

LJTMU: Vol. 02, No. 01,  
April 2015, (61-68)



ISSN Print : 2356-3222  
ISSN Online : 2407-3555

<http://ejournal-fst-unc.com/index.php/LJTMU>

## Pengaruh Perlakuan Alkali Serat Sabut Kelapa terhadap Kekuatan Tarik Komposit Polyester

Rafael Damian Neno Bifel<sup>1)</sup>, Erich U.K. Maliwemu<sup>1)</sup>, Dominggus G.H. Adoe<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana  
Jl. Adisucipto, Penfui-Kupang NTT, Indonesia  
Email:contrastmenzhen@gmail.com

### ABSTRAK

Kekuatan tarik merupakan salah satu sifat mekanik yang sangat penting dari bahan komposit yang sangat dipengaruhi oleh gaya ikat antara serat dan matrik. Penelitian ini berupaya untuk meningkatkan gaya ikat antara serat sabut kelapa dengan matrik dengan menggunakan perlakuan alkali serat sebelum dipergunakan. Perlakuan alkali dengan melakukan perendaman serat sabut kelapa didalam larutan NaOH 5% selama (2, 4, 6, 8) jam. Setelah dicuci dan dikeringkan serat sabut kelapa dipergunakan sebagai penguat pada komposit matrik polyester 60 %. Hasil yang diperoleh dari pengujian tarik pada penelitian ini menunjukkan bahwa dengan fraksi Volume melakukan perendaman serat sabut kelapa kedalam larutan 5% NaOH selama 2 jam dengan harga kekuatan tarik yang optimal dengan nilai 21,075 Mpa, Hal ini juga terbukti dari hasil foto makro penampang patahan, yaitu terjadi patahan komposit untuk waktu perendaman 6 jam dan 8 jam, fiber pull out sedangkan pada waktu perendaman selama 2 jam dan 4 jam, jenis patahan getas.

*Kata kunci: sifat mekanik, serat sabut kelapa, perlakuan alkali.*

### ABSTRACT

*The tensile strength is one of the very important mechanical properties of composite materials are strongly influenced by the style of belt between fiber and matrix. This research seeks to improve the style of belt between coir fiber matrixes with alkali treatment using fiber before it is used. Alkali treatment is done by performing a fiber coir soaking in a solution of NaOH 5% for (2, 4, 6, 8) hours. After being washed and dried coconut coir fibers are used as amplifiers at a 60% polyester matrix composite. The results obtained from the research on tensile test that by doing the soaking solution into coir fiber 5% NaOH for a 2 hour experience price optimal tensile strength value 21,075 Mpa. It is also evident from the results of cross section fault macro photo, which occurs composite fracture for soaking time of 6 hours and 8 hours, has a tensile fibers shorter and a little at a time soaking for 2 hours and 4 hours, type of brittle fracture.*

*Keywords: mechanical properties, coconut coir fibers, alkali treatment.*

### PENDAHULUAN

Dewasa ini teknologi komposit mengalami kemajuan yang sangat pesat. Perkembangan komposit tidak hanya dari serat sintetis tetapi juga mengarah ke komposit natural dikarenakan keistimewaan sifatnya, sehingga mengurangi gangguan lingkungan hidup, serat sabut kelapa adalah satu diantara serat alam lainya dapat dimanfaatkan dalam pembuatan papan komposit. Keunggulan serat sabut kelapa dibandingkan dengan *fiber glass* adalah serat sabut kelapa lebih ramah lingkungan karena mampu terdegradasi secara

alami dan harganya pun lebih murah dibandingkan *fiberglass*.

Pada penelitian ini Matriks yang digunakan adalah Matriks Polyester. Polyester merupakan polimer termoset yang penting dan luas penggunaannya disamping epoksi dan *urea-formaldehid*. Resin Polyester dipakai secara luas karena sifat-sifat elektrik dan mekaniknya baik selain harganya juga masih murah. Penggunaan Polyester diantaranya di dalam industri otomotif untuk panel body, alat rumah tangga, lemari perkantoran, peralatan elektronik, dan lain sebagainya. Berdasarkan uraian diatas maka peneliti tertarik untuk meneliti pengujian kekuatan lentur dan

kekuatan tarik komposit dengan menggunakan serat sabut kelapa dengan memberikan perlakuan perendaman dengan NaOH 5% dengan memvariasikan waktu perendaman (2 jam, 4 jam, 6 jam, 8 jam) yang digunakan. tujuannya untuk menghasilkan serat yang lebih kuat dengan menggunakan resin Polyester.

