

PEMANFAATAN SERAT CANTULA-HDPE SEBAGAI MATERIAL PENGUAT KOMPOSIT

Gilang Patria Putra¹

Program Studi Teknik Mesin (S1), Fakultas Teknik, Universitas Tidar

E-mail: smanagagd20@gmail.com

Informasi Naskah:

Diterima:

24 – 03 – 2022

Direvisi:

22 – 05 – 2022

Disetujui Terbit:

29 – 06 – 2022

Diterbitkan:

Cetak

11 – 07 – 2022

Online

11 – 07 – 2022

Abstract: The development of natural fiber as a reinforcing material for composites had begun have been widely used as a substitute for synthetic fibers that were already commonly used. that in general bonding could be improved by surface treatment of the fiber, by adjusting the chemical properties of the polymer matrix. Most of these characteristics were determined by the manufacturing process conditions such as process temperature, holding time, pressing pressure and cooling rate. Heat treatment of cantula fiber was one method to improved the bond between fiber and matrix. The materials used in this studied include cantula fiber derived from the agave cantula roxb plant and hpde which had been used in this studied initially in the form of packaged plastic bottles which were then cleaned and chopped. The mechanical properties tested in this studied was the tensile strength of single fibers and the tensile strength of composites. The results showed that the highest tensile stressed and fiber tensile strain values was at 140^oc treatment of 396,112 mpa and 5,6%. The highest valued of modulus of elasticity and fiber density at 140^oc treatment was 78,591 mpa and 1,84 gr/cm³. The highest valued of modulus of elasticity and density of composites in the 140^oc treatment was 78,591 mpa and 1,84 gr/cm³. The valued of the highest tensile stressed and tensile strain in the heat treatment at 140^oc was 16,82 mpa and 3,3%, respectively.

Keyword: composite, cantula fiber, HDPE.

Abstrak: Perkembangan serat alam sebagai bahan penguat untuk komposit mulai banyak digunakan sebagai pengganti serat sintesis yang sudah umum digunakan. bahwa secara umum ikatan dapat ditingkatkan dengan perlakuan permukaan serat, dengan menyesuaikan sifat kimia dari matrik polimer. Sebagian besar karakteristik tersebut ditentukan oleh kondisi proses pembuatan seperti temperatur proses, waktu penahanan, tekanan pengepresan dan laju pendinginan. Perlakuan panas pada serat cantula adalah salah satu metode untuk memperbaiki ikatan antara serat dengan matrik. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain Serat cantula berasal dari tanaman Agave Cantula Roxb dan HPDE yang akan digunakan dalam penelitian ini semula berupa botol plastik kemasan yang kemudian dibersihkan dan dicacah. Sifat mekanik yang diuji dalam penelitian ini adalah kekuatan tarik serat tunggal dan kekuatan tarik komposit. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai tegangan tarik dan regangan tarik serat tertinggi pada perlakuan 140^oC sebesar 396,112 MPa dan 5,6%. Nilai Modulus elastisitas dan densitas serat tertinggi pada perlakuan 140^oC sebesar 78,591 MPa dan 1,84 gr/cm³. Nilai Modulus elastisitas dan densitas kmposit tertinggi pada perlakuan 140^oC sebesar 78,591 MPa dan 1,84 gr/cm³. Nilai tegangan tarik dan regangan tarik komposit tertinggi pada perlakuan panas 140^oC sebesar 16,82 MPa dan 3,3%.

Kata Kunci: Komposit, Serat Cantula, HDPE

PENDAHULUAN

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 (Raharjo, 2015), serta mempunyai kandungan selulose 64,3% (Ariawan, 2014).

Salah satu bahan penguat dari serat alam adalah serat cantula (*Agave Cantula Roxb*) yang merupakan bahan penguat untuk komposit yang memiliki ciri fisik yang bervariasi. Keberadaannya memiliki berbagai keunggulan antara lain murah, ringan, serat alam yang banyak ditemukan di daerah tropis, mudah pengerjaannya dan bisa digunakan sebagai papan pengganti kayu untuk perumahan, atap, lantai dan juga bahan otomotif (Fitriyani, 2012).



