

**PENGARUH FRAKSI VOLUME
PADA PEMBUATAN KOMPOSIT HDPE LIMBAH-CANTULA
DAN BERBAGAI JENIS PEREKAT DALAM PEMBUATAN LAMINATE**

**Achmad Nurhidayat¹, Prof. Dra. Neng Sri Suharty, M.Sc., Ph.D.²,
Didik Djoko Susilo, S.T., M.T.³**

¹Mahasiswa S2 - Jurusan Teknik Mesin - Fakultas Teknik UNS

²Sfak Pengajar - Jurusan Teknik Mesin - Fakultas Teknik UNS

³Sfak Pengajar - Jurusan Teknik Mesin - Fakultas Teknik UNS

Jl. Ir. Sutami 36A Kientingan Surakarta 57126

E-mail: achkun@telkom.net atau achkun72@yahoo.com

ABSTRACT

This study aimed to investigate the effect of volume fraction on the mechanical and physical properties of waste HDPE composite-cantula. They were density, bending strength, impact strength, and optimal type of adhesive laminate (laminate composite).

The composite materials contained of waste HDPE powder that served as matrix and cantula fibers as reinforcement. Variation in the volume fraction of HDPE powder ranged from 10% to 90%. The specimen were moulded by hot press printing at the pressure of 30 bars, temperature of 120°C and time of sintering of 10 minutes. Physical and mechanical properties of composites were identified by conducting the impact, and shear tests according ASTM D-6272, ASTM D-5941 and ASTM D-1037 respectively.

The research result showed that the higher amount of cantula fiber volume fraction would reduced composite density. Volume fraction of waste at 10% to 90% would reduced composite density on average 10.86%. The highest density found at the 10% of fiber volume fraction amounting to 457.50 kg/m³ and the lowest at the 90% of fiber volume fraction amounting to 167.42 kg/m³. The bending stress and impact strength increase 10% to 40% on the volume fraction of HDPE waste and decrease 50% to 90% on fiber volume fraction of HDPE waste. The bending and impact strength were possessed by the volume fraction of cantula fiber at 40%, both 31.02 MPa and 4996 J/m². The highest shear strength of laminate was owned by the epoxy adhesive amounting to 4.09 MPa.

Keywords : cantula fiber, waste HDPE, laminate, adhesive types

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).

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). *High-density polyethylene 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).

Banyaknya penelitian pepaduan serat alam cantula dan HDPE menjadi papan (*panel*) salah satu contoh perkembangan material komposit. Salah satunya dengan menggabungkan dua lapisan atau lebih dengan perekat (*adhesive*). Perekat merupakan salah satu solusi praktis, terhadap perekatan komposit *sandwich* antar laminat satu dengan lainnya, dengan maksud estetika serta kerapian. Perekat lamina jenis epoksi lebih baik dibandingkan *polyester* serta *chloroprene* (Yusep P., 2005; Sugiyanto, 2012).

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 pada pembuatan komposit HDPE limbah-*cantula* dan berbagai jenis perekat dalam pembuatan *laminat* perlu dilakukan, sehingga dapat mewujudkan material panel/penutup lantai ramah lingkungan.

TINJAUAN PUSTAKA

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 *laminat* 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% (Asshididiqi 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/m², sedangkan penelitian dengan metode *sintering* konvensional pada suhu 150 °C

dihasilkan kekuatan *impact* sebesar 24346,87 J/m² (Sukanto 2008).

Komposit Serat

Serat secara umum terdiri dari dua jenis yaitu serat alam dan serat sintetis. Serat sintetis mempunyai beberapa kelebihan yaitu sifat dan ukurannya yang relatif seragam, kekuatan serat dapat diupayakan sama sepanjang serat. Serat sintetis 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

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.

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 ³)	0,952
Tensile strength (MPa)	33,10
Compression strength (MPa)	24,82
Flexural strength (MPa)	39,99
Melting point (°C)	130
Izod Impact (J/m ²)	21,351
Water absorption (%)	0,01

Perekat (*adhesive*)

Perekat berfungsi mengikat laminat dengan lamina atau *laminat* dengan pengisi (*core*). Kekuatan tarik perekat harus lebih tinggi dari pada kekuatan tarik *core*. Hal ini dimaksudkan agar antara *skin* dan *core* sulit terjadi delaminasi.

Steeves, C.A., Fleck, (2009) mengatakan bahwa komposit serat gelas merupakan gabungan dua lembar lamina (*skin*) yang disusun pada dua sisi material pengisi (*core*) serta perekat. Fungsi utama lamina pada struktur serat gelas adalah menahan beban aksial dan *bending*.

