impak standar untuk mengetahui ketangguhan material plastik adalah dengan memakai ASTM D-5941. Dimensi spesimen berbentuk persegi panjang dengan ukuran panjang  $80 \pm 0,2$  mm, lebar  $10 \pm 0,2$  mm dan tebal  $4,0 \pm 0,2$  mm. Hasil pengujian komposit terbaik dilakukan pengambilan foto SEM.



Gambar 4. Diagram alir penelitian

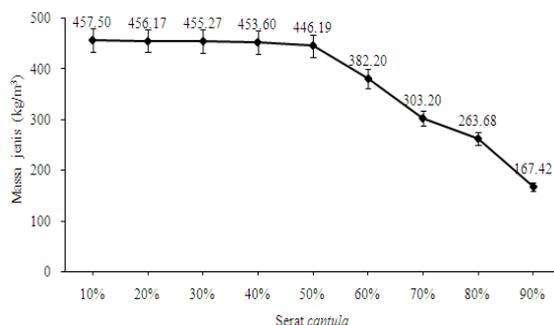
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh fraksi volume serat 10% sampai dengan 90% menunjukkan adanya perbedaan komposisi struktur komposit HDPE-cantula. Fraksi volume serat semakin sedikit mempengaruhi peningkatan partikel HDPE dan sebagai matrik bertambah optimal mengikat serat tetapi kekuatan terhadap komposit semakin menurun atau kebalikannya. Partikel HDPE yang dominan akan mampu mengikat komposit secara optimal karena jumlah serat sedikit (Gnauck 1991). Jumlah serat semakin sedikit menimbulkan potensi menurunnya kekuatan komposit. Fenomena tersebut disebabkan semakin sedikit fraksi volume serat akan meningkatkan rongga atau pori-pori pada komposit. Semakin meningkat jumlah rongga yang dihasilkan maka kekuatan komposit akan semakin menurun (Oza 2010).

3.1. Pengukuran Massa Jenis Komposit Serat Cantula-HDPE Daur Ulang

Gambar 5 tersebut menunjukkan adanya pengaruh fraksi volume komposit HDPE-cantula terhadap massa jenis spesimen dengan metode *pressured sintering*. Partikel HDPE sebagai matrik mampu mengikat serat sesuai fraksi volumenya. Nilai massa jenis merupakan perbandingan massa dan volume sehingga pada spesimen yang mempunyai massa relatif sama tetapi dengan volume lebih kecil akan menghasilkan nilai massa jenis lebih tinggi (Asshiddiqi 2011). Pengukuran pengaruh fraksi volume serat 10%-50% nilai massa jenis mengalami penurunan kecil yaitu rata-rata 0,62%, terhadap fraksi volume serat 50%-90% nilai massa jenis mengalami penurunan cukup tajam

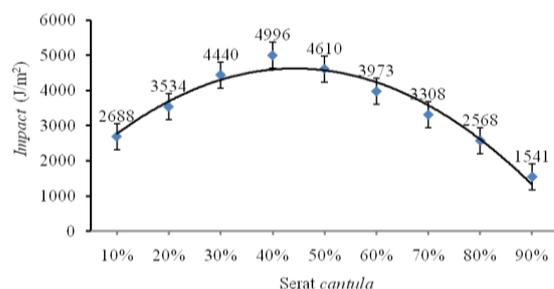
dengan rata-rata 21,11% sedangkan nilai massa jenis pada fraksi volume serat 10%-90% mengalami penurunan rata-rata 10,86%. Massa jenis tertinggi dimiliki oleh fraksi volume serat 10% sebesar 457,50 kg/m<sup>3</sup> dan yang terendah pada fraksi volume serat 90% sebesar 167,42 kg/m<sup>3</sup>. Semakin tinggi fraksi volume serat komposit HDPE-*cantula* akan menurunkan nilai massa jenis komposit.



