

**REKAYASA DAN MANUFAKTUR *RANDOM COCONUT FIBER*
COMPOSITES BERMATRIK EPOXY UNTUK
PANEL INTERIOR AUTOMOTIVE**

Agus Hariyanto*, Wahyu Fitrianto

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 ketebalan composites dan fraksi volume coconut fiber terhadap kekuatan tarik dan kekuatan impak bermatrix Epoxy. Pola kegagalannya diamati dengan photo makro.

Bahan utama penelitian adalah random coconut fiber, resin epoxy EPR174. Hardener yang digunakan adalah V-140 dengan konsentrasi 1:1. Komposit dibuat dengan metode cetak tekan (Press Mold). Komposit tersusun terdiri dari random coconut fiber bast. Fraksi volume serat komposit adalah 20%, 30%, 40%, dan 50%. dengan variasi ketebalan 1mm, 2mm, 3mm, 4mm, dan 5mm. Spesimen dan prosedur pengujian tarik dan impak mengacu pada standart ASTM D638-02 dan ASTM D5941. Penampang patahan dilakukan foto makro untuk mengidentifikasi pola kegagalannya.

Hasil penelitian ini menunjukkan kekuatan tarik komposit meningkat seiring dengan penambahan fraksi volume serat dan ketebalan komposit. Kekuatan impak meningkat seiring dengan penambahan ketebalan komposit dan fraksi volume serat. Kekuatan tarik dan kekuatan impak komposit memiliki harga yang paling optimum pada ketebalan 5mm dengan fraksi volume serat $V_f = 50\%$. Kekuatan impak paling optimum pada ketebalan 5mm dengan fraksi volume serat $V_f = 50\%$. Tahapan pola kegagalan komposit adalah kegagalan tarik dan impak pada komposit sisi bawah dan kegagalan matrik dan fiber pada komposit. Mekanisme patahan, terjadi patah getas akibat kekuatan tarik dan impak.

Kata Kunci: *composites, kekuatan, kegagalan, rekayasa.*

1. PENDAHULUAN

Penggunaan bahan komposit 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 (Peijs, 2002). Dalam penelitian ini ditekankan pada penyelidikan kekuatan mekaniknya, adalah pengaruh fraksi volume dan ketebalan komposit *coconut fiber* terhadap kekuatan tarik dan kekuatan impak bermatrix *epoxy* serta pola kegagalannya.

Penggunaan kembali serat alam, dipicu oleh adanya regulasi tentang persyaratan habis pakai (*end of life*) produk komponen otomotif bagi negara-negara Uni Eropa dan sebagian Asia. Bahkan sejak tahun 2006, negara-negara Uni Eropa telah mendaur ulang 80% komponen otomotif, dan akan meningkat menjadi 85% pada tahun 2015. Di Asia khususnya di Jepang, sekitar 88% komponen otomotif telah di daur ulang pada tahun 2005 dan akan meningkat pada tahun 2015 menjadi 95%. Pengembangan teknologi komposit berpenguat serat alam sejalan dengan kebijakan pemerintah untuk menggali potensi *local genius* yang ada. Hal ini tentu akan mampu meningkatkan pemberdayaan sumber daya alam lokal yang dapat diperbaharui (Jamasri, 2008). 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 *coconut fiber*, kenaf, rami, abaca, agave, dan lain sebagainya. Produksi *coconut fiber* di dunia dapat dikatakan cukup besar. Populasi tanaman kelapa Indonesia adalah yang terbesar di dunia, pohon kelapa tumbuh sekitar 3,29 juta hektar di tahun 2005 (Suryana, 2007). Indonesia bisa menguasai

