

Pengaruh Fraksi Volume Serat dan Lama Perendaman Alkali terhadap Kekuatan Impak Komposit Serat Aren-Polyester

(The Effect of Fiber Volume Fraction and Long Immersion in Alkali for Impact Strength Composite Palm Fiber-Polyester)

M. BUDI NUR RAHMAN, BAMBANG RIYANTA, KUNCORO DIHARJO

ABSTRACT

Palm fiber waste in the industrial processing of starch sugar palm has potential as reinforcing material composite material. This research to determine the effect of fiber volume fraction and long immersion in alkaline solution (NaOH) 5% for the impact strength composites waste palm fiber-polyester. The material used is a waste of palm fiber, unsaturated polyester 157 BQTN, MEKPO catalyst and 5% alkaline solution. Preparation of composites made by the method of press mould. The Composites made with variations of the volume fraction of 10%, 20%, 30%, 40%, 50% and long immersion alkali solution is 0, 2, 4, 6, and 8 hours. The impact test conducted by Izod impact testing machine refers to the standard ASTM D 5941. The results showed that increasing the volume fraction will increase the impact strength, but the subsequent decline. The longer the alkali treatment will reduce the impact strength because the fiber has undergone treatment. The impact strength maximum of the composites with fiber volume fraction of 40% and without alkaline immersion of 0.3211 J/mm². Characteristics of a broken section of palm fiber composite material are a polyester matrix of a single fracture.

Keywords: palm fiber waste, the volume fraction, alkaline immersion, impact strength

PENDAHULUAN

Saat ini bahan teknik yang digunakan di dunia industri masih sangat tergantung dengan logam. Namun bahan teknik lain mulai mendapat pertimbangan sebagai pengganti logam. Bahan teknik yang mulai dikembangkan adalah material komposit. Bahan komposit yang diperkuat dengan serat merupakan bahan teknik yang banyak digunakan, karena kekuatan dan kekakuan spesifik tinggi dan sifatnya dapat didesain mendekati kebutuhan (Jones, 1975).

Serat yang digunakan sebagai penguat dalam material komposit dapat berupa serat sintetik atau serat alam. Serat sintetik adalah serat anorganik yang telah diperlakukan dengan bahan-bahan kimia tertentu, sedangkan serat alam adalah serat yang langsung didapatkan dari alam, baik dari tumbuhan atau hewan. Di Indonesia serat alam masih banyak dijumpai misalnya, serat goni(knaf), serat aren, pandan, ijuk, dan sabut kelapa.

Pemakaian bahan komposit antara lain sebagai bahan dinding kendaraan-kendaraan darat, laut, udara, alat-alat olahraga, alat-alat rumah tangga dan lain-lain. Karena beragam pemakaian tersebut, maka jenis pembebanan beragam pula. Namun sebagian besar adalah beban tarik dan geser pada bidang plat. Sangat jarang ditemui jenis pembebanan selain dari kedua jenis pembebanan tersebut

Dari pengujian kekuatan tarik, bending dan impak terhadap komposit dengan serat glass 3 layer dalam bentuk *chopped strand mat* dengan berat 300 gram/m² yang dilakukan oleh Yanuar dan Diharjo (2003) diperoleh kekuatan tarik 67,118 MPa, kekuatan bending 175,25 MPa dan kekuatan impaknya 0,045 J/mm².

Pada komposit GFRP, penggunaan serat *Chopped strand mat* (CSM) diantara layer *woven roving* dapat mengatasi penurunan kekuatan komposit yang disebabkan oleh adanya daerah yang miskin serat. Besarnya

peningkatan ketahanan impak tersebut mencapai 187%.

George et al. (1996) melakukan perlakuan serat daun nanas dengan urutan: treatment NaOH 0,5% selama 1,5 jam, pencucian dengan air dingin, pencucian dengan HCl 0,1 M, dan dikeringkan dalam oven pada suhu 60 °C selama 24 jam. Selama perlakuan alkali, permukaan serat akan menjadi kasar. Topografi permukaan serat yang kasar menghasilkan *mechanical interlocking* yang lebih kuat dengan matrik.

