

**PENGARUH WAKTU PERENDAMAN DALAM PERLAKUAN ALKALI DAN  
DIAMETER SERAT TERHADAP KUAT GESER PADA REKATAN  
ANTAR MUKA SERAT SABUT KELAPA / EPOKSI**

**Daryono**

**20060130036**

**Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta**

**[Bagong\\_kyu@yahoo.co.id](mailto:Bagong_kyu@yahoo.co.id)**

**INTISARI**

Serat sabut kelapa merupakan salah satu material seratalami (natural fibre) yang dapat dimanfaatkan dalam pembuatan komposit. Serabut kelapa ini mulai digunakan karena mudah didapat dan banyak tersedia di Indonesia. Serat sabut kelapa sebagai elemen penguat sangat menentukan sifat mekanik dari komposit karena meneruskan beban yang didistribusikan oleh matrik. Serabut kelapa yang dikombinasikan dengan poliester sebagai matrik, akan menghasilkan komposit alternatif yang bermanfaat untuk dunia industri. Dengan variasi perlakuan alkali sabut kelapa diharapkan menghasilkan property mekanis komposit yang maksimal untuk mendukung pemanfaatan komposit alternatif.

Pembuatan specimen komposit dilakukan dengan menggunakan alat cetak yang dimodifikasi sendiri. Bahan yang digunakan untuk penelitian ini adalah serat sabut kelapa, resin epoksi, dan hardener. Waktu perendaman serat sabut kelapa yang diteliti adalah 0 jam, 2 jam, 4 jam, 6 jam, 8 jam dengan konsentrasi alkali 5 %. Patahan specimen diamati dengan menggunakan fotomakro untuk mengetahui jenis patahannya.

Dari hasil pengujian diperoleh Kuat geser tertinggi rekatan pada interface diperoleh pada waktu perendaman 0 jam untuk serat kecil yaitu sebesar 0.9433 MPa dan terendah pada waktu perendaman 8 jam untuk serat besar yaitu sebesar 0.1938 MPa.

**Kata Kunci :** *Komposit, Serat Sabut Kelapa, Matrik Epoksi, Kuat Geser*

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Saat ini bahan teknik yang digunakan di dunia industri masih sangat tergantung pada logam, namun bahan teknik lain mulai

mendapat pertimbangan sebagai pengganti logam. Bahan teknik yang mulai dikembangkan adalah material komposit

serta munculnya perbincangan permasalahan limbah non organik serat sintetis yang semakin bertambah mampu mendorong perubahan *trend* teknologi komposit menuju komposit alami yang ramah lingkungan. Para ilmuwan mulai menggunakan komposit sebagai produk unggulan sesuai dengan keistimewaannya. Komposit dengan penguat serat yang berada dalam matrik merupakan jenis komposit yang paling banyak dikembangkan. Penggunaan bahan komposit yang diperkuat serat saat ini banyak digunakan karena kekuatan dengan kekakuan spesifikasinya jauh di atas bahan teknik pada umumnya dan sifatnya dapat didesain mendekati kebutuhan (Jones, 1975).

Serat alam adalah serat organik yang langsung didapatkan dari alam, baik dari hewan maupun tumbuhan. Serat alam ini mudah ditemukan di sekitar kita, contohnya sabut kelapa, rami, kelapa sawit, pandan laut, dan knaf. Sabut kelapa yang merupakan hasil samping dan merupakan bagian yang terbesar dari buah kelapa, yaitu sekitar 35 % dari bobot buah kelapa memiliki potensi yang sangat besar di Indonesia. Dengan demikian, apabila secara rata-rata produksi buah kelapa per tahun adalah sebesar 5,6 juta ton, maka terdapat sekitar 1,7 juta ton sabut kelapa yang dihasilkan (BI, 2004).