Gambar 1. Tanaman *agave cantula roxb*

Ada beberapa hal yang mempengaruhi performa komposit serat cantula HDPE salah satunya adalah ikatan antara serat dengan matrik. Jika ikatannya lemah maka sifat mekanik dari komposit tersebut akan rendah. Ikatan antara serat dan matrik tersebut dapat ditingkatkan dengan dilakukannya perbaikan ikatan. Hal ini sesuai dengan

pernyataan (Lokantara, 2019) yang mengatakan bahwa kompatibilitas antara serat dengan matrik polimer dapat ditingkatkan dengan modifikasi serat, modifikasi matrik atau penambahan *coupling agent*. Ochi (2012) mengemukakan bahwa secara umum ikatan dapat ditingkatkan dengan perlakuan permukaan serat, penambahan *coupling agent*, atau dengan menyesuaikan sifat kimia dari matrik polimer. Kekuatan material komposit serat alam (*Agave Cantula Roxb*) sangat dipengaruhi oleh kekuatan ikatan antar muka dari serat alam dan matrik. Kekuatan ikatan antara serat dan matrik pada material komposit termoplastik tergantung dari beberapa faktor, seperti sifat morfologi matrik, kondisi permukaan serat, dan adanya tegangan sisa. Sebagian besar karakteristik tersebut ditentukan oleh kondisi proses pembuatan seperti; temperatur proses, waktu penahanan, tekanan pengepresan dan laju pendinginan.

Perlakuan panas pada serat cantula adalah salah satu metode untuk memperbaiki ikatan antara serat dengan matrik. Perlakuan panas pada serat dengan temperatur diatas 100°C bertujuan untuk mengurangi kadar air dalam serat sehingga dapat meningkatkan kekuatan dan memperbaiki ikatan antar muka serat dengan matrik (Fitriyani, 2012). Oleh karena itu melihat dari penjelasan diatas maka penelitian ini mempelajari pemanfaatan serat cantula-HDPE sebagai material penguat komposit. Yang ditinjau dari perlakuan panas pada serat terhadap sifat tarik serat dan komposit cantula-HDPE.

TINJUAN PUSTAKA

Raharjo dkk (2015) melakukan penelitian terhadap hubungan antara panjang serat dengan kekuatan lentur komposit HDPE-serat cantula. Kekuatan lentur komposit meningkat dengan pertambahan panjang serat. Kekuatan lentur tertinggi sebesar 34,32 MPa terjadi

pada komposit dengan panjang serat 10 mm. Sedangkan nilai terendah terjadi pada komposit dengan serat penguat 1 mm sebesar 30,35 MPa. Komposit dengan panjang serat 1 mm sampai dengan 10 mm mempunyai kekuatan lentur lebih besar dari HDPE tanpa serat penguat.

Adhitya dkk (2015) melakukan penelitian terhadap hubungan fraksi berat serat terhadap kekuatan bending komposit HDPE- Cantula. Kekuatan bending yang ditampilkan merupakan nilai rata-rata, nilai maksimum dan nilai minimum dari lima spesimen untuk tiap variasi pengujian. Peningkatan fraksi berat serat sampai dengan 30 % akan diikuti dengan peningkatan kekuatan bending komposit. Sedangkan fraksi berat serat diatas 30% akan menyebabkan penurunan kekuatan bending komposit. Kekuatan Bending tertinggi terjadi pada komposit dengan fraksi berat 30% dengan kekuatan bending 27,55 MPa dan nilai kekuatan bending terendah 6,96 MPa berada pada fraksi berat 10%.

