

PENGARUH PERLAKUAN PANAS SERAT TERHADAP SIFAT TARIK SERAT TUNGGAL DAN KOMPOSIT CANTULA-rHDPE

Akhmad Fathoni

Program Studi S1 Teknik, Mesin Fakultas Teknik
Universitas Sebelas Maret
Email: tonie_akhmad@yahoo.com

Wijang W. Raharjo

Program Studi S1 Teknik, Mesin Fakultas Teknik
Universitas Sebelas Maret
Email: m_asyain@yahoo.com

Teguh Triyono

Program Studi S1 Teknik, Mesin Fakultas Teknik
Universitas Sebelas Maret
Email: triyono.teguh@yahoo.com

ABSTRAK

Sifat komposit ditentukan oleh sifat serat, matrik, dan ikatan yang terbentuk antara serat dan matrik. Peningkatan sifat serat serta komposit dapat dilakukan dengan perlakuan panas. Penelitian ini bertujuan untuk mengamati pengaruh perlakuan panas terhadap sifat tarik serat dan komposit. Pada penelitian ini, perlakuan panas serat dilakukan selama 10 jam dengan variasi temperatur 100°C, 120°C, 140°C dan 160°C. Pembuatan spesimen serat tunggal mengacu pada *American Standard Testing and Material C1557*. Pembuatan komposit dilakukan dengan metode tekan panas. Parameter proses yang dipilih meliputi temperatur 150°C, waktu penahanan 25 menit dan tekanan pengepressan 50 bar. Pengujian yang dilakukan terdiri dari uji tarik serat tunggal dan uji tarik komposit. Selain itu, pengamatan permukaan serat dan ikatan antar muka serat-matrik dilakukan menggunakan *scanning electron microscope*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kekuatan tarik serat dan komposit mengalami peningkatan pada perlakuan panas serat sampai dengan 140°C selama 10 jam dan akan menurun pada perlakuan panas di atasnya.

Kata kunci: cantula, *recycle high density polyethylene*, perlakuan panas, tekan panas.

ABSTRACT

The composite properties are determined by the properties of the fiber, matrix, and the bond between the fiber and the matrix. Improved properties of fibers and composites could be done by heat treatment. This research investigated the effect of heat treatment on the tensile properties of fibers and composites. In this research, the heat treatment of the fiber was done for 10 hours with a temperature variation of 100°C, 120°C, 140°C and 160°C. Making a single fiber specimen referred American Standard Testing and Material C1557. Manufacture of composites was conducted using a hot press. The process parameters were selected to include a temperature of 150°C, for 25 minutes with pressure of 50 bars. Testing conducted consisted of a single fiber tensile test and composites tensile test. In addition, observation on the fiber surface and bond interface fiber-matrix was done using a scanning electron microscope. The test results showed that the tensile strength fibers and composites increased in the heat treatment of fibers up to 140°C for 10 hours and would decrease the heat treatment on it.

Keywords: cantula, *recycle high density polyethylene*, heat treatment, hot press.

1. PENDAHULUAN

Dewasa ini perkembangan serat alam sebagai bahan penguat untuk komposit mulai banyak digunakan sebagai pengganti serat sintetis yang sudah umum digunakan. Keuntungan dari serat alam antara lain ringan, biaya produksi yang murah, prosesnya yang ramah lingkungan, serta ketersediaannya selalu ada atau terbaharukan, dan memiliki kekuatan yang relatif tinggi. Jenis-jenis serat alam antara lain kenaf, rami, sabut kelapa, cantula dan sisal. Serat alam seperti serat cantula (*Agave Cantula Roxb*) adalah

salah satu jenis serat alam yang mempunyai kemampuan kekuatan mekanik tinggi [14], serta mempunyai kandungan selulose 64,3% [1].

