

**PENGARUH KETEBALAN CORE TERHADAP SIFAT MEKANIK KOMPOSIT SANDWICH
CANTULA-HDPE DAUR ULANG SEBAGAI
BAHAN PENUTUP LANTAI RAMAH LINGKUNGAN**

Achmad Nurhidayat^{1*}

¹ Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Surakarta (UNSA)

Jl. Raya Palur Km. 5, Surakarta – 57772

*Email: achmad_nurhidayat@unsa.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki pengaruh ketebalan core terhadap sifat mekanik komposit sandwich Cantula-HDPE daur ulang perlu dilakukan, sehingga dapat mewujudkan material yang aplikasinya dapat diterapkan sebagai penutup lantai ramah lingkungan. Material komposit terdiri atas serbuk HDPE limbah sebagai matrik dan serat Cantula sebagai penguat. Variasi ketebalan ($2,0 \pm 0,2$ mm, $3,0 \pm 0,2$ mm, $4,0 \pm 0,2$ mm, $5,0 \pm 0,2$ mm, $6,0 \pm 0,2$ mm), spesimen dicetak dengan cetak tekan hot press pada tekanan 30 bar, temperatur 120 °C dan waktu sintering 5 menit. Sifat fisik dan mekanik komposit diketahui dengan melakukan uji densitas ASTM D-6272 dan impak ASTM D-5941. Hasil pengukuran densitas menunjukkan nilai densitas komposit dengan ketebalan $2,0 \pm 0,2$ mm hingga $6,0 \pm 0,2$ mm relatif meningkat. Peningkatan densitas komposit berpenguat serat cantula-HDPE limbah dengan ketebalan core $2,0 \pm 0,2$ mm hingga $6,0 \pm 0,2$ mm, mengindikasikan bahwa semakin tebal core maka komposit berpotensi meningkat kerapannya. Meningkatnya kerapatan pada core berakibat meningkatkan ikatan interface antara serat dengan matrik dan berakibat komposit mempunyai karakteristik semakin tinggi sifat mekaniknya. Terhadap pengujian impak komposit dengan ketebalan $2,0 \pm 0,2$ mm hingga $6,0 \pm 0,2$ mm mengalami peningkatan. Peningkatan kemampuan untuk menahan ketangguhan impak komposit berpenguat serat cantula-HDPE limbah dengan ketebalan core $2,0 \pm 0,2$ mm hingga $6,0 \pm 0,2$ mm, mengindikasikan bahwa semakin tebal core maka nilai ketangguhan impak-nya semakin tinggi. Sehingga dengan meningkatnya ketebalan core berakibat meningkatkan ikatan interface antara serat dengan matrik dan berakibat komposit lebih mampu menahan ketangguhan impak lebih tinggi. Potensi berbagai ketebalan komposit HDPE limbah-Cantula layak dipakai sebagai bahan core lantai ramah lingkungan.

Kata kunci: core, Serat Cantula, HDPE limbah

1. PENDAHULUAN

Material komposit berpenguat serat alam mempunyai berbagai keunggulan diantaranya bahan serat mudah didapat, harga murah, mampu meredam suara, mempunyai massa jenis rendah, jumlahnya melimpah, ringan dan kemampuan mekanik tinggi (Raharjo 2002 dan salah satu jenis serat alam tersebut adalah serat *Agave cantula Roxb.* 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).

Serat *cantula* (*Agave Cantula Roxb*) dicampur serbuk HDPE daur ulang, merupakan salah satu bahan alternatif, yang dapat digunakan untuk pembuatan komposit berbasis serat alam. Komposit *cantula*-HDPE daur ulang memiliki keunggulan, jika ditinjau dari sisi pembiayaan atau investasi karena lebih ekonomis. Banyaknya penelitian pemaduan serat alam *cantula* dan HDPE menjadi papan (*panel*) salah satu contoh perkembangan material komposit, yang aplikasinya dipakai sebagai penutup lantai. Negara Uni Eropa dan sebagian Asia telah mensyaratkan bahan daur ulang dan serat alam, untuk pembuatan komponen otomotif untuk menekan dampak negatif permasalahan lingkungan (*End of Life Vehicle directive 2000/53/EC*).

