



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - TM 141585

**PENGARUH PERLAKUAN ALKALI (NaOH) PADA  
PERMUKAAN SERAT SISAL TERHADAP  
PENINGKATAN KEKUATAN IKATAN *INTERFACE*  
KOMPOSIT SERAT SISAL-EPOXY**

**MEIDINA FITRIANI TAURES  
NRP 2113 100 035**

**Dosen Pembimbing  
Dr. Eng. Sutikno, ST., MT.**

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**



TUGAS AKHIR - TM 141585

**PENGARUH PERLAKUAN ALKALI (NaOH) PADA  
PERMUKAAN SERAT SISAL TERHADAP  
PENINGKATAN KEKUATAN IKATAN *INTERFACE*  
KOMPOSIT SERAT SISAL-EPOXY**

**MEIDINA FITRIANI TAURES  
NRP 2113 100 035**

**Dosen Pembimbing  
Dr. Eng. Sutikno, ST., MT.**

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018**



**FINAL PROJECT - TM 141585**

**THE EFFECT OF ALKALI TREATMENT (NaOH) FOR  
SISAL FIBER SURFACE ON INCREASED OF  
INTERFACE BONDING STRENGTH SISAL FIBER-  
EPOXY COMPOSITE**

**MEIDINA FITRIANI TAURES  
NRP 2113 100 035**

**Advisor  
Dr. Eng. Sutikno, ST., MT.**

**MECHANICAL ENGINEERING DEPARTMENT  
Faculty of Industrial Technology  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2018**

**PENGARUH PERLAKUAN ALKALI (NaOH) PADA  
PERMUKAAN SERAT SISAL TERHADAP  
PENINGKATAN KEKUATAN IKATAN *INTERFACE*  
KOMPOSIT SERAT SISAL-EPOXY**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Mesin  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**MEIDINA FITRIANI TAURES**

NRP. 2113 100 035

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Dr. Eng. Sutikno, ST., MT.  
NIP. 197407032000031001 (Pembimbing)
2. Suwarno, ST., MSc., PhD.  
NIP. 198005202005011003 (Penguji I)
3. Indra Sidharta, ST., MSc.  
NIP. 198006192006041004 (Penguji II)
4. Prof. Dr. Ir. Wajan Berata, DEA  
NIP. 195012111985021001 (Penguji III)



**SURABAYA  
JANUARI, 2018**

**PENGARUH PERLAKUAN ALKALI (NaOH) PADA  
PERMUKAAN SERAT SISAL TERHADAP  
PENINGKATAN KEKUATAN IKATAN *INTERFACE*  
KOMPOSIT SERAT SISAL-EPOXY**

**Nama Mahasiswa** : Meidina Fitriani Taures  
**NRP** : 2113100035  
**Jurusan** : Teknik Mesin  
**Dosen Pembimbing** : Dr. Eng. Sutikno, ST., MT.

**Abstrak**

*Teknologi industri di bidang otomotif sedang berkembang pesat. Komposit sebagai salah satu material penyusun otomotif juga berkembang sesuai kebutuhan. Teknologi komposit yang sedang berkembang saat ini adalah komposit berpenguat serat alam. Di Indonesia perkembangan tersebut didukung dengan tingginya potensi negara ini dalam bidang pertanian dan perkebunan sehingga mudah untuk membudidaya tanaman yang dapat menghasilkan serat alam berkualitas. Salah satu serat alam yang telah dieksplorasi dan bernilai jual adalah serat sisal. Namun selayaknya serat alam, serat sisal mengandung zat ekstraktif seperti lilin berupa hemiselulosa, lignin, dan kotoran. Zat ekstraktif tersebut dapat mempengaruhi ikatan interface antara serat penguat dengan matrik. Sedangkan ikatan interface berpengaruh terhadap kekuatan tarik dan bending komposit. Semakin tinggi kekuatan ikatan interface, maka semakin tinggi pula kekuatan tarik dan bending komposit tersebut. Terdapat cara untuk menanggulangnya, salah satunya adalah dengan memberikan perlakuan permukaan pada serat sisal menggunakan larutan alkali (NaOH). Larutan alkali (NaOH) dapat mengikis zat ekstraktif sehingga kekuatan ikatan interface bertambah.*

*Penelitian ini terdiri dari beberapa tahap, mulai dari studi literatur, perlakuan permukaan serat, pengujian tarik serat tunggal, pengujian morfologi serat, pengujian komposisi kimia*

*serat, dan pengujian pull out. Proses perlakuan permukaan serat yang dilakukan dengan merendam serat pada larutan NaOH 5% dengan variasi temperatur larutan sebesar 50°C, 60°C, dan 70°C serta variasi durasi perendaman selama 3 jam, 4 jam, dan 5 jam. Serat tersebut kemudian dicuci dengan air bersih dan dikeringkan. Pengujian tarik serat tunggal menggunakan serat dengan panjang 15 cm. Pengujian Komposisi kimia serat menggunakan metode Chesson. Pengujian morfologi serat menggunakan mikroskop optis. Untuk pengujian pull out menggunakan mesin uji tarik.*

*Pada penelitian ini didapatkan bahwa perlakuan dengan NaOH 5% dapat mengurangi kandungan zat ekstraktif. Jumlah pengotor dan lignin paling sedikit terdapat pada perlakuan 5 jam, temperatur 70°C, sebesar 1% dan 4%. Kandungan selulosa terbanyak dan hemiselulosa paling sedikit terdapat pada serat dengan perlakuan 4 jam, temperatur 70°C yaitu 89% dan 5%. Kekuatan tarik serat tunggal maksimal didapatkan dengan perlakuan selama 4 jam, temperatur 70°C yaitu sebesar 1.7442 MPa. Selain itu perlakuan permukaan dengan NaOH 5% juga mengakibatkan pengecilan diameter. Diameter paling kecil didapatkan dengan perlakuan selama 4 jam, temperatur 70°C sebesar 0,055 mm. berdasarkan pengujian pull out, perlakuan selama 4 jam, temperatur 70°C menghasilkan kuat geser rekatan terbesar yaitu 35,5 MPa.*

***Kata kunci: kekuatan ikatan interface, NaOH 5%, serat sisal-epoxy***

# THE EFFECT OF ALKALI TREATMENT (NaOH) FOR SISAL FIBER SURFACE ON INCREASED OF INTERFACE BONDING STRENGTH SISAL FIBER- EPOXY COMPOSITE

**Student Name** : Meidina Fitriani Taures  
**NRP** : 2113100035  
**Department** : Teknik Mesin  
**Advisor** : Dr. Eng. Sutikno, ST., MT.

## **Abstract**

*Automotive industry technology is currently developing rapidly, as well as composite as one of automotive's materials. One of which, is the reinforced composite using natural fiber. The development of this type of composite is highly encouraged and supported in Indonesia with its high potency in agriculture, so it is easy to get the resources of high quality natural fiber. One of natural fiber that has been explored and has good market value is sisal fiber. However, just like any other natural fiber, sisal fiber also consists of extractive element which has wax-like characteristic, such as hemicellulose, lignin, and impurities. This extractive element may affect interface bonding strength between the reinforcing fibers and the matrix. On the other hand, interface bonding strength will affect the tensile and bending strength of the overall composite. The stronger interface bonding strength, the higher the tensile and bending strength will be. Treating the fiber surface using alkaline solution (NaOH) can be done as a way to counter the effect of extractive element. Alkaline solution can erode the extractive element which then will increase the interface bonding strength.*

*This research consists of several steps, including literature study, fiber surface treatment processes, tensile test of each fiber strand, fiber morfological and composition test and lastly is the fibers pull out test. The surface treatment processes was done by soaking the fiber in NaOH 5% solution at solution*

*temperature of 50°C, 60°C, and 70°C with time variable of 3, 4, and 5 hours. The fibers was then washed with clean water and dried. For the tensile test, each fiber strands was cut to 15 cm long, and then tested individually. Composition test was done by the Chesson method. Morfological test was done using the optical microscope. The pull out test was done by tensile test machine.*

*This research found that the amount of extractive element can be reduced by using NaOH 5% for fiber surface treatment. The least amount of impurities and lignin, which each consist of only 1% and 4%, is achieved by treatment for 5 hours at 70°C. The most amount of cellulose and the least amount of hemicellulose is achieved by treatment for 4 hours at 70°C, each of them consist of 89% and 5%. The maximum tensile strength, which is 1.744,2 MPa, is achieved by treatment for 4 hours at 70°C. It is also found that surface treatment using NaOH 5% reduced the diameter of fiber strands. The smallest diameter, which is 0,055 mm, is achieved by treatment for 5 hours at 70°C. From the pull out test, treatment for 4 hours at 70°C produced the highest shear strength of 35,5 Mpa.*

**Keyword: interface bonding strength, NaOH 5%, sisal fiber-epoxy**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “**PENGARUH PERLAKUAN ALKALI (NaOH) PADA PERMUKAAN SERAT SISAL TERHADAP PENINGKATAN KEKUATAN IKATAN INTERFACE KOMPOSIT SERAT SISAL-EPOXY**”. Banyak pihak yang telah membantu sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan. Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada :

1. Papa **Moch. Farchan**, Mama **Taurina Indrawati**, dan Mas **M. Hendra Bachtiar** selaku keluarga serta seluruh keluarga besar atas dukungan, do'a dan bantuan dalam segala bidang sebelum, saat dan setelah penulis menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. **Dr. Eng. Sutikno, S.T., M.T.** selaku dosen pembimbing yang selalu bersedia memberikan masukan, kritik, motivasi, dan bimbingan selama dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
3. **Indra Sidharta, S.T., M.Sc., Fahmi Mubarak, M.Sc., Ph.D., Suwarno, S.T., M.Sc., Ph.D**, dan **Prof. Dr. Ir. Wajan Berata, DEA.** selaku dosen penguji Seminar Proposal dan Sidang Tugas Akhir yang telah mmemberikan banyak masukan dan koreksi sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan lebih baik.
4. **Isfan Madani** yang selalu memberikan dukungan, do'a, dan waktu kepada penulis sebelum, saat dan setelah menyelesaikan Tugas akhir ini.
5. **Ajo, Mbak Ita, Nyai Anggita** yang menjadi partner berpelukan dan selalu memberikan dukungan selama penulis menyelesaikan Tugas Akhir.
6. Tim **OC Acara POROS 2014**, Ajo, Welly, Firman, Afif dan Ubed yang selalu menyemangti, mengajarkan pengorbanan, dan memberikan pengalaman berharga.

7. Keluarga **MMC 2014** dan **The Binals** yang selalu menjadi FRR Squad, menyemangati dan mewarnai hari hari penulis.
8. **Karintul, Cia, LIVO, IL-LIVO, dan Para PHP Tobat Dulu**, (Asa, Itin, Idung, Adul, Afif, Alham) yang selalu menemani dan menjadi sahabat kental serta keluarga penulis sedari dulu dan saat menyelesaikan Tugas Akhir.
9. **Rakyat Republik Metalurgi Raya Teknik Mesin ITS**, Ajo, Fitri, Galih, Welly, Firman, Afif, Sutris, Ananta, Pencot, Joko, Jokul, Mas Hilmi dan semuanya yang selalu mendukung menemani, dan menjadi teman diskusi penulis.
10. Seluruh Karyawan Laboratorium Metalurgi dan Teknik Cor **Pak Mantri, Pak Gatot, Mas Agus dan Pak budi** yang telah banyak membantu pengerjaan Tugas Akhir ini.
11. Tim **SC POROS 2014** dan **SC POROS 2015** atas seluruh pelajaran dan pengalaman yang diberikan
12. **Keluarga besar M56**, Mas/Mbak **M51, M52, M53, M54, M55** dan adik adik **M57, M58, M59** yang telah membantu dan menemani penulis selama berkuliah dan menyelesaikan Tugas Akhir ini.
13. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu yang telah membantu penulis menyelesaikan Tugas Akhir

Semoga segala kebaikan yang diberikan mendapat balasan dari Allah SWT. Penulis menyadari bahwa laporan ini jauh dari sempurna sehingga penulis terbuka terhadap saran dan kritik membangun. Semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi pembaca.

Surabaya, Januari 2018

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK .....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan .....	4
1.4 Manfaat .....	4
1.5 Batasan Masalah .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Tinjauan Pustaka .....	5
2.2 Dasar Teori .....	7
2.2.1 Komposit .....	7
2.2.2 Struktur Serat Alam .....	12
2.2.3 Serat Sisal .....	13
2.2.4 <i>Epoxy</i> .....	15
2.2.5 <i>Interface</i> Matrik dan Penguat .....	16
2.2.6 Karakteristik Patahan pada Material Komposit .....	17
<b>BAB III METODOLOGI</b>	
3.1 Diagram Alir Percobaan .....	19
3.2 Bahan yang Digunakan .....	20
3.3 Peralatan yang Digunakan .....	20
3.4 Pengukuran Diameter Serat .....	20
3.5 Perlakuan Alkali Serat Sisal .....	21
3.6 Pengujian Kandungan Serat Sisal .....	21
3.6.1 Uji Kandungan Pengotor .....	22
3.6.2 Uji Kandungan Hemiselulosa .....	22
3.6.3 Uji Kandungan Selulosa .....	22
3.6.4 Uji Kandungan Lignin .....	23
3.7 Pengamatan Morfologi Permukaan Serat Sisal .....	23

