

**PENGARUH FRAKSI VOLUME SERAT DAN PERLAKUAN ALKOHOL
ABSOLUTE TERHADAP KEKUATAN IMPAK KOMPOSIT SERAT
BAMBU AMPEL (*BAMBUSA VULGARIS*)**

Heni Prasutio

Siska Titik Dwijayati, MT dan Drs. Agus Dudung, M.Pd

Teknik Mesin, Fakultas Teknik,

Universitas Negeri Jakarta

Abstrak

Pengaruh Fraksi Volume Serat dan Perlakuan Alkohol Absolute terhadap Kekuatan Impak Komposit Serat Bambu Ampel (Bambusa vulgaris). Jakarta: Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta, Desember 2012.

Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh fraksi volume serat dan perlakuan perendaman alkohol absolute yang bervariasi terhadap kekuatan impak komposit serat bambu ampel (*Bambusa vulgaris*) yang dihasilkan melalui pengujian impak metode *charpy*.

Penelitian ini dilakukan di Sentra Teknologi Polimer – BPPT PUSPITEK Tangerang pada tahun akademik 2011/2012. Metode penelitian adalah eksperimen dengan jumlah sampel sebanyak 42 sampel. Komposit yang dibuat menggunakan penguat serat bambu ampel dengan matrik polyester jenis (UPR) Yukalac 157 BQTN-EX dengan variasi komposisi fraksi volume serat 15%, 25%, dan 35% sedangkan variasi perlakuan perendaman serat dengan alkohol absolute 2 jam, 4 jam, dan 6 jam dengan komposisi fraksi volume 25%. Pengujian yang dilakukan pada komposit serat bambu yaitu pengujian impak metode *charpy* berdasarkan standar ISO 179.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekuatan impak tertinggi terdapat pada komposit dengan fraksi volume 35% sebesar 51,22 kJ/m² sedangkan variasi perlakuan perendaman yang paling optimum terdapat pada komposit serat dengan perlakuan perendaman alkohol absolute selama 2 jam dengan fraksi volume 25% sebesar 34,52 kJ/m².

Keywords: Kekuatan impak, Serat bambu ampel, Fraksi volume serat, Perlakuan perendaman alkohol absolute.

Abstract

The Influence of Fiber Volume Fraction and Absolute Alcohol Treatment for The Impact Strength of Bamboo Fiber Composite Ampel (*Bambusa vulgaris*). Jakarta: Faculty of Engineering Jakarta State University, December 2012

The study aimed to investigate the effect of fiber volume fraction and absolute alcohol treatment that varies with the impact strength of bamboo fiber composite Ampel (*Bambusa vulgaris*) produced through testing Charpy impact method.

The research was conducted at the Center for Polymer Technology - BPPT PUSPITEK Tangerang in the academic year 2011/2012. The method of research is an experiment with a sample of as many as 42 samples. Composites made using bamboo fibers Ampel with polyester matrix type (UPR) Yukalac 157 BQTN-EX with the composition variation of fiber volume fraction of 15%, 25%, and 35%, while the variation of fiber submersion treatment with absolute alcohol 2 hours, 4 hours, and 6 hours with 25% volume fraction composition. Tests were performed on the bamboo fiber composite method of Charpy impact test according to standard ISO 179.

Research results show that the highest impact strength contained in the composite with 35% volume fraction amounted 51.22 kJ/m² whereas the submersion treatment variations found in most optimum fiber composites with absolute alcohol submersion treatment for 2 hours with 25% volume fraction amounted to 34.52 kJ/m².

Keyword: Impact strength, Ampel bamboo fiber, fiber volume fraction, absolute alcohol treatment.