Banyak hal yang mempengaruhi performa komposit salah satunya adalah ikatan antara serat dengan matrik. Serat alam mempunyai sifat *hidrofilik* dan polimer mempunyai sifat *hidrofobik* [12]. Hal ini mengakibatkan lemahnya ikatan yang terjadi antara serat dengan matrik. Jika ikatannya lemah maka sifat mekanik dari komposit tersebut akan rendah [16]. Ikatan antara serat dan matrik tersebut dapat ditingkatkan dengan dilakukannya perbaikan ikatan. Hal ini sesuai dengan pernyataan [8] yang mengatakan bahwa kompatibilitas antara serat dengan matrik polimer dapat ditingkatkan dengan modifikasi serat, modifikasi matrik atau penambahan *coupling agent*. [3] mengemukakan bahwa secara umum ikatan dapat ditingkatkan dengan perlakuan permukaan serat, penambahan *coupling agent*, atau dengan menyesuaikan sifat kimia dari matrik polimer.

Perlakuan panas pada serat adalah salah satu metode untuk memperbaiki ikatan antara serat dengan matrik. Perlakuan panas pada serat bertujuan untuk mengurangi kadar air dalam serat sehingga dapat meningkatkan kekuatan dan memperbaiki ikatan antar muka serat dengan matrik. Selain itu perlakuan panas serat juga berfungsi untuk membersihkan permukaan serat, meningkatkan kekasaran permukaan pada serat sehingga ikatan antara serat dan matrik menjadi lebih baik [11]. Keuntungan lain dari perlakuan panas adalah ramah lingkungan karena tidak menggunakan bahan kimia yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. [13] melakukan penelitian tentang pengaruh perlakuan panas terhadap serat alam, hasilnya kekuatan tarik serat alam dengan perlakuan panas lebih tinggi dibandingkan dengan kekuatan tarik serat alam tanpa perlakuan panas.

Perlakuan panas pada serat adalah metode yang dapat meningkatkan kekuatan tarik serat, serta memperbaiki ikatan antar muka pada komposit. Perlakuan panas pada serat juga mudah dilakukan dan ramah lingkungan karena tidak menggunakan bahan kimia, oleh karena itu melihat dari penjelasan diatas maka penelitian ini mempelajari pengaruh perlakuan panas terhadap sifat tarik serat dan komposit cantula-*r*HDPE.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Bahan

Bahan yang digunakan penelitian ini adalah serat cantula dan *r*HDPE. Serat cantula mempunyai densitas 1,2 gr/cm³ memiliki kandungan selulosa 64, 21-65,50% , lignin 7,88-9,43%, hemiselulosa 3,37-8,41% dan air 13,57. Material *r*HDPE mempunyai nilai MFI (*Melt Flow Index*) 2,43 gr/10 min pada 180°C, densitas 1,014 gr/cm³ dan temperatur leleh antara 108,5°C sampai dengan 139,5°C [14].

2.2 Perlakuan Bahan

Penelitian diawali dengan proses pencucian dan pengeringan *r*HDPE, kemudian dicacah hingga lolos mesh 20 tidak lolos mesh 40. Serbuk *r*HDPE selanjutnya diproses menjadi serat *r*HDPE dengan alat atomizer. Persiapan serat cantula dilakukan dengan diberikan perlakuan awal serat menggunakan oven dengan 110°C selama 45 menit. Serat dioven kembali dengan variasi suhu 100°C, 120°C, 140°C, dan 160°C selama 10 jam. Serat cantula kemudian dipotong sepanjang 10 mm.

2.3 Pembuatan Spesimen

2.3.1 Serat Tunggal

Pembuatan spesimen serat tunggal sesuai dengan ASTM C1557. Serat cantula diletakkan diatas kertas karton dengan ukuran panjang 60 mm dan lebar 10 mm. Pada bagian tengah kertas karton diberi lubang dengan alat pelubang kertas. Serat direkatkan dengan karton pada kedua ujungnya dengan lem *epoxy*. Diameter serat diukur di tiga titik berbeda menggunakan *stereo microscope*.

2.3.2 Komposit

Pembuatan spesimen komposit dilakukan dengan cara serat cantula dan serat *r*HDPE dicampur menggunakan *mixer* dengan perbandingan fraksi volum 30% serat dan 70% serat *r*HDPE. Hasil pencampuran dicetak menggunakan *hot press*, dengan parameter proses yaitu temperatur pengepressan 150°C, waktu penahanan 25 menit dan penekanan 50 bar. Proses pendinginan dilakukan hingga mencapai suhu ruangan.