produk berbahan dasar kelapa, misalnya produk sabut kelapa (*coconut fiber*). Sentra areal tanaman tersebar di wilayah Sumatera, Jawa, Sulawesi dan Nusa Tenggara Timur dengan luas 2,841 Juta ha (76,5%) dari areal total Indonesia. Posisi perkembangan/pertumbuhan kelapa Indonesia di tingkat internasional untuk tahun 2000 menunjukkan bahwa luas areal kelapa menempati posisi pertama. Luas areal kelapa 3,712 juta ha setara dengan 31,2% dari total areal dunia 11,909 juta ha (100%). Dengan luas areal kelapa 3,29 juta ha (Suryana , 2007), potensi produksi buah kelapa rata-rata dapat mencapai 15,5 miliar butir per tahun dan bahan ikutan meliputi air, tempurung dan serabut kelapa. Total bahan ikutan yang dapat diperoleh dapat mencapai 3,75 juta air, tempurung, 1,8 juta ton serat sabut, dan 3,3 juta ton debu sabut, 0,75 juta ton arang tempurung. Sabut kelapa merupakan hasil samping, dan merupakan bagian yang terbesar dari buah kelapa, yaitu sekitar 35 % dari bobot buah kelapa, secara rata-rata produksi buah kelapa per tahun adalah sebesar 5,6 juta ton, maka berarti terdapat sekitar 1,8 juta ton sabut kelapa yang dihasilkan(humas@titbang.deptan.go.id, 2005). Dengan demikian pengembangan tanaman ini memiliki prospek yang sangat cerah, karena sampai saat ini Indonesia merupakan potensi yang besar untuk menggerakkan ekonomi rakyat melalui perekonomian pedesaan. Dengan demikian, pemanfaatan sabut kelapa (*coconut fiber*) sebagai penguat panel komposit merupakan salah satu solusi yang tepat untuk meningkatkan nilai teknologi dan ekonomi sabut kelapa (*coconut fiber*).

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 *coconut fiber* bermatrik *epoxy* 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 di atas menunjukkan bahwa kajian riset panel menjadi penting untuk di kaji. Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki sifat mekanis tarik dan impak komposit berpenguat *coconut fiber* dengan matrik *epoxy*. Penelitian ini dilakukan dalam rangka memperoleh 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 *random coconut fiber*, dengan massa jenis 1,57 gr/cm³, *resin epoxy EPR174*, hardener *V-140* dengan konsentrasi 1:1. *Coconut fiber* yang digunakan tanpa perlakuan.

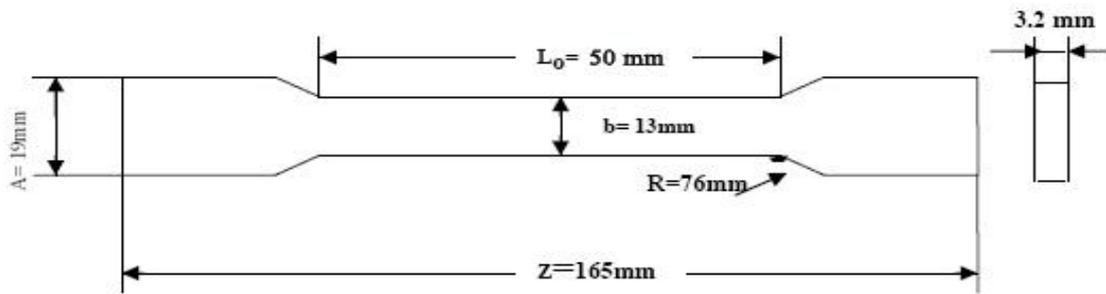
Pembuatan panel komposit dibuat dengan metode cetak tekan (*press mold*). Variabel penelitian ini adalah fraksi volume *coconut fiber* sebesar 20%, 30%, 40%, dan 50%. Spesimen uji tarik komposit dengan tebal 1, 2, 3, 4, dan 5 mm. Spesimen uji impak komposit dengan tebal 1, 2, 3, 4, dan 5 mm terdiri dari fraksi volume *coconut fiber* 20%, 30%, 40%, dan 50%.

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

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

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

Pengujian tarik ditunjukkan pada gambar 1. Spesimen dan metode pengujiannya mengacu pada standar ASTM D 638-02. Penampang patahan spesimen uji dilakukan foto makro untuk mengidentifikasi pola kegagalannya.