I. PENDAHULUAN

Komposit merupakan kombinasi terakayasa dua bahan atau lebih yang membentuk suatu kesatuan menjadi menjadi material baru yang lebih berguna. Bahan komposit biasa digunakan dalam industri pesawat terbang, otomotif, maupun untuk alat olahraga. Komposit banyak digunakan tidak lepas dari sifat-sifat unggul yang dimiliki komposit yaitu ringan, kuat, kaku, serta tahan terhadap korosi dan beban lelah. Penguat (*reinforcement*) komposit pada umumnya menggunakan bahan baku serat sintesis seperti serat gelas, serat karbon, dan lain sebagainya. Penggunaan bahan baku serat sintesis mempunyai kekurangan yaitu harga yang cukup tinggi dan sulit terurai oleh lingkungan.

Berdasarkan kekurangan-kekurangan yang terdapat pada komposit dengan penguat serat sintesis maka dibutuhkan suatu cara agar didapatkan komposit dengan bahan baku yang lebih ekonomis tanpa mengabaikan kualitas dan kuantitas dari material komposit tersebut. Penggunaan material komposit dengan penguat serat alam diharapkan mampu memenuhi hal tersebut. Keunggulan yang dimiliki oleh serat alam antara lain: densitas rendah, harga lebih ekonomis, ramah lingkungan, dan tidak membahayakan bagi kesehatan.

Serat alam yang menjadi bahan penelitian ini adalah serat bambu yang memiliki banyak jenis dan kegunaannya. Bambu merupakan tanaman yang cukup mudah didapat dan banyak tumbuh di Indonesia. Bambu sangat mudah tumbuh dan pertumbuhannya sangat cepat. Bambu dapat

tumbuh tanpa harus ditanam dan dapat tumbuh dimana pun selama kandungan tanah tersebut subur. Bambu juga mempunyai masa daur ulang yang relatif pendek (tiga sampai empat tahun).

Bambu memiliki sifat-sifat yang baik untuk dimanfaatkan, antara lain batangnya kuat, ulet, lurus, rata, keras, mudah dibelah, mudah dibentuk dan mudah dikerjakan serta ringan. Bambu ini sangat baik untuk dijadikan bahan serat dalam suatu struktur komposit karena mempunyai sifat-sifat mekanik yang sangat baik. Sifat-sifat mekanik dari suatu struktur komposit tergantung pada sifat-sifat struktur penyusunnya. Jenis serat dan matriks yang digunakan dalam akan mempengaruhi karakteristik sifat-sifat akhir material yang ingin dicapai.

Sebelumnya telah banyak dilakukan penelitian tentang komposit yang menggunakan serat bambu sebagai penguat. Pengujian komposit yang dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat material komposit serat bambu seperti kekuatan tarik, kekuatan bending, modulus elastisitas, dan densitas. Namun penelitian mengenai kekuatan impak komposit serat panjang (kontinue) dengan variasi komposisi fraksi volume dan variasi perlakuan perendaman alkohol absolut masih jarang ditemukan.

Berdasarkan uraian di atas maka penulis tertarik untuk meneliti pengaruh fraksi volume serat dan perlakuan perendaman alkohol absolut terhadap kekuatan impak komposit serat bambu ampel. Kekuatan impak komposit

tersebut didapat melalui pengujian impak metode *charpy*.

II. MATERI (LANDASAN TEORI)

A. Komposit

Komposit merupakan suatu jenis bahan baru hasil rekayasa yang terdiri dari dua bahan atau lebih yang sifat masing-masing bahan berbeda satu dengan lainnya dan tetap terpisah dalam hasil akhir bahan tersebut (makroskopis) sehingga menjadi material baru yang lebih berguna. Hal ini berbeda dengan paduan atau *alloy*, yang material atau bahan paduannya tidak dapat terlihat lagi oleh mata (mikroskopis).

Komposit pada umumnya terdiri atas dua jenis unsur yang berbeda yaitu pengikat (matriks) dan penguat (*reinforcement*).