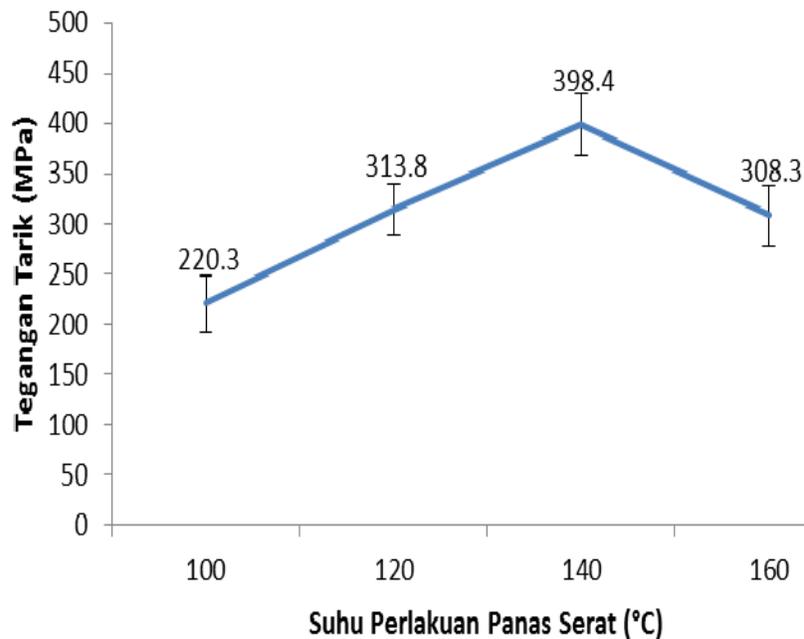
2.4 Pengujian Spesimen

Pengujian tarik serat tunggal dilakukan sesuai dengan prosedur ASTM C1557. Pengujian tarik komposit dilakukan sesuai dengan prosedur ASTM D638. Kedua pengujian tersebut menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM) dengan kecepatan cross head 5 mm/menit, dan *load cell* yang digunakan sebesar 50 kg untuk tarik serat tunggal dan 500 kg untuk tarik komposit. Pengamatan struktur patahan spesimen uji tarik komposit dilakukan dengan *Scanning Electron Microspe* (SEM).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Uji Tarik Kekuatan Serat Tunggal

Hasil pengujian tarik kekuatan serat tunggal dapat dilihat pada gambar 1 berikut :



Gambar 1. Grafik Tegangan Tarik Serat Cantula Pada Tiap Variasi Temperatur Perlakuan Panas Serat

Pada Gambar 1 tegangan tarik serat mengalami peningkatan seiring bertambahnya temperatur pemanasan serat dikarenakan serat mengalami perbaikan struktur. Perbaikan struktur tersebut terjadi karena struktur amorf berkurang sehingga mengakibatkan struktur kristal bertambah. Pada perlakuan panas temperatur 100°C menurut [5] serat mengalami pengurangan kadar air pada permukaan serat. Pada perlakuan panas serat dengan temperatur 140°C tegangan tarik mengalami peningkatan, hal ini diprediksi adanya peningkatan *crystallinity index* (CrI). CrI yang meningkat menunjukkan adanya perbaikan dalam struktur selulosa yang memberikan kontribusi untuk meningkatkan tegangan tarik serat. Hal ini sesuai dengan penelitian [4] bahwa *crystallinity index* (CrI) pada perlakuan panas serat 140°C meningkat dibandingkan perlakuan panas serat 120°C. [7] mengemukakan bahwa kenaikan kristal pada selulosa setelah perlakuan panas disebabkan oleh degradasinya struktur amorf di serat, oleh karena itu terjadi penataan ulang struktur kristal.