Sifat Fisik dan Mekanik Komposit

Pengujian yang dilakukan terhadap spesimen adalah pengujian mekanik dan pengujian fisik. Pengujian mekanik yang dilakukan adalah pengujian *bending*, pengujian *impact* dan pengujian geser tekan sedangkan pengujian fisik yang dilakukan adalah uji massa jenis.

Prinsip pengujian *bending* yang dilakukan menggunakan metoda *four point bending* standard ASTM D 6272. Pada perhitungan kekuatan *bending* ini, digunakan persamaan:

$$\sigma = \frac{3PL}{4bd^2}$$

dimana :

σ = Tegangan *bending* (MPa)

F = Beban/load (N)

L = Panjang Span/*support span* (mm)

b = Lebar/*width* (mm)

d = Tebal/*depth* (mm)

Sedangkan untuk mencari modulus elastisitas *bending* menggunakan rumus :

$$E = \frac{11FL^3}{32bh^3\delta}$$

dim

ana :

E = Modulus elastisitas *bending* (MPa)

F = Beban/load (N)

L = Panjang span/*support span* (mm)

b = Lebar/*width* (mm)

d = Tebal/*depth* (mm)

δ = Defleksi (mm)

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)

β = sudut pantul lengan ayun; α = 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_{gesek}).

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

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

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

dimana:

β' = sudut pantul lengan ayun tanpa mengenai benda

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

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

dimana:

h = ketebalan benda uji (m);

b = lebar benda uji (m)

Pengujian geser tekan mengacu pada standar uji ASTM 1037. Perhitungan untuk

menentukan tegangan geser maksimum adalah:

$$\tau = \frac{P}{\sqrt{2} \cdot A}$$

Dimana:

τ = tegangan geser maksimum, (Pa)

P = beban maksimum, (N)

A = luas penampang spesimen, (mm²)

Hipotesa peneliti bahwa rasio fraksi volume komposit serat terbaik 20%-40% dengan pembuatan menggunakan *hot press* metode *pressured sintering* pada suhu 105 °C sampai 127 °C selama 10 hingga 25 menit dan tekanan 30 bar akan meningkatkan tegangan bending dan kekuatan komposit. Tegangan geser perekat terbaik untuk pembuatan *laminat* komposit adalah perekat epoksi yang dilakukan perekatan pada suhu 32 °C selama 24 jam dengan tebal perekat 0,25 mm.

METODOLOGI

A. Tahap Pembuatan Spesimen.

Spesimen benda uji dibuat dengan tahapan sebagai berikut :

1. Penyiapan bahan HDPE.

Limbah HDPE menggunakan jenis limbah botol kosmetik yang dipotong-potong ± 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.

2. Penyiapan serat cantula.

Serat cantula dicuci dan dikeringkan 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.

3. 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). Spesimen komposit dicetak sesuai ukuran massa jenis standar ASTM D 1037, diuji bending standar ASTM D 6272, diuji impak standar ASTM D 5941 dan tarik geser D 1037. Hasil pengujian lamina yang paling baik digabungkan dengan lamina lain dengan variasi jenis perekat sehingga membentuk lapisan *laminat*.

4. Proses pembuatan *laminat*

Bahan terdiri komposit *lamina* yang paling baik dari hasil pengujian serta jenis perekat epoksi, perekat *polyester* dan perekat *chloroprene*. Pembuatan *laminat* dengan melakukan perekatan antar komposit *lamina* pada suhu 32 °C selama 24 jam dengan tebal perekat 0,25 mm dan tekanan kempa 9,8 bar.

B. Tahap Pengujian.

1. Pengujian kekuatan lentur (ASTM D-6272)

2. Pengujian kekuatan impak (ASTM D-5941)

3. Pengujian tekan geser (ASTM D-1037)

Variasi jenis perekat yang digunakan pada laminasi antar lapisan komposit ini ada tiga yaitu perekat *epoxy*, perekat *chloroprene*, perekat *polyester*. Dari ketiga jenis *adhesive* tersebut untuk mencari jenis perekat yang mempunyai kekuatan laminasi yang paling kuat atau baik. Pelaksanaan laminasi variasi jenis perekat memakai tebal perekat 0,25 mm (diukur memakai *fuller*) dengan tekanan kempa 9,8 bar. Perbandingan pemakaian perekat epoksi 1:1, perekat polyester 100 ml dan 1% katalis, serta *chloroprene*. Setiap hasil laminasi dikeringkan dalam suhu ruang selama 24 jam. Selanjutnya dilakukan pengujian geser

dengan *universal testing machine* (UTM), dan pengujian SEM.