Potensi sampah plastik HDPE di Indonesia diperkirakan akan semakin meningkat, dikarenakan semakin meningkatnya konsumsi HDPE di sektor industri. Pada tahun 2012 konsumsi HDPE nasional diperkirakan mengalami kenaikan sekitar 7%-8. Indonesia dengan jumlah penduduk hingga 225 juta, setiap hari menghasilkan sampah (Miyarso, 2012). Jumlah sampah yang dihasilkan setiap tahun di Indonesia mencapai 4.078.800 ton (www.p-wec.org, 2012). Potensi sampah sebesar itu dapat dijadikan sesuatu yang bermanfaat dan memiliki nilai ekonomis,

salah satunya menjadi komposit dan hasil produknya dapat digunakan pada berbagai macam kebutuhan (Krzyysik, 1991).

Pembuatan komposit dapat dilakukan salah satunya dengan metode *pressured sintering*, metode ini mengaplikasikan proses kompaksi dan sintering. Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan komposit dari teknologi serbuk antara lain adalah : ukuran partikel serbuk, besarnya tekanan, temperatur *sintering*, lamanya waktu penahanan *sintering* dan volume zat pengikat. 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 ketebalan *core* terhadap sifat mekanik komposit *sandwich* Cantula-HDPE daur ulang perlu dilakukan, sehingga dapat mewujudkan material yang aplikasinya dapat diterapkan sebagai penutup lantai ramah lingkungan.

Tinjauan Pustaka

Karakteristik komposit dipengaruhi oleh berbagai faktor, yaitu fraksi *volume*, suhu sintering, tekanan *sintering*, waktu *sintering*. Penelitian komposit HDPE-limbah organik dengan variasi fraksi *volume* HDPE, mampu meningkatkan kekuatan mekanik komposit (Asshiddiqi, 2011). Fraksi *volume* terbaik yang digunakan untuk membuat komposit dengan HDPE adalah 20%-40% (Oza, 2010) dan 40% (Nurhidayat, A., 2013).

Menurut penelitian yang telah dilakukan oleh Nurhidayat, A., Neng, N.S., Susilo, D.D., (2013), pada 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%.

Menurut Nurhidayat, A., dan Wijoyo, (2014), 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. Kekuatan *impact* komposit HDPE limbah-Cantula terjadi peningkatan ketangguhan sebesar 23,2% pada fraksi volume serat *cantula* 10% sampai dengan 40% dan mengalami penurunan sebesar 20,48% pada fraksi volume serat *cantula* 40% sampai dengan 90%.

Menurut Nurhidayat, A., (2014), perendaman terhadap jenis fluida cair akan merusak ikatan antar muka sehingga menurunkan kekuatan mekanik komposit HDPE limbah-cantula dibandingkan dengan spesimen yang tidak direndam. Ketangguhan impak komposit HDPE limbah-cantula variasi media perendaman air destilasi, air sumur, air hujan dan oli bekas mesin, mengalami penurunan rata-rata sebesar 21,46%. Nilai kekuatan impak tertinggi dialami pada tanpa media perendaman yaitu sebesar 4553,4 J/m² dan paling rendah pada media pendaman oli bekas sebesar 2063,42 J/m². Pada nilai kekuatan *bending* spesimen tanpa perlakuan perendaman 4,30 MPa, spesimen perlakuan media perendaman air destilasi mempunyai nilai kekuatan *bending* sebesar 2,64 Mpa, media air sumur 2,37 MPa, media air hujan sebesar 1,94 Mpa dan media oli bekas 1,62 Mpa.