Fitriyani dkk (2012) melakukan penelitian terhadap uji tarik serat Agave Cantula Roxb, dengan perlakuan alkali NaOH 2% memiliki kekuatan strength yang tinggi, elongation yang rendah dan memiliki Modulus Young yang tinggi. Hal ini mengindikasikan bahwa serat Agave Cantula Roxb memiliki sifat yang kuat dan memiliki elastisitas yang tinggi, karena semakin besar modulus young, maka serat tersebut semakin elastis.

Ochi (2012) menjelaskan pengujian pada serat alam, dimana pada temperatur 100°C terjadi fenomena hilangnya air dari permukaan serat dikarenakan terjadi penguapan. Pada temperatur 150°C-375°C hemiselulosa degradasi. Pada temperatur 275°C-350°C selulosa degradasi, dan pada temperatur 250°C-500°C lignin mengalami degradasi.

METODOLOGI PENELITIAN

Tempat Penelitian

Penelitian tentang pengaruh perlakuan panas serat, mulai dari persiapan alat dan bahan sampai dengan pengujian tarik serat tunggal dan

komposit dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Tidar.

Bahan dan Alat Penelitian

Bahan yang digunakan dalam pembuatan spesimen uji tarik serat dan komposit adalah serat cantula (*agave cantula roxb*) dan matriks HDPE (*High Density Polyethylene*). Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah timbangan digital, oven, mesin pencacah, *mixer*, mesin *hot press*, dan alat uji tarik (*Universal Testing Machine*).

Teknik Pengolahan dan Perlakuan Serat

Persiapan awal yang dilakukan adalah Serat cantula dioven untuk diberikan perlakuan awal, yaitu dioven selama 30 menit dengan suhu 100°C untuk mengurangi kadar air. Serat yang digunakan dalam pembuatan komposit dipotong-potong sepanjang 100 mm. Serat cantula dimasukkan ke dalam oven kembali selama 4 jam dengan variasi suhu, masing-masing 100°C, 120°C, dan 140°C untuk diberikan perlakuan panas serat.

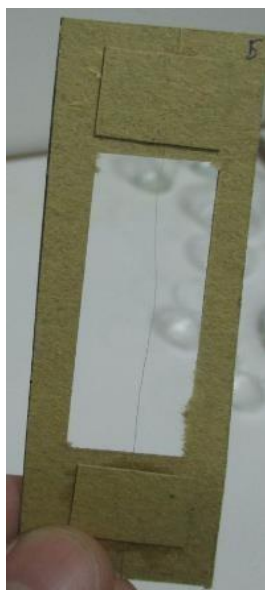
Teknik Pengolahan Matrik HDPE

Persiapan awal yang dilakukan adalah pengadaan HDPE (*High Density Polyethylene*). HDPE yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan bekas kemasan botol yang berwarna putih semi transparan. Kemasan botol tadi disortir untuk dipisahkan dengan kotorannya, selanjutnya dicuci pada air yang mengalir untuk membersihkan kotoran-kotoran yang masih menempel, kemudian dijemur di bawah sinar matahari langsung. Proses selanjutnya adalah botol plastik tersebut dicacah dengan mesin pencacah.

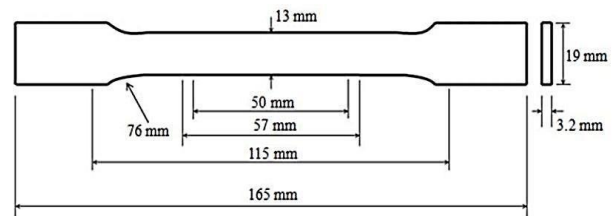
Teknik Pembuatan Spesimen Uji

Persiapan awal membuat spesimen serat yang dilakukan adalah menyiapkan alat dan bahan, antara lain serat cantula yang sudah diberikan perlakuan panas, kertas karton, dan lem epoxy. Serat cantula yang telah di potong 100 mm diletakkan pada kertas