3.8 Pengujian Kekuatan Tarik Serat Tunggal .....	24
3.9 Pengujian Pull Out.....	25
<b>BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Komposisi Kandungan Serat Sisal .....	29
4.1.1 Kandungan Pengotor pada Serat Sisal .....	29
4.1.2 Kandungan Hemiselulosa pada Serat Sisal.....	31
4.1.3 Kandungan Selulosa pada Serat Sisal .....	33
4.1.4 Kandungan Lignin pada Serat Sisal.....	34
4.2 Morfologi Permukaan Serat Sisal.....	36
4.2.1 Morfologi Permukaan Horizontal Serat Sisal .....	36
4.2.2 Morfologi Permukaan Vertikal Serat Sisal .....	39
4.3 Kekuatan Tarik Serat Sisal Tunggal.....	41
4.4 Kekuatan Geser pada <i>Interface</i> .....	45
<b>BAB V PENUTUP</b>	
5.1 Kesimpulan.....	51
5.2 Saran .....	51
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>53</b>
<b>BIOGRAFI PENULIS.....</b>	<b>57</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Klasifikasi Komposit .....	8
Gambar 2.2 Komposit Berpenguat Partikel .....	9
Gambar 2.3 Komposit Berpenguat Serat .....	10
Gambar 2.4 Komposit berpenguat Struktur .....	10
Gambar 2.5 <i>Hybrid Composite</i> .....	11
Gambar 2.6 Struktur Serat alam .....	12
Gambar 2.7 Skema Hidrolisis Selulosa .....	12
Gambar 2.8 <i>Fiber Pull Out</i> .....	18
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian .....	19
Gambar 3.2 Mikroskop Optis .....	24
Gambar 3.3 Spesimen Pengamatan Morfologi Secara Horizontal 24	
Gambar 3.4 Spesimen Pengamatan Morfologi Secara Vertikal	24
Gambar 3.5 Spesimen Uji Tarik Serat Tunggal .....	25
Gambar 3.6 Dimensi Spesimen Uji <i>Pull Out</i> .....	27
Gambar 4.1 Serat Sisal Setelah Diuji Kandungan Pengotor ...	29
Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Kandungan Pengotor .....	30
Gambar 4.3 Serat Sisal Setelah Uji Kandungan Hemiselulosa	31
Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Kandungan Hemiselulosa..	32
Gambar 4.5 Pulp Serat Sisal yang Telah Dikeringkan .....	33
Gambar 4.6 Grafik Perbandingan Kandungan Selulosa.....	33
Gambar 4.7 Abu Serat Sisal .....	35
Gambar 4.8 Grafik Perbandingan Kandungan Lignin.....	35
Gambar 4.9 Morfologi Permukaan Horizontal Serat Sisal Tanpa Perlakuan .....	36
Gambar 4.10 Morfologi Permukaan Horizontal Serat Sisal dengan Perlakuan Selama 3 jam dan (a) temperatur 50°C, (b) temperatur 60°C, dan (c) temperatur 70°C .....	37
Gambar 4.11 Morfologi Permukaan Horizontal Serat Sisal dengan Perlakuan Selama 4 jam dan (a) temperatur 50°C, (b) temperatur 60°C, dan (c) temperatur 70°C .....	37

Gambar 4.12 Morfologi Permukaan Horizontal Serat Sisal dengan Perlakuan Selama 5 jam dan (a) temperatur 50°C, (b) temperatur 60°C, dan (c) temperatur 70°C .....	38
Gambar 4.13 Morfologi Permukaan Vertikal Serat Sisal Tanpa Perlakuan .....	39
Gambar 4.14 Morfologi Permukaan Vertikal Serat Sisal dengan Perlakuan Selama 3 jam dan (a) temperatur 50°C, (b) temperatur 60°C, dan (c) temperatur 70°C .....	39
Gambar 4.15 Morfologi Permukaan Vertikal Serat Sisal dengan Perlakuan Selama 4 jam dan (a) temperatur 50°C, (b) temperatur 60°C, dan (c) temperatur 70°C .....	40
Gambar 4.16 Morfologi Permukaan Vertikal Serat Sisal dengan Perlakuan Selama 5 jam dan (a) temperatur 50°C, (b) temperatur 60°C, dan (c) temperatur 70°C .....	41
Gambar 4.17 Pengujian Tarik Serat Sisal Tunggal; .....	42
Gambar 4.18 Grafik Perbandingan Diameter Serat Sisal .....	43
Gambar 4.19 Perbandingan Kekuatan Tarik Serat Sisal Tunggal.....	43
Gambar 4.20 Spesimen Uji Pull Out .....	45
Gambar 4.21 Pengujian Pull Out.....	46
Gambar 4.22 Perbandingan Kekuatan Geser pada Interface.....	46
Gambar 4.23 Perbandingan Kuat Geser Eksperimen dan Maksimal.....	47
Gambar 4.24 Patahan Pull Out Spesimen Serat Tanpa Perlakuan (perbesaran 50x) .....	48
Gambar 4.25 Patahan Pull Out Sebagian pada Perlakuan 5 jam-50°C.....	49

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat Serat Sisal .....	15
Tabel 2.2 <i>Properties of Epoxy</i> .....	16
Tabel 4.1 Kekuatan Tarik Serat Sisal Tunggal.....	42

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dewasa ini perkembangan teknologi industri di bidang otomotif sedang berkembang pesat. Di Indonesia, pertumbuhan kendaraan bermotor mengalami pertumbuhan rata-rata sebesar 12,2% per tahun [Hubdat, 2013]. Seiring dengan perkembangannya, material yang digunakan sebagai penyusun otomotif juga turut berkembang agar dapat terus memenuhi kebutuhan. Begitu pula dengan material komposit dimana beberapa bagian otomotif merupakan material yang terbuat dari komposit. Perkembangan teknologi komposit saat ini sudah mulai mengalami pergeseran dari bahan komposit berpenguat serat sintetis menjadi bahan komposit berpenguat serat alam [Diharjo, 2006]. Teknologi komposit pun sebenarnya mencontoh komposit alam yang sudah ada sebelumnya [Sumardi, 2003]. Sebagai sumber utama yang dapat diperbarui, serat-serat *lignocellulosic* yang berasal dari struktur jaringan tumbuhan akan memainkan peranan utama dalam pengembangan bahan alam yang berbasis ekonomi sebagai konsekuensi dari *Kyoto Protocol* teradap perubahan iklim global [IYNF 2009]. PT. Toyota di Jepang telah memanfaatkan bahan komposit berpenguat serat kenaf sebagai komponen panel interior mobil jenis sedan. [Diharjo,2006]. Di India, industri kendaraan telah menggunakan komposit serat sisal sehingga dapat menghemat energi produksi hingga 80% dan hemat biaya hingga 5%. Di Eropa, Daimler-Benz memproduksi komposit serat alam untuk panel pintu Mercedes-Benz *E class* dan *S class* [Holbery, Houston, 2006].

Indonesia merupakan negara agraris yang berpotensi dalam sektor pertanian dan perkebunan. Indonesia memiliki daratan yang sesuai untuk pertanian dan perkebunan sekitar 94,07 juta ha dari total luas daratan 188,20 juta ha [BBSDLP, 2008]. Hal tersebut mendukung Indonesia untuk terus mengembangkan penelitian yang menggunakan serat alam. Berbagai serat alam

Indonesia yang telah dieksplorasi untuk menghasilkan material komposit yang bernilai jual dan telah diproduksi seperti hemp, kenaf, sisal, abaca, rami, bambu, kelapa, dan lain-lain [Wijoyo,2011]. Serat sisal merupakan salah satu serat alam Indonesia yang memiliki peluang untuk dikembangkan sebagai media penguat pada matrik polimer. Sisal adalah satu tanaman tropis dan secara periodik diambil seratnya yang berasal dari daun. Tanaman ini tumbuh subur pada kondisi tanah yang kering dan berbatu seperti di Sumenep, Madura. Serat sisal banyak digunakan untuk tali temali, membuat jaring jala, sapu, keset serta produk kerajinan komersial yang lain karena sifatnya yang kuat, tidak mulur, dan tahan terhadap air laut. [Supriyadi dkk, 1996].

Permasalahan yang muncul adalah serat alam memiliki media ekstraktif seperti lapisan lilin berupa hemiselulosa, lignin, dan kotoran. Hal di atas dapat mempengaruhi kekuatan tarik dan bending ketika serat difungsikan menjadi penguat. Selain itu juga mempengaruhi ikatan interface yang terjadi antara serat dengan matrik polimer [Lokantara, 2007]. Untuk menanggulangi kelemahan komposit serat alam seperti di atas, terdapat dua cara yaitu dengan memberikan perlakuan kimia pada serat atau dengan penambahan *coupling agent*. Perlakuan kimia yang diterapkan bertujuan untuk mengikis zat ekstraktif dari susunan serat alam sehingga kekasaran permukaan serat bertambah [Diharjo, 2006]. Pada penelitian sebelumnya mengenai perlakuan kimia pada serat sisal yang dilakukan oleh Min Zhi Rong, didapatkan bahwa perlakuan kimia menggunakan larutan alkali seperti NaOH 20% selama empat jam menghasilkan kekuatan tarik tertinggi dibandingkan larutan kimia yang lain dengan hasil  $391,1 \pm 45,2$  MPa pada komposit serat sisal – epoxy [Min Zhi Rong, 2011]. Menurut Maryanti yang melakukan penelitian dengan memvariasikan konsentrasi larutan NaOH pada serat kelapa, nilai kekuatan tarik komposit serat kelapa-poliester tertinggi terleletak pada komposit dengan serat yang diberi perlakuan alkali NaOH 5% yaitu bernilai 97,356 Mpa [Maryanti, dkk, 2011].

Penelitian yang dilakukan oleh Yudhanto adalah penelitian mengenai pengaruh perlakuan permukaan serat sisal dengan larutan NaOH sebesar 5%. Penelitian tersebut menggunakan durasi perendaman serat dengan larutan NaOH sebagai variasi yaitu selama 0 jam, 2 jam, 4 jam, 6 jam, dan 8 jam. Dari penelitian tersebut, didapatkan bahwa lama perendaman berpengaruh terhadap kekuatan tarik serat sisal. Apabila serat direndam terlalu lama, akan mengakibatkan penurunan kekuatan tarik serat sisal [Yudhanto, dkk, 2016]. Menurut Noris, temperatur larutan pada saat pemasakan atau perendaman serat sisal berhubungan dengan laju reaksi. Temperatur yang terlalu tinggi dapat menyebabkan zat penting seperti selulosa pada serat ikut terlarut bersama dengan NaOH [Noris, 1959].

Pada penelitian ini akan dibahas tentang pengaruh perlakuan alkali pada permukaan serat sisal dengan NaOH 5% dimana akan digunakan variasi pada durasi perendaman dan temperatur larutan terhadap kekuatan tarik komposit serat sisal – epoxy. Variasi durasi perendaman yang digunakan adalah selama 3 jam, 4 jam, dan 5 jam. Dan temperatur serat yang digunakan sebagai variasi adalah 50°C, 60°C, dan 70°C.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Salah satu faktor yang mempengaruhi kekuatan tarik komposit adalah ikatan *interface* yang terjadi antara matrik dengan penguatnya. Semakin baik ikatan *interface* antara keduanya, semakin tinggi pula kekuatan tarik komposit tersebut. Serat alam tak terkecuali serat sisal, memiliki media ekstratif seperti lapisan lilin berupa hemiselulosa, lignin, dan kotoran. Hal tersebut menjadi faktor penghalang ikatan interface antara serat sisal dengan matrik polimernya. Dalam perkembangan penelitian, ditemukan cara untuk menanggulangi kelemahan tersebut yaitu dengan memberikan perlakuan permukaan pada serat sisal menggunakan larutan alkali (NaOH). Namun kekuatan tarik dari komposit yang berpenguat serat sisal hanya dapat dioptimalkan apabila serat tersebut mendapatkan perlakuan yang tepat.

Pada penelitian sebelumnya, telah dilakukan uji tarik pada komposit menggunakan matrik termoset maupun pada serat tunggal dengan memvariasikan konsentrasi larutan ataupun lama perendaman. Di sisi lain, temperatur larutan telah teruji akan mempengaruhi kecepatan reaksi kimia saat perendaman serat berlangsung.

Dalam penelitian ini, akan dilakukan perlakuan alkalisasi larutan NaOH 5% pada serat sisal bervariasi durasi perendaman dan temperatur larutan. Kemudian akan dilakukan uji komposisi serat dan uji tarik serat tunggal. Pada komposit serat sisal-*epoxy*, akan dilakukan uji pull out.

### **1.3 Tujuan**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perlakuan alkali NaOH 5% pada kekuatan ikatan interface komposit serat sisal-*epoxy* dengan variasi durasi perendaman selama 3 jam, 4 jam, dan 5 jam serta temperatur larutan sebesar 50°C, 60°C, dan 70°C.

### **1.4 Manfaat**

Manfaat dari penelitian ini adalah digunakan oleh pihak terkait sebagai pertimbangan dalam pemilihan variabel perlakuan alkalisasi serat sisal menggunakan larutan NaOH 5% pada komposit serat sisal – *epoxy* sebagai proses optimalisasi kekuatan ikatan interface komposit.

### **1.5 Batasan Masalah**

Agar penelitian ini tidak melenceng dan mencapai tujuan yang diinginkan, maka batasan masalah yang diberikan adalah sebagai berikut :

1. Serat sisal yang digunakan berasal dari BALITTAS
2. Suhu ruangan pada proses pembuatan dan pengujian komposit serat sisal – *epoxy* konstan
3. Diameter serat sisal dalam matriks homogen
4. Air yang digunakan untuk mencuci serat sisal memiliki pH netral

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Tinjauan Pustaka**

Serat sisal merupakan salah satu serat alam Indonesia yang memiliki peluang untuk dikembangkan sebagai media penguat pada matrik polimer. Sisal adalah satu tanaman tropis dan secara periodik diambil seratnya yang berasal dari daun. Tanaman ini tumbuh subur pada kondisi tanah yang kering dan berbatu seperti di Sumenep, Madura. Serat sisal banyak digunakan untuk tali temali, membuat jaring jala, sapu, keset serta produk kerajinan komersial yang lain karena sifatnya yang kuat, tidak mulur, dan tahan terhadap air laut. [Supriyadi dkk, 1996]. Selayaknya serat alam pada umumnya, serat sisal memiliki media ekstraktif seperti lapisan lilin berupa hemiselulosa, lignin, pektin, dan kotoran. Hal di atas dapat mempengaruhi kekuatan tarik dari serat dan juga mempengaruhi ikatan interface yang terjadi antara serat dengan matrik polimer. Untuk menanggulangi kelemahan komposit serat alam seperti di atas, terdapat dua cara yaitu dengan memberikan perlakuan kimia pada serat atau dengan penambahan *coupling agent* [Diharjo, 2006].

Muhammad Khoirudin pada tahun 2013 melakukan penelitian mengenai *pull out fiber test* yang merupakan cara untuk mengukur kekuatan interface. Pada pull out fiber test, ujung serat tertanam pada matrik. Metode tegangan geser dimodifikasi guna mendapatkan hasil transfer tegangan yang baik. Transfer tegangan hanya terjadi ketika serat terendam matriks, sehingga mengakibatkan terjadinya pergeseran yang signifikan pada interface [Khoirudin, 2013].

Pada penelitian sebelumnya mengenai perlakuan kimia pada serat sisal yang dilakukan oleh Min Zhi Rong, didapatkan bahwa perlakuan kimia menggunakan larutan alkali seperti NaOH 20% selama empat jam menghasilkan kekuatan tarik tertinggi dibandingkan larutan kimia yang lain dengan hasil  $391,1 \pm 45,2$  MPa pada komposit serat sisal – epoxy. Menurut Min Zhi Rong,

hal ini terjadi akibat adesi pada interface antara serat sisal dan epoxy dapat mentransferkan tegangan dengan baik sehingga dapat menaikkan kekuatan tarik. Penelitian ini menyimpulkan bahwa perlakuan kimia dapat menaikkan interface pada serat sisal-epoxy sehingga kekuatan tariknya bertambah tinggi [Min Zhi Rong, 2011].