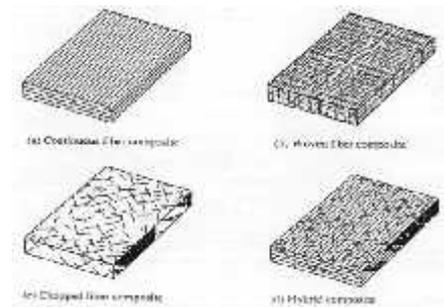
Material komposit menurut bentuk penguat digolongkan menjadi tiga jenis yaitu terdiri dari komposit partikel, komposit lapis, dan komposit serat. Pada komposit serat, serat berfungsi sebagai penopang kekuatan dari komposit, sehingga tinggi rendahnya kekuatan komposit tergantung dari jenis serat yang digunakan. Gambar 2.1 menunjukkan jenis pengaplikasian bentuk serat pada komposit. Jenis komposit serat terbagi menjadi empat macam yaitu:

a) *Continuous fiber composite* (komposit diperkuat dengan serat panjang),

b) *Woven fiber composite* (komposit diperkuat dengan serat anyaman),

c) *Chopped fiber composite* (komposit diperkuat serat pendek/acak),

d) *Hybrid composite* (komposit diperkuat serat panjang dan serat acak).



Gambar 2.1 Jenis Komposit Berdasarkan Serat

B. Polimer

Polimer merupakan bahan dengan molekul besar yang terbentuk dari molekul-molekul kecil yang terangkai secara berulang yang mempunyai berat molekul diatas 10.000. Molekul-molekul kecil yang menyusun polimer disebut dengan monomer.

1. Resin Poliester Tak Jenuh

Resin poliester tak jenuh atau yang biasa disebut *polyester*. *Polyester* termasuk jenis polimer termoset. *Polyester* merupakan resin cair yang memiliki viskositas yang relative rendah dan dapat mengeras pada suhu kamar dengan menggunakan katalis tanpa menghasilkan gas pada waktu pencetakan seperti banyak resin termoset lainnya. Pada saat

pencetakan resin *polyester* tidak perlu diberikan tekanan.

2. Katalis

Metil Etil Keton Periksida (MEKPO) biasa digunakan sebagai katalis (*hardener*) untuk pencetakan dingin (pencetakan pada suhu ruang). Katalis berfungsi untuk mempercepat proses pengeringan (*curing*) pada polimer termoset. Semakin banyak katalis yang dicampurkan pada cairan matriks akan mempercepat proses laju pengeringan, tetapi akibat dari mencampurkan katalis terlalu banyak akan membuat komposit menjadi getas.

C. Bambu Ampel

Tumbuhan bambu termasuk ke dalam keluarga rumput-rumputan. Tumbuhan ini merupakan sejenis tumbuhan berkayu yang memiliki batang berongga dan beruas-ruas.

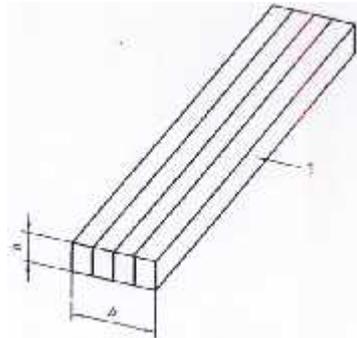
Bambu ampel dengan nama latin *Bambusa vulgaris* merupakan salah satu tanaman bambu yang mudah didapat. Bambu ampel mempunyai ciri-ciri sebagai berikut:

1. Jenis bambu berumpun agak jarang
2. Buluh tegak atau agak condong
3. Tinggi antara 15 sampai 20 m
4. Diameter batang 4 sampai 10 cm
5. Permukaan batang berwarna hijau mengkilap
6. Daun pelepah memiliki bentuk buluh bundar telur dan melebar

D. Pengujian

Pengujian impact merupakan pengujian yang mengukur kekuatan material terhadap pembebanan kejut (impact). Kekuatan impact adalah salah satu kriteria untuk mengetahui kegetasan material. Pengujian ini bertujuan untuk mengukur kekuatan material terhadap laju pembebanan yang dilakukan secara tiba-tiba (*rapid loading*).