karton, kemudian diletakkan diatas kaca dan dijepit dengan menggunakan penjepit kertas. Serat direkatkan dengan menggunakan lem epoxy. Penjepit kertas dilepaskan, setelah itu pada grip spesimen diberikan isolasi *double tape spon* agar ketika pengujian spesimen dapat tercekam secara maksimal. Persiapan awal membuat spesimen kompososit adalah menyiapkan alat dan bahan, antara lain serat cantula, serat HDPE, wax, mika, cetakan spesimen, timbangan, *mixer*, mesin *hot press*. Serat cantula dan serat HDPE ditimbang sesuai dengan komposisi yang ditentukan. Serat cantula dengan serat HDPE dicampur dengan perbandingan fraksi volum 30% : 70% menggunakan *mixer* agar diperoleh hasil campuran yang merata. Hasil campuran bahan tadi dimasukkan ke dalam cetakan spesimen yang sebelumnya dipasang mika yang telah diolesi wax agar spesimen tidak menempel pada cetakan. Cetakan dimasukkan ke dalam *hot press* sampai dengan suhu 150°C, waktu *holding time* 25 menit dan tekanan pengepresannya 50 bar. Tahapannya selanjutnya adalah pendinginan sampai suhu turun menjadi 80°C, kemudian dikeluarkan dilanjutkan dengan pendinginan di luar sampai dengan suhu 40°C. Proses selanjutnya, melepas cetakan dan mengambil spesimen yang telah dibuat, hasil cetakan spesimen selanjutnya dipotong.



Gambar 2. Spesimen uji tarik serat



Gambar 3. Spesimen uji tarik komposit

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Uji Densitas Serat

Hasil pengujian densitas serat cantula dengan variasi perlakuan panas serat dapat dilihat pada tabel 1. Pengujian densitas merupakan suatu indikator penting, karena sangat mempengaruhi sifat dari serat. Densitas serat menunjukkan sifat ringan pada serat. Semakin besar nilai densitas serat maka semakin berat serat tersebut. Densitas serat cantula yang ditampilkan pada tabel 1. merupakan nilai rata-rata dari lima spesimen untuk tiap variasi pengujian seperti pada tabel 1. Adapun densitas serat pada penelitian ini diperoleh nilai 1,847 gr/cm³.

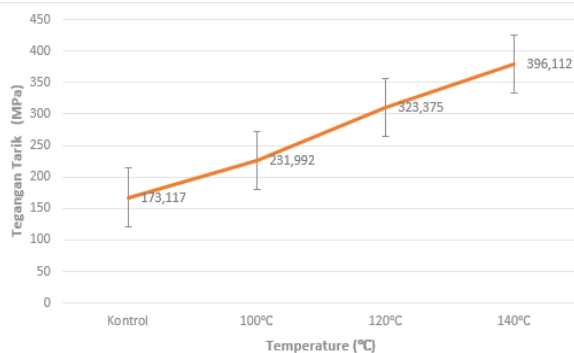
Tabel 1. Hasil pengujian uji densitas serat cantula

Spesimen	Temperatur (°C)	M _a (gr)	M _l (gr)	M _a - M _l (gr)	ρ _l (gr/cm ³)	ρ _f (gr/cm ³)
1	140°C	5,12	2,34	2,78	0,997	1,836
2	140°C	5,17	2,38	2,79	0,997	1,847
3	140°C	5,21	2,40	2,81	0,997	1,848
4	140°C	5,25	2,43	2,82	0,997	1,856
5	140°C	5,17	2,38	2,79	0,997	1,847
RATA-RATA	140°C	5,18	2,39	2,80	0,997	1,847