## TEORI DASAR

Perlakuan alkali pada serat alam dilakukan dengan tujuan untuk membersihkan permukaan serat dari kotoran dan getah yang menempel serta mereduksi kandungan air pada serat sehingga ikatan interfacial antara serat dan matriks menjadi lebih baik. Pengaruh perlakuan alkali NaOH pada serat alam selulosa menunjukkan peningkatan mutu permukaan serat alami hydrophilic. (Eichron, dkk, 2001, Mishra, dkk, 2002).

Selanjutnya ditunjukkan pula bahwa perlakuan kimia pada serat dapat menghentikan proses *moisture absorption*, membersihkan dan mengubah topografi permukaan serat serta meningkatkan kekerasan pada permukaan sehingga dapat meningkatkan daya ikat *interfacial* antara serat dan matriks. Topografi permukaan serat yang kasar tersebut akan menghasilkan *mechanical interlocking* yang lebih baik dengan matrik (Wang dkk, 2002).

## Pengertian Bahan Komposit

Kata komposit dalam pengertian bahan berarti komposit terdiri dari dua atau lebih bahan yang berbeda, yang berbeda atau dicampur secara makroskopis. *Composite* berasal dari kata kerja "to compose" yang berarti menyusun atau menggabung. Jadi secara sederhana berarti bahan gabungan dari dua atau lebih bahan yang berlainan. Bahan komposit pada umumnya terdiri dari dua unsur, yaitu serat (*fiber*) sebagai bahan pengisi dan bahan pengikat serat-serat tersebut yang disebut matrik. Di dalam komposit bahan utamanya adalah serat, sedangkan bahan pengikatnya menggunakan bahan polimer yang mudah dibentuk dan mempunyai daya pengikat yang tinggi.

Komposit adalah perpaduan dari bahan yang dipilih berdasarkan kombinasi sifat fisik masing-masing material untuk menghasilkan material baru dengan sifat yang unik dibandingkan sifat material dasar sebelum dicampur dan terjadi ikatan permukaan antara masing-masing material. Salah satu keuntungan material komposit adalah kemampuan material tersebut untuk diarahkan agar kekuatannya dapat diatur hanya pada arah tertentu pada arah yang kita kehendaki, hal ini dinamakan "tailoring properties".

## Jenis Komposit

Secara garis besar komposit diklasifikasikan menjadi tiga jenis (Jones, 1975), yaitu:

- Komposit partikel (Particulate Composites)
- Komposit lapis (Laminates Composites)
- Komposit serat (Fibrous Composites)

## Komposit Serat

Komposit serat adalah komposit yang terdiri dari serat-serat matriks. Secara alami serat yang panjang mempunyai kekuatan yang lebih dibanding serat yang berbentuk curah (*bulk*). Merupakan jenis komposit yang hanya terdiri dari satu lamina atau satu lapisan yang menggunakan penguat berupa serat/*fibers*. *Fibers* yang digunakan bisa berupa *fibers glass*, *carbon fibers*, *aramid fibers (poly aramide)*, dan sebagainya. *Fibers* ini bisa disusun secara acak maupun dengan orientasi tertentu bahkan bisa juga dalam bentuk yang lebih kompleks seperti anyaman. Serat merupakan material yang mempunyai perbandingan panjang terhadap diameter sangat tinggi serta diameternya berukuran mendekati kristal (Jones, 1975). Berikut bagan klasifikasi komposit dapat dilihat Gambar 1 di bawah ini:

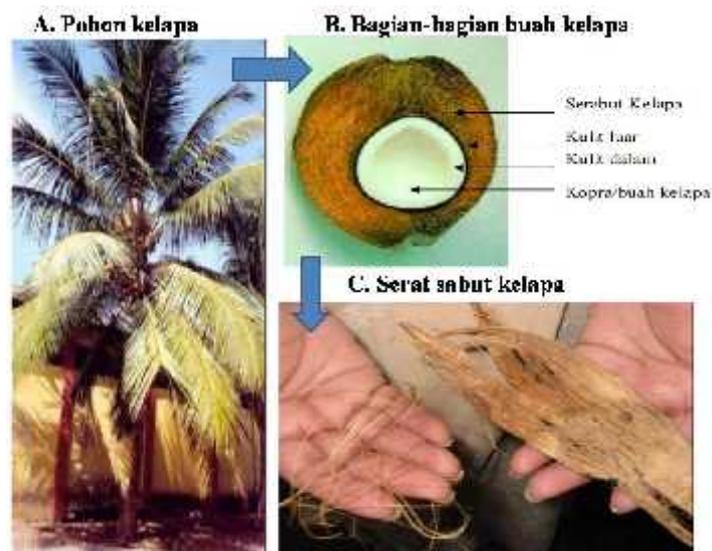
## Serat Alam

Serat alam dapat diperoleh dari tanaman pisang, bambu, nenas, rosela, kelapa, kenaf, lalang, dan lain-lain. Saat ini, serat alam mulai mendapatkan perhatian dari para ahli material komposit karena serat alam memiliki kekuatan spesifik yang tinggi karena serat alam memiliki berat jenis yang rendah.

Serat alam mudah diperoleh dan merupakan sumber daya alam yang dapat diolah kembali, harganya relatif murah dan tidak beracun.



Gambar 1. Klasifikasi komposit



Gambar 2. Pengambilan serat sabut kelapa

### Serat Sabut Kelapa

Kelapa merupakan tanaman perkebunan/industri berupa pohon batang lurus dari *famili Palmae*. Tanaman kelapa (*cocos nucifera*), merupakan tanaman serbaguna atau tanaman yang mempunyai nilai ekonomi yang tinggi. Seluruh bagian pohon kelapa dapat dimanfaatkan untuk kepentingan manusia,

sehingga pohon ini sering disebut pohon kehidupan (*tree of life*) karena hampir seluruh bagian dari pohon, akar, batang, daun dan buahnya dapat dipergunakan untuk kebutuhan kehidupan manusia sehari-hari.

Pada prosesnya, serat kelapa yang panjang diperoleh dari proses ekstraksi serabut kelapa. Adapun rasio antara serat panjang, serat medium dan serat pendek yang dihasilkan

berkisar antara 60:30:10. Panjang serat panjang adalah lebih dari 150 mm (dapat mencapai 350 mm), panjang serat medium antara 50 sampai 150 mm dan panjang serat pendek adalah kurang dari 50 mm. Ukuran diameter serat kelapa adalah antara 50 hingga 300  $\mu\text{m}$ . Serat kelapa terdiri dari sel serat kelapa dengan ukuran panjang 1mm dan ukuran diameter 5-8  $\mu\text{m}$ .

Serat kelapa dapat dibagi menjadi 2 jenis, yaitu serat berwarna putih dan serat berwarna coklat. Serat kelapa yang berwarna putih diperoleh dari buah kelapa yang belum matang. Serat ini lebih halus dan memiliki warna yang lebih cerah. Sedangkan serat kelapa berwarna coklat diperoleh dari buah kelapa yang telah matang. Untuk dapat memperoleh serat ini, serabut kelapa perlu direndam dalam air. Berikut ini tabel komposisi kimia serat kelapa.

Tabel 1. Komposisi kimia serat kelapa)

Komposisi	Jumlah (% berat kering)
Selulosa	35,6
Hemiselulosa	15,4
Pektin	5,1
Lignin	32,7
Zat ekstraktif	3,0

Sumber : (Egwaikide,P.A.,2007)

Serat sabut kelapa memiliki sifat dapat menahan kandungan air dan unsur kimia pupuk, serta dapat menetralkan keasaman tanah, ramah lingkungan, juga tidak mudah terbakar atau memberikan asap beracun bila terbakar.