Pengujian pada penelitian ini menggunakan standar ISO 179 yaitu pengujian impact metode *charpy*. Dimensi benda uji adalah 80 mm x 10 mm x 4 mm dengan posisi pengujian *edgewise* tanpa takikan (*unnotched*) seperti yang ditunjukkan Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Pengujian Impact Metode *Charpy* dengan Posisi *Edgewise*

Harga impact bahan uji pada pengujian impact dengan metode *charpy* tanpa takikan dinyatakan dalam kilo Joule per meter persegi, menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$a_{cu} = \frac{E_c \cdot \chi}{h \cdot b} \cdot 10^3$$

Keterangan:

$$a_{cu} = \text{Harga impact (kJ/m}^2\text{)}$$

- E_c = Energi yang diserap (J)
- h = Tebal spesimen (mm)
- b = Luas spesimen (mm)

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Metode Penelitian

Metode penelitian yang dipergunakan oleh penulis dalam membuat skripsi yaitu metode eksperimen. Eksperimen yang dilakukan adalah pembuatan komposit dengan menggunakan serat bambu ampel sebagai penguatnya. Komposit serat bambu ampel dilakukan pengujian impact metode *charpy*.

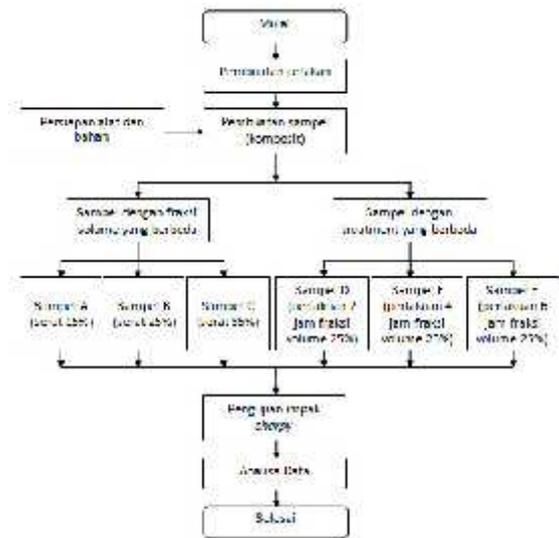
Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui proses pembuatan dan kekuatan impact dari komposit serat bambu ampel. Proses pembuatan komposit serat bambu ampel menggunakan metode *hand lay-up*. Sampel yang dibuat dalam penelitian ini terdiri dari dua jenis yaitu sampel komposit serat bambu ampel yang memiliki komposisi fraksi volume yang berbeda dan spesimen komposit serat bambu ampel dengan perlakuan serat bambu yang berbeda.

Penelitian ini diawali dengan pembuatan serat bambu ampel dibuat menjadi serat panjang. Dilanjutkan dengan penentuan fraksi volume komposit dengan komposisi serat 15%, 25%, dan 35% serta perlakuan perendaman serat bambu yang telah jadi dengan alkohol absolut selama 2 jam, 4 jam, dan 6 jam. Tahap

berikutnya pembuatan komposit serat bambu ampel dengan komposisi fraksi volume serat bambu ampel 15%, 25%, 35% tanpa perlakuan perendaman serat, dan spesimen serat dengan perlakuan perendam alkohol absolut selama 2 jam, 4 jam, dan 6 jam dengan komposisi fraksi volume 25%. Tahap selanjutnya dilakukan pengujian impact metode *charpy* terhadap spesimen yang telah dibuat.

B. Prosedur Penelitian

Dalam penelitian ini dapat dijelaskan secara sederhana oleh diagram alur penelitian adalah sebagai berikut:



Gambar 3.1 Flow Chart Proses Penelitian

C. Persiapan Bahan dan Alat

Sebelum pembuatan komposit dilakukan persiapan beberapa hal. Seperti persiapan bahan dan alat yang digunakan. Adapun dalam penelitian ini bukan dan alat yang diperlukan disiapkan antara lain:

1. Alat Penelitian

- a. Mesin uji impak
- b. Jangka sorong
- c. Meteran
- d. Gelas plastic
- e. Gelas ukur
- f. Pipet
- g. Kaca
- h. *Acrylic*
- i. Sarung tangan
- j. Timbangan digital

2. Bahan Penelitian

- a. Serat bambu ampel
- b. UPR yukalac 157® BQTN – EX
- c. Katalis
- d. Alkohol absolut
- e. Wax