Ray et al. (2001) melakukan perlakuan serat jute dengan larutan alkali 5% selama 0, 2, 4, 6, dan 8 jam, yang dilanjutkan dengan pencucian dan penetralan alkali dengan asam asetat, serta pengeringan pada temperatur kamar selama 48 jam dan dioven pada 100 °C selama 6 jam. Perkembangan serat jute meningkatkan modulus elastisitasnya sebesar 12%, 68%, dan 79% setelah perlakuan berturut-turut, 4, 6, dan 8 jam. *Tenacity* serat juga meningkat 46% setelah 6 dan 8 jam perlakuan. Namun persentasi regangan patah serat menurun 23% setelah perlakuan 8 jam. Hasil pengujian kekuatan lentur komposit menunjukkan bahwa kekuatan tertinggi terjadi pada perlakuan 4 jam, dengan kurva *tenacity* dan % regangan patah bertemu pada satu titik.

Rahman et al. (2010) melakukan penelitian fraksi volume serat nanas-nanas dan perlakuan larutan alkali 5% selama 0, 2, 4, 6, dan 8 jam. Kekuatan impak meningkat secara linier seiring dengan penambahan fraksi volume serat. Kekuatan impak komposit dengan kandungan serat 34,44% dan 39,85% sama, yaitu sebesar 0,0046 J/mm². Hasil ini menunjukkan bahwa kekuatan impak komposit optimum pada fraksi volume sekitar 35%. Semakin lama waktu perlakuan alkali 5% NaOH akan meningkatkan energi patah dan kekuatan impak sampai waktu 6 jam, namun pada waktu 8 jam nilainya lebih rendah. Kekuatan impak tertinggi juga terjadi pada komposit berpenguat serat dengan perlakuan alkali 6 jam, yaitu sebesar 0,0055 J/mm². Kekuatan impak terendah terjadi pada specimen dengan serat yang mengalami 8 jam perlakuan alkali, yaitu sebesar 0,0044 J/mm².

Mengingat kegunaan material komposit yang beraneka ragam maka dipandang penting mengkaji bahan komposit dengan menggunakan serat alam. Serat alam yang digunakan dalam pembuatan material komposit

adalah serat aren (*arenga pinnata*) yang didapat dari Desa Margoluwih Daleman Tulung, Klaten. Desa tersebut merupakan sentra industri kecil pembuatan mie yang terbuat dari sari/tepung aren, dan sisa yang telah diambil sarinya disebut ampas aren.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh fraksi volume serat dan lama perendaman serat dalam larutan alkali (NaOH) 5% terhadap kekuatan impak komposit berpenguat serat aren.

METODE PENELITIAN

Persiapan Bahan

Bahan utama penelitian adalah limbah serat aren (*Arengapinnata Wurmb*) yang didapat dari daerah Tulung, Klaten yang merupakan limbah dari pengolahan tepung aren untuk industri mie. Pengambilan serat aren dilakukan dengan memotong pohon aren sepanjang 1,25 - 2 meter, lalu dibelah dan diparut. Serat hasil parutan dimasukkan ke bak yang dialiri air serta diaduk-aduk untuk mendapatkan sarinya lalu diendapkan menjadi tepung. Sisa parutan yang telah diambil sarinya (ampas aren) kemudian diambil seratnya. Serat dibersihkan dari tatal yang melekat kemudian dikeringkan dengan diangin-anginkan. Serat direndam dalam larutan alkali (NaOH 5%) dengan variasi 0, 2, 4, 6 dan 8 jam. Perendaman dilakukan untuk menghilangkan lignin yang menempel pada serat. Serat dinetralisir dengan cara direndam dalam air bersih selama 3 hari dan dikeringkan dengan diangin-anginkan. Bahan matrik yang digunakan adalah *unsaturated polyester 157 BQTN*, yang disuplai oleh PT. Justus Kimia Raya Jakarta. Kadar katalis MEKPO (*metil etil keton peroksida*) yang digunakan adalah 1% dari volume matrik.