Tegangan tarik serat tunggal cantula mengalami penurunan pada temperatur perlakuan panas 160°C. Pada perlakuan panas 160°C didapatkan nilai sebesar 308,3 MPa. Tegangan tarik mengalami penurunan dikarenakan air terikat pada lumen mengalami penguapan, sehingga menimbulkan rongga di dalam serat. Hal ini mengakibatkan serat akan mudah patah dan rapuh dikarenakan kepadatan serat berkurang. Hal ini sesuai dengan pernyataan [15] bahwa perlakuan panas pada suhu tinggi membuat serat alam menjadi rapuh, dikarenakan kelembaban pada serat sudah jauh berkurang. Pada temperatur ini diprediksi hemiselulosa pada serat mengalami kerusakan. Hemiselulosa adalah komponen serat yang rusak pertama apabila terkena panas, karena memiliki stabilitas panas rendah. Pemanasan serat diatas 150°C menyebabkan hemiselulosa mulai terdegradasi [9]. Hemiselulosa berperan sebagai pengikat, sehingga

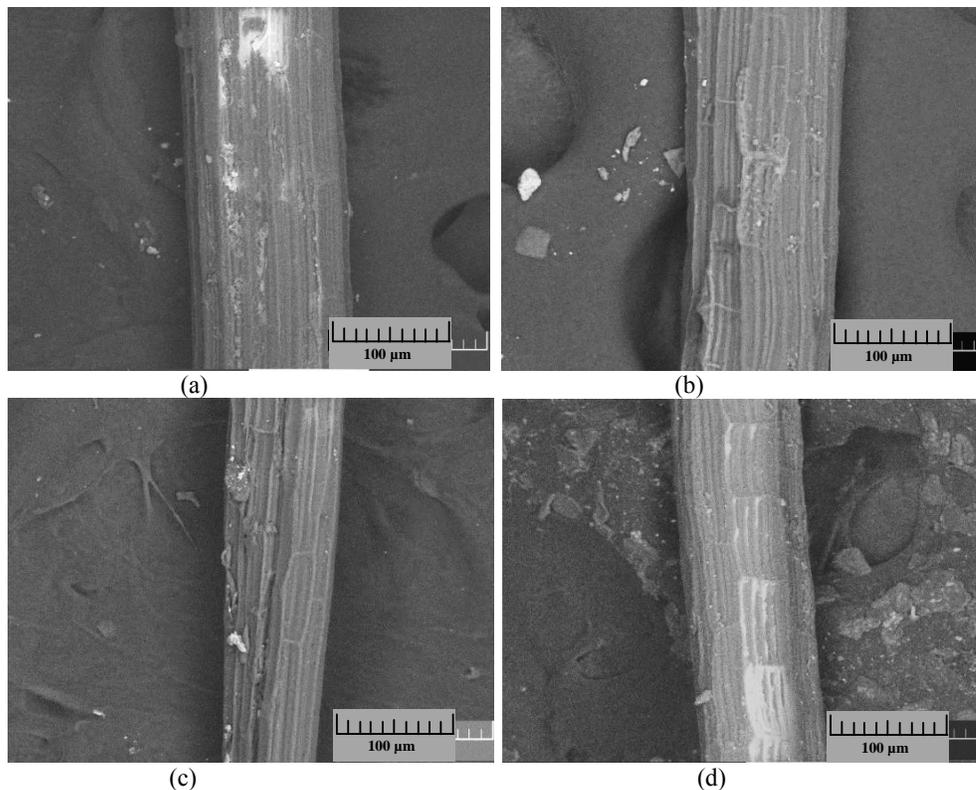
apabila hemiselulosa rusak maka antar selulosa tidak dapat terikat secara baik sehingga akan menurunkan efektifitas selulosa sebagai penguat.

Perlakuan panas pada serat dengan suhu tinggi tidak selalu menghasilkan perbaikan lebih baik. Suhu perlakuan panas untuk serat alam harus dibawah 140°C , dikarenakan perlakuan panas diatas suhu 140°C mengakibatkan penurunan tegangan tarik. Suhu perlakuan panas pada serat yang meningkat mengakibatkan warna tampilan serat menjadi cokelat seperti pada Gambar 2, selain itu serat menjadi mudah rapuh dan patah. Hal ini sesuai dengan pernyataan [4] yang mengatakan bahwa serat yang rusak karena panas dapat dilihat secara langsung dari warna serat yang cenderung lebih cokelat dan menyebabkan serat menjadi rapuh dan mudah patah.



