

ANALISIS KEKUATAN TARIK KOMPOSIT SERAT BAMBU LAMINAT HELAI DAN WOOVEN YANG DIBUAT DENGAN METODE MANUFAKTUR HAND LAY-UP

Arfie Armelia Erissonia Ifannossa,ST, Dr.Ir.Bambang Kismono Hadi, Ir.Muhammad Kusni,MT
Program Studi Aeronotika dan Astronotika, Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara
Institut Teknologi Bandung

ABSTRAKSI

Penelitian mengenai penggunaan serat alam di berbagai bidang rekayasa sedang marak berkembang. Penelitian yang berkembang menginginkan suatu material yang memenuhi suatu kriteria yang diinginkan serta ramah lingkungan. Sehingga penelitian-penelitian mengenai serat mulai mengarah ke serat alami. Pada bidang keilmuan komposit, penelitian penggunaan serat juga bergerak ke arah serat alami. Penggunaan serat alami, seperti serat rami, serat nanas, serat kelapa dan lainnya, mulai dikembangkan untuk kemudian diaplikasikan dalam berbagai rekayasa struktur.

*Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan karakteristik penggunaan serat bambu dalam komposit, baik laminat maupun sandwich. Bambu yang digunakan adalah jenis bambu tali (*gigantochloa apus*), jenis bambu yang tersedia sangat banyak di alam Indonesia. Serat bambu yang digunakan bermacam-macam, ada yang wooven dan ada yang helai. Matriks yang digunakan adalah resin epoxy dengan katalis epoxy hardener. Pada beberapa spesimen digunakan aerosil yang dicampurkan ke dalam resin.*

Kata kunci: Komposit, Serat Alam, Bambu, Karakteristik, Properti Material

LATAR BELAKANG

Melimpahnya jenis tanaman di dunia, khususnya di Indonesia, membuat para peneliti tertarik untuk mengembangkan material komposit menggunakan bahan dari serat alam. Material komposit yang berasal dari serat alam kekuatannya tidak kalah dengan material komposit dari logam seperti Aluminum. Tapi serat alam pun memiliki kekurangan masing-masing sehingga menyebabkan proses manufaktur yang berbeda-beda.

Tanaman bambu sebagai salah satu tanaman yang jumlahnya melimpah di Indonesia, merupakan salah satu tanaman yang seratnya dapat digunakan sebagai bahan dasar material komposit. Bambu yang memiliki bentuk batang yang terdiri dari serat-serat panjang dan beruas-ruas memungkinkan bambu untuk dapat berdiri tegak. Hal ini lah yang dapat membuat bambu merupakan suatu material yang kokoh, kuat sekaligus ringan.

Dari proses manufaktur komposit, banyak metode yang dapat digunakan, seperti dari yang paling sederhana yaitu metode *hand lay-up* sampai metode yang memerlukan alat-alat canggih seperti *autoclave*. Metode

yang digunakan pada penelitian ini adalah metode yang paling sederhana dan tidak memerlukan banyak biaya, yaitu metode *hand lay-up*. Cetakan dapat dibuat dari bahan kayu agar lebih murah, mudah dibuat serta didapat.

DASAR TEORI

1. Tumbuhan Bambu

Jenis serat alam terbagi menjadi tiga bagian, yaitu serat alam dari tumbuhan, serat alam dari hewan, dan serat alam dari mineral. Serat alam dari tumbuhan yang dapat dimanfaatkan yaitu buah, daun dan batangnya. Untuk serat bambu sendiri, pengklasifikasianya secara umum tidak ada karena penelitian mengenai serat bambu masih sedikit. Produk yang dihasilkan dari serat bambu pun masih sangat sedikit sekali.

