

Sifat Tarik, Bending dan Impak Komposit Serat Sabut Kelapa-Polyester dengan Variasi Fraksi Volume

(*Tensile, Bending and Impacts Properties of Composite Coconut Fiber-Polyester with Variations of Volume Fraction*)

Gugun Gundara^a, Muhammad Budi Nur Rahman^b

^aProgram Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Tasikmalaya
Jl. Tamansari km 2.5 Gobras, Tasikmalaya Kode pos 46196 Telp. 0265 2350982
e-mail: gugun@umtas.ac.id

^bProgram Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Jl. Brawijaya, Tamantirto, Kasihan, Bantul, Yogyakarta, Indonesia 55183
Telephone/fax (0274) 387656/ (0274) 387 646
e-mail: budinurrahman@umy.ac.id

Abstrak

Potensi serat sabut kelapa perlu diteliti untuk dibuat komposit. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh fraksi volume serat sabut kelapa terhadap sifat tarik, sifat bending dan ketangguhan impak komposit dengan matrik polyester, katalis MEKPO, dan NaOH. Serat sabut kelapa yang digunakan ber diameter 0.2 mm. Komposit dibuat dengan metode cetak tekan pada fraksi volume 20-35%. Pengujian sesuai standar ASTM D638 (uji tarik), ASTM D790 (uji bending) dan ASTM D5941 (uji impak) dengan metode impak izot. Pengamatan foto makro untuk menganalisis kegagalan. Kekuatan tarik dan regangan tarik semakin meningkat dengan peningkatan fraksi volume. Modulus elastisitas tertinggi pada Vf 31,4% sebesar 0,206 GPa dan menjadi 0,11 GPa pada Vf 34,88% dengan kekuatan tarik 17,48 MPa, regangan 16.64%. Kekuatan bending meningkat dengan penambahan fraksi volume. Peningkatan kekuatan bending tertinggi (tanpa perlakuan alkali) pada fraksi volume 33,7% sebesar 34.17 MPa dan modulus bending sebesar 2.10 GPa. Peningkatan fraksi volume serat sabut kelapa dapat meningkatkan ketangguhan impak, dengan nilai tertinggi sebesar 26,42 kJ/m² pada fraksi volume 35,84%. Penampang patah pada pengujian tarik didominasi patahan tunggal sedangkan pada pengujian bending dan impak terjadi patahan banyak serta terjadi *fiber pull-out*

Kata Kunci: serat sabut kelapa; polyester; sifat tarik; sifat bending, kegagalan impak

Abstract

The potential of large coir fibers needs to be investigated to make composites. The purpose of this study was to determine the effect of the volume fraction of coconut coir fiber on tensile properties, bending properties and toughness of composite impacts with a polyester matrix, MEKPO catalyst, and NaOH. Coconut coir fiber used has diameter of 0.2 mm. Composites are made by compressive with fiber volume fraction 20-35%. Tests were according to ASTM D638 standard (tensile test), ASTM D790 (bending test) and ASTM D5941 (impact test) with the izot impact method. Observation macro photo is used to analyze failure. Tensile strength and tensile strain increase with increasing volume fraction. The highest modulus of elasticity at Vf 31.4% was 0.206 GPa and it became 0.11 GPa at Vf 34.88% with a tensile strength of 17.48 MPa, strain of 16.64%. Bending strength increases with the addition of a volume fraction. The highest increase in bending strength (without alkali treatment) at 33.7% volume fraction was 34.17 MPa and bending modulus was 2.10 GPa. Increasing the volume fraction of coconut coir fiber can increase impact toughness with the highest was 26.42 kJ / m² in the volume fraction of 35.84%. The fracture crossing in tensile testing is dominated by a single fracture while in bending and impact testing there is a lot of fracture and fiber pull-out occurs.

Keywords: coconut coir fiber, polyester, tensile, bending, impact, fracture

1. PENDAHULUAN

Material komposit merupakan material gabungan dua atau lebih material yang terikat secara makroskopis. Sifat material komposit berbeda dengan sifat masing-masing atau gabungan sifat bahan penyusunnya. Material komposit terdiri dari matrik sebagai pengikat dan filler sebagai penguat berupa serat maupun partikel. Filler sangat menentukan karakteristik komposit seperti kekuatan, keuletan, kelenturan, kekakuan, ketangguhan maupun sifat mekanik lainnya [1].

Komposit diperkuat serat telah banyak digunakan seperti dinding kendaraan-kendaraan darat, lautan maupun udara, alat olah raga, dan rompi anti peluru. Secara umum komposit diperkuat dengan serat maupun partikel. Serat sintetik maupun serat alam dapat digunakan untuk penguat komposit. Komposit berpenguat serat alam diperlukan tahapan pengembangan dalam teknologi manufaktur komposit yang lebih ramah lingkungan. Rekayasa tersebut juga mampu menyerap pemanfaatan sumber daya alam yang tersedia dan dapat diperbaharui. Salah satu serat alam yang tersedia sangat melimpah adalah serat sabut kelapa. Serat ini memiliki potensi cukup besar digunakan sebagai serat penguat komposit dan memerlukan optimasi penggunaannya.

