

Pengaruh Fraksi Volume Serat Kenaf dan E glass Terhadap Kuat Tarik Komposit Laminat Hibrid Kenaf – E glass/Low Density Polyethylene

(The Influence of Volume Fraction of Kenaf & E glass Fibers On The Tensile Strenght of Kenaf – E glass/Low Density Polyethylene Hybrid Composite Laminates)

FERDY WINANTA E.S., HARINI S., ARIS WIDYO. N. M. YUZHDIY G. DANI R.P.

ABSTRAK

Komposit hibrida kenaf – E glass/Low Density Polyethylene (LDPE) telah berhasil difabrikasi menggunakan alat *hot compression moulding*. Serat kenaf yang digunakan berasal dari Balittas (Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat), Malang, Jawa Timur. Sebelum difabrikasi, serat kenaf dilakukan treatment menggunakan larutan NaOH dengan konsentrasi 6% selama 4 jam pada temperatur ruangan. Serat kenaf dan E glass dipotong dengan panjang ± 10 mm. Fraksi volume serat hibrida dan matrik yang digunakan adalah 80%/20%, dengan variasi perbandingan fraksi volume kenaf/E glass 70/30, 80/20 dan 90/10. Fabrikasi komposit meliputi pencampuran serat dengan potongan lembaran LDPE yang disesuaikan dengan ukuran *molding* dengan tipe *laminated composites*. Proses fabrikasi dilakukan menggunakan *hot compression molding* dengan temperatur ± 160 °C selama ± 15 menit. Spesimen uji tarik dibuat berdasarkan standar ASTM D 638 – 02. Kekuatan tarik dan modulus elastisitas tarik tertinggi pada perbandingan serat kenaf – E glass 90/10 sebesar 20.91 ± 1.98 MPa dan 119.54 ± 9.91 MPa dengan *coefficient of variation* 9.5% dan 8.29%. Regangan tarik tertinggi pada perbandingan serat kenaf - E glass 80/20 sebesar 0.193 ± 0.0290 , dengan *coefficient of variation* 15.53%.

Kata kunci : Komposit hibrida, *laminated composites*, Serat kenaf.

PENDAHULUAN

Material komposit merupakan material yang tersusun dari sedikitnya dua macam material yang memiliki sifat fisis yang berbeda yakni sebagai *filler* atau material penguat dan matrik sebagai material pengikatnya (Elmarakbi, 2014). Serat sintetis pada komposit berpenguat serat memiliki dampak negatif terhadap kesehatan manusia dan lingkungan. Untuk mengurangi dampak negatif tersebut, maka dapat dibuat kombinasi serat alam dengan serat sintetis. Serat alam dipilih karena memiliki beberapa keunggulan diantaranya, *low density*, *low cost*, ramah lingkungan dan memiliki sifat mekanik tinggi, contohnya serat kenaf, sisal dan jute (Mallick, 2007). Dewasa ini telah dikembangkan material komposit berpenguat serat alam untuk aplikasi industri otomotif, contohnya, *door inner*

panel, *seat back*, *roof inner panel*, dll (Mallick, 2007). Polimer termoset seperti *epoxy* dan *vinyl ester* pada umumnya digunakan sebagai matrik *continuous dan long fibers reinforced composites*, karena mudah dalam proses pembuatannya dan memiliki viskositas rendah. Sedangkan matriks termoplastik seperti *polypropylene*, PVC (*polyvinyl chloride*), LDPE (*low density polyethylene*) dan HDPE (*high density polyethylene*) pada umumnya digunakan sebagai matrik *short fibers reinforced composites* dikarenakan dalam proses pembuatannya menggunakan mesin *injection molding* dan *compression molding* (Mallick, 2007).

Kenaf (*Hibiscus Cannabinus L.*) merupakan serat alam yang banyak dibudidayakan di Indonesia. Pertumbuhan tanaman kenaf sangat cepat, dalam waktu 4 hingga 5 bulan tanaman kenaf dapat tumbuh 4 sampai 5 meter. Serat kenaf telah dikembangkan oleh PT. Toyota Motor

Manufacturing Indonesia dalam bentuk komposit *fiber board* dengan orientasi serat acak berjenis *polypropylene* sebagai material alternatif pada komponen interior kendaraan (Fauziah, 2009). Namun, komposit *fiber board* yang telah dibuat memiliki kekurangan, yaitu kekuatan mekanisnya masih cenderung lebih rendah dibandingkan dengan komposit berpenguat serat sintesis. Berdasarkan hal tersebut maka dibuat komposit hibrida berpenguat serat kenaf – E *glass*/LDPE dengan harapan dapat meningkatkan kuat tarik komposit, karena nilai kuat tarik serat E *glass* sebesar 3500 MPa yang lebih besar dibandingkan serat kenaf yang hanya 930 MPa (Holbery & Houston, 2006). Sosiati, et al., (2016) dalam penelitiannya tentang *bio composites fabricated by sandwiching sisal fibers with polypropylene* menggunakan mesin manual *hot compressed mould* sebagai alat untuk mencetak spesimen komposit laminat. Temperatur dan tekanan yang digunakan masing-masing sebesar 170 °C dan 5.5 MPa selama 15 menit.

Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh fraksi volume serat kenaf/E-*glass* terhadap kuat tarik material komposit hibrida (kenaf-E-*glass*)/ LDPE dan mengetahui perbandingan antara hasil pengujian dengan hasil perhitungan teoritis komposit menggunakan persamaan Cox Krenchel.

METODOLOGI PENELITIAN

Serat yang digunakan sebagai penguat komposit adalah serat kenaf dan E *glass* dengan densitas masing-masing 1,45 gr/cm³ dan 2.42 gr/cm³. Komposit yang dibuat berorientasi serat acak dengan panjang serat kenaf dan E *glass* masing-masing ± 10 mm. Serat kenaf dan E *glass* diperoleh dari Balittas (Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat), Malang, Jawa Timur dan PT. Justus Kimia Raya. Sebelum difabrikasi, serat kenaf diberi perlakuan alkali (direndam) menggunakan larutan NaOH dengan konsentrasi 6 % selama 4 jam pada temperatur ruangan dengan tujuan untuk menghilangkan kotoran yang menempel pada permukaan serat.

Fabrikasi spesimen uji tarik komposit mengacu pada ASTM D 638-02. Uji tarik spesimen komposit menggunakan kecepatan tarik 500 mm/menit. Fraksi volume komposit dihitung menggunakan persamaan 2.

$$M_c = M_f + M_m \text{ (gr)} \quad (1)$$

dimana, M_f = massa serat/*fiber* (gr)

M_m = massa matrik (gr)

M_c = massa komposit (gr)

$$V_c = V_f + V_m + V_v \text{ (cm}^3\text{)} \quad (2)$$

dimana, V_c = volume komposit (cm³)

V_f = volume serat (cm³)

V_m = volume matrik (cm³)

V_v = volume *void* (gelembung udara) (cm³)

Sehingga, massa jenis komposit, ρ_c (g/cm³), adalah

$$M_f = \rho_f \cdot V_f \text{ (gr)} \quad (3)$$

$$M_m = \rho_m \cdot V_m \text{ (gr)} \quad (4)$$

$$\rho_c = \frac{M_c}{V_c} \text{ (gr/cm}^3\text{)} \quad (5)$$

Dimana : ρ_f = massa jenis serat (gr)

ρ_m = massa jenis matrik (gr)

Maka:

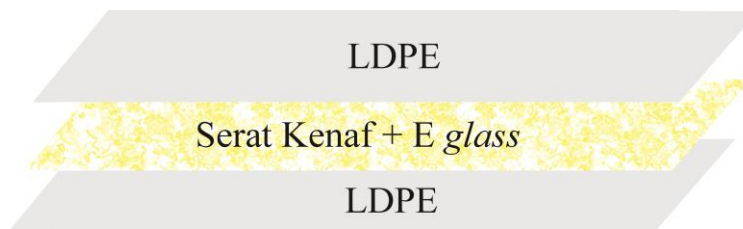
$$\rho_c = \frac{\rho_f \cdot V_f + \rho_m \cdot V_m}{V_f + V_m + V_v} \text{ (gr/cm}^3\text{)} \quad (6)$$

Pada kenyataannya volume *void* (V_v) relatif sangat kecil, sehingga V_v dapat diabaikan (Chawla, 1998).

Spesimen komposit difabrikasi menggunakan alat *hot compression moulding* dengan temperature ± 160 °C selama ± 15 menit. Perbandingan fraksi volume serat hibrida dan matrik yang digunakan adalah 20 % dan 80%. Tabel 1 merupakan variabel yang bervariasi dalam penelitian yakni, perbandingan serat kenaf/E *glass* 70/30, 80/20 dan 90/10. Fabrikasi spesimen komposit menggunakan metode laminat (*sandwich*) seperti yang ditunjukkan Gb.1.

Tabel 1. Perhitungan perbandingan serat dan matrik komposit.

Fraksi volume serat & matrik 20% : 80%	Massa Serat Kenaf (gr)	Massa Serat E glass (gr)	Massa LDPE (gr)
Serat Kenaf - E glass (70/30)	2.76	1.94	10
Serat Kenaf - E glass (80/20)	3.15	1.31	10
Serat Kenaf - E glass (90/10)	3.55	0.65	10



Gambar 1. Ilustrasi komposisi serat dan matrik komposit.