Tumbuhan bambu termasuk ke dalam keluarga rumput, memiliki sebutan "The Giant Grass". Sebagai tumbuhan yang mampu tumbuh cepat, bambu memiliki keunikannya sendiri yaitu berbunga sekali seumur hidupnya lalu langsung ditandai dengan kematian setelah berbunga. Daur hidup tumbuhan bambu yaitu 4 hingga 100



tahun lamanya. Bambu adalah sejenis tumbuhan berkayu yang memiliki batang berongga dan beruas-ruas. Diperkirakan terdapat 1000 spesies bambu di dunia ini. Berikut klasifikasi ilmiah bambu:

Klasifikasi Ilmiah	
Kerajaan	Plantae
Divisio	Magnoliophyta
Kelas	Liliopsida
Ordo	Poales
Familia	Poaceae
Subfamilia	Bambusoideae
Super Tribus	Bambusodae
Tribus	Bambuseae

Tabel 1. Klasifikasi Ilmiah Tumbuhan Bambu

Bambu terdiri dari serat-serat kecil yang diikat oleh hemi-selulosa. Kandungan kimia bambu didominasi oleh selulosa, hemi-selulosa, dan lignin yang mencakup 90% massa bambu. Sedangkan unsur minor pada bambu terdiri atas resin, tannin, wax, dan garam inorganik. Selain unsur selulosa dan lignin ada komposisi organik lain seperti zat tepung (2-6%), deoxide sacharized (2%), lemak (2-4%), dan protein (0,8-6%).

Berikut adalah data sifat mekanik dari tumbuhan bambu:

Sifat Mekanik Tumbuhan Bambu	
<i>Modulus Young</i> (GPa)	18
<i>Tensile Strength</i> (MPa)	150
<i>Compressive Strength</i> (MPa)	39
<i>Bending Strength</i> (MPa)	76
<i>Density</i> (kg/m ³)	300-400

Tabel 2. Kekuatan Mekanik Tumbuhan Bambu

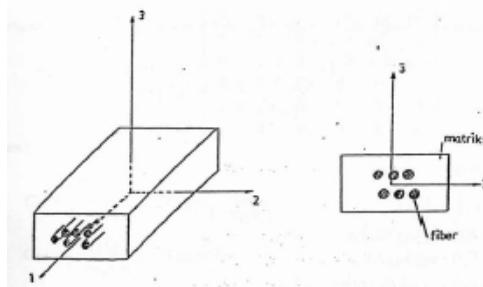
2. Komposit

Bahan komposit didefinisikan sebagai bahan yang terdiri dari gabungan dua bahan atau lebih secara makroskopis. Dalam bahan komposit sifat-sifat bahan pembentuknya masih terlihat. Hal ini berbeda dengan bahan paduan (*alloy*) di mana sifat-sifat bahan pembentuknya tidak dapat lagi terlihat.

Bahan komposit dibentuk dari dua unsur yaitu penguat (*reinforcement*) dan pengikat (*matrix*). Penguat merupakan unsur utama dalam komposit. Penguat memberikan pengaruh terbesar terhadap sifat material komposit. Penguat berfungsi untuk menambah kekuatan, kekakuan dan keliatan bahan, sedangkan pengikat berfungsi untuk melindungi penguat, mentransfer gaya, temperatur dan chemical resistance.

3. Lamina dan Teori Laminat Klasik

Lamina adalah lapisan komposit tunggal dengan satu arah serat. Lamina merupakan elemen pembangun struktur komposit, dimana dengan mengetahui sifat-sifatmekanik lamina, maka sifat-sifat struktur komposit dapat diketahui lebih lanjut.



Gambar 1. Lamina

Sedangkan laminat adalah dua atau lebih lamina yang digabungkan membentuk elemen struktur yang integral. Hal ini dimaksudkan agar elemen struktur tersebut mampu menahan beban multiaksial, sesuatu yang tidak bisa dicapai dengan lamina tunggal. Kekuatan laminat berada pada arah seratnya, laminat hanya mampu menahan beban pada arah ini. Dan sebaliknya, laminat sangat lemah pada arah tegak lurus seratnya. Untuk menahan beban multiaksial, laminat dirancang untuk memiliki beberapa orientasi serat.