Gambar 1. Pengujian tarikspesimen uji.

Persamaan yang digunakan untuk menghitung pengujian bending adalah ASTM D638-02

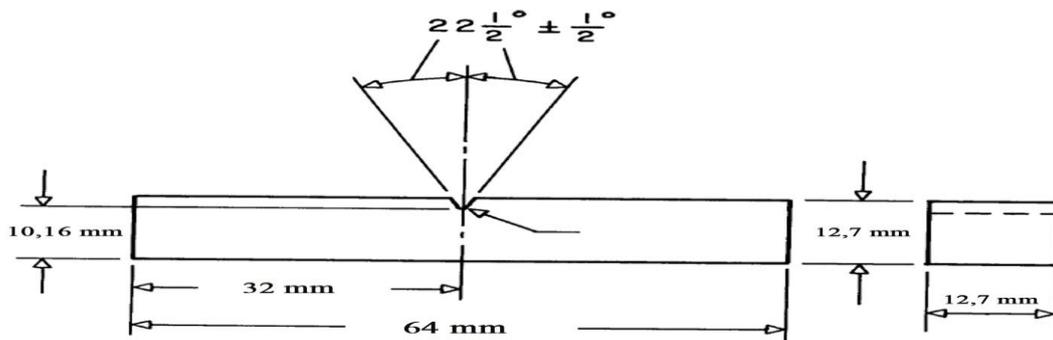
:

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

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L} \dots\dots\dots(3)$$

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \dots\dots\dots(4)$$

Spesimen pengujian impak mengacu pada standar ASTM D 5941-96, 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 5941-96:

$$E_s = m.g.R.(\cos \beta - \cos \alpha) \dots\dots\dots(5)$$

$$HI = \frac{E_s}{A} \dots\dots\dots(6)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Kekuatan Tarik Komposit Berpenguat *Random Coconut Fiber* Variasi Fraksi Volume (V_f) Dan Variasi Ketebalan Komposit.

Pengujian tarik komposit *skin* berpenguat *random coconut fiber* merupakan pengujian mekanis yang berguna untuk mengetahui kekuatan tarik komposit tersebut. Sampel spesimen dipersiapkan dengan variasi $V_f = 20\%$, 30% , 40% , dan 50% . dan variasi ketebalan komposit = 1, 2, 3, 4, dan 5 mm. Data hasil pengujian tarik komposit *skin* berpenguat *Random Coconut Fiber* ditunjukkan sesuai tabel 1.

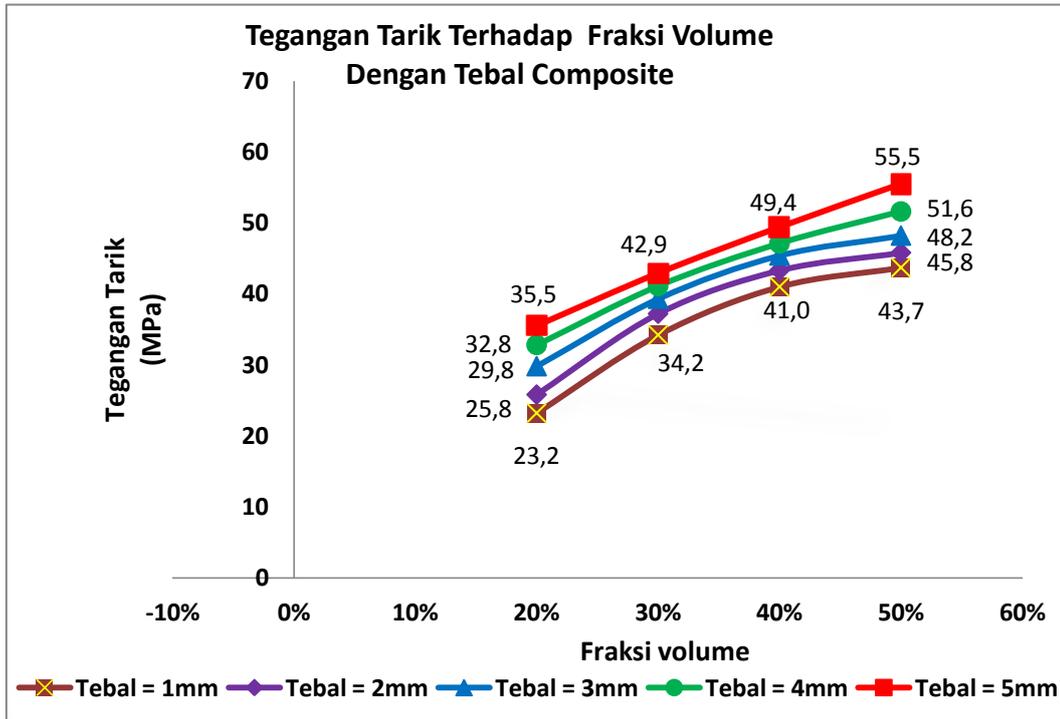
Tabel 1. Hasil Analisis Data Pengujian Tarik Komposit .

