

**PENGARUH VARIASI FRAKSI VOLUME SERAT DAUN LONTAR
(*Borassus flabelifer*) TERHADAP SIFAT FISIK DAN SIFAT MEKANIK
KOMPOSIT *POLYESTER***

SKRIPSI



NINIS NURHIDAYAH

**PROGRAM STUDI S-1 FISIKA
DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS AIRLANGGA
2016**

**PENGARUH VARIASI FRAKSI VOLUME SERAT DAUN LINTAR
(Bananas Fibre) TERHADAP SIFAT FISIK DAN SIFAT MEKANIS
KOMPOSIT POLYESTER**

SKRIPSI

Sebagai Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains Bidang Teknik Pada
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Airlangga
Surabaya

Oleh :

NINIS NURHIDAYAH

001201331143

Tanggal Lulus : 19 Juli 2014

Disetujui Oleh :

Pembimbing I

Pembimbing II


Drs. Eloni Irah Radwanita, M.Si
NIP. 19680201 142903 1 004


Jun Ayu, S.Si, M.Si
NIP. 19720126 200212 1 003

LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI

Judul : Pengaruh Variasi Fraksi Volume Serat Dan Lentera
(Mencampur /mabulifer) Terhadap Sifat Fisis dan Sifat
Mekanik Komposit Polyster

Penyusun : Ninis Nurhidayah

NIM : 081211331143

Pembimbing I : Drs. Djoni Isak Rudyardja, M.Si

Pembimbing II : Jan Ady, S.Si, M.Si

Tanggal seminar : 19 Juni 2016

Disetujui oleh :

Pembimbing I

Pembimbing II



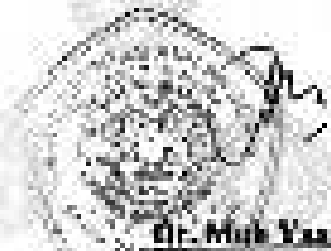
Dr. Djoni Isak Rudyardja, M.Si
NIP. 19680201 199701 1 004



Jan Ady, S.Si, M.Si
NIP. 19720128 200212 1 002

Mengesahui,

Ketua Departemen Fisika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Airlangga



Dr. Muk Yasin, M.Si
NIP. 19670313 199102 1 001

PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI

Skripsi ini tidak dipublikasikan, namun tersedia di perpustakaan dalam lingkungan Universitas Airlangga, diperkenankan untuk dipakai sebagai referensi kepustakaan, tetapi pengutipan harus seizin penyusun dan harus menyebutkan sumbernya sesuai kebiasaan ilmiah.

Dokumen skripsi ini merupakan hak milik Universitas Airlangga.

SURAT PERNYATAAN TENTANG ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya...

Nama : Ninis Nurhidayah

NIM : 081211331142

Program Smd : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi Universitas Airlangga

Jurusan : Sastra (S1)

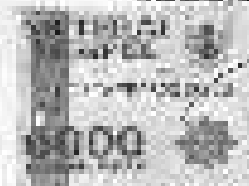
Mengatakan bahwa saya tidak melakukan tindakan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul :

PENGARUH VARIASI FRAKSI VOLIUME SERAT DAUN LONTAR (Borassia Javanica) TERHADAP SIFAT FISIKA DAN SIFAT MEKANIK KOMPOSIT POLYESTER

Seandainya suatu saat nanti terdapat perubahan tindakan plagiat, maka saya menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Hormatinya surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya

Gendangsari, 19 Juli 2016



Ninis Nurhidayah

081211331142

Ninis Nurhidayah, 2012, Pengaruh Variasi Fraksi Volume Serat Daun Lontar (*Borassus flabelifer*) Terhadap Sifat Fisik dan Sifat Mekanik Komposit *Polyester*. Skripsi di bawah bimbingan Drs. Djoni Izak R., M.Si dan Jan Ady, S.Si, M.Si. Program Studi S1 Fisika, Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga, Surabaya.

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang Pengaruh Variasi Fraksi Volume Serat Daun Lontar (*Borassus flabelifer*) Terhadap Sifat Fisik dan Sifat Mekanik Komposit *Polyester*. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh sifat fisik dan sifat mekanik komposit *polyester* dengan penguat serat daun lontar serta mengetahui presentase fraksi volume serat daun lontar (*Borassus Flabellifer*) agar diperoleh komposit *polyester* dengan karakteristik terbaik berdasarkan sifat fisik dan sifat mekanik. Bahan yang digunakan adalah serat daun lontar, resin *unsaturated polyester* 157 BQTN EX *Yukalac* dan katalis MEKPO. Serat daun lontar direndam dalam larutan NaOH konsentrasi 5% selama 2 jam. Pembuatan komposit dengan menggunakan metode cetakan terbuka. Variasi fraksi volume serat yang digunakan adalah 25%, 30%, 35%, 40% dan 45%. Pengujian yang dilakukan diantaranya, uji densitas komposit, uji kekuatan tarik, uji *bending* dan uji SEM (*Scanning Electron Microscopy*). Hasil penelitian komposit *polyester* dengan penguat serat daun lontar diperoleh densitas komposit tertinggi pada fraksi volume serat 45% yaitu 0,9409 gram/cm³, kekuatan tarik tertinggi pada fraksi volume serat 40% yaitu 90,71 MPa dan kekuatan *bending* tertinggi pada fraksi volume 35% yaitu 105,12 MPa

Kata kunci : *serat daun lontar, polyester, fraksi volume serat, densitas komposit, kekuatan tarik, kekuatan bending.*

Ninis Nurhidayah, 2016, The Influence of Fiber Volume Fraction Against Physical Properties and Mechanical Properties of Palmyra Leaf (*Borassus flabelifer*) Fiber Reinforced Polyester Composites. This Final Assignment under guidance Drs. Djoni Izak R., M.Si dan Jan Ady, S.Si, M.Si, Physics , Physics departement, Faculty of Science and technology, Airlangga University, Surabaya.

ABSTRACT

The research on influence of Fiber Volume Fraction Against Physical Properties and Mechanical Properties of Palmyra Leaf (*Borassus flabelifer*) Fiber Reinforced Polyester Composites. The main of the research is to determine the effect of physical properties and mechanical properties of composite polyester with reinforcement palmyra leaf fiber and knowing the percentage of fiber volume fraction palm leaf (*Borassus flabellifer*) in order to obtain a composite of polyester with the best characteristics based on physical properties and mechanical properties. The materials are palmyra leaf fibre, Unsaturated Polyester Resin 157 BQTN-EX Yukalac and MEKPO catalyst. Palmyra leaf fibers are treated with solution of NaOH concentration 5% for 2 hours. The composites are fabricated by open mold method. Variations of the fiber volume fraction used were 25%, 30%, 35%, 40% and 45%. Tests were performed among other things, the composite density test, tensile strength test, bending test and test SEM (Scanning Electron Microscopy). The results of the study of composite polyester fiber reinforcement composite palmyra leaf density are highest at 45% fiber volume fraction is 0.9409 g / cm³, the highest tensile strength fiber volume fraction of 40% ie 90.71 MPa and bending strength highest fiber volume fraction of 35% is 105,12 MPa.

Key words: *palmyra leaf fiber, polyester, fiber volume fraction, density, tensile strength, bending strength.*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis haturkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas izin-Nya sehingga skripsi yang berjudul **“Pengaruh Variasi Fraksi Volume Serat Daun Lontar (*Borassus flabelifer*) Terhadap Sifat Fisik dan Sifat Mekanik Komposit Polyester”** dapat terselesaikan dengan baik. Skripsi ini merupakan syarat untuk memperoleh gelar sarjana S1 Fisika di Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga.

Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terimakasih sedalam-dalamnya kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, bapak Marjuki dan ibu Asidah. Skripsi ini ku persembahkan untuk kalian, doa, air mata, pikiran, jerih payah serta kasih sayang yang kalian limpahkan tak akan terbalas oleh apapun. Terima kasih atas semuanya semoga Allah senantiasa membalas kebaikannya.
2. Nurul Erliana, kakak tercinta terima kasih sudah menjadi kakak yang selalu ada dan siap untuk dimintai bantuan.
3. Bapak Drs. Djoni Izak R., M.Si sebagai pembimbing I yang telah membimbing penulis dari awal proposal, diskusi hingga penyelesaian skripsi ini serta atas ide-ide, dukungan dan saran yang diberikan.
4. Bapak Jan Ady, S.Si, M.Si sebagai pembimbing II atas masukan, bimbingan, bantuan dan dukungan yang diberikan hingga penyelesaian skripsi ini.
5. Ibu Dr. Ir. Aminatun, M.Si sebagai penguji I yang telah memberi masukan dan bimbingan, semoga Allah membalas semua kebaikan beliau.
6. Bapak Drs. Pujiyanto, M.S sebagai penguji II yang telah memberi masukan dan bimbingan, semoga Allah membalas semua kebaikan beliau.
7. Seluruh dosen Departemen Fisika, terima kasih untuk ilmu yang sudah diberikan, semoga ilmu ini menjadi ilmu yang bermanfaat dunia dan akhirat.
8. Pak Deni sebagai asisten Laboratorium Bengkel Elektronika atas bantuannya dalam proses pengerjaan penelitian.

9. Maya Ardiati yang menjadi sahabat dan *partner* di laboratorium hingga skripsi ini dapat terselesaikan, semoga diberi kelancaran dalam menyelesaikan skripsi.
10. Siti Zumrokatus Sholikhah dan Diana Ega Rani sahabat dan teman seperjuangan yang selalu setia menemani dari awal kuliah sampai terselesaikannya skripsi ini, semoga diberi kesuksesan dan kelancaran mencapai cita-citanya.
11. Faridhatul Khasanah, sahabat dan teman yang tetap semangat dengan keadaan apapun, semoga kesuksesan menyetaimu kawan.
12. Indra Meldia Putra, yang selalu memberikan support dan semangat terima kasih semoga Allah membalas kebajikannya.
13. Teman – teman kos (Azizah, Zum, Ririn, Tarini, Devi, Faizah, Endra, Atul, Ima, Rahma, Dita, Nita dan Della) kita adalah keluarga kecil bahagia. Terima kasih telah mengisi hari-hari dengan keceriaan, sukses selalu untuk kita semua.
14. Teman – teman Fisika dan HIMAFI angkatan 2012 Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga.
15. Semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung turut membantu sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Untuk itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi tercapainya kesempurnaan. Semoga apa yang telah dituliskan dalam skripsi ini dapat bermanfaat.

Surabaya, 04 Agustus 2016

Penulis

Ninis Nurhidayah

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR JUDUL	i
LEMBAR PERNYATAAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI	iv
SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Batasan Masalah	5
1.4 Tujuan Penelitian	6
1.5 Manfaat Penelitian	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Material Komposit	8
2.2 Komposit Serat	10
2.3 <i>Unsaturated Polyester Resin (UPR)</i>	12
2.4 Serat Daun Lontar (<i>Borassus flabellifer</i>)	15
2.5 Fraksi Volume Serat	18
2.6 Metode Hand Lay Up	19
2.7 Karakterisasi Komposit	20
2.7.1 Uji Densitas	21
2.7.2 Uji Kekuatan Tarik (<i>Tensile Strength</i>)	21

2.7.3 Uji <i>Bending</i>	22
2.7.4 Uji <i>Scanning Elektron Microscopy</i> (SEM)	24
BAB III METODE PENELITIAN	28
3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan.....	28
3.2 Bahan Penelitian	28
3.3 Alat Penelitian	28
3.4 Prosedur Penelitian	29
3.5 Pelaksanaan Penelitian	31
3.5.1 Persiapan Alat dan Bahan.....	31
3.5.2 Perlakuan Serat Daun Lontar.....	32
3.5.3 Proses Pencetakan Sampel.....	33
3.6 Karakterisasi Sampel	36
3.6.1 Uji Densitas	36
3.6.2 Uji Kekuatan Tarik (<i>Tensile Strength</i>)	36
3.6.3 Uji <i>Bending</i>	38
3.6.4 Uji SEM (<i>scanning Electron Microscopy</i>).....	39
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	41
4.1 Hasil Uji Densitas Komposit	41
4.2 Hasil Uji Kekuatan Tarik.....	43
4.3 Hasil Uji Kekuatan <i>Bending</i> (Lengkung)	48
4.4 Hasil Uji <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM)	50
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	56
5.1 Kesimpulan	56
5.2 Saran	57
DAFTAR PUSTAKA	58
LAMPIRAN	61

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul Gambar	Halaman
2.1	Komposisi Komposit	9
2.2	Serat daun lontar	17
2.3	Proses pembuatan komposit dengan metode <i>Hand Lay Up</i>	20
2.4	Pemasangan benda uji pada uji bending	23
2.5	Skema <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM)	25
3.1	Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian	28
3.2	Serat Kering	30
3.3	Perlakuan Alkali Serat	31
3.4	Cetakan Komposit	32
3.5	Proses Pencetakan Sampel	33
3.6	Sampel Komposit Polyester dengan Penguat Serat Daun Lontar	33
3.7	Alat <i>Torse Unversal Testing Machine</i> .	35
3.8	Alat Pengujian <i>Bending</i>	36
3.9	Alat SEM (<i>scanning Electron Microscopy</i>)	37
4.1	Grafik Hubungan Densitas Terhadap Fraksi Volume Serat	42
4.2	Grafik Hubungan Kekuatan Tarik Terhadap Fraksi Volume Serat	44
4.3	Grafik Hubungan Elongasi Terhadap Fraksi Volume Serat	46
4.4	Grafik Hubungan Modulus Tarik Terhadap Fraksi Volume Serat	47
4.5	Grafik Hubungan antara Kekuatan Lengkung Terhadap Fraksi Volume Serat	49
4.6	Hasil Uji SEM Permukaan pada Fraksi Volume Serat 25% dengan Perbesaran 50 kali	51
4.7	Hasil Uji SEM Permukaan pada Fraksi Volume Serat 25% dengan Perbesaran 1000 kali	51

4.8	Hasil Uji SEM Permukaan pada Fraksi Volume Serat 45% dengan Perbesaran 50 kali	52
4.9	Hasil Uji SEM Permukaan pada Fraksi Volume Serat 45% dengan Perbesaran 1000 kali	52

DAFTAR TABEL

Nomor	Judul Tabel	Halaman
2.1	Spesifikasi <i>Polyester</i> BQTN 157-EX <i>Yukalac</i>	13
2.2	Klasifikasi tanaman <i>Borassus flabellifer</i>	16
4.1	Hasil Pengujian Densitas Komposit <i>Polyester</i> dengan Penguat Serat Daun Lontar	42
4.2	Hasil Pengujian Kekuatan Tarik Komposit <i>Polyester</i> dengan Penguat Serat Daun Lontar	44
4.3	Hasil Pengujian Kekuatan Lengkung Komposit <i>Polyester</i> dengan Penguat Serat Daun Lontar	48

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Judul Tabel	Halaman
1	Data Pehitungan Fraksi Volume	60
2	Data Perhitungan Fraksi Volume Serat Real	70
3	Data Hasil Pengujian Densitas	74
4	Data Hasil dan Perhitungan Uji Kekuatan Tarik	79
5	Data Hasil dan Perhitungan Kekuatan Lengkung (<i>bending</i>)	91
6	Dokumentasi Penelitian	89
7	Data Hasil Penelitian	93

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini penggunaan dan pemanfaatan komposit terus berkembang. Komposit mempunyai peran yang sangat besar dalam kehidupan sehari-hari baik pada bidang otomotif, rumah tangga maupun industri. Seiring perkembangannya komposit juga tidak hanya menggunakan serat sintetis seperti *E-Glass*, *Kevlar-49*, *Carbon/ Graphite*, *Silicone Carbide*, *Aluminium Oxide*, dan Boron, namun sudah ada bahan penguat komposit dari serat alam. Teknologi material komposit dengan menggunakan serat alam sebagai penguat telah banyak dikembangkan untuk dapat menggantikan serat sintetis. Komposit serat alam banyak digunakan sebagai interior mobil, peredam akustik, dan panel pintu. Penggunaan serat alam sebagai penguat komposit mempunyai beberapa keuntungan antara lain kekuatan spesifik dan modulusnya yang tinggi, densitas rendah, harga murah, emisi polusi yang lebih rendah dan dapat didaur ulang (Mukhopadhyay dkk. 2009).

Komposit merupakan gabungan dua atau lebih material yang berbeda secara fisik dan mekanik yang membentuk suatu material dengan sifat yang lebih unggul (Derek Hull, 1981). Komposit terdiri dari dua unsur penyusun yaitu matrik sebagai unsur pengikat (*bonding agent*) dan atau *filler* sebagai penguat. Komposit dapat dibagi berdasarkan bahan pengikat (matriks) dan bahan penguatnya, berdasarkan bahan pengikatnya dikenal beberapa jenis komposit yaitu Komposit Matriks Logam (KLM), Komposit Matriks Polimer (KMP) dan Komposit Matriks

Keramik (KMK). Sedangkan berdasarkan bahan penguatnya adalah komposit serat, komposit berlapis dan komposit partikel (J.R. Vinson, 2002).

Polyester adalah salah satu bahan yang dapat dijadikan unsur matriks atau pengikat dalam komposit. *Polyester* merupakan jenis resin *thermoset* yang berbentuk cair dengan viskositas yang relatif rendah. Resin ini memiliki sifat mengeras pada suhu kamar dengan penggunaan katalis tanpa menghasilkan gas sewaktu pengesetan seperti banyak resin lainnya. Resin ini banyak digunakan dalam aplikasi komposit pada dunia industri dengan pertimbangan harga relatif murah, pengeringan yang tepat, warna jernih, kestabilan dimensional dan mudah penanganannya (Billmeyer, 1984).

Material komposit yang berpenguat serat terutama serat alam merupakan material alternatif yang sangat menguntungkan bila dibandingkan dengan material alternatif lainnya. Komposit yang diperkuat dengan serat dapat digolongkan menjadi dua bagian yaitu komposit serat pendek dan komposit serat panjang. Serat panjang lebih kuat dibanding serat pendek. Panjang serat mempengaruhi kemampuan proses dari komposit serat. Serat panjang dapat meneruskan beban maupun tegangan dari titik tegangan ke arah serat yang lain (Schwart, 1984).

Komposit *polyester* berbasis serat sangat beragam, baik itu dari variasi matrik sebagai pengikat maupun serat sebagai bahan penguat. Serat alam dapat digunakan sebagai penguat komposit matrik sintetis maupun alami. Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi komposit serat. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa orientasi serat sudut acak sangat berpengaruh terhadap nilai kekuatan tarik dan impak komposit (Sriwita, 2014). Perbedaan variasi fraksi

volume serat juga mempengaruhi ketangguhan dan keuletan suatu spesimen. Variasi fraksi volume serat dapat mempengaruhi kekuatan *bending* dan kekuatan dampak komposit (Wona dkk. 2015). Ukuran serat juga berpengaruh, menggunakan serat sabut kelapa yang tipis (diameter kecil) sebagai penguat komposit menunjukkan bahwa kekuatan tarik komposit relatif lebih baik dan analisis retaknya menunjukkan ikatan yang lebih baik antara serat dan matriks (Azwar, 2009). Perlakuan secara kimia juga berpengaruh terhadap kekuatan komposit. Perlakuan alkali pada serat sabut kelapa meningkatkan ikatan dengan matriks *polyester* (Daud dkk. 2012). Komposit serat sabut kelapa menunjukkan kekuatan tarik, kekuatan lentur dan kekuatan dampak yang lebih baik pada alkali 5% dibanding dengan serat sabut kelapa tanpa perlakuan.