Potensi produksi sabut kelapa yang sedemikian besar belum dimanfaatkan sepenuhnya untuk kegiatan produktif yang dapat meningkatkan nilai tambahnya. Serat sabut kelapa, atau dalam perdagangan dunia dikenal sebagai *coco fiber*, *coir fiber*, *coir yarn*, *coir mats*, dan *rugs*, 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. Perkembangan teknologi, sifat fisika-kimia serat, dan kesadaran konsumen untuk kembali ke bahan alami, membuat serat sabut kelapa dimanfaatkan menjadi bahan baku industri karpet, jok dan dashboard kendaraan, kasur, bantal, dan lain-lain (Sterling, 1980).

Data di atas menunjukkan bahwa serat sabut kelapa di Indonesia belum dimanfaatkan secara optimal. Dengan jumlah yang melimpah, maka serat tersebut perlu ditingkatkan nilai manfaat dan ekonominya. Salah satu alternatif pemanfaatan bahan ini yaitu untuk pembuatan komposit. Jumlahnya yang melimpah merupakan salah satu keunggulan karena mendukung untuk fabrikasi massal. Produk yang dihasilkan diharapkan memiliki sifat yang ringan dan kuat. Serat sabut kelapa dikombinasikan

dengan matrik epoksi sebagai pengikat. Dengan variasi waktu perendaman serat sabut kelapa dalam larutan alkali (NaOH) diharapkan menghasilkan properti mekanis komposit yang maksimal untuk mendukung pemanfaatan komposit alternatif.

Untuk dapat memanfaatkan sabut kelapa tersebut secara optimal, maka diperlukan data dan pengetahuan tentang karakter dan katrakterisasinya. Beberapa penelitian tentang sabut kelapa telah dilakukan, antara lain: Pengaruh perlakuan alkali terhadap kekuatan tarik komposit berpenguat sabut kelapa/polyester (Prasetiyo, E., 2007), pembuatan papan partikel berbahan baku sabut kelapa dengan bahan penguat alami/lem kopal (Sudarsono, 2007), tinjauan kekuatan lengkung papan serat sabut kelapa sebagai bahan teknik (Sunariyo, 2008). Komposit yang dihasilkan dari beberapa penelitian tersebut termasuk dalam golongan papan *hight density* dengan modulus elastisitas yang tinggi. Namun demikian, masih sangat jarang laporan penelitian tentang pengaruh perlakuan alkali serat terhadap kekuatan rekatan antarmuka serat sabut kelapa/epoksi.

## **1.2 Identifikasi dan Batasan Masalah**

Dari uraian di atas teridentifikasi beberapa permasalahan tentang optimasi

penggunaan serat sabut kelapa untuk penguat material komposit, sebagai berikut:

1. Munculnya limbah non organik dari serat sintetis.
2. Serat sabut kelapa belum dimanfaatkan secara optimum.
3. Sabut kelapa bisa dimanfaatkan untuk penguat komposit, sebagai pengganti serat sintetis, yang ramah lingkungan.
4. Masih sangat jarang dilaporkan penelitian tentang pengaruh perlakuan alkali terhadap kuat rekatan antarmuka serat sabut kelapa/epoksi matrik.

Dari keempat masalah tersebut, pada penelitian ini penulis membatasi hanya akan mengkaji permasalahan yang keempat.

## **1.3 Rumusan Masalah**

Permasalahan yang keempat tersebut selanjutnya dapat dijabarkan dalam bentuk yang lebih operasional dan terukur, yaitu : bagaimana pola patahan uji tarik bahan komposit serat sabut kelapa/epoksi dan bagaimana pengaruh waktu perendaman dan variasi diameter serat, terhadap kuat rekatan antar muka serat sabut kelapa/epoksi.

## 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui karakteristik penampang patahan uji tarik bahan komposit serat sabut kelapa/epoksi.
2. Mengetahui pengaruh waktu perendaman terhadap kuat rekatan antar muka serat sabut kelapa/epoksi.
3. Mengetahui pengaruh diameter serat terhadap kuat rekatan antar muka serat sabut kelapa/epoksi.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Keberhasilan penelitian ini diharapkan mampu mengembangkan rekayasa material baru komposit. Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Bagi iptek sebagai bahan informasi dasar dasar penelitian lebih lanjut guna mendorong kemajuan iptek khususnya tentang komposit.
2. Bagi bangsa Indonesia, untuk mengoptimalkan jumlah produksi serat sabut kelap yang beum dimanfaatkan.
3. Bagi masyarakat, sebagai bahan pengganti papan kayu untuk konstruksi rumah, almari, meja, dan lain-lain.

