

## Pengaruh Alkalisasi Komposit Serat Kelapa-Poliester Terhadap Kekuatan Tarik

Budha Maryanti<sup>1)</sup>, A. As'ad Sonief<sup>2)</sup>, Slamet Wahyudi<sup>3)</sup>

Program Magister dan Doktor Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang<sup>1)2)3)</sup>

Jl. MT Haryono No.167 Malang, Telepon (0341) 895287

E-mail : [budha\\_maryanti@yahoo.com](mailto:budha_maryanti@yahoo.com)

### Abstract

*The purpose of this research is to analyze the effect of alkalization on the tensile strength and strain of coconut fiber composites with polyester matrix by varying the concentration of NaOH as follow 0%, 2%, 5% and 8%. Alkalization is one of modifications natural fibers to improve fiber-matrix compatibility. The method of this research used a hands lay-up method. As follow the 1<sup>st</sup> coconut fiber treated without alkalization or 0% alkalization and the 2<sup>nd</sup> coconut fiber immersed in alkaline solution (2%, 5% and 8% NaOH) for 1 hour. Then, each treatment specimen molded to composite according to standard tensile test ASTM D638 -I. Coconut fiber volume fraction 30% and 70% polyester, and arranged coconut fiber straightly. And used the matrix polyester resin type 157 BTQN with hardener MEKPO 1%. The results of this research showed that coconut fiber reinforced composites with NaOH concentrations of 0%, 2%, 5% and 8% respectively has a tensile strength that is 90,144 MPa, 93.75 MPa, 97,356 MPa and 94,151 MPa. The optimum concentration limit of 5% NaOH produced the highest tensile strength 97,356 MPa, while the composite of coconut fiber without alkalization has the lowest tensile strength 90,144 MPa.*

**Keywords:** coconut fiber-polyester composites, alkalization, tensile strength

### PENDAHULUAN

Dalam bidang teknologi material, bahan-bahan serat alam merupakan kandidat sebagai bahan penguat untuk dapat menghasilkan bahan komposit yang ringan, kuat, ramah lingkungan serta ekonomis. Salah satunya adalah bahan-bahan serat alam. Jenis-jenis serat alam seperti misalnya ; Sisal , Flex, Hemp, Jute, Rami, Kelapa, mulai digunakan sebagai bahan penguat untuk komposit polimer.

Salah satu serat alam yang menjadi obyek penelitian adalah serat sabut kelapa, atau dalam perdagangan dunia dikenal sebagai *Coco Fiber*, *Coir fiber*, *coir yarn*, *coir mats*, dan *rug*. Serat sabut kelapa ini merupakan produk hasil pengolahan sabut kelapa. Secara tradisional serat sabut kelapa hanya dimanfaatkan untuk bahan pembuat sapu, keset, tali dan alat - alat rumah tangga lain.

Pada komposit polimer berpenguat serat alam, sifat antar muka matriks dan serat perlu diperhatikan. Hal ini berkaitan dengan kompatibilitas antara serat dengan

matriks dan sifat hidrofilik serat. Alkalisasi adalah salah satu cara modifikasi serat alam untuk meningkatkan kompatibilitas matriks-serat.

Lokantara dan Suardana [1], telah meneliti tentang analisis arah serat tapis serta rasio hardener terhadap sifat fisis dan mekanis komposit tapis/epoxy dimana mereka membandingkan perlakuan NaOH dan KMnO<sub>4</sub> sehingga didapatkan bahwa dengan perlakuan KMnO<sub>4</sub> 2% selama 15 menit dengan arah serat 45<sup>o</sup> memiliki nilai tertinggi terhadap sifat mekanis komposit, variasi persentase NaOH dan KMnO<sub>4</sub> pada proses perlakuan serat memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kekuatan tarik dan kekuatan bending komposit.

Júnior [2], melakukan penelitian tentang sifat mekanis komposit serat kelapa dengan resin poliester. Setelah dilakukan pengujian dan foto SEM didapatkan fraksi volume serat yang optimal dari komposit serat kelapa yang dapat menahan perambatan retak.