Pada tahun 2007, Hariyanto melakukan penelitian tentang pengaruh perlakuan alkali terhadap sifat tarik komposit berpenguat serat ijuk aren dengan matrik poliester. Pada penelitian ini didapatkan hasil bahwa kekuatan tarik tertinggi terjadi pada fraksi volume serat tanpa perlakuan sebesar 26,86% adalah 42,35 Mpa. Sedangkan pada fraksi volume 23% dengan perlakuan alkali 4 jam memiliki kekuatan dan modulus tarik tertinggi yaitu 45,17 Mpa. Kesimpulan yang didapatkan pada penelitian ini adalah perlakuan alkali pada serat ijuk aren berpengaruh terhadap kekuatan dengan bukti walaupun fraksi volume rendah tetapi kekuatan tarik lebih tinggi dibandingkan material tanpa perlakuan alkali. Patahan yang terjadi pada komposit dengan serat tanpa perlakuan adalah fiber pull out, sedangkan pada 4 jam perlakuan alkali yang terjadi adalah jenis patah banyak [Hariyanto, 2007].

Maryanti melakukan penelitian mengenai pengaruh alkalisasi serat kelapa/poliester terhadap kekuatan tarik. Menurut Maryanti yang melakukan penelitian dengan memvariasikan konsentrasi larutan NaOH pada serat kelapa, nilai kekuatan tarik komposit serat kelapa-poliester tertinggi terletak pada komposit dengan serat yang diberi perlakuan alkali NaOH 5% yaitu bernilai 97,356 Mpa. Pada komposit yang diperkuat dengan serat tanpa alkalisasi, ikatan serat dan seris 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 dan matik yang diakibatkan oleh tegangan geser yang disebut dengan istilah fiber pull out. Penelitian ini menyimpulkan bahwa peningkatan antar muka akan

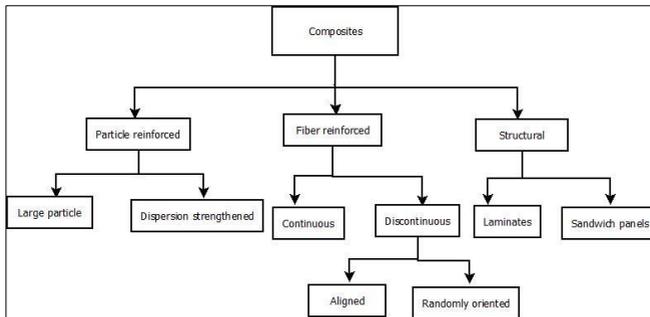
optimum pada penambahan larutan basa alkali konsentrasi tertentu yaitu sebesar 5% NaOH [Maryanti, dkk, 2011].

Penelitian yang dilakukan oleh Yudhanto adalah penelitian mengenai pengaruh perlakuan permukaan serat sisal dengan larutan NaOH sebesar 5%. Penelitian tersebut menggunakan waktu perendaman serat dengan larutan NaOH sebagai variasi yaitu selama 0 jam, 2 jam, 4 jam, 6 jam, dan 8 jam. Dari penelitian tersebut, didapatkan bahwa lama perendaman berpengaruh terhadap kekuatan tarik serat sisal. Apabila serat direndam terlalu lama, akan mengakibatkan penurunan kekuatan tarik serat sisal. Perendaman alkali selama 4 jam dengan konsentrasi 5% NaOH meningkatkan surface roughness yang baik pada selulosa serat sehingga terjadi interfacial bonding yang baik antara serat dan matrik. [Yudhanto, dkk, 2016]. Menurut Noris, temperatur larutan pada saat pemasakan atau perendaman serat sisal berhubungan dengan laju reaksi. Temperatur yang terlalu tinggi dapat menyebabkan zat penting seperti selulosa pada serat ikut terlarut bersama dengan NaOH [Noris, 1959].

## **2.2 Dasar Teori**

### **2.2.1 Komposit**

Komposit merupakan suatu material yang terdiri dari gabungan antara dua atau lebih material penyusun dengan sifat berbeda. Komposit memiliki beberapa sifat diantaranya kekuatan dan kekakuan tinggi, sangat ringan, tahan terhadap korosi akibat cairan kimia dan cuaca, mudah dibentuk, serta ketahanan *creep* tinggi. Dengan kelebihan tersebut, komposit banyak diaplikasikan dalam peralatan-peralatan berteknologi tinggi di bidang industri, transportasi dan konstruksi bangunan



Gambar 2.1 Klasifikasi Komposit

Material komposit tersusun atas dua bahan penyusun yaitu bahan utama sebagai penguat (*reinforce*) dan bahan pendukung sebagai pengisi (matriks). Matriks merupakan unsur yang bertugas untuk mengikat dan melindungi penguat. Unsur ini juga menahan dan meneruskan tegangan yang di terima oleh komposit tersebut. Penguat merupakan unsur utama dalam pembentukan material komposit yang menentukan karakteristik material komposit seperti kekakuan, kekuatan, dan sifat mekanik lainnya.

Jenis komposit berdasarkan jenis matriks terdiri :

1. *Polimer Matrix Composite* (PMC) yang merupakan komposit dengan jenis matriks polimer.  
Contoh : *Thermoplastik, Thermoseting*
2. *Metal Matrix Composite* (MMC) merupakan komposit berbahan matriks logam.  
Contoh : Aluminium, Magnesium, dan Titanium
3. *Ceramic Matrix Composite* (CMC) yaitu komposit dengan bahan matriks keramik.  
Contoh : *Alumina, Aluminium Titanate, Silicon Carbide*

Komposit berbahan matriks logam (MMC) sering diaplikasikan pada bidang kedirgantaraan dan komponen otomotif. CMC digunakan untuk keperluan perlindungan panas

pada pesawat luar angkasa dan komponen pada roket. Komposit berbahan polimer (PMC) sering digunakan pada alat-alat rumah tangga hingga peralatan elektronik.

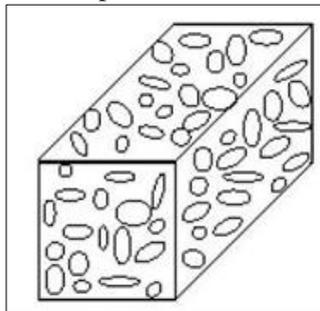
Bahan polimer pada matriks dibagi menjadi 2 jenis yaitu *thermoset* dan *thermoplastic*. Polimer *thermoset* adalah bahan yang akan menjadi keras jika di panaskan di atas temperatur kritisnya dan tidak dapat diperlunak dengan cara di panaskan. Polimer *thermoset* tidak dapat di daur ulang. Contoh matriks polimer *thermoset* adalah *epoxy* dan *polyester*. Polimer *thermoplastic* adalah polimer yang dapat dilunakkan dengan cara dipanaskan diatas temperatur kritisnya. Polimer *thermoplastic* dapat didaur ulang. Contoh polimer *thermoplastic* adalah *polystyrene* dan *nylons*.

Berdasarkan jenis penguatnya, komposit dibagi menjadi 4 jenis yaitu:

#### 1. Komposit Berpenguat Partikel

Merupakan komposit yang penguatnya berupa fase partikel

Contoh: Beton, yang merupakan bahan baku bangunan dimana matriksnya adalah semen sedangkan penguatnya adalah pasir.

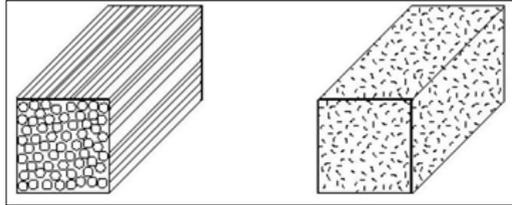


Gambar 2.2 Komposit Berpenguat Partikel

#### 2. Komposit Berpenguat Serat

Merupakan komposit yang fase penguatnya berupa serat.

Contoh: *fiber glass* dalam matriks polimer dan serat alam dalam matriks polimer.

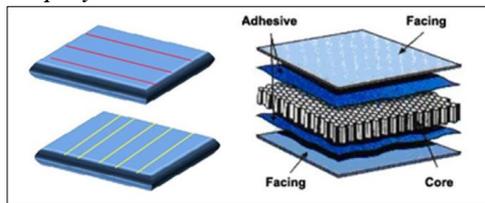


Gambar 2.3 Komposit Berpenguat Serat

### 3. Komposisi Berpenguat Struktur

Merupakan komposit yang penguatnya berupa lapisan maupun struktural.

Contoh: *polywood*



Gambar 2.4 Komposit Berpenguat Struktur

### 4. *Hybrid Composite*

Merupakan suatu jenis komposit yang penguatnya lebih dari satu jenis penguat ke dalam satu matriks. Tingkat pencampuran dapat dalam skala kecil dan skala besar. Tujuan dari hibridisasi adalah untuk membuat suatu material baru yang mengandung keunggulan dari penyusunnya. Contoh dari *hybrid composite* adalah *Glass Reinforced Fiber Metal Laminate (GLARE)*

*Hybrid Composite* dibedakan menjadi 4 jenis yaitu :

#### a. *Sandwich*

Merupakan suatu material yang dihimpit oleh material lainnya.

b. *Interply* atau *Laminated*

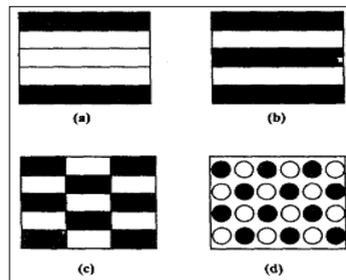
Merupakan suatu material yang terdiri atas lapisan penyusun yang berbeda.

c. *Intraply*

Merupakan gabungan dua atau lebih jenis serat yang tersusun dalam satu lamina

d. *Intimately mixed*

Penyusun dari masing-masing serat penguat dicampurkan sedemikian rupa sehingga tidak ada konsentrasi dari masing-masing yang tampak pada material komposit.

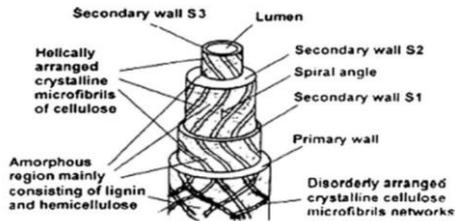


Gambar 2.5 *Hybrid Composite* (a) *Sandwich* (b) *Interply* (c) *Intraply* (d) *Intimately mixed*

Material penguat adalah salah satu penyusun utama pada material komposit. Material ini secara umum berbentuk serat baik serat panjang dan serat pendek. Mayoritas fraksi volume dari material komposit terdiri dari material penguat ini agar beban yang dikenakan dapat terdistribusi dengan baik ke material penguat. Pemilihan jenis serat, fraksi volume serat, panjang serat, dan arah serat akan mempengaruhi karakteristik material komposit sebagai berikut : berat jenis, kekuatan tarik dan modulus elastisitas, kekuatan tekan dan modulus, kekuatan fatigue serta mekanisme kegagalannya, dan biaya produksi.

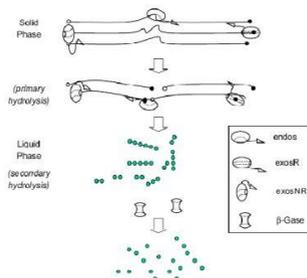
### 2.2.2 Struktur Serat Alam

Komponen utama penyusun serat adalah selulosa, hemiselulosa, dan lignin [Fengel, 1995]. Gambar 2.6 merupakan struktur dari serat alam. Serat alam dapat dianggap sebagai komposit dari fibril selulosa yang terbentuk bersama lignin dan hemiselulosa [Jayaraman, 2003]. Struktur lapisan pertama terdiri dari dinding primer. Dinding sekunder terdiri dari tiga lapisan.



Gambar 2.6 Struktur Serat Alam

Selulosa merupakan komponen struktural yang paling penting pada susunan serat alam. Selulosa mempunyai peran yang menentukan karakter serat. Selulosa memiliki sifat tidak larut dalam pelarut organik dan air. Selain itu selulosa juga tidak mudah terhidrolisis dalam larutan alkali namun mudah terhidrolisis dalam asam pekat. Ketika temperatur tinggi, selulosa akan terhidrolisis relatif lebih cepat seperti pada gambar 2.7 [Robinson, 1995].



Gambar 2.7 Skema Hidrolisis Selulosa

Hemiselulosa diartikan sebagai selulosa molekul rendah. Pada serat alam, hemiselulosa berfungsi sebagai matrik dari

selulosa. Hemiselulosa lebih mudah terhidrolisis dibandingkan dengan selulosa. Pada asam dan basa encer, selulosa akan terhidrolisis dan larut [Timell, 1987].

Lignin juga berfungsi sebagai pengikat antar serat. Lignin mempunyai karakter menyerupai lilin yang hidrofobik. Sifat-sifat lignin yaitu tidak larut dalam air dan asam kuat. Namun, lignin akan mudah larut dalam larutan alkali encer [Robinson, 1995].

### 2.2.3 Serat Sisal

Serat sisal merupakan salah satu serat alam yang paling banyak digunakan dan paling mudah dibudidayakan. Sisal tumbuh liar sebagai pagar dan di sepanjang rel kereta api di India [Murherjee, 1984]. Produksi sisal di seluruh dunia mencapai hampir 4.5 juta ton tiap tahunnya. Tanzania dan Brazil merupakan negara penghasil sisal terbesar [Chand, 1988]. Serat sisal merupakan serat keras yang dihasilkan dari proses ekstraksi daun tanaman sisal (*Agave sisalana*). Meskipun tanaman ini berasal dari amerika Utara dan Selatan, sisal dapat tumbuh dengan baik hingga di Afrika, Hindia Barat, dan Timur jauh. Di Indonesia, tanaman sisal tumbuh subur pada kondisi tanah yang kering dan berbatu seperti sumenep, Madura [Supriyadi, 1996].

Normalnya, selembar daun sisal mempunyai berat sekitar 600 gram yang dapat menghasilkan 3% berat serat atau 1000-1200 helai serat yang mengandung 4% serat, 0,75% kutikula, 8% material kering dan 87,25% air [Muherjee, 1984]. Daun sisal terdiri dari 3 tipe, yaitu mekanis, *ribbon*, dan *xylem*. Harga serat sisal sangat murah dibandingkan serat sintetis, yaitu 0.36 US\$/kg. Harga tersebut hanya sepersembilan harga serat gelas yang mencapai 3.25 US\$/kg, serta seperlimaratus harga serat karbon yang mencapai 500 US\$/kg [Leao, 1998].