## LANDASAN TEORI

### 2.1. Penelitian Terdahulu

Brian (2004) melakukan penelitian tentang aplikasi dan desain *fiber pull out* untuk mengkontrol antar muka serat dengan polimer. Pengujian ini digunakan untuk menentukan ketangguhan fraktur *interfacial* serat tunggal/epoksi. Spesimen tersebut digabungkan menjadi satu dengan demikian dapat mengubah kekuatan *interfacial* pada antar muka serat/epoksi.

### 2.2 Serat Sabut Kelapa

Serat sabut kelapa bagi negara-negara tetangga penghasil kelapa sudah merupakan komoditi ekspor yang memasok kebutuhan dunia yang berkisar 75,7 ribu ton pada tahun 1990. Indonesia walaupun merupakan negara penghasil kelapa terbesar di dunia, pangsa pasar serat sabut kelapa masih sangat kecil. Kecenderungan kebutuhan dunia terhadap serat kelapa yang meningkat dan perkembangan jumlah dan keragaman industri di Indonesia yang berpotensi dalam menggunakan serat sabut kelapa sebagai bahan baku/ bahan pembantu, merupakan potensi yang besar bagi pengembangan industri pengolahan serat sabut kelapa.

### 2.3 Epoksi

Resin epoksi atau secara umum dipasaran dikenal dengan bahan epoksi adalah salah satu jenis polimer yang berasal

dari kelompok thermoset. Resin thermoset adalah polimer cair yang diubah menjadi bahan padat secara polimerisasi jaringan silang dan juga kimia, membentuk formasi rantai polimer tiga dimensi. Sifat mekanisnya tergantung pada yunit molekuler yang membentuk jaringan rapat dan panjang jaringan silang.

## 2.4 Katalis

Katalis merupakan zat *curing* (mengeraskan cairan resin) bagi sistem perekat. Pengeras bergabung secara kimia dengan bahan rekatannya. Pengeras dapat berupa *monomer*, *polymer* atau senyawa campuran. Katalis juga dipergunakan sebagai zat *curing* bagi resin termoset, mempersingkat waktu *curing* dan meningkatkan ikatan silang polimernya. Katalis berfungsi memulai dan mempersingkat reaksi *curing* pada temperatur terelevasi (*elevated temperature*) tanpa ikut bereaksi (Hartomo, 1992).

## 2.5 Alkali (NaOH)

Natrium hidroksida murni berbentuk putih padat dan tersedia dalam bentuk pelet, serpihan, butiran, atau larutan jenuh 50%. Natrium hidroksida (NaOH), juga dikenal sebagai soda kaustik atau sodium hidroksida, adalah sejenis basa logam kaustik. Sifat alami serat alam adalah *hydrophilic*, yaitu suka terhadap air, berbeda

dengan polimer yang bersifat *hydrophobic*. Pengaruh perlakuan alkali terhadap sifat permukaan serat alam *selulosa* telah diteliti dan bahwa kandungan optimum air mampu direduksi sehingga sifat alami *hidrophilic* serat dapat memberikan ikatan *interfacial* dengan matrik secara optimal. NaOH merupakan larutan basa yang tergolong mudah larut dalam air dan termasuk basah kuat yang dapat terionisasi dengan sempurna. NaOH juga bersifat lembab cair dan secara spontan menyerap karbon dioksida dari udara bebas. Menurut teori *Arrhenius*, basa adalah zat yang dalam air menghasilkan ion OH dan ion positif. (Bismarck dkk, 2002).