Ketebalan Komposit (mm)	Fraksi Volume Coconut Fiber ($V_f = \%$)	Regangan Tarik (N.mm)	Tegangan Tarik (MPa)	Elastisitas Tarik (MPa)
1	20	0,02	23.2	1160
	30	0,028	34.2	1221
	40	0,03	41.0	1366
	50	0,03	43.7	1456
2	20	0,024	25.8	1075
	30	0,035	37.2	1062
	40	0,035	43.3	1237
	50	0,036	45.8	1308
3	20	0,03	29.8	993
	30	0,04	39.3	982
	40	0,04	45.4	1135
	50	0,04	48.2	1205
4	20	0,037	32.8	886
	30	0,046	41.1	893
	40	0,047	47.1	1002
	50	0,05	51.6	1032
5	20	0,045	35.5	788
	30	0,055	42.9	780
	40	0,055	49.4	898
	50	0,06	55.5	925

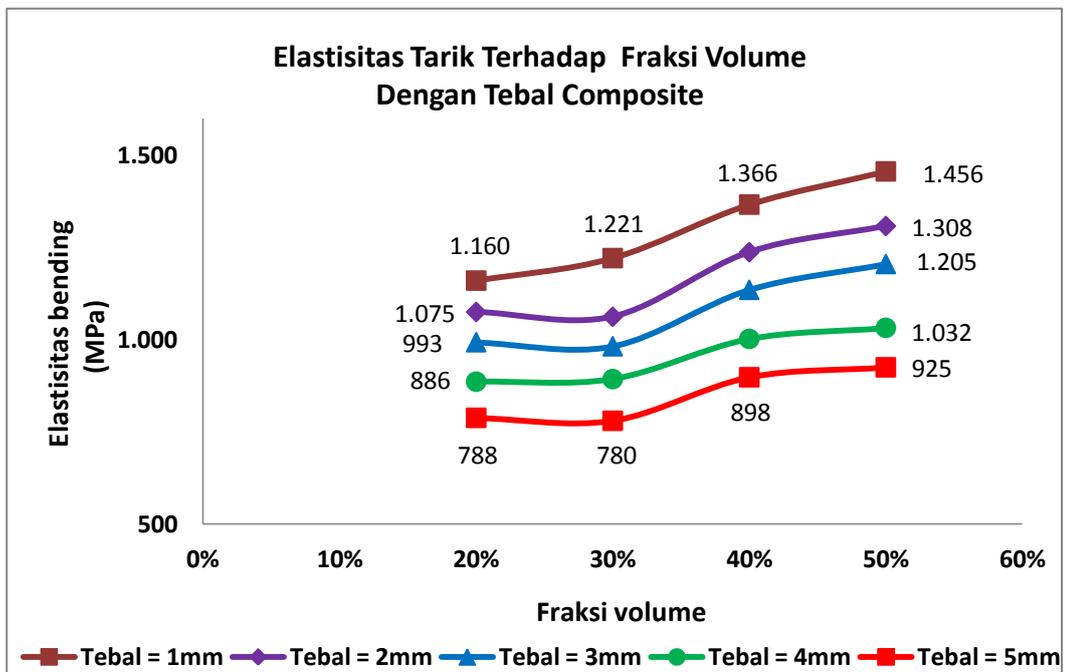
Dengan prinsip fungsi utama serat adalah menahan beban tertinggi dalam komposit, maka kekuatan tarik komposit pun dapat ditingkatkan dengan menambah fraksi volume serat. Peningkatan kekuatan tarik komposit ini disebabkan oleh kandungan serat yang semakin banyak dan peningkatan ketebalan/luas penampang. Dari grafik hasil pengujian tarik komposit berpenguat *random coconut fiber* sesuai tabel 1 menunjukkan bahwa kekuatan tarik meningkat seiring dengan penambahan fraksi volume dan ketebalan komposit. Namun, menurun pada fraksi volume $V_f = 50\%$ seperti ditunjukkan pada gambar 3 dan 4. Elastisitas tarik meningkat seiring dengan penambahan fraksi volume dan ketebalan komposit. Namun, juga menurun pada fraksi volume $V_f = 50\%$ seperti ditunjukkan pada gambar 5.