Serat sisal di Indonesia biasa dimanfaatkan untuk tali temali, membuat jaring jala, sapu, keset, serta produk kerajina komersial yang lain [Supriyadi, 1996]. Serat sisal sebagai penguat komposit memiliki potensi aplikasi pada bahan bangunan, kendaraan, rel kereta api, geotekstil, hingga kemasn. Sebagai

bahan bangunan, sisal sering digunakan sebagai komposit substitusi kayu, kusen, pintu, atap hingga pada bangunan tahan gempa karena tahan lama dan murah. Sebagai atap bangunan, serat sisal dianggap ramah lingkungan dibanding asbes yang bersifat karsinogen. Di bidang otomotif, serat sisal digunakan sebagai panel mobil, sandaran kursi, dan bantalan rem [OSEC, 2004]. Bahan kemasan seperti tas, krat, kontainer yang awalnya menggunakan kayu kini menggunakan komposit sisal yang jauh lebih murah. Serat komposit polimer pada perahu telah digantikan oleh sisal sebagai penguatnya [Gujarat, 2005].

Umumnya kekuatan dan kekakuan serat tumbuhan tergantung pada kandungan selulosa dan sudut spiral yang terbentuk antara ikatan mikrofibrilar pada lapisan kedua dinding sel dengan sumbu serat. Selain itu struktur dan sifat serat alam tergantung pada asal dan umur serat [Chand , 1986]. Kekuatan tarik serat sisal tidak sama sepanjang serat. Bagian bawah serat umumnya mempunyai kekuatan tarik dan modulus yang lebih rendah dibanding bagian atas serat. Namun kekuatan tahan pecah bagian tersebut lebih tinggi. Bagian tengah serat lebih kuat dan kaku [Li, 2000]. Pada tabel 2.1 menunjukkan sifat serat sisal yang merupakan hasil kajian dari beberapa peneliti sebelumnya. Perlu diketahui bahwa selain struktur dan sifat serat itu sendiri, kondisi percobaan seperti panjang sampel serat dan kecepatan pengujian mempengaruhi sifat serat alam.

Beberapa keunggulan dari serat sisal yaitu:

1. Memiliki kekuatan yang cukup tinggi
2. Memiliki ketahanan terhadap air laut
3. Memiliki ketahanan yang baik
4. Memiliki afinitas baik terhadap zat warna
5. Memiliki kemudahan dalam pembudidayaan

Tabel 2.1 Sifat Serat Sisal [Kusumastuti, 2009]

Densitas (kg/m <sup>3</sup> )	Moisture Content (%)	Kekuatan Tarik (MPa)	Modulus (GPa)	Maximum Strain (%)	Diameter (μm)
1450	11	604	9.4-15.8	-	50-200
1450	-	530-640	9.4-22	3-7	50-300
-	-	347	14	5	-
1030	-	500-600	16-21	3.6-5.1	-
1410	-	400-700	9-20	5-14	100-300
1400	-	450-700	7-13	4-9	-
-	-	530-630	17-22	3.64-5.12	100-300
1450	-	450-700	7-13	4-9	-

#### 2.2.4 Epoxy

*Epoxy* adalah polimer yang terbentuk dari dua bahan kimia yang berbeda disebut sebagai “resin” dan “pengeras”. Resin ini terdiri dari monomer atau polimer rantai pendek dengan kelompok epoksida di kedua ujung. *Epoxy* resin yang paling umum dihasilkan dari reaksi antara *epiklorohidrine* dan *bisphenol-A*. Meskipun yang terakhir mungkin akan digantikan dengan bahan kimia yang serupa. Pengeras terdiri dari monomer *polyamine* semisal *Triethylenetetramine (teta)*. Ketika senyawa ini dicampurkan, kelompok amina akan bereaksi dengan kelompok epoksida untuk membentuk ikatan kovalen. Setiap kelompok NH dapat bereaksi dengan kelompok epoksida menghasilkan polimer yang kaku dan kuat.

Bahan *epoxy* cenderung mengeras secara bertahap. Berbeda dengan bahan poliester yang cenderung mengeras dengan cepat, terutama jika katalis yang digunakan dalam reaksi merupakan katalis eksotermik. Semakin besar jumlah katalis yang digunakan, laju reaksi akan meningkat dan panas yang dihasilkan akan semakin besar. Pada tabel 2.2 terdapat *properties* dari *epoxy*.

Tabel 2.2 *Properties of Epoxy*

<i>Properties</i>	
<i>Tensile Strength</i>	85 MPa
<i>Tensile Modulus</i>	10500 Mpa
<i>Compresive Strength</i>	190 MPa
<i>Water Absorption</i>	5-10 mg at 24h, 23°C
<i>Density</i>	1.20 gr/cm
<i>Modulus Young</i>	3.2 GPa

### 2.2.5 *Interface Matrik dan Penguat*

*Interface* merupakan daerah planar dengan ketebalan hanya beberapa mikron dan pada daerah ini terjadi perubahan sifat dari matrik dan penguat. Pengertian klasik dari *interface* adalah permukaan yang terbentuk di antara matriks dan penguat serta mengalami kontak dengan keduanya dengan membuat ikatan antara keduanya. *Interface* ditandai dengan adanya diskontinuitas. Perubahan sifat dari suatu sisi ke sisi lainnya (serat ke matiks atau sebaliknya) perubahan sifat dapat berupa sifat fisis, mekanis, termal, dan elektris [Chawla, 1987].

Sifat bawaan bahan pembentuknya dan sifat *interface* akan menentukan sifat mekanis komposit yang dihasilkan [Agarwal, 1990]. *Interface* dari komposit sangat berpengaruh terhadap proses transfer beban antara matrik dan penguat. *Interface* yang kuat akan memberikan kekuatan yang tinggi begitu juga sebaliknya. Sifat-sifat seperti ketahanan *creep*, kekuatan *fatigue*, dan ketahanan korosi juga dipengaruhi oleh interfacenya [Ajiriyanto, 2010]. Adanya rekatan *interface* yang kuat menyebabkan beban yang mampu diterima serat lebih besar dari pada yang dapat diterima matrik, matrik akan mengalami gagal geser memanjang arah serat dan menyebabkan patah brittle

dengan banyak permukaan patah. *Interface* yang lemah menyebabkan *debonding* terjadi dan akan membentuk patahan yang banyak [Agarwal, 1990].

Material *lignocellulosic* diketahui memiliki karakteristik ikatan yang buruk dengan resin sintetik. Hal ini disebabkan oleh adanya zat organik dan anorganik pada permukaan serat yang menghalangi kontak langsung antara matrik dengan serat [Bisanda, 2000].

## **2.2.6 Karakteristik Patahan pada Material Komposit**

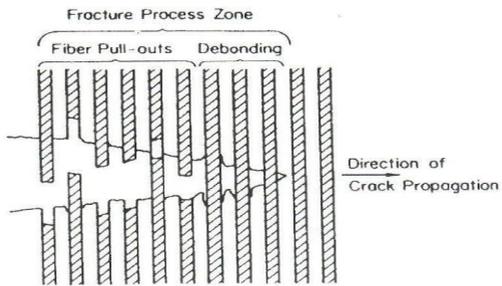
Patahnya material komposit dapat disebabkan oleh deformasi ganda, antara lain disebabkan oleh kondisi pembebanan serta struktur mikro komponen pembentuk komposit. Yang dimaksud dengan struktur mikro adalah diameter serat, fraksi volume serat, distribusi serat dan kerusakan akibat tegangan termal yang dapat terjadi selama fabrikasi atau dalam pemakaian. Kenyataan bahwa banyak faktor yang menyebabkan proses retak, maka tidaklah mengherankan jika model gagal yang beragam dapat dijumpai pada suatu sistem komposit tertentu [Chawla, 1987].

### **2.2.6.1 *Debonding***

*Debonding* adalah lepasnya ikatan pada bidang kontak resin dengan serat, serat yang terlepas dari ikatan tidak lagi terbungkus oleh resin. Hal ini disebabkan gaya geser pada interface atau gaya tarik antara dua elemen yang saling kontak tidak mampu ditahan oleh resin.

### **2.2.6.2 *Fiber Pull Out***

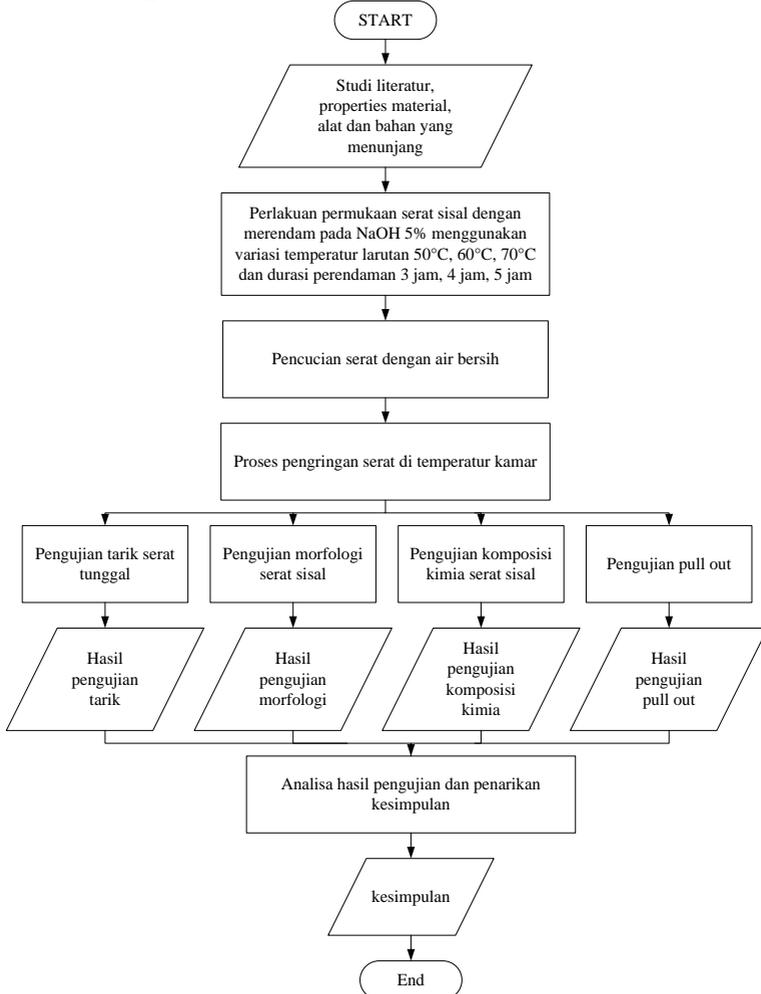
*Fiber pull out* adalah tercabutnya serat dari matrik yang disebabkan ketika matrik retak akibat beban tarik. Kemampuan untuk menahan beban akan segera berkurang namun komposit masih mampu menahan beban tersebut. Seiring dengan bertambahnya deformasi, serat akan tercabut dari matrik akibat *debonding* dan patahnya serat, seperti yang ditunjukkan oleh gambar 2.6 [Schwartz, 1984]



*Gambar 2.8 Fiber Pull Out*

# BAB III METODOLOGI PENELITIAN

## 3.1 Diagram Alir Percobaan



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

### 3.2 Bahan yang Digunakan

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini, antara lain:

1. Serat sisal
2. NaOH padat 98%
3. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat 98%
4. Aquades
5. Epoxy resin dan hardener
6. Wax
7. PVA

### 3.3 Peralatan yang Digunakan

Adapun perlataan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Alat Ukur : timbangan digital, labu takar, gelas ukur, temometer, pH indikator, penggaris, mikrometer sekrup
2. Alat bantu : piringan kaca, sumpit kayu, selotip, pengaduk kaca, wadah porselen, kertas saring, corong kaca, plastisin, karet penghapus, gerinda, kertas amplas, bor, kaca cetakan, gunting, jarum dan kuas
3. Alat Keselamatan : sarung tangan latex dan masker
4. Alat Uji : mikroskop optis dan alat uji tarik

### 3.4 Pengukuran Diameter Serat

Pengukuran diameter serat dilakukan menggunakan mikrometer sekrup. Pengukuran dilakukan pada serat yang belum dikenai perlakuan dan akan diukur kembali setelah dikenai perlakuan alkali. Diameter serat dibutuhkan untuk input data agar dapat diketahui besar tegangan tarik serat sisal dan tegangan geser pada interface komposit serat sisal-*epoxy*. Pengukuran diameter

serat sisal dilakukan dengan menahan serat pada kedua sisi dan diukur sebanyak 10 kali pada tempat yang berbeda-beda. Serat sisal sebagai salah satu serat alam memiliki bentuk dan diameter yang tidak teratur sehingga asumsi bahwa penampang serat sisal berbentuk lingkaran dan nilai rata rata diameter digunakan.

### **3.5 Perlakuan Alkali Serat Sisal**

Perlakuan permukaan serat sisal dilakukan dengan menggunakan larutan NaOH 5%. Larutan NaOH 5% dipanaskan pada suhu tertentu menggunakan *furnace* hingga mencapai suhu yang diinginkan kemudian serat sisal dimasukkan ke dalam larutan tersebut. Setelah dipastikan semua bagian serat terendam, *timer* di atur sesuai dengan ketentuan variasi. Ketika waktu telah habis, serat sisal yang telah terendam dalam NaOH 5% ditiriskan dan dibersihkan dengan air bersih. Serat sisal tersebut kemudian dijemur pada suhu ruangan hingga kering.

Perlakuan serat sisal bertujuan untuk meminimalisir jumlah zat ekstratif seperti lapisan lilin pada serat sisal yang berupa hemiselulosa, lignin, dan kotoran. Variasi yang berlaku pada proses perlakuan permukaan serat sisal ini adalah durasi perendaman dan temperatur larutan saat proses perendaman. Durasi perendaman yang digunakan selama 3 jam, 4 jam, dan 5 jam. Temperatur larutan yang digunakan sebesar 50°C, 60°C, dan 70°C.

