

PENINGKATAN KEKUATAN TARIK DAN IMPAK PADA REKAYASA DAN MANUFAKTUR BAHAN KOMPOSIT *HYBRID* BERPENGUAT SERAT *E-GLASS* DAN SERAT KENAF BERMATRIK *POLYESTER* UNTUK PANEL *INTERIOR AUTOMOTIVE*

Agus Hariyanto

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Jl. A. Yani Pabelan Surakarta 57102.

E-mail : Agus.Hariyanto @Ums.ac.id

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah menyelidiki pengaruh fraksi volume kombinasi serat E-glass dan serat kenaf terhadap kekuatan tarik dan kekuatan impak bermatrix Polyester. Pola kegagalannya diamati dengan photo makro. Bahan utama penelitian adalah serat E-Glass anyam dan serat kenaf anyam, resin unsaturated polyester 157 BQTN. Hardener yang digunakan adalah MEKPO dengan konsentrasi 1%. Komposit dibuat dengan metode cetak tekan (Press Mold). Komposit hibrid tersusun terdiri dari beberapa lamina serat gelas anyam dan lamina serat kenaf. Fraksi volume serat komposit hibrid adalah 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50%. Spesimen dan prosedur pengujian tarik dan impak mengacu pada standart ASTM D 638 dan ASTM D256. Penampang patahan dilakukan foto makro untuk mengidentifikasi pola kegagalannya. Hasil penelitian ini menunjukkan kekuatan tarik dan kekuatan impak komposit hibrid meningkat seiring dengan penambahan fraksi volume serat. Kekuatan tarik komposit hibrid memiliki harga yang paling optimum pada fraksi volume serat $V_f = 50\%$. Kekuatan impak paling optimum pada fraksi volume serat $V_f = 40\%$, Namun, menurunkan kekuatan impak pada $V_f = 50\%$. Tahapan pola kegagalan komposit hibrid adalah kegagalan tarik pada komposit hibrid, kegagalan fiber pull out pada pengujian tarik. Mekanisme patahan, terjadi patah getas akibat kekuatan impak.

Kata kunci: komposit hibrid, kekuatan tarik, kekuatan impak, pola kegagalan.

1. PENDAHULUAN

Penggunaan bahan komposit hibrid sebagai alternatif pengganti bahan logam dalam bidang rekayasa sudah semakin meluas, yang tidak hanya sebagai panel di bidang transportasi tetapi juga merambah pada bidang lainnya seperti properti dan arsitektur. Hal ini dikarenakan oleh adanya keuntungan penggunaan bahan komposit seperti konstruksi menjadi lebih ringan, tahan korosi dan kekuatannya dapat didesain sesuai dengan arah pembebanan. Fokus pemilihan bahan yang tepat untuk suatu konstruksi menuntut sebuah kepastian tentang material penyusun yang tepat pula. Tuntutan fungsi panel saat ini tidaklah hanya sebatas kekuatan mekanik saja, tetapi juga sifat fisisnya. Dalam penelitian ini ditekankan pada penyelidikan kekuatan mekaniknya, adalah pengaruh fraksi volume kombinasi serat *E-glass* dan serat kenaf terhadap kekuatan tarik dan kekuatan impak bermatrix poliester serta pola kegagalannya.

Lebih lanjut lagi, perkembangan teknologi komposit pun mengalami perkembangan yang sangat dinamis dan cepat. Saat ini, material penguat komposit mengalami pergeseran dari penggunaan serat sintetis menuju serat alam. Hal ini disebabkan oleh adanya efek limbah serat sintetis yang tidak dapat terurai secara alami. Indonesia, sebagai negara tropis, menghasilkan berbagai jenis serat alam, seperti kenaf, rami, abaca, agave, dan lain sebagainya. Produksi serat kenaf di dunia dapat dikatakan cukup besar, yaitu 970.000 ton/ tahun (Eichhorn dkk, 2001). Produksi kenaf tersebut lebih besar dari rosella (250 ton/tahun), rami (100 ton/tahun) dan abaca (70 ton/tahun). Industri pertanian serat kenaf di Indonesia ada dua lokasi yang saat ini masih beroperasi, yaitu di Lamongan Jawa Timur dan di Banten Jawa Barat (Ismoyo I, 1999). Serat ini biasanya hanya digunakan sebagai bahan karung goni sehingga memiliki nilai ekonomi yang rendah. Dengan demikian, pemanfaatan serat kenaf sebagai penguat panel komposit merupakan salah satu solusi yang tepat untuk meningkatkan nilai teknologi dan ekonomi serat kenaf. Namun, kekuatan serat kenaf lebih rendah dari serat *E-Glass*. Maka untuk memperoleh kekuatan diantaranya, dilakukan proses gabungan (hibrid) guna meningkatkan kekuatan komposit.