4. Metode Manufaktur *Hand Lay-Up*

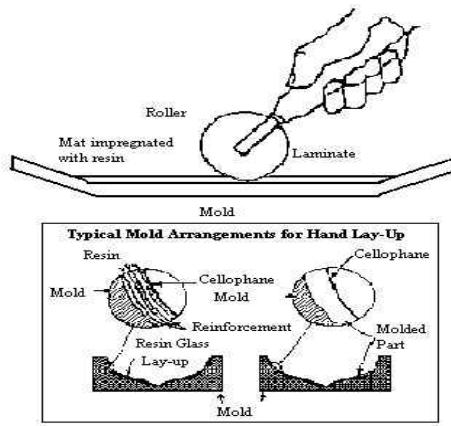
Proses manufaktur bahan komposit dengan metode *hand lay-up* adalah proses manufaktur yang paling sederhana. Berikut adalah langkah-langkah penggerjaan pada metode *hand lay-up*:

- Membentuk cetakan sesuai dengan hasil akhir yang diinginkan.
- Mengolesi bagian bawah cetakan dengan resin.
- Meletakkan serat pada cetakan.



- d. Mengolesi resin pada bagian atas serat.
- e. Meratakan resin dengan *roller*.
- f. Menutup cetakan dan membiarkannya mengalami *curing* dengan tekanan dan temperatur ruangan.

Berikut adalah ilustrasi *hand lay-up*:

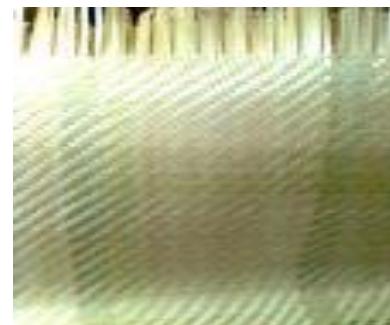


Gambar 2. Proses *Hand Lay-Up*

menggunakan *hairdryer*. Hal ini dilakukan agar lapisan lilin pada bambu dapat berkurang sehingga ketika proses laminasi, resin dapat diserap oleh bambu. Pemberian alkohol 90% perlu dilakukan berulang kali sampai bambu menjadi basah seluruhnya. Pemberian alkohol juga perlu dilakukan untuk bambu anyam dan setelah itu juga dikeringkan dengan menggunakan *hairdryer*.



Gambar 3. Serat Bambu Helai



Gambar 4. Serat Bambu Anyam

PROSES MANUFAKTUR

1. Pembuatan Spesimen Uji

Dengan alat dan bahan yang sudah disiapkan maka kita dapat memulai pembuatan spesimen uji dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Pembuatan cetakan

Cetakan dibuat dengan memotong triplek sesuai dengan geometri yang diinginkan, lalu dipaku dan pinggir cetakan dibor untuk dimasukkan baut. Setelah itu cetakan didempul agar di dalam cetakan tidak ada udara yang masuk serta untuk meratakan dalam cetakan. Lalu seluruh cetakan dilakban agar dapat diolesi dengan wax, sehingga ketika bahan-bahan telah dimasukkan ke dalam cetakan dapat di ambil dengan mudah dan tidak menempel di cetakan serta tidak merusak cetakan. Cetakan dibuat untuk spesimen uji laminat.

2. Persiapan bambu

Bambu yang akan digunakan untuk proses laminasi harus dipersiapkan terlebih dahulu. Persiapan yang dilakukan adalah menjemur bambu-bambu yang telah dipotong-potong menjadi helai-an di bawah sinar matahari selama 24 jam, setelah itu bambu-bambu tersebut diberi alkohol 90% lalu dikeringkan dengan

3. Proses laminasi yang dilakukan setelah persiapan sebagai berikut :
 - a. Oleskan *wax* di seluruh permukaan cetakan yang telah diberi lakban.
 - b. Ukur volume resin epoxy dan *hardener*-nya dengan menggunakan gelas ukur secara terpisah. Perbandingan volumenya 1:1, sesuai kebutuhan.
 - c. Lalu campurkan resin epoxy dan *hardener*-nya ke dalam gelas plastik dan aduk dengan sumpit kayu.
4. Proses *vacuum*.