Serat daun lontar (*Borassus Flabellifer*) merupakan salah satu serat alam yang berpotensi sebagai penguat komposit. Selama ini masyarakat memanfaatkan daun lontar hanya sebagai bahan kerajinan rumah tangga dan belum diolah menjadi produk teknologi yang bernilai ekonomis tinggi. Indonesia sebagai negara dengan keanekaragaman hayati yang luas memiliki peluang yang besar untuk mengeksplorasi pemanfaatan bahan serat alam sebagai penguat material komposit. Sejauh ini beberapa institusi pendidikan dan penelitian sudah mulai melakukan penelitian penggunaan serat alam sebagai bahan penguat untuk komposit. Mulai dari serat kelapa, serat eceng gondok, serat aren, serat pisang, serat daun nanas dan serat daun lontar. Serat lontar (*Borassus Flabellifer*) bisa didapatkan dari serat buah, serat batang daun, serat tangkai daun dan serat daunnya sendiri.

Komposit *polyester* yang diperkuat dengan serat buah lontar dengan perlakuan kimia direndam dengan alkali mempunyai kekuatan kuat tarik, modulus dan kekuatan lentur yang lebih baik (Sudhakara, 2013). Untuk komposit *polyester* yang diperkuat dengan ekstraksi serat dari batang daun lontar dengan perlakuan kimia merendam dalam 1% NaOH dan panjang serat 50 mm memiliki peningkatan yang cukup signifikan dari kekuatan lentur. Pada panjang serat 50 mm, didapatkan kekuatan tarik maksimum komposit 42,65 MPa dan panjang serat diatas 50 mm memiliki penurunan kekuatan mekanik (Dabade, 2006). Komposit yang diperkuat dengan serat daun lontar pada fraksi volume serat 22,72% dan mendapatkan perlakuan kimia menampilkan kekuatan modulus tarik yang maksimum yaitu 1052,83 MPa lebih tinggi dari pada komposit yang tidak mendapat perlakuan kimia (Nadendla Srinivasababu, 2014).

Dalam penelitian ini akan digunakan serat daun lontar (*Borassus Flabellifer*) dengan perlakuan kimia menggunakan NaOH sebagai penguat pada komposit *polyester* dengan orientasi serat sejajar, menggunakan variasi fraksi volume serat. Untuk fraksi volume diatas 22,72 % belum diteliti, apakah mempunyai kekuatan tarik lebih tinggi atau lebih rendah. Dengan demikian dalam penelitian ini akan digunakan variasi fraksi volume serat antara 25%, 30%, 35%, 40% dan 45%. Jenis *polyester* yang digunakan adalah *polyester* BQTN 157-EX *Yukalac* dengan penambahan katalis *Metyl Etyl Keton Peroksida (MEKPO)* 1% dari volume resin untuk mempercepat proses pengeringan pada bahan matriks. Untuk mengetahui karakteristik serat daun lontar (*Borassus Flabellifer*) digunakan beberapa uji fisik dan mekanik yaitu uji densitas, uji kekuatan tarik

(*Tensile Strength*), uji *bending* dan uji *Scanning Elektron Microscopy* (SEM), sebagai penguat pada komposit sebelum diaplikasikan di beberapa industri agar penggunaannya dapat dioptimalkan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan latar belakang di atas maka rumusan masalahnya sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh penambahan variasi fraksi volume serat daun lontar (*Borassus Flabellifer*) terhadap sifat fisik dan sifat mekanik komposit *polyester*?
2. Berapakah persentase fraksi volume serat daun lontar (*Borassus Flabellifer*) agar diperoleh komposit *polyester* dengan karakter terbaik berdasarkan sifat fisik dan sifat mekanik?

1.3 Batasan Masalah

Permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini dibatasi dalam beberapa hal sebagai berikut :

1. Bahan penguat komposit adalah serat daun lontar (*Borassus Flabellifer*).
2. Matriks menggunakan resin *Polyester* BQTN 157-EX *Yukalac*.
3. Penambahan katalis *Metyl Etyl Keton Peroksida* (MEKPO) 1% dari volume resin yang berfungsi untuk mempercepat proses pengeringan pada bahan matriks suatu komposit.

4. Metode pembuatan spesimen menggunakan metode *hand lay up* (cetakan terbuka).
5. Perlakuan secara kimia dengan merendam serat daun lontar sebelum dicetak menggunakan NaOH konsentrasi 5% selama 2 jam.
6. Tidak membahas proses kimia yang terjadi, karena tinjauan pembahasan secara makroskopis.
7. Orientasi serat secara sejajar daun lontar (*Borassus Flabellifer*) pada spesimen komposit *polyester*.
8. Variasi fraksi volume serat sebesar 25%, 30%, 35%, 40% dan 45%.
9. Pengujian karakterisasi komposit menggunakan uji densitas, uji kekuatan tarik (*tensile strength*), uji kekuatan *bending* dan uji *Scanning Electron Microscope* (SEM).

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari diadakannya penelitian ini adalah :

1. Mengetahui pengaruh penambahan variasi fraksi volume serat daun lontar (*Borassus Flabellifer*) terhadap sifat fisik dan sifat mekanik komposit *polyester*.
2. Mengetahui presentase fraksi volume serat daun lontar (*Borassus Flabellifer*) agar diperoleh komposit *polyester* dengan karakteristik terbaik berdasarkan sifat fisik dan sifat mekanik.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini dapat memberikan manfaat dalam mempelajari karakteristik material komposit *polyester* dan memberikan informasi tentang pengaruh fraksi volume serat daun lontar (*Borassus Flabellifer*) terhadap sifat fisis dan mekanik komposit *polyester* serta potensi serat daun lontar (*Borassus Flabellifer*) sebagai penguat komposit, sehingga diperoleh produk baru yaitu komposit *polyester* dengan penguat serat daun lontar dengan performansi dan kinerja yang unggul untuk aplikasi di bidang industri.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

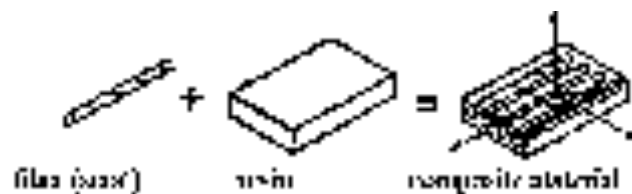
2.1. Material Komposit

Material komposit adalah dua atau lebih bahan yang berbeda secara fisik dan mekanik yang dicampur dengan cara tertentu sehingga penyebaran bahan yang satu terhadap lainnya dapat dijaga untuk mendapatkan sifat-sifat yang maksimum yang lebih unggul dari sifat masing-masing pada penyusunnya. Bahan komposit merupakan bahan gabungan secara makro yang didefinisikan sebagai suatu sistem material yang tersusun dari campuran atau kombinasi dua atau lebih unsur-unsur utama yang secara makro berbeda dalam bentuk dan atau komposisi material yang tidak dapat dipisahkan (Schwartz, 1984). Material komposit mempunyai beberapa keuntungan diantaranya bobotnya ringan, mempunyai kekuatan dan kekakuan yang baik, biaya produksi murah dan tahan korosi (Schwartz, 1984).

Komposit terdiri dari dua unsur penyusun yaitu matrik sebagai unsur pengikat (*bonding agent*) dan serta atau *filler* sebagai penguat (Derek Hull, 1981). *Filler* adalah bahan pengisi yang digunakan dalam pembuatan komposit, biasanya berupa serat atau serbuk. Serat yang sering digunakan dalam pembuatan komposit antara lain serat *E-Glass*, Boron, *Carbon* dan lain sebagainya. Bisa juga dari serat alam antara lain serat *kenaf*, jute, rami, *cantula* dan lain sebagainya. Sedangkan matriks dalam struktur komposit bisa berasal dari bahan polimer, logam, maupun keramik (Gibson R.F, 1994). Matriks secara umum berfungsi untuk mengikat

serat menjadi satu struktur komposit. Matriks memiliki fungsi mengikat serat menjadi satu kesatuan struktur, melindungi serat dari kerusakan akibat kondisi lingkungan, mentransfer, mendistribusikan beban ke serat dan menyumbangkan beberapa sifat seperti, kekakuan, ketangguhan dan tahanan listrik.

Bedasarkan matrik, komposit dapat dibedakan menjadi tiga. Pertama Komposit Matriks Logam (KLM) merupakan komposit yang memiliki matriks logam. Komposit matriks logam mulai dikembangkan sejak tahun 1996. Pada awalnya yang diteliti adalah *Continus Filamen* komposit matriks logam yang digunakan dalam industri penerbangan. Kedua, Komposit Matriks Polimer (KMP) komposit jenis ini merupakan matriks yang paling umum digunakan pada material komposit. Karena memiliki sifat yang lebih tahan terhadap korosi dan lebih ringan. Jenis polimer yang biasa digunakan adalah *polypropylene* (PP), *polystyrene* (PS), *polyethylene* (PE), dan lain-lain. Ketiga, Komposit Matriks Keramik (KMK) yang merupakan material dua fasa dengan satu fasa berfungsi sebagai penguat dan satu fasa sebagai matriks dimana matriksnya terbuat dari keramik.



Gambar 2.1 Komposisi Komposit Serat

Secara umum bahan komposit berdasarkan unsur penguatnya terdiri dari dua macam, yaitu bahan komposit partikel (*particulate composite*) dan bahan komposit serat (*fiber composite*). Bahan komposit partikel terdiri dari partikel-partikel yang diikat oleh matriks. Sedangkan bahan komposit serat terdiri dari serat-serat yang diikat oleh matriks. Komposit serat adalah komposit yang terdiri dari serat dan matriks. Fungsi utama dari serat adalah sebagai penopang kekuatan pada komposit. Tinggi rendahnya kekuatan komposit sangat tergantung dari serat yang digunakan, karena tegangan yang dikenakan pada komposit mulanya diterima oleh matriks akan diteruskan kepada serat, sehingga serat akan menahan beban sampai beban maksimum. Penggunaan bahan komposit serat sangat efisien dalam menerima beban dan gaya. Karena itu bahan komposit serat sangat kuat dan kaku bila dibebani searah serat, sebaliknya sangat lemah bila dibebani dalam arah tegak lurus serat (Hadi, 2000).

2.2 Komposit Serat

Komposit serat adalah komposit yang terdiri dari serat dan matriks. Fungsi utama dari serat adalah sebagai penopang kekuatan dari komposit, sehingga tinggi rendahnya kekuatan komposit sangat tergantung dari serat yang digunakan, karena tegangan yang dikenakan pada komposit mulanya diterima oleh matriks akan diteruskan kepada serat, sehingga serat akan menahan beban sampai beban maksimum. Jenis komposit serat terbagi menjadi 4 macam yaitu *continuous* atau *uni-directional* yang mempunyai serat panjang dan lurus, membentuk lamina diantara matriknya. Jenis komposit ini paling sering digunakan tetapi mempunyai

kelemahan pada pemisahan antar lapisan. Hal ini dikarenakan kekuatan antar lapisan dipengaruhi oleh matriksnya. *Woven Fiber Composite (bi-directional)* komposit yang tidak mudah dipengaruhi pemisahan antar lapisan karena susunan seratnya mengikat serat antar lapisan. Akan tetapi susunan serat memanjangnya yang tidak begitu lurus mengakibatkan kekuatan dan kekakuan akan melemah. *Discontinuous Fiber Composite* merupakan tipe komposit dengan serat pendek. *Hybrid Fiber Composite* merupakan komposit gabungan antara serat tipe serat lurus dengan serat acak. Tipe ini digunakan agar dapat mengganti kekurangan sifat dari kedua tipe dan dapat menggabungkan kelebihan keduanya (Gibson, 1994).

Penelitian mengenai komposit yang menggabungkan antara matriks dan penguat berupa serat harus memperhatikan beberapa faktor. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi performa *fiber-matrix composites* seperti faktor serat yaitu jenis serat yang digunakan. Faktor letak serat, dalam pembuatan komposit tata letak dan arah serat dalam matriks yang akan menentukan kekuatan mekanik komposit. Faktor panjang serat dalam pembuatan komposit serat sangat berpengaruh terhadap kekuatan. Serat panjang lebih kuat dibanding serat pendek (Schwartz, 1984). Faktor bentuk serat, semakin kecil diameter serat akan menghasilkan kekuatan komposit yang lebih tinggi (Schwartz, 1984). Faktor matriks yang digunakan juga mempengaruhi komposit. Faktor Ikatan *Fiber-Matrix*, komposit serat yang baik harus mampu untuk menyerap matriks yang memudahkan terjadi antara dua fase (Schwartz, 1984). Selain itu komposit serat juga harus mempunyai kemampuan untuk menahan tegangan yang tinggi, karena serat dan matriks berinteraksi dan pada akhirnya terjadi pendistribusian tegangan.

Faktor katalis, banyak sedikitnya katalis yang diberikan pada pembuatan komposit juga berpengaruh pada sifat mekanik komposit. Dan faktor *void* atau gelembung, kekuatan komposit terkait dengan *void* adalah berbanding terbalik yaitu semakin banyak *void* maka komposit semakin rapuh dan apabila sedikit *void* komposit semakin kuat.

2.3 *Unsaturated Polyester Resin (UPR)*

Pembuatan komposit serat membutuhkan ikatan permukaan yang kuat antara serat dan matriks. Selain itu matriks juga harus mempunyai kecocokan secara kimia agar reaksi yang tidak diinginkan tidak terjadi pada permukaan kontak antara keduanya. Untuk memilih matriks harus diperhatikan sifat-sifatnya, antara lain seperti tahan terhadap panas, tahan cuaca yang buruk dan tahan terhadap guncangan yang biasanya menjadi pertimbangan dalam pemilihan material matriks. Juga kemampuan bertambahnya elongasi saat patah yang lebih besar dibandingkan dengan penguat. Selain itu juga perlu diperhatikan berat jenis, viskositas, kemampuan membasahi penguat, tekana, suhu pengeringan dan penyusutan.

Unsaturated Polyester Resin merupakan jenis resin *thermoset*, dalam kebanyakan hal resin ini sering disebut *polyester*. *Polyester* merupakan resin cair dengan viskositas yang relatif rendah. Resin ini memiliki sifat mengeras pada suhu kamar dengan penggunaan katalis tanpa menghasilkan gas sewaktu pengesetan. Selain itu, karakteristik dari resin ini adalah kaku dan rapuh. Mengenai sifat termalnya, *polyester* memiliki suhu *deformasi thermal* lebih

rendah daripada resin *thermoset* lainnya karena banyak mengandung monomer *stiren* dan ketahanan panas jangka panjangnya kira-kira 110-140°C. *Polyester* juga memiliki ketahanan dingin dan sifat listrik yang lebih baik dari diantara resin *thermoset* (Wicaksono, 2006). Jenis resin yang digunakan adalah resin *polyester* BQTN 157-EX *Yukalac*. Spesifikasi *Unsaturated Polyester Resin* disajikan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Spesifikasi *Polyester* BQTN 157-EX *Yukalac*
(Sumber : PT. Justus Kimia Raya, 2003)

Item	Satuan	Nilai Tipikal	Catatan
Berat Jenis	g/cm ³	1,215	25 ^o
Kekerasan	kg/mm ²	40	Barcol GYZJ 934-1
Suhu distorsi panas	°C	70	
Penyerapan air (suhu ruangan)	%	0,188	24 Jam
	%	0,446	3 Hari
Kekuatan Fleksural	kg/mm ²	9,4	
Modulus Fleksural	kg/mm ²	300	
Kekuatan Tarik	kg/mm ²	5,5	
Modulus Tarik	kg/mm ²	300	
Elongasi	%	1	

Komposit serat *kenaf* dengan fraksi volume 30% menggunakan matriks *polyester* resin akan menghasilkan kekuatan lentur paling tinggi dibanding menggunakan resin *epoxy* dan resin *ester vinyl* (Rasman, 2010). Jenis resin berpengaruh pada sifat mekanik komposit, komposit serat *cantula* dengan matriks resin *epoxy* menghasilkan kekuatan tarik lebih tinggi. Sedangkan komposit serat *cantula* dengan matriks resin *Polyester* BQTN 157-EX *Yukalac* menghasilkan kekuatan *bending* tertinggi (Nurhidayat, 2001). Resin ini banyak digunakan dalam aplikasi komposit pada dunia industri dengan pertimbangan harga relatif murah, pengeringan yang tepat, warna jernih, kestabilan dimensional dan mudah penanganannya (Billmeyer, 1984).

Metyl Etyl Keton Peroksida (MEKPO) yaitu bahan kimia yang dikenal dengan sebutan katalis. Katalis ini termasuk senyawa polimer dengan bentuk cair, berwarna bening. Fungsi dari katalis adalah untuk mempercepat proses pengerasan (*curing*) pada cairan resin pada suhu yang lebih tinggi. Semakin banyak katalis yang dicampurkan pada cairan matriks akan mempercepat proses laju pengeringan, tetapi akibat mencampurkan katalis terlalu banyak akan membuat komposit menjadi getas (Daud, dkk. 2012). Penggunaan katalis sebaiknya diatur berdasarkan kebutuhannya. Pada saat mencampurkan katalis ke dalam matriks maka akan timbul reaksi panas (60 °C - 90°C). Penambahan katalis dalam jumlah yang banyak akan menimbulkan panas yang berlebih pada proses pengerasan (*curing*). Hal ini dapat menurunkan kualitas atau merusak produk komposit. Oleh karena itu pemakaian katalis dibatasi maksimal 1% dari volume resin (Justus, 2001).

2.4 Serat Daun Lontar (*Borassus Flabellifer*)

Serat alami merupakan serat yang bersumber langsung dari alam (bukan merupakan buatan atau rekayasa manusia). Sebelum digunakan untuk bahan serat pada komposit, serat alami mendapat perlakuan terlebih dahulu dengan menggunakan cairan kimia seperti NaOH. Perlakuan alkali serat (NaOH 5%) berpengaruh secara signifikan terhadap kekuatan dan modulus tarik komposit serat *kenaf* acak *polyester*. Kekuatan dan modulus tarik tertinggi diperoleh untuk komposit dengan perlakuan alkali serat selama 2 jam (Daud dkk. 2005). Komposit *Polyester* BQTN 157-EX *Yukalac* dengan penguat serat rami dengan diberi perlakuan NaOH 5% selama 2 jam, memiliki kekuatan tarik komposit menjadi lebih tinggi. Perlakuan NaOH yang lebih lama dapat menyebabkan kerusakan pada unsur selulosa. Serat yang dikenai perlakuan alkali terlalu lama, dapat menyebabkan degradasi kekuatan yang signifikan yaitu memiliki kekuatan yang lebih rendah (Daud dkk. 2012).

Penelitian dan penggunaan serat alami berkembang dengan sangat pesat. Keuntungan menggunakan serat alam yaitu ramah lingkungan dan mudah didapat. Dua sifat dasar tersebut membuat banyak ilmuwan tertarik untuk meneliti dan mengembangkan kegunaan serat alami. Disamping keunggulan tersebut, serat alami juga mempunyai banyak kekurangan antara lain, dimensinya tidak teratur, kaku, rentan terhadap panas, mudah menyerap air dan cepat lapuk (Brahmakumar dkk. 2005).