Kajian riset bahan panel komposit kini banyak dikonsentrasikan pada studi sifat mekanis dan fisis. Namun, penggunaan komposit sebagai panel tidak lepas dari tuntutan keselamatan pengguna. Salah satu sifat panel yang mendukung keselamatan yang baik adalah panel yang sudah diketahui

kekuatan mekanisnya . Sebagai contoh, penggunaan bahan hasil industri yang diketahui spesifikasinya. Seiring dengan konsep rancangan bahan komposit serat kenaf dan serat *E-Glass* bermatrik poliester yang akan digunakan sebagai panel, maka sifat mekanis yang baik diperlukan sebagai salah satu parameter yang menentukan keselamatan pemakaian. Pentingnya analisis mekanis ini didasarkan pada penentuan kekuatan desain struktur untuk memberikan keyakinan atas keselamatan pemakaian .

Uraian tersebut menunjukkan bahwa kajian riset panel menjadi penting untuk di kaji. Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki sifat mekanis bending, tarik dan impak komposit berpenguat serat kenaf dan serat *E-Glass* dengan matrik *unsaturated polyester*. Penelitian ini dilakukan dalam rangka memperoleh jawaban solusi pemilihan material struktur komposit ataupun solusi alternatif rancangan struktur komposit yang dalam aplikasinya erat kaitannya dengan keamanan/ keselamatan pemakaian.

2. METODOLOGI

Bahan utama penelitian adalah serat *E-glass* anyam dengan massa jenis $2,42 \text{ gr/cm}^3$, serat kenaf anyam dengan *density* $1,45 \text{ gr/cm}^3$, *unsaturated poliester type 157 BQTN*, hardener *MEKPO* dengan kadar 1%. Serat kenaf yang digunakan tanpa perlakuan.

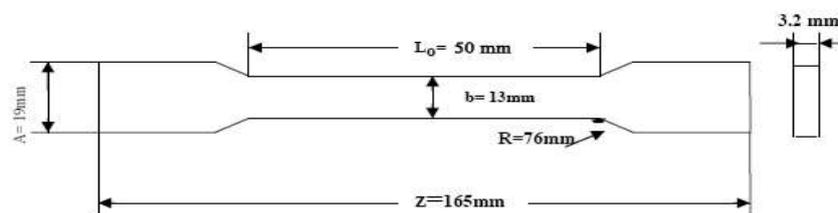
Pembuatan panel komposit dibuat dengan metode cetak tekan (*press mold*). Variabel penelitian ini adalah fraksi volume serat *E-glass* dan kenaf (hibrid) sebesar 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50%. Spesimen uji tarik komposit dengan tebal 3,2 mm terdiri dari fraksi volume 10% (1 *layer* serat *E-glass* dan 1 *layer* serat kenaf), 20% (2 *layer* serat *E-glass* dan 1 *layer* serat kenaf), 30% (3 *layer* serat *E-glass* dan 2 *layer* serat kenaf), 40% (4 *layer* serat *E-glass* dan 2 *layer* serat kenaf), dan 50% (5 *layer* serat *E-glass* dan 3 *layer* serat kenaf). Spesimen uji impak komposit dengan tebal 12,7 mm terdiri dari fraksi volume 10% (2 *layer* serat *E-glass* dan 1 *layer* serat kenaf), 20% (6 *layer* serat *E-glass* dan 3 *layer* serat kenaf), 30% (9 *layer* serat *E-glass* dan 5 *layer* serat kenaf), 40% (11 *layer* serat *E-glass* dan 7 *layer* serat kenaf), dan 50% (15 *layer* serat *E-glass* dan 9 *layer* serat kenaf).

Besarnya fraksi volume dan fraksi berat serat dirumuskan sebagai berikut (Shackelford, 1992):

$$V_f = \frac{W_f / \rho_f}{W_f / \rho_f + W_M / \rho_M} \quad (1)$$

$$w_f = \frac{\rho_f V_f}{\rho_f V_f + \rho_M V_M}$$

Spesimen pengujian tarik mengacu pada standar *ASTM D 638*, seperti ditunjukkan pada gambar 1. Penampang patahan spesimen uji dilakukan foto makro untuk mengidentifikasi pola kegagalannya



Gambar 1. Spesimen Uji Tarik.