Uji Tarik Serat Cantula

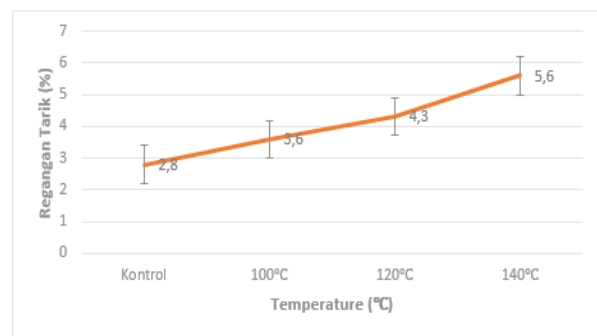
Hasil pengujian tarik serat tunggal cantula dengan variasi perlakuan panas serat dapat dilihat pada grafik 1. Nilai yang ditampilkan pada Grafik 1. merupakan rata-rata dari lima spesimen uji yang dilakukan untuk setiap variasi pemanasan serat. Nilai tegangan tarik serat dengan perlakuan panas lebih tinggi dibandingkan dengan serat tanpa perlakuan panas. Nilai tegangan tarik serat tunggal dengan perlakuan panas mengalami peningkatan dari perlakuan tanpa perlakuan panas (kontrol) dengan nilai 173,117 MPa pada serat dengan

temperatur 100°C dengan nilai 231,992 MPa kemudian temperatur 120°C dengan nilai 323,375 MPa dengan nilai tertinggi pada perlakuan panas serat 140°C sebesar 396,112 MPa. C tegangan tarik mengalami peningkatan, hal ini diprediksi adanya perbaikan dalam struktur selulosa yang memberikan kontribusi untuk meningkatkan tegangan tarik serat (Kaewuk, 2013). Perbaikan dalam struktur selulosa pada perlakuan panas serat 140°C meningkat dibandingkan perlakuan panas serat 120°C. Kenaikan kristal pada selulosa setelah perlakuan panas disebabkan oleh degradasinya struktur amorf di serat, oleh karena itu terjadi penataan ulang struktur kristal (Ochi, 2012).



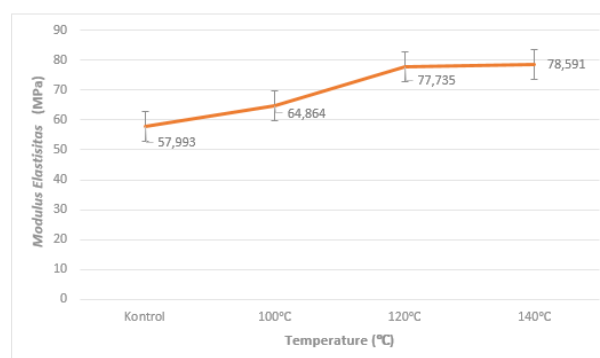
Gambar 3. Grafik 1 Pengaruh variasi temperatur terhadap tegangan tarik serat.

Pada grafik 2. menunjukkan regangan tarik serat cantula untuk tiap variasi temperatur perlakuan panas serat. Nilai regangan tarik serat tanpa perlakuan panas (kontrol) sebesar 2,8%. Regangan tarik serat dengan perlakuan panas serat 100°C adalah 3,6%. Regangan tarik pada perlakuan panas 120°C mengalami kenaikan, menjadi 4,3%. Regangan tarik serat dengan temperatur 140°C memiliki nilai paling tinggi yaitu sebesar 5,6%.



Gambar 4. Grafik 2 Pengaruh variasi temperatur terhadap regangan tarik serat.

Pada grafik 3. menunjukkan modulus elastisitas serat cantula untuk tiap variasi temperatur perlakuan panas serat. Pada grafik tersebut menunjukkan bahwa perlakuan panas serat mempengaruhi nilai modulus elastisitas. Tingginya modulus elastisitas juga dipengaruhi oleh nilai tegangan regangan. Serat tanpa perlakuan panas (kontrol) memiliki nilai modulus elastisitas 57,993 MPa, pada serat dengan perlakuan panas 100°C dengan nilai 64,864 Mpa, pada serat dengan perlakuan panas 120°C dengan nilai 77,735 Mpa, dan pada serat dengan perlakuan panas 140°C dengan nilai 78,591 MPa. Hal ini dipengaruhi oleh semakin tingginya temperatur perlakuan panas serat, maka serat menjadi getas. Perlakuan panas yang terlalu tinggi mengakibatkan serat kehilangan air terikat di dalam serat yang mengakibatkan serat menjadi getas.