## 2.6 Pembebanan Tarik

### a. Tegangan Tarik

Besarnya tegangan tarik dari material komposit dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan :

$$\sigma = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan :  $\sigma$  = tegangan tarik (MPa)

$P$  = beban tarik maks (N)

$A$  = luas penampang (mm<sup>2</sup>)

**b. Tegangan Geser Antar Muka Serat / Matrik**

Besarnya tegangan geser dari material komposit dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan :

$$\tau = \frac{P}{L} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :  $\tau$  = tegangan geser (MPa)

$P$  = beban tarik maks (N)

$L$  = luas bidang geser (mm<sup>2</sup>)

Untuk luas bidang geser dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut:

$$L = K.l \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan :  $L$  = luas bidang geser (mm<sup>2</sup>)

$K$  = keliling serat (mm)

$l$  = panjang serat (mm)

**METODE PENELITIAN**

**3.1. Alat dan Bahan**

**3.1.1. Alat**

1. Alat uji tarik



**Gambar 3.1.** Alat uji tarik

Mesin yang digunakan dalam pengujian tarik adalah mesin uji tarik yang ada di Laboratorium Bahan dan Pengujian Fakultas Teknik Mesin Universitas Gajah Mada Yogyakarta. Adapun spesifikasi mesin tersebut sebagai berikut :

- Merk : Controlab
- Tipe : TN20MD
- Produksi : France
- Tahun : 1997

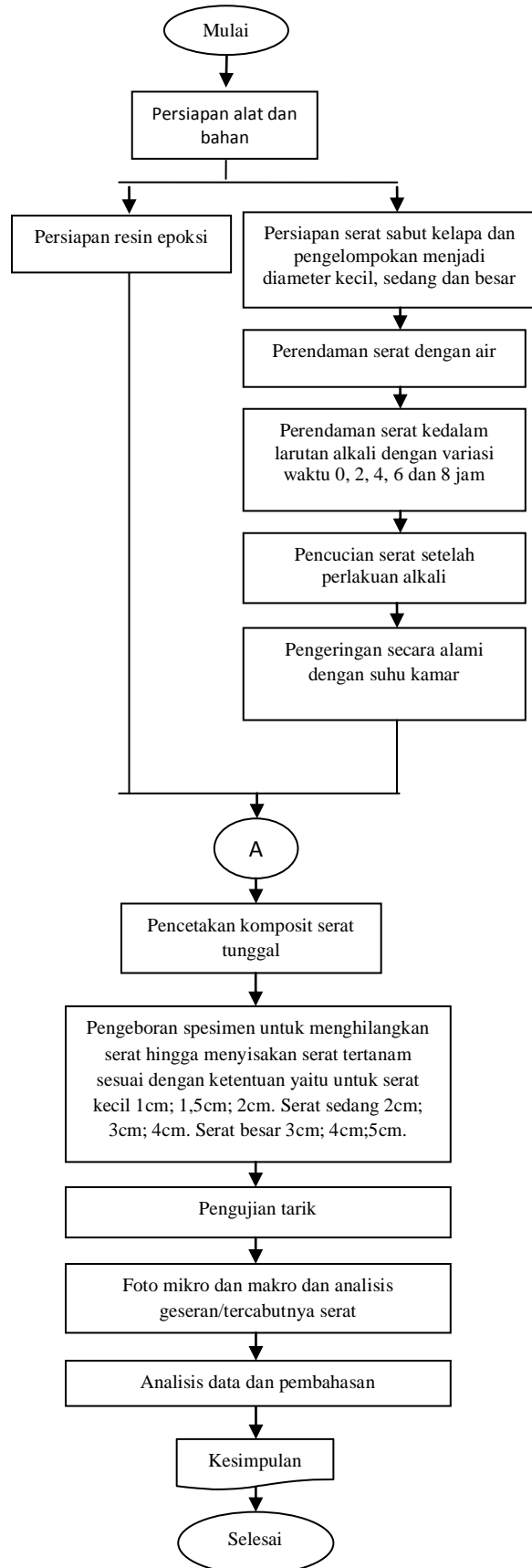
2. Cetakan
3. Timbangan digital
4. Bor listrik
5. Kamera foto makro
6. Mikroskop
7. Karet spon
8. Alat Bantu Lain

**3.1.2. Bahan**

1. Serat Sabut Kelapa
2. Resin Thermoset
3. Alkali (NaOH)

**3.2. Diagram alir penelitian**

Adapun diagram alir dapat dilihat pada gambar dibawah ini



## HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui harga kuat tarik serat dan kuat geser rekatan pada *interface* serat sabut kelapa yang dibenamkan ke dalam epoksi. Pengujian juga dimaksudkan untuk mengetahui bentuk geseran/tercabutnya serat dari matrik sehingga dapat disimpulkan tentang pengaruh waktu perendaman terhadap kuat rekatan pada *interface* serat sabut kelapa/epoksi.