Tudu [3], menggunakan metode Taguchi, untuk mengidentifikasi parameter-parameter signifikan yang mempengaruhi erosi material komposit serat kelapa. Kemudian menggunakan Metode Response Surface untuk mengidentifikasi modus pengikisan material dan morfologi permukaan terkikis yang diamati di bawah mikroskop elektron. Selanjutnya untuk memahami visualisasi nyata dampak dari berbagai faktor dan interaksi parameter tersebut, digunakan analisis varians (ANOVA) untuk mengetahui urutan faktor yang signifikan serta hasil interaksinya.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh proses alkalisasi serat kelapa terhadap kekuatan tarik dan regangan komposit serat kelapa-poliester.

**TINJAUAN PUSTAKA**

Komposit didefinisikan sebagai kombinasi antara dua material atau lebih yang berbeda bentuknya, komposisi kimianya, dan tidak saling melarutkan antara materialnya dimana material yang satu berfungsi sebagai penguat dan material yang lainnya berfungsi sebagai pengikat untuk menjaga kesatuan unsur-unsurnya. Secara umum terdapat dua kategori material penyusun komposit yaitu matrik dan *reinforcement*.

Matriks dapat diklasifikasikan menjadi dua, yaitu termoplastik dan termoset. Beberapa jenis matrik polimer termoset yang sering digunakan ialah *polyester*, *epoxy*, *phenolics*, dan *polyamids*, sedangkan yang termasuk jenis matrik polimer termoplast adalah *polyethylene*, *polypropylene*, *nilon*, *polycarbonate*, dan *polyether-ether keton*. Dalam penelitian ini matriks yang digunakan adalah resin poliester.

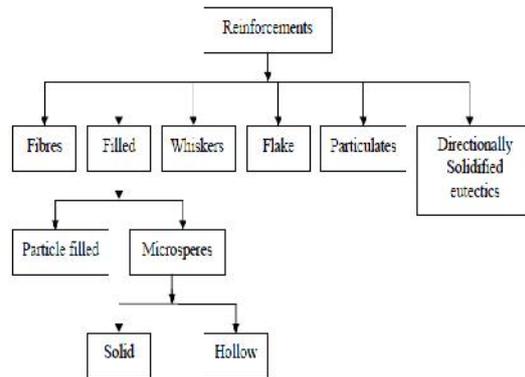
Poliester memiliki sifat-sifat sebagai berikut:

1. Suhu deformasi termal poliester lebih rendah jika dibandingkan dengan resin termoset lainnya, karena poliester banyak mengandung monomer stiren
2. Memiliki ketahanan panas kira-kira 110-140°C

3. Relatif tahan terhadap asam kecuali asam pengoksid, tetapi lemah terhadap alkali.
4. Mudah mengembang dalam pelarut yang melarutkan polimer stiren
5. Ketahanan terhadap cuaca sangat baik, khususnya terhadap kelembaban dan sinar UV

Bahan penguat yang digunakan sebagai penguat komposit sangat beragam yang antara lain terdiri atas bahan *reinforced* sintesis dan alami. Pada gambar .1 ditunjukkan beberapa jenis penguat dalam komposit.

Bahan penguat yang banyak digunakan adalah serat (*fiber*). Bahan penguat serat ini masih terbagi lagi atas jenis serat sintesis dan alam. Salah satu serat alam yang memiliki karakteristik istimewa adalah serat sabut kelapa yang dapat menjadi bahan penguat dengan berbagai keunggulan yang dapat dimanfaatkan.



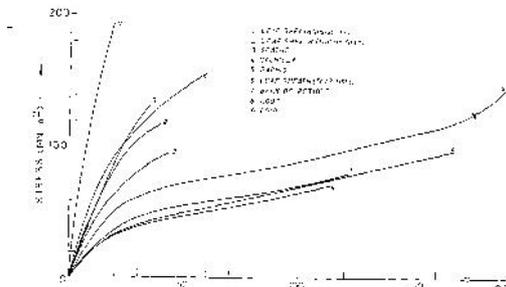
Gambar 1. Klasifikasi Serat

Kelapa merupakan tanaman perkebunan/industri berupa pohon batang lurus dari family Palmae. Tanaman kelapa (*Cocos nucifera L*) merupakan tanaman serbaguna atau tanaman yang mempunyai nilai ekonomi 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 Tabel 1 ditunjukkan sifat mekanis berbagai serat termasuk serat kelapa.

Untuk kekuatan tarik dari beberapa bagian tanaman kelapa termasuk serat kelapa dapat dilihat pada gambar 2.

