

Pengaruh Persentase Alkali pada Serat Pangkal Pelepah Daun Pinang (*Areca Catechu*) terhadap Sifat Mekanis Komposit Polimer

Agustinus Deka Betan, RudySoenoko, Achmad As'ad Sonief
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang
Jl. MT Haryono 167 Malang 65145
Phone: +62-341-587711, Fax: +62-341-554291
E-mail: adekabethan@yahoo.com

Abstract

*The community of NTT has used betel tree (*Areca Catechu*), especially for its base of betel leaf, as a burning material for cooking, as a rope to tie the house roof made from bamboo, and as a device to peel traditional candlenut. Economic value of betel is not high, therefore, the fiber of betel tree as a material to empower the polymer matrix composite was need to be optimized. Betel fiber-based composite is expected to be used as the substitute of concrete brick, red brick, triplex, and cloth hanger because of the favorable mechanical characteristics such as strong, light, environmental friendly, resistant to bending, resistant to water, resistant to heat, and economic. Natural fiber-based composite, especially which is made from betel fiber, has low strength so that chemical treatment is needed. NaOH (alkali) was commonly used as chemical. In this study NaOH is given at different percentage for each fiber. The selected percentages in this experiment are 4%, 5% and 6% NaOH. Result of experiment shows that the highest tensile strength of fiber is found at 5 % NaOH which rates for 195 MPa.*

Keywords: *Areca Catechu, Alkali Percentages, Mechanical Properties*

PENDAHULUAN

Pohon pinang (*Areca Catechu*) dikenal sebagai tanaman serba guna memiliki manfaat di berbagai bidang kehidupan diantaranya kesehatan, transportasi, bangunan, kerajinan, pangan, budaya, industri kecil maupun besar. Produk unggulan tanaman ini berupa biji pinang kering yang merupakan salah satu komoditas ekspor ke India, Pakistan, Bangladesh dalam bentuk biji pinang belah kering atau utuh mencapai 182.972 ton dengan nilai jual US\$ 106,33 juta.

Pemanfaatan bagian pohon pinang di daerah Jawa Barat (Sunda) bervariasi seperti batang untuk pembatas saluran air, jembatan; pelepah daun sebagai pembungkus makanan, bahan pencampur pembuatan topi; buah dan daun untuk obat - obatan tradisional[1]. Di daerah NTT (Timor) khususnya buah pinang biasanya dimakan (dimama), dipadukan dengan sirih yang lazim disebut "mamah sirih-pinang". Kebiasaan ini sudah membudaya dalam kehidupan masyarakat Timor seperti membersihkan mulut dan gigi di pagi hari, menerima tamu, kerja ataupun

istirahat kerja serta dalam suasana upacara adat[2]. Namun pengolahan bagian pinang seperti pangkal pelepah daun dan batang, masih sebatas sebagai sampah organik maupun pengganti minyak tanah untuk kebutuhan memasak. Berdasarkan hasil pengamatan, ada sebagian kecil masyarakat kepulauan Flores mengoptimalkan pangkal pelepah daun sebagai alat tradisional untuk mengupas kemiri serta dijadikan tali dengan cara dipintal guna mengikat tiang dan atap bangunan rumah yang terbuat dari bambu.

Pemilihan serat pinang sebagai bahan penguat komposit didasarkan pada adanya ketersediaan bahan baku serat pinang di NTT, dimana dari beberapa kabupaten dan kota dengan luas arealnya mencapai 42.388 ha. Di samping itu beberapa dasawarsa terakhir penggunaan serat alam lebih diminati karena memiliki keunggulan diantaranya densitas rendah, terbarukan, biaya produksi rendah, sifat mekanik dan spesifik yang baik serta berlimpah. Penggunaan serat alam juga dipicu oleh pemanfaatan limbah (*waste*) tanaman umur panjang seperti pinang, lontar, gebang,

kelapa, aren tanpa memotong pohonnya sehingga dapat mengurangi efek pemanasan global (*global warming*).