Bila ditinjau dari segi kekuatan tarik dan elastisitas tarik, kekuatan tarik optimum pada fraksi volume 50 % pada ketebalan 5mm yaitu sebesar 55.5 MPa, dan elastisitas tarik komposit optimum pada fraksi volume 50 % pada ketebalan 1mm yaitu sebesar 1456 MPa. seperti ditunjukkan pada gambar 3, 4.. Kekuatan/tegangan tarik dan elastisitas tarik komposit menghasilkan nilai yang semakin meningkat. Hal ini menunjukkan adanya sifat propertis dasar serat yang lebih kuat dari pada matrik. Peningkatan kekuatan disebabkan akibat sifat propertis dasar serat, penambahan fraksi volume serat dan juga akibat sempurnanya ikatan antara matrik dan serat yang menyebabkan kuatnya *mechanical interlocking* antar serat dan matrik.

Sehingga dapat disimpulkan dari hasil pengujian tarik menunjukkan adanya kesamaan *trend* grafik antara kekuatan/tegangan tarik dan elastisitas tarik komposit berpenguat *random coconut fiber* terhadap variasi peningkatan fraksi volume serat dan peningkatan ketebalan komposit.



Gambar 3. Kurva Tegangan Tarik



Gambar 4. Kurva elastisitas tarik

3.2 Analisis Kekuatan Impak Komposit Berpenguat *Random Coconut Fiber* Variasi Fraksi Volume (V_f) Dan Variasi Ketebalan Komposit.

Pengujian impact komposit skin berpenguat *random coconut fiber* merupakan pengujian mekanis yang berguna untuk mengetahui kekuatan impact komposit tersebut. Sampel spesimen dipersiapkan dengan variasi $V_f = 20\%, 30\%, 40\%$, dan 50% . dan variasi ketebalan komposit = 1, 2, 3, 4, dan 5 mm. Data hasil pengujian impact komposit *skin* berpenguat *random coconut fiber* ditunjukkan sesuai tabel 2.