Persamaan yang digunakan untuk menghitung pengujian tarik adalah *ASTM D-638* :

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (2)$$

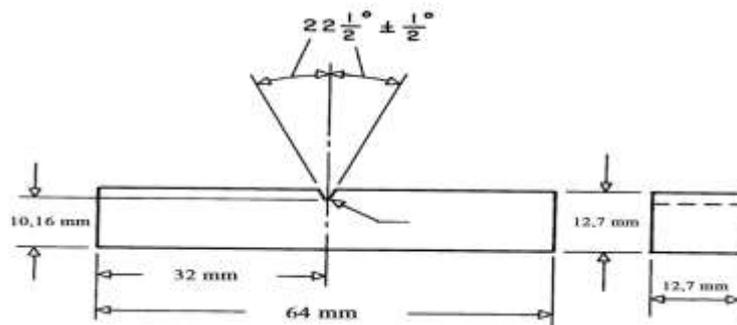
$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} \quad (3)$$

$$E_t = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (4)$$

$$I = \frac{1}{12} b h^3 \quad (5)$$

$$D_t = E_t \times I \quad (6)$$

Spesimen pengujian impak mengacu pada standar *ASTM D 256*, seperti ditunjukkan pada gambar 2. Penampang patahan spesimen uji dilakukan foto makro untuk mengidentifikasi pola kegagalannya



Gambar 2. Spesimen Uji Impak.

Persamaan yang digunakan untuk menghitung pengujian impak adalah *ASTM D-256* :

$$E_s = m.g.R.(\cos \beta - \cos \alpha) \quad (7)$$

$$HI = \frac{E_s}{A} \quad (8)$$

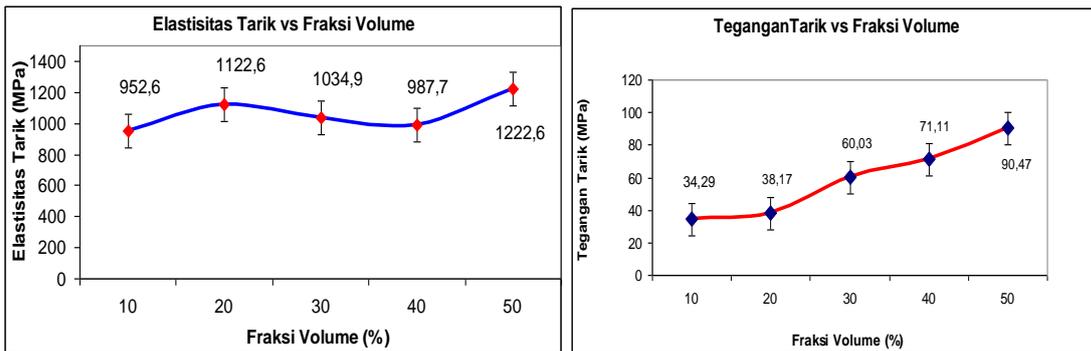
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisis Kekuatan Tarik

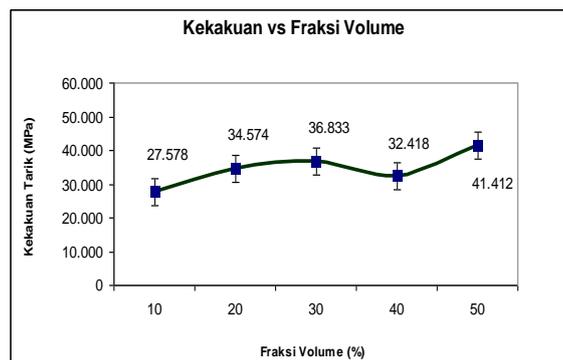
Hasil pengujian tarik dan analisa data ditunjukkan pada table 1, sedangkan kurva tegangan, elastisitas dan kekakuan vesus fraksi volume diperlihatkan masing-masing pada gambar 3, 4 dan 5.