Pohon lontar berasal dari India dan kemudian tersebar sampai Papua Nugini, Afrika, Australia, Asia Tenggara, dan Asia Tropis. Pohon ini terutama

tumbuh di daerah kering. Di Indonesia lontar terutama tumbuh di bagian timur Pulau Jawa, Madura, Bali, Sulawesi, Nusa Tenggara Barat dan Nusa Tenggara Timur. Ada tiga spesies terpenting dari *borassus*, yaitu *Borassus aethiopum* Mart, *Borassus flabellifer* Linn, dan *Borassus sundaicus* Becc. Tanaman lontar atau siwalan (*Borassus flabellifer* L.) merupakan tanaman multi guna karena hampir semua komponennya dapat dimanfaatkan (Handayani, 1999).

Tabel 2.2 Klasifikasi tanaman *Borassus flabellifer*
(Davis and Johnson,1987)

Kerajaan	Plantae
Divisio	Angiospermae
Kelas	Monocotyledoneae
Ordo	Arecales
Familia	Arecaceae (sin. Palmae)
Genus	Borassus
Spesies	Borassus flabellifer

Borassus flabellifer adalah salah satu jenis *palma* atau *Arecaceae* yang tumbuh terutama di daerah kering. Penyebaran pohon lontar (*Borassus flabellifer*) sangat luas yaitu dari Arab Saudi sampai Indonesia. Rekayasa antara lain menghasilkan bahan baru komposit alam yang ramah lingkungan dan mendukung gagasan pemanfaatan serat tulang daun lontar (*Borassus flabellifer*) menjadi produk yang memiliki nilai ekonomi dan teknologi tinggi. Untuk mencapai tujuan tersebut maka perlu dilakukan adanya penelitian tentang pemanfaatan limbah

serat tulang daun lontar (*Borassus flabellifer*). Selama ini belum ada serat tulang daun yang dimanfaatkan dalam pembuatan komposit (Nadendla Srinivasababu *et al.* 2014).



Gambar 2.2 Serat daun lontar

Serat daun lontar (*Borassus Flabellifer*) merupakan salah satu serat alam yang berpotensi sebagai penguat komposit. Selama ini masyarakat memanfaatkan daun lontar hanya sebagai bahan kerajinan rumah tangga dan belum diolah menjadi produk teknologi yang bernilai ekonomis tinggi. Sejauh ini beberapa institusi pendidikan dan penelitian sudah mulai melakukan penelitian penggunaan serat alam sebagai bahan penguat untuk komposit. Mulai dari serat kelapa, serat eceng gondok, serat aren, serat pisang, serat daun nanas dan serat daun lontar. Serat lontar (*Borassus Flabellifer*) bisa didapatkan dari serat buah, serat batang daun, serat tangkai daun dan seratnya sendiri. Komposit *polyester* yang diperkuat dengan serat buah lontar dengan perlakuan kimia

direndam dengan alkali mempunyai kekuatan lebih, baik kuat tarik, modulus dan kekuatan lentur (Sudhakara, 2013). Untuk komposit *polyester* yang diperkuat dengan ekstraksi serat dari batang daun lontar dengan perlakuan kimia (direndam dalam 1% NaOH) panjang serat 50 mm memiliki peningkatan yang cukup signifikan dari kekuatan lentur, dan menurun setelahnya. Pada 50 mm panjang serat, didapatkan kekuatan tarik maksimum komposit 42,65 MPa dan setelah itu menurun (Dabade, 2006).

2.5 Fraksi Volume Serat

Jumlah kandungan serat dalam komposit, merupakan hal yang menjadi perhatian khusus pada komposit berpenguat serat. Untuk memperoleh komposit berkekuatan tinggi, distribusi serat dengan matriks harus merata pada proses pencampuran agar mengurangi timbulnya *void*. Untuk menghitung fraksi volume, parameter yang harus diketahui adalah berat jenis resin, berat jenis serat, berat komposit dan berat serat. Adapun fraksi volume yang ditentukan dengan persamaan (Harper, 1996) :

$$W_f = \frac{w_f}{w_c} = \frac{\rho_f V_f}{\rho_c V_c} = \frac{\rho_f}{\rho_c} V_f \quad (2.1)$$

$$V_f = \frac{\rho_f}{\rho_c} = 1 - V_m \quad (2.2)$$

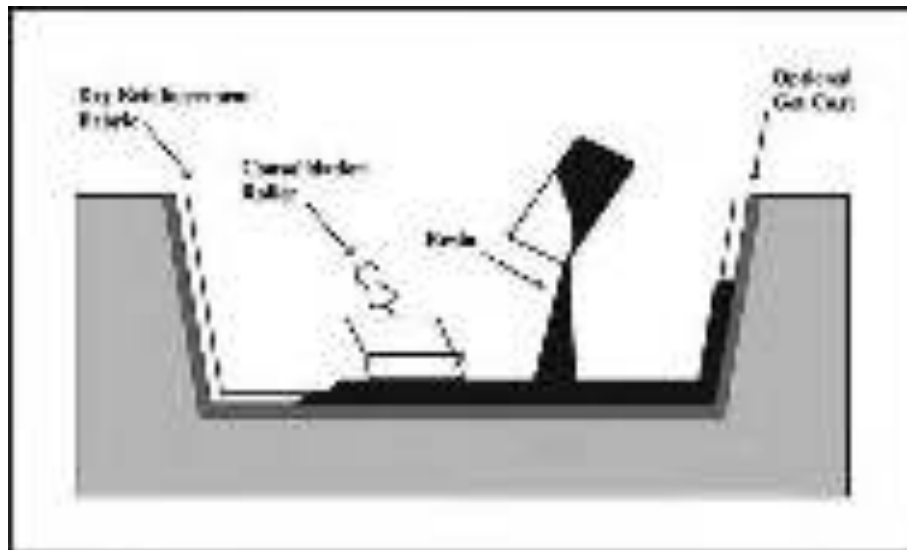
Jika selama pembuatan komposit diketahui massa *fiber* dan matriks, serta densitas *fiber* dan matriks, maka fraksi volume dan fraksi massa *fiber* dapat dihitung dengan persamaan :

$$V_f = \frac{m_f / \rho_f}{m_f / \rho_f + m_m / \rho_m} \quad (2.3)$$

dengan W_f = fraksi berat serat; m_f = massa serat; w_c = berat komposit; ρ_c = densitas komposit; ρ_f = densitas serat; V_f = fraksi volume serat; V_m = fraksi volume matriks; v_f = volume serat; v_m = volume matriks.

2.6 Metode *Hand Lay Up*

Ada berbagai macam proses yang dapat digunakan untuk membuat komposit antara lain metode *hand lay up*, metode *spray-up*, metode *vacum bagging* (Gibson,1994). Proses manufaktur bahan komposit dengan metode *hand lay up* merupakan metode yang paling sederhana diantara metode-metode manufaktur bahan komposit yang lain. Proses *hand lay up* merupakan proses secara manual yang pertama digunakan pada pembuatan komposit. Matrik langsung berkontak dengan udara, biasanya proses pencetakan dilakukan pada temperatur kamar. Metode *hand lay up* lebih ditekankan untuk produk yang sederhana. Fraksi serat yang tinggi dapat diperoleh dengan cara mengkombinasi metode *hand lay up* dengan cetak tekan (*press molding*).



Gambar 2.3 Proses pembuatan komposit dengan metode *Hand Lay Up* (Smith, 1996)

Metode *hand lay up* sangat sederhana karena tekniknya sangat mudah di Aplikasi. Keuntungan metode *hand lay up* adalah peralatan sedikit dan harga murah, kemudahan dalam membentuk dan desain serta variasi ketebalan dapat diatur dengan mudah.

2.7 Karakterisasi Komposit

Karakteristik sifat fisis dan mekanik komposit *polyester* dengan penguat serat daun lontar dapat diketahui dengan berbagai macam uji. Uji tersebut meliputi uji densitas, uji kekuatan tarik (*tensile strength*), uji kekuatan *bending*, uji SEM (*Scanning Electron Microscopy*).

2.7.1 Uji Densitas

Densitas atau kepadatan merupakan suatu indikator penting suatu cakupan komposit, karena sangat mempengaruhi sifat dari material komposit. Uji densitas komposit ini dilakukan dengan mengacu pada standar ASTM D 792, dimana berat jenis diperoleh berdasarkan persamaan sebagai berikut:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2.4)$$

dengan ρ adalah densitas (kg/m^3), m adalah massa (kg) dan V adalah volume (m^3).

2.7.2 Uji Kekuatan Tarik (*Tensile Strength*)

Sifat mekanik berkaitan dengan kekuatan, kekerasan, keuletan dan kekakuan. Bahan dapat dibebani dengan tiga cara yaitu dengan pengujian tarik, pengujian tekan dan pengujian geser. Dalam penelitian ini, akan dilakukan pengujian tarik. Pembuatan sampel dibuat dengan menggunakan ASTM D638. Uji tarik digunakan untuk menguji kekuatan bahan komposit dengan cara memberikan beban gaya yang sesumbu. Hasil yang didapatkan dari pengujian tarik sangat penting untuk rekayasa teknik dan desain produk karena menghasilkan data kekuatan material. Pengujian tarik dilakukan untuk mencari tegangan dan regangan (*stress strain test*). Dari pengujian ini dapat kita ketahui beberapa sifat mekanik material yang sangat dibutuhkan dalam desain rekayasa.

Hasil dari pengujian ini adalah grafik beban terhadap perpanjangan atau elongasi. Beban dan elongasi dapat dirumuskan:

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \quad (2.5)$$

dengan σ adalah tegangan tarik (N/m^2), F adalah beban yang diberikan dalam arah tegak lurus terhadap penampang spesimen (N) dan A_0 adalah Luas penampang mula-mula spesimen sebelum diberikan pembebanan (m^2).

$$\varepsilon = \frac{l_1 - l_0}{l_0} = \frac{\Delta L}{l_0} \quad (2.6)$$

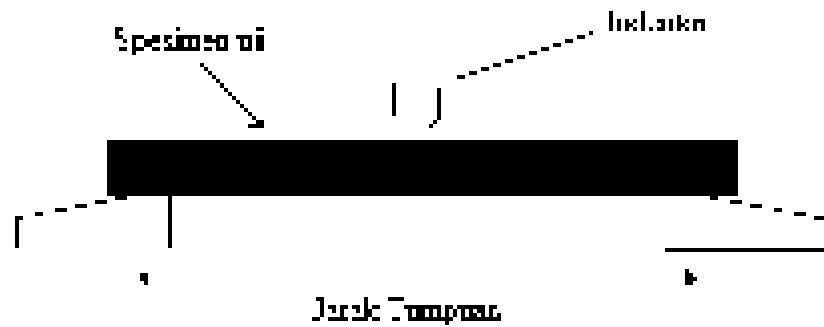
dengan ε adalah elongasi, l_0 adalah Panjang mula-mula spesimen sebelum diberikan pembebanan dan ΔL adalah pertambahan panjang. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat *Universal Testing machine*.

2.7.3 Uji *Bending*

Untuk mengetahui kekuatan bending suatu material dapat dilakukan dengan pengujian *bending* terhadap material komposit tersebut. Kekuatan *bending* atau kekuatan lengkung adalah tegangan *bending* terbesar yang dapat diterima akibat pembebanan luar tanpa mengalami deformasi yang besar atau kegagalan. Besar kekuatan *bending* tergantung pada jenis material dan pembebanan. Akibat Pengujian *bending*, bagian atas spesimen mengalami tekanan, sedangkan bagian bawah akan mengalami tegangan tarik. Dalam material komposit kekuatan tekannya lebih tinggi dari pada kekuatan tariknya. Karena tidak mampu menahan tegangan tarik yang diterima, spesimen tersebut akan patah, hal tersebut mengakibatkan kegagalan pada pengujian komposit. Kekuatan *bending* pada sisi

bagian atas nilainya sama dengan kekuatan *bending* pada sisi bagian bawah.

Pengujian dilakukan *three point bending*.



Gambar 2.4 Pemasangan benda uji pada uji bending

Pada perhitungan kekuatan bending dengan metode *three point bending* ini, untuk mencari momen *bending* menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$M_b = \frac{F}{2} \frac{L}{2} \quad (2.7)$$

$$M_b = \frac{1}{4} F \cdot L \quad (2.8)$$

Untuk mencari kekuatan *bending* menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\sigma_b = \frac{M \cdot Y}{I} \quad (2.9)$$

$$\sigma_b = \frac{\frac{1}{4} F \cdot L \cdot \frac{1}{2} d}{\frac{1}{12} b d^3} \quad (2.10)$$

$$\sigma_b = \frac{\frac{1}{8} F \cdot L \cdot d}{\frac{1}{12} b d^3} \quad (2.11)$$

$$\sigma_b = \frac{3 FL}{2 b d^2} \quad (2.12)$$

dengan σ_b adalah tegangan *bending* (MPa), F adalah beban (N), L adalah panjang jarak tumpuan (mm), b adalah lebar spesimen (mm) dan d adalah tebal spesimen (mm), M adalah momen *bending*, Y adalah jarak titik pusat dan I adalah momen inersia.

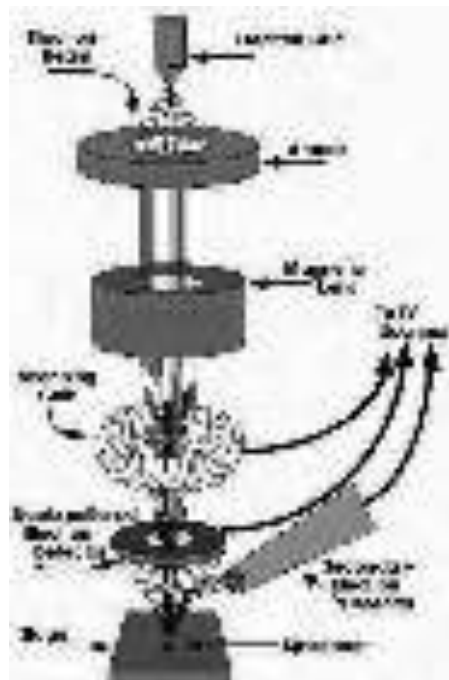
2.7.4 Uji *Scanning Electron Microscopy* (SEM)

Struktur permukaan dari komposit *polyester* dapat dilihat dengan menggunakan SEM. Selain itu ukuran porinya harus memenuhi syarat ukuran yang telah ditentukan, semakin sedikit pori yang dihasilkan akan membuat kekuatan komposit bertambah. Ukuran pori dapat diukur menggunakan garis skala yang terdapat pada gambar hasil SEM. *Scanning Elektron Microscopy* (SEM) adalah instrumen yang prinsip kerjanya didasari oleh adanya suatu sinar elektron yang mengenai titik secara tepat pada permukaan target bahan dan terkumpul yang selanjutnya akan dihasilkan suatu sinyal elektronik yang dipancarkan material target.

Teknik SEM (*Scanning Electron Microscopy*) pada hakekatnya merupakan pemeriksaan dan analisis permukaan. Gambar permukaan yang diperoleh adalah gambar topografi permukaan dengan segala lekukan permukaan. Kata kunci dari SEM adalah *scanning* yang berarti bahwa berkas elektron menyapu permukaan spesimen, titik demi titik dengan sapuan berbentuk baris demi baris. Intensitas gambar pada SEM bergantung pada nomor atom unsur yang ada pada permukaan specimen. Melalui cara ini akan diperoleh gambar yang

menyatakan perbedaan unsur kimia. Warna lebih terang menunjukkan unsur kimia yang nomor atomnya lebih tinggi (Ananto, 2008).

Kandungan berbagai unsur kimia dapat diperoleh secara kuantitatif ataupun semi-kuantitatif dengan penggabungan teknik SEM dan teknik EDAX (*Energy Dispersive Analysis X-Ray*). Maka dengan penggabungan teknik SEM dan teknik EDAX akan dapat mengidentifikasi unsur-unsur yang dimiliki oleh fasa yang terlihat dalam gambar struktur mikro (Ananto, 2008).



Gambar 2.5 Skema *Scanning Electron Microscopy* (SEM)

Prinsip yang digunakan dalam metode SEM adalah mekanika kuantum yaitu elektron berperilaku sebagai gelombang. Panjang gelombang berkaitan dengan energi yang dimilikinya. Panjang gelombang yang tampak lebih pendek dari panjang gelombang cahaya tampak akan mencitrakan objek yang lebih kecil dengan resolusi tinggi. Analisis kuantitatif dari sampel yang bersangkutan

dimungkinkan dengan menggunakan spektrum refleksi dan absorpsi elektron (Syafudin, 2011).

Metode SEM menggunakan rangkaian alat yang memiliki filamen dengan tegangan pemercepat 2-30 kV sebagai sumber penghasil berkas elektron. Berkas tersebut dilewatkan melalui sederet lensa elektromagnetik untuk menghasilkan citra dari sumber elektron pada sampel dengan resolusi 10 nm atau kurang. Filamen yang biasa digunakan berupa benang halus tungsten sebagai sumber elektron dengan tekanan vakum sekitar 10^{-5} torr. Citra yang lebih terang dan jelas dapat dicapai dengan penembak LaB_6 pada 10^{-6} torr, sedangkan untuk citra yang lebih halus digunakan sumber emisi yang beroperasi 10^{-9} torr. Sebelum melewati lensa elektromagnetik terakhir berkas elektron dibelokkan sehingga dapat memindai permukaan sampel. Sinkronisasi pemindaian dengan tabung sinar katoda dan gambar dibuat pada daerah yang dipindai dari sampel tersebut. Kontras pada gambar sinar katoda disebabkan adanya variasi refleksitas sepanjang permukaan sampel (Syafudin, 2011).

Pada saat berkas elektron menumbuk permukaan sampel, ada beberapa kemungkinan yang terjadi yaitu sebagian elektron dipantulkan kembali sebagai elektron hamburan balik (*back scattered electron* / BSE) atau elektron sebagian terlepas sebagai elektron sekunder berenergi rendah (SE). Emisi radiasi elektromagnetik dari sampel terjadi pada berbagai panjang gelombang, namun yang menjadi perhatian adalah panjang gelombang cahaya tampak (*cathodoluminescence*) dan sinar-X (Syafudin, 2011).

Elektron hamburan balik (BSE) dan elektron sekunder (SE) yang dipantulkan dari sampel dikumpulkan oleh scintilator yang menghasilkan suatu pulsa cahaya pada saat kedatangan satu elektron. Cahaya yang dipancarkan kemudian diubah dalam bentuk sinyal listrik dan dikuatkan oleh *photomultiplier*. Setelah mengalami berbagai perlakuan sinyal tersebut dilewatkan pada grid tabung sinar katoda. Scintilator biasanya dipasang pada potensial antara 5-10 kV untuk mempercepat elektron terpancar berenergi rendah agar elektron tersebut dapat memancarkan cahaya pada saat menembak scintilator. Scintilator diberi perisai untuk mencegah pembelokkan berkas elektron primer karena adanya tegangan yang sangat tinggi pada scintilator (Syafrudin, 2011).

Adanya kontras pada tabung sinar katoda sebagai hasil akhir proses SEM disebabkan oleh beberapa faktor yaitu topografi dan arah permukaan sampel, sifat kimia dari permukaan sampel dan perbedaan tegangan listrik pada permukaan sampel (Syafrudin, 2011).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Pelaksanaan

Kegiatan penelitian ini dilaksanakan mulai bulan Februari sampai bulan Juli 2016. Pembuatan sampel penelitian dilakukan di Laboratorium Fisika Material Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga, Laboratorium Bengkel Elektronika Departemen Fisika. Sedangkan untuk karakterisasi sampel dilakukan di Laboratorium Fisika Material Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga, Laboratorium Energi LPPM Institut Teknologi Sepuluh November, Balai Riset dan Standardisasi Industri Surabaya.