Pembuatan Komposit

Panel komposit dibuat menggunakan metode cetak tekan (*press mould*) dengan susunan serat acak dan variasi fraksi volume 10%, 20%, 30%, 40% dan 50%. Pembuatan komposit dengan orientasi serat acak (*Random*) adalah dengan dipotong-potong lalu dicampur secara acak keseluruh bagian resin tanpa memperhatikan arahnya. Bila tiap arah seratnya menyebar maka kekuatannya akan menyebar kesegala arah sehingga kekuatan mekanisnya akan meningkat. Namun semakin acak orientasi seratnya maka

sifat mekanik pada satu arahnya akan semakin melemah. Menurut Gibson (1994), penempatan serat harus mempertimbangkan geometri serat, arah, distribusi dan fraksi volume, agar dihasilkan komposit berkekuatan tinggi.

Salah satu faktor penting yang menentukan karakteristik dari komposit adalah perbandingan matrik dan penguat/serat. Perbandingan ini dapat ditunjukkan dalam bentuk fraksi volume serat (V_f) atau fraksi massa serat (m_f). Fraksi volume dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 1 (Shackelford, 1992).

$$v_f = \frac{\frac{m_f}{\rho_f}}{\frac{m_f}{\rho_f} + \frac{m_m}{\rho_m}} \dots\dots\dots (1)$$

$$m_f = \frac{\rho_f V_f}{\rho_f V_f + \rho_m V_m} \dots\dots\dots (2)$$

dengan : v_f = fraksi volume serat (%), m_f = massa serat (g), m_m = massa matrik (g), V_f = volume serat (mm^3), V_m = volume matrik (mm^3), ρ_f = massa jenis serat (g/mm^3), ρ_m = massa jenis matrik (g/mm^3).

Perhitungan fraksi massa dipandang lebih mudah dibandingkan dengan fraksi volume. Menurut Kaw (1997), fraksi volume serat sebagai bahan kontrol dalam penelitian dengan Persamaan 2.

$$V_f = \frac{v_f}{v_c} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

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

dengan : v_c = volume komposit (cm^3), v_f = volume serat (cm^3), v_m = volume matrik (cm^3), m_f = massa serat kenaf acak (g), ρ_f = berat jenis serat kenaf (g/cm^3), m_m = massa matrik (g), ρ_m = berat jenis matrik (g/cm^3), V_f = fraksi volume serat (%), W_f = fraksi berat serat (%).

Kekuatan komposit dapat ditentukan dengan Persamaan 4 (Shackelford, 1992).

$$\sigma_c = \sigma_f V_f + \sigma_m V_m \dots\dots\dots (4)$$

dengan : σ_c = kekuatan komposit (N/mm^2), σ_f = kekuatan fiber (N/mm^2), σ_m = kekuatan matrik (N/mm^2), V_f = volume fiber (mm^3), V_m = volume matrik (mm^3).

Pengujian Impak Komposit

Pembentukan spesimen uji impak sesuai dengan standar ASTM D-5941 untuk pengujian impak izod.

Kekuatan material terhadap beban kejut dapat diketahui dengan cara melakukan uji impak. Uji impak adalah suatu kriteria penting untuk mengetahui kegetasan bahan. Kekuatan impak material komposit rata-rata masih di bawah kekuatan impak logam. Ikatan antar molekul sangat berpengaruh pada kekuatan impak, semakin kuat ikatan maka semakin kuat kekuatan impaknya (Surdia dan Shinroku, 1995).