2. Geometri dan Data Spesimen Uji

Geometri spesimen memenuhi persyaratan dari ASTM D3039. Data spesimen laminat dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

- S2, spesimen ini dibuat dari laminasi bambu helai setebal enam lapis. Spesimen ini rata-rata memiliki ketebalan 0,4-0,5 cm dan memiliki arah serat 0°.



Gambar 5. Spesimen S2

- S3, spesimen ini dibuat dari bambu helai dengan ketebalan rata-rata 0,3 cm. Spesimen ini terdiri dari 4 lapis bambu. Memiliki arah serat 0°.



Gambar 6. Spesimen S3

- S5, spesimen ini terbuat dari bambu helai dengan ketebalan rata-rata 0,2-0,3 cm. Spesimen ini terdiri dari 4 lapis bambu yang disusun dengan arah serat tegak lurus atau dengan arah 90°.



Gambar 7. Spesimen S5

- S6, spesimen keenam terbuat dari bambu anyam dengan ketebalan rata-rata 0,2 cm. Spesimen ini terdiri dari empat lapis bambu anyam dengan arah serat +45°/-45°.



Gambar 8. Spesimen S6

- S7, spesimen keenam terbuat dari bambu anyam dengan ketebalan rata-rata 0,4 cm. Spesimen ini terdiri dari empat lapis bambu anyam dengan arah serat 0°/90°.



Gambar 9. Spesimen S7



ANALISIS PENGUJIAN TARIK

1. Pengujian Tarik

Mesin uji yang digunakan adalah mesin “Instron 1195” kapasitas 10 ton. Kecepatan tarik yang digunakan adalah 2 mm/menit. Mesin ini terhubung dengan komputer yang mencatat harga beban yang diberikan dan harga perpindahan yang terjadi untuk setiap satuan waktu.



Gambar 10. Mesin Uji Tarik

Pada pengujian didapatkan spesimen dengan arah serat 0° dan tidak anyam, lebih mampu menahan beban tarik arah longitudinal dan lebih kuat dibandingkan dengan arah serat 90° . Dan untuk komposit bambu anyam arah $+45^\circ/-45^\circ$ sebelum benar-benar terputus terjadi *necking*.



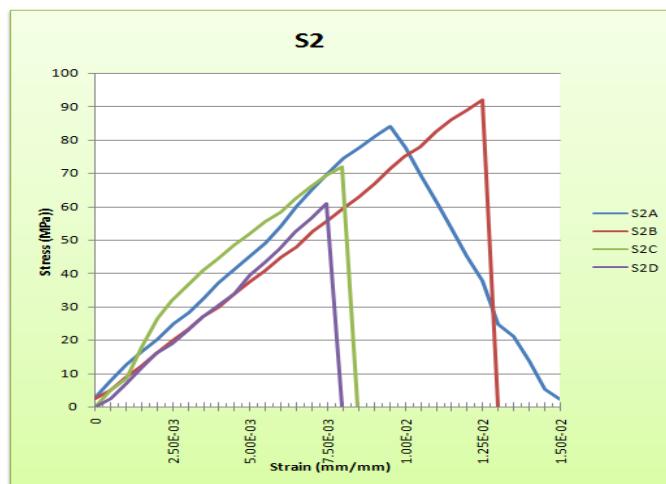
Gambar 11. Necking

2. Data Hasil Pengujian Tarik

a. Untuk spesimen S2, data yang didapat adalah

Nomor Spesimen	Displacement [mm]	Load [kg]	Ultimate Strength [Mpa]	Modulus Young [Mpa]
S2-A	0,4923	760,7	92,09	10620
S2-B	0,6164	854,1	93,06	7677
S2-C	0,377	670,9	73,1	28370
S2-D	0,332	547,6	59,66	8994
Rata-rata		79,48	13920	