Kekuatan komposit berpenguat serat lebih tinggi dibandingkan komposit berpenguat partikel, Komposit serat terdiri dari serat sebagai penguat yang dapat berupa serat panjang maupun serat pendek dan pengikat matrik yang secara umum menggunakan polymer (resin). Matrik berfungsi juga untuk menyalurkan dan mendistribusikan gaya dari satu serat ke serat berikutnya, pelindung serat dan sebagai pengisi volume. Ikatan yang kurang baik antara serat dan resin akan menyebabkan kegagalan awal [2].

Penggunaan serat sintesis seperti serat karbon, serat Kevlar maupun serat gelas memunculkan permasalahan lingkungan di PT.INKA. Serat sintesis sulit diuraikan secara alami sehingga limbah serat sintesis yang menumpuk [3]. Beberapa jenis serat alam yang dijadikan penguat adalah serat tumbuhan (kapas, rami, flaks, jute, sabut kelapa, dll), serat binatang (sutra dan wol) serta serat galian (asbes). Pemanfaatan serat sabut kelapa telah banyak dikembangkan antara lain untuk mengisi lempengan-lempengan asbes, bantalan pada ranjang kasur, alas tempat duduk mobil-mobil mewah, sebagai peredam akustik alat-alat musik dan lain-lain. Penggunaan serat sabut kelapa sebagai alternatif bahan penguat komposit belum optimal sehingga perlu penelitian dan pengujian untuk diketahui parameter-parameter pembuatannya.

Kekuatan dan modulus tarik tertinggi komposit serat nanas-nanasan-*unsaturated polyester* (UPRs) terjadi pada $V_f = 42,26\%$ yaitu 153,39 Mpa dan 20,77 Gpa, Secara teoritis pada $V_f = 53,65\%$, kekuatan dan modulus tarik komposit lebih tinggi. Hal ini disebabkan oleh cacat spesimen atau efek *gripping area*. Penampang patahan menunjukkan jenis *splitting in multiple area*, dengan disertai adanya *fiber pull out*. Kekuatan komposit ini dapat ditingkatkan dengan meningkatkan kompatibilitas ikatan antara serat dan matrik [4].

Pengujian tarik komposit dalam bentuk chopped strand mat dengan serat gelas 3 lapis untuk tiap luasan 300 g/m^2 dihasilkan kekuatan sebesar 67,26 MPa dan 450 g/m^2 sebesar 82,83 MPa. Kekuatan bending sebesar 208,58 MPa untuk komposit 300 gr/m^2 dan 157,06 MPa untuk komposit 450 gr/m^2 . Pengujian dampak dihasilkan ketangguhan dampak sebesar $0,0472 \text{ J/mm}^2$ dengan per luasan 300 gr/m^2 dan $0,0872 \text{ J/mm}^2$ untuk komposit 450 gr/m^2 . Semakin banyak layer komposit maka kekuatan tarik dan ketangguhan dampak akan semakin tinggi. Sebaliknya pada pengujian bending, komposit dengan fraksi volume yang semakin kecil mat yang dihasilkan akan lebih tipis menghasilkan sifat lenturnya semakin tinggi [5].

Perlakuan serat daun nanas selama 1,5 jam dengan larutan NaOH 0,5%, dicuci menggunakan air dingin dilanjutkan netralisasi dengan larutan HCl 0,1 M. Serat dikeringkan dalam oven selama 24 jam pada suhu 60°C . Perlakuan alkali menyebabkan permukaan serat akan menjadi kasar sehingga menghasilkan *mechanical interlocking* yang lebih kuat dengan matrik. Adanya *mechanical interlocking* akan meningkatkan viskositas campuran serat-matrik polyethylene [6].

Serat jute dilakukan perlakuan alkali selama 0, 2, 4, 6, dan 8 jam dengan konsentrasi larutan 5%, dilanjutkan pencucian dan penetralan alkali dengan asam asetat. Serat dikeringkan selama 48 jam secara alamiah tidak dibawah sinar matahari langsung dan dalam oven selama 6 jam dengan tempertatur 100°C . Perkembangan kristanilitas serat jute meningkatkan modulus elastisitasnya sebesar 12%, 685 dan 79% setelah perlakuan 4, 6

dan 8 jam. *Tenacity* serat juga meningkat 46% setelah 6 dan 8 jam perlakuan. Namun regangan patah setelah perlakuan serat 8 jam menurun 23%. Perlakuan alkali meningkatkan kekuatan lentur komposit tertinggi terjadi sampai perendaman selama 4 jam, dimana kurva *tenacity* dan regangan patah bertemu pada satu titik [7].

Peningkatan fraksi volume serat kenaf sebesar 20, 40, dan 60% serat pendek sepanjang 1,58 mm dalam *polypropylene* (PP) mampu meningkatkan modulus tarik dan kekuatan komposit. Namun, regangan patahnya menjadi lebih rendah. Kekuatan tarik komposit kenaf-PP untuk V_f 20% sebesar 26,9 MPa, untuk V_f 40% sebesar 27,1 MPa, dan untuk V_f 60% sebesar 27,4 MPa. Nilai modulus tarik berturut-turut 2,7 GPa, 2,8 GPa, dan 3 GPa. Penambahan *coupling agent* MAPP meningkatkan kekuatan komposit hingga 6.1 Mpa, dengan kadar MAPP 5% dan kandungan serat 60%. Penampang patahan komposit dengan *coupling agent* tidak menunjukkan adanya *fiber pull out*, namun adanya matrik sisa yang menempel pada serat [8].