PEMBAHASAN

1. Kekuatan Tarik

Setelah dilakukan pengujian tarik, maka didapatkan data kuat tarik hasil pengujian spesimen komposit hibrida yang dihitung menggunakan persamaan 7. Tabel 2 dan Gb. 2 menunjukkan nilai kuat tarik rata-rata spesimen komposit dengan perbandingan serat kenaf/E glass masing-masing 70/30, 80/20 dan 90/10 sebesar 18.40 ± 0.55 MPa, 20.29 ± 1.25 MPa dan 20.91 ± 1.98 MPa dengan *coefficient of variation* 2.98 %, 6.14 % dan 9.5%.

$$\sigma = \frac{F}{A} \text{ atau } \frac{\text{gaya}}{\text{luas}} \quad (7)$$

Data hasil pengujian menunjukkan bahwa kekuatan tarik komposit hibrida meningkat seiring dengan penambahan fraksi volume serat kenaf. Kekuatan tarik komposit hibrida memiliki harga paling tinggi pada perbandingan fraksi volume serat kenaf/E glass 90/10 yakni dengan harga kuat tarik rata-rata sebesar 20.91 ± 1.98 MPa dengan *coefficient of variation* 9.45 %. Data hasil pengujian tarik dapat dibandingkan dengan hasil perhitungan teoritis dengan menggunakan persamaan Cox Krenchel, seperti yang ditunjukkan persamaan 8. Gambar.3 merupakan

hasil dari perhitungan teoritis dan perbandingan kuat tarik komposit hasil pengujian.

$$\sigma_t = X_1 X_2 \sigma_f V_f + \sigma_m V_m \quad (8)$$

Dimana, X_1 dan X_2 merupakan efisiensi faktor efisiensi panjang dan orientasi serat. σ_f dan σ_m merupakan kuat tarik serat dan matrik komposit, V_f dan V_m merupakan fraksi volume serat dan matrik.

Faktor orientasi serat *randomly oriented short fiber composites*, $X_2 = 0.2$ (Calliester), sedangkan faktor panjang serat dapat diselesaikan menggunakan persamaan 9 dan 10.

$$X_1 = 1 - \frac{\tanh \frac{\zeta L_f}{2}}{\frac{\zeta L_f}{2}} \quad (9)$$

$$\zeta = \frac{1}{r} \frac{E^m}{E_f (1-\nu) \ln \left(\frac{\pi}{4V_f} \right)^{\frac{1}{2}}} \quad (10)$$

L_f dan r merupakan panjang serat dan radius serat, ν merupakan *poisson ratio* matrik dan E_f merupakan modulus elastisitas matrik (Lopez, et al., 2012).

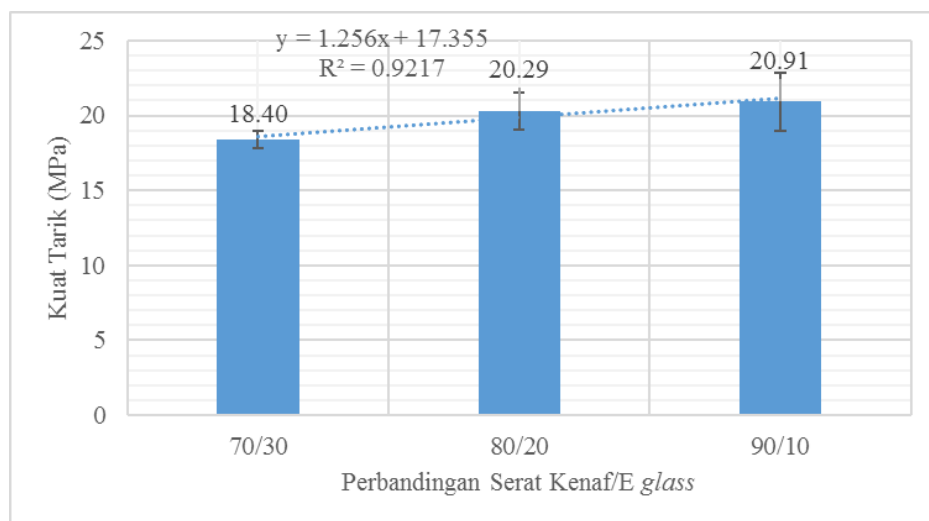
Gambar. 4 merupakan perbandingan nilai kuat tarik komposit berpenguat serat E glass - kenaf dengan hasil penelitian komposit berpenguat serat E glass - sisal yang dilakukan oleh Kalaprasad et al., (2004). Kalaprasad et al.,

(2004) mengatakan bahwa meningkatnya fraksi volume serat E *glass* dapat menaikkan kuat tarik komposit E *glass* - sisal /LDPE. Namun, hasil pengujian kuat tarik komposit serat E *glass* - kenaf menunjukkan hasil yang berbanding terbalik dengan penelitian yang dilakukan oleh Kalaprasad *et al.*, (2004).