D. Proses Pembuatan Komposit

Langkah-langkah yang dilakukan dalam pembuatan spesimen adalah:

1. Menyiapkan semua peralatan yang dibutuhkan.
2. Menentukan komposisi antara resin dan katalis.
3. Mencampur resin dan katalis dengan perbandingan volume 1 : 100. Lalu mengaduk keduanya sampai merata selama kurang lebih 1 menit. Proses pengadukan harus hati-hati dan perlahan karena rentan terhadap udara yang terperangkap (*void*). Untuk mengurangi *void* dalam gelas yang berisi resin dan katalis didiamkan selama 5 menit agar *void* yang terperangkap dapat keluar.

4. Menuang campuran resin ke dalam cetakan dan meratakannya dengan kuas.
5. Menempatkan serat bambu yang disusun kontinue secara merata ke dalam cetakan. Kemudian di atas serat dituang kembali sisa campuran resin pada gelas takar ke dalam cetakan sambil serat ditekan-tekan dan diratakan dengan kuas agar campuran resin masuk ke dalam serat hingga memiliki ketebalan 4 mm atau sesuai dengan cetakan.
6. Memastikan semua serat telah tertutupi oleh resin, setelah itu diamkan selama 20 menit agar *void* yang terperangkap dalam serat dan resin dapat keluar.
7. Menutup cetakan dengan penutup cetakan yang terbuat dari kaca. Resin kemudian dibiarkan mengeras dengan temperature dan tekanan ruang selama kurang lebih 24 jam.
8. Melepaskan spesimen dari cetakan dan merapikan bagian sisinya akibat resin yang melebar ke setiap sisi.

E. Prosedur Pengujian

Untuk mengetahui ketahanan benda terhadap benturan , maka digunakan pengujian impak metode *charpy*. Langkah-langkah pengujian impak:

1. Mengukur dimensi dari spesimen yaitu tebal, lebar, dan panjang.

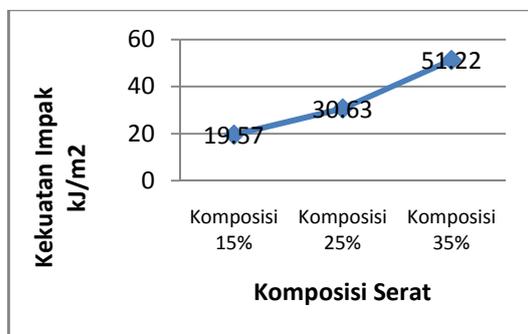
Memberikan nomer pada spesimen yang akan diuji.

2. Memasang pendulum pada mesin uji impact.
3. Meletakkan spesimen pada batang uji atau tumpuan dengan posisi *edgewise* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.8 Pastikan spesimen terletak secara center pada batang uji.
4. Melepaskan pendulum dengan cara menekan tombol yang ada pada mesin uji impact.
5. Pendulum akan terjatuh dan memukul spesimen secara otomatis.
6. Mencatat energi serap yang ditunjukkan oleh indikator digital pada mesin uji impact.
7. Menghitung harga impact.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data-data yang telah diperoleh, nilai kekuatan impact rata-rata yang disajikan dalam bentuk tabel dan grafik sebagai berikut:

1. Nilai Kekuatan Impact Rata-Rata Pada Variasi Komposisi Serat.

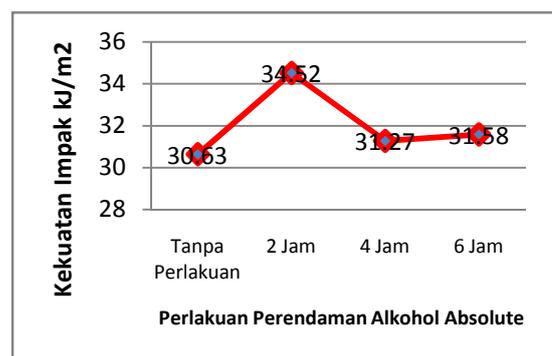


Gambar 4.1 Diagram Hasil Pengujian Impact Berdasarkan Komposisi Serat
Gambar 4.1 memperlihatkan perbandingan dari hasil pengujian impact

komposit berdasarkan komposisi serat, kekuatan impact terendah didapatkan pada sampel A komposisi serat 15% dengan kekuatan impact rata-rata sebesar 19,57 kJ/m² sedangkan kekuatan impact tertinggi pada sampel C komposisi 35% dengan kekuatan impact rata-rata sebesar 51,22 kJ/m².