Penambahan fraksi volume (V_f) serat jute meningkatkan modulus elastisitas komposit serat jute-*polyester*, namun pada $V_f = 70\%$ turun secara drastis. Hal ini disebabkan oleh terjadinya delaminasi, sehingga kegagalan terjadi pada tegangan rendah. Secara praktis, komposit ini optimum kekuatannya pada $V_f = 0,6$ dan regangan yang terjadi 1%. Besarnya modulus spesifik serat jute sendiri hampir 2 kali lipat modulus spesifik serat gelas, yaitu 55 GPa dan 29 GPa. Besarnya kekuatan spesifik per satuan harga serat jute adalah sekitar 80% dari serat gelas [9].

Modulus elastisitas tarik komposit serat gelas-*polypropylene* (PP) hampir sama dengan komposit serat kenaf- *polypropylene* (PP). Serat kenaf memiliki kemampuan menahan beban yang lebih tinggi sedangkan harga serat lebih murah dibandingkan harga matrik *polypropylene*. Peningkatan fraksi volume komposit kenaf-PP meningkatkan kekuatan tarik komposit namun regangan patahnya menurun [10].

Komposit kenaf-PP, dengan panjang serat 1 cm, kadar air serat 6-9% dan *coupling agent* MAPP 2%, kekuatan tariknya menunjukkan bahwa peningkatan fraksi berat serat akan meningkatkan kekuatan tariknya. Kekuatan komposit sebesar 74 MPa pada fraksi berat serat $W_f = 60\%$ ($V_f = 50\%$), namun pada komposit tanpa MAPP $W_f = 50\%$ memiliki kekuatan sedikit diatas kekuatan PP. Besarnya modulus tarik komposit kenaf-PP tanpa MAPP memiliki harga yang lebih tinggi daripada dengan MAPP. Fraksi berat $W_f = 50\%$ komposit kenaf-PP-MAPP memiliki harga modulus flexural dan modulus tarik yang lebih besar atau sama dibandingkan dengan komposit serat gelas-PP-MAPP dengan $W_f = 40\%$ [11].

Pengaruh fraksi volume serat sabut kelapa terhadap sifat tarik (kekuatan tarik, regangan tarik dan modulus elastisitas), sifat bending (tegangan bending dan modulus bending), dan ketangguhan impak komposit dengan matrik *polyester* perlu diketahui. Mekanisme kegagalan dianalisis dari hasil pengamatan foto makro penampang patahan bahan komposit.

2. METODE

Serat sabut kelapa berfungsi sebagai penguat komposit yang dibuat dengan metoda cetak tekan. Serat dibersihkan dari sabut kelapa dengan cara direndam dalam air bersih, dipukul-pukul, disisir, dilanjutkan dengan penyemprotan air. Serat dikeringkan secara alami (tidak di bawah sinar matahari langsung) hingga kadar air konstan (acuan 10-12%) setelah satu minggu dan diuji kadar airnya. Matrik yang digunakan adalah *unsaturated polyester* (UP) jenis resin Yukalac tipe 157R BQTN EX dan katalis Metyl Ethyl Peroksida (MEKPO) sebanyak 1% (sesuai acuan dari produsen PT. Justus Sakti Kimia Raya). Spesimen dibuat dengan fraksi volume (V_f) 20%, 30%, dan 40% menggunakan metode cetak tekan pada cetakan plat baja. Spesimen dibentuk dan diuji sesuai standart ASTM di mana pengujian tarik sesuai ASTM D 1037-99, pengujian bending sesuai ASTM D 790-07 dan pengujian impak izot sesuai ASTM D 5941 [12]. Penampang patahan diamati menggunakan mikroskop optik dan foto makro untuk mendeteksi ada tidaknya *fiber pull out*.

2.1 Aspek Geometri

Perhitungan geometri komposit menggunakan persamaan [1] sampai persamaan [4]:

a) Massa komposit

Persamaan [1] digunakan untuk menghitung massa komposit sebagai berikut:

- $m_c = m_f + m_m$ (1)
- b) Massa jenis komposit
Persamaan [2] digunakan untuk menghitung massa jenis komposit sebagai berikut:

$$\rho_c = \frac{m_c}{V_c} \quad (2)$$

- c) Fraksi serat
Persamaan [3] digunakan untuk menghitung fraksi berat serat sebagai berikut:

$$W_f = \frac{m_f}{m_c} \times 100\% \quad (3)$$

Persamaan [4] digunakan untuk menghitung fraksi volume serat sebagai berikut:

$$V_f = \frac{\left(\frac{m_f}{\rho_f}\right)}{\left(\frac{m_f}{\rho_f} + \frac{m_m}{\rho_m}\right)} \times 100\% \quad (4)$$

Dengan: m_c = massa komposit (g), m_f = massa serat (g), m_m = massa matrik (g), ρ_c = massa jenis komposit (g/cm³), v_c = volume komposit (cm³), W_f = fraksi massa serat (%), V_f = fraksi volume serat (%), ρ_f = massa jenis serat (g/cm³), ρ_m : massa jenis matrik (g/cm³).