Beberapa penelitian sebelumnya berkaitan dengan serat alam diantaranya Maryanti melakukan eksperimen mengenai perbandingan alkalisasi 5% selama 60 menit menunjukkan kekuatan tarik terbaik. Namun terjadi penurunan kekuatan tarik pada alkalisasi 8% disebabkan kehilangan beberapa unsur penting seperti hemiselulosa, lignin dan selulosa. Kekuatan tarik terendah terjadi pada 0% alkalisasi disebabkan adanya lapisan di permukaan serat berupa kotoran seperti lilin sehingga terjadi ikatan yang tidak sempurna antara resin dan serat [3].

Reddy dari hasil penelitian menyimpulkan bahwa perlakuan serat 5% NaOH untuk komposit *hibrid* dengan *filler* Bn, Sc menunjukkan kekuatan tarik, dampak dan bending meningkat pada variasi 3% sampai 10%. Peningkatan sifat mekanis diakibatkan adanya ikatan *adesive* yang sempurna antara *filler* dan matriks sehingga tegangan yang ditransferkan ke dalam matrik mampu ditahan dengan baik. Namun terjadi penurunan pada 20% dan 30% yang diakibatkan kurangnya *transver* tegangan dari matrik ke kedua *filler* yang memiliki komposisi *filler* lebih banyak [4].

Mehar meneliti kekuatan tarik komposit dengan 10% NaOH, orientasi serat 90° yang terbaik pada upset time 8 jam karena beberapa unsur hemiselulosa, lignin hilang sehingga kekasaran permukaan meningkat dan ikatan menjadi sempurna. Pada upset time 16 dan 24 jam kurang adanya peningkatan disebabkan banyak unsur hemiselulosa, lignin yang hilang. Untuk kekuatan bending dengan orientasi serat 45°, 90° meningkat secara signifikan dari 8 sampai 24 jam. Sedangkan kekuatan dampak untuk kedua orientasi serat mengalami penurunan [5].

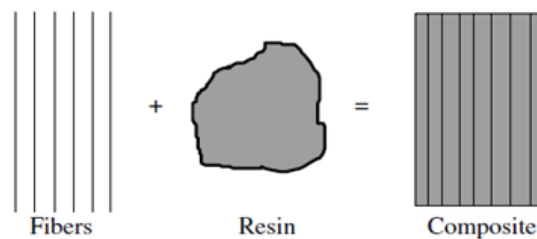
Penelitian lebih difokuskan pada penggunaan persentase alkali dan *upset time* perlakuan serat karena secara kodrati serat alam memiliki banyak kekurangan seperti kekuatan rendah pada beban kejutan, mudah menyerap air, tidak tahan suhu tinggi, kualitas bervariasi tergantung kondisi tanah, umur, musim dan lingkungan. Dengan adanya perbaikan sifat mekanis serat pinang secara kimiawi diharapkan dapat diaplikasikan

sebagai penguat material baru untuk menggantikan tripleks, batako maupun gantungan pakaian.

KAJIAN PUSTAKA

Komposit diartikan sebagai suatu material yang memiliki dua atau lebih bahan berbeda secara bersama-sama dibentuk untuk menghasilkan sifat-sifat yang lebih unggul dari sifat yang dimiliki oleh bahan-bahan penyusunnya sendiri.

Komposit yang lazim meliputi bahan matriks resin polimer dengan bahan penguat serat yang tersebar di dalamnya (Gambar 1) [6].