Melihat kekuatan impak material komposit yang rata-rata masih di bawah kekuatan impak logam, maka dalam pengujiannya menggunakan pengujian jenis impak izod. Uji impak ini akan menghasilkan nilai E_{serap} . Dari perolehan E_{serap} , maka energi impak bisa dihitung. Besarnya energi impak dapat dihitung dengan rumus yang sesuai dengan *manual book impak izod tester* sebagai berikut:

$$E_{\text{serap}} = W \cdot R \left[(\cos \beta - \cos \alpha) - (\cos \alpha' - \cos \alpha) \left(\frac{\alpha + \beta}{\alpha + \alpha'} \right) \right] \dots\dots\dots (5)$$

dengan : E_{serap} = Energi serap (J), W = Berat pendulum (N), L = Panjang lengan pendulum (m), α = sudut ayun pendulum, β = sudut pantul pendulum.

Setelah mendapat energi serap dapat dihitung kekuatan impak dengan Persamaan 6.

$$K_{\text{impak}} = E_{\text{serap}} : A \dots\dots\dots (6)$$

dengan : K_{impak} = kekuatan impak (J/mm^2), A = luas penampang (mm^2), E_{serap} = energi serap (Joule)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Fraksi Volume terhadap Kekuatan Impak

Resin polyester memiliki kekuatan impak sebesar $10,6 \text{ J}/\text{m}^2$. Hasil pengujian impak akibat

pengaruh fraksi volume komposit serat aren terhadap kekuatan impak dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 1.

Hasil pengujian menunjukkan dengan bertambahnya fraksi volume serat menyebabkan energi serap komposit serat aren mengalami kenaikan sehingga kekuatan impaknya juga meningkat. Energi terserap maksimum pada fraksi volume 40% sebesar 10,15 J demikian juga kekuatan impaknya sebesar 0,321 J/mm². Selanjutnya pada fraksi volume 50% energi terserap dan kekuatan impaknya mengalami penurunan yaitu sebesar 9,41 J dan 0,253 J/mm². Penambahan fraksi volume serat menunjukkan serat penguat semakin banyak dalam komposit sehingga gaya yang diterima oleh matrik akan diteruskan kepada serat penguatnya. Hal ini sesuai dengan prinsip dasar komposit bahwa serat berfungsi sebagai penguat. Selama matrik mengikat serat

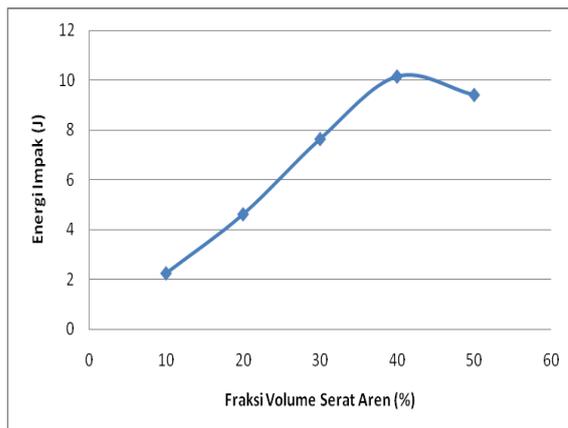
dengan baik, semakin besar kandungan serat semakin besar pula kekuatan kompositnya. Semakin banyak serat maka gaya yang diterima serat semakin kecil sehingga kekuatan yang mampu ditahan akan semakin besar. Semakin besar fraksi volume serat menyebabkan matrik polyester semakin sedikit, sehingga ikatan antara matrik dengan serat semakin lemah. Jumlah matrik yang mengikat serat semakin sedikit, sehingga kekuatan untuk menahan gaya yang diterima semakin rendah. Ketika serat terputus karena beban kejut, matrik akan meneruskan beban dari ujung serat yang putus ke serat lain yang belum putus.