### **3.6 Pengujian Kandungan Serat Sisal**

Pengujian kandungan kimia serat sisal menggunakan metode Chesson [Datta, 1981]. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui persentase dari pengotor, hemiselulosa, selulosa, dan lignin yang terkandung dalam serat sisal yang tidak diberi perlakuan alkalisasi maupun yang diberi perlakuan alkalisasi. Adapun langkah dalam pengujian kandungan serat sebagai berikut :

### 3.6.1 Uji Kandungan Pengotor

1. 1 gr sampel kering (A) ditambahkan dengan 150 mL aquades
2. Campuran dipanaskan pada temperatur 100°C selama 1 jam
3. Campuran disaring
4. Residu dicuci dengan air panas dengan temperatur 60°C,- 70°C sebanyak 300 mL
5. Residu dikeringkan pada temperatur 100°C-115°C
6. Residu ditimbang (B)

$$A - B = \text{Pengotor}$$

### 3.6.2 Uji Kandungan Hemiselulosa

1. (B) ditambahkan dengan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1 normal sebanyak 150 mL
2. Campuran dipanaskan pada temperatur 100°C selama 1 jam
3. Campuran disaring
4. Residu dicuci dengan air panas dengan temperatur 60°C,- 70°C hingga pH netral
5. Residu dikeringkan pada temperatur 100°C-115°C
6. Residu ditimbang (C)
- 7.

$$\frac{B - C}{A} = \text{Hemiselulosa}$$

### 3.6.3 Uji Kandungan Selulosa

1. (C) ditambahkan dengan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 72% sebanyak 100 mL
2. Campuran dibiarkan selama 4 jam pada suhu ruang
3. Campuran ditambahkan dengan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1 normal sebanyak 150 mL
4. Campuran dipanaskan pada temperatur 100°C selama 1 jam
5. Campuran disaring

6. Residu dicuci dengan air panas dengan temperatur 60°C,-  
70°C hingga pH netral
7. Residu dikeringkan pada temperatur 100°C-115°C
8. Residu ditimbang (**D**)
- 9.

$$\frac{C - D}{A} = \text{Selulosa}$$

#### 3.6.4 Uji Kandungan Lignin

(**D**) diabukan dalam furnace hingga temperatur 600°C dengan kenaikan temperatur sebagai berikut :

1. T<sub>ruang</sub> hingga 150°C selama 30 menit
2. 150°C hingga 500°C selama 45 menit
3. 500°C hingga 600°C selama 30 menit
4. Hold pada temperatur 600°C selama 3 jam
5. Pendinginan dilakukan di dalam furnace hingga temperatur ruang
6. Abu ditimbang (**E**)
- 7.

$$\frac{D - E}{A} = \text{Lignin}$$

#### 3.7 Pengamatan Morfologi Permukaan Serat Sisal

Pengamatan morfologi permukaan dilakukan dengan menggunakan mikroskop optis untuk mengetahui pengaruh dari perlakuan permukaan dengan NaOH 5% pada morfologi serat. Gambar 3.2 merupakan mikroskop optis yang digunakan untuk mengamati morfologi serat. Pengamatan dilakukan secara vertikal maupun horizontal. Langkah pengamatan diawali dengan mempersiapkan sampel uji yaitu serat sisal dengan tiap variasi perlakuan. Sampel uji yang digunakan pada pengamatan horizontal adalah serat tunggal dengan panjang 5 mm hingga 10 mm. Gambar 3.3 adalah salah satu sampel yang akan diamati menggunakan mikroskop optis secara horizontal.

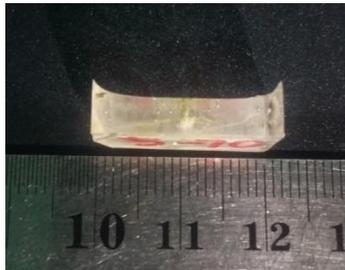


Gambar 3.2 Mikroskop Optis



Gambar 3.3 Spesimen Pengamatan Morfologi Secara Horizontal

Pada pengamatan morfologi permukaan secara vertikal, serat sisal terlebih dahulu di-mounting menggunakan resin epoxy dan hardener. Kemudian dilanjutkan dengan proses grinding dan polishing untuk mendapatkan permukaan yang rata. Setelah itu spesimen siap diamati dengan mikroskop optis. Gambar 3.4 adalah satu satu sample yang akan diamati morfologi permukaan secara vertikal. Selain untuk mengetahui bentuk dari serat secara vertikal, pengamatan ini juga untuk mengetahui keadaan interface antara serat dengan matrik.

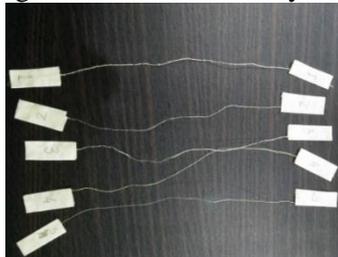


Gambar 3.4 Spesimen Pengamatan Morfologi Secara Vertikal

### 3.8 Pengujian Kekuatan Tarik Serat Tunggal

Pengujian kekuatan tarik serat tunggal dilakukan untuk mengetahui pengaruh perlakuan permukaan dengan NaOH 5% terhadap kekuatan tarik serat sisal tunggal. Sebelum serat sisal tunggal diuji tarik, serat akan diukur diameternya terlebih dahulu menggunakan mikrometer sekrup sehingga pengaruh perlakuan permukaan menggunakan NaOH 5% terhadap diameter juga dapat diamati dan dianalisa. Gambar 3.5 merupakan spesimen uji tarik serat tunggal pada salah satu variasi perlakuan permukaan. Berikut ini merupakan langkah-langkah dalam pengujian tarik serat tunggal :

1. Serat sisal diberi label sesuai dengan variabel yang digunakan
2. Serat sisal diukur dan dipotong sebesar 15 cm
3. Dimensi berupa diameter diukur sebanyak tiga kali dan dihitung rata-ratanya
4. Spesimen diberi grip dengan menggunakan selotip
5. Spesimen dipasang pada penjepit
6. Spesimen diberi pembebanan hingga patah
7. Setelah patah, spesimen dilepas dari penjepit
8. Data yang didapatkan dari mesin berupa gaya (N) dicatat dan dihitung besar kekuatan tariknya



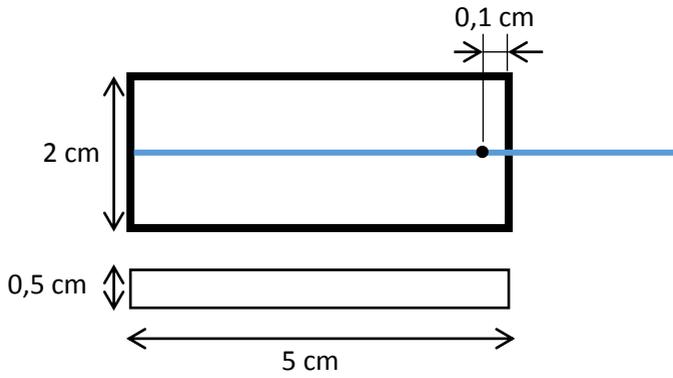
Gambar 3.5 Spesimen Uji Tarik Serat Tunggal

### 3.9 Pengujian *Pull out*

Pengujian *pull out* digunakan untuk mengukur kekuatan ikatan antara serat tunggal dan matrik. Pada pengujian *pull out*,

sala satu ujung serat tertanam dalam matrik dan ujung yang berlawanan dalam keadaan bebas. Serat ditarik dan matrik ditarik pula menuju arah yang berlawanan. Gambar 3.6 merupakan dimensi dari spesimen uji *pull out*. Berikut ini merupakan langkah-langkah dalam pembuatan spesimen pengujian *pull out*:

1. Alat dan bahan dipersiapkan
2. Serat sisal pada masing masing variasi perlakuan diukur diameternya
3. Serat sisa; yang telah memenuhi ukuran, dimasukkan ke dalam karet penghapus yang telah diukur sebelumnya dengan bantuan jarum
4. Kaca sebagai cetakan diberi wax dan pva
5. Kaca dan karet penghapus yang telah dimasuki serat disusun sesuai dengan dimensi spesimen
6. Bagian pinggir cetakan ditutup dengan plastisin untuk menghindari adanya kebocoran resin
7. Resin epoxy dan hardener ditimbang sesuai dengan ketentuan dan perhitungan
8. Resin epoxy dan hardener dicampur dan diaduk menjadi satu
9. Campuran resin dibiarkan selama 30 menit untuk meminimalisir adanya gelembung atau void
10. Campuran resin dituangkan ke dalam cetakan
11. Resin dibiarkan dalam cetakan selama 24 jam untuk menjalani proses *curing* pada temperatur kamar
12. Resin dilepas dari cetakan
13. Karet penghapus dilepas dari cetakan secara perlahan untuk menghindari patahnya serat di dalam karet penghapus
14. Spesimen dibor dengan mata bor sebesar 2 mm guna memutuskan serat



Gambar 3.6 Dimensi Spesimen Uji *Pull out*

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **BAB IV**

### **ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Komposisi Kandungan Serat Sisal**

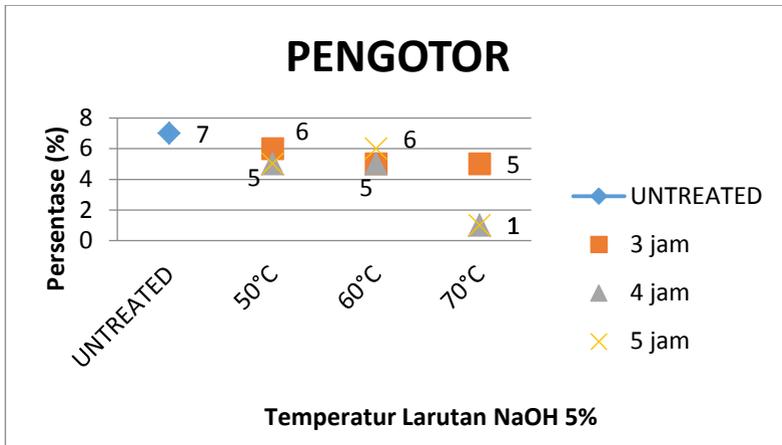
Pengujian kandungan pengotor pada serat sisal yang dikenakan perlakuan dan tidak dikenakan perlakuan, dilakukan menurut metode Chesson. Pengujian dilakukan di Laboratorium Metalurgi Teknik Mesin ITS.

##### **4.1.1 Kandungan Pengotor pada Serat Sisal**

Setelah proses pengujian, didapatkan berat serat sisal tanpa pengotor sehingga untuk mendapatkan berat dari pengotor yang menempel pada serat sisal, berat awal sampel dikurangkan dengan hasil pengujian. Gambar 4.1 menunjukkan serat sisal yang telah dikeringkan dimana sebelumnya telah diproses sesuai yang tertera pada bab sebelumnya. Grafik perbandingan persentase kandungan pengotor yang didapatkan dapat dilihat pada gambar 4.2



Gambar 4.1 Serat Sisal Setelah Diuji Kandungan Pengotor



Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Kandungan Pengotor

Dari pengujian didapatkan jumlah perentase serat sisal tanpa perlakuan (*untreated*) sebesar 7%. Pada serat sisal dengan perlakuan perendaman selama 3 jam, persentase kandungan pengotor yang didapatkan pada perendaman temperatur 50°C, 60°C, dan 70°C secara berturut-turut sebesar 6%, 5%, dan 5%. Pada perendaman selama 4 jam, persentase kandungan pengotor yang didapatkan pada temperatur perendaman 50°C, 60°C, dan 70°C secara berturut-turut sebesar 5%, 5% dan 1 %. Pada perendaman terlama yaitu selama 5 jam pada temperatur 50°C, 60°C, dan 70°C, secara berturut-turut persentase kandungan pengotor pada serat sisal sebesar 5%, 6%, dan 1%.

Terlihat dari grafik bahwa serat yang mengalami perlakuan mengandung pengotor yang lebih sedikit dibandingkan dengan serat sisal tanpa perlakuan. Kotoran yang menempel pada serat sisal akan terkikis oleh larutan NaOH sebesar 5%. Semakin lama perendaman dan semakin tinggi temperatur perendaman pada perlakuan serat sisal, maka makin sedikit kandungan kotoran yang masih menempel pada serat. Serat sisal yang paling sedikit mengandung kotor terletak pada perlakuan dengan NaOH 5%

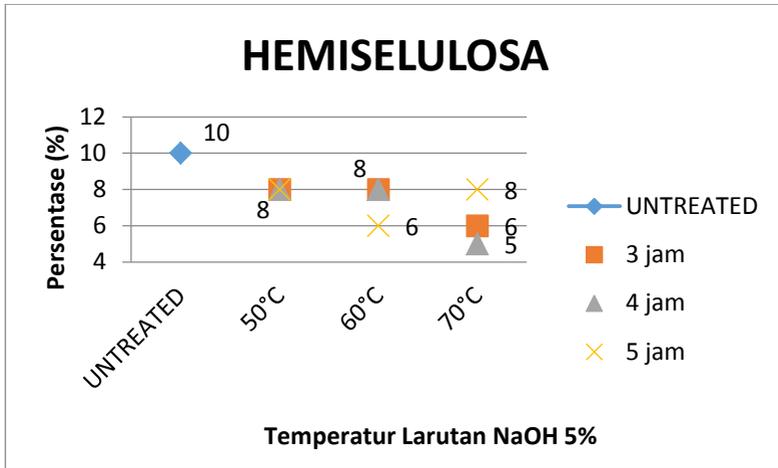
selama 4 jam dengan temperatur 70°C dan 5 jam dengan temperatur 70°C.

#### **4.1.2 Kandungan Hemiselulosa pada Serat Sisal**

Pada pengujian kandungan hemiselulosa pada serat sisal yang telah diberi perlakuan maupun yang tidak diberi perlakuan menggunakan sample yang telah dihilangkan kotorannya. Hasil yang didapatkan dari pengujian ini adalah berat dari serat sisal tanpa hemiselulosa. Untuk mendapatkan jumlah hemiselulosa yang terkandung dalam serat sisal maka berat serat sisal tanpa pengotor dikurangkan dengan berat sisal hasil pengujian. Gambar 4.3 merupakan serat sisal setelah melalui pengujian kandungan hemiselulosa. Pada gambar 4.4, ditunjukkan grafik perbandingan persentase kandungan hemiselulosa.



Gambar 4.3 Serat Sisal Setelah Uji Kandungan Hemiselulosa



Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Kandungan Hemiselulosa

Dari grafik didapatkan pada serat sisal dengan perlakuan perendaman selama 3 jam, persentase kandungan hemiselulosa yang didapatkan pada perendaman temperatur 50°C, 60°C, dan 70°C secara berturut-turut sebesar 8%, 8%, dan 6%. Pada perendaman selama 4 jam, persentase kandungan hemiselulosa yang didapatkan pada temperatur perendaman 50°C, 60°C, dan 70°C secara berturut-turut sebesar 8%, 8% dan 5 %. Pada perendaman 5 jam pada temperatur 50°C, 60°C, dan 70°C, secara berturut-turut persentase kandungan pengotor pada serat sisal sebesar 8%, 6%, dan 8%. Sedangkan persentase kandungan hemiselulosa pada serat sisal tanpa perlakuan adalah 10%.