Tabel 2. Karakteristik Kelapa

No.	PARAMETER-PARAMETER	KELAPA
1	pH dari bubuk semen	6,20
2	Kandungan air (wt%)	10,8
3	Kandungan abu (%)	2,55
4	Sinar penyalaaan 8750C (%)	37,49
5	Keterbantaran ( $\mu\text{m}$ )	0,82
6	Panjangnya ( $\mu\text{m}$ )	0,30
7	Lebar ( $\mu\text{m}$ )	0,02
8	Diameter ( $\mu\text{m}$ )	0,05
9	Lumen ( $\mu\text{m}$ )	0,01
10	Luas Permukaan ( $\text{cm}^2$ )	0,06

Sumber : (Egwaikide,P.A.,2007)

## Resin Polyester.

Poliester adalah resin thermoset yang berbentuk cair dengan viskositas yang relatif rendah. Dengan penambahan katalis, poliester mengeras pada suhu kamar.

Resin poliester banyak mengandung monomer stiren sehingga suhu deformasi termal lebih rendah dari pada resin thermoset lainnya dan ketahanan panas jangka panjang adalah kira-kira 110 – 140°C. Ketahanan dingin resin ini relatif baik.

Selama perlakuan alkali serat alam, sebagian unsur penyusun serat dapat larut dalam larutan alkali tersebut. *Lignin* dan *hemiselulosa* serta zat-zat lain seperti lilin, abu, dan kotoran lain dapat terbuang karena perlakuan alkali serat (Ray,dkk. 2001). Adanya pelarutan unsur tersebut dimana *lignin* merupakan unsur lemah pada serat dan lilin yang bersifat mengurangi resin mengikat serat, diharapkan dapat meningkatkan kekuatan komposit.

Sifat mekanik bahan adalah hubungan antara respons atau deformasi bahan terhadap beban yang bekerja. Sifat mekanik berkaitan dengan kekuatan, kekerasan, keuletan, dan kekakuan. Bahan dapat dibebani dengan tiga cara yaitu dengan pengujian tarik, pengujian tekan, dan pengujian geser. Dalam penelitian ini, bahan akan diuji dengan pengujian tarik. Uji tarik rekayasa banyak dilakukan untuk melengkapi informasi rancangan dasar kekuatan suatu bahan dan sebagai data pendukung bagi spesifikasi bahan (Dieter, 1986).

## Karakteristik Material Komposit Volume Fraksi Serat ( $V_f$ )

Karakteristik material komposit adalah kandungan atau persentase antara matriks dan serat. Sebelum melakukan proses pencetakan komposit, terlebih dahulu dilakukan penghitungan mengenai fraksi volume serat ( $V_f$ ), dan massa serat ( $m_{\text{serat}}$ ).

$$V_f = \frac{V}{V_c}$$

Volume Fraksi Matriks ( $V_m$ )

$$V_m = \frac{V_m}{V_c}$$

$$V_c = V_f + V_m$$

Massa jenis atau densitas Serat ( )

$$\rho = \frac{m}{V_c}$$

### Uji Tarik

Uji tarik adalah salah satu uji stress-strain mekanik yang bertujuan untuk mengetahui kekuatan bahan terhadap gaya tarik. Dalam pengujiannya, bahan uji ditarik sampai putus. Pengujian tarik dilakukan untuk mencari tegangan dan regangan (*stress strain test*). Dari pengujian ini dapat kita ketahui beberapa sifat mekanik material yang sangat dibutuhkan dalam desain rekayasa. Hasil dari pengujian ini adalah grafik beban versus perpanjangan atau elongasi

### Kekuatan tarik

Perhitungan beban dan elongation dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\dagger = \frac{F}{A_0}$$

### Engineering Strain (regangan)

Besarnya regangan adalah jumlah pertambahan panjang karena pembebanan dibandingkan dengan panjang daerah ukur mula-mula (*gauge length*). Nilai regangan ini adalah regangan proporsional yang didapat dari garis proporsional pada grafik tegangan - tegangan hasil uji tarik komposit (Surdia T dan Saito, 1985). Regangan dapat dihitung dengan rumus :

$$v = \frac{l_i - l_o}{l_o} = \frac{\Delta L}{l_o}$$

= *Engineering Strain* (regangan tarik) (N/mm<sup>2</sup>)