Gambar 2. Warna Tampilan Serat Perlakuan Panas (a) 100°C ; (b) 120°C ; (c) 140°C ; (d) 160°C

Pengamatan permukaan serat setelah perlakuan panas diamati dengan menggunakan foto SEM (*Scanning Electron Microscope*) yang hasilnya dapat dilihat pada Gambar 3 berikut:

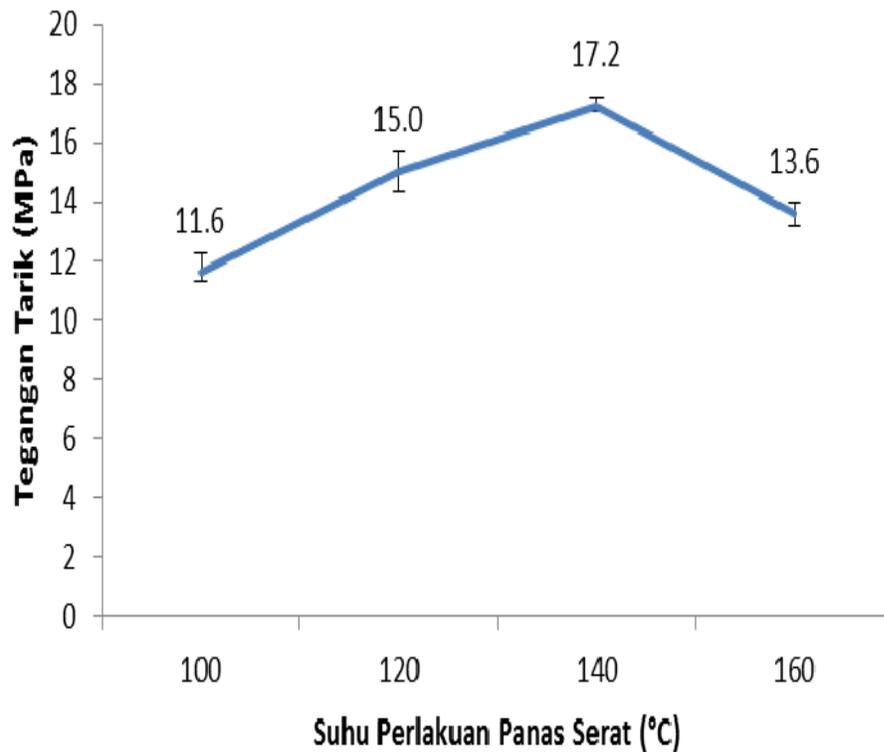


Gambar 3. Foto SEM (Scanning Electron Microscope) Permukaan Serat Cantula Dengan Perlakuan Panas (a) 100°C (b) 120°C (c) 140°C (d) 160°C (perbesaran 500 x)

Permukaan yang kasar tersebut dapat meningkatkan ikatan antara serat dengan matrik apabila serat tersebut dijadikan sebagai penguat pada komposit. Hal ini sesuai dengan pernyataan [2] bahwa perlakuan panas pada serat membuat permukaan serat semakin bersih dikarenakan hilangnya kotoran seperti lilin. Hal yang sama juga diungkapkan [10] bahwa perlakuan panas pada serat dengan suhu yang semakin meningkat membuat serat menjadi bersih, yang dikarenakan dihapusnya komponen seperti lilin, dan hemiselulosa. Sisa kotoran yang masih menempel pada permukaan serat akan mengurangi ikatan antar muka antara serat dan matrik apabila serat tersebut dijadikan penguat pada komposit. Permukaan serat yang cenderung masih halus dan tidak beralur mengakibatkan kontak antara serat dan matrik menjadi tidak kuat. Hal tersebut dapat menyebabkan nilai kekuatan tarik komposit tidak maksimal.

3.2 Uji Tarik Kekuatan Komposit

Pada Gambar 4 terlihat bahwa perlakuan panas pada serat memberikan pengaruh terhadap tegangan tarik komposit cantula-*r*HDPE. Nilai tegangan tarik komposit mengalami peningkatan dikarenakan perlakuan panas pada serat mengakibatkan menguapnya air pada permukaan serat sehingga ikatan antar muka serat dan matrik menjadi lebih baik. Ikatan yang lebih baik mengakibatkan kegagalan komposit terjadi karena putusya serat ketika menerima beban tarik. Hal ini sesuai dengan pernyataan [14] bahwa ikatan yang kuat mendorong kegagalan komposit tidak terjadi di daerah antarmuka serat-matrik, tetapi lebih cenderung pada rusak atau patahnya serat.