3.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam pembuatan sampel komposit dengan penguat serat daun lontar membutuhkan bahan-bahan meliputi serat daun lontar, resin *Unsaturated Polyester* BQTN 157-EX *Yukalac*, *Metyl Etyl Keton Peroksida (MEKPO)*, *Mirror Glaze*, larutan NaOH.

3.3 Alat Penelitian

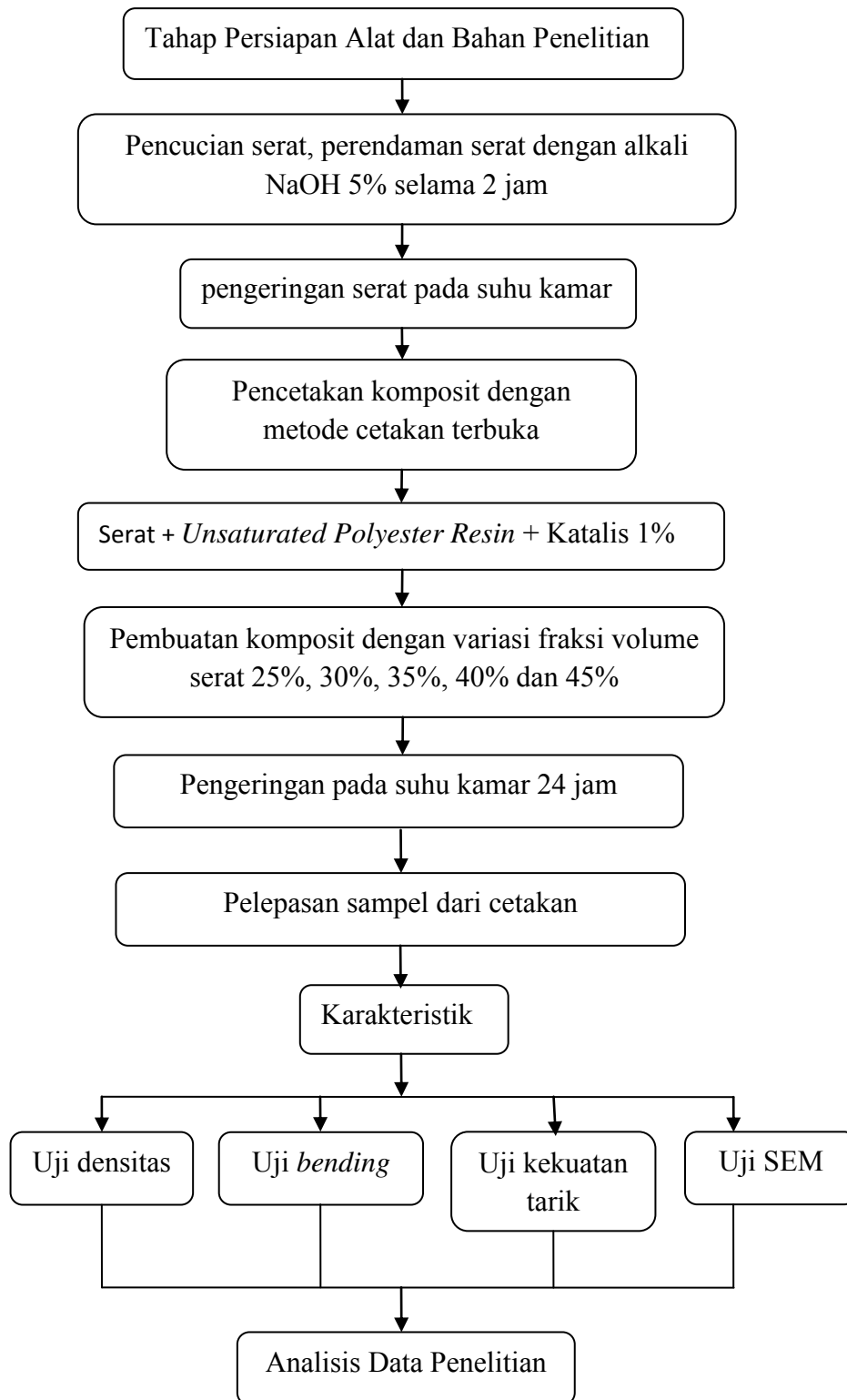
Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi alat untuk proses pembuatan sampel dan pengujian sampel. Alat untuk pembuatan sampel antara lain timbangan digital, cetakan, gelas beker, gelas ukur, pipet tetes, pengaduk, penggaris, kaca dan jangka sorong. Adapun alat untuk pengujian sampel yaitu

SEM (*Scanning Electron Microscopy*), *Universal Testing Machine*, timbangan digital, penggaris dan jangka sorong.

3.4 Prosedur Penelitian

Penelitian tentang “Pengaruh Variasi Fraksi Volume Serat Daun Lontar (*Borassus flabelifer*) Terhadap Sifat Fisik dan Sifat Mekanik Komposit *Polyester*” ini dilakukan dalam dua tahap pelaksanaan yaitu tahap pembuatan sampel dan tahap pengujian sampel. Tahap pembuatan sampel meliputi proses perlakuan alkali serat, pengeringan serat, pencetakan sampel komposit sesuai fraksi volume dan pengeringan sampel. Sedangkan tahap pengujian sampel meliputi pengujian densitas, pengujian *tensile strength*, pengujian *bending* dan pengujian SEM. Secara garis besar diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.

33

**Gambar 3.1** Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian

3.5 Pelaksanaan Penelitian

3.5.1 Persiapan Alat dan Bahan

Tahap awal dari penelitian ini adalah menyiapkan alat dan bahan penelitian. Alat dan bahan yang perlu disiapkan, untuk bahan yang digunakan yaitu serat daun lontar, resin *Polyester* BQTN 157-EX *Yukalac*, *Metyl Etyl Keton Peroksida* (MEKPO), *Mirror Glaze* dan larutan NaOH. Sedangkan untuk alatnya yaitu timbangan digital, cetakan, oven pemanas, gelas ukur, pipet tetes, gelas corong dan pengaduk. Sebagian alat yang digunakan dalam penelitian bisa didapatkan di Laboratorium Fisika Material Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga.

Alat yang digunakan yaitu timbangan untuk menimbang serat dan *polyester* yang terdapat di Laboratorium Fisika Material Universitas Airlangga, cetakan komposit, gelas ukur digunakan untuk menakar *polyester* sesuai perhitungan, pipet tetes untuk mengambil katalis 1% dan mencampurnya dengan *polyester*, jangka sorong untuk mengukur panjang, lebar dan tebal spesimen, kaca untuk menekan komposit saat proses pencetakan, pengaduk untuk mengaduk matriks dan katalis agar proses pencampuran dapat merata. Sedangkan bahan yang digunakan adalah serat daun lontar diperoleh dari kabupaten Tuban, resin *Polyester* BQTN 157-EX *Yukalac*, *Metyl Etyl Keton Peroksida* (MEKPO), *Mirror Glaze* dan larutan NaOH dapat dibeli pada toko pusat bahan kimia di Surabaya.

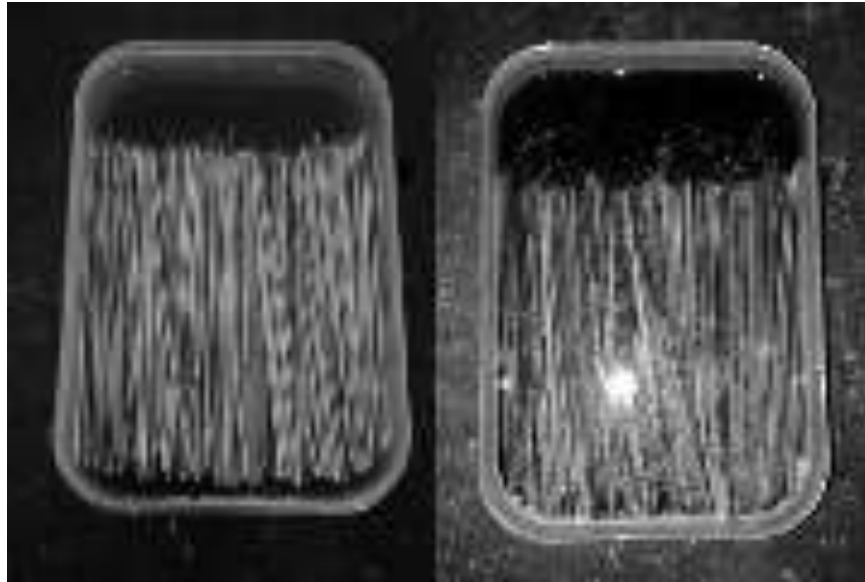
3.5.2 Perlakuan Serat Daun Lontar

Serat yang sudah diambil dari daun lontar dikeringkan dengan cara dijemur. Serat diukur sesuai panjang yang digunakan dalam sampel untuk pengujian tarik panjang serat yang dibutuhkan 246 mm dan untuk pengujian *bending* panjang serat yang dibutuhkan 120 mm.



Gambar 3.2 Serat Kering

Tahap selanjutnya serat mendapatkan perlakuan alkali dengan merendam serat kering ke dalam larutan NaOH konsentrasi 5% selama 2 jam. Tujuan dilakukan proses perendaman (alkalisasi) adalah untuk merubah sifat permukaan serat secara kimiawi sehingga dapat memperbaiki ikatan resin dan serat, dimana dengan perendaman dalam larutan alkali akan mengurangi *hemicelluloses* dan *lignin* pada serat alam. Setelah melalui proses perendaman, serat direndam dalam air bersih yang bertujuan untuk menghilangkan sisa – sisa larutan NaOH. Serat ditiriskan kemudian dikering, pengeringan dilakukan pada suhu kamar. Setelah kering, serat siap digunakan untuk proses pencetakan komposit.



Gambar 3.3 Perlakuan Alkali Serat

3.5.3 Proses Pencetakan Sampel

Sampel yang dicetak berjumlah 12 buah sampel untuk uji tarik dan 12 buah untuk uji *bending* dengan sampel kontrol tanpa serat dan variasi fraksi volume serat 25%, 30%, 35%, 40%, 45%. Spesimen komposit dibuat dengan menggunakan metode cetakan terbuka. Pada pembuatan komposit, kadar katalis MEKPO yang digunakan adalah 1% dari resin *polyester*.

Pada proses pencetakan yang dilakukan terlebih dahulu adalah mempersiapkan cetakan. Ukuran dan bentuk cetakan untuk pengujian tarik menggunakan ASTM D638 sedangkan untuk pengujian *bending* ukuran dan bentuk menggunakan ASTM D790. Perhitungan kebutuhan serat, matrik dan katalis untuk masing-masing variasi fraksi volume serat dari fraksi volume serat 25% sampai dengan fraksi volume serat 45%. Persiapan cetakan, cetakan diolesi

dengan menggunakan minyak. Hal ini bertujuan untuk mempermudah proses pengambilan sampel dari cetakan.



Gambar 3.4 Cetakan Komposit

Proses pencetakan komposit dimulai dengan masukan matrik *polyester* yang sudah dicampur dengan katalis MEKPO 1% kedalam cetakan selanjutnya serat diatur dalam cetakan dengan orientasi serat sejajar dan ditutup kembali dengan matrik. Pemberian matrik dilakukan secara merata pada seluruh bagian. Proses ini dilakukan secara berurutan mulai dari fraksi volume serat 25%, 30%, 35%, 40% dan 45%. Semua bahan yang sudah dimasukan ke dalam cetakan, selanjutnya ditutup dengan menggunakan kaca yang sudah diolesi dengan *mirror glass* agar permukaan rata, tidak ada serat yang keluar dari cetakan dan mengurangi *void* atau gelembung udara yang masuk dalam cetakan. Dengan tidak adanya *void* akan menghasilkan komposit yang lebih baik.



Gambar 3.5 Proses Pencetakan Sampel

Komposit yang sudah dicetak tersebut didiamkan dan dilepaskan dari cetakan setelah komposit sudah dalam bentuk padat. Untuk proses pengeringan sampel komposit dikeringkan selama 24 jam dalam suhu kamar.



Gambar 3.6 Sampel Komposit *Polyester* dengan Penguat Serat Daun Lontar

Setelah sampel komposit selesai dibuat, selanjutnya dilakukan pengecekan fraksi volume pada masing – masing sampel yang telah siap untuk di uji. Pengecekan dilakukan dengan cara menimbang berat sampel, untuk mengetahui fraksi volume akhir digunakan Persamaan 2.3.

3.6 Karakterisasi Sampel

Proses uji sampel dilakukan untuk mengetahui karakter dari komposit *polyester* dengan penguat serat daun lontar. Beberapa jenis pengujian yang dilakukan adalah uji densitas, uji kekuatan tarik (*tensile strength*), uji kekuatan lengkung (*fleksural strength*) dan analisa mikrostruktur dengan SEM (*Scanning Electron Microscopy*).

3.6.1 Uji Densitas

Uji densitas atau kerapatan dilakukan untuk mengetahui tingkat kerapatan suatu komposisi pada material. Alat yang digunakan untuk mengetahui nilai kerapatan adalah jangka sorong dengan ketelitian 0,05 dan neraca digital yang memiliki ketelitian 0,0001 gram. Pengukuran dilakukan dengan cara menimbang spesimen komposit *polyester* dan mengukur dimensinya. Dari data yang diperoleh dapat dihitung nilai kerapatan dengan menggunakan perbandingan antara massa dan volume sebagaimana ditunjukkan pada Persamaan 2.4.

3.6.2 Uji Kekuatan Tarik (*Tensile Strength*)

Pengujian kekuatan tarik dilakukan di Balai Riset dan Standardisasi Industri Surabaya. Uji kekuatan tarik digunakan untuk menguji kekuatan bahan komposit dengan cara memberikan beban gaya yang sesumbu. Proses pengujian dengan cara ujung-ujung sampel dikaitkan pada alat uji dan beban penarik dipasang pada satuan beban kgf. Sampel ditarik dengan kecepatan tertentu hingga putus. Besar beban penarik maksimum (F_{\max}) dan perubahan panjang sampel saat

putus dicatat. Dari data yang telah diperoleh kemudian dimasukkan dalam Persamaan 2.5 dan Persamaan 2.6 sehingga dapat diperoleh besarnya tegangan (σ) dan regangan (ϵ). Pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat *Torse Universal Testing Machine*.



Gambar 3.7 Alat *Torse Universal Testing Machine*.

Nilai kuat tarik (σ) diperoleh dari perbandingan antara gaya (F) dan luas bidang tarik (A) (persamaan 2.4). Sedangkan elongasi (ϵ) diperoleh dari perbandingan antara panjang mula-mula l_0 (m) dengan pertambahan panjang ΔL (m) (persamaan 2.5).

3.6.3 Uji *Bending*

Pengujian kekuatan *bending* dilakukan di Balai Riset dan Standardisasi Industri Surabaya. Uji kekuatan *bending* atau kekuatan lengkung dilakukan untuk mengetahui tegangan *bending* terbesar yang dapat diterima akibat pembebanan luar tanpa mengalami deformasi yang besar atau kegagalan. Pengujian *bending* dilakukan dengan menggunakan alat *Universal Testing Machine* dengan metode *three point bendings*. Dari data yang telah diperoleh kemudian dimasukkan dalam Persamaan 2.12 sehingga dapat diperoleh besarnya tegangan kekuatan *bending*.



Gambar 3.8 Alat Pengujian *Bending*

3.6.4 Uji SEM (*Scanning Electron Microscopy*)

Pengujian SEM dilakukan di Laboratorium Energi LPPM ITS. Uji SEM (*Scanning Electron Microscopy*) digunakan untuk mengetahui struktur mikro permukaan spesimen pada komposit *polyester*. Cara analisis SEM tidak merusak bahan karena menggunakan elektron sebagai sumber radiasinya. Berkas elektron menyapu permukaan spesimen titik demi titik dengan sapuan membentuk baris demi baris. Elektron yang ditembakkan pada permukaan bahan akan berinteraksi sehingga menghasilkan sinyal yang berisi informasi meliputi topografi, morfologi, komposisi serta informasi kristalografi permukaan bahan.



Gambar 3.9 Alat SEM (*scanning Electron Microscopy*)

Sampel yang akan digunakan dipersiapkan terlebih dahulu sebelum dilakukan karakterisasi SEM. Kemudian sampel dimasukkan kedalam spesimen *chamber* untuk diamati struktur mikronya pada layar SEM. Pada prosesnya, tembakan elektron yang dilepaskan oleh ujung *Electron Gun* akan menghasilkan suatu pancaran sinar elektron dalam sebuah jalur yang diarahkan dan difokuskan

sehingga mengenai titik pada target. *Scanning coil* (koil pemindai) akan mengarahkan berkas elektron untuk proses *scan* area kecil (*low angle back scattered electron*) berinteraksi dengan sebuah tonjolan pada sampel dan menghasilkan hamburan kembali (elektron sekunder) yang menghasilkan suatu sinyal elektronik. Sinyal elektronik tersebut akan ditangkap detektor dan kemudian diolah serta ditampilkan pada layar CRT (*Cathode Ray Tube*) sehingga diperoleh gambaran topologi permukaan sampel.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas hasil penelitian tentang komposit *polyester* yang diperkuat daun lontar dengan variasi fraksi volume serat. Variasi fraksi volume serat yang digunakan adalah 25%, 30%, 35%, 40%, 45%. Sedangkan untuk pengujian yang dilakukan, ada empat uji yaitu pengujian densitas komposit, pengujian kekuatan tarik, pengujian kekuatan *bending* dan pengujian SEM (*Scanning Electron Microscopy*).

4.1 Hasil Uji Densitas Komposit

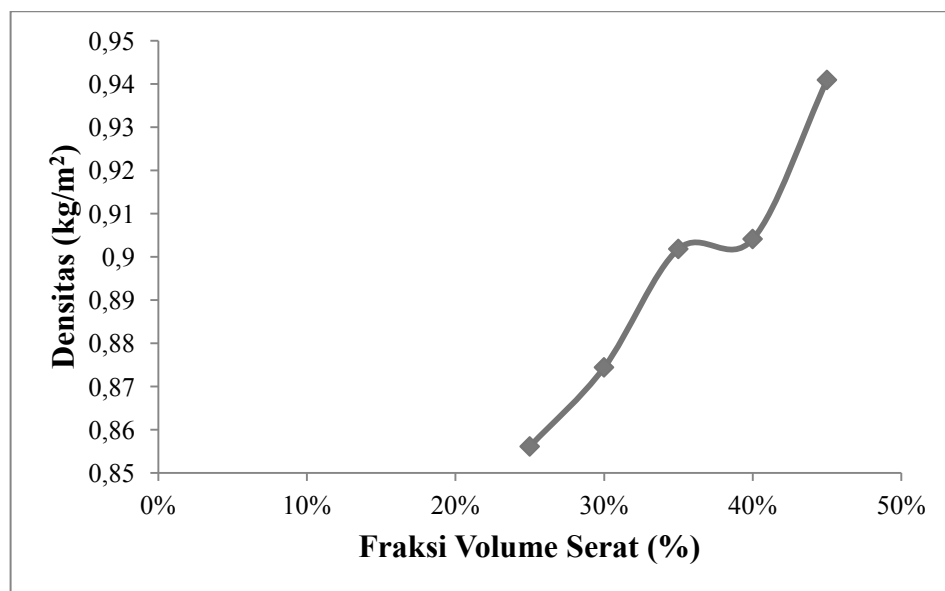
Pengujian densitas atau kepadatan merupakan suatu indikator penting dalam cakupan komposit, karena sangat mempengaruhi sifat dari material komposit. Densitas suatu bahan sama halnya dengan kerapatan massa suatu bahan. Densitas komposit dapat diketahui dengan menghitung massa per volume komposit. Densitas komposit menunjukkan sifat ringan pada bahan komposit. Semakin besar nilai densitas komposit maka semakin berat komposit tersebut. Sifat ringan merupakan sifat yang diperlukan untuk beberapa bahan komposit yang digunakan dalam aplikasi industri manufaktur seperti pesawat terbang, kapal dan kendaraan bermotor. Adapun densitas komposit pada penelitian ini diperoleh nilai antara 0,856 gram/cm³ hingga 0,940 gram/cm³. Untuk densitas *polyester* diketahui sebesar 1,215 gram/cm³. Hasil pengujian densitas komposit dapat dilihat pada Tabel 4.1. Nilai yang ditampilkan adalah nilai rata-rata dari 3 sampel dari setiap

fraksi volume serat. Cara perhitungan densitas dan ketidakpastiannya ditampilkan pada Lampiran 3. Uji densitas dilakukan untuk mengetahui kerapatan komposit *polyester* yang diperkuat dengan serat daun lontar.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Densitas Komposit *Polyester* dengan Penguat Serat Daun Lontar

Fraksi Volume Serat	Densitas (gram/cm ³)
25%	0,856
30%	0,874
35%	0,901
40%	0,904
45%	0,940

Dari tabel di atas dapat dibuat grafik hubungan antara densitas komposit terhadap fraksi volume serat.