2.2 Pengujian Tarik

Tujuan pengujian tarik untuk mengetahui kekuatan, regangan, dan modulus tarik papan komposit yang telah dibuat. Hasil pengujian tarik dalam bentuk grafik beban vs pertambahan panjang (elongasi) yang dapat diolah dan dibentuk menjadi grafik tegangan-regangan dengan persamaan-persamaan berikut.

- a) Kekuatan tarik (σ)
 $\sigma = F / A_0$ (5)

- b) Regangan tarik (ε)
 $\varepsilon = \left(\frac{\Delta L}{L_0}\right) \times 100\%$ (6)

- c) Modulus Elastisitas (E)
 $E = \frac{F \cdot L_0}{A_0 \cdot \Delta L}$ (7)

Dengan: F = gaya maksimum yang diberikan (N); A₀ = Luas penampang awal (mm²); L₀ = Panjang awal (mm); ΔL = Pertambahan panjang (mm); σ = Kekuatan (MPa); ε = Regangan (%); E = Modulus elastisitas (GPa).

2.3 Pengujian Bending

Kekuatan bending ditentukan dengan persamaan (8) berikut ini:

$$\sigma_b = \frac{3FL}{2bh^2} \quad (8)$$

Jika defleksi lebih dari 10% jarak antar penumpu (L), kekuatan bendingnya dihitung dengan persamaan [9] yang lebih akurat, yaitu:

$$\sigma_b = \frac{3FL}{2bh^2} \left[1 + 4 \left(\frac{\delta}{L} \right)^2 \right] \quad (9)$$

Persamaan [10] digunakan untuk menghitung modulus elastisitas bending berikut:

$$E_b = \frac{1}{4} \cdot \frac{L^3}{bh^3} \cdot \frac{P}{\delta} \quad (10)$$

Perhitungan kekakuan bending (D) pada material homogen dihitung dengan Persamaan [11] berikut:

$$D = E_b \cdot I \quad (11)$$

Momen inersia (I) untuk penampang balok dihitung dengan persamaan [12] berikut:

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

Dengan: P = beban (N), L = panjang antar penumpu batang (mm), b = lebar batang (mm), h = tebal batang (mm), δ = defleksi (mm)

2.4 Pengujian Impak

Pengujian impak menggunakan metode impak izot dengan beban kecil, karena ketangguhan impak komposit lebih rendah dibandingkan ketangguhan logam. Besarnya

energi impact yang diserap spesimen pada pengujian izot dapat dihitung menggunakan persamaan [13] sesuai manual book-nya, yaitu :

$$E_{\text{serap}} = W \cdot R \left[(\cos \beta - \cos \alpha) - (\cos \alpha' - \cos \alpha) \left(\frac{\alpha + \beta}{\alpha + \alpha'} \right) \right]. \quad (13)$$

Dari hasil perhitungan energi terserap, digunakan untuk menghitung ketangguhan impact dengan persamaan [14]:

$$\text{Ketangguhan impact} = \frac{E_{\text{serap}}}{A} \quad (14)$$

Dengan: E_{serap} = energi terserap material (Joule), W = berat pendulum (N), R = panjang lengan pendulum (m), α = sudut awal pendulum ($^{\circ}$), β = sudut pendulum setelah mematahkan spesimen ($^{\circ}$), A = luas penampang komposit yang dipatahkan (mm^2)

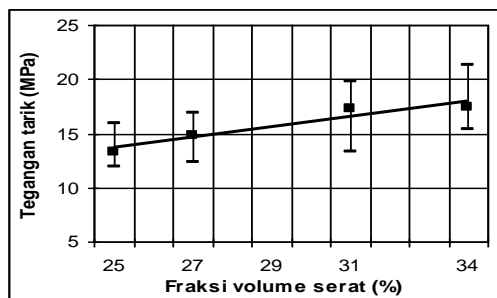
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian Tarik

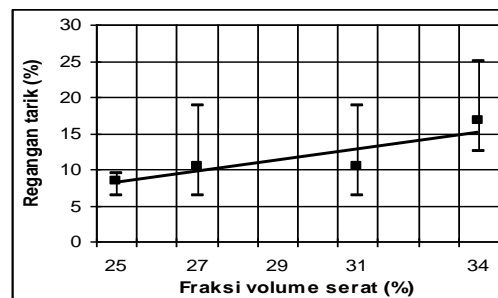
Pengujian tarik komposit serat sabut kelapa menghasilkan grafik gaya vs pertambahan panjang spesimen. Dari data selanjutnya diolah dan dihitung dengan persamaan yang sesuai selanjutnya ditampilkan dalam Tabel 3.1 dan Gambar 3.1.

