



**TUGAS AKHIR - TM 141585**

**PENGARUH VARIASI FRAKSI VOLUME POLYESTER-  
SERAT SISAL DAN STRUKTUR SERAT TERHADAP  
KARAKTERISTIK BENDING KOMPOSIT**

**DEWI NASTITI ANINDYA  
NRP. 2111100 019**

**Pembimbing :  
Prof. Dr. Ir. Wajan Berata, DEA**

**Jurusan Teknik Mesin  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2016**



**FINAL PROJECT - TM 141585**

**EFFECT OF POLYESTER SISAL FIBER VOLUME  
FRACTION VARIATIONS AND FIBER STRUCTURE TO  
COMPOSITE BENDING**

**DEWI NASTITI ANINDYA  
NRP. 2111100 019**

*Advisory Lecturer :*  
**Prof. Dr. Ir. Wajan Berata, DEA**

**MECHANICAL ENGINEERING DEPARTMENT  
Faculty of Industrial Engineering  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya  
2016**

**PENGARUH VARIASI FRAKSI VOLUME SERAT  
SISAL-POLYESTER DAN STRUKTUR SERAT  
TERHADAP KARAKTERISTIK BENDING  
KOMPOSIT**

**TUGAS AKRIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar  
Saijana Teknik pada Bidang Studi Metalurgi Program Studi 5-1  
Jurusan Teknik Mesin  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**DEWI NASTITIANINDYA  
NRP. 2111 100019**

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Prof. Dr. Ir. Wajan Berata, DEA ..... (Pembimbing)  
NIP. 19501211 198502 1 001
2. Suwama ST., MSc. Ph.D ..... (Penguji I)  
NIP. 19800520 200501 1 003
3. Wahyu Wijanarko, ST., MSc ..... (Penguji II)  
NIP. 19820209 201212 1 001
4. Dr. Errg. Sutikno, ST., MT ..... (Penguji III)  
NIP. 19740703 200003 1 001



SURABAYA  
JNU 2016

# **PENGARUH VARIASI FRAKSI VOLUME POLYESTER-SERAT SISAL DAN STRUKTUR SERAT TERHADAP KARAKTERISTIK BENDING KOMPOSIT**

**Nama Mahasiswa : Dewi Nastiti Anindya**  
**NRP : 2111 100 019**  
**Jurusan : Teknik Mesin**  
**DosenPembimbing : Prof. Dr. Ir Wajan Berata, DEA.**

## ***Abstrak***

*Sumber energy yang semakin menipis menuntut manusia untuk berinovasi pada segala bidang, terutama pada bidang transportasi yang membutuhkan sumber energy sangat besar. Pada bidang otomotif terutama sudah banyak dikembangkan komposit sebagai pengganti matrial metal yang tergolong berat dan menghabiskan banyak sumber energy. Komposit yang banyak digunakan sekarang ini adalah komposit dengan penguat sintesis, sedangkan seperti yang diketahui bahwa penguat sintesis masih berbahaya untuk lingkungan dan terutama bagi kesehatan manusia. Maka penguat yang berasal dari alam sedang dikembangkan, misalnya seperti serat alam. Banyak penguat yang ditemukan dari daun nanas, daun sisal, serabut kelapa, dan lain-lainnya, namun untuk kekuatan serat alam masih setengah dibawah serat sintesis. Aplikasi dari komposit serat alam ini seperti body dan bumper mobil yang ringan dan juga ramah lingkungan.*

*Penelitian dilakukan dengan mencampurkan polyester dan serat sisal. Dimensi spesimen uji bending dibuat sesuai standart pengujian bending ASTM D 790M-84a dengan variasi fraksi volume serat sisal 40%, 50%, dan*

60% dan dengan variasi struktur serat anyaman, continue, chopped. Kemudian di-curing pada temperatur kamar ( $\pm 27^{\circ}\text{C}$ ) selama 24 jam. Selanjutnya setelah didapatkan kekuatan paling optimum lalu memvariasikan ukuran panjang serat sisal.

Dari proses pengujian ini didapatkan hasil kekuatan bending tertinggi pada fraksi volume 60% dengan struktur serat continue, nilai tegangannya 165,08 MPa dan modulus elastisitasnya 31,17 GPa. Dan kekuatan bending terendah pada fraksi volume 40% dengan struktur serat chopped, nilai tegangannya 33,03 MPa namun modulus elastisitasnya 10,99 GPa, pada fraksi volume 50% dengan struktur serat anyaman.