Gambar 4.1 Grafik Hubungan Densitas Terhadap Fraksi Volume Serat

Dari data dan grafik hasil perhitungan densitas komposit dapat dilihat bahwa seiring bertambahnya fraksi volume serat, densitas komposit juga ikut

mengalami kenaikan. Densitas tertinggi ditunjukkan pada fraksi volume serat 45% yaitu sebesar 0,940 gram/cm³ dan densitas terendah ditunjukkan pada fraksi volume serat 25% yaitu sebesar 0,856 gram/cm³. Densitas yang semakin tinggi akan membuat kekuatan komposit semakin meningkat. Densitas komposit juga akan berpengaruh pada sifat lentur, semakin tinggi densitas kelenturan akan semakin berkurang.

Besarnya densitas dapat dipengaruhi oleh *void* atau cacat yang ada pada sebuah bahan. Semakin banyak *void*, maka densitas akan semakin kecil nilainya, begitu pula sebaliknya. Selain *void*, densitas juga dapat dipengaruhi oleh ikatan antara serat dengan matrik. Jika serat dan matrik tidak terikat dengan baik, akan menyebabkan densitas rendah dikarenakan adanya ruang kosong di sekitar serat yang tidak merekat pada matrik, begitu pula sebaliknya. Hal tersebut dapat diamati dalam struktur mikro permukaan patah sampel uji tarik pada Gambar 4.6 sampai pada Gambar 4.9. Semakin tinggi densitas, maka semakin sedikit cacat atau sebaliknya. Cacat pada gambar hasil uji SEM ditunjukkan dengan adanya rongga yang terbentuk antara matrik dengan serat.

4.2 Hasil Uji Kekuatan Tarik

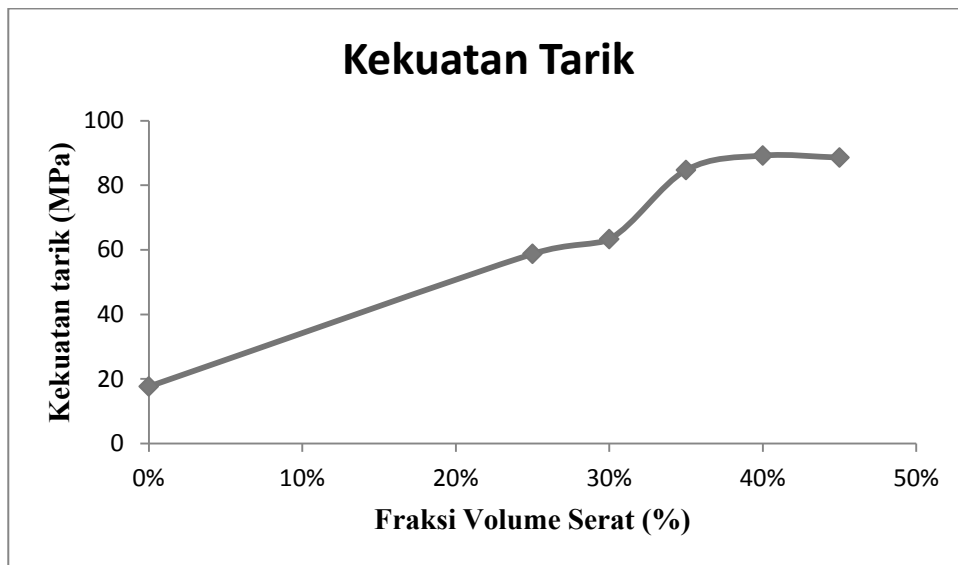
Pengujian tarik digunakan untuk menguji kekuatan bahan komposit dengan cara memberikan beban gaya yang sesumbu. Hasil pengujian tarik komposit *polyester* dengan penguat serat daun lontar berupa gaya tarik maksimum bahan dan perubahan panjang sampel saat ditarik hingga putus. Cara perhitungan kekuatan tarik dan ketidakpastiannya ditampilkan pada Lampiran 4, cara

perhitungan elongasi dan ketidakpastiannya ditampilkan pada Lampiran 5 dan cara perhitungan modulus tarik dan ketidakpastiannya ditampilkan pada Lampiran 6. Data hasil pengujian tarik ditampilkan dalam bentuk grafik yang ditunjukkan pada Gambar 4.2.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Kekuatan Tarik Komposit *Polyester* dengan Penguat Serat Daun Lontar

Fraksi Volume Serat	Kuat Tarik (MPa)	Elongasi (%)	Modulus Tarik (MPa)
0%	17,68	7,5	223,99
25%	58,77	14,58	431,69
30%	63,33	19,33	335,18
35%	84,73	20,5	420,05
40%	89,22	18,33	487,56
45%	88,60	18,16	493,45

Dari tabel di atas dapat dibuat grafik hubungan antara tegangan tarik, regangan tarik dan modulus tarik terhadap fraksi volume serat. Ada lima sampel komposit *polyester* dengan penguatan serat daun lontar dan satu sampel tanpa serat atau sampel kontrol.



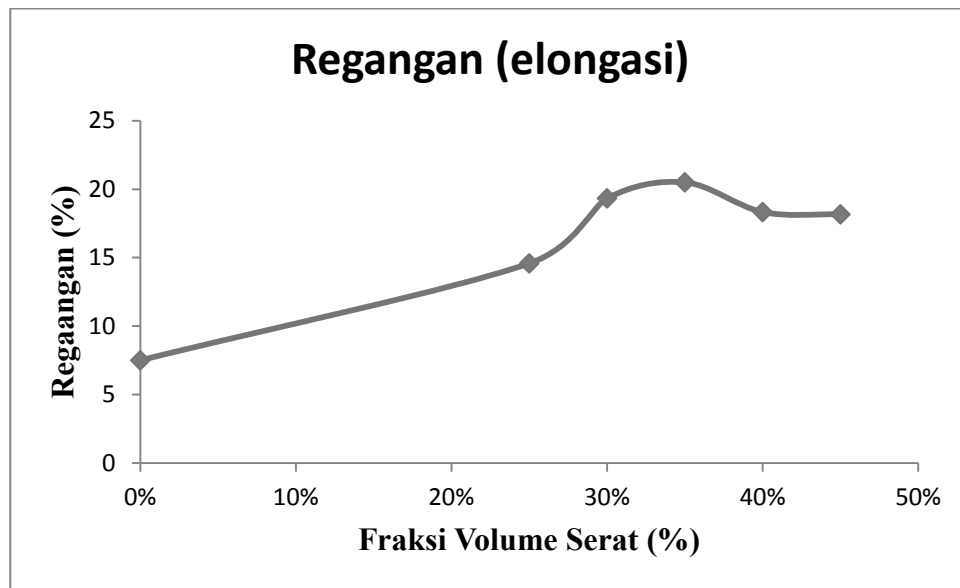
Gambar 4.2 Grafik Hubungan Kekuatan Tarik Terhadap Fraksi Volume Serat

Dari hasil kekuatan tarik yang ditampilkan, kekuatan paling rendah ditunjukkan pada fraksi volume serat 25% yaitu sebesar 61,47 MPa kemudian meningkat seiring bertambahnya fraksi volume serat dan mencapai nilai tertinggi pada fraksi volume serat 40% yaitu sebesar 89,22 MPa dan menurun setelahnya yaitu pada fraksi volume serat 45% menjadi 88,60 MPa. Pertambahan kekuatan seiring bertambahnya fraksi volume serat disebabkan karena serat merupakan unsur yang berfungsi sebagai penahan beban sehingga semakin banyak kandungan serat dalam komposit akan berpotensi memberikan dukungan yang lebih pada komposit untuk menahan beban. Semakin tinggi fraksi volume serat maka tegangan tarik dan kekuatan tarik material komposit semakin meningkat (Ojahan, 2015).

Fraksi volume serat yang tinggi tidak selalu memberikan pengaruh yang baik terhadap kekuatan komposit yang dibuktikan pada fraksi volume serat 45% kekuatan komposit menurun. Kekuatan komposit tidak hanya dipengaruhi oleh

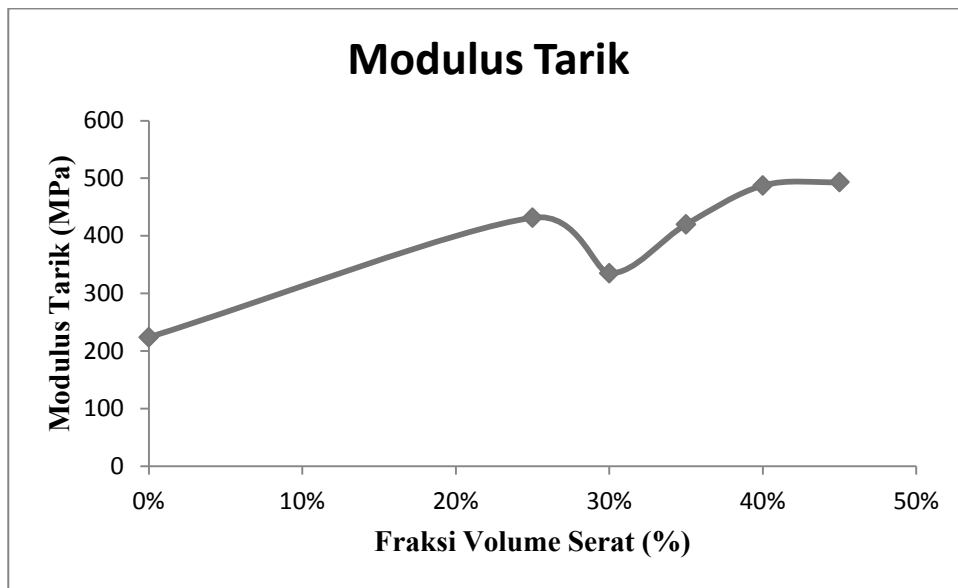
jumlah serat tetapi juga dipengaruhi oleh faktor pengikat yaitu matrik. Ikatan yang baik antara matrik dan serat dapat meningkatkan kekuatan komposit. Semakin tinggi fraksi volume serat maka volume matrik juga akan semakin berkurang. Dengan volume yang semakin sedikit, matrik tidak akan mampu mengikat serat satu dengan yang lain dengan baik. Akibatnya pada saat diberikan pembebanan, beban tidak terdistribusi dengan maksimal karena ikatan antara serat yang lemah.

Banyak faktor lain yang dapat menjadi penyebab penurunan kekuatan komposit. Pada pengujian, penurunan kekuatan komposit dapat disebabkan kurang seragamnya kondisi serat dan tidak meratanya campuran resin *polyester* dan serat. Penurunan kekuatan komposit juga dapat dikarenakan oleh adanya *void*/lubang pada komposit, yang menyebabkan kerusakan lebih dahulu sebelum terjadi pengujian. Selain itu juga dapat dipengaruhi oleh posisi serat yang tidak saling berkaitan yang menyebabkan mudah retaknya komposit pada matrik. Dalam teori panjang serat juga mempengaruhi kekuatannya, serat pendek kekuatannya lebih kecil dibanding serat panjang. Maka dapat disimpulkan dari pengujian uji tarik komposit bila semakin sedikit volume seratnya maka semakin kecil kekuatannya, sedangkan bila semakin banyak seratnya maka kekuatan semakin tinggi, akan tetapi bila terlalu banyak serat yang tidak seimbang dengan volume matriknya, maka kekuatannya juga akan melemah.



Gambar 4.3 Grafik Hubungan Elongasi Terhadap Fraksi Volume Serat

Dari hasil pengujian, elongasi tertinggi dimiliki oleh fraksi volume serat 35% yaitu 23,50%. Besarnya kekuatan tarik komposit tidak menunjukkan besarnya pula elongasi. Karena setelah fraksi volume 35% regangan komposit menurun, berbeda dengan kekuatan tarik yang terus meningkat. Nilai regangan ini berpengaruh pada nilai modulus tarik. Semakin rendah regangan maka modulus tarik akan semakin meningkat.



Gambar 4.4 Grafik Hubungan Modulus Tarik Terhadap Fraksi Volume Serat

Sedangkan untuk modulus tarik komposit juga mengalami peningkatan tetapi pada fraksi volume serat 30% modulus tarik turun kemudian naik terus sampai pada fraksi volume serat 45%. Peningkatan modulus tarik ini menunjukkan bahwa seiring dengan bertambahnya fraksi volume serat maka komposit juga akan semakin kaku. Hal ini dikarenakan regangan yang dihasilkan mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya fraksi volume serat. Penurunan regangan ini disebabkan karena dua hal, yang pertama dengan penambahan jumlah serat dalam komposit akan semakin menghalangi molekul – molekul polimer untuk bergerak dari satu tempat ke tempat lain sehingga akan mengakibatkan kegagalan lebih awal saat diberi pembebanan (Rokwell dkk., 1985). Penyebab kedua turunnya nilai regangan adalah pengaruh reaksi *exothermal* yang terjadi pada saat pembuatan komposit. Reaksi *exothermal* tersebut mengakibatkan kerusakan serat akibat perbedaan koefisien muai antara ikatan selulosa dengan bahan – bahan lainnya.

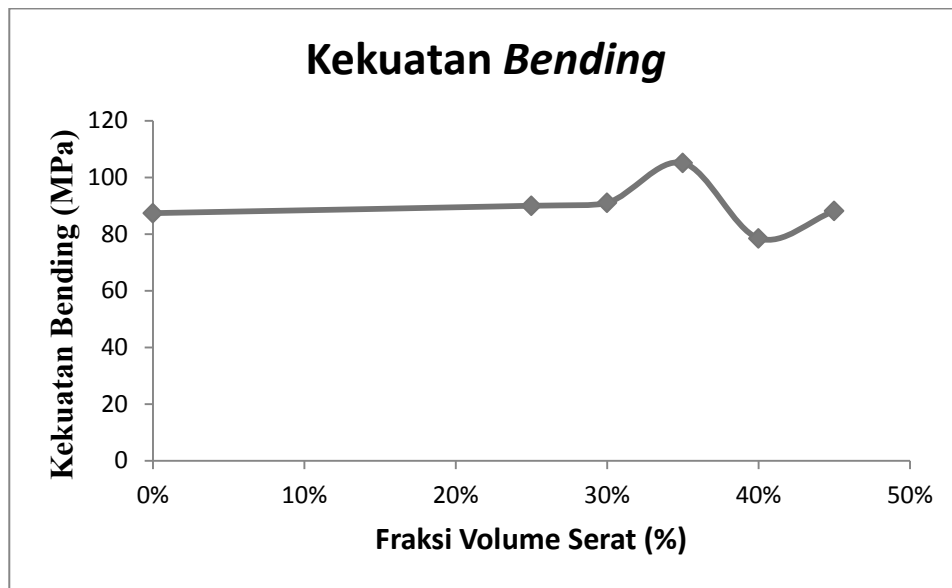
4.3 Hasil Uji Kekuatan *Bending* (Lengkung)

Uji kekuatan *bending* atau kekuatan lengkung dilakukan untuk mengetahui tegangan *bending* terbesar yang dapat diterima akibat pembebanan luar tanpa mengalami deformasi yang besar atau kegagalan. Pengujian *bending* dilakukan dengan menggunakan alat *Universal Testing Machine* dengan metode *three point bendings*. Dari hasil pengujian *bending* terhadap komposit, dengan Persamaan 2.7 dapat dihitung kekuatannya.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Kekuatan Lengkung Komposit *Polyester* dengan Penguat Serat Daun Lontar

Variasi Fraksi Volume Serat	σ (MPa)
0%	87,38
25%	89,99
30%	91,05
35%	105,12
40%	78,48
45%	88,18

Dari tabel di atas dapat dibuat grafik hubungan antara kekuatan lengkung terhadap fraksi volume serat.



Gambar 4.5 Grafik Hubungan antara Kekuatan Lengkung Terhadap Fraksi Volume Serat.

Grafik kekuatan lengkung di atas menunjukkan kenaikan kekuatan lengkung tertinggi ditunjukkan pada fraksi volume 35% yaitu 105,12% dan menurun setelahnya. Dilihat dari tingginya nilai kekuatan lengkung menunjukkan serat terikat sempurna oleh matrik. Sehingga seluruh pembebanan ditanggung secara merata oleh semua serat sebagai satu kesatuan yang artinya setiap serat dalam komposit menerima beban yang sama. Dari fraksi volume 25% kekuatan lengkung mengalami kenaikan sampai pada fraksi volume serat 35% dan mengalami penurunan pada fraksi volume 40% dan 45%. Untuk penurunan kekuatan lengkung dengan fraksi volume di atas 35% yaitu 40% dan 45% ini disebabkan karena komposit dengan fraksi volume serat yang besar berarti semakin banyak pula serat didalamnya. Hal ini mengakibatkan kekuatan lengkung semakin melemah karena komposit hanya bertumpu pada serat. Bila semakin bertambahnya fraksi volume serat maka, secara otomatis mengurangi bahan

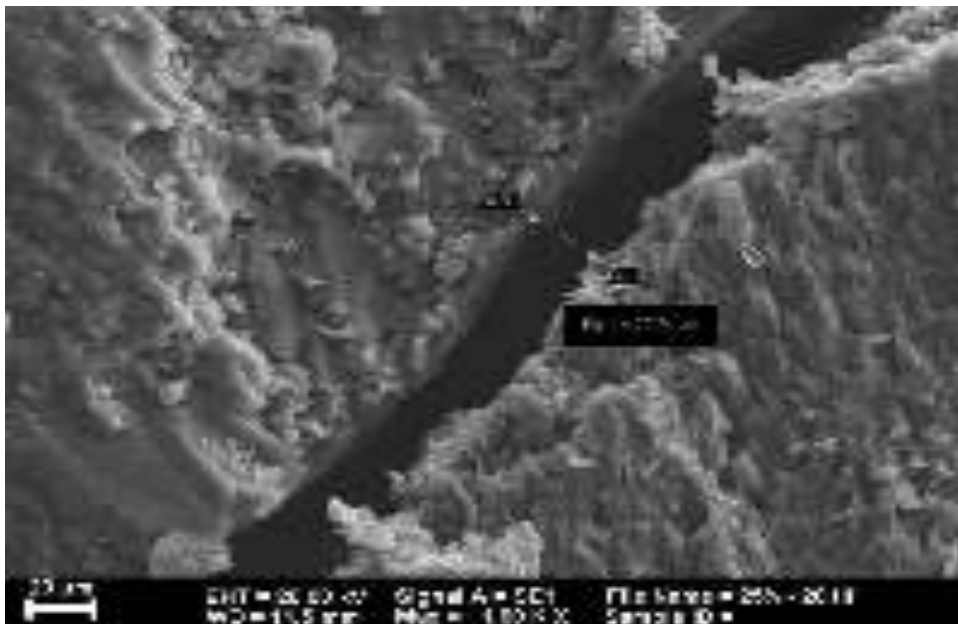
pengikat yang menyebabkan ikat melemahnya bahan pengikat tersebut. Berkurangnya jumlah rongga yang dihasilkan akan meningkatkan tegangan *bending* komposit. Jika dilihat grafik, kekuatan lengkung menurun pada fraksi volume 40% kemudian naik lagi pada fraksi 45%. Penurunan pada fraksi volume 40% ini dapat disebabkan keberadaan *void* pada komposit. Karena komposit dengan sedikit *void* mempunyai peluang kecil terjadinya retakan awal yang dapat menimbulkan potensi berkembang menjadi perpatahan. Berkurangnya peluang terjadinya perpatahan maka menghasilkan komposit dengan tegangan *bending* tinggi. Rongga yang terjadi akan berpengaruh terhadap menurunnya tegangan *bending* pada komposit (Oza, 2010).