Tabel 1. Hasil analisis data pengujian tarik komposit hibrid

Fraksi Volume (%)	Regangan (mm)	Tegangan tarik (MPa)	Elastisitas (MPa)	Kekakuan (N.mm ²)
10	0,036	34,29	952,6	27577
20	0,034	38,16	1122,6	34574
30	0,058	60,02	1034,9	36832
40	0,072	71,11	987,7	32418
50	0,074	90,47	1222,6	41412



Gambar 3. Kurva Tegangan vs Fraksi Volume Gambar 4. Kurva Elastisitas vs Fraksi Volume



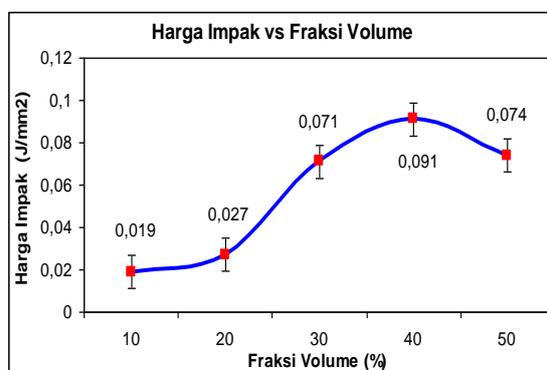
Gambar 5. Kurva Kekakuan vs Fraksi Volume

3.2. Analisis Kekuatan Impak

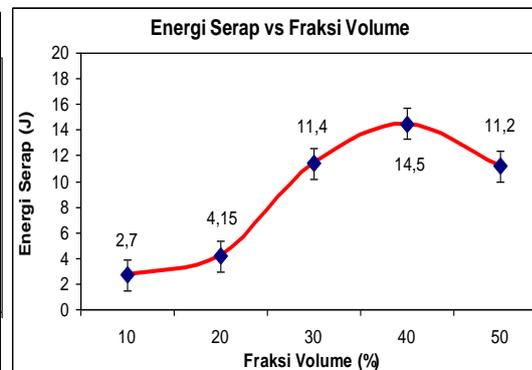
Hasil pengujian impact dan analisa data ditunjukkan pada table 2, sedangkan kurva energi serap dan harga impact vesus fraksi volume diperlihatkan masing-masing pada gambar 6 dan 7.

Tabel 2. Hasil analisis data pengujian impact komposit hibrid

Fraksi Volume (%)	Energi serap (J)	Harga Impact (J/mm ²)
10	2,7	0,019
20	4,15	0,027
30	11,4	0,071
40	14,5	0,091
50	11,2	0,074



Gambar 6. Energi Serap vs Fraksi Volume



Gambar 7. Harga Impact vs Fraksi Volume

Analisis hasil pengolahan pada tabel 1, menunjukkan bahwa peningkatan fraksi volume serat, meningkatkan kekuatan tarik yang lebih tinggi komposit yang diperkuat serat kenaf dan serat *E-glass* (komposit hibrid). Kekuatan tarik meningkat seiring dengan penambahan fraksi volume

serat, seperti ditunjukkan pada gambar 3. Kekuatan tarik komposit hibrid optimum pada fraksi volume 50 % seperti ditunjukkan pada gambar 3. Elastisitas tarik komposit hibrid yang diperkuat serat kenaf dan *serat E-glass* mengalami peningkatan dan penurunan kekuatan pada tiap – tiap fraksi volume. Elastisitas tarik optimum pada fraksi volume 50 %, seperti ditunjukkan pada gambar 4. Hal yang sama menunjukkan bahwa kekakuan tarik yang paling optimum terjadi pada komposit hibrid dengan fraksi volume 50 %, ditunjukkan pada gambar 5.

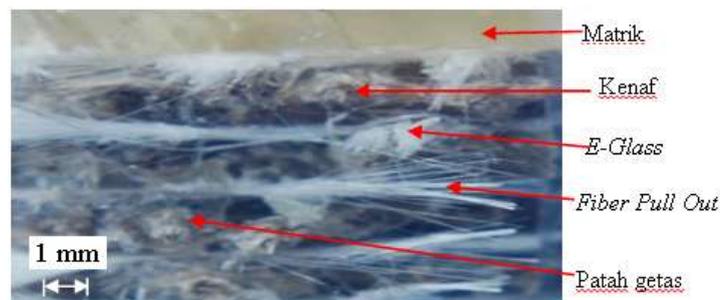
Analisis data pada tabel 2 komposit hibrid yang diperkuat serat kenaf dan serat *E-glass* mampu meningkatkan penyerapan energi impact yang lebih tinggi seiring dengan penambahan fraksi volume dari 10 % menuju 40 %. Namun, pada fraksi volume dari 50 % menurunkan energi impactnya seperti ditunjukkan pada gambar 6. Peningkatan fraksi volume menyebabkan memiliki kemampuan menyerap energi yang lebih tinggi. Hal yang sama menunjukkan bahwa kekuatan impact yang paling optimum terjadi pada komposit hibrid dengan fraksi volume 40 %, ditunjukkan pada gambar 7.