Pengaruh Lama Perendaman Serat dalam Larutan Alkali (NaOH) 5%

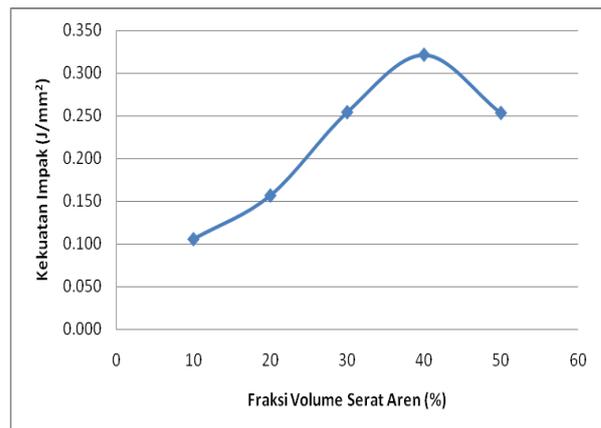
Hasil pengujian impak akibat pengaruh lama perendaman serat aren dalam larutan alkali (NaOH) dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 2.

TABEL 1. Hasil uji pengaruh fraksi volume komposit serat aren tanpa perlakuan alkali terhadap kekuatan impak

Fraksi Volume (%)	Energi Impak (J)	Kekuatan Impak (J/mm ²)
10	2.25	0.105
20	4.62	0.157
30	7.64	0.254
40	10.15	0.321
50	9.41	0.253



(a) Energi impak

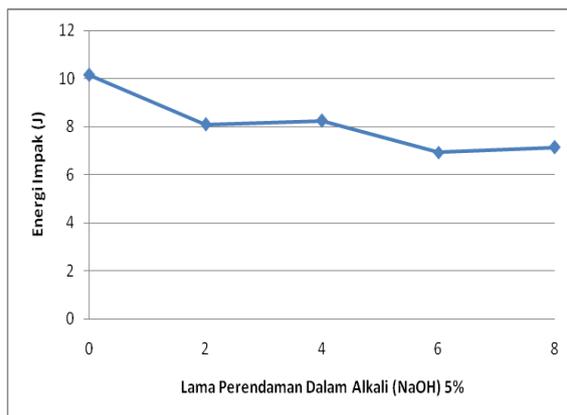


(b) Kekuatan impak

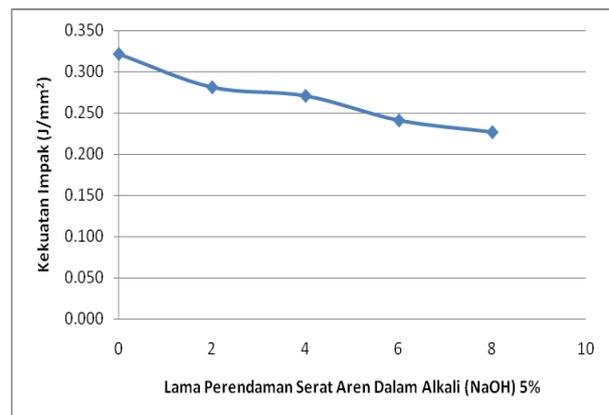
GAMBAR 1. Hubungan antara fraksi volume serat aren terhadap kekuatan impak

TABEL 2. Hasil uji pengaruh lama perendaman serat aren dalam larutan alkali (NaOH) 5% terhadap kekuatan impact pada fraksi volume 40%

Lama Perendaman (Jam)	Luas Penampang (mm ²)	Energi Impact (J)	Kekuatan Impact (J/mm ²)
0	31,6	10,15	0,321
2	28,8	8,09	0,281
4	30,5	8,25	0,270
6	28,8	6,93	0,240
8	31,5	7,13	0,226