Berdasarkan pada hasil di atas maka dapat disimpulkan bahwa terjadi peningkatan kekuatan impact komposit yang signifikan seiring dengan penambahan komposisi fraksi volume serat. Hal dikarenakan semakin banyak serat dalam bahan komposit maka energi yang diserap oleh komposit akan semakin besar, energi yang diserap akan didistribusikan secara merata ke seluruh serat sehingga kekuatan impact yang dihasilkan semakin tinggi.

2. Nilai Kekuatan Impact Rata-Rata Pada Variasi Perlakuan Perendaman Alkohol Absolut



Gambar 4.2 Diagram Hasil Pengujian Impact Berdasarkan Perlakuan Perendaman Alkohol Absolut

Gambar 4.2 memperlihatkan perbandingan dari hasil pengujian impact komposit berdasarkan perlakuan perendaman dengan alkohol absolut,

kekuatan impak yang terendah terdapat pada sampel B komposit tanpa perlakuan perendaman alkohol absolut dengan kekuatan impak rata-rata sebesar 30,62 kJ/m² sedangkan kekuatan impak paling tinggi terdapat pada sampel D komposit dengan perlakuan perendaman alkohol absolut selama 2 jam dengan kekuatan impak rata-rata sebesar 34,52 kJ/m².

Berdasarkan hasil di atas dapat disimpulkan bahwa dengan perlakuan perendaman alkohol absolut selama 2 jam terdapat peningkatan kekuatan impak yang cukup signifikan antara komposit tanpa perlakuan dengan komposit yang mengalami perlakuan perendaman alkohol absolut. Peningkatan kekuatan impak disebabkan serat yang telah direndam dalam alkohol absolut mengalami penurunan jumlah resin, lapisan lilin (wax), tanin serta pengotor lainnya yang menempel pada serat sehingga permukaan serat semakin kasar maka kuat rekat antara serat bambu dan matriks (resin) menjadi kuat.

Pada komposit serat dengan perlakuan perendaman alkohol absolut selama 4 jam dan 6 jam terjadi peningkatan kekuatan impak yang relatif kecil jika dibandingkan dengan komposit tanpa perlakuan tidak seperti komposit dengan perlakuan perendaman alkohol absolut selama 2 jam. Hal ini dikarenakan semakin lama waktu perendaman semakin banyak zat yang larut dalam alkohol absolut sehingga mengurangi kekuatan serat bambu.

KESIMPULAN

1. Dari hasil pengujian impak komposit berdasarkan komposisi fraksi volume serat diperoleh kekuatan impak yang tertinggi adalah pada sampel C dengan komposisi 35% mempunyai kekuatan impak sebesar 51,22 kJ/m². Sedangkan kekuatan impak terendah yang didapat adalah pada sampel A dengan komposisi 15% mempunyai kekuatan impak sebesar 19,57 kJ/m²
2. Terjadi peningkatan kekuatan impak komposit serat bambu ampel seiring dengan penambahan komposisi fraksi volume serat. Hal ini disebabkan semakin banyak jumlah serat yang terdapat dalam bahan komposit maka energi yang diserap semakin besar sehingga distribusi energi lebih merata ke seluruh serat.
3. Dari hasil pengujian impak komposit berdasarkan perlakuan perendaman alkohol absolut diperoleh kekuatan impak yang tertinggi adalah pada sampel D yang diberikan perlakuan perendaman alkohol absolut selama 2 jam dengan komposisi serat 25% dengan kekuatan impak rata-rata sebesar 34,52 kJ/m². Sedangkan kekuatan impak yang terendah adalah pada sampel B komposit tanpa perlakuan perendaman alkohol absolut dengan kekuatan impak rata-rata sebesar 30,62 kJ/m².
4. Perlakuan perendaman alkohol absolut yang diberikan kepada serat bambu dapat meningkatkan kekuatan impak komposit jika dibandingkan dengan serat komposit tanpa perendaman. Hal ini dikarenakan serat bambu dengan perlakuan perendaman alkohol absolut membuat kekuatan rekat