Penelitian komposit HDPE-limbah organik dengan variasi suhu *sintering* akan meningkatkan kekuatan *bending* dan menurunkan nilai serapan air turun (Riyanto, 2011). Tutuko (2007) mengatakan penambahan waktu *sintering* dari 10 hingga 25 menit akan meningkatkan kekuatan mekanik komposit HDPE-ban bekas. Proses *pressured sintering* pada suhu *sintering* 120°C akan meningkatkan jumlah ikatan antar serbuk plastik, karena pada suhu ini serbuk plastik mulai melunak dan mengalami reposisi menempati ruang antar serbuk karet (Sukanto, 2008). Pembuatan komposit HDPE-karet ban bekas dengan metode *pressured sintering* diketahui bahwa semakin kecil ukuran serbuk akan meningkatkan kekuatan komposit (Yonanta, 2008).

Tegangan geser antara matrik dan serat (*Interfacial Shear Stresh*), 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-*henegu*in 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).

Menurut Diharjo K., 2006, 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.

Pengujian kekuatan bending dan impak komposit GFRP 3 layer didapatkan bahwa komposit GFRP 3 layer dengan menggunakan serat *E - Glass chopped strand mat* 300 gr/m² mempunyai kekuatan bending 18% lebih besar daripada dengan menggunakan serat *E-Glass chopped strand mat* 450 gr/m². Komposit GFRP 3 layer dengan menggunakan serat *E-Glass chopped strand mat* 450 gr/m² mempunyai kekuatan impak 46% lebih besar daripada menggunakan serat *E-Glass chopped strand mat* 300 gr/m². Pada pengujian bending, komposit tersebut mengalami kegagalan pada bagian bawah spesimen. Hal ini menunjukkan bahwa kekuatan tarik komposit GFRP pada saat uji bending lebih besar jika dibandingkan dengan kekuatan tekannya (Yanuar dan Diharjo, 2003).

Komposit hibrid *sandwich* serat *E-glass* acak 300 gr/m² dan kenaf anyam 810 gr/m² pada $V_f = 30\%$ bermatrik *polyester* dengan *core* kayu sengon laut setebal 10 mm, kekuatan bending dengan *core* arah serat kayu horisontal adalah 263,28 MPa, lebih besar 81% di atas komposit *sandwich* hibrid dengan *core* kayu vertikal 97,5 MPa. Kekuatan impak komposit *sandwich* dengan *core* vertikal 0,0604 N/mm², lebih besar 4,4% di atas kekuatan impak dengan *core* arah serat kayu horisontal 0,0578 N/mm² (Febrianto dan Diharjo, 2004). 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).

2. METODOLOGI

Bahan yang dipakai adalah plastik HDPE limbah botol kosmetik, serat *cantula*, *realeaser mirror glase wax*/FRP Wax, isopropil alkohol, *adhesive* resin. Peralatan yang digunakan mesin *hot press* kapasitas 10 ton, timbangan digital, *mesh* (saringan), cetakan dengan tebal ($2,0 \pm 0,2$ mm, $3,0 \pm 0,2$ mm, $4,0 \pm 0,2$ mm, $5,0 \pm 0,2$ mm, $6,0 \pm 0,2$ mm), *moisture wood meter*, *crusher* (pemecah/penggiling), mesin *oven*, mesin uji *impact izod*, alat *mixer*, *foto mikro* dan SEM.

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

Serat *Cantula* dicuci dan dikeringkan dibawah sinar matahari. Selanjutnya di-*oven* pada temperatur 110 °C selama 45 menit hingga menyisakan kadar air serat 4% (Raharjo 2002), kemudian dipotong-potong panjang 10 mm.

Bahan terdiri dari serbuk HDPE limbah dan serat *Cantula* dengan perbandingan V_f serat 60% : 40% (Nurhidayat, A., 2014), dicampur memakai *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 di-*oven* 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 fraksi volume serat *Cantula* 40% selama 10 menit. Titik cair HDPE limbah 130 °C (Corneliusse 2002). Hasil komposit sebagai *core* di-laminasi bagian atas dengan dekor kayu dilapisi *crystal corundum*, sedangkan bagian bawah di-laminasi *silicon etching* anti air dilapisi anti lengkung, dengan menggunakan *adhesive resin* (Sugiyanto, 2014), sehingga membentuk papan/lantai sebagai penutup lantai, sebagaimana gambar1.