4.4 Hasil Uji *Scanning Electron Microscopy* (SEM)

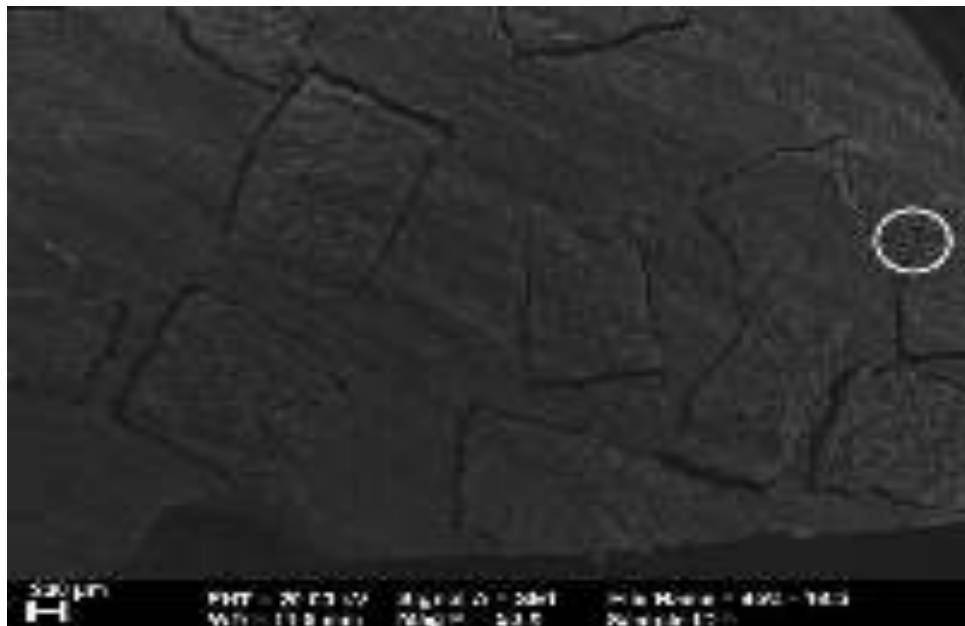
Uji SEM dilakukan untuk melihat permukaan patahan komposit dan juga untuk melihat rongga antara serat dengan matrik. Dalam penelitian ini semua serat yang digunakan dalam komposit mendapatkan perlakuan yang sama yaitu merendam serat dengan NaOH 5% selama 2 jam yang membedakan adalah variasi fraksi volume serat atau banyaknya serat dalam komposit. Sampel yang digunakan untuk uji SEM adalah sampel dengan kekuatan tarik terburuk yaitu fraksi volume serat 25% dengan sampel yang mempunyai kekuatan terbaik yaitu fraksi volume 45%. Hasil uji SEM dapat dilihat pada Gambar 4.5 sampai dengan Gambar 4.8.



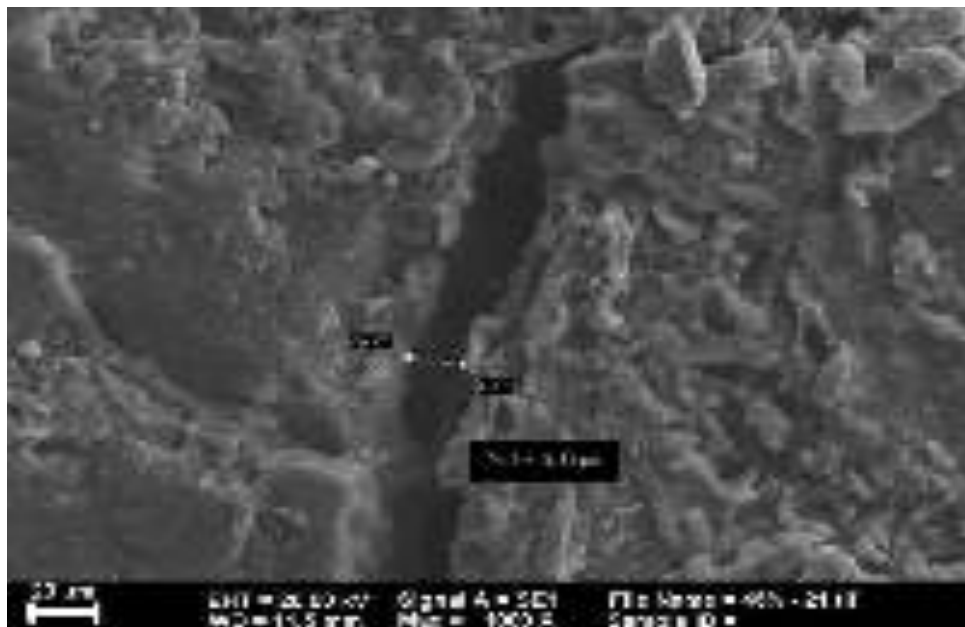
Gambar 4.6 Hasil Uji SEM Permukaan pada Fraksi Volume Serat 25% dengan Perbesaran 50 kali



Gambar 4.7 Hasil Uji SEM Permukaan pada Fraksi Volume Serat 25% dengan Perbesaran 1000 kali



Gambar 4.8 Hasil Uji SEM Permukaan pada Fraksi Volume Serat 45% dengan Perbesaran 50 kali



Gambar 4.9 Hasil Uji SEM Permukaan pada Fraksi Volume Serat 45% dengan Perbesaran 1000 kali

Pada hasil SEM terlihat bahwa fraksi volume serat 25% memiliki jumlah serat lebih sedikit, komposit didominasi oleh matrik sebagai pengikat sedangkan

fraksi volume serat 45% memiliki jumlah serat lebih banyak yang menyebar keseluruhan bagian komposit. Jumlah serat inilah yang mempengaruhi kekuatan komposit. Dari hasil foto SEM distribusi serat pada komposit kurang merata, jarak antara serat dan serat lainnya didalam komposit tidak sama. Hal ini menyebabkan nilai kekuatan disetiap sisi komposit berbeda. Kedua hasil uji SEM pada pembesaran 1000 terlihat masih ada rongga yang terbentuk antara serat dengan matrik. Semakin kecil rongga yang terbentuk maka menunjukkan semakin baik ikatan yang terjadi antara serat dengan matrik, begitu pula sebaliknya semakin besar rongga yang terbentuk maka menunjukkan ikatan yang kurang baik antara serat dengan matrik. Pada Gambar 4.7 dan Gambar 4.9 dapat diketahui ukuran dari rongga yang terbentuk. Ukuran rongga dalam satu sampel berbeda-beda, hal ini menunjukkan sampel tidak homogen.

Produk material yang ulet dan kuat adalah logis dalam suatu pemikiran dan usaha, menggabungkan kedua sifat dijadikan suatu material yang baru yaitu komposit. Komposit dalam proses pembuatannya mempunyai sifat kekuatan, kekakuan, ketahanan korosi, usia pemakaian, berat jenis, pengaruh terhadap temperatur. Proses fabrikasi komposit ini dapat diaplikasikan pada berbagai komponen mesin seperti ; body mesin, suku cadang dan kemasan elektronik.

Berdasarkan data hasil pengujian di dapatkan kekuatan tarik tertinggi yaitu 89,22 MPa. Dari nilai tersebut dapat diketahui aplikasi yang sesuai berdasarkan kekuatan tarik. Untuk aplikasi dashboard mobil yang memiliki jenis bahan plastik ABS *High Impact* memiliki kekuatan tarik sebesar 20-40 MPa, sehingga penelitian ini kurang memenuhi standar. Berdasarkan nilai regangan dari

dashboard mobil yang memiliki jenis bahan plastik ABS *High Impact* adalah 2 % - 100% sehingga penelitian ini sudah memenuhi standar berdasarkan nilai regangan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisa dan perhitungan data yang diperoleh dari hasil pengujian tentang pengaruh penambahan variasi fraksi volume serat daun lontar pada matrik *polyester* maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Variasi fraksi volume serat daun lontar dapat mempengaruhi sifat fisik dan sifat mekanik komposit *polyester*. Densitas komposit naik seiring bertambahnya fraksi volume serat. Nilai kekuatan tarik juga mengalami kenaikan seiring penambahan fraksi volume serat sampai pada fraksi volume serat 40% dan turun setelahnya. Variasi fraksi volume juga mempengaruhi kekuatan *bending* komposit.
2. Densitas komposit tertinggi dimiliki oleh komposit dengan fraksi volume serat 45% yaitu 0,940 gram/cm³. Kekuatan tarik tertinggi komposit *polyester* dengan penguat serat daun lontar terdapat pada fraksi volume serat 40% yaitu 89,22 MPa dan kekuatan *bending* maksimum dimiliki oleh komposit dengan fraksi volume serat 35% yaitu 105,12 MPa.

5.2 Saran

Peneliti menyadari bahwa hasil penelitian ini masih sangat jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, peneliti sangat mengharapkan kritik dan saran dari pembaca yang bersifat membangun demi kesempurnaan hasil penelitian ini. penulis menyarankan beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam proses pencetakan komposit, antara lain:

1. Serat sebaiknya dipilih yang seragam, baik dimensi maupun karakteristiknya.
2. Pada proses pembuatan komposit serat disusun merata agar memudahkan pencetakan dan menghasilkan cetakan komposit yang tebalnya sama dalam satu bidang.
3. Meminimalkan keberadaan rongga udara (*void*) pada komposit yang akan dibuat sehingga akan menaikkan kekuatan komposit dengan menggunakan alat tekan yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Ananto, S., 2008, *Analisis Mikrostruktur Sifat Mekanik dan Sifat Kimia Logam SS-904L*, Skripsi Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Surabaya: Universitas Airlangga,.
- Anonim, 2001. *Technical Data Sheet*, P.T. Justus Kimia Raya, Jakarta.
- ASTM Standards D 638-02 *Standart test method for tensile properties of plastics*. Philadelphia, PA : *American Society for Testing and Materials*.
- ASTM Standards, D 790M-84, 1984, *Standard Test Method for Flexural and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials (Metric)*, American Society for Testing and Materials.
- ASTM Standards D792-98, *Standard Test Methods for Density and Specific Gravity (Relative Density) of Plastics by Displacement*, *American Society for Testing and Material*, West Chonshohoken, PA, USA.
- Azwar, 2009, *Study Perilaku Mekanik Komposit Berbasis Polyester yang Diperkuat dengan Partikel Serbuk Kayu Keras dan Lunak*, Jurnal Reaksi (Journal of Science and Technology) Vol. 7 No. 16, Desember 2009 ISSN 1693-248X.
- Billmeyer, 1984, *Text Book of Polymer Science*, Third Edition, John Wiley & Sons, Inc., Singapore.
- Brahmakumar, M., Pavithran, C., and Pillai, R.M., 2005, *Coconut fiber reinforced polyethylene composites such as effect of natural waxy surface layer of the fiber on fiber or matrix interfacial bonding and strength of composites*, Elsevier, *Composite Science and Technology*, 65 pp. 563-569.
- Dabade, B. M., Ramachandra Reddy, G., Rajesham, S., Udaya Kiran, C., 2006, *Effect of fiber length and fiber weight ratio on tensile properties of sun hemp and palmyra fiber reinforced polyester composites*, *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 25, p. 1773.

- Davis, T.A and Johnson, DV, 1987, Current Utilization and Further Development of The Palmyra (*Borassus flabellifer* L., Araceae) in Tamil Nadu State Economic Botany, India 41(2): 47-266.
- Daud, Johanis Abanat., Anindito P., Yudi S., 2012, *Pengaruh Fraksi Volume Serat Pelepah Gebang (corypha utan lamarck) terhadap Kekuatan Tarik dan Kekuatan Impak pada Komposit Bermatrik Epoksi*, Jurnal Inovtek Vol. 2, No 1: halaman 106-114.
- Derek Hull. 1981. *An Indtroduction to Composite Materials. Cambrige Solid State*. Science Series, London.
- Gibson, O. F., 1994, *Principle of Composite Materials Mechanics*, McGraw-Hill Inc., New York, USA.
- Hadi, B.,K., 2000,. *Mekanika Struktur Komposit, Departemen Pendidikan Nasional*, Bandung.
- Handayani, T.1999. Lontar. *Lembar Informasi PROSEA*. Vol 2. No 7. Januari 1999. PROSEA Indonesia-Yayasan Prosea. Bogor.
- Mukhopadhyay S., Fangueiro R., Shivankar V., 2009, *Variability of tensile properties of fibers from pseudostem of banana plant*, Textile Research Journal, Vol. 79, 2009, pp. 387-393.
- Nadendla Srinivasababu, Suresh Kumar, J., Vijaya Kumar Reddy, K., 2014. *Manufacturing and Characterization of Long Palmyra Palm/Borassus Flabellifer Petiole Fibre Reinforced Polyester Composites*, Advanced Materials Research, 585, p. 311.
- Nurhidayat, Achmad, 2013, *Pengaruh Fraksi Volume pada Pembuatan Komposit HDPE Limbah-Cantula dan Berbagai Jenis Perekat Dalam Pembuatan Laminate*, Tesis Program Studi Teknik Mesis, Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Ojahan, Tumpal., Hasen, Aditya M.S.,2015, *Analisis Fraksi Volume Serat Pelepah Batang Pisang Bermatriks Unsaturated Resin Polyester (UPR) Terhadap Kekuatan Tarik dan SEM*, Teknik Mesin, Jurnal Mechanical, Vol. 6, No. 1.

- Oza, S., 2010, *Thermal and Mechanical Properties of Recycled High Density Polyethylene/hemp Fiber Composites*, University City Blvd Charlotte, NC, 28223, USA., pp. 31-36.
- Rasman, S., 2010, *Mechanical And Water Absorbtion Properties of Resin Transfer Moulded Kenaf Fibre Reinforced Composites*, A Dissertation Submitted To The Faculty of Engineering And The Built Environment, Desertasi, University of the Witwatersrand, Johannesburg. p. 87.
- Rokwell, R.M., dkk, 1985, *Properties of Kenaf/Polypropylene Composite*, Polymer Engineering and Science, Wisconsin.
- Schwartz, M.M., 1984, *Composite Materials Handbook*, Mc Graw-Hill Book Co., New York. Vlack, L. H., 1995, Ilmu dan Teknologi Bahan, terjemahan Ir. Sriati Djaprie, Jakarta : Erlangga.
- Smith, W.F (1996) *Priciples of Materials Science and Engineering*, 2nd ed. McGraw-Hil, Singapore.
- Sriwita, delni, 2014, *Pembuatan dan Karakterisasi Sifat Mekanik Bahan Komposit Serat Daun Nenas-Polyester Ditinjau dari Fraksi Massa dan Orientasi Serat*, Jurnal Fisika Unand Vol. 3, No. 1.
- Sudhakara, P., Obi Reddy, K., Venkata Prasad, C., Jagadeesh, Dani., Kim, H. S., Kim, B. S., Bae, S. I., Song, J. I., 2013. *Studies on Borassus fruit fiber and its composites with Polypropylene*, Composites Research, 26, p. 48.
- Syafrudin, H., 2011, *Analisis Mikrostruktur, Sifat Fisis dan Sifat Mekanik Keramik Jenis Refraktori*, Skripsi Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Surabaya : Universitas Airlangga,.
- Vinson Jack r and Searakowski Robert L, *The Behavior of Structures Composed of Composite Material*, (Dordrecht : Kluwer Academic Publisher, 2002)
- Wicaksono, Arif, 2006, *Karakterisasi Kekuatan Bending Komposit Berpenguat Kombinasi Serat Kenaf Acak dan Anyam*, Skripsi Teknik Mesin Fakultas Teknik, Semarang : Universitas Negeri Semarang.
- Wona, Hendrikus, Kristomus B., Erich U. K. Maliwemu., 2015, *Pengaruh Variasi Fraksi Volume Serat terhadap Kekuatan Bending dan Impak Komposit Polyester Berpenguat Serat Agave Cantula*, Jurnal Teknik Mesin, LJTMU: Vol. 02, No. 01.