Gambar 5. Grafik massa jenis terhadap fraksi volume komposit HDPE-*cantula*

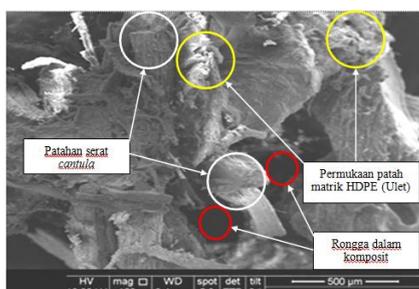
### 3.2. Pengaruh Fraksi Volume Serat *Cantula* terhadap Kekuatan Impak

Kekuatan impak komposit HDPE-*cantula* pada fraksi volume serat 10% sampai dengan 40% mengalami peningkatan rata-rata sebesar 23,2%. Nilai kekuatan impak tertinggi dialami pada fraksi volume serat 40% yaitu sebesar 4996 J/m<sup>2</sup>. Pada komposit HDPE-*cantula* fraksi volume serat 40% sampai dengan 90% mengalami penurunan nilai kekuatan impak rata-rata sebesar 20,48%. Nilai kekuatan impak paling rendah pada fraksi volume serat *cantula* 90% sebesar 1541 J/m<sup>2</sup>, seperti Gambar 6.

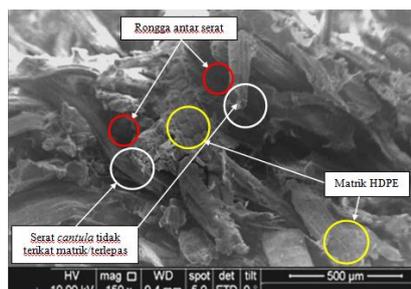


Gambar 6. Grafik hubungan kekuatan impak terhadap fraksi volume komposit HDPE-*cantula*

Pada fraksi volume serat *cantula* 40% jumlah serbuk HDPE limbah lebih dominan dan mampu mengikat serat *cantula* secara optimal sehingga sangat sedikit rongga/ruang kosong pada komposit. Berkurangnya jumlah rongga yang dihasilkan akan semakin meningkatkan kekuatan impak komposit (Oza 2010). Jumlah rongga pada komposit HDPE-*cantula* sedikit akan semakin mengurangi peluang terjadinya permukaan patah yang dapat menimbulkan potensi berkembang menjadi perpatahan mendadak/getas. Berkurangnya peluang terjadinya perpatahan mendadak terhadap komposit HDPE-*cantula* menghasilkan kekuatan impak tinggi.



Gambar 7. Permukaan patah uji impak fraksi volume serat 40%



Gambar 8. Permukaan patah uji impak fraksi volume serat 60%

Pada Gambar 7 (foto SEM) terlihat bahwa fraksi volume serat *cantula* 40% jumlah serbuk HDPE limbah lebih dominan dan mampu mengikat serat *cantula* secara optimal sehingga sangat sedikit rongga/ruang kosong pada komposit. Berkurangnya jumlah rongga yang dihasilkan akan semakin meningkatkan kekuatan impact komposit (Oza 2010). Jumlah rongga pada komposit HDPE-*cantula* sedikit akan semakin mengurangi peluang terjadinya permukaan patah yang dapat menimbulkan potensi berkembang menjadi perpatahan mendadak/getas. Berkurangnya peluang terjadinya perpatahan mendadak terhadap komposit HDPE-*cantula* menghasilkan kekuatan impact tinggi. Matrik mempunyai kekuatan impact lebih tinggi dibanding serat. Naiknya nilai kekuatan impact disebabkan bertambahnya jumlah matrik HDPE dalam komposit HDPE-*cantula*. Sedangkan pada Gambar 8 menunjukkan permukaan patah uji impact komposit HDPE-*cantula* fraksi volume serat 60% dimana morfologi serat *cantula* tidak terikat matrik HDPE. Fraksi volume serat yang semakin tinggi/dominan meningkatkan timbulnya rongga pada lamina. Rongga yang terjadi akan berpengaruh terhadap menurunnya kekuatan impact pada komposit (Oza 2010). Pada waktu komposit HDPE-*cantula* dikenai beban impact, maka bagian yang berongga menjadi tempat konsentrasi tegangan titik inisiasi/awal retak, sehingga kekuatan impactnya menjadi kecil.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa nilai massa jenis komposit HDPE limbah-*cantula* untuk fraksi volume serat *cantula* 10%-90% mengalami kenaikan rata-rata 10,86%, sehingga semakin tinggi fraksi volume HDPE limbah-*cantula* akan menaikkan nilai massa jenisnya. Sedangkan terhadap kekuatan impact, terjadi peningkatan ketangguhan 23,2% terjadi pada fraksi volume serat *cantula* 10% sampai dengan 40% dan mengalami penurunan sebesar 20,48% pada fraksi volume serat *cantula* 40% sampai dengan 90%.