Tabel 8. Data Hasil Pengujian Tarik untuk Komposit Bambu Helai dengan Arah Serat 0°



Gambar 12. Grafik hasil pengujian spesimen S2



b. Untuk spesimen S3, data yang didapat adalah

Nomor Spesimen	Displacement [mm]	Load [kg]	Ultimate Strength [MPa]	Modulus Young [MPa]
S3-A	0,9346	515,4	140,4	7762
S3-B	0,5327	487,6	88,54	7762
S3-C	0,6829	720,8	130,9	11730
S3-D	0,6	620,1	119,2	12650
S3-E	0,9833	809,8	147,1	7605
S3-F	0,5221	527,1	101,3	11650
S3-G	0,9001	687	144,9	14750
S3-H	0,4854	599,6	115,3	25370
Rata-rata		123,5	12410	

Tabel 9. Data Hasil Pengujian Tarik untuk Komposit Bambu Helai dengan Arah Serat 0°

Patahan terdapat di pangkal spesimen namun patahan yang terjadi acak, seperti yang terlihat di gambar di bawah ini :



Gambar 14. Terjadi patahan secara acak pada daerah dekat penjepit

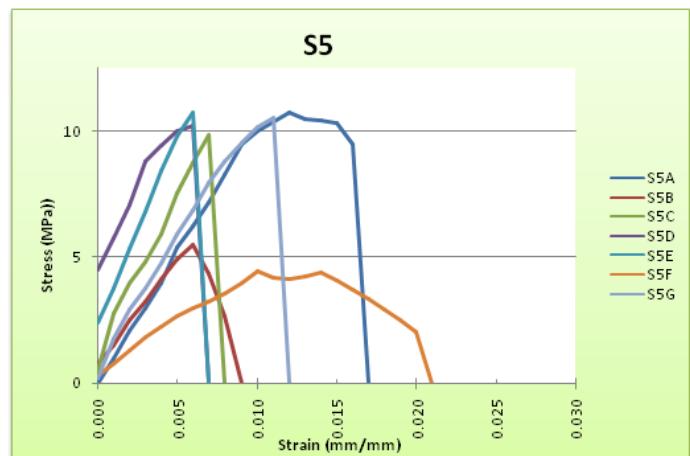
Patahan terjadi secara acak karena resin tidak kuat menahan beban geser sehingga serat tercabut secara acak.

Patahan banyak terjadi pada daerah dekat penjepit karena adanya konsentrasi tegangan yang cukup besar di daerah tersebut.

c. Untuk spesimen S5, data yang didapat adalah

Nomor Spesimen	Displacement [mm]	Load [kg]	Ultimate Strength [MPa]	Modulus Young [MPa]
S5-A	0,5802	38,25	11,03	1171
S5-B	0,3245	20,93	5,701	3424
S5-C	0,3668	34,63	9,988	3217
S5-D	0,356	35,83	10,33	4247
S5-E	0,3693	37,04	10,68	1705
S5-F	0,5478	14,89	4,563	763
S5-G	0,5655	36,64	10,57	1725
Rata-rata		8,981	2333	

Tabel 10. Data Hasil Pengujian Tarik untuk Komposit Bambu Helai dengan Arah Serat 90°