LAMPIRAN 1

Data Perhitungan Fraksi Volume

1. Sampel untuk uji bending

Ukuran cetakan panjang (p) 12 cm, lebar (l) 1,5 cm dan tebal (t) 0,5 cm

Volume cetakan (V_{ctk}) :

$$\begin{aligned} V_{ctk} &= p \times l \times t \\ &= 12 \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} \times 0,5 \text{ cm} \\ &= 9 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

a. Fraksi volume serat 25 %

Volume serat (V_f)

$$\begin{aligned} V_f &= 25 \% \times V_{ctk} \\ &= 25 \% \times 9 \text{ cm}^3 \\ &= 2,25 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Massa serat (m_f)

$$\begin{aligned} m_f &= \rho_f \times V_f \\ &= 0,95 \text{ gram/cm}^3 \times 2,25 \text{ cm}^3 \\ &= 2,14 \text{ gram} \end{aligned}$$

Volume resin (V_m)

$$\begin{aligned} V_m &= 75 \% \times V_{ctk} \\ &= 75 \% \times 9 \text{ cm}^3 \\ &= 6,75 \text{ cm}^3 \\ &= 6,75 \text{ ml} \end{aligned}$$

b. Fraksi volume serat 30 %

Volume serat (V_f)

$$\begin{aligned}V_f &= 30 \% \times V_{ctk} \\ &= 30 \% \times 9 \text{ cm}^3 \\ &= 2,70 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

Massa serat (m_f)

$$\begin{aligned}m_f &= \rho_f \times V_f \\ &= 0,95 \text{ gram/cm}^3 \times 2,70 \text{ cm}^3 \\ &= 2,56 \text{ gram}\end{aligned}$$

Volume resin (V_m)

$$\begin{aligned}V_m &= 70 \% \times V_{ctk} \\ &= 70 \% \times 9 \text{ cm}^3 \\ &= 6,30 \text{ cm}^3 \\ &= 6,30 \text{ ml}\end{aligned}$$

c. Fraksi volume serat 35 %

Volume serat (V_f)

$$\begin{aligned}V_f &= 35 \% \times V_{ctk} \\ &= 35 \% \times 9 \text{ cm}^3 \\ &= 3,15 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

Massa serat (m_f)

$$\begin{aligned}m_f &= \rho_f \times V_f \\ &= 0,95 \text{ gram/cm}^3 \times 3,15 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

$$= 2,99 \text{ gram}$$

Volume resin (V_m)

$$\begin{aligned} V_m &= 65 \% \times V_{ctk} \\ &= 65 \% \times 9 \text{ cm}^3 \\ &= 5,85 \text{ cm}^3 \\ &= 5,85 \text{ ml} \end{aligned}$$

d. Fraksi volume serat 40 %

Volume serat (V_f)

$$\begin{aligned} V_f &= 40 \% \times V_{ctk} \\ &= 40 \% \times 9 \text{ cm}^3 \\ &= 3,60 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Massa serat (m_f)

$$\begin{aligned} m_f &= \rho_f \times V_f \\ &= 0,95 \text{ gram/cm}^3 \times 3,60 \text{ cm}^3 \\ &= 3,42 \text{ gram} \end{aligned}$$

Volume resin (V_m)

$$\begin{aligned} V_m &= 60 \% \times V_{ctk} \\ &= 60 \% \times 9 \text{ cm}^3 \\ &= 5,40 \text{ cm}^3 \\ &= 5,40 \text{ ml} \end{aligned}$$

e. Fraksi volume serat 45 %

Volume serat (V_f)

$$\begin{aligned}V_f &= 45 \% \times V_{ctk} \\ &= 45 \% \times 9 \text{ cm}^3 \\ &= 4,05 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

Massa serat (m_f)

$$\begin{aligned}m_f &= \rho_f \times V_f \\ &= 0,95 \text{ gram/cm}^3 \times 4,05 \text{ cm}^3 \\ &= 3,85 \text{ gram}\end{aligned}$$

Volume resin (V_m)

$$\begin{aligned}V_m &= 55 \% \times V_{ctk} \\ &= 55 \% \times 9 \text{ cm}^3 \\ &= 4,95 \text{ cm}^3 \\ &= 4,95 \text{ ml}\end{aligned}$$

2. Sampel untuk uji tarik

Volume cetakan (V_{ctk}) :

$$V_{ctk} = 62,74 \text{ cm}^3$$

a. Fraksi volume serat 25 %

Volume serat (V_f)

$$\begin{aligned} V_f &= 25 \% \times V_{ctk} \\ &= 25 \% \times 62,74 \text{ cm}^3 \\ &= 15,68 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Massa serat (m_f)

$$\begin{aligned} m_f &= \rho_f \times V_f \\ &= 0,95 \text{ gram/cm}^3 \times 15,68 \text{ cm}^3 \\ &= 14,90 \text{ gram} \end{aligned}$$

Volume resin (V_m)

$$\begin{aligned} V_m &= 75 \% \times V_{ctk} \\ &= 75 \% \times 62,74 \text{ cm}^3 \\ &= 47,06 \text{ cm}^3 \\ &= 47,06 \text{ ml} \end{aligned}$$

b. Fraksi volume serat 30 %

Volume serat (V_f)

$$\begin{aligned}V_f &= 30 \% \times V_{ctk} \\ &= 30 \% \times 62,74 \text{ cm}^3 \\ &= 18,82 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

Massa serat (m_f)

$$\begin{aligned}m_f &= \rho_f \times V_f \\ &= 0,95 \text{ gram/cm}^3 \times 18,82 \text{ cm}^3 \\ &= 17,88 \text{ gram}\end{aligned}$$

Volume resin (V_m)

$$\begin{aligned}V_m &= 70 \% \times V_{ctk} \\ &= 70 \% \times 62,47 \text{ cm}^3 \\ &= 43,92 \text{ cm}^3 \\ &= 43,92 \text{ ml}\end{aligned}$$

c. Fraksi volume serat 35 %

Volume serat (V_f)

$$\begin{aligned}V_f &= 35 \% \times V_{ctk} \\ &= 35 \% \times 62,74 \text{ cm}^3 \\ &= 21,96 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

Massa serat (m_f)

$$\begin{aligned}m_f &= \rho_f \times V_f \\ &= 0,95 \text{ gram/cm}^3 \times 21,96 \text{ cm}^3 \\ &= 20,86 \text{ gram}\end{aligned}$$

Volume resin (V_m)

$$\begin{aligned}V_m &= 65 \% \times V_{ctk} \\ &= 65 \% \times 62,74 \text{ cm}^3 \\ &= 40,78 \text{ cm}^3 \\ &= 40,78 \text{ ml}\end{aligned}$$

d. Fraksi volume serat 40 %

Volume serat (V_f)

$$\begin{aligned}V_f &= 40 \% \times V_{ctk} \\ &= 40 \% \times 62,74 \text{ cm}^3 \\ &= 25,10 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

Massa serat (m_f)

$$\begin{aligned}m_f &= \rho_f \times V_f \\ &= 0,95 \text{ gram/cm}^3 \times 25,10 \text{ cm}^3 \\ &= 23,84 \text{ gram}\end{aligned}$$

Volume resin (V_m)

$$\begin{aligned}V_m &= 60 \% \times V_{ctk} \\ &= 60 \% \times 62,74 \text{ cm}^3 \\ &= 37,64 \text{ cm}^3 \\ &= 37,64 \text{ ml}\end{aligned}$$

e. Fraksi volume serat 45 %

Volume serat (V_f)

$$\begin{aligned}V_f &= 45 \% \times V_{ctk} \\ &= 45 \% \times 62,74 \text{ cm}^3 \\ &= 28,23 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

Massa serat (m_f)

$$\begin{aligned}m_f &= \rho_f \times V_f \\ &= 0,95 \text{ gram/cm}^3 \times 28,23 \text{ cm}^3 \\ &= 26,82 \text{ gram}\end{aligned}$$

Volume resin (V_m)

$$\begin{aligned}V_m &= 55 \% \times V_{ctk} \\ &= 55 \% \times 62,74 \text{ cm}^3 \\ &= 34,51 \text{ cm}^3 \\ &= 34,51 \text{ ml}\end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan:

Perhitungan untuk sampel uji *bending*

Fraksi Volume Serat	Massa serat (gram)	Volume resin (ml)
25%	2,14	6,75
30%	2,57	6,30
35%	2,99	5,85
40%	3,42	5,40
45%	3,85	4,95

Perhitungan untuk sampel uji tarik

Fraksi Volume Serat	massa serat (gram)	Volume resin (ml)
25%	14,90	47,06
30%	17,88	43,92
35%	20,86	40,78
40%	23,84	37,64
45%	26,82	34,51

LAMPIRAN 2

Data Perhitungan Fraksi Volume Serat Real

Perhitungan fraksi volume serat menggunakan rumus

$$V_f = \frac{m_f / \rho_f}{m_f / \rho_f + m_m / \rho_m}$$

Keterangan :

m_f = massa serat

m_m = massa matrik

ρ_f = densitas serat

V_f = fraksi volume serat

v_f = volume serat

v_m = volume matriks

➤ Sampel Uji Tarik

Fraksi volume serat 25%

$$\begin{aligned} V_f &= \frac{m_f / \rho_f}{m_f / \rho_f + m_m / \rho_m} \\ &= \frac{14,4945 / 0,951}{14,4945 / 0,951 + 62,629 / 1,215} \\ &= \frac{15,241}{15,241 + 51,546} = 22,82 \% \end{aligned}$$

Ketidakpastian

$$\Delta V_f = \left| \frac{\partial m_f / \partial \rho_f}{\partial m_f / \partial \rho_f + \partial m_m / \partial \rho_m} \right| |\Delta m_f| + \left| \frac{\partial m_f / \partial \rho_f}{\partial m_f / \partial \rho_f + \partial m_m / \partial \rho_m} \right| |\Delta m_m|$$

$$\Delta V_f = \left| \frac{m_m / \rho_f \rho_m}{\left(m_f / \rho_f + m_m / \rho_m \right)^2} \right| |\Delta m_f| + \left| \frac{m_f / \rho_f \rho_m}{\left(m_f / \rho_f + m_m / \rho_m \right)^2} \right| |\Delta m_m|$$

$$\Delta V_f = \left| \frac{62,6290 / (0,951)(1,215)}{\left(14,4945 / 0,951 + 62,6290 / 1,215 \right)^2} \right| |0,00005|$$

$$+ \left| \frac{14,4945 / (0,951)(1,215)}{\left(14,4945 / 0,951 + 62,6290 / 1,215 \right)^2} \right| |0,00005|$$

$$\Delta V_f = \left| \frac{80,0150}{44460,6138} \right| |0,00005| + \left| \frac{18,5182}{44460,6138} \right| |0,00005|$$

$$\Delta V_f = 1,1 \times 10^{-6} \%$$

Dengan cara yang sama didapatkan fraksi volume serat real untuk uji bending dan uji tarik:

Uji Bending

Fraksi Volume Serat	Massa serat (gram)	Massa matrik (gram)	ρ serat (gram/cm ³)	ρ matrik (gram/cm ³)	Fraksi volume Real (%)	Ketidakpastian (%)
25%	2,1306	10,7620	0,951	1,215	20,187	$6,7 \times 10^{-6}$
	2,2395	9,1212	0,951	1,215	23,878	$7,5 \times 10^{-6}$
30%	2,5450	10,1013	0,951	1,215	24,351	$6,7 \times 10^{-6}$
	2,6196	9,5055	0,951	1,215	26,041	$6,9 \times 10^{-6}$
35%	2,9794	10,4562	0,951	1,215	26,688	$6,2 \times 10^{-6}$
	3,0175	8,2993	0,951	1,215	31,718	$7,2 \times 10^{-6}$
40%	3,4174	10,2703	0,951	1,215	29,830	$6,0 \times 10^{-6}$
	3,5301	8,7483	0,951	1,215	34,017	$6,6 \times 10^{-6}$
45%	3,8587	10,3381	0,951	1,215	32,289	$5,7 \times 10^{-6}$
	3,8830	8,5456	0,951	1,215	36,730	$6,4 \times 10^{-6}$

Uji Tarik

Fraksi Volume Serat	Massa serat (gram)	Massa matrik (gram)	ρ serat (gram/cm ³)	ρ matrik (gram/cm ³)	Fraksi volume Real (%)	Ketidakpastian (%)
25%	14,4945	62,6290	0,951	1,215	22,821	$1,1 \times 10^{-6}$
	14,6400	65,3702	0,951	1,215	22,247	$1,1 \times 10^{-6}$
30%	17,7347	58,4964	0,951	1,215	27,920	$1,1 \times 10^{-6}$
	17,6490	59,1887	0,951	1,215	27,586	$1,1 \times 10^{-6}$
35%	20,8690	55,9192	0,951	1,215	32,286	$1,1 \times 10^{-6}$
	20,7219	59,0671	0,951	1,215	30,949	$1,0 \times 10^{-6}$
40%	23,7340	55,8280	0,951	1,215	35,197	$1,0 \times 10^{-6}$
	23,8085	52,7567	0,951	1,215	36,571	$1,0 \times 10^{-6}$
45%	26,8976	51,9609	0,951	1,215	39,808	$1,0 \times 10^{-6}$
	26,9110	52,0840	0,951	1,215	39,763	$1,0 \times 10^{-6}$

LAMPIRAN 3

Data Hasil Pengujian Densitas

Perhitungan densitas menggunakan persamaan:

$$\text{Densitas} = \frac{m}{v}$$

Fraksi volume serat 25%

Sampel 1

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{m}{v} \\ &= \frac{12,6070 \text{ gram}}{14,415 \text{ cm}^3} \\ &= 0,874 \frac{\text{gram}}{\text{cm}^3} \end{aligned}$$

Ketidakpastian

$$\begin{aligned} \Delta\rho &= \left| \frac{\partial m}{\partial v} \right| |\Delta m| + \left| \frac{\partial m}{\partial v} \right| |\Delta v| \\ &= \left| \frac{1}{v} \right| |\Delta m| + \left| \frac{m}{v^2} \right| |\Delta v| \\ &= \left| \frac{1}{14,415} \right| |0,00005| + \left| \frac{12,6070}{(14,415)^2} \right| |0,14| \\ &= 5,85 \times 10^{-4} \frac{\text{gram}}{\text{cm}^3} \end{aligned}$$

Sampel 2

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{m}{v} \\ &= \frac{12,8926 \text{ gram}}{14,550 \text{ cm}^3} \\ &= 0,886 \frac{\text{gram}}{\text{cm}^3}\end{aligned}$$

Ketidakpastian

$$\begin{aligned}\Delta\rho &= \left| \frac{\partial m}{\partial v} \right| |\Delta m| + \left| \frac{\partial m}{\partial v} \right| |\Delta v| \\ &= \left| \frac{1}{v} \right| |\Delta m| + \left| \frac{m}{v^2} \right| |\Delta v| \\ &= \left| \frac{1}{14,550} \right| |0,00005| + \left| \frac{12,8926}{(14,550)^2} \right| |0,14| \\ &= 5,80 \times 10^{-4} \frac{\text{gram}}{\text{cm}^3}\end{aligned}$$

Sampel 3

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{m}{v} \\ &= \frac{11,3607 \text{ gram}}{14,065 \text{ cm}^3} \\ &= 0,808 \frac{\text{gram}}{\text{cm}^3}\end{aligned}$$

Ketidakpastian

$$\begin{aligned}\Delta\rho &= \left| \frac{\partial m}{\partial v} \right| |\Delta m| + \left| \frac{\partial m}{\partial v} \right| |\Delta v| \\ &= \left| \frac{1}{v} \right| |\Delta m| + \left| \frac{m}{v^2} \right| |\Delta v| \\ &= \left| \frac{1}{14,065} \right| |0,00005| + \left| \frac{11,3607}{(14,065)^2} \right| |0,13| \\ &= 5,38 \times 10^{-4} \frac{\text{gram}}{\text{cm}^3}\end{aligned}$$

Densitas rata – rata dihitung dengan rumus:

$$\rho_{rata-rata} = \frac{sampel_1 + sampel_2 + sampel_3}{3}$$

$$\rho_{rata-rata} = \frac{0,874 + 0,886 + 0,808}{3}$$

$$\rho_{rata-rata} = 0,856 \frac{gram}{cm^3}$$

Ketidakpastian

$$\Delta\rho_{rata-rata} = \sqrt{\frac{\sum \rho_i^2 - n\langle\rho\rangle^2}{n(n-1)}}$$

$$\Delta\rho_{rata-rata} = \sqrt{\frac{2,20 - 3(0,856)^2}{3(3-1)}}$$

$$\Delta\rho_{rata-rata} = 0,024 \frac{gram}{cm^3}$$

Dengan cara yang sama didapatkan hasil perhitungan densitas untuk fraksi volume serat selanjutnya.

Fraksi Volume Serat	p (cm)	l (cm)	t (cm)	Volume (cm ³)	Massa (gram)	Densitas (gram/cm ³)	Ketidakpastian (gram/cm ³)
25%	12,225	1,650	0,540	14,415	12,6070	0,874	$5,58 \times 10^{-4}$
	12,400	1,605	0,545	14,550	12,8926	0,886	$5,8 \times 10^{-4}$
	11,945	1,605	0,515	14,065	11,3607	0,808	$5,38 \times 10^{-4}$
Rata - rata						0,856	0,024
30%	12,125	1,650	0,545	14,320	12,7931	0,893	$6,03 \times 10^{-4}$
	12,210	1,650	0,520	14,380	12,6463	0,879	$5,85 \times 10^{-4}$
	12,040	1,605	0,610	14,255	12,1251	0,851	$5,82 \times 10^{-4}$
Rata - rata						0,874	0,012
35%	12,115	1,605	0,545	14,265	13,7750	0,966	$6,43 \times 10^{-4}$
	12,145	1,605	0,610	14,360	13,4356	0,936	$6,36 \times 10^{-4}$
	11,935	1,615	0,610	14,070	11,3168	0,804	$5,63 \times 10^{-4}$
Rata - rata						0,902	0,05
40%	12,250	1,625	0,61	14,485	13,0227	0,899	$6,11 \times 10^{-4}$
	12,250	1,610	0,605	14,465	13,6877	0,946	$6,39 \times 10^{-4}$
	12,005	1,615	0,54	14,16	12,2784	0,867	$5,82 \times 10^{-4}$
Rata - rata						0,904	0,023
45%	12,245	1,610	0,635	14,490	14,104	0,973	$6,64 \times 10^{-4}$
	12,320	1,640	0,630	14,590	14,1968	0,973	$6,66 \times 10^{-4}$
	12,025	1,615	0,540	14,180	12,4286	0,876	$5,87 \times 10^{-4}$
Rata - rata						0,941	0,032

LAMPIRAN 4**Data Hasil dan Perhitungan Uji Kekuatan Tarik**

Perhitungan Tegangan tarik menggunakan rumus:

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

Fraksi Volume Serat 25%

Sampel 1

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{F}{A} \\ &= \frac{13454,72 \text{ N}}{0,0002189 \text{ m}^2} \\ &= 61465161,26 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \\ &= 61,67 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

Ketidakpastian

$$\begin{aligned}\Delta\sigma &= \left| \frac{\partial F}{\partial A} \right| |\Delta F| + \left| \frac{\partial F}{\partial A} \right| |\Delta A| \\ &= \left| \frac{1}{A} \right| |\Delta F| + \left| -\frac{F}{A^2} \right| |\Delta A| \\ &= \left| \frac{1}{0,00021890} \right| |9,8| + \left| -\frac{13454,72}{(0,00021890)^2} \right| |1,5 \times 10^{-6}| \\ &= 0,50 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Sampel 2

$$\begin{aligned}
 \sigma &= \frac{F}{A} \\
 &= \frac{12356,38 \text{ N}}{0,00022033 \text{ m}^2} \\
 &= 56081237,24 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \\
 &= 56,08 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

Ketidakpastian

$$\begin{aligned}
 \Delta\sigma &= \left| \frac{\partial F}{\partial A} \right| |\Delta F| + \left| \frac{\partial F}{\partial A} \right| |\Delta A| \\
 &= \left| \frac{1}{A} \right| |\Delta F| + \left| -\frac{F}{A^2} \right| |\Delta A| \\
 &= \left| \frac{1}{0,00021890} \right| |9,8| + \left| \frac{13454,72}{(0,00021890)^2} \right| |1,59 \times 10^{-6}| \\
 &= 0,45 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Tegangan rata – rata dihitung dengan rumus:

$$\sigma_{rata-rata} = \frac{sampel_1 + sampel_2}{2}$$

$$\sigma_{rata-rata} = \frac{61,67 \text{ MPa} + 56,08 \text{ MPa}}{2}$$

$$\sigma_{rata-rata} = 58,77 \text{ MPa}$$

Ketidakpastian

$$\Delta\sigma_{rata-rata} = \sqrt{\frac{\sum \sigma_i^2 - n\langle\sigma\rangle^2}{n(n-1)}}$$

$$\Delta\sigma_{rata-rata} = \sqrt{\frac{8,18 \times 10^{14} - 3(58773199,25)^2}{2(2-1)}}$$

$$\Delta\sigma_{rata-rata} = 9804761,61 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$\Delta\sigma_{rata-rata} = 9,80 \text{ MPa}$$

Dengan cara yang sama didapatkan hasil perhitungan tegangan tarik untuk fraksi volume serat selanjutnya.