$l_o$  = Panjang mula-mula spesimen sebelum diberikan pembebanan (mm)

$l_i$  = Panjang spesimen setelah ditarik (mm)

$L$  = Pertambahan panjang (mm)

### Modulus Elastisitas

Pada daerah proporsional yaitu daerah dimana tegangan dan regangan yang terjadi masih sebanding, defleksi yang terjadi masih bersifat elastis dan masih berlaku hukum Hooke. Besarnya nilai modulus elastisitas komposit yang juga merupakan perbandingan antara tegangan dan regangan pada daerah proporsional dapat dihitung dengan persamaan.

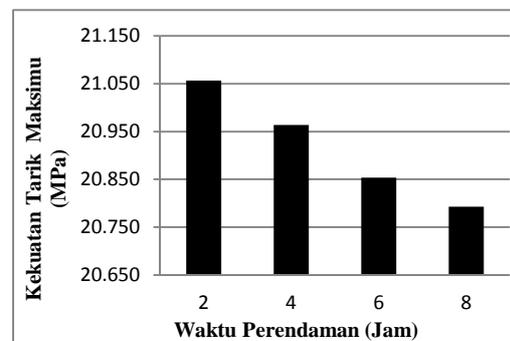
$$E = \frac{\dagger}{v}$$

### METODE PENELITIAN

Proses pencetakannya akan dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Nusa Cendana sedangkan pengujiannya akan dilakukan di Laboratorium Material Teknik Jurusan Teknik Mesin dan Industri Universitas GajahMada. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah Timbangan digital, Gergaji, Kikir segitiga, Jangka sorong digital, Kuas, Kamera digital, Kaca pembesar, Mesin Uji tarik, Gunting dan Cutter, Gerinda, Ampelas, Isolasi bening. Alat cetak komposit. Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari Serat sabut kelapa, Resin Polyester, Katalis atau *hardener*, Wax *mirrorglass*, NaOH 5%

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian tarik yang dilakukan pada komposit berpenguat erat kelapa perlakuan alkali 5% NaOH dengan lama waktu perendaman 2 jam, 4 jam, 6 jam, 8 jam.



Gambar 3. Grafik hubungan antara waktu perendaman dengan kekuatan tarik.

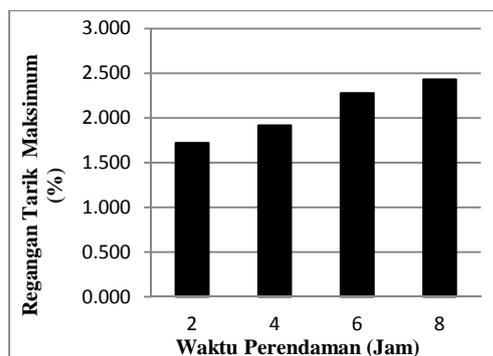
Tegangan rata-rata kekuatan tarik maksimum Gambar 3 di atas terlihat bahwa pengaruh konsentrasi perlakuan NaOH 5% terlihat jelas dimana lama waktu perendaman sangat berpengaruh terhadap kekuatan tarik. Dimana jika semakin lama waktu perendaman nilai kekuatan tariknya menurun. Hal ini disebabkan bertambahnya kekuatan tarik ini

dikarenakan perlakuan alkali pada serat menyebabkan permukaan serat menjadi kasar sehingga memudahkan serat untuk dibasahi resin akibatnya ikatan antar muka serat dengan matrik menjadi lebih kuat. Perlakuan alkali pada serat dapat mengurangi lapisan kotoran pada permukaan serat yang dapat menghalangi ikatan antara serat dan matrik.

Kadar NaOH dimana serat yang direndam semakin lama sangat mempengaruhi bentuk serat, dimana Gambar 3 kekuatan tarik paling tinggi dimiliki oleh komposit dengan fraksi volume serat 40 %, sampai pada perendaman 2 jam kekuatannya meningkat dan akhirnya menurun pada 8 jam. Hal ini sesuai dengan penelitian, bahwa perendaman komposit berpenguat serat kelapa dalam waktu tertentu menyebabkan serat membengkak sehingga akan mengisi celah-celah yang terjadi antara matrik dan serat tersebut dan air melekatkan ikatan kimia dalam molekul selulosa pada serat hingga pada titik jenuhnya. Molekul-molekul air yang terserap pada serat kelapa yang melewati titik jenuh menyebabkan terjadinya kerusakan pada serat tersebut yang mana salah satu karakteristik serat kelapa yaitu mudah mengalami pembusukan.