**Kata kunci : polyester, fraksi volume, komposit, serat sisal, struktur serat**

**EFFECT OF POLYESTER SISAL FIBER  
VOLUME FRACTION VARIATIONS AND  
FIBER STRUCTURE TO COMPOSITE  
BENDING**

**Name** : Dewi Nastiti Anindya  
**NRP** : 2111 100 019  
**Department** : Mechanical Engineering  
**Advisory Lecturer** : Prof. Dr. Ir Wajan Berata, DEA.

**ABSTRACT**

*Energy resources decrement, demands people to innovate in all kind of field of studies, especially in transportation that needs a high amount of energy resources. In automotive industry, composites have been developed as an alternative material that are heavy and consumes high amount of energy. Composites used in the present times are composites with synthetic reinforces. However, synthetic reinforces are known as dangerous materials for the environment and moreover to human's health. Therefore, natural reinforces are being developed, like natural fiber for example. Many of them are made up from pineapple leaves, sisal leaves, coconut fibers, and others, but their strength are still half below the synthetic reinforces. Application of natural fiber composites are for example in manufacturing of light and environmental friendly car bodies and bumpers.*

*This experiment is conducted by mixing polyester and sisal fibers. Test specimen dimentions are made according to the bending test standard D 790M-84a with the variation of volume fractions of the sisal fibers, 40%, 50%, and 60%, and also by varying the fibers' braid, continue*

*and chopped. After that, it is cured at room temperature, ( $\pm 27^{\circ}\text{C}$ ) for 24 hours. When the optimum strength is required, the length of the sisal fibers, are then varied.*

*The result of this experiment are the highest bending strength is 165,08 MPa and 31,17 GPa modulus of elasticity, which are acquired by 60% of volume fraction with the continue fibres' structure. While the lowest bending strength is 33,03 MPa, which is acquired by 40% of volume fraction with the chopped structure fibers. But the lowest modulus of elasticity is 10,99 GPa, which is acquired by the 50% volume fraction with the braid structure fibers.*

***Key Word : polyester, volume fraction, composite, sisal fiber, fiber structure***

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas ridho-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir tepat pada waktunya.

Tugas Akhir ini diharapkan dapat menambah pengalaman dan mengembangkan wawasan ilmu pengetahuan dan teknologi bagi semua pihak yang terkait dalam pembahasan ini.

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada semua pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung telah membantu dalam proses penulisan Tugas Akhir ini, di antaranya:

1. kepada kedua orang tua penulis. Bapak Bambang Irianto dan Ibu Elis Nur Rachmawati atas dukungan moril dan materiil dalam proses penulisan Tugas Akhir;
2. kepada Bapak Prof. Dr. Ir. Wajan Berata, DEA selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir;
3. kepada Bapak Dr. Eng. Sutikno, ST., MT., Bapak Wahyu Wijanarko, ST., MSc., Bapak Suwarno, ST., MSc., Ph.D selaku Dosen Penguji atas bimbingan, saran, dan motivasi yang telah diberikan dalam proses penulisan Tugas Akhir;
4. kepada Bapak Ir. Bobby Oedy Pramudyo S., MSc., Ph.D selaku Dosen Wali yang telah memberi bantuan selama awal perkuliahan hingga akhirnya penulis dapat menyelesaikan kuliah jenjang S1 di Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS;
5. kepada Bapak Bambang Sumantri, Bapak Budiono, Bapak Gatot, Bapak Endang, dan Mas Agus, terima kasih banyak dan mohon maaf karena sering direpotin oleh penulis;
6. kepada Novia Ayu Laely Putri (Yeyek), terima kasih sudah berkenan menjadi *partner* dalam pengerjaan Tugas Akhir ini;

7. kepada Republik Metal, Rifqoh, Galang, Chandra, Refqy, Bustan, Brahmanda, Billy, Alvin, Arale, Khisni, Afifah, Ica, Amri, Sony, Evelyn, Tasa, Ridho, Gandos, yang telah membantu dan menghibur dalam pengerjaan Tugas Akhir penulis;
8. kepada *Faboulus*, Indah, Zieda, Sekar, Stevanny, Aulia, Anita, Indira, Scania, yang selalu mendukung sejak awal perkuliahan hingga akhir dari Tugas Akhir ini;
9. kepada adik-adik penulis, Bella yang telah menuliskan kata pengantar untuk penulis, serta Selvi yang berkenan direpotin oleh penulis;
10. kepada ciwi-ciwi M54 dan cowo-cowo M54 yang telah menerima saya menjadi bagian dari keluarga besar M54;
11. kepada PWFFD, Prita, Wulan, Fildza, Firda, yang telah berkenan menjadi teman sejak SD hingga saat ini dan seterusnya.