Gambar 4. Grafik Tegangan Tarik Komposit Cantula-*r*HDPE Pada Tiap Variasi Temperatur Perlakuan Panas Serat

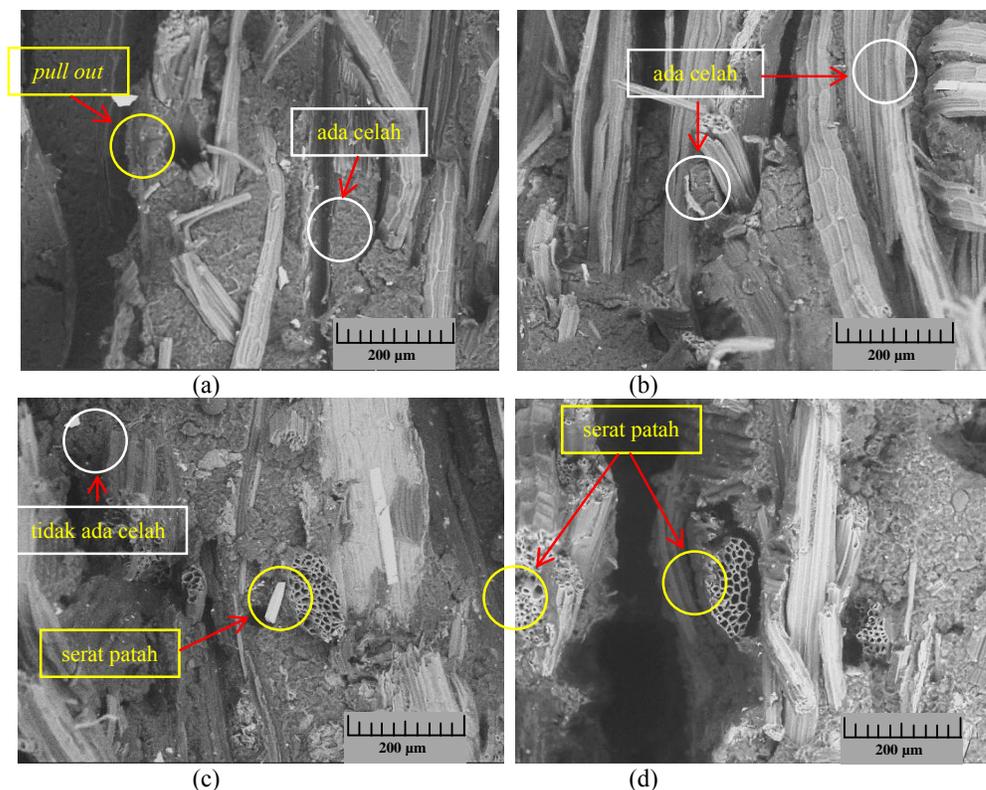
Temperatur perlakuan panas serat yang semakin meningkat mengakibatkan serat semakin bersih. Hal ini dikarenakan hilangnya pengotor pada permukaan serat seperti *wax* dan minyak, sehingga dengan bersihnya permukaan serat maka ikatan antara serat dan matrik menjadi lebih baik dan tegangan tarik menjadi meningkat. Perlakuan panas pada serat dapat meningkatkan tegangan tarik serat sehingga berakibat meningkatnya tegangan tarik pada komposit. Hal ini sesuai dengan pertanyaan [15] bahwa peningkatan dalam kekuatan dan kekakuan dapat diperoleh dengan memanaskan serat mulai pada suhu 100°C.

Pada perlakuan panas serat temperatur 140°C, menguapnya air permukaan serta hilangnya *wax* dan minyak membuat permukaan serat menjadi kasar dan beralur. Permukaan serat yang kasar dan beralur mengakibatkan luas permukaan ikatan antarmuka serat dan matrik menjadi lebih banyak sehingga ikatan

yang terbentuk akan bertambah kuat. Kuatnya ikatan antara serat dan matrik membuat tegangan tarik komposit menjadi meningkat. Hal ini sesuai dengan pernyataan [6] yang mengatakan bahwa terbentuknya ikatan yang kuat dikarenakan terjadinya *mechanical interlocking* antara serat dengan matrik.