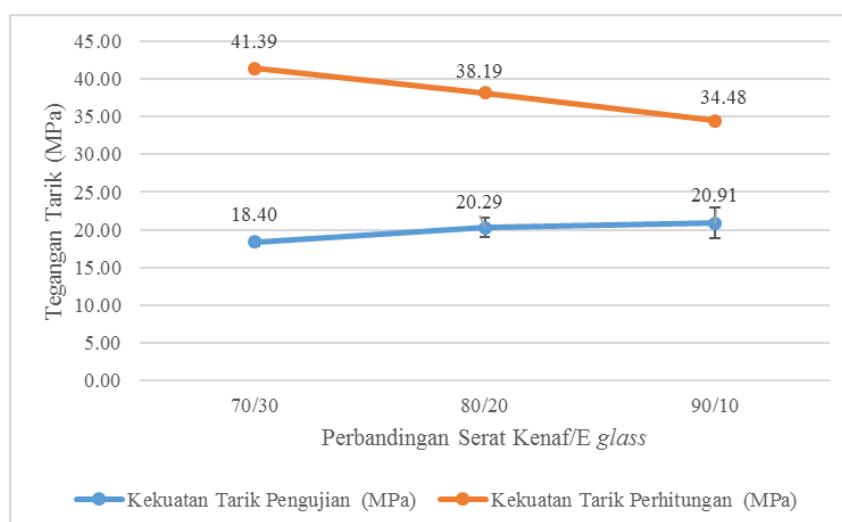
Kegagalan tarik lebih awal pada spesimen serat E *glass* - kenaf menyebabkan hasil kuat tarik yang lebih rendah jika dibandingkan dengan hasil tegangan tarik spesimen E *glass* - sisal yang dilakukan Kalaprasad *et al.*, (2004).

Tabel 2. Kuat tarik hasil pengujian.

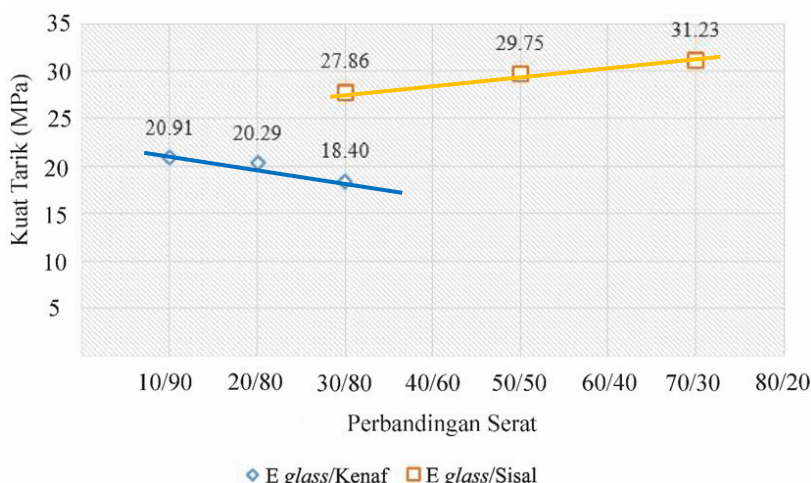
Perbandingan Serat Kenaf - E <i>glass</i>	Kuat Tarik Fraksi Volume Serat & Matrik 20 / 80% (MPa)			Standar Deviasi	Coefficient of Variation (%)
	Minimum	Maksimum	Rata-rata		
70/30	17.80	19.21	18.40	0.55	2.98
80/20	18.80	21.67	20.29	1.25	6.14
90/10	17.49	22.40	20.91	1.98	9.45



Gambar 2. Kuat tarik spesimen komposit hibrida dengan variasi perbandingan kenaf/E *glass*.



Gambar 3. Perbandingan kuat tarik hasil pengujian dan perhitungan teoritis.



Gambar 4. Perbandingan nilai kuat tarik kenaf/E glass dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Kalaprasad et al., (2004).

2. Regangan Tarik

Setelah diperoleh data nilai kuat tarik spesimen komposit, maka regangan tarik rata-rata dapat dihitung menggunakan persamaan 12. Tabel 3 dan Gb. 5 menunjukkan bahwa regangan tarik rata-rata pada perbandingan serat kenaf - E glass 70/30 sebesar 0.1917 ± 0.0196 dengan *coefficient of variation* 10.43%, sedangkan pada perbandingan serat kenaf - E glass 80/20 regangan tariknya meningkat dengan nilai sebesar 0.1932 ± 0.0290 dengan *coefficient of variation* 15.53% dan pada perbandingan serat kenaf - E glass 90/10 regangan tariknya menurun sebesar 0.1760 ± 0.0089 dengan *coefficient of variation* 5.08 %.