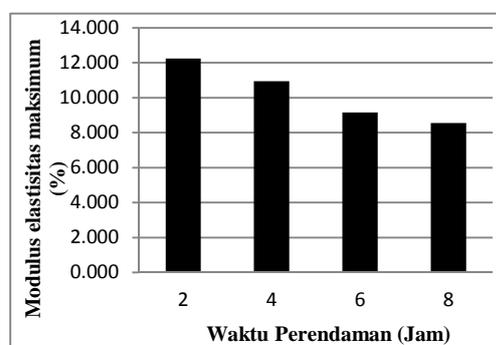
Perlakuan lama waktu perendaman juga sangat berpengaruh terhadap ikatan antara matriks dan serat kelapa, dimana jika semakin lama waktu perendaman memengaruhi ikatan antara matriks dan serat lebih banyak *void* yang kelihatan dimana bentuk dari serat yang semakin kecil dan padat mengakibatkan matriks tidak berikatan dengan matriks. Penyebab terjadinya penurunan kekuatan serat adalah karena waktu perendaman yang terlalu lama sehingga larutan alkali menyerap masuk sampai ke bagian inti serat dan merusak struktur bagian dalam serat sekaligus mengakibatkan serat menjadi cacat pada permukaan penamangnya.

Dari hasil pengujian dengan konsentrasi NaOH 5% dengan lama waktu perendaman nilai rata-rata optimum uji kekuatan tarik dari serat kelapa pada lama waktu perendaman selama 2 jam dengan nilai 21,075 Mpa, selanjutnya disusul dengan lama waktu perendaman 4 jam mencapai 20,949 MPa, untuk 6 jam nilai minimum rata-rata 20,807 MPa, dan 8 jam 20,824 MPa.



Gambar 4. Grafik hubungan antara waktu perendaman dengan regangan tarik.

Harga optimum regangan dari komposit ketika dilakukan pembebanan tarik dicapai pada perlakuan alkali 5 % serat selama 2 jam, 4 jam, 6 jam, dan 8 jam. Setelah lebih dari 2 jam serat sudah mengalami kerusakan sehingga mudah patah. Akan tetapi dengan waktu perendaman kurang 2 jam, dan 4 jam lapisan pada selulosa masih tersisa sehingga menyebabkan rendahnya regangan. Hal ini disebabkan lepasnya ikatan antara serat dengan matrik yang diakibatkan oleh tegangan geser dipermukaan serat. Kegagalan tersebut didominasi oleh lepasnya ikatan serat dengan matrik.



Gambar 5. Grafik hubungan antara lama waktu perendaman dengan modulus elastisitas

Modulus elastisitas komposit dengan serat kelapa juga berubah dengan adanya perlakuan alkali serat yang dipergunakan. Dengan bertambahnya waktu perendaman serat menunjukkan penurunan elastisitas serat. Hal ini disebabkan adanya peningkatan harga regangan yang cukup signifikan ketika serat dilakukan perendaman yang terlalu lama.

## PENUTUP

Dari hasil dan analisa data dari pengaruh perlakuan alkali serat sabutkelapa terhadap kekuatan tarik komposit polyester,yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan :

Komposit dengan penguat serat kelapa dan matrik polyester dengan fraksi volume serat 40 % dengan kadar NaOH 5 % dengan variasi lama perendaman memiliki kekuatan tarik tertinggi (21,05 MPa) pada lama perendaman selama 2 jam. Semakin lama waktu perendaman nilai kekuatan tarikipun ikut menurun.