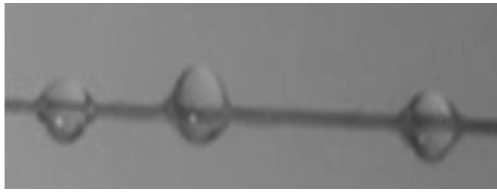


Gambar 1. Bahan Penyusun Komposit

Polimer merupakan bahan resin yang biasa digunakan sebagai matrik komposit dan mempunyai beberapa jenis diantaranya termoset dan termoplastik. Resin termoset yang biasa digunakan dalam dunia industri adalah *epoxy*, *polyester*, *vinylester*, *phenolics*. Resin termoplastik yaitu polietilena, polipropilena, polikarbonat, polistirena, polivinilklorida dsbnya. Dalam eksperimen ini menggunakan resin *epoxy* sebagai matrik dengan sifat-sifat yang dimiliki sebagai berikut:

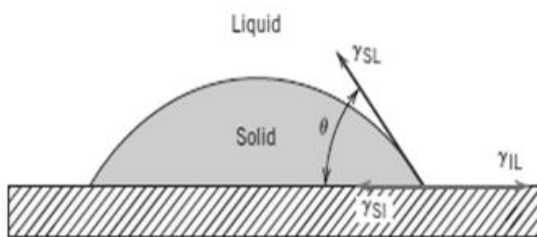
1. Tidak mudah meleleh pada suhu $\pm 80 - 215^{\circ}\text{C}$
2. Memiliki sifat adhesi (*wetting agent*) yang baik untuk sejumlah bahan seperti halnya serat pinang (gambar 2).

Wetting agent merupakan kemampuan resin untuk membasahi serat (penguat) yang terjadi akibat adanya interaksi antarmolekul dari kedua material tersebut, sehingga secara bersama-sama terjadi kontak antara fasa cair (*liquid*) dan permukaan fasa padat (*solid*).



Gambar 2. Sifat *Wetting Agent Epoxy* pada Serat Pinang

Apabila kontak yang terjadi antara resin dan serat menghasilkan besar sudut ≥ 90 maka karakteristik permukaan serat tidak mampu dibasahi oleh resin (*not wettable*) dan sebaliknya sudut kontak yang dibentuk $\leq 90^\circ$ berarti resin mempunyai sifat mampu membasahi serat dengan baik sehingga terjadi ikatan *interlocking* yang sempurna (Gambar 3) [7].



Gambar 3. Gaya pada *Wetting Agent*

Beberapa jenis ikatan yang dapat terjadi pada *interface bonding* sebagai berikut [8]:

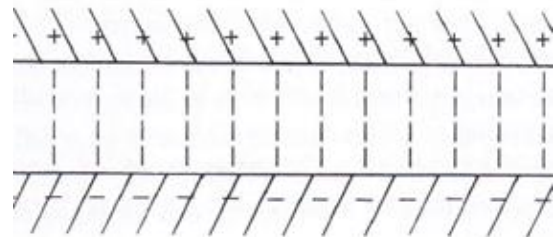
1. *Mechanical Bonding* merupakan mekanisme ikatan yang saling mengunci terjadi pada dua permukaan yaitu resin dan serat yang kasar namun beban harus paralel terhadap *interface* (Gambar 4).



Gambar 4. *Mechanical Bonding*

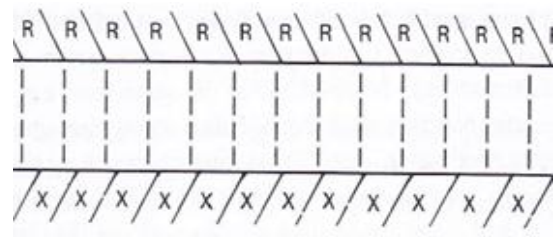
2. *Electrostatic Bonding* terjadi akibat adanya gaya tarik antara dua permukaan yang berbeda muatan listrik pada skala atomik. Namun ikatan ini akan sempurna bila tidak

ada kehadiran gas pada permukaan serat (Gambar 5).