Tabel 1. Sifat Mekanis Beberapa Serat Alam[4]

material	density (g/cm <sup>3</sup> )	tensile strength (MPa)	Young's modulus (GPa)	elongation at failure (%)
B. mori silk	1.3-1.38	650-750	~16	18-20
Spider silk	1.3	1300-2000	~30	28-30
flax	1.45	500-900	50-70	1.5-4.0
hemp	1.48	350-800	30-60	1.6-4.0
kenaf	1.3	400-700	25-50	1.7-2.1
jute	1.3	300-700	20-50	1.2-3.0
bamboo	1.4	500-740	30-50	~2
sisal	1.5	300-500	10-30	2-5
coconut/coir	1.2	150-180	4-6	20-40
E-glass	2.5	1200-1800	72	~2.5
Carbon	1.4	~4000	235	~2
Kevlar 49	1.44	3600-4100	130	~2.8



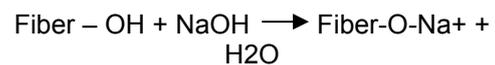
Gambar 2. Kekuatan tarik beberapa bagian kelapa termasuk serat kelapa[5].

Sifat mekanis seperti modulus young, tegangan dan regangan serat dipengaruhi oleh struktur, komposisi dan jumlah cacat pada serat. Pada tabel 2 ditunjukkan sifat mekanis dari serat sabut kelapa.

Tabel 2. Sifat Mekanis Serat Kelapa[6]

Diameter (mm)	Tensile strength (MPa)	Specific tensile strength (N/tex)	Young's Modulus (GPa)	Strain at Break (%)	Water Absorption (%)	Elongation at Break (%)	Reference
0.04-0.10	50-320	15-32	-	3	-	-	Kanichan et al. (2006)
0.21 <sup>a</sup>	-	20 <sup>a</sup>	-	37.7-2.4	-	36.6-70.1	Aggony et al. (2003) <sup>b</sup>
0.3	60 <sup>a</sup>	-	-	-	-	2.0	Panawati et al. (1984)
-	90 <sup>a</sup>	-	-	1.0 <sup>a</sup>	-	100 <sup>a</sup>	Korai-Pinn et al. (2003) <sup>c</sup>
0.25-0.073	50-120	14-28	-	24-12 <sup>a</sup>	-	20 <sup>a</sup> -0.5	Li et al. (2007)
0.11-0.04	100-70	-	-	15.7-41	-	83.0-100	Tobolski et al. (2003)
0.12-0.003	15-11	130	-	1.7-2.6	4.1	7.5-2.1	Wanwan et al. (2011) <sup>d</sup>

Untuk memperoleh ikatan yang baik antara matriks dan serat dilakukan modifikasi permukaan serat. Modifikasi permukaan dilakukan untuk meningkatkan kompatibilitas antara serat alam dengan matriks. Alkalisasi pada serat alam adalah metode yang telah digunakan untuk menghasilkan serat berkualitas tinggi. Alkalisasi pada serat merupakan metode perendaman serat ke dalam basa alkali. Reaksi berikut menggambarkan proses yang terjadi saat perlakuan alkali pada serat:



Proses alkalisasi menghilangkan komponen penyusun serat yang kurang efektif dalam menentukan kekuatan antar muka yaitu hemiselulosa, lignin atau pektin. Dengan berkurangnya hemiselulosa, lignin atau pektin, *wetability* serat oleh matriks akan semakin baik, sehingga kekuatan *antarmuka* pun akan meningkat. Selain itu, pengurangan hemiselulosa, lignin atau pektin, akan meningkatkan kekasaran permukaan yang menghasilkan *mechanical interlocking* yang lebih baik.