Bila ditinjau dari segi kekuatan impact, penambahan fraksi volume meningkatkan kekuatan impact komposit hibrid. Kekuatan impact komposit hibrid yang diperkuat serat kenaf dan serat *E-glass* memiliki harga yang lebih tinggi pada fraksi volume 40 %. Dengan demikian, sifat keuletan bahan ini dapat dikatakan lebih baik.

3.3. Analisis Pola Kegagalan Tarik dan Impact.



Gambar 8. Penampang patahan kegagalan tarik



Gambar 9. Penampang patahan kegagalan impact

Kegagalan tarik komposit hibrid ditunjukkan pada gambar 8. Secara umum, pola kegagalan diawali dengan retakan pada komposit *skin* yang menderita tegangan tarik. Kemudian, beban tarik tersebut didistribusikan pada *skin* sehingga menyebabkan mengalami kegagalan *fiber pull out*.

Gambar 8 menunjukkan secara jelas adanya kegagalan tarik pada komposit hibrid dan kegagalan akibat patah getas. Mekanisme patahan impact ditunjukkan pada Gambar 9 terjadi karena kegagalan patah getas dan *fiber pull out* akibat beban impact berawal dari *skin* komposit sisi belakang (bawah).

4. Kesimpulan

Berdasarkan data hasil penelitian tersebut maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kekuatan tarik, dan kekuatan impak komposit hibrid meningkat seiring dengan penambahan fraksi volume serat.
2. Kekuatan tarik komposit hibrid memiliki harga yang paling optimum pada fraksi volume serat $V_f = 50\%$. Kekuatan impak paling optimum pada fraksi volume serat $V_f = 40\%$, Namun, menurunkan kekuatan impak pada $V_f = 50\%$.
3. Tahapan pola kegagalan komposit hibrid adalah kegagalan tarik diawali dengan retakan pada komposit *skin*, dilanjutkan dengan kegagalan *fiber pull out* pada pengujian tarik. Mekanisme patahan, terjadi patah getas akibat kekuatan impak.

NOTASI PERSAMAAN

A : luas permukaan (mm^2)	R : Jarak pendulum ke pusat rotasi (m)
b : lebar spesimen (mm)	V_M : volume matrik (cm^3)
d : tebal spesimen (mm)	v_f : fraksi volume serat (%)
E_s = Energi patah (energi serap) (J)	w_f : fraksi berat serat (%)
g : grafitasi (10m/s^2)	W_f : berat serat (kg)
HI : Kekuatan impak (J/mm^2)	W_M : berat matrik (kg)
H : Tebal spesimen (mm)	α : Sudut pendulum tanpa benda uji ($^\circ$)
I : momen inersia (mm^4)	β : Sudut pendulum setelah menabrak benda uji ($^\circ$)
L : panjang span (mm)	δ : defleksi (mm)
ΔL : pertambahan panjang (mm)	σ : tegangan tarik (MPa).
m : Massa pendulum (N)	ε : Regangan (mm/mm)
P : beban tarik (N)	ρ_f : berat jenis serat (gr/cm^3)
	ρ_M : berat jenis matrik (gr/cm^3)

DAFTAR PUSTAKA

- Annual Book of Standards, ASTM. D 638 – 02 Standard test method for tensile properties of plastics. Philadelphia, PA : American Society for Testing and Materials.*
- Annual Book of Standards, ASTM. D 256 – 00 Standard test methods for determining the izod pendulum impact resistance of plastics. Philadelphia, PA : American Society for Testing and Materials.*
- Eichhorn, S.J., Zafeiropoulos, C.A.B.N., Ansel, L.Y.M.M.P., 2001, *Review Current International Research into Cellulosic Fibers and Composites, Journal of Materials Science*, Vol. 36, pp. 2107-2131
- Gibson, Ronald F. 1994. *Principle Of Composite Material Mechanics. New York : Mc Graw Hill, Inc.*
- Ismoyo I, 1999, *Dokumen riset INKA, Litbang PTPN XI Pabrik Karung Rosella Baru, Surabaya.*
- Shackelford, James, F., 1992, *Introduction to Material Science for Engineering, London Prentice Hall International, Inc.*