(a) Energi impact



(b) Kekuatan impact

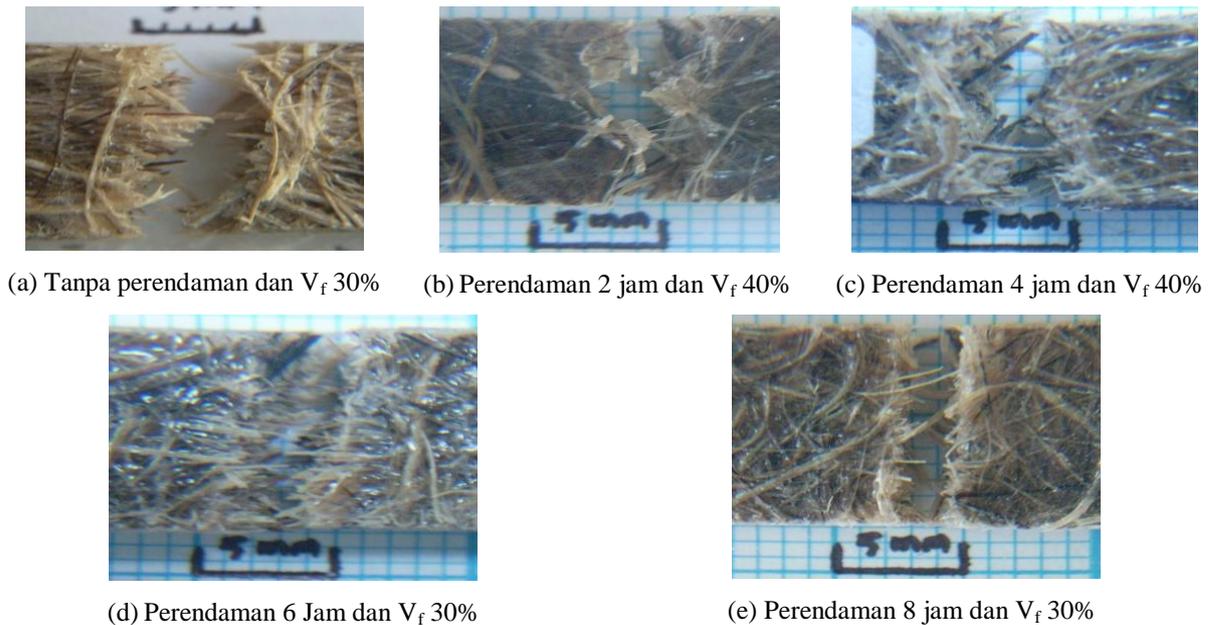
GAMBAR 2. Hubungan antara lama perendaman serat aren terhadap kekuatan impact

Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin lama waktu perendaman serat aren dalam larutan alkali (NaOH) 5% akan menurunkan kekuatan impactnya. Energi terserap dan kekuatan impact terbesar pada serat tanpa perendaman alkali yaitu sebesar 10,15 J dan 0,321 J/mm². Energi terserap pada perendaman 4 jam lebih besar daripada perendaman 2 jam dan perendaman 8 jam lebih besar daripada perendaman 6 jam, namun kekuatan impactnya mengalami penurunan. Hal ini disebabkan perbedaan ketebalan dan luas penampang patahan spesimen.

Penurunan kekuatan impact disebabkan oleh beberapa hal, antara lain: proses pengambilan serat proses perlakuan alkali. Serat yang digunakan dalam penelitian adalah limbah serat aren dari industri tepung yang telah mengalami perlakuan mekanik berupa pamarutan, perendaman air dan pemerasan untuk pengambilan pati pohon arennya. Hal ini dapat merusak serat sehingga kekuatannya akan berkurang. Perlakuan alkali bertujuan untuk

membersihkan serat dari lapisan lignin yang membungkus serat atau kotoran menempel pada serat sehingga ikatan antara matrik dan serat lebih kuat. Jika terlalu lama atau konsentrasi larutan terlalu tinggi akan merusak sel-sel serat utamanya sehingga serat menjadi rapuh, keropos dan kekuatannya akan berkurang.

Hasil pengujian impact diperkuat dengan pengamatan patahan dapat dilihat seperti pada Gambar 3. Penampang patahan komposit memiliki karakteristik sama, yaitu patah tunggal akibat pengaruh lama perendaman alkali. Patah tunggal biasanya memiliki kekuatan rendah karena serat dan matrik tidak dapat menahan beban secara tiba-tiba hampir sama dengan patah getas pada logam. Komposit dengan perlakuan alkali terlihat banyak matrik yang menempel pada ujung serat yang tercabut, sedangkan pada komposit tanpa perlakuan alkali matrik yang menempel lebih sedikit. Jumlah serat yang tercabut relatif banyak disebabkan distribusi serat yang tidak merata dan terdapat serat yang terlepas dari matrik.