Tabel 3.1 Sifat tarik komposit serat sabut kelapa-polyester terhadap fraksi volume serat

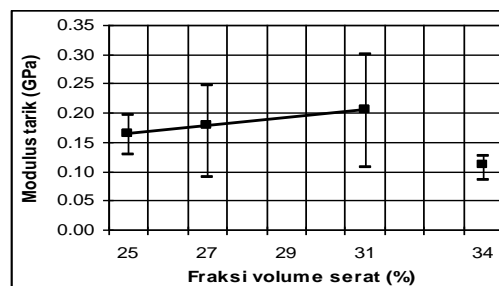
V_f (%)	Kekuatan Tarik (MPa)	Regangan (%)	Modulus Elastisitas (GPa)
25,63	13,34	8,32	0,16
27,28	14,83	10,40	0,18
31,40	17,27	10,40	0,21
34,88	17,48	16,64	0,11



(a) Grafik tegangan tarik



(b) Grafik regangan tarik



(c) Grafik Modulus elastisitas

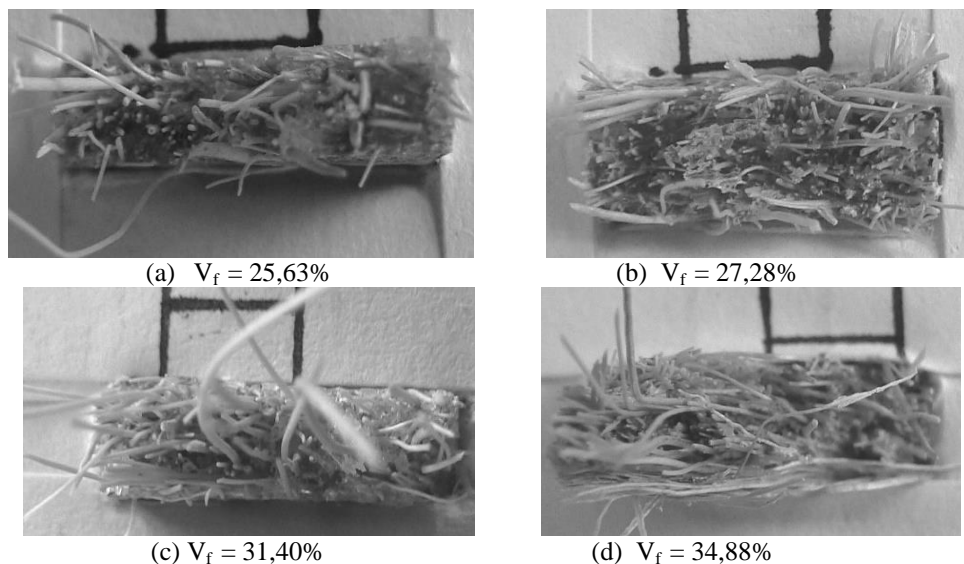
Gambar 3.1 Grafik sifat tarik komposit serat sabut kelapa terhadap pengaruh fraksi volume

Semakin besar fraksi volume serat sabut kelapa dapat meningkatkan kekuatan tarik komposit. Peningkatan kekuatan tarik signifikan terjadi dari V_f 25,63% sampai V_f 31,40% yaitu dari 13,34 MPa menjadi 17,27 MPa. Sedangkan untuk V_f 34,88% kekuatannya 17,48 MPa. Gaya aksial yang diterima oleh material komposit mula-mula ditahan oleh

matrik kemudian diteruskan ke serat. Semakin besar fraksi volume serat maka semakin banyak juga yang menahan beban tersebut. Namun jika terlalu banyak matrik yang mengikat serat juga semakin sedikit sehingga ikatannya lemah.

Peningkatan fraksi volume serat akan meningkatkan regangan tarik. Regangan tarik pada V_f 25,63% sebesar 8,32% dan pada $V_f = 34,88%$ sebesar 16,64% meningkat dua kali lipat. Hal ini disebabkan secara alamiah serat alam memiliki regangan yang lebih besar, sehingga dengan peningkatan fraksi volume serat komposit regangan tariknya juga akan meningkat.

Modulus tarik dari material komposit berpenguat serat sabut kelapa polyester mengalami peningkatan. Terlihat pada Gambar 1.c, peningkatan modulus tarik terjadi pada V_f 25,63% sebesar 0,16 GPa dan V_f 31,40% sebesar 0,21 GPa. Peningkatan ini disebabkan oleh bertambahnya fraksi volume serat, meningkatnya modulus tarik komposit berpenguat serat sabut kelapa ini menunjukkan material komposit tersebut semakin kuat pada saat dikenai pembebanan tarik longitudinal atau unidirectional. Penurunan terjadi pada $V_f = 34,88%$ terhadap $V_f = 31,40%$ sebesar 0,094 GPa, disebabkan oleh perbedaan dimensi benda uji.



Gambar 3.2. Penampang patahan pengujian tarik komposit serat sabut kelapa terhadap pengaruh fraksi volume serat

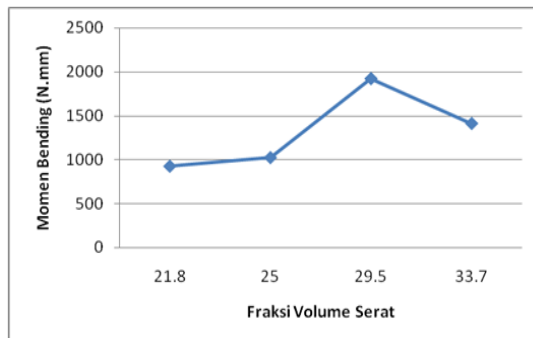
Gambar 3.2 menunjukkan mode patahan material komposit berpenguat serat sabut kelapa pada berbagai fraksi volume yang didominasi patah tunggal. Moda patahan tunggal disebabkan ikatan matrik terhadap serat kurang kuat. Rekatan antara matrik dengan serat sabut kelapa kurang kuat menyebabkan matrik tidak mampu menahan beban yang ditambahkan. Berdasarkan perbedaan variasi fraksi volume serat, bahan komposit berpenguat serat sabut kelapa mengalami fiber pull out pada penampang patahannya. Dikarenakan lapisan pelindung serat (lignin), tatal dan kotoran lainnya yang masih menempel pada serat. Hal tersebut menimbulkan kurang kuatnya ikatan interface yang terjadi antara serat dan matrik.