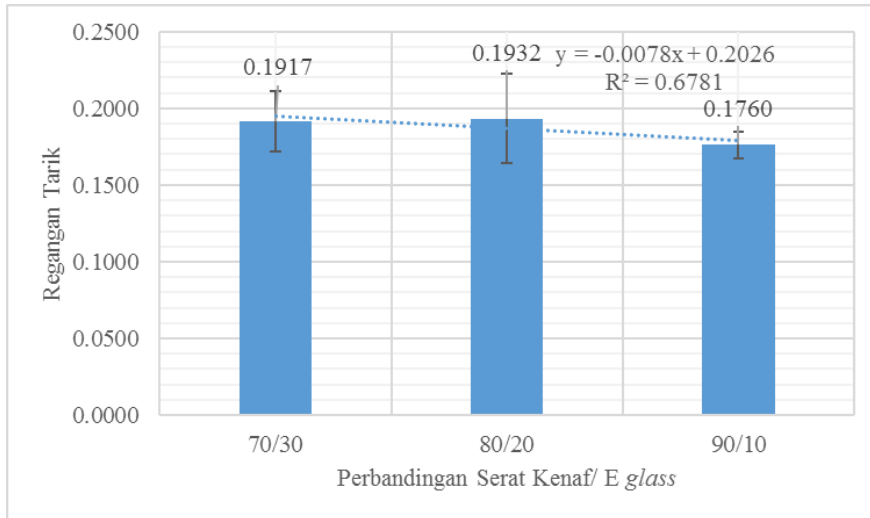
Data hasil pengujian tarik dapat dibandingkan dengan hasil perhitungan teoritis dengan menggunakan persamaan 11. Gambar. 6 dan Gb. 7 merupakan perbandingan regangan tarik komposit hasil pengujian.

$$\epsilon_t = \Delta L/L_0 \tag{11}$$

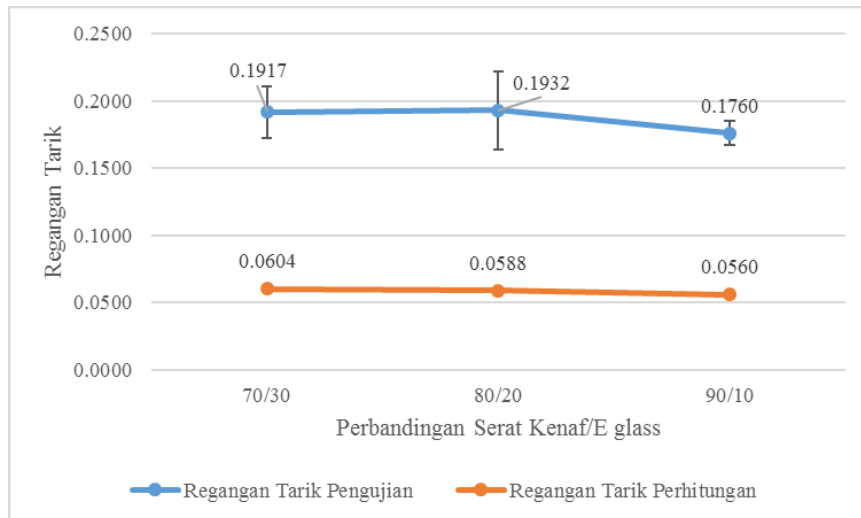
Gambar 7. merupakan perbandingan regangan tarik serat E glass - kenaf /LDPE dengan E glass - sisal/LDPE (Kalaprasad, et al., 2004). Hasil penelitian yang dilakukan oleh Kalaprasad et al., (2004) mengungkapkan, nilai regangan tarik komposit sisal - E glass/LDPE akan cenderung menurun seiring dengan bertambahnya fraksi volume serat E glass dengan nilai regangan tarik tertinggi sebesar 0.035, sedangkan regangan tarik komposit serat E glass - kenaf menunjukkan hasil yang berfluktuasi dengan regangan maksimum sebesar 0.1932 ± 0.0290 . Kegagalan tarik lebih awal pada spesimen serat E glass - kenaf menyebabkan hasil berbeda jika dibandingkan dengan hasil regangan tarik spesimen E glass - sisal yang dilakukan Kalaprasad et al., (2004).

Tabel 3. Regangan tarik hasil pengujian.