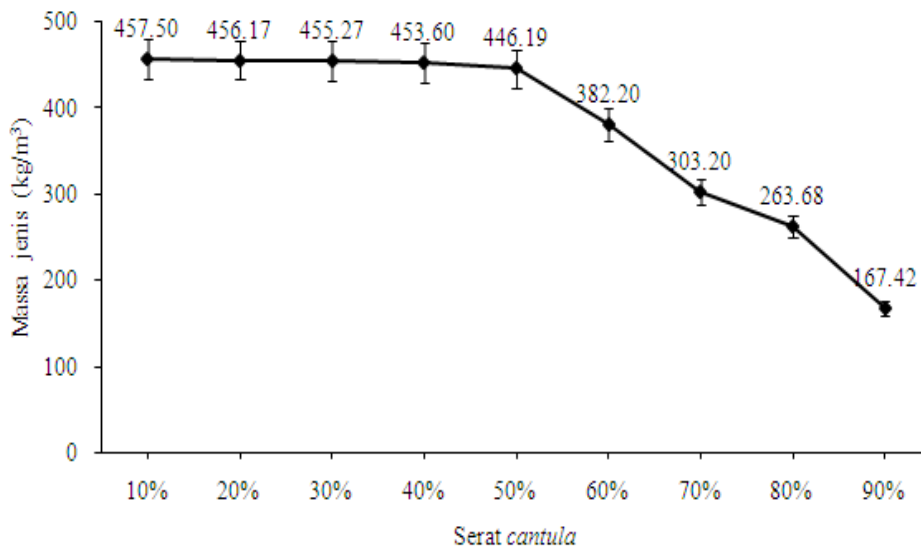
HASIL DAN PEMBAHASAN

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).

Pengukuran Massa Jenis Komposit HDPE-*Cantula*

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%.



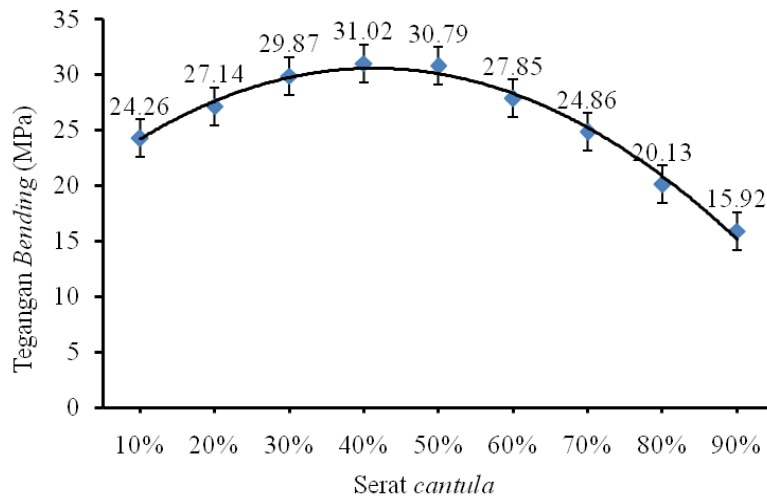
Gambar 1. Grafik hubungan massa jenis terhadap fraksi volume komposit HDPE-*cantula*

Gambar tersebut menunjukkan adanya pengaruh fraksi volume komposit HDPE-*cantula* terhadap massa jenis spesimen dengan metode *pressed 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). Massa jenis tertinggi dimiliki oleh fraksi volume serat 10% sebesar 457,50 kg/m³ dan yang

terendah pada fraksi volume serat 90% sebesar 167,42 kg/m³. Semakin tinggi fraksi volume serat komposit HDPE-*cantula* akan menurunkan nilai massa jenis komposit.

Pengaruh Fraksi Volume Serat *Cantula* terhadap Tegangan *Bending*

Tegangan *bending* komposit dapat diketahui setelah dilakukan pengujian *bending* dengan menggunakan *universal testing machine* dengan metode *four point bending*.