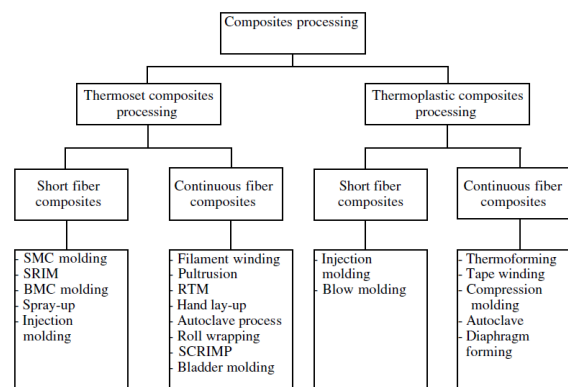


Gambar 5. *Electrostatic Bonding*.

3. *Chemical Bonding* terjadi akibat adanya energi yang lebih bersifat kimia. Besarnya ikatan ini diperoleh dari sekumpulan ikatan kimia yang bekerja pada luas penampang serat sesuai jenis ikatan kimia yang ada pada serat maupun resin (Gambar 6).



Gambar 6. *Chemical Bonding*



Gambar 7. Metode Manufaktur Komposit

Proses manufaktur komposit polimer ada beberapa macam seperti cetakan terbuka, tertutup dan berdasarkan penggunaan resin maupun susunan serat.

Komposit yang akan dimanufaktur menggunakan resin polimer jenis termoset yaitu epoxy dengan susunan serat panjang (*continuous fiber*) dan serat pendek (*short fiber*). Komposit yang akan dimanufaktur

menggunakan resin polimer jenis termoset yaitu epoxy dengan susunan panjang di dalamnya (*continuous fiber*) maupun serat pendek (*short fiber*) (gambar 7).

Material yang digunakan sebagai pembentukan komposit terdiri dari resin *epoxy* (matriks) dan serat (penguat). Dalam komposit matriks berfungsi:

1. Pengikat serat dan bertindak sebagai media penerima beban awal,
2. Menransmisikan dan mendistribusikan tegangan ke dalam serat,
3. Melindungi sifat fisik serat dari kerusakan permukaan akibat abrasi mekanik, reaksi kimia dari lingkungan,
4. Memisahkan serat berdasarkan kelembutan relatif dan plastisitas sehingga mampu mencegah perambatan retak.

Sedangkan material penguat (serat) memberikan peran sebagai:

1. Pembawa beban (*load transver*) yang lebih dominan $\pm 70\% - 90\%$,
2. Serat menunjukkan sifat kekakuan, kekuatan, stabilitas panas,
3. Memberikan insulasi kelistrikan (konduktifitas) pada komposit tetapi tergantung serat yang digunakan. [9]

Untuk meningkatkan ikatan antara serat dan matriks perlu perbaikan struktur permukaan serat. Perlakuan alkali dengan persentase dan waktu tertentu akan memberikan perubahan komposisi kimia serat seperti hemiselulosa, selulosa, lignin. Peningkatan dan penurunan komposisi kimiatersebutakan sangat berpengaruh pada kualitas serat (kekasaran permukaan) maupun sifat mekanis komposit. Proses kimia yang terjadi selama perendaman serat ke dalam larutan alkali sebagai berikut :



Sebelum memmanufaktur komposit perlu ditentukan karakteristik serat maupun resin. Karakteristik tersebut berkaitan dengan volume komposit (v_c), volume serat (v_f), volume matrik (v_m) dan *density* (ρ). Formula yang digunakan sebagai berikut :

$$v_c = p \cdot l \cdot t \tag{1}$$

❖ Volume fraksi serat (v_f)

$$v_f = \frac{V_f}{V_c} \tag{2}$$

❖ Volume fraksi matrik (v_m)

$$v_m = \frac{V_m}{V_c} \tag{3}$$

❖ *Density* serat (ρ_f)