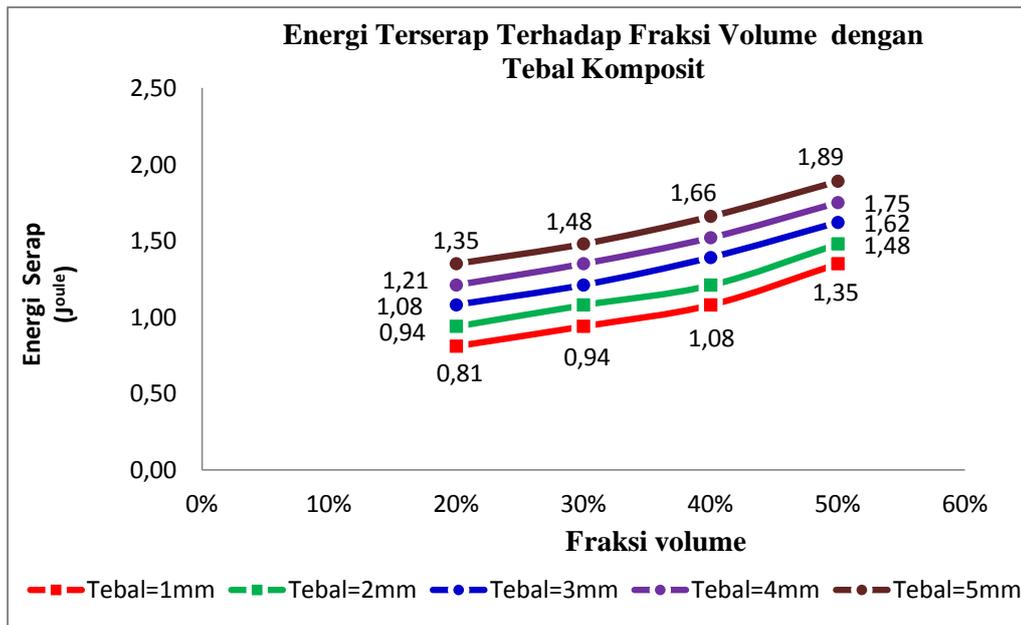
Tabel 2. Hasil Analisis Data Pengujian Impact Komposit.

Ketebalan Komposit. (mm)	Fraksi Volume ($V_f = \%$)	Energi Serap (Joule)	Harga Impact (Joule/mm ²)
1	20	0.81	0,08
	30	0.94	0,10
	40	1.08	0,11
	50	1.35	0,12
2	20	0.94	0,09
	30	1.08	0,10
	40	1.21	0,08
	50	1.48	0,09
3	20	1.08	0,07
	30	1.21	0,08
	40	1.39	0,11
	50	1.62	0,11
4	20	1.21	0,07
	30	1.35	0,08
	40	1.52	0,08
	50	1.75	0,14
5	20	1.35	0,08
	30	1.48	0,07
	40	1.66	0,10
	50	1.89	0,13

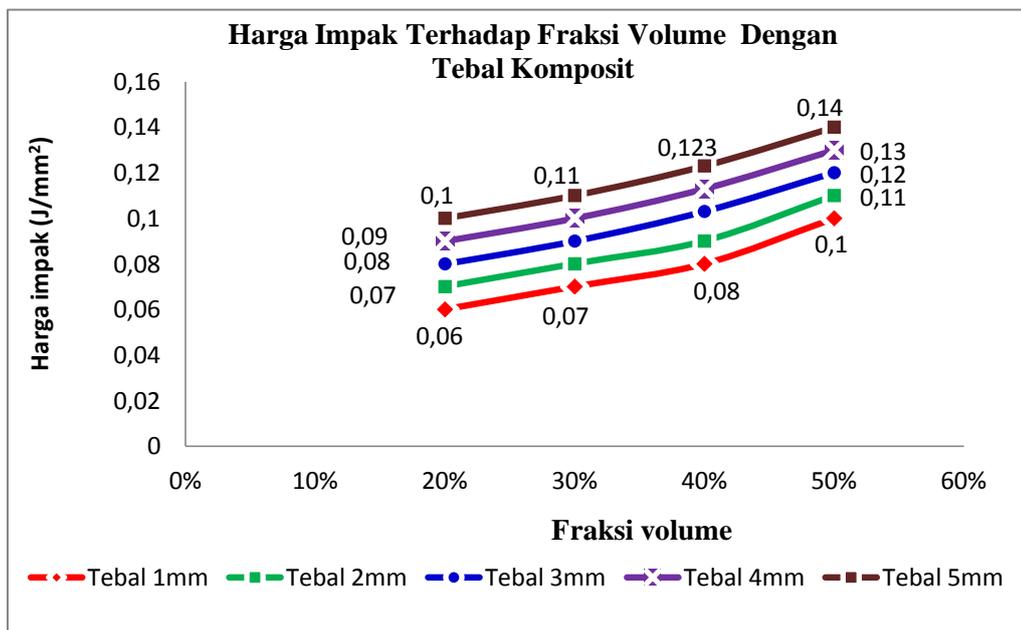
Dengan prinsip fungsi utama serat adalah menahan beban impact dalam komposit, maka kekuatan impact komposit pun dapat ditingkatkan dengan menambah fraksi volume serat dan ketebalan komposit. Peningkatan kekuatan impact komposit ini disebabkan oleh kandungan serat yang semakin banyak dan peningkatan ketebalan/luas penampang. Dari grafik hasil pengujian impact komposit berpenguat *random coconut fiber* sesuai tabel 2 menunjukkan bahwa energi serap dan kekuatan impact meningkat seiring dengan penambahan fraksi volume dan ketebalan komposit seperti ditunjukkan pada gambar 5 dan 6.