Gambar 2. Grafik hubungan tegangan *bending* terhadap fraksi volume komposit HDPE-*cantula*

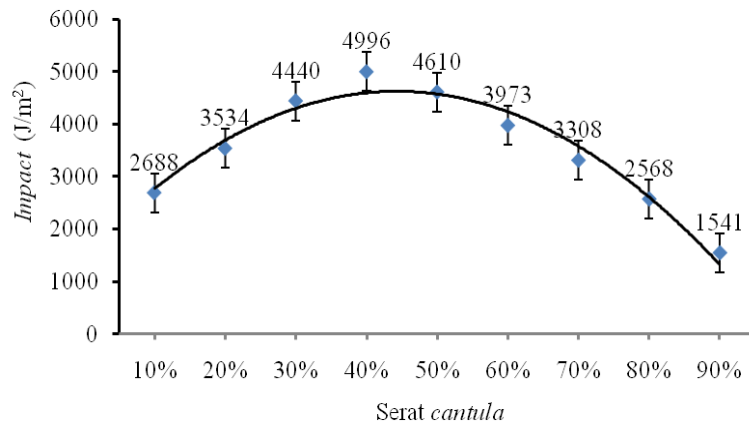
Tegangan lentur mengindikasikan ketahanan suatu material terhadap beban lentur. Tegangan lentur komposit dipengaruhi oleh ikatan partikelnya dan fraksi volume serat terbaik yang digunakan untuk membuat komposit dengan HDPE adalah 20%- 40% (Oza 2010). Kondisi tersebut dialami komposit HDPE-*cantula* fraksi volume serat *cantula* 10% sampai dengan 40%, dimana tegangan *bending* komposit mengalami peningkatan rata-rata sebesar 7,8%. Nilai tegangan *bending* tertinggi dihasilkan oleh fraksi volume serat *cantula* pada 40% yaitu sebesar 31,03 MPa atau meningkat 3,7% dari fraksi volume sebelumnya.

Serat *cantula* pada fraksi volume 40% diikat serbuk HDPE secara optimal sehingga sangat sedikit rongga/ruang kosong pada komposit. Berkurangnya jumlah rongga yang dihasilkan akan meningkatkan tegangan *bending* komposit. Keberadaan rongga yang sedikit mempunyai peluang kecil terjadinya retakan awal yang dapat menimbulkan potensi

berkembang menjadi perpatahan. Berkurangnya peluang terjadinya perpatahan maka menghasilkan komposit dengan tegangan *bending* tinggi.

Pada fraksi volume serat *cantula* 40% sampai dengan 90% tegangan *bending* mengalami penurunan kontinyu hingga rata-rata sebesar 12,24%. Nilai tegangan *bending* paling rendah pada fraksi volume serat *cantula* 90% sebesar 15,92 MPa. Fraksi volume serat yang tinggi meningkatkan rongga pada komposit. Rongga yang terjadi akan berpengaruh terhadap menurunnya tegangan *bending* pada komposit (Oza 2010). Keberadaan rongga merupakan tempat konsentrasi tegangan akan menjadi tempat inisiasi/awal retak sehingga komposit yang mengalami pembebanan nilai *bending*-nya menjadi rendah. Hal ini juga berpotensi terjadi pada komposit HDPE-*cantula*.

Pengaruh Fraksi Volume Serat *Cantula* terhadap Kekuatan Impak

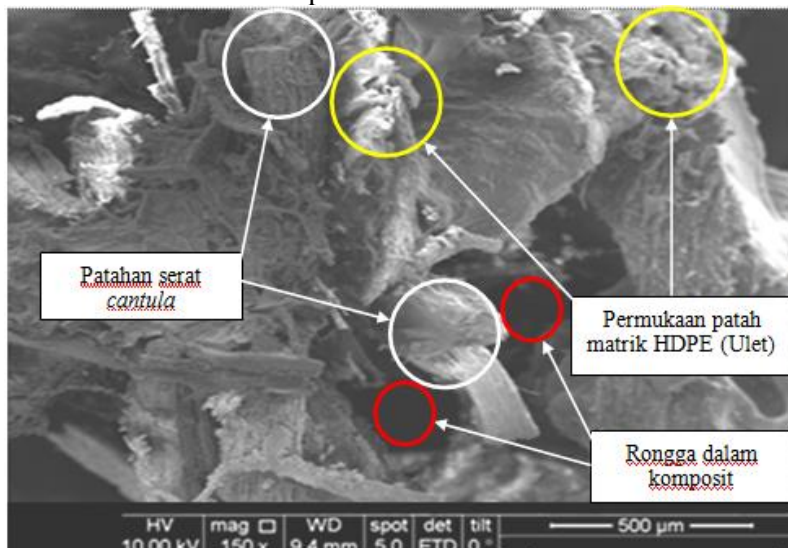


Gambar 3. Grafik hubungan kekuatan impak terhadap fraksi volume komposit HDPE-*cantula*