Pada Gambar 4 grafik tegangan tarik mengalami penurunan dari perlakuan panas dengan temperatur 140°C ke 160°C. Penurunan tegangan tarik pada komposit disebabkan oleh menurunnya tegangan tarik pada serat. Tegangan tarik mengalami penurunan dikarenakan serat mulai rapuh sehingga serat tidak lagi kuat untuk menerima beban tarik. Seiring bertambahnya temperatur tersebut, hemiselulosa mulai mengalami kerusakan dan membuat serat menjadi rapuh. Hal ini sesuai dengan pernyataan [15] bahwa antara 150°C dan 240°C degradasi bertahap serat alami terjadi sehingga akan menurunkan kekuatan serat sebagai penguat

Pengamatan permukaan patahan pengujian tarik dilakukan dengan menggunakan foto SEM (*Scanning Electron Microscope*) yang hasilnya dapat dilihat pada Gambar 5 berikut:



**Gambar 5. Foto SEM Patahan Pengujian Tarik Dengan Perlakuan Panas
(a)100°C; (b)120°C; (c)140°C; (d)160°C (perbesaran 250 x)**

Hasil pengamatan patahan pengujian tarik komposit ditampilkan pada Gambar 5(a) foto SEM (*Scanning Electron Microscope*) variasi perlakuan panas serat dengan temperatur 100°C menunjukkan bahwa matrik belum mengikat serat dengan baik. Hal ini ditandai dengan terjadi fenomena *pull out*. *Pull out* adalah fenomena dimana terlepasnya serat dari matrik yang meninggalkan lubang pada matrik. Diameter lubang yang ditimbulkan akibat *pull out* hampir sama dengan diameter serat. Hasil foto SEM (*Scanning Electron Microscope*) pada gambar 5(b), patahan pengujian tarik komposit dengan variasi perlakuan panas serat 120°C, terlihat masih terdapat serat yang belum terikat dengan matrik sehingga mengakibatkan kegagalan ikatan antar muka. Pada gambar tersebut juga terlihat adanya celah antara serat dan matrik rHDPE. Celah tersebut mengakibatkan transfer tegangan yang diterima oleh matrik tidak dapat diteruskan dengan baik ke serat, hal tersebut membuat kekuatan tarik dari komposit kurang maksimal.

Pada gambar 5(c) pengamatan foto SEM (*Scanning Electron Microscope*), terlihat bahwa komposit cantula-rHDPE variasi perlakuan panas pada serat dengan temperatur 140°C, serat mengalami patah pada saat menerima beban tarik. Hal tersebut terjadi karena matrik mengikat serat dengan baik, sehingga transfer tegangan yang diterima matrik dapat tersalurkan ke serat secara baik. Hal ini sesuai dengan pernyataan [14] bahwa serat mengalami patah mengindikasikan bahwa serat dapat menahan beban sampai batas kemampuan maksimalnya. Pada gambar tersebut juga terlihat ikatan yang terbentuk antara serat dan

matrik tampak lebih baik dan lebih kuat dibandingkan dengan variasi yang lain. Hal ini dapat dilihat tidak adanya celah antara serat dan matrik, sehingga pada perlakuan ini mempunyai nilai kekuatan tarik tertinggi.