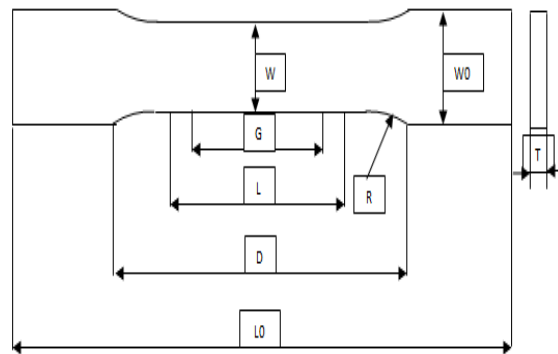
$$\rho_f = \frac{m_f}{v_f} \tag{4}$$

❖ *Density* matrik (ρ_m)

$$\rho_m = \frac{m_m}{v_m} \tag{5}$$

Parameter yang diinginkan dalam pengujian komposit polimer, berkaitan dengan sifat mekanis yaitu kekuatan tarik. Untuk mengetahui karakteristik kekuatan tarik komposit polimer sbb:

1. Pengujian tarik merupakan pengujian bersifat mekanis untuk mengetahui tegangan, regangan, modulus elastisitas bahan dengan cara spesimen ditarik sampai putus (Gambar 8).



Gambar 8. Spesimen Uji Tarik Menurut ASTM D 638- 00

❖ Kekuatan tarik (σ)

$$\sigma = \frac{F}{A} \tag{6}$$

Dimana;

σ = Tegangan tarik (MPa)

F = Beban (N)

A = Luas penampang (mm)

- ❖ Besarnya regangan (ϵ)

$$\epsilon = \frac{\Delta L_0}{L_0} \tag{7}$$

Dimana;

ϵ = Regangan

ΔL_0 = Pertambahan panjang (mm)

L_0 = Panjang awal (mm)

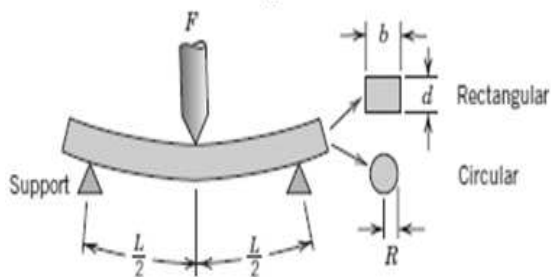
- ❖ Modulus elastisitas (E)

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \tag{8}$$

Dimana;

E = Modulus elastisitas (GPa)

2. Pengujian Bending dilakukan dengan menggunakan *three point bending* sehingga spesimen uji akan mengalami tekan sertatarik pada bagian bawah dan akan mengalami kegagalan (Gambar 9).



Gambar9.Penampang *Bending* (Balok)

- ❖ Kekuatan bending (σ_b)

$$\sigma_b = \frac{3PL}{2bd^2} \tag{9}$$

Dimana;

σ_b = Tegangan bending (MPa)

P = Beban (N)

L = Panjang *support span*

b = Lebar (mm)

d = Tebal (mm)

- ❖ Defleksi maksimum (D)

$$\sigma_b = \frac{6Dd}{L^2} \tag{10}$$

Dimana;

D = Defleksi maksimum (kgf/mm)

- ❖ Modulus elastisitas bending (Eb)

$$Eb = \frac{L^3 \cdot m}{4bd^3} \tag{11}$$

Dimana;

Eb = Modulus elastis bending (GPa)

m = Slope tangen pada kurva beban vs defleksi (N/mm)

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dikategorikan sebagai eksperimen nyata (*true experimental research*) yang bertujuan menyelidiki kemungkinan adakadanya pengaruh perlakuan serat tunggal akibat persentase alkali dan waktu perendaman terhadap sifat mekanis serat yang akan digunakan sebagai penguat komposit.

Variabel terikat yang digunakan sebagai perlakuan serat adalah persentase alkali 4%, 5%, 6% dengan upset time 1 jam. Sifat mekanis yang di uji yaitu kekuatan tarik serat. Sedangkan variabel yang dikontrol seperti katalis, aguades, diameter serat, waktu perlakuan.

Bahan dan alat yang digunakan untuk pembuatan komposit sebagai berikut:

- ❖ Bahan terdiri dari serat pangkal pelepah daun pinang (Gambar 10), NaOH (4%, 5%, 6%), resin *epoxy*, katalis dan aguades, *wax*.