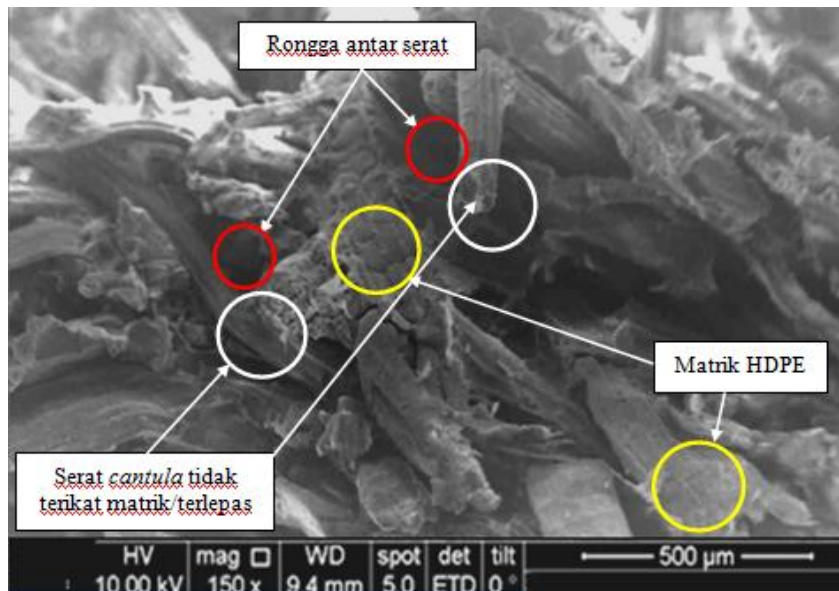
Kekuatan impak komposit HDPE-*cantula* pada fraksi volume serat 10% sampai dengan 40% mengalami peningkatan rata-rata sebesar 23,2%. Nilai kekuatan impak tertinggi dialami pada fraksi volume serat 40% yaitu sebesar 4996 J/m². Pada komposit HDPE-*cantula* fraksi volume serat 40% sampai dengan 90% mengalami penurunan nilai kekuatan impak rata-rata sebesar 20,48%. Nilai kekuatan impak paling rendah pada fraksi volume serat *cantula* 90% sebesar 1541 J/m².

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 4. Permukaan patah uji impak fraksi volume serat 40%

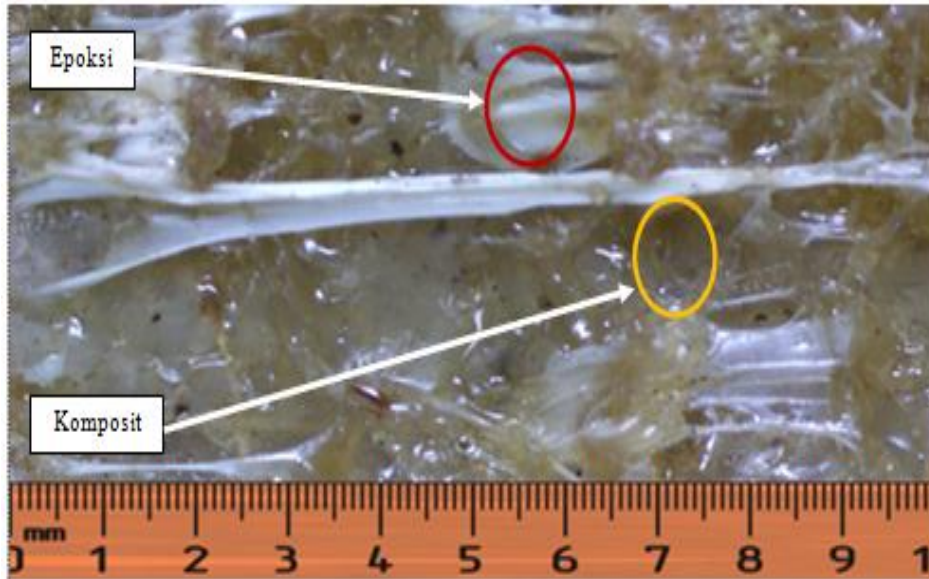


Gambar 5. Permukaan patah uji impact fraksi volume serat 60%

Matrik mempunyai kekuatan impact lebih tinggi dibanding serat. Naiknya nilai kekuatan impact disebabkan bertambahnya jumlah matrik HDPE dalam komposit HDPE-*cantula*. 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. Gambar diatas menunjukkan permukaan patah uji impact komposit HDPE-*cantula* fraksi volume serat 60% dimana morfologi serat *cantula* tidak terikat matrik HDPE.