Pada gambar 5(d) foto SEM (*Scanning Electron Microscope*) juga merepresentasikan komposit terlihat mengalami kegagalan pada saat serat mencapai kekuatan tarik maksimal. Matrik yang masih menempel pada permukaan serat mengindikasikan ikatan yang kuat antara serat dan matrik. Ikatan antara serat dan matrik masih kuat saat komposit mengalami kegagalan. Kekuatan tarik komposit mengalami penurunan disebabkan oleh kerusakan pada serat. Kekuatan tarik serat mengalami penurunan pada perlakuan panas serat 160°C yang diakibatkan serat mengalami kerusakan karena hemiselulosa yang mulai terdegradasi. Air terikat pada serat juga mengalami penguapan sehingga meninggalkan rongga yang menjadikan serat menjadi mudah patah dan rapuh.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan dari penelitian dan pembahasan hasil dapat diambil kesimpulan bahwa perlakuan panas serat mengakibatkan peningkatan tegangan tarik serat sampai dengan temperatur perlakuan panas 140°C selama 10 jam, kemudian menurun pada temperatur perlakuan panas di atasnya dikarenakan serat mulai mengalami kerusakan. Perlakuan panas serat juga mengakibatkan kenaikan tegangan tarik komposit sampai dengan temperatur perlakuan panas serat 140°C, kemudian tegangan tarik komposit menurun pada temperatur 160°C.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ariawan, D., & Raharjo, W. W. 2009. Pengaruh Model Anyaman 3d Serat Cantula Terhadap Karakteristik Serapan Bunyi Komposit Unsaturated Polyester Resin (Upr S) - Cantula 3D. *Mekanika*, 7, 50–57.
- [2] Ariawan, D., Mohd. Ishak, Z. a., Mat Taib, R., Ahmad Thirmizir, M. Z., & Phua, Y. J. 2014. Effect of Heat Treatment on Properties of Kenaf Fiber Mat/Unsaturated Polyester Composite Produced by Resin Transfer Molding. *Scientific*, 699, 118–123.
- [3] Bledzki, A. K., & Faruk, O. 2003. Wood fibre reinforced polypropylene composites: Effect of fibre geometry and coupling agent on physico-mechanical properties. *Composite Materials*, 10(6), 365–379.
- [4] Cao, Y., Sakamoto, S., & Goda, K. 2007. Effects of Heat and Alkali Treatments on Mechanical Properties of Kenaf Fibers. *16Th International Conference on Composite Materials*, 16, 1–4.
- [5] Chand, N., dan Fahim, M., (2008), *Tribology of Natural Fiber Polymer Composites*, CRC Press LLC, North America.
- [6] Doan, T., Brodowsky, H., & Mäder, E. 2012. Jute fibre / epoxy composites : Surface properties and interfacial adhesion. *Composites Science and Technology*, 72(10), 1160–1166.
- [7] Esteves, B. M., & Pereira, H. M. 2009. Wood modification by heat treatment: a review, *Bioresources*, 4(1965), 370–404.
- [8] Jarukumjorn, K., Kaewkuk, S., & Sutapun, W. 2010. Effect of Heat Treated Sisal Fiber on Physical Properties of Polypropylene Composites. *Advanced Materials Research*, 1123–1126.
- [9] Kaboorani, A. 2009. Thermal Properties of Composites Made of Heat-treated Wood and Polypropylene. *Journal of Composite Materials*, 43(22), 2599–2607.
- [10] Kaewkuk, S., Sutapun, W., & Jarukumjorn, K. 2013. Effects of interfacial modification and fiber content on physical properties of sisal fiber/polypropylene composites. *Composites Part B: Engineering*, 45(1), 544–549.
- [11] Kalia S, Kaith BS, Kaur I. 2009. Pretreatments of Natural Fibers and their Application as Reinforcing Material in Polymer Composites. *Polymer Engineering and Science*, 49(7), 1253-1272
- [12] Ku, H., Wang, H., Pattarachaiyakooop, N., & Trada, M. 2011. A review on the tensile properties of natural fiber reinforced polymer composites. *Composites Part B: Engineering*, 42(4), 856–873.
- [13] Ochi, S., Takagi, H., & Niki, R. 2002. Mechanical Properties of Heat-Treated Natural Fibers. *Journal of the Society of Materials Science*, 51(10), 1164–1168.
- [14] Raharjo, W. W., Hikmawanto, D. A., Fitriyani, R., & Purnama, K. I. 2015. Sifat Tarik dan Lentur Komposit rHDPE / Serat Cantula dengan Variasi Panjang Serat. *Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin*, 16, 1–4.
- [15] Shahzad, A. 2011. Effects of Fibre Surface Treatments on Mechanical Properties of Hemp Fibre Composites. *Composite Interfaces*, 18, 737-754.

- [16] Wang, B., Panigrahi, S., Tabil, L., & Crerar, W. 2007. Pre-treatment of Flax Fibers for use in Rotationally Molded Biocomposites. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 26, 447–463.