Dari pengujian tarik dengan laju pembebanan 10 mm/menit yang telah dilakukan didapat harga beban maksimum,  $P_{max}$  (N), saat serat tercabut atau putus dan harga perpindahan kepala silang (*displacement*),  $\Delta L$  (mm), saat  $P_{max}$ . Harga kekuatan tarik didapat dari besarnya gaya atau beban maksimum pada waktu serat tercabut atau putus.

### 4.1 Kuat Geser Rekatan *interface*

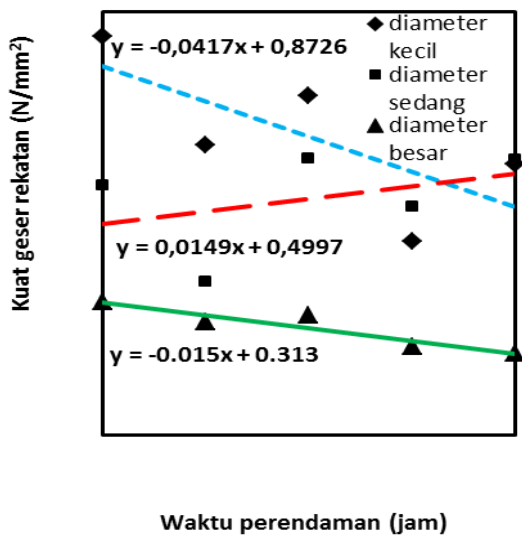
#### 4.1.1. Pengaruh konsentrasi alkalidan pengaruh diameter serat

Pada daerah permukaan kontak antara serat dengan matrik akan terjadi kuat geser lokal yang tinggi akibat adanya diskontinuitas modulus elastisitas, dari matrik ke fiber, sehingga akan mengalami *debonding* yang ditunjukkan oleh grafik yang relatif

mendatar yang menunjukkan beban yang relatif konstan dan kemudian serat tersebut akan tercabut dari matrik (*fiber pull out*).

**Tabel 4.1.** Kekuatan geser rata-rata antar muka,  $\tau_f$  (MPa)

Waktu perendaman (Jam)	Kekuatan geser		
	Serat kecil	Serat sedang	Serat besar
0	0.9433	0.5906	0.3145
2	0.6855	0.3618	0.2682
4	0.8028	0.6537	0.2830
6	0.4582	0.5390	0.2082
8	0.6404	0.6508	0.1938



**Gambar 4.9.** Hubungan waktu perendaman dengan kuat geser rekatan

Dari Gambar 4.9. menunjukkan hubungan antara waktu perendaman dengan kekuatan geser *interface* serat sabut kelapa/epoksi dengan waktu perendaman 0 jam, 2 jam, 4 jam dan 8 jam. Terlihat pada

serat berdiameter kecil dan besar menunjukkan bahwa semakin lama waktu perendaman maka kuat geser rekatan yang dihasilkan akan menjadi semakin rendah. Untuk serat yang berdiameter sedang menunjukkan bahwa semakin lama perendaman maka akan semakin tinggi kuat geser yang dihasilkan. Hal itu terjadi karena pada serat berdiameter sedang masih terdapat lebih banyak kotoran yang masih menempel pada seratnya (Gambar 4.5.b, 4.6.a dan 4.7.b) dari pada serat yang berdiameter kecil (Gambar 4.4.a, 4.5.a dan 4.8.a) dan besar (Gambar 4.5.c, 4.6.b dan 4.8.c). Kekuatan geser rata-rata pada serat kecil variasi waktu perendaman 0 jam sebesar 0.9433 MPa; 2 jam terjadi kuat geser sebesar 0.6855 MPa; 4 jam sebesar 0.8028 MPa; 6 jam diperoleh kuat geser 0.4582 MPa dan pada 8 jam diperoleh kekuatan geser sebesar 0.6404 MPa. Pada serat sedang nilai kekuatan geser pada variasi waktu perendaman 0 jam sebesar 0.5906 MPa; 2 jam sebesar 0.3618 MPa; 4 jam sebesar 0.6537 MPa; 6 jam sebesar 0.5390 MPa dan pada waktu perendaman 8 jam terjadi kuat geser sebesar 0.6508 MPa. Pada serat besar pada waktu perendaman 0 jam sebesar 0.3145 MPa; 2 jam sebesar 0.2682 MPa; 4 jam sebesar 0.2830 Mpa; 6 jam sebesar 0.2082 MPa; dan 8 jam waktu