Gambar 1. Model penutup lantai bahan serat *Cantula*-HDPE limbah

Pengukuran densitas digunakan untuk memprediksikan sifat mekanik komposit, serta mengecek spesimen sesuai dengan standar deviasi, dengan mengacu pada ASTM D1037. Pengujian dampak standar untuk 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 $2,0-6,0 \pm 0,2$ mm. Ketangguhan dampak dihitung dari energi tumbukan dibagi dengan luas penampang spesimen, dengan satuan kJ/m^2 . Pengujian dampak dengan variasi ketebalan komposit (*core*) dilakukan 6 kali ulangan.

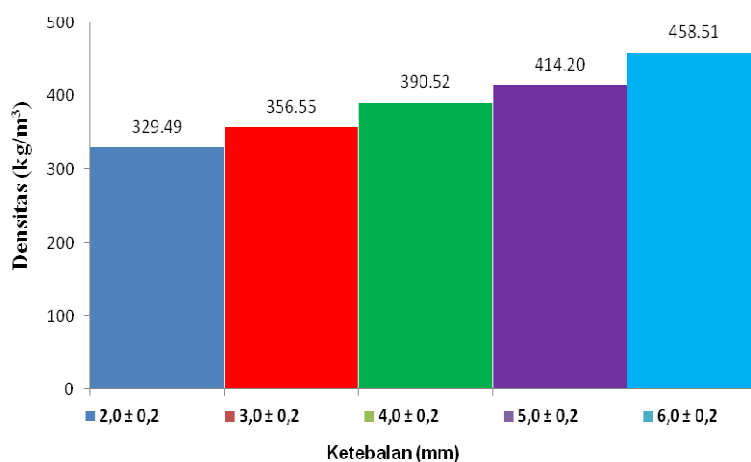
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengukuran Densitas

Hasil pengukuran densitas komposit HDPE limbah-*Cantula* variasi ketebalan komposit dapat dilihat pada tabel 1 gambar 2.

Tabel 1. Densitas komposit HDPE limbah-*Cantula*

Variasi Ketebalan	Dimensi (mm)			Berat (g)	Volume (mm^3)	Densitas (g/mm^3)	Densitas (kg/m^3)
	Panjang	Lebar	Tebal				
$2,0 \pm 0,2$	194.04	50.15	2.02	6.48	19,656.83	0.0003294868	329.49
$3,0 \pm 0,2$	194.04	50.15	3.02	10.48	29,387.94	0.0003294585	356.55
$4,0 \pm 0,2$	194.03	50.14	4.02	15.27	39,106.00	0.0003340354	390.52
$5,0 \pm 0,2$	194.21	50.14	5.02	20.25	48,885.24	0.0003384708	414.20
$6,0 \pm 0,2$	194.05	50.15	6.02	26.86	58,576.93	0.0003430476	458.51



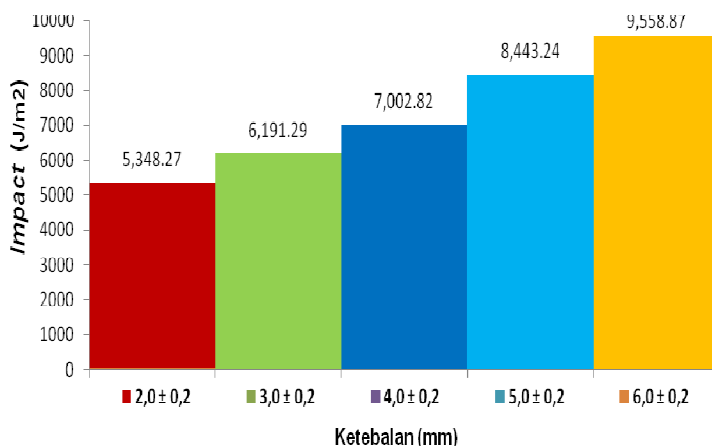
Gambar 2. Grafik hubungan densitas terhadap tebal *core*