Pengujian yang dilakukan adalah uji tarik yang bertujuan untuk mengetahui tegangan, regangan, modulus elastisitas bahan dengan cara menarik spesimen sampai putus. Pengujian tarik dilakukan dengan mesin menurut standar ASTM D

638 uji tarik atau dengan *universal testing standar*. Teori menyatakan bahwa suatu bahan berkelakuan secara elastis dan memperlihatkan suatu hubungan linier antara tegangan regangan yang disebut elastis secara linier. Hubungan linier antara tegangan regangan untuk suatu batang yang mengalami tarik atau tekan sehingga diperoleh modulus elastisitas material dinyatakan sebagai[7]:

$$\sigma = E \cdot \epsilon \quad (1)$$

dimana hubungan antara beban tarik dan tegangan adalah[7]:

$$P = \sigma \cdot A \quad (2)$$

Dengan  $P =$  Beban tarik (N)  
 $A =$  Luas penampang ( $\text{mm}^2$ )  
 $\sigma =$  Tegangan (MPa)

Besarnya regangan adalah jumlah pertambahan panjang karena pembebanan dibandingkan dengan panjang daerah ukur (*gage length*). Nilai regangan ini adalah regangan proporsional yang didapat dari garis. Proporsional pada grafik tegangan-tegangan hasil uji tarik komposit[7]:

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \quad (3)$$

Dimana:  $\epsilon =$  Regangan (mm/mm)  
 $\Delta L =$  pertambahan panjang (mm)  
 $L_0 =$  panjang daerah ukur (*gage length*), mm

Pada daerah proporsional yaitu daerah dimana tegangan 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[7]:

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad (4)$$

Dimana:  $E =$  Modulus elastisitas tarik (MPa)  
 $\sigma =$  Kekuatan tarik (MPa)  
 $\epsilon =$  Regangan (mm/mm)

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental.

Variabel bebas yang digunakan adalah perbandingan metode modifikasi serat yang dilakukan, yaitu tanpa alkalisasi, dengan alkalisasi 2%, 5% dan 8%.

Variabel terikat yang digunakan adalah kekuatan tarik.

Variabel terkontrol yang digunakan antara lain:

- Penambahan MEKPO sebesar 1%
- Perbandingan fraksi volume serat kelapa 30% dan fraksi volume polyester 70%
- Proses alkalisasi dilakukan selama 1 jam
- Ukuran panjang serat sesuai standar uji tarik ASTM D 638 I

Bahan dan alat yang digunakan antara lain:

Bahan: Serat kelapa, NaOH (2%, 5% dan 8%) resin poliester tidak jenuh tipe 157 BTQN, katalis MEKPO dan aquades.



Gambar 3. Serat Kelapa

Alat:

1. Cetakan spesimen
2. Timbangan digital
3. Micrometer
4. Mesin uji tarik
5. Alat bantu lainnya

Alat Bantu lain yang digunakan, meliputi : sendok, *cutter*, gunting, kuas, pisau, spidol, kit mobil, penggaris, amplas, dan gelas ukur.

Pada penelitian ini serat yang digunakan sebagai penguat adalah serat kelapa. Proses perlakuan serat yang dilakukan pada penelitian ini adalah proses alkalisasi. Proses preparasi alkalisasi meliputi pembuatan larutan NaOH yaitu dengan menghitung perbandingan volume. Konsentrasi NaOH yang digunakan adalah larutan NaOH 2% v, larutan NaOH 5% v dan Larutan NaOH 8% v.

Proses alkalisasi serat, yaitu :

- Serat kelapa direndam selama 60 menit dalam larutan NaOH 2 %; NaOH 5% dan NaOH 8%
- Pencucian serat dengan aquades
- Pengeringan serat pada temperatur kamar selama 8 Jam

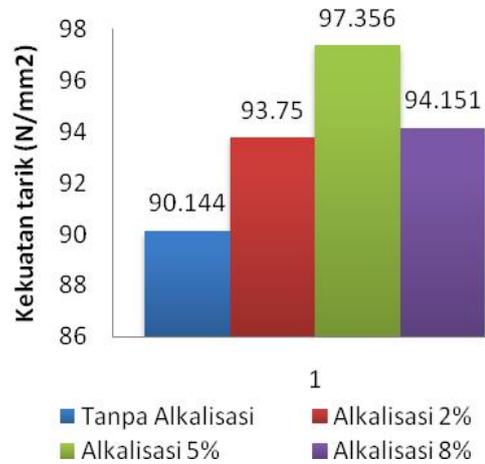
Komposit serat kelapa-poliester dibuat dengan menggunakan metode *wet hand lay up* , yaitu:

1. Penyiapan cetakan komposit dengan menggunakan cetakan dari kayu.
2. Serat kelapa yang telah disiapkan diuji kelembabannya.
3. Serat kelapa tanpa alkalisasi dan yang telah diberi perlakuan alkalisasi ditimbang beratnya sesuai perhitungan fraksi volum serat 30% berat. Kemudian serat disusun lurus (*unidirectional*) untuk dimasukkan ke dalam cetakan.
4. Setelah serat alam dimasukkan dalam cetakan, matriks poliester dituangkan di atas masing-masing lapisan serat.
5. Kemudian matriks poliester diratakan dengan menggunakan kuas hingga seluruh bagian serat terbasahi oleh matriks lalu cetakan ditutup.
6. Cetakan dipres panas T 80°C selama 3 jam sampai *Curing*.