Gambar 10. Serat Pangkal Pelepah Daun Pinang

- ❖ Alat bantu yang digunakan berupa cetakan spesimen (mika), timbangan digital, mikrometer, mesin uji tarik serta alat bantu lainnya seperti pisau, mistar, baskom, gelas ukur, cutter, gunting, koran bekas, kit (pelumas), kuas, spidol, penjepit, kipet, sendok plastik, jam.

Serat yang digunakan sebagai penguat adalah serat pangkal pelepah daun pinang. Pengambilan serat dilakukan dengan menarik serat dari pangkalnya berupa lembaran dan direndam dalam air selama 5 hari kemudian pembersihan pati menggunakan pisau. Serat

dijemur di terik matahari untuk menghilangkan kadar air. Untuk perlakuan serat maka perlu perhitungan perbandingan volume NaOH per 1 liter aguades dengan persentase NaOH 4%, 5%, 6%. Prosedur perlakuan serat dengan alkali sebagai berikut :

1. Serat masing - masing direndam dengan persentase alkali 4%, 5%, 6% selama 1 jam,
2. Serat dicuci dengan air bersih selama 5 menit,
3. Pengeringan serat dilakukan dalam suhu ruangan sampai kering,

Untuk mengetahui perubahan sifat mekanis serat murni maupun akibat perlakuan NaOH maka perlu dilakukan pengujian tarik serat tunggal Gambar 10.



Gambar 10. Mesin Uji Tarik Serat Tunggal

Serat pangkal pelepah daun pinang yang telah dimodifikasi secara kimia (NaOH) selanjutnya akan dimanufaktur menjadi komposit dengan menggunakan metode *hand lay up* dengan tahapan sebagai berikut:

1. Timbang massa serat yang diikat, sesuai fraksi volumenya,
2. Siapkan cetakan spesimen uji dengan mengukur lebarnya dan dijepit dengan klem penjepit,
3. Cetakan dioleskan dengan *wax*,
4. Timbang massa resin sesuai fraksi volum matrik,
5. Resin dicampur katalis 1% sesuai perhitungan dan diaduk merata,
6. Tuangkan resin ke dalam cetakan 1/2 dari ukurannya kemudian serat ditata sambil ditekan beberapa menit dan tuangkan resin sampai habis,

7. Komposit dibiarkan kering dalam suhu ruang selama 24 jam,
8. Lepaskan komposit dengan membuka klem penjepit,
9. Komposit dikeringkan dalam suhu ruangan.
10. Komposit tersebut kemudian di uji sesuai dengan sifat mekanis yang diinginkan

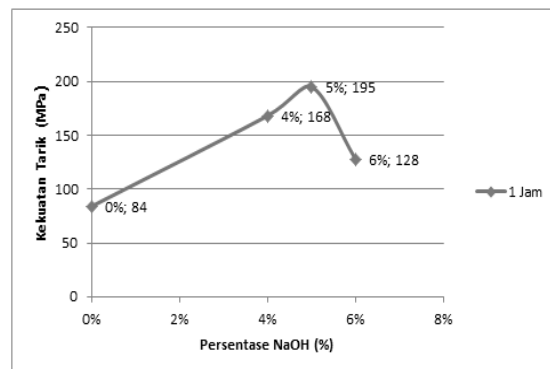
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Tarik Serat Murni dan Perlakuan

Dari hasil perendaman dan pengujian serat murni dan perlakuan dengan NaOH, diperoleh data pengujian yang menunjukkan peningkatan maupun penurunan beban putus seperti terlihat pada tabel 1. Data pengujian serat murni dan perlakuan yang dilakukan di Lab. Material MIPA Fisika Universitas Brawijaya.