Secara teoritis densitas merupakan perbandingan massa dan volume, sehingga pada spesimen yang mempunyai massa relatif sama tetapi dengan volume lebih kecil akan menghasilkan densitas

lebih besar. Setiap variasi pengujian selisih antara rata-rata dengan deviasi atas dan deviasi bawah tidak lebih dari 10 % (BNT), sehingga sudah memenuhi standar penelitian. Hasil pengukuran densitas menunjukkan nilai densitas komposit dengan ketebalan 2,0 ±0.2mm hingga 6,0 ±0.2mm relatif meningkat. Peningkatan densitas komposit berpenguat serat *cantula*-HDPE limbah dengan ketebalan *core* 2,0 ±0.2mm hingga 6,0 ±0.2mm, mengindikasikan bahwa semakin tebal *core* maka komposit berpotensi meningkat kerapatannya. Meningkatnya kerapatan pada *core* berakibat meningkatkan ikatan *interface* antara serat dengan matrik dan berakibat komposit mempunyai karakteristik semakin tinggi sifat mekaniknya.

3.2. Pengaruh Ketebalan Core Terhadap Ketangguhan Impact

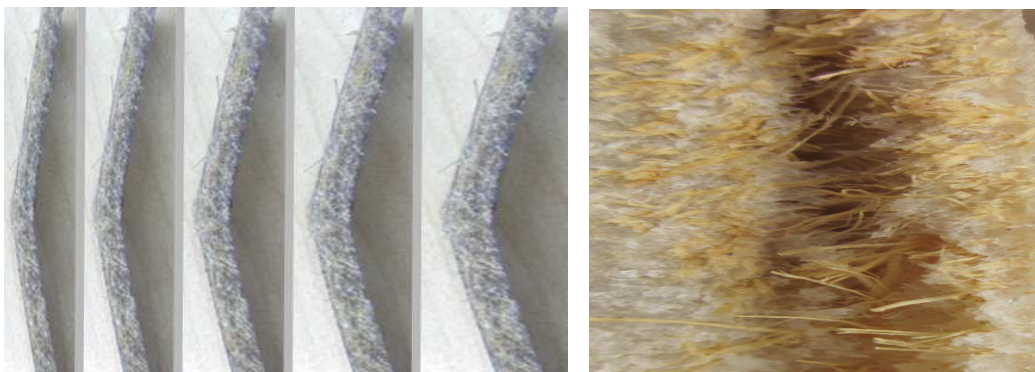
Ketangguhan *impact* komposit HDPE limbah-*Cantula* dengan variasi ketebalan *core* dapat diketahui dengan menggunakan dengan metode *izot*. Hasil pengujian *impact* dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Grafik hubungan ketangguhan impact terhadap ketebalan *core*