Gambar 5. Grafik 3 Pengaruh variasi temperatur terhadap modulus elastisitas serat.

Uji Densitas Komposit

Pada tabel 2. merupakan hasil pengujian densitas komposit cantula HDPE. Pengujian densitas merupakan suatu indikator penting dalam cakupan

komposit, karena sangat mempengaruhi sifat dari material komposit. Densitas komposit menunjukkan sifat ringan pada bahan komposit. Semakin besar nilai densitas komposit maka semakin berat komposit tersebut. Sifat ringan merupakan sifat yang diperlukan untuk beberapa bahan komposit yang digunakan dalam aplikasi industri manufaktur Densitas suatu bahan sama halnya dengan kerapatan massa suatu bahan. Densitas komposit cantula HDPE yang ditampilkan pada tabel 2. adalah nilai rata-rata dari lima spesimen untuk tiap variasi pengujian seperti pada tabel 2. Adapun densitas komposit pada penelitian ini diperoleh nilai 0,978 gr/cm³.

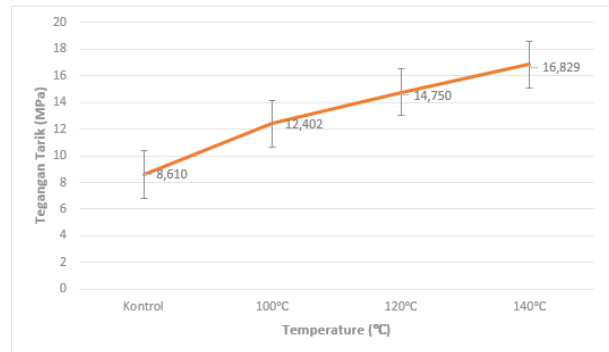
Tabel 2. Hasil pengujian uji densitas Komposit serat cantula HDPE

Spesime	Temperatu	m	p	l	t	v	ρ
n	r (°C)	(gr)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm ³)	(gr/cm ³)
1	140°C	17,28	16	2	0,5	16	1,08
2	140°C	17,41	16	2	0,5	16	1,088
3	140°C	17,39	16	2	0,5	16	1,086
4	140°C	17,46	16	2	0,5	16	1,091
5	140°C	17,34	16	2	0,5	16	1,083
RATA-RATA	140°C	17,37	16	2	0,5	16	1,085

Uji Tarik Komposit Serat Cantula HDPE

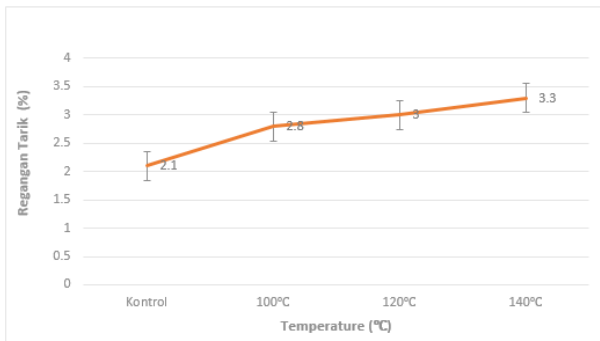
Tegangan tarik komposit cantula HDPE dengan variasi perlakuan panas serat. Pada Gambar tersebut memperlihatkan bahwa perlakuan panas pada serat mempengaruhi tegangan tarik pada komposit cantula HDPE. Tegangan tarik mengalami peningkatan setelah diberi perlakuan panas pada serat. Tegangan tarik serat tanpa perlakuan panas (kontrol) dengan nilai 8,61 Mpa, pada serat dengan perlakuan panas 100°C dengan nilai 12,402 Mpa, pada serat dengan perlakuan 120°C dengan nilai 14,750 Mpa, dan Pada serat dengan perlakuan panas 140°C dengan nilai 16,829 Mpa. 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 (Kaewuk, 2013).