#### DAFTAR PUSTAKA

- ASTM D1037-99, *Standart Test Methods for Evaluation Properties of Wood-Base Fiber and Particle Panel Materials*.
- ASTM D5941-96, *Standart Test Method for Determining the Izod Impact Strength of Plastics*.
- Ariawan, D., 2006, *Pengaruh Modifikasi Serat Terhadap Karakteristik Komposit UPRs-Cantula*, Jurnal Teknik Mesin Poros, Universitas Sebelas Maret, Vol. 9, No.3, hal. 200-206.
- Asshiddiqi, M.F., 2011, *Pengaruh Variasi Fraksi Volume HDPE terhadap Karakteristik Komposit Berpori Berbahan Dasar HDPE-Sampah Organik*, Skripsi Universitas Sebelas Maret, Surakarta, hal. 26-31.
- Banea M.D., and Silva D.M.F.L., 2009, *Adhesively Bonded Joints in Composite Materials: An Overview*, Journal of Materials Design and Applications, Instituto de Engenharia Mecânica (IDMEC), Porto, Portugal, Vol. 223 Part L., pp. 1-15.
- Billmeyer, F., 1994. *Text Book of Polymer Science*, John Wiley and Sons (SEA), pp. 270-271.
- Corneliusse, R.D., 2002, *Property High Density Polyethylene*, Modern Plastic Encyclopedia 99, p. 198.
- Diharjo, K., 2006, *Kajian Pengaruh Teknik Pembuatan Lubang terhadap Kekuatan Tarik Komposit Hibrid Serat Gelas dan Serat Karung Plastik*, TEKNOIN, Vol. 11, No.1, hal. 55-64.
- Dumanauw, J.F., 1990, *Mengenal Kayu*, Kanisius, Yogyakarta, hal.72.
- Glen A., 2009, *Adhesives and Adhesion*, CHEM NZ, No.71, pp. 17-27.
- Gnauck, B., and Frundt, P., 1991, *Properties Hight Density Polyethylene*, Modern Plastic Encyclopedia 99, p.198.
- Hadi, K.B., 2000, *Mekanika Struktur Komposit*, Direktorat Pembinaan Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan Nasional, Jakarta, hal. 29-30.
- Han, C.M., 1990, *Testing the Role of Country Image in Consumer Choice Behaviour*, European Journal of Marketing, No.24, pp. 24-40.
- Harper, C., 1975, *Handbook of Plastics and Elastomers*, McGraw-Hill Inc., pp. 1-69 and 95-96.
- Haygreen, J. G. dan Jim L., 1996, *Hasil Hutan dan Ilmu Kayu*, Suatu Pengantar terjemahan Sutjipto A.H. dan Soenardi P., Gadjah Mada University Press, Yogyakarta, hal. 99-102.
- Kaw, A.K., 1997, *Mechanics of Composite Material*, CRC. Press, New York, pp. 15.