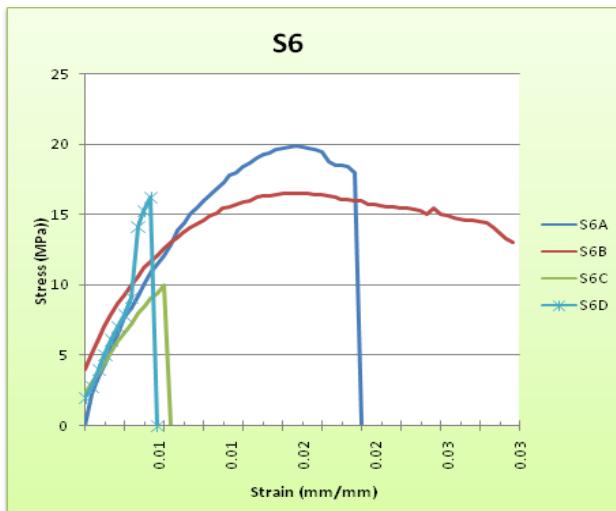
Gambar 15. Grafik hasil pengujian spesimen S5



d. Untuk spesimen S6, data yang di dapat adalah

Nomor Spesimen	Displacement [mm]	Load [kg]	Ultimate Strength [MPa]	Modulus Young [MPa]
S6-A	0,8663	69,26	19,98	3440
S6-B	0,9097	57,17	16,49	2485
S6-C	0,3998	35,43	10,22	1484
S6-D	0,069	69,66	20,09	2434
Rata-rata		16,695	2460,75	

Tabel 11. Data Hasil Pengujian Tarik untuk Komposit Bambu Anyam dengan Arah Serat +45°/-45°



Gambar 16. Grafik hasil pengujian spesimen S6

Pada pengujian, ditemukan bahwa spesimen mengalami *necking* sebelum terjadi kegagalan. Komposit serat bambu dengan arah serat +45°/-45° tidak cukup kuat menahan beban tarik arah longitudinal sehingga nilai modulus dan *ultimate strength* yang diperoleh kecil.

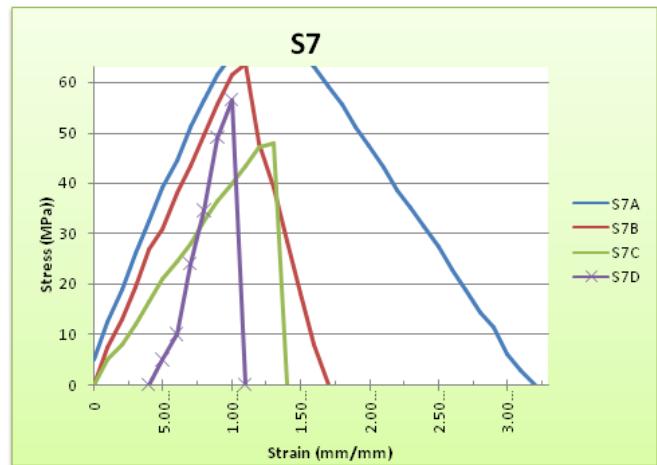


Gambar 17. Patahan pada Komposit Bambu Anyam dengan Arah Serat +45°-45°

e. Untuk spesimen S7, data yang didapat adalah

Nomor Spesimen	Displacement [mm]	Load [kg]	Ultimate Strength [MPa]	Modulus Young [MPa]
S7-A	0,5188	458,2	66,08	8273
S7-B	0,5383	422,8	63,59	6683
S7-C	0,6442	333,4	48,08	4296
S7-D	0,3151	402,3	58,01	9118
Rata-rata		58,94	7092,5	

Tabel 11. Data Hasil Pengujian Tarik untuk Komposit Bambu Anyam dengan Arah Serat 0°/90°



Gambar 18. Grafik hasil pengujian spesimen S7



3. Analisis

- Jadi dari hasil pengujian tarik dapat di analisis bahwa :
- Kekuatan komposit serat bambu dapat dipengaruhi ikatan antara serat dan matriks, seifat mekanik serat bambu dan sifat mekanik matriks.
 - Cara pengawetan bambu juga dapat mempengaruhi kekuatannya.
 - Pemotongan specimen komposit dapat menyebabkan terjadinya tegangan interlaminar sehingga kegagalan mikroskopis dapat terjadi sebelum dilakukan pengujian.
 - Patahan yang banyak terjadi di sekitar daerah penjepit dikarenakan adanya konsentrasi tegangan yang tinggi di daerah tersebut.