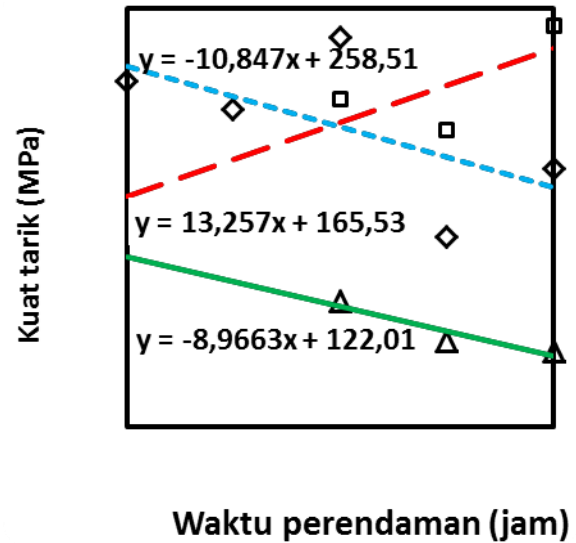
perendaman diperoleh kuat geser sebesar 0.1938 MPa. Kekuatan geser maksimal terjadi pada waktu perendaman 0 jam pada serat kecil sebesar 0.9433 Mpa dan kekuatan geser terendah terjadi pada waktu perendaman 8 jam pada serat besar sebesar 0.1938 Mpa.

#### 4.2. Kekuatan Tarik Serat

Dari hasil pengujian serat tunggal sabut kelapa diperoleh nilai kuat tarik rata-rata yang ditunjukkan pada Tabel 4.2. Kuat tarik serat sabut kelapa dengan variasi perlakuan alkali dan diameter serat dengan kadar NaOH 5% berat ditunjukkan pada Gambar 4.10.

**Tabel 4.2.** Kekuatan tarik rata-rata serat,  $\sigma_f$  (MPa)

Waktu Perendaman (Jam)	Kekuatan tarik		
	Serat kecil	Serat sedang	Serat besar
0	247.78	-	-
2	227.76	-	-
4	278.99	234.75	89.931
6	135.75	212.68	60.635
8	185.32	287.78	54.066



**Gambar 4.10.** Hubungan waktu perendaman dengan kuat tarik rekatan

Gambar 4.10. menunjukkan hubungan waktu perendaman dengan kuat tarik serat sabut kelapa dengan waktu perendaman 0 jam, 2 jam, 4 jam, 6 jam dan 8 jam. Terlihat pada serat berdiameter kecil dan besar menunjukkan bahwa semakin lama waktu perendaman maka kuat tarik yang dihasilkan akan menjadi semakin rendah. Untuk serat yang berdiameter sedang menunjukkan bahwa semakin lama waktu perendaman maka akan semakin tinggi kuat tarik yang dihasilkan. Pada serat berdiameter kecil yang tidak diberikan perlakuan alkali perendaman 0 jam menunjukkan kuat tarik sebesar 247.78 MPa, 2 jam sebesar 227.76 MPa, 4 jam sebesar 278.99 MPa, 6 jam sebesar 135.75 MPa dan 8 jam sebesar 185.32 MPa. Pada serat