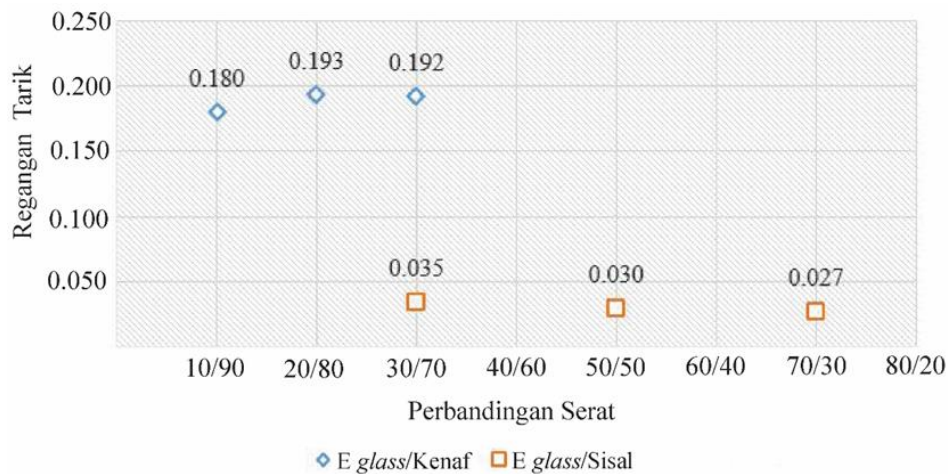
Perbandingan Serat Kenaf- E glass	Regangan Tarik Fraksi Volume Serat & Matrik 20 / 80% (MPa)			Standar Deviasi	Coefficient of Variation (%)
	Minimum	Maksimum	Rata-rata		
70/30	0.1630	0.2128	0.1917	0.0196	10.43
80/20	0.1620	0.2410	0.1932	0.0290	15.53
90/10	0.1700	0.1900	0.1760	0.0089	5.08



Gambar 5. Regangan tarik spesimen komposit hibrida dengan variasi perbandingan kenaf/E glass.



Gambar 6. Perbandingan regangan tarik hasil pengujian dan perhitungan teoritis.



Gambar 7. Perbandingan nilai kuat tarik kenaf/E glass dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Kalaprasad et al., (2004).

3. Modulus Elastisitas Tarik

Modulus elastisitas tarik dapat dihitung menggunakan persamaan 12, jika data kuat tarik dan regangan tarik diperoleh dari hasil pengujian. Tabel 4 dan Gb. 8 menunjukkan bahwa modulus elastisitas tarik rata-rata pada perbandingan serat kenaf/E *glass* 70/30 sebesar 96.74 ± 9.50 MPa dengan *coefficient of variation* 9.82 %, sedangkan pada serat dengan perbandingan serat kenaf - E *glass* 80/20 dan 90/10 modulus elastisitas tariknya meningkat dengan nilai masing-masing sebesar 119.08 ± 14.26 MPa dan 119.54 ± 9.91 MPa dengan *coefficient of variation* 13.37 % dan 8.29%. Dari hasil pengujian dapat disimpulkan, spesimen komposit serat kenaf - E *glass* 90/10 memiliki kemampuan untuk menahan deformasi elastis yang lebih tinggi dibandingkan dengan serat kenaf/E *glass* 70/30 dan 80/20.

$$E_t = \sigma_t / \varepsilon_t \quad (12)$$

$$E_t = X_1 X_2 E_f V_f + E_m V_m \quad (13)$$

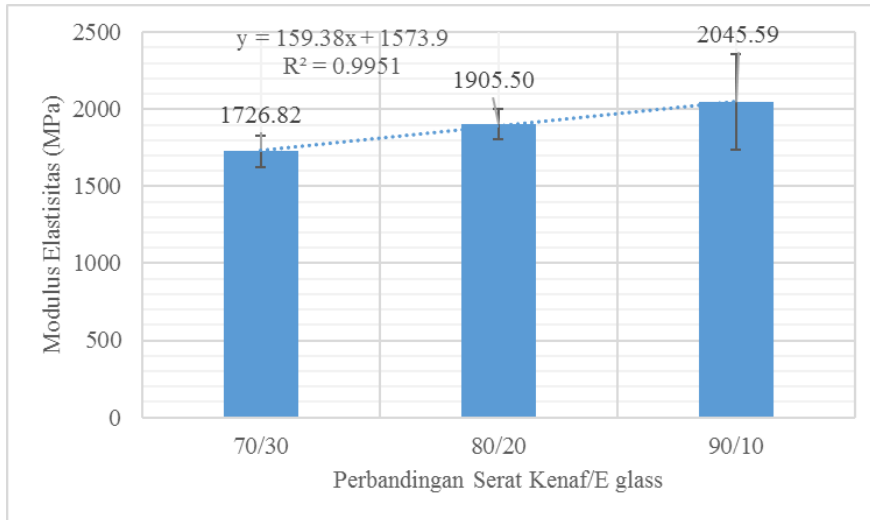
Dimana E_f dan E_m merupakan modulus elastisitas tarik serat dan matrik komposit, Data hasil pengujian elastisitas tarik dapat dibandingkan dengan hasil perhitungan teoritis dengan menggunakan persamaan 13. Tabel 4 dan Gb. 9 merupakan hasil dari perhitungan teoritis dan perbandingan modulus elastisitas tarik komposit hasil perhitungan dengan hasil pengujian. Perhitungan teoritis modulus elastisitas tarik dapat dilihat pada lampiran.