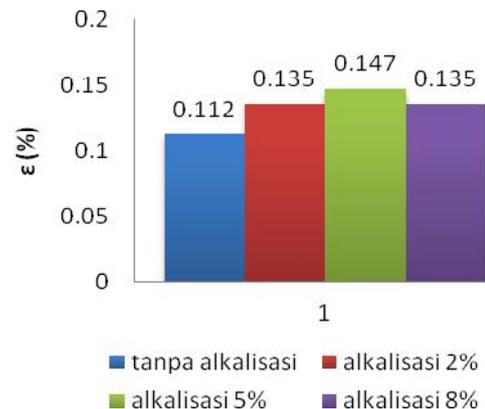
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Hasil**

Berdasarkan pengujian tarik didapat diagram hubungan alkalisasi dan kekuatan tarik seperti gambar 4 serta hubungan alkalisasi dan regangan komposit serat kelapa-poliester seperti gambar 5.

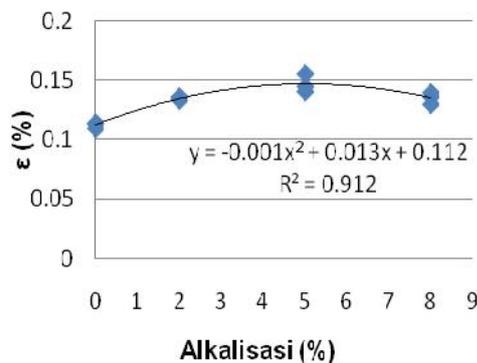


Gambar 4. Diagram Alkalisasi dan Kekuatan Tarik Komposit Serat Kelapa-Poliester

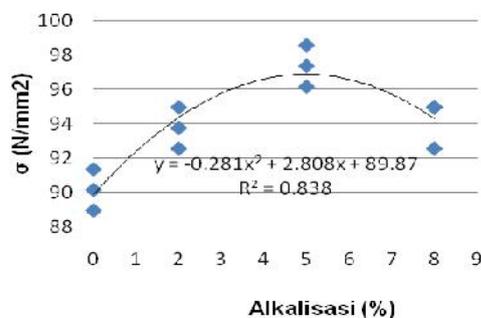


Gambar 5. Diagram Alkalisasi dan Regangan Komposit Serat Kelapa-Poliester

Setelah dilakukan analisis varian untuk hubungan alkalisasi dan kekuatan tarik didapat besarnya  $F_{hitung} = 5327.522339$  dan  $F_{tabel} = 4.300949462$  serta hubungan alkalisasi dan regangan didapat besarnya  $F_{hitung} = 27.82762$  dan  $F_{tabel} = 4.066181$  dengan nilai  $\alpha = 5\%$ , maka  $H_0$  ditolak karena  $F_{hitung} > F_{tabel}$  sehingga dapat disimpulkan bahwa alkalisasi mempengaruhi kekuatan tarik dan regangan komposit serat kelapa-poliester. Berikut adalah grafik regresi dari variasi konsentrasi alkalisasi terhadap regangan dan tegangan tariknya seperti gambar 6. dan 7.



Gambar 6. Grafik Regresi Hubungan Alkalisasi dan Regangan



Gambar 7. Grafik Regresi Hubungan Alkalisasi dan Tegangan Tarik

**PEMBAHASAN**

Dari hasil pengujian tarik didapatkan kekuatan tarik yang paling optimal terjadi pada perlakuan alkalisasi 5% yaitu sebesar 97.356 N/mm<sup>2</sup>, sedangkan yang terendah adalah komposit serat kelapa-poliester tanpa alkalisasi sebesar 90.144 N/mm<sup>2</sup>.