Pengaruh Jenis Perekat terhadap Kekuatan Laminasi

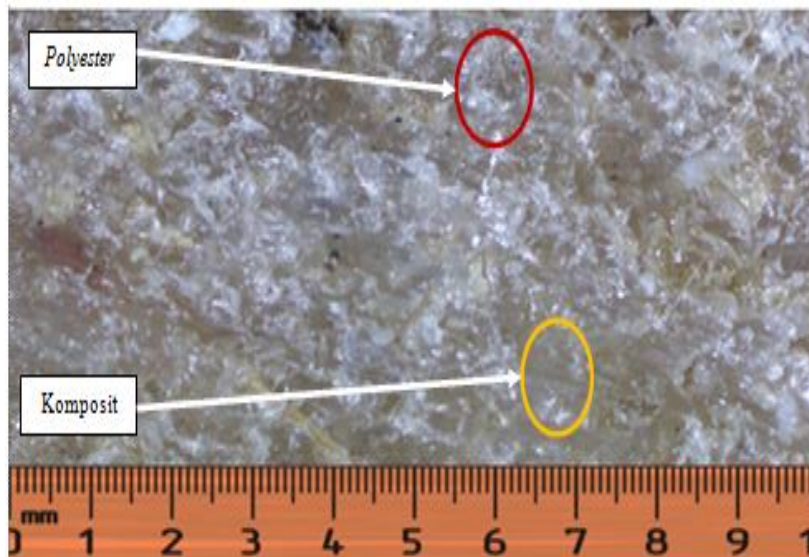
Laminasi untuk mengetahui kekuatan jenis perekat pada permukaan antar lamina dilakukan pengujian geser untuk mendapatkan kekuatan *laminat* yang optimal. Hasil pengujian untuk menghitung besarnya tegangan geser. Variasi jenis perekat pada *laminat* serat *cantula* fraksi volume serat 60% menggunakan perekat epoksi, *polyester*, *chloroprene* pada temperatur 32 °C selama 24 jam dengan tebal terbaik perekat 0,25 mm (Glen A. Rowland 2009, Sugiyanto 2012) seperti pada gambar berikut.



Gambar 6. Foto makro perekat epoksi terhadap permukaan geser komposit

Struktur makro pada gambar tersebut menunjukkan perekat epoksi secara optimal mengikat serat dengan kuat dan berfungsi sebagai penguat komposit. Akibat uji geser

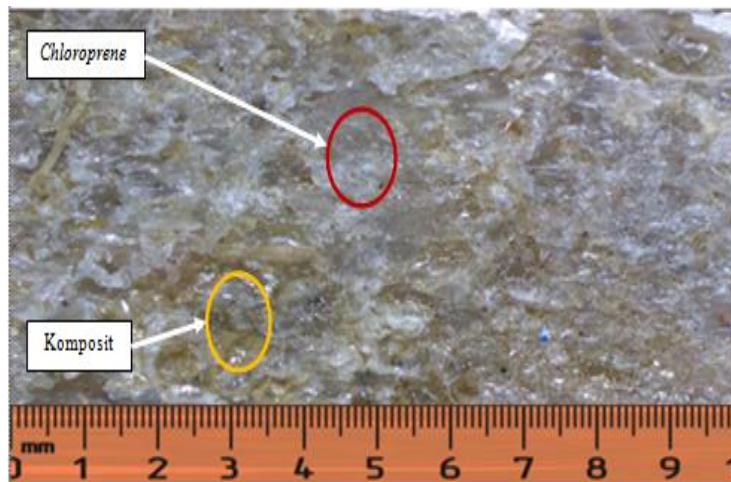
laminate menimbulkan tegangan plastis perekat epoksi dan terjadi pada permukaan komposit sebagaimana gambar berikut



Gambar 7. Foto makro perekat *polyester* terhadap permukaan geser komposit

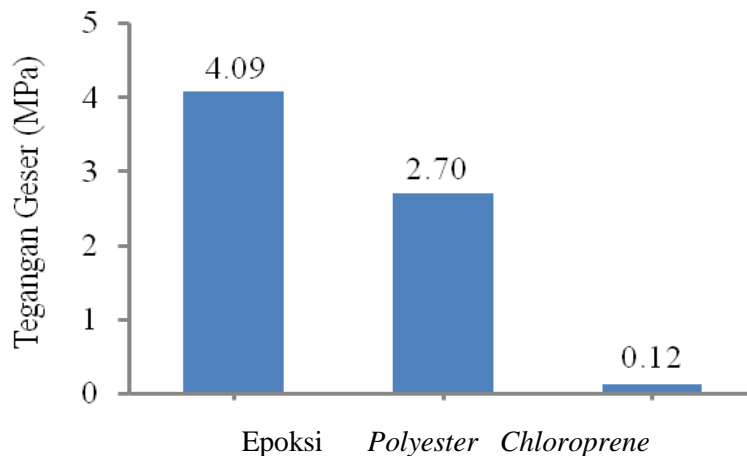
Gambar tersebut menunjukkan struktur makro perekat *polyester* mengikat serat cukup baik dan berfungsi sebagai penguat komposit.