3.2 Hasil Pengujian Bending

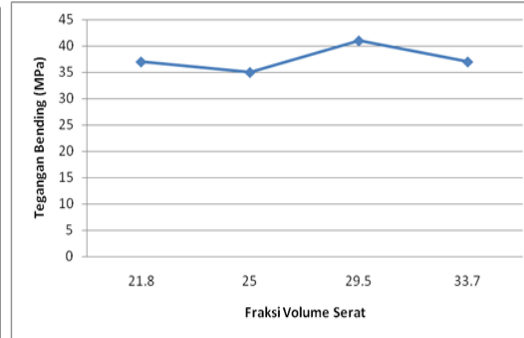
Pengujian bending komposit serat sabut kelapa untuk mengetahui kekuatan bending akibat beban lentur specimen. Peningkatan fraksi volume serat sabut kelapa meningkatkan kekuatan bending komposit. Hasil perhitungan sifat bending ditunjukkan pada Tabel 3.2 dan Gambar 3.3 di bawah ini.

Tabel 3.2 Sifat bending komposit serat sabut kelapa-polyester terhadap pengaruh fraksi volume serat

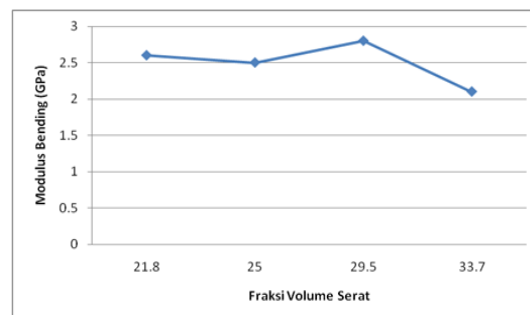
V_f %	Momen (N.mm)	Tegangan (MPa)	Modulus (GPa)
21,8	924,0	36,9	2,6
25,0	1022,0	35,0	2,5
29,5	1918,0	41,1	2,8
33,7	1409,3	37,0	2,1



(a) Momen Bending



(b) Tegangan Bending



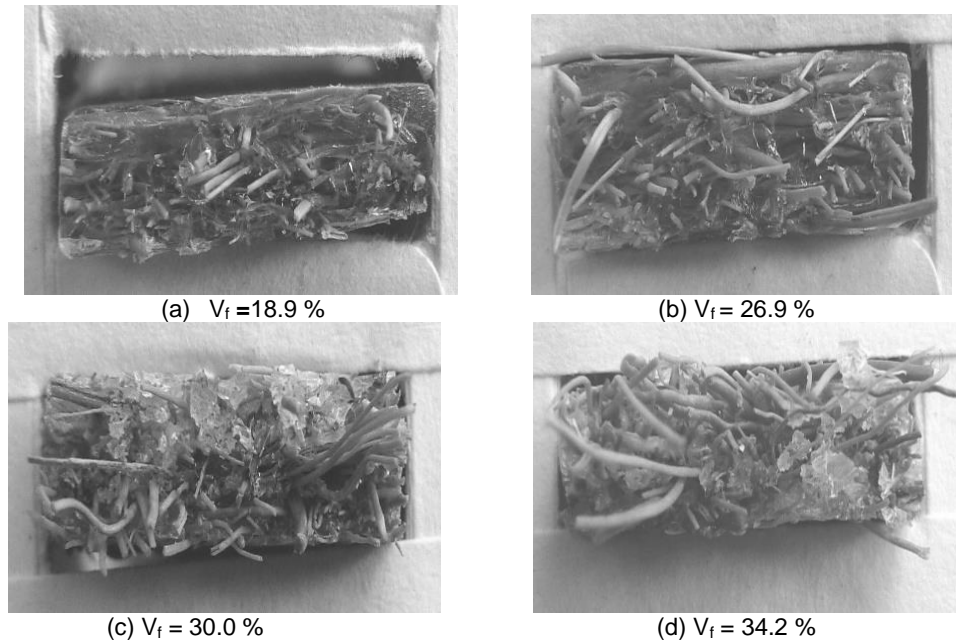
(c) Modulus Bending

Gambar 3.3 Grafik sifat bending komposit serat sabut kelapa-polyester terhadap pengaruh fraksi volume serat

Momen bending maksimum komposit terjadi pada serat dengan fraksi volume 29,5% sebesar 1918,0 N.mm. Begitu juga dengan tegangan bending sebesar 41,1 MPa, serta modulus bending sebesar 2,8 GPa. Peningkatan kekuatan bending disebabkan oleh peningkatan banyaknya serat. Gaya dan momen yang diterima batang komposit diterima oleh matrik kemudian didistribusikan secara merata kepada serat sebagai penguat. Selama ikatan antara matrik dengan serat masih merata, komposit akan menahan beban yang diterima sampai batas maksimum. Namun fraksi volume diatas 30% kekuatan bending akan menurun. Hal ini disebabkan jumlah matrik yang mengikat serat akan semakin sedikit, sehingga gaya yang mampu ditahan akan berkurang. Hal ini sesuai dengan penelitian [13] dimana penurunan modulus bending rata-rata terendah pada semua perlakuan secara teknis dan teoritis terjadi pada tanpa perlakuan alkali sebesar 4,06 GPa pada fraksi volume 34,44% dan 4.14 GPa pada fraksi volume 32,93% presentase penurunan sebesar 1,93%. Ini disebabkan lapisan lignin pada serat masih belum terlepas, sehingga ikatan resin dengan serat belum optimal.