Kekuatan ini dipengaruhi oleh penambahan persentase alkalisasi sampai batas optimum yaitu 5% NaOH yang dapat meningkatkan kekuatan tarik. Komposit serat kelapa-poliester yang diberi perlakuan 5% NaOH, kekuatannya masih lebih tinggi dibandingkan dengan komposit serat kelapa-poliester dengan persentase NaOH 2% dan 8% maupun dengan tanpa alkalisasi.

Pada komposit yang diperkuat dengan serat tanpa alkalisasi, maka ikatan antara serat dan resin menjadi tidak sempurna

karena terhalang oleh adanya lapisan yang menyerupai lilin di permukaan serat, sehingga ketika diuji tarik kegagalan didominasi oleh lepasnya ikatan antara serat dengan matrik yang diakibatkan oleh tegangan geser di permukaan serat yang disebut dengan istilah "fiber pull out". Pada kondisi kegagalan ini, matrik dan serat sebenarnya masih mampu menahan beban dan meregang yang lebih besar, tetapi karena ikatan antara serat dan matrik gagal, maka komposit pun mengalami kegagalan lebih awal. Besarnya regangan dan tegangan ketika gagal juga menjadi lebih rendah.

Pada komposit yang diperkuat serat dengan perlakuan alkalisasi 8% memiliki kekuatan tarik 94.151 N/mm<sup>2</sup>, ternyata kekuatan tariknya menurun dibandingkan alkalisasi 5%. Hal ini disebabkan pada alkalisasi 8% hemiselulosa, lignin dan pektin hilang sama sekali maka kekuatan serat alam akan menurun karena kumpulan microfibril penyusun serat yang disatukan oleh lignin dan pektin akan terpisah, sehingga serat hanya berupa serat-serat halus yang terpisah satu sama lain. Besarnya tegangan dan regangan yang mampu ditahan oleh komposit menjadi menurun.

Oleh sebab itu, peningkatan kekuatan antar muka akan optimum pada penambahan larutan basa alkali konsentrasi tertentu, pada penelitian ini yaitu sebesar 5% NaOH.

Pada komposit dengan serat yang diberi perlakuan alkalisasi 2% dan 8% ternyata memiliki kekuatan tarik yang tidak terlalu besar perbedaannya yaitu masing-masing sebesar 93.75 N/mm<sup>2</sup> dan 94.151 N/mm<sup>2</sup>. Hal ini bisa terjadi karena adanya kadar void yang hampir sama pada masing-masing spesimen.

**KESIMPULAN**

Berdasarkan uraian diatas maka dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa: variasi persentase konsentrasi NaOH 0%, 2%, 5% dan 8% memberikan pengaruh pada permukaan serat dimana konsentrasi NaOH 5% menghasilkan komposit dengan nilai optimum untuk kekuatan tariknya

sebesar 97.356 N/mm<sup>2</sup>, sedangkan tanpa alkalisasi atau alkalisasi 0% menghasilkan komposit dengan kekuatan tarik terendah sebesar 90.144 N/mm<sup>2</sup>.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Lokantara, Putu dan NPG Suardana., 2007, "Analisis Arah dan Perlakuan Serat Tapis serta Rasio Epoxy Hardener terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Komposit Tapis/Epoxy", *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CAKRAM*, Vol.1 No.1.
- [2] H.P.G. Santafé Júnior, 2010, *Mechanical Properties of Tensile Tested Coir Fiber Reinforced Polyester Composites*. Revista Materia.
- [3] Tudu, Prakash.,2009, *Processing and Characterization of Natural Fiber Reinforced Polymer Composites*. Thesis Department of Mechanical Engineering National Institute of Technology Rourkela, India.
- [4] Aart van Vuure.,2008, *Natural Fiber Composites Recent Development*, Katholieke Universiteit Leuven.
- [5] Satyanarayana, K.G., 1982, "Structureproperty studies of fibres from various parts of the coconut tree", *Journal of Material Science, Chapman and Hall*.
- [6]. Ali, Majid.,2010, *Coconut Fibre – A Versatile Material and its Applications in Engineering*, National Engineering Services Pakistan (NESPAK) Islamabad.
- [7] Surdia, T, Saito Shinroku., 2005, *Pengetahuan Bahan Teknik, cetakan 6*. Pradya Paramita, Jakarta.