Pada grafik terlihat bahwa kandungan hemiselulosa pada serat sisal yang tidak diberi perlakuan lebih tinggi dibandingkan dengan serat sisal yang telah dikenai perlakuan dengan NaOH 5%. Hal ini sesuai dengan teori yang ada karena hemiselulosa merupakan polisakarida yang akan terhidrolisis pada asam maupun basa encer [Timell, 1967]. Semakin tinggi temperatur dan waktu perendaman saat perlakuan dengan NaOH 5%, maka akan semakin banyak hemiselulosa yang terhidrolisis dari serat sisal. Kandungan hemiselulosa yang terendah terdapat pada serat

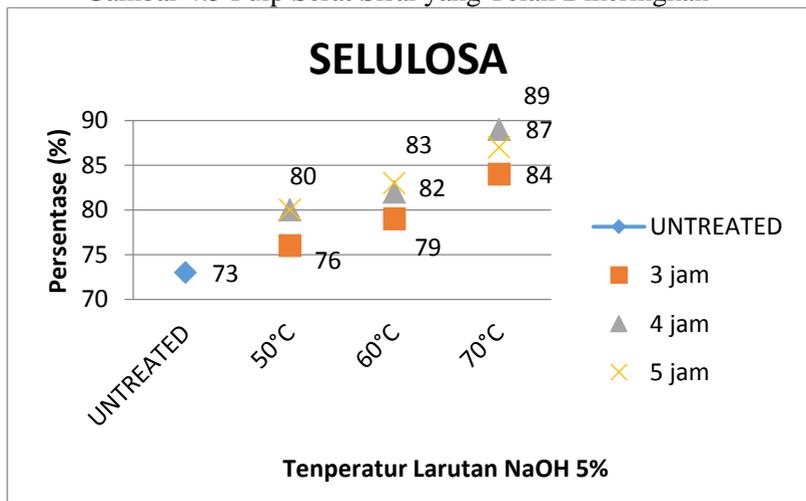
sisal dengan perlakuan NaOH 5% selama 4 jam dengan temperatur 70°C.

#### 4.1.3 Kandungan Selulosa pada Serat Sisal

Hasil yang didapatkan dari uji kandungan selulosa berupa pulp karena serat sisal telah kehilangan selulosanya dan kemudian dikeringkan. Gambar 4.5 merupakan pulp serat sisal setelah dikeringkan. Untuk mendapatkan kandungan selulosa, maka berat dari pengujian hemiselulosa dikurangkan dengan berat pulp yang telah dikeringkan. Perbandingan dari hasil pengujian kandungan selulosa dapat dilihat pada gambar 4.6.



Gambar 4.5 Pulp Serat Sisal yang Telah Dikeringkan



Gambar 4.6 Grafik Perbandingan Kandungan Selulosa

Persentase kandungan serat sisal yang tidak diberikan perlakuan sebesar 73 %. Pada perlakuan selama 3 jam dengan temperatur 50°C, 60°C, dan 70°C, kandungan selulosanya secara berturut-turut sebesar 76%, 79%, dan 84%. Perlakuan 4jam dengan temperatur 50°C, 60°C, dan 70°C, serat sisal memiliki persentase kandungan selulosa sebesar 80%, 82%, dan 89%. Sedangkan pada perlakuan selama 5 jam dengan temperatur 50°C, 60°C, dan 70°C, persentase kandungan yang dimiliki serat sisal sebesar 80%, 83%, dan 87%.

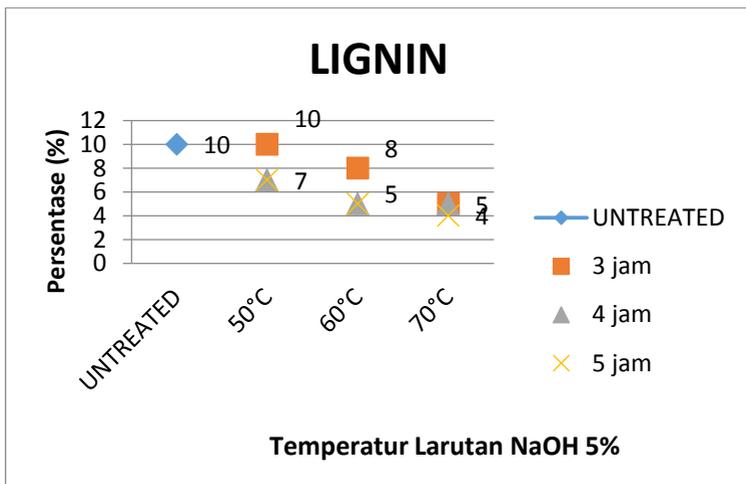
Persentase kandungan selulosa pada serat sisal yang diberikan perlakuan menggunakan NaOH 5% lebih tinggi dibandingkan yang tidak diberikan perlakuan. Kenaikan tersebut dikarenakan berkurangnya kandungan lain pada serat yaitu pengotor, hemiselulosa, dan lignin. Selulosa merupakan unsur yang tidak mudah tidak mudah terhidrolisis dengan larutan alkali salah satunya adalah NaOH sehingga ketika kandungan selulosa tidak berkurang ketika pengotor, hemiselulosa, dan lignin berkurang [Robinson, 1995]. Namun pada perlakuan permukaan selama 5 jam dengan temperatur 70°C memiliki persentase kandungan yang lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan selama 4 jam pada temperatur 70°C. Hal tersebut dikarenakan pada perlakuan 5 jam dengan temperatur 70°C, rantai selulosa mulai terhidrolisis.

#### **4.1.4 Kandungan Lignin pada Serat Sisal**

Hasil uji kandungan lignin didapatkan dengan mengabukan pulp serat sisal yang telah dikeringkan. Untuk mendapatkan berat kandungan lignin dari tiap sampel serat sisal maka berat pulp yang dikeringkan dikurangi dengan abu dari serat sisal. Gambar 4.7 merupakan abu pulp serat sisal. Pada gambar 4.8 akan tertera perbandingan persentase kandungan lignin dari tiap sampel.



Gambar 4.7 Abu Serat Sisal



Gambar 4.8 Grafik Perbandingan Kandungan Lignin

Persentase kandungan lignin pada serat sisal yang tidak diberikan perlakuan adalah sebesar 10%. Persentase kandungan lignin pada serat sisal yang diberikan perlakuan selama 3 jam dengan temperatur 50°C, 60°C, dan 70°C sebesar 10%, 8%, dan 5% secara berturut-turut. Pada perlakuan selama 4 jam dengan temperatur 50°C, 60°C, dan 70°C, didapatkan persentase kandungan lignin sebesar 7%, 5%, dan 5% secara berturut-turut. Dan pada perlakuan selama 5 jam dengan temperatur 50°C, 60°C, dan 70°C, kandungan ligninnya sebesar 7%, 5%, dan 4%.

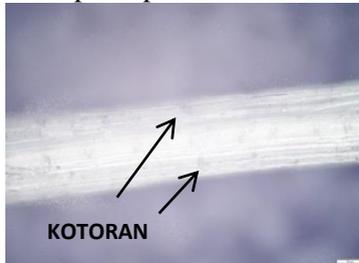
Serat sisal yang telah diberikan perlakuan dengan NaOH 5% memiliki kandungan lignin yang lebih sedikit. Hal itu

disebabkan lignin merupakan unsur yang mudah larut dalam NaOH [Robinson,1995]. Semakin tinggi temperatur dan lama waktu perendaman, maka akan semakin kecil kandungan lignin yang masih tertinggal pada serat sisal.

## 4.2 Morfologi Permukaan Serat Sisal

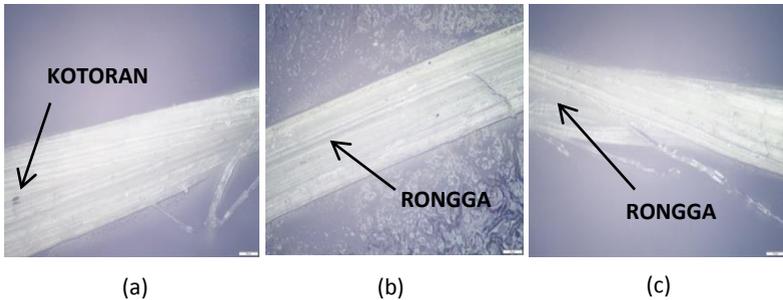
### 4.2.1 Morfologi Permukaan Horizontal Serat Sisal

Pengamatan morfologi permukaan serat sisal secara horizontal dilakukan di Laboratorium Metalurgi Teknik Mesin ITS menggunakan mikroskop optik. Perbesaran yang digunakan adalah 200x untuk setiap sampel.



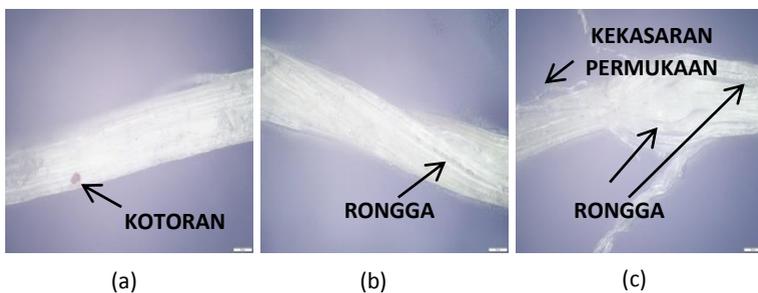
Gambar 4.9 Morfologi Permukaan Horizontal Serat Sisal Tanpa Perlakuan

Gambar 4.9 merupakan morfologi dari serat sisal tanpa diberi perlakuan secara horizontal. Sering terlihat masih memiliki permukaan yang cukup rata. Selain itu serat sisal ini masih memiliki bentuk yang utuh tidak berongga. Namun masih terlihat beberapa kotoran yang menempel pada bagian serat.



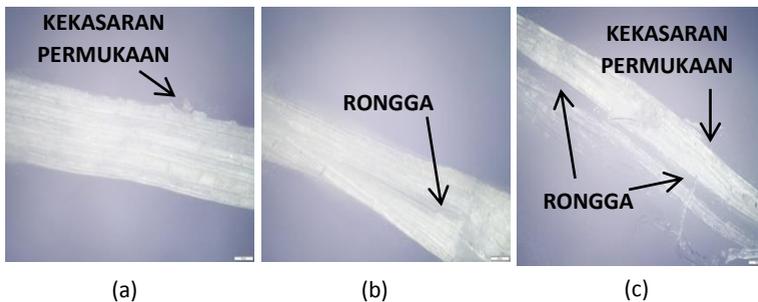
Gambar 4.10 Morfologi Permukaan Horizontal Serat Sisal dengan Perlakuan Selama 3 jam dan (a) temperatur 50°C, (b) temperatur 60°C, dan (c) temperatur 70°C

Gambar 4.10 merupakan morfologi permukaan serat sisal yang diberi perlakuan selama 3 jam. Pada gambar 4.10 bagian (a) dimana merupakan serat yang diberi perlakuan selama 3 jam dengan temperatur 50°C, terlihat masih ada kotoran yang menempel pada bagian serat. Terdapat fibril yang mencuat dari serat utama sehingga dapat terlihat bahwa proses penghilangan zat ekstraktif telah berlangsung. Pada bagian (b) yang merupakan perlakuan selama 3 jam dengan temperatur 60°C, terlihat adanya rongga meskipun tidak terlalu besar dan fibril yang mencuat. Rongga terjadi akibat hilangnya zat ekstraktif dari serat.



Gambar 4.11 Morfologi Permukaan Horizontal Serat Sisal dengan Perlakuan Selama 4 jam dan (a) temperatur 50°C, (b) temperatur 60°C, dan (c) temperatur 70°C

Pada gambar 4.11 bagian (a) dimana merupakan morfologi permukaan serat sisal dengan perlakuan selama 4 jam dengan temperatur 50°C, terlihat masih adanya kotoran yang menempel. Hal tersebut terjadi karena proses penghilangan kotoran belum sempurna. Namun terdapat fibril yang memuat menandakan telah terjadinya pengurangan jumlah lignin dan hemiselulosa. Pada gambar bagian (b), perlakuan dilakukan selama 4 jam dengan temperatur 60°C. Terlihat bahwa rongga yang terjadi lebih besar dibandingkan dengan perlakuan sebelumnya. Hal tersebut terjadi karena zat ekstraktif yang hilang lebih banyak jumlahnya. Pada gambar bagian (c) terdapat lebih banyak rongga dengan ukuran yang lebih besar. Rongga tersebut menyebabkan kekasaran permukaan. Fibril yang memuat dari bagian utama menyebabkan kekasaran permukaan pula. Hal ini terjadi karena lebih banyak zat ekstraktif yang telah lepas dari serat.



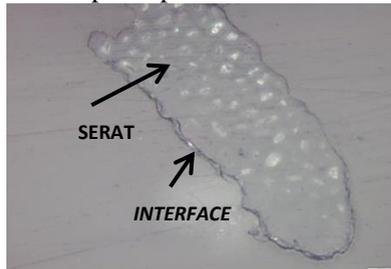
Gambar 4.12 Morfologi Permukaan Horizontal Serat Sisal dengan Perlakuan Selama 5 jam dan (a) temperatur 50°C, (b) temperatur 60°C, dan (c) temperatur 70°C

Gambar 4.12 merupakan gambar morfologi permukaan serat sisal dengan perlakuan selama 5 jam. Pada bagian (a) dilakukan pada temperatur 50°C terlihat kekasaran permukaan akibat hilangnya zat ekstraktif. Pada bagian (b) perlakuan dilakukan pada temperatur 60°C. Terlihat rongga yang cukup besar maka zat ekstraktif yang hilang lebih banyak. Pada bagian (c)

terlihat bahwa rongga yang terjadi sangat besar. Terdapat juga kekasaran permukaan dan lebih banyak fibril yang terpisah.