Gambar 9. memperlihatkan bahwa, modulus elastisitas tarik tertinggi hasil perhitungan teoritis dengan nilai sebesar 684.76 MPa, yakni pada perbandingan fraksi serat kenaf-E *glass* 70/30. Hasil perhitungan modulus elastisitas teoritis berbanding lurus secara linear dengan hasil pengujian. Modulus elastisitas tarik pengujian memiliki nilai yang lebih rendah jika dibandingkan dengan perhitungan teoritis dikarenakan ikatan yang terjadi antara serat E *glass* dan matrik yang kurang baik, sehingga pada hasil pengujian didapatkan nilai modulus elastisitas tarik rata-rata yang nilainya menurun seiring dengan bertambahnya volume serat E *glass*.

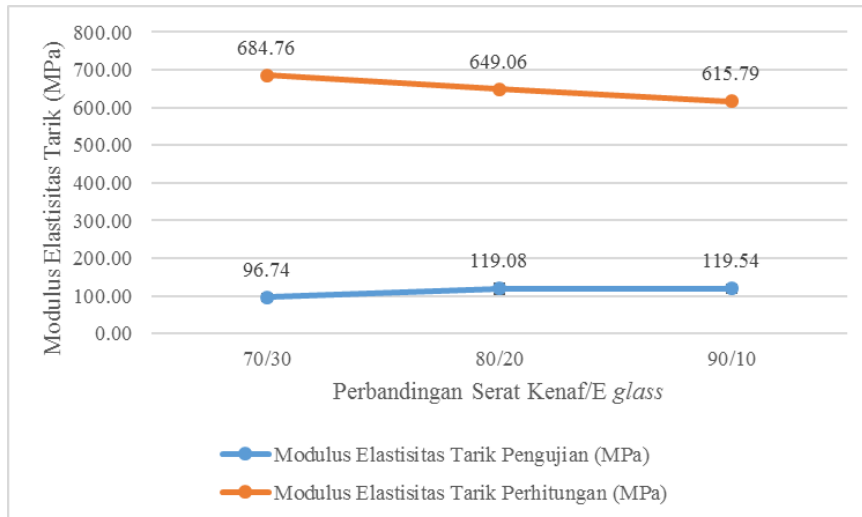
Gambar. 10 merupakan perbandingan modulus elastisitas tarik E *glass* - sisal/LDPE (Kalaprasad, *et al.*, 2004) dengan E *glass* - kenaf/LDPE. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Kalaprasad, *et al.*, (2004) mengungkapkan, nilai modulus elastisitas tarik komposit E *glass* - sisal /LDPE akan cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya fraksi volume serat E *glass* dengan nilai modulus elastisitas tarik tertinggi sebesar 1136.36 MPa, sedangkan modulus elastisitas tarik komposit kenaf-E *glass* menunjukkan hasil yang berbeda dengan nilai modulus elastisitas tarik tertinggi sebesar 119.54 ± 0.08 MPa pada perbandingan serat E *glass*/kenaf 30/70. Kegagalan tarik lebih awal pada spesimen kenaf/E *glass* menyebabkan hasil berbeda jika dibandingkan dengan hasil modulus elastisitas tarik spesimen E *glass* - sisal yang dilakukan Kalaprasad *et al.*, (2004).

Tabel 4. Modulus elastisitas tarik hasil pengujian.

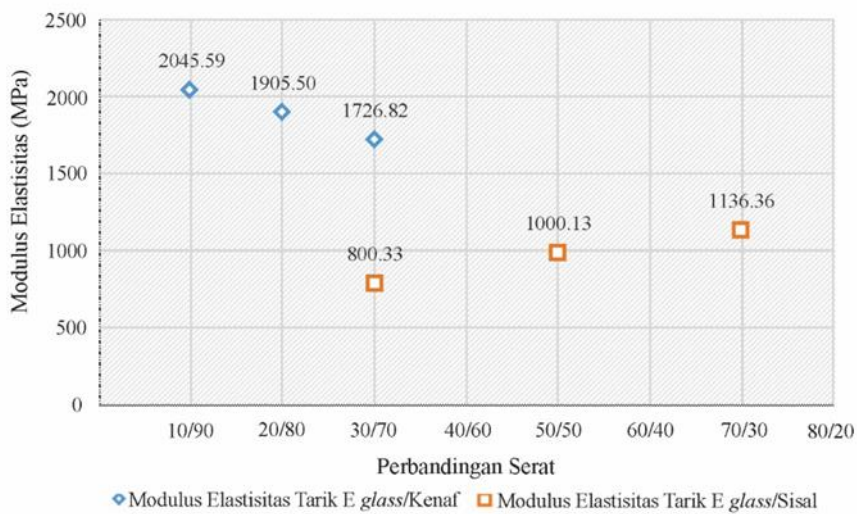
Perbandingan Serat Kenaf - E <i>glass</i>	Modulus Elastisitas Tarik Fraksi Volume Serat & Matrik 20 / 80% (Mpa)			Standar Deviasi	<i>Coefficient of Variation</i> (%)
	Minimum	Maksimum	Rata-rata		
70/30	1637.95	1885.21	1726.82	102.24	5.92
80/20	1758.88	2029.44	1905.50	97.40	5.11
90/10	1726.76	2497.56	2045.59	309.63	15.14