Penulis menyadari banyak kekurangan dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, besar harapan penulis atas kritik dan saran dalam penyempurnaannya.

Surabaya, 2 Agustus 2016

Penulis

## DAFTAR ISI

### JUDUL

LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
ABSTRAK .....	iii
ABSTRACT .....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL .....	xiii

### BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Batasan Masalah .....	3
1.5 Sistem Penulisan Penelitian .....	3

### BAB II DASAR TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka.....	5
2.2 Jenis Material Komposit .....	7
2.3 Polimer Matrix Composite.....	12
2.4 Resin Unsaturated Polyester .....	13
2.5 Perhitungan Komposit .....	14

2.6 Pengujian Bending .....	15
2.7 Proses Curing .....	17
2.8 Sifat Komposit Serat Alam .....	18
2.8.1 Sifat Serat Alam .....	19
2.8.2 Aspek Rasio Serat Alam .....	19
2.8.3 Orientasi Serat Alam .....	19
2.8.4 Fraksi Volume Serat Alam .....	20
2.8.5 Kelebihan Serat Alam .....	20
2.9 Serat Sisal .....	21

### BAB III Metodologi

3.1 Diagram Alir Peneletian .....	23
3.2 Material .....	24
3.3 Peralatn Yang Digunakan .....	26
3.4 Variabel Penelitian .....	27
3.5 Langkah-langkah Penelitian .....	28
3.5.1 Pembentukan Komposit .....	28
3.5.1 Proses Curing .....	29
3.5.3 Pengamatan Bentuk Fisik Komposit .....	29
3.5.4 Pembentukan Spesimen .....	29
3.6 Pelaksanaan Uji Spesimen .....	29
3.6.1 Pengujian Bending .....	29
3.6.2 Prosedur Pengujian Bending .....	30
3.6.3 Ranangan Penelitian Uji Bending .....	31

### BAB IV DATA HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Penelitian .....	33
4.1.1 Data Hasil Pengujian Bending Komposit .....	33
4.1.2 Pengaruh Penambahan Fraksi Volume Serat Sisal Terhadap Kekuatan Bending Komposit .....	34
4.1.3 Pengaruh Penambahan Fraksi Volume Serat Sisal Terhadap Modulus Elastisitas Bending Komposit .....	35

4.1.4 Hasil Pengamatan Spesimen Uji Bending Komposit Polyester-Serat Sisal dengan Struktur Serat Anyaman.....	35
4.1.5 Hasil Pengamatan Spesimen Uji Bending Komposit Polyester-Serat Sisal dengan Struktur Serat <i>Continue</i> .....	37
4.1.6 Hasil Pengamatan Spesimen Uji Bending Komposit Polyester-Serat Sisal dengan Struktur Serat <i>Chopped</i> .....	38
4.2 Pembahasan Data Hasil Pengujian.....	39
4.2.1 Pembahasan Pengaruh Penambahan Fraksi Volume Serat Sisal terhadap Tegangan Bending Komposit....	39
4.2.2 Pembahasan Hasil Pengamatan Patahan pada Uji Bending.....	41
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan .....	47
5.2 Saran .....	48
DAFTAR PUSTAKA.....	49