Akibat uji geser terhadap *laminate* menimbulkan tegangan plastis perekat *polyester* pada permukaan komposit.



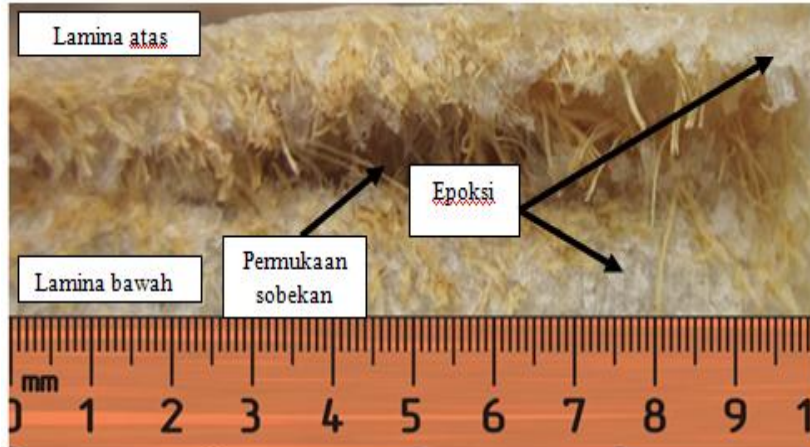
Gambar 8. Foto makro perekat *chloroprene* terhadap permukaan geser komposit. Gambar tersebut menunjukkan struktur makro perekat *chloroprene* sangat lemah mengikat serat dan tidak dapat berfungsi sebagai penguat komposit. Pengujian geser terhadap *laminat* tidak menimbulkan

tegangan pada perekat *chloroprene* dipermukaan komposit. Hubungan jenis perekat terhadap tegangan geser yang dihasilkan komposit HDPE-*cantula* dengan variasi jenis perekat dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 9. Grafik hubungan tegangan geser *laminat* terhadap jenis perekat. Gambar tersebut menunjukkan hubungan jenis perekat terhadap tegangan geser yang dihasilkan komposit HDPE-*cantula*. Perekat epoksi dan *polyester* mempunyai ikatan optimal. Perekat epoksi memiliki daya geser kecil sehingga tegangan gesernya tertinggi dibandingkan menggunakan perekat *polyester* dan perekat *chloroprene*, sebagaimana menurut Sugiyanto (2013) perekat epoksi memiliki kekuatan geser lebih tinggi. Hasil laminasi (*laminat*) komposit HDPE-*cantula* dengan perekat epoksi memiliki kekuatan geser sebesar 4,09 MPa, dengan perekat *polyester* memiliki kekuatan geser sebesar 2,70 Mpa dan perekat *chloroprene* sebesar 0,12 MPa. Kegagalan perekatan rata-rata terjadi karena pada permukaan komposit memiliki kekuatan geser lebih rendah dibandingkan kedua jenis perekat tersebut. Pada perekat *chloroprene* tingkat ikatan kurang baik, karena perekat jenis *chloroprene* hanya menempel terhadap permukaan komposit HDPE-*cantula* sehingga mempunyai daya geser yang besar akibatnya tegangan gesernya rendah.

Penampang sobekan pada spesimen geser tekan *laminat* komposit HDPE-*Cantula* dengan perekat epoksi dapat dilihat pada gambar berikut:

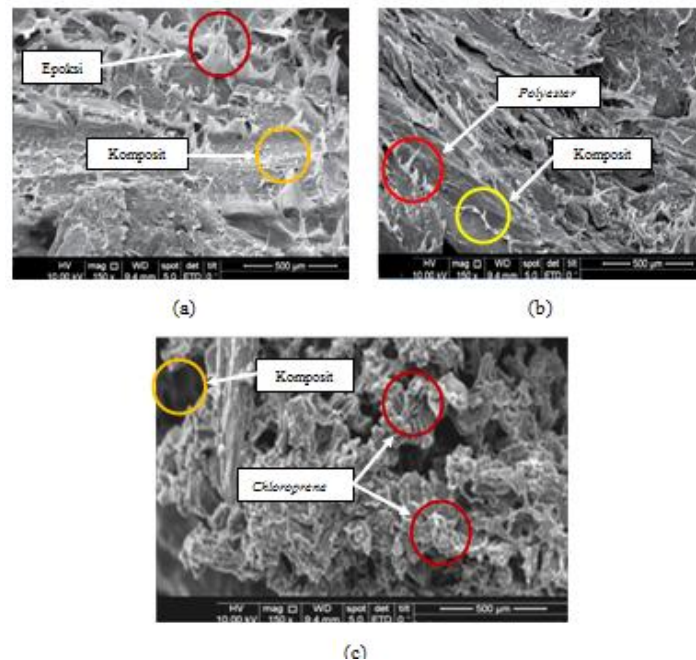


Gambar 10. Foto makro penampang sobekan pada lapisan skala 1:1

Pada gambar tersebut terlihat setelah pengujian geser antar HDPE-*cantula* dengan perekat jenis epoksi mengalami sobekan pada permukaannya. Hal terjadi akibat konsentrasi tegangan pada bagian komposit yang berongga. Konsentrasi tegangan tersebut terjadi karena ada perubahan bentuk akibat uji geser pada spesimen serta disebabkan adanya kegagalan pada permukaan komposit HDPE-*cantula* yang lemah. Pada gambar hasil pengujian geser terhadap komposit HDPE-*cantula* tampak perekat epoksi menempel dipermukaan komposit. Diperlihatkan pula

bahwa daerah permukaan komposit HDPE-*cantula* terisi oleh perekat epoksi. Perekat epoksi mempunyai kekuatan yang lebih tinggi dari pada permukaan komposit sehingga sobekan ada yang terjadi pada perekat (Sugiyanto 2013). Delaminasi tersebut diperlihatkan pada komposit HDPE-*cantula* terdapat perekat yang melekat terhadap kedua permukaan komposit.

Gambar berikut menunjukkan foto SEM akibat tegangan geser *laminat* komposit HDPE-*cantula* dengan variasi jenis perekat.



Gambar 11. Foto SEM uji geser jenis perekat setelah pengujian (a) Epoksi (b) Polyester (c) Chloroprene

Struktur mikro pada gambar tersebut menunjukkan bahwa pada bagian tersebut terlihat jelas permukaan laminasi antar komposit dengan variasi jenis perekat. Dari ketiga perekat ada dua jenis yang mempunyai ikatan baik yaitu perekat epoksi (a) dan polyester (b). Sedangkan perekat chloroprene (c) lemah untuk melakukan suatu ikatan. Hal ini dapat terlihat pada permukaan komposit lamina terbentuk gelembung-gelembung perekat yang hanya menempel bagian luar komposit lamina sehingga mengakibatkan ikatan kurang baik.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian dan analisa data yang telah dilakukan, dapat disimpulkan beberapa hal berikut, komposit HDPE-cantula dengan fraksi volume 10% sampai dengan 40% mengalami peningkatan tegangan *bending* rata-rata 7,8% dan kekuatan impak 23,2% sedangkan untuk fraksi volume serat cantula 40% sampai dengan 90% mengalami penurunan tegangan *bending* rata-rata 12,24% serta kekuatan impak 20,48%. Perekat jenis epoksi mempunyai tegangan geser paling tinggi pada *laminata* HDPE-cantula.

Penelitian pengaruh fraksi volume serat cantula terhadap sifat mekanik dan fisik

pada komposit serta *laminata* HDPE limbah-cantula dapat diketahui lebih jauh, misalkan dengan melakukan penelitian variasi bahan limbah plastik sejenis HDPE terhadap temperatur *melting point*.

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*.
- ASTM D6272, *Standard Test Method for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials by Four-Point Bending*.
- 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 High 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, 6th.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/Tahun VI.
- 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, Tesis Universitas Sebelas Maret, Surakarta, hal. 26-28.
- Sugondo, 2000, *Analisis Pemasakan, Pengkerutan, dan Pertumbuhan Butir Sintering UO₂*. 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 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.
- Sugiyanto, 2013, *Optimasi Kekuatan Sambungan Komposit Serat Gelas*, 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.
- Yusep, P., 2005, *Adhesive-Bonded Joint Characterization on Aluminium Alloy 2024-T3*, Teknosains, Pasca Sarjana UGM