Gambar 5. Modulus elastisitas tarik spesimen komposit hibrida dengan variasi perbandingan kenaf/E glass.



Gambar 6. Perbandingan modulus elastisitas tarik hasil pengujian dan perhitungan teoritis.



Gambar 7. Perbandingan nilai modulus elastisitas tarik kenaf/E glass dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Kalaprasad et al., (2004).

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis hasil perhitungan tentang pengaruh perbandingan fraksi volume serat kenaf- E glass/LDPE adalah sebagai berikut:

1. Hasil pengujian tarik diperoleh kuat tarik dan modulus elastisitas tarik tertinggi yaitu pada perbandingan serat kenaf – E glass 90/10 sebesar 20.91 ± 1.98 MPa dan 119.54 ± 9.91 MPa dengan *coefficient of variation* 9.5% dan 8.29%. Regangan tarik tertinggi pada perbandingan serat kenaf – E glass 80/20, dengan nilai regangan tarik 0.1932 ± 0.0290 dan *coefficient of variation* 15.53 %.
2. Hasil perhitungan teoritis menggunakan persamaan Cox Krenchel diperoleh besar kuat tarik, regangan tarik dan modulus elastisitas tarik tertinggi yaitu pada perbandingan serat kenaf – E glass 70/30 sebesar 41.39 MPa, 0.0604 dan 684.76 MPa.

Dari pernyataan 1 dan 2 dapat diambil kesimpulan bahwa, secara perhitungan teoritis kekuatan mekanis komposit akan meningkat sesuai dengan bertambahnya fraksi volume serat E glass. Namun, hasil pengujian diperoleh nilai kekuatan mekanis komposit menurun seiring dengan bertambahnya fraksi volume serat E glass. Kekuatan tarik hasil pengujian yang cenderung menurun seiring dengan bertambahnya fraksi volume serat E-glass kemungkinan disebabkan oleh ikatan permukaan antara matrik dan serat E glass yang kurang baik, dibandingkan dengan ikatan matrik dan serat kenaf. Selain itu, ada kemungkinan adanya distribusi serat kenaf dan E-glass didalam matrik yang kurang merata juga dapat mempengaruhi kekuatan mekanis komposit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dr. Harini Sosiati, Ir. Aris Widyo Nugroho, Ph.D. dan *Composites Squad*, serta pihak-pihak yang telah membantu dalam

penelitian yang dipublikasikan dalam jurnal ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Chawla. (1998). *Composite Materials Science & Engineering (2nd Edition)*. Springer Science + Business Media. New York, USA.
- Elmarakbi, A. (2014). *Advanced composite materials for automotive applications (1st Edition)*. John Wiley & Sons, Ltd. United Kingdom.
- Fauziah, H. (2009). Analisis Karakteristik Fisis dan Mekanis Papan Serat Kenaf (*Hibiscus Cannabinus L*) Dengan Perekat Polypropylenedi PT. Toyota Motor Manufacturing Indonesia. Departemen Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB. Bogor, Jawa Barat, Indonesia.
- Holbery, J., & Houston, D. (2006). *Natural-Fiber-Reinforced Polymer Composites in Automotive Applications, (November Edition)*. JOM.
- Kalaprasad, G., Francis, Bejoy Thomas, Selvin Kumar., C Radhesh., Pavithran, C Groeninckx., G Thomas, Sabu. (2004). *Effect of Fibre Length And Chemical Modifications on The Tensile Properties of Intimately Mixed Short Sisal / Glass Hybrid Fibre Reinforced Low Density Polyethylene Composites*, 1624–1638.
- Lopez, Joan Pere., Mutje, Pere,. (2012). *Analysis of The Tensile Modulus of Polypropylene*, 7, 1310–1323.
- Mallick. (2007). *Fiber Reinforced Composites, Materials, Manufacturing and Design*. Taylor & Francis. Boca Raton, USA.
- Sosiati, H., Nahyudin, A., Fauzi, I., Wijayanti, D. A., & Triyana, K. (2016). *Bio-composites fabricated by sandwiching sisal fibers with polypropylene (PP)*, 20081, 1–6.