Bila ditinjau dari segi kemampuan menyerap energi dan kekuatan impact optimum pada fraksi volume 50 % pada ketebalan 5 mm yaitu sebesar 1,89 Joule, kekuatan impact komposit optimum pada fraksi volume 50 % pada ketebalan 5 mm yaitu sebesar 0,14 Joule/mm² seperti ditunjukkan pada gambar 5 dan 6. Energi serap dan kekuatan impact komposit menghasilkan nilai yang semakin meningkat. Hal ini menunjukkan adanya sifat properties dasar serat yang jauh lebih keras dari pada matrik *epoxy*. Peningkatan kekuatan impact disebabkan akibat sifat properties dasar serat yang meningkat kekuatannya dan juga akibat kesempurnaan ikatan antara matrik dan serat yang menyebabkan kuatnya *mechanical interlocking* antar serat dan matrik.

Sehingga dapat disimpulkan dari hasil pengujian impact menunjukkan adanya kesamaan *trend* grafik antara energi serap dan kekuatan impact komposit berpenguat *random coconut fiber* terhadap variasi peningkatan fraksi volume serat dan peningkatan ketebalan komposit. Dengan demikian, sifat keuletan bahan ini dapat dikatakan lebih baik.

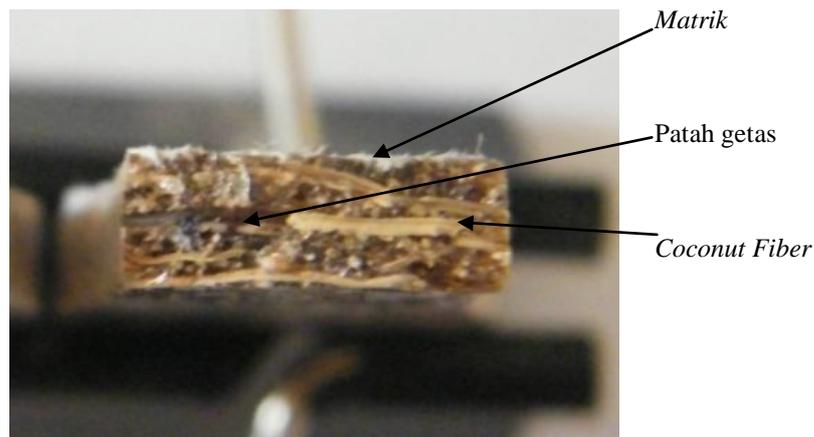


Gambar 5. Kurva Energi Serap vs Fraksi Volume

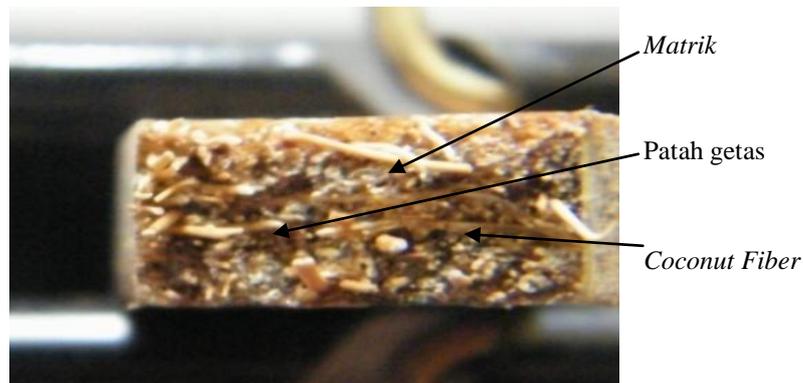


Gambar 6. Kurva Harga Impak

3.3 Analisis Pola Kegagalan Tarik dan Impak.



Gambar 7. Penampang patahan kegagalan tarik



Gambar 8. Penampang patahan kegagalan impact

Kegagalan tarik komposit ditunjukkan pada gambar 7. 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 matrik dan *fiber*.

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

4. KESIMPULAN

Berdasarkan data hasil penelitian tersebut maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kekuatan tarik komposit meningkat seiring dengan penambahan fraksi volume serat dan ketebalan komposit. Namun, kekuatan impact komposit menurun seiring dengan penambahan fraksi volume serat dan ketebalan komposit.
2. Kekuatan tarik komposit memiliki harga yang paling optimum pada fraksi volume serat $V_f = 50\%$ pada ketebalan 5mm. Kekuatan impact paling optimum pada fraksi volume serat $V_f = 50\%$, pada ketebalan 5mm.