GAMBAR 3. Pengaruh lama perendaman terhadap pampang patahan uji impact

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Peningkatan fraksi volume akan meningkatkan energi serap dan kekuatan impact, namun selanjutnya terjadi penurunan. Energi terserap dan kekuatan impact maksimum pada fraksi volume 40% sebesar 10,15 J dan kekuatan impactnya $0,321 \text{ J/mm}^2$.
2. Semakin lama waktu perlakuan alkali pada serat aren akan menurunkan energi terserap dan kekuatan impact.
3. Karakteristik patah pada komposit tanpa perlakuan alkali dan komposit dengan perlakuan alkali pada dasarnya sama, yaitu patah tunggal. Komposit dengan perlakuan alkali terlihat banyak matrik yang menempel pada ujung serat yang tercabut, sedangkan pada komposit tanpa perlakuan alkali matrik yang menempel lebih sedikit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ujucapan terima kasih disampaikan kepada Sigit Hidayat Nuri, ST. dan Yuniyanto, ST. yang telah membantu selama pelaksanaan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM (2003). *Annual Book of ASTM Standart, ASTM D 790 & ASTM D 5941*, Section 4, Vol. 04.06, ASTM, West Conshohocken, E-1050-90.
- George J., Janardhan R., Anand J.S., Bhagawan S.S. dan Thomas S. (1996). Melt Rheological behavior of Short Pineapple Fiber Reinforced Low Density Polyethylene Composites, *Journal of Polymer, Volume 37, No. 24*, Greet Britain.
- Gibson, O. F. (1994). *Principle of Composite Materials Mechanics*, McGraw-Hill Inc., New York, USA.
- Jones R.M. (1975). *Mechanics of Composite Material*, Institute of Technology, Southern Methodist University, Dallas, Texas, Mc Graw-Hill, Washington D.C.
- Kaw A.K. (1997). *Mechanics of Composite materials*, CRC Press, New York.
- Ray D., Sarkar B.K., Rana A.K., and Bose N.R. (2001). Effect of Alkali Treated Jute Fibers on Composites Properties, *Bulletin of Materials Science, Vol. 24, No. 2, pp. 129-135*, Indian Academy of science.

- Rahman, M.B.N., Suwanda, T., Diharjo, K. (2010), Pengaruh Fraksi Volume Serat Terhadap Peningkatan Kekuatan Impak Komposit Berpenguat Serat Nanas-Nanasan (*Bromeliaceae*) Kontinyu Searah Dengan Matrik *Unsaturated Polyester*, *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, Vol. 13, No. 2, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Shackelford (1992). *Introduction to Materials Science for Engineer*, Third Edition, MacMillan Publishing Company, New York, USA.
- Surdia, T., dan Shinroku, S. (1995). *Pengetahuan Bahan Teknik*, Jakarta: P.T. Pradnya Paramita.
- Yanuar D., dan Diharjo K. (2003). *Karakteristik Mekanis Komposit Sandwich Serat Gelas Serat Chopped Strand Mat Dengan Penambahan Lapisan Gel Coat*, Skripsi, Teknik Mesin FT UNS, Surakarta, bagian dari Penelitian Hibah Bersaing 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.

PENULIS:

M. Budi Nur Rahman✉, Bambang Riyanta

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik,
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta,
Yogyakarta.

Keahlian Rekayasa dan Mekanika Material,
Laboratorium Material Teknik UMY.

✉Email: nurrahman_umy@yahoo.co.id

Kuncoro Diharjo

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik,
Universitas Sebelas Maret Surakarta, Jl. Ir.
Sutami 36 A Surakarta 57126, Jawa Tengah.