sedang dengan waktu perendaman 4 jam menunjukkan kuat tarik sebesar 234.75 MPa, 6 jam sebesar 212.68 MPa dan 8 jam sebesar 287.78 MPa. Pada serat berdiameter besar dengan waktu perendaman 4 jam menunjukkan kuat tarik sebesar 89.931 MPa, 6 jam sebesar 60.635 MPa dan 8 jam sebesar 54.066 MPa. Untuk serat berdiameter sedang dan besar dengan waktu perendaman 0 jam dan 2 jam tidak diperoleh kekuatan tarik karena dalam proses uji tarik serat yang tertanam sudah tercabut dari matriknya. Kekuatan tarik maksimal terjadi pada waktu perendaman 0 jam pada serat kecil sebesar 247.78 Mpa dan kekuatan geser terendah terjadi pada waktu perendaman 8 jam pada serat besar sebesar 54.066 Mpa.

Hasil pengujian komposit tentang pengaruh waktu perendaman alkali dan diameter serat terhadap kekuatan tarik serat sabut kelapa/epoksi menunjukkan hasil yang berbeda-beda. Hal ini dikarenakan perlakuan waktu perendaman serat pada larutan alkali yang tidak sama, serta variasi diameter serat yang berbeda. Dengan penambahan waktu perendaman alkali untuk serat kecil dan besar justru akan menurunkan kuat tariknya. Untuk serat sedang mengalami kenaikan kuat tarik seiring bertambahnya waktu perendaman serat pada larutan alkali.

## PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pada analisis dan perhitungan dari pengujian tentang pengaruh waktu perendaman serat dalam larutan 5 wt% alkali dan diameter serat sabut kelapa/epoksi, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Untuk serat berdiameter kecil dan besar semakin lama waktu perendaman maka kekuatan geser yang dihasilkan menjadi semakin rendah. Untuk serat berdiameter sedang semakin lama waktu perendaman maka semakin tinggi kekuatan geser yang dihasilkan. Kuat geser rekatan *interface* tertinggi diperoleh pada waktu perendaman 0 jam untuk serat kecil yaitu sebesar 0.9433 MPa dan terendah pada waktu perendaman 8 jam untuk serat besar yaitu sebesar 0.1938 MPa.
2. Semakin besar diameter serat maka kuat geser rekatan pada *interface* semakin rendah, hal ini karena semakin besar diameter serat maka lapisan lignin pada serat lebih tebal sehingga konsentrasi alkali yang diberikan belum cukup untuk membersihkan serat dari kotoran. Telihat pada serat kecil mempunyai

nilai kuat geser tertinggi yaitu sebesar 0.9433 MPa pada waktu perendaman 0 jam, untuk serat sedang mempunyai nilai kuat geser tertinggi sebesar 0.6537 MPa pada waktu perendaman 4 jam, kemudian untuk serat besar nilai tertinggi kuat gesernya sebesar 0.3145 MPa pada waktu perendaman 0 jam.

3. Kuat tarik tertinggi serat berdiameter kecil diperoleh 278,99 MPa pada waktu perendaman 6 jam dan terendah 185.32 MPa pada waktu perendaman 8 jam. Untuk serat sedang, kuat tarik tertinggi diperoleh 287,78 MPa pada waktu perendaman 8 jam dan terendah 212.68 MPa pada waktu perendaman 6 jam. Sedangkan untuk serat berdiameter besar pada waktu perendaman 0 dan 2 jam tidak diperoleh kekuatan tarik karena dalam proses pengujiannya semua sampel mengalami *fiber pull-out*. Sementara itu untuk waktu perendaman 4, 6 dan 8 jam diperoleh berturut-turut kekuatan tarik adalah 89,93, 60,63 dan 54,07 MPa.

## 5.2. Saran

1. Pemakaian serat kecil akan lebih menguntungkan karena akan

didapatkan kekuatan rekatan pada *interface* dan kekuatan tarik yang lebih baik.