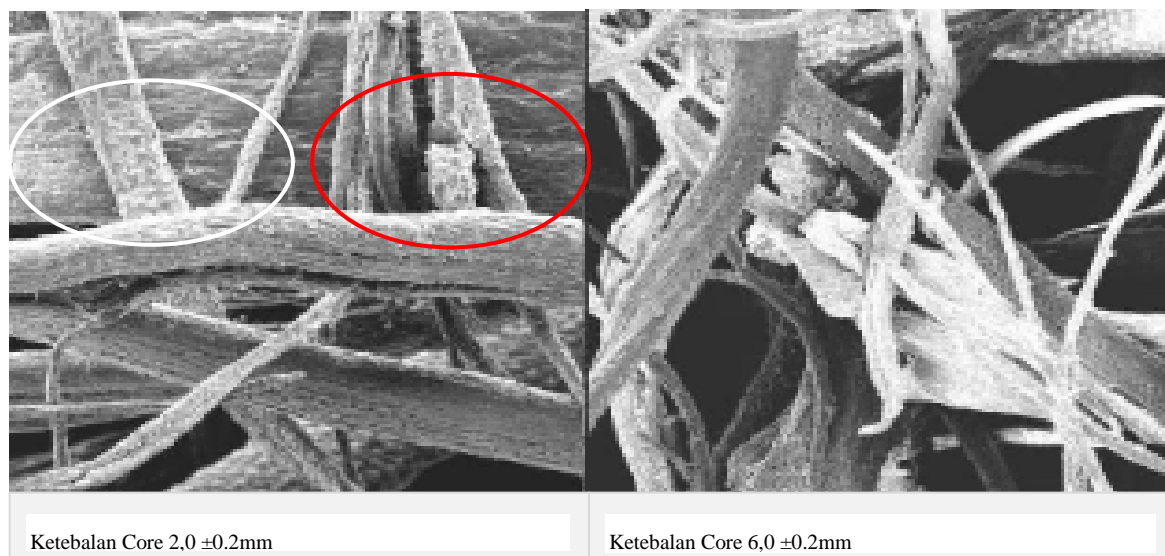
Hasil pengujian menunjukkan nilai impact komposit dengan ketebalan 2,0 ±0.2mm hingga 6,0 ±0.2mm mengalami peningkatan. Peningkatan kemampuan untuk menahan ketangguhan impact komposit berpenguat serat *cantula*-HDPE limbah dengan ketebalan *core* 2,0 ±0.2mm hingga 6,0 ±0.2mm, mengindikasikan bahwa semakin tebal *core* maka nilai ketangguhan impact-nya semakin tinggi. Sehingga dengan meningkatnya ketebalan *core* berakibat meningkatkan ikatan *interface* antara serat dengan matrik dan berakibat komposit lebih mampu menahan ketangguhan impact lebih tinggi.

Foto mikro terhadap spesimen pasca pengujian impact dapat diketahui bahwa ikatan antar muka (*debonding*) akan menimbulkan *microcracks* yang berpotensi mempengaruhi ukuran pori-pori komposit semakin besar dan banyak. Hal ini akan menyebabkan energi yang diserap spesimen uji semakin sedikit, sehingga kekuatan *impact* komposit menurun bahkan terlepas, sebagaimana pada foto mikro pada gambar 4.



Gambar 4. Pengaruh ketebalan *core* terhadap *debonding*

Pori-pori yang terdapat pada material komposit akibat *debonding* tersebut merupakan tempat awal terjadinya retakan (*initial crack*). Tingkat kerusakan ikatan antar muka dipengaruhi salah satunya ketebalan *core*, seperti pengamatan menggunakan foto SEM berikut:



Gambar 5. Pengamatan foto SEM terhadap ikatan akibat ketebalan *core*

Pada gambar 5., dapat diketahui terhadap ketebalan *core* 2,0 ±0.2mm serat cantula terlepas (*debonding*) dari matrik lebih banyak, sedangkan pada ketebalan *core* 6,0 ±0.2mm serat cantula lebih banyak terikat dengan matrik HDPE. Sehingga dengan meningkatnya ketebalan *core* berakibat meningkatkan ikatan *interface* antara serat dengan matrik dan berakibat komposit lebih mampu menahan ketangguhan impak lebih tinggi.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa data, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Variasi peningkatan ketebalan *core* komposit akan meningkatkan ikatan antar muka (*interface*) antara serat dengan matrik, sehingga menaikkan kekuatan mekanik komposit HDPE limbah-Cantula.
- Pori-pori yang terdapat pada material komposit akibat *debonding* merupakan daerah awal terjadinya retakan (*initial crack*) dan tingkat kerusakan ikatan antar muka dipengaruhi salah satunya ketebalan *core*.
- Potensi berbagai ketebalan komposit HDPE limbah-Cantula layak dipakai sebagai bahan *core* lantai ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Asshiddiqi, M., (2011), Pengaruh Variasi Fraksi Volume HDPE Terhadap Karakteristik Komposit Berpori Berbahan Dasar HDPE-Limbah Organik, Skripsi, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- 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, Yogyakarta : Kanisius
- Febrianto, B, Diharjo, K., (2004), Kekuatan Bending Dan Impak Komposit Hibrid Sandwich Kombinasi Serat Karung Goni Dan Serat Gelas Polyester Dengan Core Kayu Sengon Laut, Skripsi, UNS, Surakarta