Tabel 1. Data Hasil Pengujian Serat Murni dan Perlakuan NaOH

Persentase NaOH (%)	Upset Time (Jam)	Beban Rata-Rata F (N)	Kekuatan Tarik σ_t (MPa)
0 %	0	16,56	84
4 %	1	8,23	168
5 %	1	9,54	195
6 %	1	6,30	128



Gambar 11. Hubungan Persentase NaOH vs Kekuatan Tarik Serat Tunggal

Pada Tabel 1 tersebut di atas merupakan data hasil pengujian serat murni dan perlakuan NaOH, untuk dapat mengetahui pengaruhnya maka dapat dijelaskan hubungan persentase NaOH dan kekuatan tarik serat. Dengan melihat tabel 1. dan gambar 11. diketahui beban putus dan diameter yang besar ada

pada serat tanpa perlakuan (murni) namun tidak menghasilkan kekuatan tarik tertinggi.

Ini lebih disebabkan ikatan kimiaserat murni secara organik seperti selulosa, hemiselulosa, lignin masih relatif rendah. Kekuatan tarik serat perlakuan, tertinggi terjadi pada persentase 5% NaOH sebesar 195 MPa dengan diameter serat yang kecil dan beban yang relatif besar. Hal ini dipengaruhi semakin banyaknya ikatan hidroksil maupun karbonil yang terjadi selama proses perendaman serat dengan NaOH dan mampu mereduksi kandungan air dalam serat. Sedangkan kekuatan tarik serat perlakuan terendah terjadi pada persentase 6% NaOH sebesar 128 MPa. Penurunan kekuatan serat lebih disebabkan menurunnya ikatan karbonil, hidroksil.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian tarik serat maka ditariklah beberapa intisari sebagai kesimpulan sebagai berikut :

1. Adanya peningkatan kekuatan tarik serat akibat perlakuan NaOH apabila dibandingkan dengan serat yang belum mendapat perlakuan.
2. Kekuatan tarik serat tertinggi terjadi pada persentase NaOH 5% sebesar 195 MPa sedangkan terendah terjadi pada serat tanpa perlakuan (murni) sebesar 84 MPa.
3. Persentase alkali (NaOH) yang semakin besar akan meningkatkan ikatan kimia serat dan sebaliknya akan menurunkan ikatan kimia serat seperti karbonil maupun hidroksil sehingga serat semakin elastis dan getas.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Lutony, T.L., 1993, *Pinang Sirih, Komoditi ekspor dan serbaguna*, Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
- [2] Okomama, 1990, *Simbol Pendekatan Masyarakat di Timor, Soe*, Pembentukan TK 2 TTS.

- [3] Maryanti, B., 2011, Pengaruh Alkalisasi Komposit Serat Kelapa Polyester Terhadap Kekuatan Tarik, *Jurnal Rekayasa Mesin.*, Vol.2, No.2, 123 – 129.
- [4] Reddy, R.G., 2011, *Fabrication and Performance of Hybrid Betel Nut (Areca Catechu) Short Fiber/Sansevieria Cylindrica (Agaveceae) Epoxy Composites*, *International Journal of Materials and Biomaterials Applications.*, Vol. 1, No.1, 6 – 13.
- [5] Mehar, A., 2013. *Experimental Study and the Effect of Alkali Treatment with Time on Jute Polyester Composite*, *International Journal of Engineering Research.*, Vol. No. 2, Issue No. 2, 23 – 28.
- [6] Mott, L.R., 2009, *Elemen – Elemen Mesin Dalam Perancangan Mekanis, 2nd edition*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- [7] Callister, D.W. dan Rethwisch, G.D., 2007, *Fundamental of Material Science and Engineering, An Integrated Approach Third Edition*, Department of Metallurgical Engineering The University of Utah, John Wiley and Sons, Inc
- [8] Matthews, L.F. dan Bawlings, D.B., 1993, *Composite Materials Engineering and Science*. Chapman & Hall., London. Glasgow. New York. Tokyo. Melbourne. Madras.
- [9] Mazumdar, K.S., 2002, *Composites Manufacturing Material, Product, and Process Engineering*. By CRC Press. Boca Raton London., New York Washington, D.C.