Komposit berpenguat serat kelapa dengan erlakuan NaOH 5% dengan variasi lama waktu perendaman memiliki karakteristik kegagalan *fiber pull out* yang panjang dan banyak pada penampang patahan, komposit untuk waktu 6 jam dan 8 jam, sedangkan pada komposit berpenguat kelapa dengan perlakuan NaOH 5% memiliki *fiber pull out* yang lebih pendek dan sedikit pada waktu perendaman selama 2 jam dan 4 jam, jenis patahan getas.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abanat J. J. D., Purnowidodo A., Irawan S.Y., 2012, “Pengaruh Fraksi Volume Serat Pelepah Gebang (*Corypha Utan Lamarck*) Terhadap Sifat Mekanik Pada Komposit Bermatrik Epoksi”, Jurnal Rekayasa Mesin, Vol.3, No. 2, Tahun 2012 : 352-361, ISSN 0216-468X.
- [2] Boimau K. , Dominggus G. H. A., Wenseslaus B., dan Yusak M. B., (2012), “Pengaruh Fraksi Volume Serat Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Hybrid Berpenguat Serat Lontar Dan Serat Glass”, Seminar Nasional Sains dan Teknik 2012, Kupang.
- [3] Bukit N., dan Frida E., 2010 ,“Pengaruh Fraksi Volume Serat Ijuk Dan Serat Sabut Kelapa Sebagai Bahan Komposit Hybrid”, Jurnal Saintech, Vol. 02, No.03, September 2010, ISSN No. 2086-9681.
- [4] Carli, Widyanto S. A., Haryanto I., “Analisis Kekuatan Tarik Dan Lentur Komposit Serat Glass Jenis Woven Dengan Matriks Epoxy Dan Polyester Berlapis Simetri Dengan Metoda Manufaktur Hand Lay- Up”, TEKNIS Vol. 7, No.1, April 2012 : 22 – 26.
- [5] Diharjo K. & Triyono T. (2000) Material Teknik, Buku Pegangan Kuliah, UNS Press, Surakarta.
- [6] Gibson, F. R. (1994). “Principle of Composite Material Mechanics”, McGraw-Hill Inc, New York.
- [7] Hull,D, “An Introduction to Composite Material”, Cambridge University Press, Cambridge, 1985.
- [8] Kaw A. K., 1997. “Mechanics of Composite Materials”, CRC Press, New York.
- [9] Lokantara I. P., Suardana N. P. G., Karohika I. M. G., Nanda, (2010), “Pengaruh Panjang Serat pada Temperatur Uji yang Berbeda Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Polyester Serat Tapis Kelapa”, Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Vol. 4 No.2. Oktober 2010.
- [10] Lumintang C. A. R., Soenoko R. , Wahyudi S., 2011, “Komposit Hybrid Polyester Berpenguat Serbuk Batang dan Serat Sabut Kelapa”, Jurnal Rekayasa Mesin, Vol.2, No. 2, Tahun 2011, 145-153, ISSN 0216-468X.
- [11] Mattews, F.L. dan Rowling R.D., 1994, Composite Material Engineering and science, Chapman and Hall, London.
- [12] Perdana M., 2013, “Pengaruh Moisture Content Dan Thermal Shock Terhadap Sifat Mekanik Dan Fisik Komposit Hybrid Berbasis Serat Gelas Dan Coir” , Jurnal Teknik Mesin Vol. 3, No. 1, April 2013: 1-7.
- [13] Porwanto D.A., Johar L., (2008), “Karakterisasi Komposit Berpenguat Serat Bambu Dan Serat Gelas Sebagai Alternatif Bahan Baku Industri”, Jurusan Teknik Fisika FTI ITS Surabaya.

- [14] Rahman M. B.N., Kamiel B. P., (2011) , “Pengaruh Fraksi Volume Serat terhadap Sifat-sifat Tarik Komposit Diperkuat Unidirectional Serat Tebu dengan Matrik Poliester”, *Jurnal Ilmiah Semesta Teknik* Vol. 14, No. 2, 133-138, November 2011.
- [15] Sari N. H, Sinarep, Taufan A., Yudhyadi I., (2011), “Ketahanan Bending Komposit Hybrid Serat Batang Kelapa/Serat Gelas Dengan Matrik Urea Formaldehyde”, *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin* Vol. 5 No.1. April 2011.