Gambar 3.4 menunjukkan berbagai penampang patahan komposit akibat pengujian bending yang berupa patah tunggal. Penampang patahan pada $V_f = 18.9\%$, terlihat rata karena kurangnya serat penguat. Gambar patahan komposit pada $V_f = 26.9\%$ sudah ada peningkatan kandungan serat. Pada $V_f = 26.9\%$ bentuk patahan sudah mulai terlihat serat

fiber pull out. Pada penampang patahan dengan $V_f \geq 30.0\%$ patahan matrik tidak rata, dimana matrik menempel pada serat yang patah.



(a) $V_f = 18.9\%$

(b) $V_f = 26.9\%$

(c) $V_f = 30.0\%$

(d) $V_f = 34.2\%$

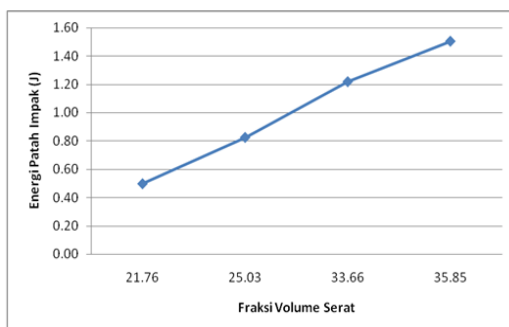
Gambar 3.4. Penampang patahan pengujian bending komposit serat sabut kelapa pada berbagai fraksi volume

3.3 Hasil Pengujian Impak

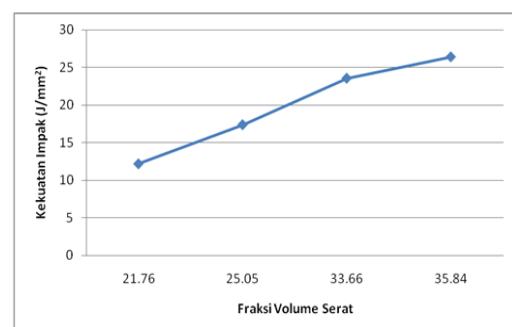
Data hasil pengujian impak komposit serat sabut kelapa-polyester ditunjukkan seperti Tabel 3.3 dan Gambar 3.5.

Tabel 3.3 Energi impak dan ketangguhan impak komposit serat sabut kelapa terhadap pengaruh fraksi volume

V_f (%)	Tebal Spesimen (mm)	Energi Patah (Joule)	Ketangguhan Impak (kJ/m^2)
21,76	3,2	0,500	12,17
25,03	3,7	0,826	17,38
33,66	4,1	1,218	23,57
35,84	4,5	1,503	26,42



(a) Energi Patah Impak



(b) Ketangguhan Impak

Gambar 3.5. Grafik hasil pengujian impak komposit serat sabut kelapa terhadap pengaruh fraksi volume

Energi patah (energi impak) komposit semakin meningkat dengan bertambahnya fraksi volume serat sabut kelapa seperti Gambar 3.5.a. Hal ini disebabkan karena tebal specimen dan fraksi volume serat yang semakin besar. Dengan semakin tebal ukuran specimen, maka momen inersia dari specimen tersebut akan semakin besar pula. Specimen yang memiliki momen inersia yang besar akan dapat menerima beban dengan baik. Semakin banyak serat yang menyusun suatu komposit mengakibatkan energi yang diserap oleh serat semakin besar. Sehingga secara keseluruhan, energi yang diserap oleh komposit serat sabut kelapa semakin meningkat jika fraksi volume serat sabut kelapa juga bertambahnya.

Ketangguhan impak komposit yang diperkuat serat sabut kelapa mengalami kenaikan. Pada fraksi volume 21,76%; 25,03%; 33,66%; dan 35,84% memiliki kekuatan impak rata-rata berturut-turut 12,17 kJ/m²; 17,38 kJ/m²; 23,57 kJ/m²; dan 26,42 kJ/m². Hal ini disebabkan karena jumlah serat yang diikat oleh matrik pada satu satuan luas yang semakin banyak. Matrik polyester merupakan bahan yang getas, sehingga diperkuat serat sebagai penguatnya, dengan penambahan serat sebagai bahan penguat komposit, maka sebagian beban diterima oleh serat. Semakin banyak jumlah serat maka akan semakin banyak pula beban yang sanggup diterima serat secara keseluruhan.