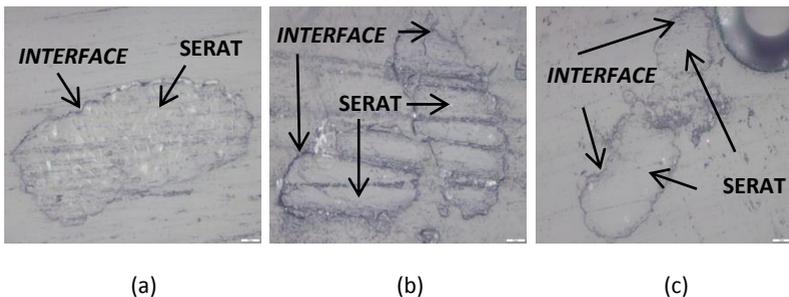
#### 4.2.2 Pengamatan Morfologi Vertikal Serat Sisal

Pengamatan morfologi serat sisal secara vertikal dilakukan di Laboratorium Metalurgi Teknik Mesin ITS menggunakan mikroskop optik. Perbesaran yang digunakan adalah 500x untuk setiap sampel.



Gambar 4.13 Morfologi Permukaan Vertikal Serat Sisal Tanpa Perlakuan

Gambar 4.13 merupakan morfologi permukaan serat sisal tanpa perlakuan secara vertikal. Serat tidak membentuk lingkaran sempurna namun berbentuk utuh tidak terbelah. Pada gambar tersebut terlihat sangat jelas bahwa terdapat lapisan yang cukup tebal yang membuat matrik tidak dapat melekat dengan baik pada serat. Hal tersebut membuat *interface* antara matrik dan serat tidak baik.



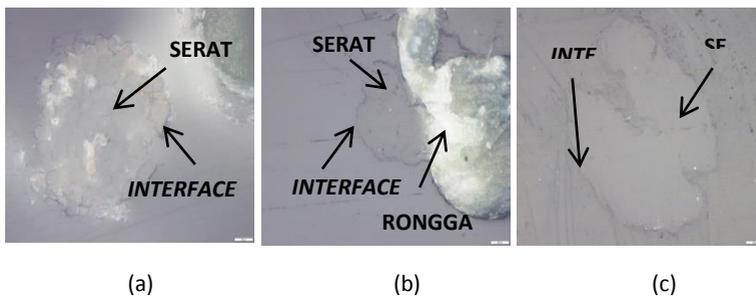
(a)

(b)

(c)

Gambar 4.14 Morfologi Permukaan Vertikal Serat Sisal dengan Perlakuan Selama 3 jam dan (a) temperatur 50°C, (b) temperatur 60°C, dan (c) temperatur 70°C

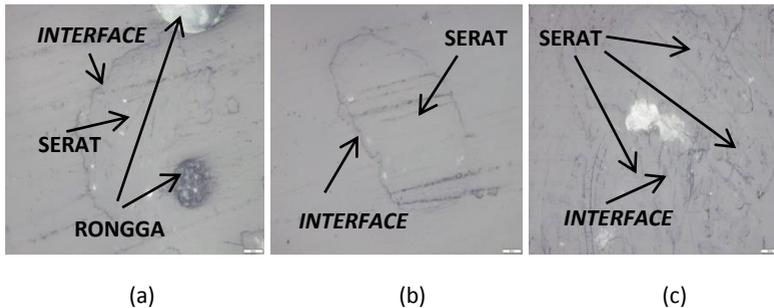
Gambar 4.14 merupakan morfologi permukaan serta sisal dengan perlakuan selama 3 jam. Bagian (a) merupakan perlakuan dengan temperatur 50°C. *Interface* yang terlihat hampir sama dengan yang terlihat pada serat tanpa perlakuan. Namun, terdapat beberapa bagian yang lebih menyatu dengan matrik. Pada bagian (b) perlakuan terjadi pada temperatur 60°C. Serat terbelah menjadi dua bagian. *Interface* yang terjadi lebih baik jika dibandingkan dengan perlakuan pada temperatur 50°C. Pada bagian (c) perlakuan terjadi pada temperatur 70°C. Serat terbagi menjadi 2 bagian besar dan 1 bagian kecil. Matrik terlihat lebih melekat pada serat sehingga *interface* yang terjadi cukup baik.



Gambar 4.15 Morfologi Permukaan Vertikal Serat Sisal dengan Perlakuan Selama 4 jam dan (a) temperatur 50°C, (b) temperatur 60°C, dan (c) temperatur 70°C

Gambar 4.15 merupakan morfologi serat sisal secara vertikal dengan perlakuan selama 4 jam. Pada bagian (a) perlakuan pada temperatur 50°C. Serat tetap menjadi satu bagian dan matrik terlihat dapat melekat pada serat dengan cukup baik. Bagian (b) merupakan perlakuan dengan temperatur 60°C. Lapisan yang terbentuk tidak terlalu tebal dan lebih menyatu antara matrik dengan serat sehingga *interface* yang terbentuk lebih baik. Pada bagian (c) perlakuan terjadi dengan temperatur

70°C. Terlihat bahwa lapisan antara serat dengan matrik tidak tebal. Ikatan yang terjadi antara matrik dengan serat sangat baik.



Gambar 4.16 Morfologi Permukaan Vertikal Serat Sisal dengan Perlakuan Selama 5 jam dan (a) temperatur 50°C, (b) temperatur 60°C, dan (c) temperatur 70°C

Gambar 4.16 merupakan morfologi permukaan serat sisal dengan perlakuan selama 5 jam. Pada bagian (a) perlakuan pada temperatur 50°C, serat terlihat cukup menyatu dengan matrik. Pada bagian (b) terlihat bahwa matrik dapat melekat ke serat dengan baik. Pada bagian (c), perlakuan terjadi pada temperatur 70°C. Serat di dalam matrik telah terbagi menjadi beberapa bagian. Namun terlihat bahwa matrik pada melekat pada serat dengan baik.

### 4.3 Kekuatan Tarik Serat Sisal Tunggal

Pengujian kekuatan tarik serat sisal tunggal menggunakan mesin tarik di Laboratorium Metalurgi Teknik Mesin ITS Surabaya. Pengujian tarik serat tunggal dilakukan dengan laju pembebanan 10,0 mm/min . Gambar 4.17 menunjukkan pengujian tarik serat sisal tunggal.

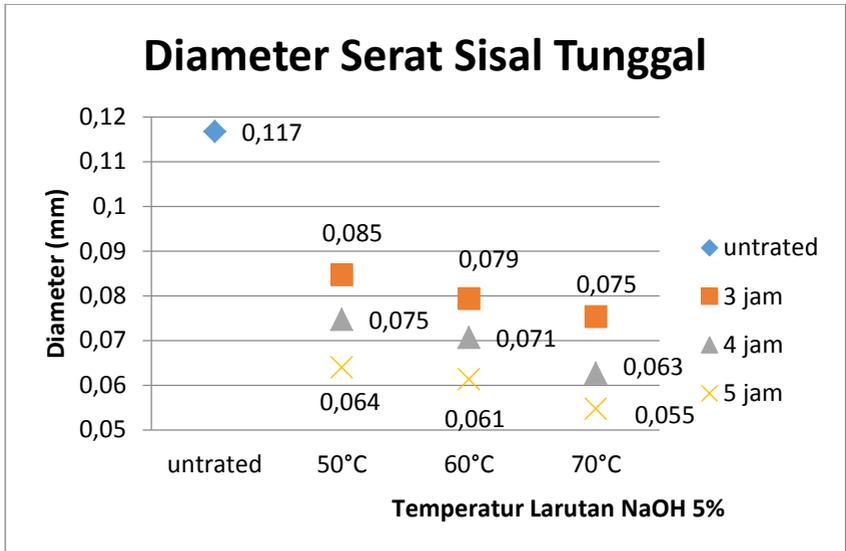


Gambar 4.17 Pengujian Tarik Serat Sisal Tunggal

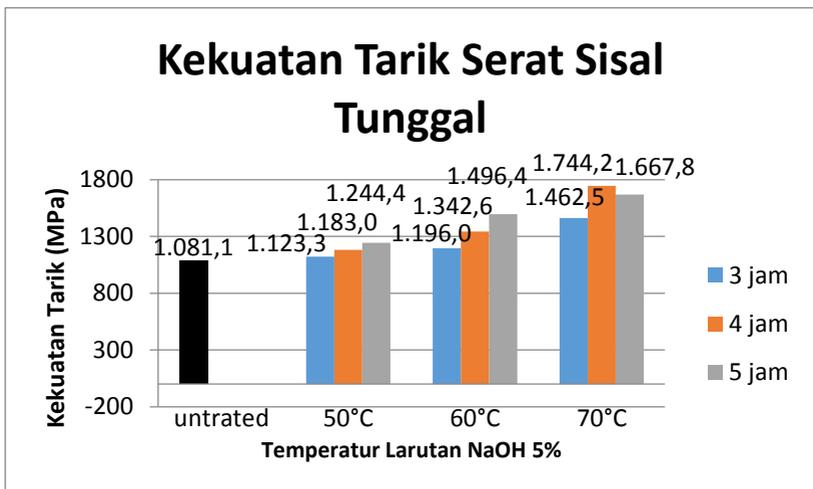
Hasil yang didapatkan dari pengujian tarik tersebut adalah nilai gaya tarik maksimum,  $F_{\max}$  (N) saat serat mengalami patah. Tegangan tarik akan didapatkan dengan membagi antara  $F_{\max}$  dengan luasan serat. Gambar 4.18 merupakan grafik perbandingan diameter serat sisal sebelum dan sesudah diberi perlakuan. Grafik 4.1 merupakan kekuatan tarik dari serat sisal tunggal. Pada gambar 4.19 dapat dilihat perbandingan kekuatan tarik serat sisal tunggal yang tidak dikenai perlakuan dan yang telah dikenai perlakuan.

Tabel 4.1 Kekuatan Tarik Serat Sisal Tunggal

	UNTREATED	50°C	60°C	70°C
UNTREATED	1.081,1			
3 jam		1.123,3	1.196,0	1.462,5
4 jam		1.183,0	1.342,6	1.744,2
5 jam		1.244,4	1.496,4	1.667,8



Gambar 4.18 Grafik Perbandingan Diameter Serat Sisal



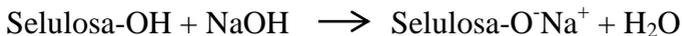
Gambar 4.19 Perbandingan Kekuatan Tarik Serat Sisal Tunggal

Pada gambar 4.18 terlihat bahwa terdapat penurunan diameter pada setiap penambahan waktu dan temperatur perlakuan. Serat sisal yang tidak diberi perlakuan memiliki rata-rata diameter sebesar 0,117 mm. Pada serat sisal yang dikenai perlakuan, diameter terbesar terdapat pada serat sisal dengan perlakuan selama 3 jam dengan temperatur 50°C yaitu sebesar 0,085 mm. Sedangkan diameter terkecil adalah serat sisal dengan perlakuan 5 jam dengan temperatur 70°C yaitu sebesar 0,055 mm.

Diameter serat yang diberi perlakuan lebih kecil dibandingkan dengan serat sisal yang tidak diberi perlakuan karena NaOH 5% melarutkan dan menghidrolisis beberapa unsur dari serat seperti pengotor, hemiselulosa dan lignin. Semakin tinggi temperatur dan lama perendaman, maka akan semakin kecil diameter dari serat sisal.

Dari gambar 4.19 didapatkan bahwa kekuatan tarik serat sisal tunggal tanpa perlakuan sebesar 1.081,1 MPa. Kekuatan tarik serat sisal tunggal mengalami kenaikan. Pada perlakuan selama 3 jam dengan temperatur 50°C, kekuatan tarik serat sisal menjadi 1.123,3 MPa. Kekuatan serat sisal paling tinggi didapatkan pada perlakuan selama 4 jam dengan temperatur 70°C yaitu sebesar 1.744,2 MPa. Sedangkan pada perlakuan selama 5 jam dengan temperatur 70°C, mengalami penurunan dibandingkan dengan perlakuan selama 4 jam pada suhu yang sama yaitu sebesar 1.667,8 MPa.

Kenaikan kekuatan serat sisal berbanding lurus dengan bertambahnya persentase selulosa. Sedangkan semakin tinggi temperatur dan lama perendaman, diameter serat akan berkurang. Hal ini dapat terjadi dikarenakan terdapat perubahan sifat material dari serat sisal. Pada saat serat sisal dikenai perlakuan dengan NaOH 5%, terjadi reaksi kimia sebagai berikut :



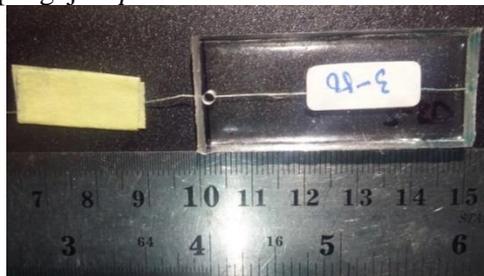
Gugus OH pada selulosa berikatan dengan ion  $\text{Na}^+$  menjadi Na-Selulosa I. Na-Selulosa I memiliki struktur kristal seperti selulosa II, dimana struktur kristal tersebut adalah struktur kristal selulosa

paling stabil dan kuat [Gyosuke, 1996]. Maka hal ini menjelaskan bahwa perlakuan selama 4 jam dengan temperatur 70°C memiliki kekuatan tarik serat tunggal tertinggi karena memiliki Na-Selulosa lebih banyak.

Pada perlakuan 5 jam dengan temperatur 70°C kekuatan tarik mengalami penurunan dibandingkan perlakuan 4 jam di temperatur yang sama. Hal ini mengindikasikan selulosa mulai terhidrolisis sehingga membentuk rantai yang lebih lemah dan tidak stabil [Yudhanto, 2016].

#### 4.4 Kekuatan Geser pada *Interface*

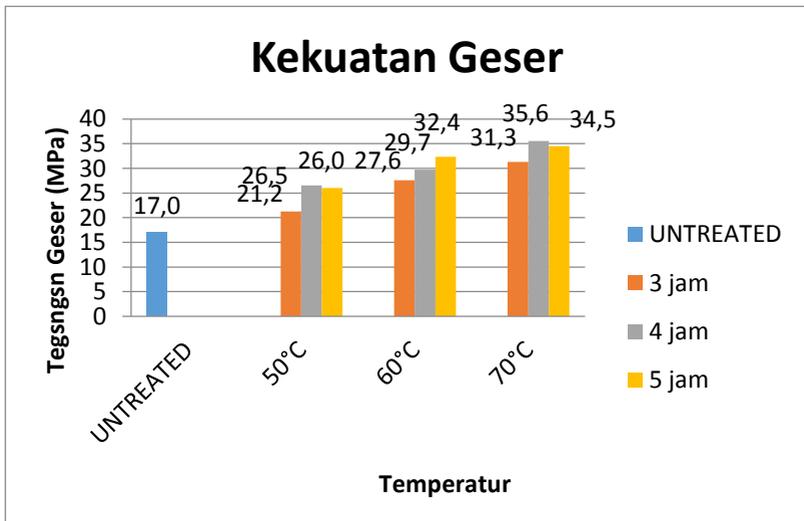
Kekuatan geser pada *interface* pada komposit serat sisal-epoxy dapat diuji menggunakan metode uji *pull out*. Pengujian *pull out* dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin ITS. Pada metode *pull out*, serat sisal yang digunakan adalah serat sisal yang memiliki rata-rata diameter 0,1 mm setiap sample. Gambar 4.20 merupakan bentuk spesimen dari uji *pull out*. Gambar 4.21 merupakan pengujian *pull out*.