- Han, Gyu-Seong. (1990), *Preparation and Physical Properties of Moldable Wood-plastic Composites*, Doctoral dissertation Graduate School of Agriculture, Kyoto University. Not Published
- Haygreen, J. G. dan Jim L. Bowyer, (1996), Hasil Hutan dan Ilmu Kayu: Suatu Pengantar. Terjemahan Sutjipto A. Hadikusumo dan Soenardi Prawirohatmodjo. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Krzysik, A.; Vick, C.B., Wood, J.E. (1991), *Acetylated, isocyanate-bonded flakeboards after accelerated aging Dimensional stability and mechanical properties*, Journal of Wood and Wood Products. 49(6):2627538
- 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 Particle Board and Dry Process Fiberboard Manufacturing*, Miller Freeman, inc Sanfransisco
- Miyarso, S., “Konsumsi Plastik Bisa capai 8%” <http://economy.okezone.com/read/2012/01/10/320/554834/konsumsi-plastik-bisa-capai-8> (diakses 10 Januari 2012).
- Nurhidayat, A., (2013), Pengaruh Fraksi Volume Pada Pembuatan Komposit HDPE Limbah-Cantula Dan Berbagai Jenis Perekat Dalam Pembuatan Laminat, Thesis, Universitas Sebelas Maret, Surakarta
- Nurhidayat, A., Suharty, N. S., Susilo, D. D., (2014), Pengaruh Fraksi Volume Pada Pembuatan Komposit HDPE Limbah-Cantula Dan Berbagai Jenis Perekat Dalam Pembuatan Laminat, Wacana, Volume 14 No. 02 September 2013 ISSN : 977 –197997, hal. 15-29
- Nurhidayat, A., dan Wijoyo, (2014), Pengaruh Fraksi Volume Serat Cantula Terhadap Ketangguhan Impak Komposit Cantula-HDPE Daur Ulang Sebagai Bahan Core Lantai Ramah Lingkungan, prosiding SNATIF 2014, ISBN: 978.602.1180-04-4, Universitas Muria Kudus.
- Nurhidayat, A., (2015), Kajian Pengaruh Media Perendaman Terhadap Ketangguhan Impak Komposit HDPE Limbah-Cantula Sebagai Bahan Panel Ramah Lingkungan, Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi 6, Vol 1, No 1, Universitas Wahid Hasyim, Semarang
- Nurhidayat, A., Rahayu, S.Y.S.R., (2016), Analisa Kekuatan Bending Akibat Pengaruh Media Perendaman Terhadap Komposit HDPE Limbah-Cantula Sebagai Bahan Panel Ramah Lingkungan, Wacana, Volume 14 No. 01 Maret 2016, ISSN : 977 –197997, hal. 1-7
- 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.
- Riyanto, D., (2011), Pengaruh Variasi Suhu Sintering Terhadap Densitas, Water Absorption dan Kekuatan Bending Komposit Limbah Organik-HDPE, Skripsi Universitas Sebelas Maret, Surakarta, hal. 36.
- Sugiyanto dan Wijoyo, (2013), Pengaruh Kekuatan Sambungan Komposit Serat Nanas Terhadap Kekuatan Tarik dan Geser Dengan Adhesive epoksi, Prosiding Simposium Nasional RAPI XII FT UMS Surakarta
- Sukanto, H., (2008), Sifat Komposit Plastik-Karet Hasil Pressured Sintering dengan Variasi Ukuran Partikel Plastik, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- 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
- 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.
- Yanuar D., dan Diharjo K., (2003), Karakteristik Mekanis Komposit Sandwich Serat Gelas Serat Chopped Strand Mat Dengan Penambahan Lapisa Gel Coat, Skripsi, Teknik Mesin FT UNS, Surakarta.

Yonanta R., (2008), Pengaruh Ukuran Serbuk HDPE Terhadap Karakteristik Komposit HDPE-Ban Menggunakan Pressured Sintering, Skripsi, UNS, Surakarta.