Variasi Fraksi Volume Serat	A_0 (m ²)	F (N)	Kuat Tarik (MPa)	Ketidakpastian (MPa)
0%	0,00021478	5903,6033	27,49	0,24
	0,00019919	1569,0640	7,88	0,11
Rata - Rata			17,68	9,80
25%	0,0002189	13454,7238	61,46	0,50
	0,00022033	12356,3790	56,08	0,45
Rata - Rata			58,77	2,69
30%	0,00021944	13533,1770	61,67	0,49
	0,00021726	14121,5760	64,99	0,48
Rata - Rata			63,33	1,66
35%	0,00021982	19319,1005	87,88	0,68
	0,00023564	19221,0340	81,57	0,61
Rata - Rata			84,73	3,16
40%	0,00024541	21574,6300	87,91	0,64
	0,00023074	20888,1645	90,53	0,67
Rata - Rata			89,22	1,31
45%	0,00023762	22310,1287	93,89	0,69
	0,00023957	19956,5327	83,30	0,61
Rata - Rata			88,60	5,29

Perhitungan regangan tarik (elongasi) menggunakan persamaan:

$$\varepsilon = \frac{l_1 - l_0}{l_0}$$

Fraksi Volume Serat 25%

Sampel 1

$$\begin{aligned} \varepsilon &= \frac{l_1 - l_0}{l_0} \\ &= \frac{0,0712 - 0,06}{0,06} \\ &= 0,1867 \times 100\% \\ &= 18,67\% \end{aligned}$$

Ketidakpastian

$$\begin{aligned} \Delta\varepsilon &= \left| \frac{\partial\varepsilon}{\partial l_1} \right| |\Delta l_1| + \left| \frac{\partial\varepsilon}{\partial l_0} \right| |\Delta l_0| \\ &= \left| \frac{1}{l_0} \right| |\Delta l_1| + \left| \frac{1}{l_0^2} \right| |\Delta l_0| \\ &= \left| \frac{1}{0,06} \right| |0,00005| + \left| \frac{1}{(0,06)^2} \right| |0,00005| \\ &= 0,0017\% \end{aligned}$$

Sampel 2

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \frac{l_1 - l_0}{l_0} \\ &= \frac{0,0663 - 0,06}{0,06} \\ &= 0,1050 \times 100\% \\ &= 10,50 \%\end{aligned}$$

Ketidakpastian

$$\begin{aligned}\Delta\varepsilon &= \left| \frac{\partial\varepsilon}{\partial l_1} \right| |\Delta l_1| + \left| \frac{\partial\varepsilon}{\partial l_0} \right| |\Delta l_0| \\ &= \left| \frac{1}{l_0} \right| |\Delta l_1| + \left| \frac{1}{l_0^2} \right| |\Delta l_0| \\ &= \left| \frac{1}{0,06} \right| |0,000005| + \left| \frac{1}{(0,06)^2} \right| |0,000005| \\ &= 0,0017 \%\end{aligned}$$

Regangan rata – rata dihitung dengan rumus:

$$\varepsilon_{rata-rata} = \frac{sampel_1 + sampel_2}{2}$$

$$\varepsilon_{rata-rata} = \frac{18,67 \% + 10,50 \%}{2}$$

$$\varepsilon_{rata-rata} = 14,58 \%$$

Ketidakpastian

$$\Delta\varepsilon_{rata-rata} = \sqrt{\frac{\sum \varepsilon_i^2 - n(\bar{\varepsilon})^2}{n(n-1)}}$$

$$\Delta\varepsilon_{rata-rata} = \sqrt{\frac{8,18 \times 10^{14} - 3(58773199,25)^2}{2(2-1)}}$$

$$\Delta\varepsilon_{rata-rata} = 9804761,61 \frac{N}{m^2}$$

$$\Delta\varepsilon_{rata-rata} = 9,80 \text{ MPa}$$

Dengan cara yang sama didapatkan hasil perhitungan regangan tarik untuk fraksi volume serat selanjutnya.

Variasi Fraksi Volume Serat	L_0 (m)	ΔL (m)	Regangan (%)	Ketidakpastian (%)
0%	0,06	0,0650	8,33	0,0017
	0,06	0,0640	6,67	0,0017
Rata - Rata			7,50	0,83
25%	0,06	0,0712	18,67	0,0017
	0,06	0,0663	10,50	0,0017
Rata - Rata			14,58	4,10
30%	0,06	0,0697	16,17	0,0017
	0,06	0,0735	22,50	0,0017
Rata - Rata			19,33	3,20
35%	0,06	0,0741	23,50	0,0017
	0,06	0,0705	17,50	0,0017
Rata - Rata			20,50	3,00
40%	0,06	0,0714	19,00	0,0017
	0,06	0,0706	17,67	0,0017
Rata - Rata			18,33	0,79
45%	0,06	0,0700	16,67	0,0017
	0,06	0,0718	19,67	0,0017
Rata - Rata			18,17	1,50

Perhitungan modulus tarik menggunakan persamaan:

$$Y = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

Fraksi Volume Serat 25%

Sampel 1

$$\begin{aligned} Y &= \frac{\sigma}{\varepsilon} \\ &= \frac{61,46}{0,1867} \\ &= 329,28 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Ketidakpastian

$$\begin{aligned} \Delta\sigma &= \frac{\partial Y}{\partial\sigma} |\Delta\sigma| + \frac{\partial Y}{\partial\varepsilon} |\Delta\varepsilon| \\ &= \left| \frac{1}{\varepsilon} \right| |\Delta\sigma| + \left| \frac{\sigma}{\varepsilon^2} \right| |\Delta\varepsilon| \\ &= \left| \frac{1}{0,1867} \right| |0,5| + \left| \frac{61,46}{(0,1867)^2} \right| |0,0017| \\ &= 0,027 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Sampel 2

$$\begin{aligned} Y &= \frac{\sigma}{\varepsilon} \\ &= \frac{56,08}{0,105} \\ &= 534,11 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Ketidakpastian

$$\begin{aligned} \Delta Y &= \frac{\partial Y}{\partial \sigma} |\Delta \sigma| + \frac{\partial Y}{\partial \varepsilon} |\Delta \varepsilon| \\ &= \left| \frac{1}{\varepsilon} \right| |\Delta \sigma| + \left| \frac{\sigma}{\varepsilon^2} \right| |\Delta \varepsilon| \\ &= \left| \frac{1}{0,105} \right| |0,45| + \left| \frac{56,08}{(0,105)^2} \right| |0,0017| \\ &= 0,043 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Regangan rata – rata dihitung dengan rumus:

$$Y_{rata-rata} = \frac{sampel_1 + sampel_2}{2}$$

$$Y_{rata-rata} = \frac{329,28 \text{ MPa} + 534,11 \text{ MPa}}{2}$$

$$Y_{rata-rata} = 431,69 \text{ MPa}$$

Ketidakpastian

$$\Delta Y_{rata-rata} = \sqrt{\frac{\sum Y_i^2 - n\langle Y \rangle^2}{n(n-1)}}$$

$$\Delta Y_{rata-rata} = \sqrt{\frac{393698,81 - 3\langle 431,69 \rangle^2}{2(2-1)}}$$

$$\Delta Y_{rata-rata} = 102,44 \text{ MPa}$$

Dengan cara yang sama didapatkan hasil perhitungan modulus tarik untuk fraksi volume serat selanjutnya.

Variasi Fraksi Volume Serat	Kuat Tarik (MPa)	Elongasi (%)	Modulus Tarik (MPa)	Ketidakpastian (MPa)
0%	27,49	8,33	329,84	0,03
	7,88	6,67	118,16	0,17
Rata - Rata			223,99	105,86
25%	61,46	18,67	329,28	0,03
	56,08	10,50	534,11	0,04
Rata - Rata			431,69	102,44
30%	61,67	16,17	381,47	0,03
	64,99	22,50	288,88	0,02
Rata - Rata			335,18	46,25
35%	87,89	23,50	373,98	0,03
	81,57	17,50	466,11	0,04
Rata - Rata			420,05	46,02
40%	87,91	19,00	462,70	0,034
	90,53	17,67	512,42	0,04
Rata - Rata			487,56	33,28
45%	93,89	16,67	563,34	0,04
	83,30	19,67	423,57	0,03
Rata - Rata			493,45	69,92

LAMPIRAN 5**Data Hasil dan Perhitungan Kekuatan Lengkung (*bending*)**

Perhitungan kekuatan lengkung menggunakan persamaan:

$$\sigma_b = \frac{3FL}{2bd^2}$$

Fraksi volume serat 25%

$$\begin{aligned}\sigma_b &= \frac{3FL}{2bd^2} \\ \sigma_b &= \frac{3 \times 337,12 \times 0,92}{2 \times 0,0169 \times 0,00534^2} \\ \sigma_b &= \frac{91,4112}{9,638^{-7}}\end{aligned}$$

Ketidakpastian

$$\begin{aligned}\Delta\sigma_b &= \left| \frac{\partial\sigma_b}{\partial F} \right| |\Delta F| + \left| \frac{\partial\sigma_b}{\partial L} \right| |\Delta L| + \left| \frac{\partial\sigma_b}{\partial b} \right| |\Delta b| + \left| \frac{\partial\sigma_b}{\partial d} \right| |\Delta d| \\ &= \left| \frac{3L}{2bd^2} \right| |\Delta F| + \left| \frac{3F}{2bd^2} \right| |\Delta L| + \left| -\frac{3FL}{2b^2d^2} \right| |\Delta b| + \left| \frac{3FL}{2bd^3} \right| |\Delta d| \\ &= \left| \frac{3(0,92)}{2(0,0158)(0,00572)^2} \right| |9,8| + \left| \frac{3(324,38)}{2(0,0158)(0,00572)^2} \right| |0,00005| \\ &\quad + \left| -\frac{3(0,92)(324,38)}{2(0,0158)^2(0,00572)^2} \right| |0,00005| \\ &\quad + \left| \frac{3(324,38)(0,92)}{2(0,0158)(0,00572)^3} \right| |0,00005| \\ &= 24685070,82 + 25042,82 + 2129334,513 + 5948209,84 \\ &= 32787657,99 \text{ N/m}^2 \\ &= 32,79 \text{ MPa}\end{aligned}$$



Dengan cara yang sama didapatkan hasil perhitungan kekuatan lengkung untuk fraksi volume serat selanjutnya.


Fraksi Volume Serat	L (m)	b (m)	d (m)	F (N)	σ (MPa)	Ketidakpasti-an (MPa)
0%	0,92	0,01623	0,00581	274,40	87,38	32,79
25%	0,92	0,01580	0,00572	324,38	89,99	36,50
30%	0,92	0,01596	0,00555	500,78	91,05	44,63
35%	0,92	0,01595	0,00642	332,22	105,12	28,21
40%	0,92	0,01628	0,00599	425,32	78,48	34,66
45%	0,92	0,01650	0,00572	344,96	88,18	35,46

Lampiran 6. Dokumentasi Penelitian



1. Pembuatan cetakan sampel



Alat dan Bahan:

No	Gambar	Keterangan
1.		Minyak yang berfungsi sebagai pelumas untuk mempermudah pelepasan sampel dari cetakan
2.		Lem kaca untuk merekatkan cetakan kaca yang digunakan untuk membuat cetakan sampel


No.	Gambar	Keterangan
3.		Silicon Rubber dan katalis sebagai bahan dasar pembuatan cetakan sampel.




Proses pembuatan cetakan




No.	Gambar	Keterangan
1.		Proses pencetakan untuk membuat cetakan sampel uji <i>bending</i> .
2.		Proses pencetakan untuk membuat cetakan sampel uji tarik.




No.	Gambar	Keterangan
3.		Hasil untuk pembuatan cetakan uji <i>bending</i> .
4.		Hasil untuk pembuatan cetakan uji tarik.



2. Perlakuan serat




No.	Gambar	Keterangan
1.		NaOH, bahan membuat larutan NaOH yang digunakan untuk merendam serat.




No.	Gambar	Keterangan
2.		Aquades digunakan untuk mencairkan NaOH.
3.		Serat yang sudah dikeringkan dan dipotong sesuai ukuran sampel.
4.		Larutan NaOH untuk merendam serat.

No.	Gambar	Keterangan
5.		Serat yang direndam dengan larutan NaOH
6.		Serat yang direndam dalam larutan NaOH setelah perendaman 2 jam
7.		Serat yang sudah ditiriskan dan dicuci dengan air.




No.	Gambar	Keterangan
8.		Serat yang sudah selesai dikeringkan
9.		Penimbangan serat untuk sampel uji tarik sesuai fraksi volume serat.
10		Penimbangan serat untuk sampel uji <i>bending</i> sesuai fraksi volume serat.



No.	Gambar	Keterangan
1.		Polyester BQTN 157- Ex yukalac sebagai bahan matrik komposit.
2.		Katalis MEKPO sebagai bahan pemercepat pengeringan (<i>curing</i>) komposit.


No.	Gambar	Keterangan
3.		<p>Mirror Glaze sebagai bahan untuk mempermudah pengambilan sampel dari cetakan.</p>
4.		<p>Gelas beker untuk mengukur tempat pencampuran antara <i>polyester</i> dengan katalis.</p>
5.		<p>Gelas ukur untuk mengukur kebutuhan katalis.</p>

No.	Gambar	Keterangan
6.		Pipet untuk mengambil katalis, dan pengaduk untuk mengaduk saat pencampuran <i>polyester</i> dengan katalis.
7.		Sarung tangan untuk melindungi tangan agar tidak terkena <i>polyester</i> yang sudah dicampur katalis.
8.		Alat lain-lain yang digunakan dalam penelitian.


3. Proses pencetakan



No.	Gambar	Keterangan
1.		Proses pencetakan sampel untuk uji tarik.
2.		Proses pencetakan sampel untuk uji densitas komposit dan uji <i>bending</i> .
3.		Sampel uji tarik yang sudah dicetak dan didiamkan 24 jam dalam suhu ruangan.

No.	Gambar	Keterangan
4.		Sampel uji bending yang sudah dicetak dan didiamkan 24 jam dalam suhu ruangan.
5.		Sampel kontrol tanpa penguat serat.

No.	Gambar	Keterangan
6.		Sampel siap uji

4. Alat pengujian

No.	Gambar	Keterangan
1.		Proses pengujian tarik menggunakan alat <i>torse universal testing machine</i> .

No.	Gambar	Keterangan
2.		Proses pengujian <i>bending</i> .
3.		Alat untuk Uji SEM (<i>Scanning Electron Microscopy</i>).

No.	Gambar	Keterangan
4.	 A black and white photograph of a digital analytical balance scale. The scale is a tall, rectangular device with a flat weighing pan on top and a digital display and control panel on the front. It is placed on a dark surface, likely a laboratory bench.	Timbangan digital uji uji densitas dan penimbangan serat.

Lampiran 7. Data Hasil Penelitian

Universitas Pendidikan Indonesia
Pendidikan

**BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN INDUSTRI
KUALITAS DAN STANDARDISASI INDUSTRI SUKRAMAYA
LABORATORIUM PENGUJIAN DAN KALIBRASI
BAHULI TANG INDUSTRI SURABAYA**
Jalan Sekeloa Selatan 1 No. 101, Sekeloa Selatan I, Surabaya 60132, Jawa Timur, Indonesia
Telp. 031-8482123, 8482124, 8482125, 8482126, 8482127

LAMPIRAN PENELITIAN
Tahun Pengujian
No. **ME 04.003.001**

<p>NO. JABATAN Jabatan</p> <p>DIKORUHI Komponen</p> <p>DINILAI Kategori</p> <p>J. AMAL Jenis</p> <p>DITUNGGU Pemeriksaan</p> <p>KELOMPOK Kelas</p>	<p>1. 1.000.000.000</p> <p>2. 1.000.000.000</p> <p>3. 1.000.000.000</p> <p>4. 1.000.000.000</p> <p>5. 1.000.000.000</p>
<p>NO. JABATAN Jabatan</p> <p>DIKORUHI Komponen</p> <p>DINILAI Kategori</p> <p>J. AMAL Jenis</p> <p>DITUNGGU Pemeriksaan</p> <p>KELOMPOK Kelas</p>	<p>1. 1.000.000.000</p> <p>2. 1.000.000.000</p> <p>3. 1.000.000.000</p> <p>4. 1.000.000.000</p> <p>5. 1.000.000.000</p>

Page 1 of 1



**DOKUMEN PENELITIAN DAN PENGURANGAN RISIKO
KALIBRASI DAN STANDARDISASI INDUSTRI SURABAYA
LABORATORIUM PENGUKURAN DAN KALIBRASI
BASTAND INDUSTRI SURABAYA**

Jl. Sepuluh Nopember No. 301-303, Surabaya 60134, Telp. 031-8463311, Fax. 031-8463312
http://www.bastand-industry.com/indonesia/

Kode A/B/C : 1/2/3/4/5/6
Jenis Form : Formulir Pengukuran
No. Urut : 2018.01.01.01.01.01.01.01

1. 1. Tabel

No. Urut	Kategori	Hasil Uji											
		1000000		100000		10000		1000		100		10	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1000000	mm	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12
100000	mm	0,02	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,22	0,24
10000	mm	0,04	0,08	0,12	0,16	0,20	0,24	0,28	0,32	0,36	0,40	0,44	0,48
1000	mm	0,08	0,16	0,24	0,32	0,40	0,48	0,56	0,64	0,72	0,80	0,88	0,96
100	mm	0,16	0,32	0,48	0,64	0,80	0,96	1,12	1,28	1,44	1,60	1,76	1,92
10	mm	0,32	0,64	0,96	1,28	1,60	1,92	2,24	2,56	2,88	3,20	3,52	3,84
1	mm	0,64	1,28	1,92	2,56	3,20	3,84	4,48	5,12	5,76	6,40	7,04	7,68
0,1	mm	1,28	2,56	3,84	5,12	6,40	7,68	8,96	10,24	11,52	12,80	14,08	15,36

1. 2. Tabel

No. Urut (g)	Kategori	Hasil Uji							
		1000000				100000			
1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1000000	mm	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08
100000	mm	0,02	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16
10000	mm	0,04	0,08	0,12	0,16	0,20	0,24	0,28	0,32
1000	mm	0,08	0,16	0,24	0,32	0,40	0,48	0,56	0,64
100	mm	0,16	0,32	0,48	0,64	0,80	0,96	1,12	1,28
10	mm	0,32	0,64	0,96	1,28	1,60	1,92	2,24	2,56
1	mm	0,64	1,28	1,92	2,56	3,20	3,84	4,48	5,12
0,1	mm	1,28	2,56	3,84	5,12	6,40	7,68	8,96	10,24

No. Urut (g)	Kategori	Hasil Uji			
		1000000		100000	
1	2	1	2	1	2
1000000	mm	0,01	0,02	0,03	0,04
100000	mm	0,02	0,04	0,06	0,08
10000	mm	0,04	0,08	0,12	0,16
1000	mm	0,08	0,16	0,24	0,32
100	mm	0,16	0,32	0,48	0,64
10	mm	0,32	0,64	0,96	1,28
1	mm	0,64	1,28	1,92	2,56
0,1	mm	1,28	2,56	3,84	5,12



Lampiran 1
Page 1 of 1

Copyright © 2018 by Institut Teknologi Sepuluh Nopember
All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or by any information storage and retrieval system, without permission in writing from ITS.