Beban impak dapat diterima dengan baik oleh komposit serat sabut kelapa. Hal ini terlihat dengan tidak patahnya spesimen setelah mengalami pengujian impak. Komposit mengalami fiber pull out yang kasar dan pendek dalam jumlah yang banyak dan tidak terdapat matrik yang menempel pada serat akibat pecah yang disebabkan oleh ikatan permukaan (interface) serat dengan matrik yang kuat.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah Peningkatan fraksi volume serat komposit serat sabut kelapa akan meningkatkan kekuatan tarik sebesar 17,48 MPa pada $V_f = 34,88\%$ demikian juga regangan tarik sebesar 16,64 %. Nilai modulus elastisitas naik sampai pada fraksi volume 31,4% sebesar 0,206 GPa dan pada $V_f = 34,88\%$ nilai modulus elastisitas turun sampai 0,11 GPa. Penampang patah pengujian tarik didominasi patah tunggal dengan penambahan fraksi volume mengalami *fiber pull-out*. Peningkatan fraksi volume serat komposit serat sabut kelapa dapat meningkatkan kekuatan *bending*. Kekuatan *bending* tertinggi pada fraksi volume 29,5% sebesar 41.1 MPa dan modulus *bending* sebesar 2.8 GPa, namun fraksi volume di atasnya lebih rendah yaitu pada fraksi volume 33,7% kekuatan *bending*nya 37,0 MPa dan modulus *bending*nya 2,1 GPa. Penampang patah pengujian *bending* berbentuk patah tunggal dan rata. Peningkatan fraksi volume serat sabut kelapa akan meningkatkan kekuatan impak. Pada fraksi volume 21,76%; 25,03%; 33,66%; dan 35,84% memiliki kekuatan impak rata-rata berturut-turut 12,17 kJ/m²; 17,38 kJ/m²; 23,57 kJ/m²; dan 26,42 kJ/m². Berdasarkan data penelitian tersebut diperoleh bahwa serat nanas-nanasan dapat diproduksi sebagai penguat material komposit. Material komposit dengan fraksi volume serat sekitar 30% dapat diperoleh sifat mekanik optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Surdia T. dan Saito S., *Pengetahuan Bahan Teknik*, Pradnya Paramita, Jakarta, 1999.
- [2] Schwardz M.M., *Composite Material Handbook*, Mc Graw-Hill, Singapura, 1984.
- [3] Diharjo K., Soekrisno, Triyono dan Abdullah G., "*Rancang bangun Dinding Kereta Api Dengan Komposit Sandwich Serat gelas*", Penelitian Hibah Bersaing X, DIKTI, Jakarta, (2002-2003).
- [4] Nuri S.H., Suwanda T., Diharjo K., dan Amin S. Kajian Komprehensif Pengaruh Perlakuan Alkali Terhadap Kekuatan Komposit Berpenguat Serat Nanas-Nanasan (*Bromeliaceae*), PDM, Dikti, Jakarta, 2006.
- [5] Yanuar D., dan Diharjo K., "*Karakteristik Mekanis Komposit Sandwich Serat Gelas Serat Chopped Strand Mat Dengan Penambahan Lapisan Gel Coat*", Skripsi, Teknik Mesin FT UNS, Surakarta. Riset tersebut bagian dari Penelitian HB X oleh Diharjo K., Soekrisno, Triyono dan Abdullah G., (2002-2003) dengan judul "*Rancang bangun Dinding Kereta Api Dengan Komposit Sandwich Serat gelas*", Penelitian Hibah Bersaing X, DIKTI, Jakarta, 2003.

- [6] George J., Janardhan R., Anand J.S., Bhagawan S.S. dan Thomas S. "Melt Rheological behavior of Short Pineapple Fibre Reinforced Low Density Polyethylene Composites", *Journal of Polymer*, Volume 37, No. 24, 1996.
- [7] Ray D., Sarkar B.K., Rana A.K., dan Bose N.R. "Effect of Alkali Treated Jute Fibres on Composites Properties", *Bulletin of Materials Science*, Vol. 24, No. 2, pp. 129-135, 2001.
- [8] Karnani R., Krishnan M., dan Narayan R. "Biofiber Reinforced Polypropylene Composites", Reprinted from *Polymer Engineering and Science*. Vo. 37. No.2, 1987.
- [9] Roe P.J. dan Ansel M.P., "Jute-reinforced polyester Composites", *Journal of Materials Science* 20, pp. 4015-4020, UK, 1985.
- [10] Rowell R.M., Sanadi A., Jacobson R. dan Caufield D., "Properties of kenaf Polypropylene Composites", *Processing and Product*, Mississippi State university, Ag. & Bio Engineering, pp. 381-392. ISBN 0-9670559-0-3, Chapter 32, 1999.
- [11] Sanadi, A.R., Prasad, S.V., dan Rohatgi, P.K., "Sunhemp Fibre-Reinforced Polyester", *Journal of Materials Science* 21, pp. 4299-4304, UK, 1986.
- [12] ASTM, "Annual Book of ASTM Standar, ASTM D 1037-99, ASTM D 790-07 & ASTM D 5941", Section 4, Vol. 04.06, ASTM, West Conshohocken, E-1050-90, 2003.
- [13] Rahman, M.B.N., Suwanda, T., Diharjo, K., Studi Optimasi Peningkatan Kekuatan Bending Komposit Berpenguat Serat Nanas-Nanasan (Bromeliaceae) Kontinu Searah, *Jurnal Semesta Teknika*, Vol. 11, No. 22, pp. 207-2017, 2008.