ikatan antara serat bambu dengan matriks semakin kuat.

5. Semakin lama waktu perlakuan perendaman alkohol absolut dapat menurunkan kekuatan impak komposit. Hal ini karena semakin lama waktu perendaman semakin banyak zat yang larut sehingga menyebabkan kekuatan komposit menurun.

DAFTAR PUSTAKA

- Callister, William D. *Materials Science and Engineering an Introduction*. New York: John Wiley & Sons, Inc. 2003
- Diharjo, Kuncoro. *Pengaruh Perlakuan Alkali terhadap Sifat Tarik Komposit Serat Rami-Poliester*. Jurnal Teknik Mesin, Volume 8, No. 1. Surakarta: Universitas Sebelas Maret. 2006
- Fatriasari, Widya dan Euis Hermiati. *Analisis Morfologi Serat dan Sifat Fisis-Kimia Pada Enam Jenis Bambu Sebagai Bahan Baku Pulp dan Kertas*. Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Hutan Volume 1, No. 2. Bogor: Lipi. 2008
- Gibson, Ronald F. *Principles of Composite Material Mechanics*. New York: McGraw-Hill, Inc. 1994.
- Hadi, Bambang K. *Mekanika Struktur Komposit*. Bandung: Direktorat Pembinaan Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat. 2000
- Hartomo A. J., A. Rusdiharsono, dan D. Hardjanto. *Memahami Polimer Perekat*. Yogyakarta: Andi Offset. 1992
- Ifannossa, Arfie A. E., Bambang Kismono Hadi, dan Muhammad Kusni. *Analisis Kekuatan Tarik Komposit Serat Bambu Laminat Helai dan Woven yang Dibuat dengan Metode Manufaktur Hand Lay-up*. Jurnal Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin ke-9, Bandung: Institut Teknologi Bandung. 2010
- ISO International. *ISO-179 Plastic-Determination of Charpy Impact Properties*. switzerland. 2000
- Lokantara, I Putu. *Analisis Kekuatan Impact Komposit Poliester-Serat Tapis Kelapa dengan Variasi Panjang dan Fraksi Volume Serat yang Diberi Perlakuan Alkali*. Jurnal Dinamika Teknik Mesin, Volume 2, No. 1. Bali: Universitas Udayana. 2012
- Purwito. *Standarisasi Bambu sebagai Bahan Bangunan Alternatif Pengganti Kayu*. Prosiding PPI Standarisasi. 2008
- Stevens, Malcolm P. *Polymer Chemistry : An Introduction*, diindonesiakan oleh Iis Sopyan. Jakarta: Pradnya Paramita. 2001
- Sulistyowati, C. Any. *Pengawetan Bambu*. Wacana Teknologi, No. 6. Bogor: Pusat Informasi Teknologi Terapan ELSPPAT. 1997
- Surdia, Tata dan Shinroku Saito. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: Pradnya Paramita. 1999
- Tim Penyusun Kamus PS. *Kamus Pertanian Umum*. Jakarta: Penebar Swadaya. 1997
- Van Vlack, LH. *Ilmu dan Teknologi Bahan (Ilmu Logam dan Bukan Logam)*, Jakarta: Erlangga. 1991
- Widodo, Basuki. *Analisa Sifat Mekanik Komposit Epoksi dengan Penguat Serat Pohon Aren (Ijuk) Model Lamina Berorientasi Sudut Acak (Random)* Jurnal Teknologi Technoscintia Volume 1, No. 1. Malang: ITN Malang. 2008