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Perbandingan Komposit dengan Metal yang Lain .....	6
Gambar 2.2 Grafik Hubungan <i>strain-stress tensile</i> .....	8
Gambar 2.3 Komposit Berpenguat Serat .....	8
Gambar 2.4 <i>Continuous Fiber Composites</i> .....	9
Gambar 2.5 <i>Woven fiber Composites</i> .....	9
Gambar 2.6 <i>Chopped Fiber Composites</i> .....	9
Gambar 2.7 <i>Hybrid Composites</i> .....	10
Gambar 2.8 Komposit Berpenguat Lamina .....	10
Gambar 2.9 Komposit Berpenguat Partikel .....	11
Gambar 2.10 Jenis Komposit Hibrida Berdasarkan Penyusunnya .....	11
Gambar 2.11 Ikatan Molekul pada Polimer .....	13
Gambar 2.12 Pembebanan pada Uji <i>Three Point Bending</i> .....	15
Gambar 2.13 Mekanisme Kegagalan Pada Spesimen Bending .....	17
Gambar 2.14 Tipe Rantai Polimer .....	18
Gambar 2.15 Serat Sisal .....	21
Gambar 3.1.1 Flow Chart Penelitian .....	24
Gambar 3.1.2 Lanjutan Flow Chart Penelitian .....	25
Gambar 3.2 Resin YUKALAC 157 .....	26
Gambar 3.3 Serat Sisal .....	26
Gambar 3.4 Katalis MEKPO .....	27
Gambar 3.5 Mesin Uji Bending .....	27
Gambar 3.6 Cetakan Komposit .....	28
Gambar 3.7 <i>Scanning Electron Microscop Zeiss</i> EVO MA 10 .....	28
Gambar 3.8 Spesimen Uji Bending .....	31
Gambar 3.9 Sketsa Pengujian Bending .....	31
Gambar 4.1 Foto Makro Spesimen Dengan Struktur Serat Anyaman .....	36
Gambar 4.2 Foto Makro Speseimen Dengan Struktur Serat <i>Continue</i> .....	37

Gambar 4.3 Foto Makro Spesimen Dengan Struktur Serat <i>Chopped</i> .....	38
Gambar 4.4 Perbandingan (a) Kekuatan Bending dan (b) Modulus Elastisitas dengan Fraksi Volume Serat dan Struktur Serat .....	39
Gambar 4.5 Foto Patahan Spesimen dengan Arah Pengamatan .....	41
Gambar 4.6 Hasil SEM Komposit dengan 60% Serat .....	42
Gambar 4.7 Foto Patahan Spesimen dengan arah Pengamatan .....	43
Gambar 4.8 Hasil SEM Komposit dengan 40% Serat .....	44

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi Resin <i>Unsaturated Polyester</i> YUKALAC BQTN 157.....	14
Tabel 2.2 Sifat Serat Sisal .....	22
Tabel 3.1 Variasi Fraksi Volume Komposit.....	29
Tabel 3.2 Data pengujian bending.....	32
Tabel 4.1 Hasil uji beding .....	33

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Perkembangan di bidang teknologi, industri, bidang otomotif, dan bidang dirgantara membuat material komposit banyak digunakan pada berbagai macam aplikasi di bidangnya masing- masing, sehingga menuntut ketersediaan material dengan properties dan kinerja yang terbaik. Secara global material komposit dikembangkan untuk menggantikan material logam yang sudah dulu ditemukan sejak lama. Yang sekarang banyak berkembang adalah komposit menggunakan serat sintesis, sedangkan komposit menggunakan serat alam masih kurang diminati para produsen komposit

Serat alam merupakan alternative filler komposit untuk berbagai komposit polimer karena keunggulannya dibanding serat sintetis. Serat alam mudah didapatkan dengan harga yang murah, mudah diproses, densitasnya rendah, ramah lingkungan, dan dapat diuraikan secara biologi. Akhir-akhir ini, pemanfaatan serat alam sebagai filler komposit telah diaplikasikan secara komersial di berbagai bidang seperti bidang otomotif dan konstruksi. Di antara berbagai jenis serat alam, sisal merupakan salah satu tanaman yang paling banyak digunakan. Serat yang dihasilkan dari daun sisal tersebut digunakan sebagai tali, benang, karpet, dan kerajinan karena kekuatannya yang baik, tahan lama, stretch, dan afinitas terhadap zat warna baik.

Sisal merupakan salah satu serat alam yang paling banyak digunakan dan paling mudah dibudidayakan. Sisal tumbuh liar sebagai pagar dan di sepanjang rel kereta api di India (Murherjee dan Satyanarayana, 1984)[11]. Produksi sisal di seluruh dunia mencapai hampir 4.5 juta ton tiap tahunnya. Tanzania dan Brazil merupakan negara penghasil sisal terbesar (Chandet al 1988)[12]. Serat sisal merupakan serat keras yang dihasilkan dari proses ekstraksi daun tanaman sisal (Agave sisalana). Meskipun tanaman ini berasal dari amerika Utara dan Selatan, sisal dapat tumbuh dengan baik hingga di Afrika, Hindia Barat, dan Timur jauh.