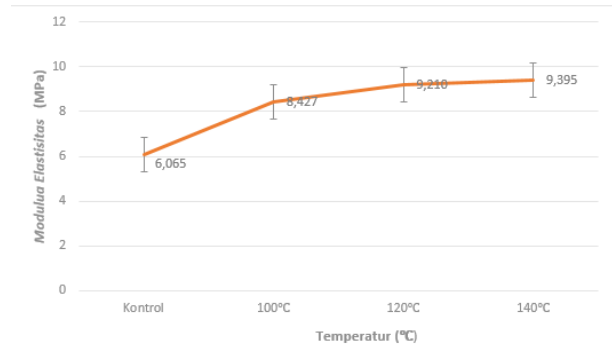
Gambar 6. Grafik 4. Pengaruh variasi temperatur terhadap tegangan tarik komposit.

Pada grafik 5. menunjukkan bahwa komposit perlakuan panas pada serat dengan temperatur 140°C memiliki nilai paling tinggi yaitu 3,3 dibandingkan dengan komposit tanpa perlakuan panas pada serat (kontrol) dan komposit dengan perlakuan panas pada serat 100°C, 120°C, dan 140°C. Regangan tarik komposit cantula HDPE menunjukkan peningkatan seiring berubahnya temperatur perlakuan panas serat. Dengan nilai 2,3%, 2,8%, 3%, dan 3,3%. Perlakuan panas dengan menggunakan temperatur tinggi, maka matrik akan mengikat serat semakin sempurna dan mengalami kenaikan kekuatan. Besarnya tegangan dan regangan yang mampu ditahan oleh komposit menjadi meningkat. Serat dengan diberikan perlakuan panas dengan suhu yang sesuai maka ikatan antara serat dan matrik akan menjadi lebih kuat dan besarnya tegangan dan regangan yang terjadi akan mengalami peningkatan.



Gambar 7. Grafik 5 Pengaruh variasi temperatur terhadap tegangan tarik komposit.

Pada grafik 6, menunjukkan bahwa nilai modulus elastisitas mengalami peningkatan sehubungan dengan bertambahnya temperatur perlakuan panas pada serat. Tingginya modulus elastisitas juga dipengaruhi oleh nilai tegangan regangan. Serat tanpa perlakuan panas (kontrol) memiliki nilai modulus elastisitas 6,065 MPa, pada serat dengan perlakuan panas 100°C dengan nilai 8,427 Mpa, pada serat dengan perlakuan panas 120°C dengan nilai 9,210 Mpa, dan pada serat dengan perlakuan panas 140°C dengan nilai 9,395 MPa. Karakteristik grafik tegangan dan regangan yang hampir sama mengakibatkan grafik modulus elastisitas mengalami perubahan. Perubahan ini disebabkan karena kenaikan grafik regangan secara bertahap. Dikarenakan perlakuan panas pada serat mengakibatkan menguapnya air pada permukaan serat. Air pada permukaan serat menghalangi matrik untuk mengikat serat, sehingga dengan hilangnya air pada permukaan serat, ikatan antar muka serat dan matrik menjadi lebih baik. Kecenderungan peningkatan nilai modulus tarik disebabkan ikatan antara serat dan matrik yang semakin baik seiring dengan bertambahnya suhu perlakuan panas.



Gambar 8. Grafik 6 Pengaruh variasi temperatur terhadap tegangan tarik komposit.