KESIMPULAN

Dari pengujian tarik di atas dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Nilai *modulus young* untuk komposit serat bambu helai dengan arah 0° dan komposit serat bambu anyam dengan arah $0^\circ/90^\circ$ cukup besar. Namun untuk spesimen komposit serat bambu helai dengan arah 90° dan komposit serat bambu anyam dengan arah $+45^\circ/-45^\circ$, *modulus young* yang didapat nilainya kecil karena arah serat 90° dan $+45^\circ/-45^\circ$ tidak kuat menahan beban tarik longitudinal.
- Kegagalan yang terjadi pada spesimen disebabkan oleh *adhesive* yang berupa resin epoxy tidak kuat menahan beban geser sehingga pada saat pengujian resin terlepas dari serat. Patahan terjadi di dekat penjepit karena adanya konsentrasi tegangan yang tinggi di sekitar daerah penjepit dan spesimen tidak dapat menahannya.
- Ultimate strength* untuk komposit serat bambu helai dengan arah 0° dan komposit serat bambu anyam dengan arah $0^\circ/90^\circ$ memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan komposit serat bambu helai dengan arah 90° dan komposit serat bambu anyam dengan arah $+45^\circ/-45^\circ$. Hal ini menyatakan nilai *ultimate strength* akan lebih tinggi jika pada pengujian diberikan beban tarik yang searah dengan serat.
- Pada saat pemotongan spesimen, terjadi kegagalan mikroskopis sebelum dilakukannya pengujian tarik sehingga menyebabkan penurunan kekuatan spesimen dan nilai *modulus young* dan *ultimate strength* yang didapat kecil.

- Adanya tegangan interlaminar yang tidak dapat diabaikan juga menyebabkan penurunan kekuatan spesimen.
- Kandungan lilin pada serat bambu dapat menyebabkan bambu kaku sehingga spesimen bersifat getas. Kandungan lilin ini juga menyebabkan resin tidak meresap sepenuhnya pada serat bambu sehingga ikatan antara serat dan matriks tidak cukup kuat dan mempengaruhi kekuatannya ketika pengujian tarik dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Hadi, Bambang.K. (2006). *Diktat Kuliah Mekanika Struktur Komposit*. Bandung : Penerbit ITB.
- Abimantara, Intar. (2008). *Analisis Kekuatan Tarik Serat Rami Hand Lay-Up dan Vacuum Assisted Resin Transfer Molding (VARTM)*. Bandung: Program Studi Aeronotika dan Astronotika, Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara.
- Subianto, Nicky. (2009). *Analisis Kekuatan Tarik Komposit Serat Bambu Dibuat dengan Metode Manufaktur Hand Lay-Up*. Bandung: Program Studi Aeronotika dan Astronotika, Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara.
- Purnawijaya, Yudi. (2009). *Analisis Kekuatan Lentur Komposit Serat Bambu Arah Lengthwise dan Crosswise dengan Uji Three Bending Point*. Bandung: Program Studi Aeronotika dan Astronotika, Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara.
- Darda, Handrita. (2009). *Analisis Kekuatan Tarik Batang Komposit Serat Bambu*. Bandung: Program Studi Aeronotika dan Astronotika, Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara.
- (2000). *ASTM D 3039/D 3039M – 00 Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials*. Annual book of ASTM Standards ASTM International, United States.
- Okuba K, Fujii T. and Yamamoto Y., 2004, “Development of bamboo-based polymer composites and their mechanical properties”, *Composite Part A: Applied Science and Manufacturing* , (35), pp377-383.
- Ismail H., Edyham M.R. and Wirjosentono B., 2002, “*Bamboo fibre filled natural rubber composites: the effects of filler loading and bonding agent*”, *Polymer testing*, Vol:21, pp139-144.