2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan sampel yang lebih banyak lagi.
3. Proses perlakuan serat agar lebih diperhatikan, terutama pada saat pencucian serat dari NaOH yang kurang bersih karena berpengaruh pada naik atau turunnya kuat geser rekatan pada antarmuka serat-matrik tergantung pada perlakuan serat.
4. Jarak waktu antara pembelian epoksi dengan penggunaan jangan terlalu lama untuk menghindari mengentalnya epoksi

## DAFTAR PUSTAKA

Agawal, B., 1990, "*Analysis and Performance of Fiber Composite*", *Second edition*. Wiley Interscience. USA.

Bismarck, A., Askargorta, I.A., Lamphe, T., Wielaye, B., Stamboulis, A., Skenderovich, I., Limbach, H.H., 2002, "*Surface Characterization of Flax, Hemp and Cellulose Fibres: Surface Properties and the Water Uptake Behavior, Polymer Composite Vol 23, no. 5*", Technical University of Berlin, Institute of Chemical Technology Department of Macromolecular Chemistry, TC06 D-10623 Berlin, Germany.

Brian, G., 2004, "*Design and Application of a Fiber Pullout Test for Examining Controlled Interfaces in Fiber Reinforced*

*Polymers*”, NNIN REU Research Accomplishments 62-63, Material Science and Engineering, Cornell University.

Chawla, K., 1987, “ *Composite Material: Sciene and Engineering-Springer Verlag*”, CRC Press, New York.

Gay, D., Hoa, S.V., dan Tsai, S.W., 2003, “*Composite Material Design and Applications*”, CRC Press, New York.

Gibson, F.R., 1994, “*Principles of Composite Material Handbook*”, Mc Graw-Hill, Singapura.

Hartomo, A.J, 1992, “*Memahami Polimer dan Perekat*”. Andi Offset, Yogyakarta.

Jafar, S., 2010, “*Pengaruh Fraksi Volume Serat Terhadap Kekuatan Tarik dan Bending Pada Material Komposit Serat Serabut Kelapa Unidireksional/Epoksi*”, Tugas Akhir S1Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Jones, R.M., 1975, “*Mechanics of Composite Materials, Institute of Technology*”, Mc Graw-Hill, Washington D.C.

Nairn, J., Liu, C.H., Mendels, A., Zhandarov, S., 2001,” *Fracture Mechanics Analysis of the Single-Fiber Pull-Out Test and the Microbond Test Including The Effects of Friction and Thermal Stresses*”, Proceeding 16<sup>th</sup> Annual Technical Conference of the American Society for Composites, University of Utah Salt Lake City USA.

Qing, S., Hua, Q., Xi, R.P., 2003. “Size effects in the fiber pullout test”, *Composite Structures* Vol 61 No 3, Department of Engineering Mechanics Beijing University of Technology.

Rao, K.M.M., dan Rao, K.M., 2007, “*Extraction And Tensile Properties Of Natural Fibers: Vakka, Date And Bamboo*”, *Composite Structures* Vol 77 No 3, Siddharta Engineering College Vijayawanda, India.

Schwartz, M.M., 1984, “*Composite Material Handbook*”, Mc Graw-Hill, Singapura.

Singapore High Polymer Chemical Products., 2001, “*Technical Data Sheet*”, Justus Kimia Raya, Jakarta.

Sterling, 1980, “*The Encyclopedia Of Wood : Wood As An Engineering Material*”, Agriculture Handbook No. 72, New York.

Sudarsono, 2010, “*Pembuatan Papan Partikel Berbahan Baku Sabut Kelapa Dengan Bahan Pengikat Alami (Lem Kopal)*” *Jurnal Teknologi* volume 3 Nomor 1, Yogyakarta.

Surdia, T., dan Saito S., 1990, “*Pengetahuan Bahan Teknik*”, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.

Yang, L., Thomason, J., 2009, “*Interface Strength in Glass Fibre Polypropylene Measured using the Fibre Pull Out and Microdebond Methods*” 17<sup>th</sup> International Conference on Composite Material, ICCMI, Edinburgh

<http://www.bi.go.id/sipuk/id/?id=4&no=51801&idrb=46001> (19/11/2011)

<http://www.mygreenaustralia.com> (25/10/2011)

<http://www.sinartani.com/penyuluhan/mimb ar-penyuluhan/1462.html> (19/11/2011)