KESIMPULAN

Berdasarkan dari penelitian dan pembahasan hasil dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain adalah Perlakuan panas pada serat mengakibatkan kenaikan secara bertahap tegangan tarik dan regangan tarik serat jika dibandingkan dengan serat tanpa perlakuan. *Modulus elastisitas* juga mengalami peningkatan jika dibandingkan dengan serat tanpa perlakuan. Nilai tegangan tarik dan regangan tarik serat tertinggi pada perlakuan 140°C sebesar 396,112 MPa dan 5,6. Nilai *Modulus elastisitas* dan densitas serat tertinggi pada perlakuan 140°C sebesar 78,591 MPa dan 1,84 gr/cm³. Perlakuan panas serat mengakibatkan kenaikan secara bertahap tegangan tarik dan regangan tarik komposit jika dibandingkan dengan komposit tanpa perlakuan panas serat. *Modulus elastisitas* juga mengalami peningkatan jika dibandingkan dengan komposit tanpa perlakuan panas serat. Nilai tegangan tarik dan regangan tarik komposit tertinggi pada perlakuan panas 140°C sebesar 16,82 MPa dan 3,3. Nilai *Modulus elastisitas* dan densitas komposit tertinggi pada perlakuan 140°C sebesar 9,395 MPa dan 1,085 gr/cm³.

DAFTAR PUSTAKA

Adithya, S., Raharjo, W. W., & Triyono, T. (2015). Pengaruh Fraksi Berat Serat Terhadap Kekuatan Bending Komposit HDPE-Cantula. *Mekanika*, 13(2), 51–54.

- ASTM C1557. 2003. *Standard Test Method for Tensile Strength and Young's Modulus of Fibers*. Annual book of ASTM Standards, Vol.08.01, American Society for Testing and Materials (ASTM), Philadelphia, USA.
- ASTM D3800-99. 2002. *Standard Test Methods for Density of High Modulus Fibrous Material*. Annual book of ASTM Standards, Vol.08.01, American Society for Testing and Materials (ASTM), Philadelphia, USA.
- ASTM D638. 2000. *Standard Test Methods for Tensile Properties of Plastics*. Annual Book of ASTM Standard, Vol.10.01, American Society for Testing and Materials (ASTM), Philadelphia, USA.
- ASTM D792. 2000. *Standard Test Method for Specific Gravity (Relative Density) and Density of Plastics by Displacement*. Annual book of ASTM Standards, Vol.08.01, American Society for Testing and Materials (ASTM), Philadelphia, USA
- Ariawan, D., Ishak, Z. M. a., Mat Taib, R., 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(10), 118–123.
- Doan, T., Brodowsky, H., & Mäder, E. (2012). *Jute fibre / epoxy composites: Surface properties and interfacial adhesion*. Composites Science and Technology, 72(10), 1160–1166.
- Fitriyani, R., Cahyantoro, Y., Indriyanto, R., & Raharjo, W. W. (2012). Analisis Pengaruh Perlakuan Serat Terhadap Kekuatan Tarik Serat Agave Cantula Roxb. Agri-Tek, 13, 67–77.
- Gibson, R. F. (1994). *Principles of Composite Material Mechanics*. McGraw-Hill Book Company. New York.
- 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.
- Lokantara, I. P., Suardana, N. P., Surata, I. W., Winaya, INS. (2019). *Effect Alkali Treatment On The Tensle Strength Of Lidah Mertua Fiber/Polypropylene Reycled Biocomposite*. Study Program Of Mechanichal Engineering. Udayana University. Bali.
- Ochi, S. (2012). *Tensile Properties of Bamboo Fiber Reinforced Biodegradable Plastics*. International Journal of Composite Materials, 2(1), 1–4.
- Purnama, K. I., Raharjo, W. W., & Triyono, T. (2016). Pengaruh Variasi Temperatur Hotpress Terhadap Kekuatan Bending Komposit HDPE/Cantula. Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin, 7, 26–29.
- Raharjo, W. W., Hikmawanto, D. A., Fitriyani, R., & Purnama, K. I. (2015). Sifat Tarik dan Lentur Komposit HDPE / Serat Cantula dengan Variasi Panjang Serat. Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin, 16, 1–4.
- Schwartz, M. M. (1984). *Composites Material Handbook*. McGraw-Hill Book Company. New York.
- Widyatmaja, D. W., Raharjo, W. W., & Sukanto, H. (2014). Pengaruh Suhu Pencampuran Terhadap Kekuatan Tarik dan Fracture Toughness Epoxy Resin-Organoclay. Mekanika, 12(2), 101–107.