Gambar 4.20 Spesimen Uji *Pull out*



Gambar 4.21 Pengujian *Pull out*

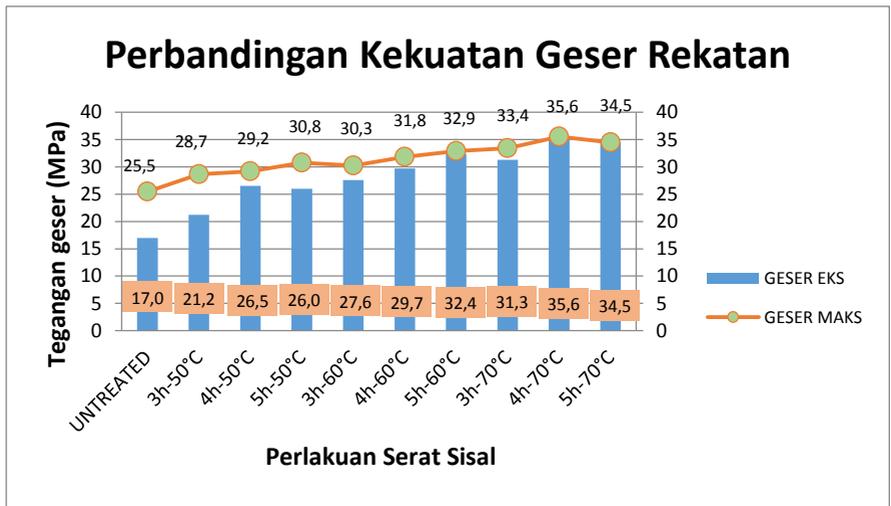


Gambar 4.22 Perbandingan Kekuatan Geser pada *Interface*

Pada gambar 4.22 terlihat bahwa kekuatan geser terkecil dimiliki oleh serat sisal tanpa perlakuan yaitu sebesar 16,99 MPa. Pada durasi perendaman yang sama, tiap kenaikan temperatur

mengakibatkan kenaikan tegangan geser pula. Kekuatan geser terbesar dimiliki oleh serat sisal dengan perlakuan selama 4 jam dengan temperatur 70°C yaitu 35,56 MPa.

Peningkatan kekuatan geser seiring dengan meningkatnya durasi dan temperatur perendaman disebabkan oleh berkurangnya zat ekstraktif pada serat. Berkurangnya zat ekstraktif membuat matrik dapat berikatan dengan serat secara lebih baik sehingga *interface* menjadi lebih baik.

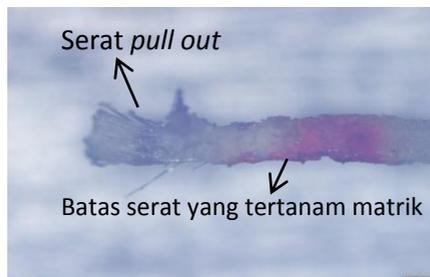


Gambar 4.23 Perbandingan Kekuatan Geser Eksperimen dan Maksimal

Pada gambar 4.23, didapatkan perbandingan antara kuat geser eksperimen dengan kuat geser maksimal apabila gaya yang diberikan adalah gaya geser maksimal. Kuat geser maksimal didapatkan dengan memasukkan gaya tarik serat tunggal dengan diameter rata-rata 0,1 mm (sama dengan serat pada komposit spesimen uji *pull out*). Pada gambar 4.23 terlihat bahwa serat yang tidak diberi perlakuan memiliki kekuatan geser sebesar 17 MPa sedangkan kekuatan geser maksimal didapatkan 35,56 MPa.

Pada perlakuan selama 4 jam dengan temperatur 70°C memiliki kekuatan geser eksperimen dan kekuatan geser maksimal sama besar yaitu 35,6 MPa.

Pada serat sisal yang tidak diberi perlakuan, selisih antara kekuatan geser eksperimen dengan kekuatan geser maksimal cukup jauh. Hal ini terjadi akibat pada saat pengujian *pull out*, spesimen mengalami *pull out* seperti yang terlihat pada gambar 4.24. *Pull out* pada serat sisal tanpa perlakuan terjadi akibat masih banyaknya zat ekstraktif berupa lignin, hemiselulosa, dan kotoran yang menghalangi ikatan antara serat dengan matrik sehingga kekuatan ikatan *interface* antara serat dengan matrik lemah.



Gambar 4.24 Patahan *Pull out* Spesimen Serat Tanpa Perlakuan (perbesaran 50x)

Semakin meningkat durasi dan temperatur perendaman, maka selisih antara gaya geser eksperimen dengan gaya geser maksimal akan semakin sedikit. Pada perlakuan alkali selama 5 jam dengan temperatur 50°C, mempunyai kekuatan geser eksperimen sebesar 26 MPa dan kekuatan geser maksimalnya adalah 30,3 MPa. Patah yang terjadi pada perlakuan tersebut adalah *pull out* namun hanya sebagian seperti pada gambar 4.25. Pada perlakuan selama 4 jam dengan temperatur 70°C dan perlakuan selama 5 jam dengan temperatur 70°C memiliki kekuatan gaya geser eksperimen yang sama dengan kekuatan gaya geser maksimal yaitu sebesar 35,6 MPa dan 34,5 MPa. Pada perlakuan selama 4 jam dengan Hal ini disebabkan oleh zat

ekstraktif yang terkandung dalam serat telah menipis sehingga matrik dan serat dapat berikatan dengan baik dan menghasilkan kekuatan ikatan *interface* yang lebih baik.



Gambar 4.24 Patahan Pull Out Sebagian pada Perlakuan 5jam-50°C

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari penelitian dan analisa yang telah dilakukan maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan pengujian kandungan kimia didapatkan bahwa semakin lama dan tinggi temperatur perendaman dengan NaOH 5%, maka kandungan pengotor, hemiselulosa dan lignin akan semakin berkurang. Apabila terlalu tinggi temperatur dan lama perendaman, selulosa akan terhidrolisis. Kandungan selulosa optimum terdapat pada perlakuan NaOH 5% selama 4 jam dengan temperatur 70°C sebesar 89%. Kandungan hemiselulosa paling minimum pada perlakuan selama 4 jam dengan temperatur 70°C sebesar 5%. Kandungan pengotor dan lignin minimum pada perlakuan 5 jam dengan temperatur 70°C sebesar 1% dan 4%.
2. Kekuatan tarik serat sisal tunggal berbanding lurus dengan kandung selulosa di dalam serat sisal. Kekuatan tarik serat sisal tertinggi terdapat pada perlakuan selama 4 jam dengan temperatur 70°C sebesar 1.744,2 Mpa.
3. Berdasarkan hasil pengujian *pull out*, perlakuan selama 4 jam dengan temperatur 70°C mempunyai hasil kekuatan geser yang paling baik yaitu sebesar 35,6 MPa.
4. Perlakuan alkali NaOH 5% dengan durasi perendaman 4 jam dan temperataur larutan 70°C dapat meningkatkan kekuatan ikatan interface secara maksimal.

#### **5.2 Saran**

Adapun saran yang penulis berikan untuk menunjang penelitian ini diantaranya:

1. Serat sisal yang tidak diberi perlakuan maupun telah diberi perlakuan dianjurkan disimpan dalam tempat yang dapat menjaga kelembaban serat.

2. Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik dalam pengamatan morfologi, dibutuhkan pengujian menggunakan alat SEM
3. Penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan menggunakan jenis serat yang berbeda dan range variasi yang lebih sempit.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agarwal, B., 1990. *Analysys and Performance of Fiber Composite*. Wiley Interscine, USA.
- BBSDLP (Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. 2008. *Potensi dan Ketersediaan Sumber Daya Lahan untuk Perluasan Areal Pertanian*. BBSDLP, Bogor.
- Chand N., dkk. 1988. *Bibliography Resource Structure Properties of Natural Cellulosic Fibres : An Annotated Bibliography*. Journal of Material Science. No. 23.pp.381-387.
- Chawla, K., 1987. *Composite Material : Science and Engineering-Springer Verlag*. CRC Press, New York.
- Datta, R. 1981. *Achidogenic fermentation of lignocellulose-acid yield and conversion of components*. Biotechnology and Bioengineering 23 (9) : 2167-2170.
- Deklarasi FAO. 2006. *International Year of Natural Fibres 2009 (IYNF 2009)*.
- Dewi, dkk. 2009. *Pengaruh Temperatur, Lama Pemasakan dan Konsentrasi Etanol pada Pembuatan Pulp Berbahan Baku Jerami Padi denngan Larutan Pemasak NaOH-Etanol*. Universitas Sriwijaya, Palembang.
- Diharjo, Kuncoro. 2006. *Pengaruh Perlakuan Alaklli terhadap Sifat Tarik Bahan Komposit Serat Rami-Polyester*. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik UNS, Surakarta.
- Direktorat Jendral Perhubungan Darat. 2013. *Perhubungan Darat Dalam Angka 2013*. Kementrian Perhubungan Republik Indonesia, Jakarta.
- Fengel, D. 1995. *Kayu : Kimia, Ultrastuktur, Reaksi-Reaksi*. Terjemahan. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

- Gyosuke Meshitsuka, A. I. 1996. *Chemical Structure of Cellulose, Hemicelluloses, and Lignin*. Marcel Dekker Inc, New York.
- Hariyanto, S., 2007. *Pengaruh Perlakuan Alkali Terhadap Sifat tarik Komposit Bempkuat Serat Aren dengan Matrik Polyester*. Universitas Muhammadiyah, Yogyakarta.
- Holbery J, Houston D. 2006. *Natural-Fiber-Reinforced Polymer Composite in Automotive Application*. Journal of the Mineral, Metals and Material Society, 58(11), 80-86.
- Khoiruddin, Muhammad. 2013. *Studi Perbandingan Panjang Kristis pada Beberapa Macam Serat Alam dengan Metode Pull Out Fiber Test*. Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Jayaraman, K. 2003. *Manufacturing Sisal-Polypropylene Somposite with Minimum Fibre Degradation*. Compos. Sci. Technol. 63, 367-374.
- Leao A.L.,1998. *Application of Natural Fibers in Autimotive Industry in Brazil-Thermoforming Process, Science and Technology of Polymer and Advanced Materials*. Plenum Press, New York.
- Lokantara, Putu. 2007. *Analisis Arah dan Perlakuan Serat Tapis serta Rasio Epoxy Hardener terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Komposit Tapis/Epoxy*. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CAKRAM.
- Maryanti, Budha, dkk. 2011. *Pengaruh Alkalisasi Komposit Serat Kelapa-Poliester Terhadap Kekuatan Tarik*. Program Magister dan Doktor Fakultas Teknik UB, Malang.
- Murhejee P.S., Satyanarayana K.G. 1984. *Structure and properties of some vegetable fibres, part 1*. Sisal Fibre Journal of MateriL Science No. 19.pp.3925-3934.

- Robinson, Trevor. 1995. *Kandungan Organik Tumbuhan Tinggi*. Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Rong, Min Zhi. 2001. *The Effect of Fiber Treatment on The Mechanical Properties of Unidirectional Sisal-Reinforced Epoxy Composite*. Zhongshan University, Guangzhou.
- Schwartz, M.M., 1984. *Composite Material Handbook*. Mc Graw-Hill, Singapura.
- Sumardi, dkk. 2003. *Rekayasa dan Manufaktur Bahan Komposit Berpenguat Serat Limbah Pisang Sebagai Bahan Interior Otomotif dan Pesawat Terbang*. Hibah Bersaing X, DP3M-Dikti, Jakarta.
- Supriyadi, dkk. 1996. *Panduan Budidaya Tanaman Agave*. Balai Penelitian Tembakau dan Tanaman Serat, Malang.
- Suratno. *Pengaruh Kondisi Perlakuan Serat Kayu Terhadap Sifat Mekanis dari Komposit Serat Kayu-Polipropilena*. Sentra Teknologi Polimer (STP)-BPPT, Tangerang.
- Timell, T. E. 1967. *Recent progress in The Chemistry of Wood hemicellulose*. *Wood Science and Technology*, vol 1.
- Wijoyo, dkk. 2011. *Pengaruh Perlakuan Permukaan Serat Nanas (Ananas Comosus Lmerr) Terhadap Kekuatan Trik dan Kemampuan Rekat Sebagai Bahan Komposit*. Fakultas Teknik Universitas Surakarta, Surakarta.
- Yudhanto, Feriawan, dkk. 2016. *Pengaruh Perlakuan Alkali Terhadap Kekuatan Tarik dan Wettability Serat Alam Agave Sisalana Perrine*. Teknik Mesin UMY. Yogyakarta.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BIODATA PENULIS



**Meidina Fitriani Taures** merupakan anak kedua dari dua bersaudara dari pasangan Moch Farchan dan Taurina Indrawati, lahir di Surabaya pada 6 Mei 1995. Penulis menempuh pendidikan formal dimulai pada tahun 1999 hingga 2001 di TK Delta Asih Pertiwi. Kemudian pendidikan dasar pada tahun 2001 hingga 2007 pada SDN Margorejo 1 Surabaya. Lalu pendidikan menengah di SMP Negeri 6 Surabaya pada tahun 2007 hingga 2010. Kemudian melanjutkan pendidikan di SMA Negeri 15 Surabaya pada tahun 2010 hingga 2013. Penulis melanjutkan pendidikan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya dengan mengambil jurusan Teknik Mesin angkatan 2013 dan 'M56' dengan NRP 2113100035.

Selama masa perkuliahan, penulis banyak mendapatkan kesempatan mengembangkan potensi di bidang akademik maupun non-akademik. Pada bidang non-akademik, penulis aktif di organisasi mahasiswa Mesin Music Club (MMC) dengan menjabat sebagai Staf HRD 2014-2015 dan Staf Ahli HRD 2015-2016. Penulis juga aktif mengikuti kegiatan laboratorium Metalurgi yaitu sebagai grader dan asisten praktikum. Untuk informasi dalam kepentingan penelitian, penulis dapat dihubungi melalui email [taures266@gmail.com](mailto:taures266@gmail.com)