- Lee, B.J., 2004, *Rice-husk Flour Filled Polypropylene Composites*, Mechanical and Morphological Study, Composite Structures, Vol. 63, pp. 305-312.
- Maloney, T.M., 1993, *Modern Particleboard and Dry Process Fiberboard Manufacturing*. Miller Freeman Inc, New York, p.43.
- Maruto, 2008, Pengaruh Variasi Struktur Anyaman Serat Cantula 3D terhadap Karakteristik Mekanik Komposit UPRs, Skripsi Universitas Sebelas Maret, Surakarta, hal. 30-33.
- Mazumdar, S.K., 2002, *Composites Manufacturing Materials, Product, and Process Engineering*, CRC. Press LLC., p. 37.
- Moncrief. R.W., 1975, *Manufacture of Polyesters and Properties, Man Made Fiber*, Newness Butterworth & Co. Ltd. London, 6<sup>th</sup>.Ed., p. 434.
- Okliviana, 2007, *Lantai Tempat Berpijak Chapter II*, Diktat Kuliah, Universitas Sumatera Utara, hal. 40-43.
- Oza, S., 2010, *Thermal and Mechanical Properties of Recycled High Density Polyethylene/hemp Fiber Composites*, University City Blvd Charlotte, NC, 28223, USA., pp. 31-36.
- Raharjo, W.W., 2002, *Pengaruh Waktu Perendaman pada Sifat Mekanik Komposit Unsaturated Polyester yang Diperkuat Serat Cantula*, Simposium Nasional I RAPI, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Raharjo. W.W., 2003, *Pengaruh Kadar Air pada Sifat Mekanik Serat Cantula*, Gema Teknik Volume 2/TahunVI.
- Rasman, S., 2010, *Mechanical And Water Absorbtion Properties of Resin Transfer Moulded Kenaf Fibre Reinforced Composites*, A Dissertation Submitted To The Faculty of Engineering And The Built Environment, Desertasi, University of the Witwatersrand, Johannesburg. p. 87.
- Riyanto, D., 2011, *Pengaruh Variasi Suhu Sintering terhadap Densitas, Water Absorption dan Kekuatan Bending Komposit Sampah Organik-HDPE*, Skripsi Universitas Sebelas Maret, Surakarta, hal. 36.
- Schwartz, 1984, *Composite Materials Handbook*, New York: McGraw Hill Inc.
- Shackelford, 1992, *Introduction to Materials Science for Engineer*, Third Edition, macMillan Publishing Company, New York, USA
- Sukanto, H., 2008, *Sifat Komposit Plastik-Karet Hasil Pressured Sintering dengan Variasi Ukuran Partikel Plastik*, Seminar Nasional Aplikasi Sains dan Teknologi 2008 – IST AKPRIND, hal. 6-10.
- Sugondo, 2000, *Analisis Pemasatan, Pengkerutan, dan Pertumbuhan Butir Sintering UO<sub>2</sub>*. URANIA No. 21-22/Thn.VI., hal. 45-48.
- Surdia, T., Saito, S., 1985, *Pengetahuan Bahan Teknik*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Syamani, F.A., Prasetyo K.W., Budiman I., Subyakto, dan Subiyanto B., 2008, *Sifat Fisis Mekanis Papan Partikel dari Serat Sisal atau Serat Abaka setelah Perlakuan Uap*, IPB, Bogor, jurnal Tropical Wood Science and Technology Vol. 6, No. 2, hal. 56-62.
- Steeves, C.A., Fleck, N.A., 2009, *Collapse Mechanisms of Sandwich Beams with Composite Faces and a Foam Core, Loaded in 3PB*. Part II: Experimental investigation and numerical modeling. Int. J. Mech. Sci. 46, pp. 585–608.
- Tutuko, S., 2007, *Kajian Eksperimental Pengaruh Waktu Sintering terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Material Komposit Plastik-Karet Berbahan Dasar Limbah Plastik HDPE dan Ban Bekas*, Skripsi Universitas Sebelas Maret, Surakarta, hal. 32.
- Wang, M.W., Tze-Chi H., and Jie-Ren Z., 2009, *Sintering Process and Mechanical Property of MWCNTs/HDPE Bulk Composite*, Department of Mechanical Engineering, Oriental Institute of Technology, Pan-Chiao, Taipei Hsien, Taiwan, pp. 821-826.