3. Tahapan pola kegagalan komposit adalah kegagalan tarik, berawal dari putusnya matrik *epoxy* dan selanjutnya kegagalan *fiber*. Mekanisme patahan, terjadi patah getas akibat kekuatan tarik dan impact.

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 : modulus tarik (MPa)	w_f : fraksi berat serat (%)
E_s = Energi patah (energi serap) (J)	W_f : berat serat (kg)
g : grafitasi (10m/s^2)	W_M : berat matrik (kg)
HI : Kekuatan impact (J/mm^2)	α : Sudut pendulum tanpa benda uji ($^\circ$)
L : panjang span (mm)	β : Sudut pendulum setelah menabrak benda uji ($^\circ$)
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 Methods for Tensile Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials”, ASTM, 2002*
- Annual Book of Standards, ASTM. D 5941 – 96 Standard test methods for determining the izod pendulum impact resistance of plastics. Philadelphia, PA : American Society for Testing and Materials.*
- Anonim, 2001, Technical data Sheet ,PT Justus Sakti Raya Corporation, Jakarta.*
- Gibson, Ronald F. 1994. Principle Of Composite Material Mechanics. New York : McGraw Hill, Inc.*
- Humas@litbang.deptan.go.id, 2005, "Prospek dan Arah pengembangan Agrobisnis: Kelapa", Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian (Indonesian Agency for Agricultural Research and Development), Jl. Ragunan 29 pasarnringgu Jakarta Selatan 12540, Indonesia.*
- Jamasri, 2008, Prospek Pengembangan Komposit Serat Alam Di Indonesia, Pengukuhan Jabatan Guru besar, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada*
- Jones, M. R., 1975, Mechanics of Composite Material, Mc Graww Hill Kogakusha, Ltd.*
- Mueller, Dieter H. October 2003. New Discovery in the Properties of Composites Reinforced with Natural Fibers. Vol. 33, No. 2. Sage Publications.*
- Peijs, T., 2002, Composites turn green, Department of Materials, Queen Mary, University of London.*
- Shackelford, James, F., 1996, Introduction to Material Science for Engineering, London Prentice Hall International, Inc.*
- Smith, F. W., Hashemi, J., 2006, Foundation of Materials Science and Engineering, Mc Graw Hill Companies, Inc.*
- Suryana, 2007, "Prospek Dan Arah Pengembangan Agribisnis Kelapa", Edisi Kedua, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Departemen Pertanian.*