Tanaman sisal dapat menghasilkan 200-250 daun, dimana masing-masing daun terdiri dari 1000-1200 bundel serat yang mengandung 4% serat, 0.75% kutikula, 8% material kering, dan 87.25% air (Murherjee dan Satyanarayana, 1984)[11].

Di India, industri kendaraan telah menggunakan koposit serat sisal selain dikarenakan pada Negara tersebut terdapat banyak tanaman sisal namun juga mengingat sifat yang 10% lebih ringan, hemat energy produksi hingga 80%, dan hemat biaya hingga 5%. Di Eropa, Daimler-Benz memproduksi komposit serat alam untuk panel pintu Mercedes-Benz E-Class dan S-Class. Di Indonesia, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) mencoba mengembangkan komposit serat alam untuk *bumper* kendaraan roda 4, dengan menggunakan serat sisal polyester.

Maka penelitian ini, akan dibahas tentang pengaruh dari variasi fraksi volume serat sisal dan variasi struktur serat terhadap karakteristik bending komposit dengan matriks polyester. Proses curing menggunakan temperature kamar selama 24 jam. Penambahan serat sisal yang digunakan adalah dengan fraksi 40%, 50%, dan 60%, dan variasi struktur serat yaitu anyaman, *continue*, dan *chopped* sehingga nantinya data yang diperoleh dapat digunakan dalam proses produksi komponen *body* kendaraan.

## 1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh fraksi volume serat sisal terhadap karakteristik bending komposit polyester-serat sisal?
2. Bagaimana pengaruh variasi struktur serat sisal terhadap karakteristik bending komposit polyester-serat sisal?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Maksud dan tujuan penelitian dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui pengaruh fraksi volume serat sisal terhadap karakteristik bending komposit polyester-serat sisal.
2. Mengetahui pengaruh struktur serat sisal terhadap karakteristik bending komposit polyester-serat sisal.

#### **1.4 Batasan Masalah**

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

1. Distribusi serat sisal didalam matriks dianggap sama.
2. Suhu ruangan pada proses pembuatan dan pengujian dianggap konstan.
3. Kadar air pada serat sisal dianggap sudah tidak ada.
4. Ukuran serat didalam matriks dianggap sama.

#### **1.5 Sistem Penulisan Penelitian**

Penulisan disusun dalam enam bab yaitu pendahuluan, dasar teori, metodologi penelitian, data hasil penelitian, analisa data dan pembahasan, serta kesimpulan dan saran. Adapun perinciannya adalah sebagai berikut :

##### **BAB 1 PENDAHULUAN**

Pada bab pendahuluan dijelaskan tentang latar belakang penelitian, perumusan masalah, batasan masalah serta tujuan penelitian.

##### **BAB 2 DASAR TEORI**

Pada bab dasar teori menjelaskan teori-teori dasar mengenai komposit dan jenisnya, polimer, perhitungan komposit, konsep pengujian kompresi.

##### **BAB 3 METODOLOGI PERCOBAAN**

Pada bab metodologi penelitian dijelaskan tentang data spesimen yang digunakan, metode pengujian yang digunakan, diagram alir, metode manufaktur, metode pengumpulan data dan segala bentuk prosedur yang diperlukan untuk penelitian ini.

##### **BAB 4 DATA HASIL PENELITIAN**

Pada bab ini menampilkan pengolahan data dari hasil pengujian yang telah dilakukan

#### **BAB 5 ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN**

Pada bab ini menampilkan pembahasan dari data yang didapatkan saat pengujian. Analisa kegagalan akan diamati dengan menggunakan foto makro dan foto SEM.

#### **BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN**

Pada bab kesimpulan dan saran diberikan dengan menarik kesimpulan dari hasil pengujian yang telah dianalisa dan juga saran untuk penelitian berikutnya.

## **BAB II**

### **DASAR TEORI**

#### **2.1 Tinjauan Pustaka**

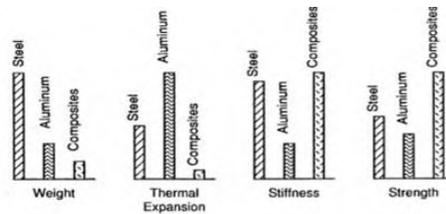
Kata komposit berasal dari kata “*to compose*” yang berarti menyusun atau menggabung. Secara sederhana bahan komposit berarti bahan gabungan dari dua atau lebih bahan yang berlainan. Jadi komposit adalah suatu bahan yang merupakan gabungan atau campuran dari dua material atau lebih untuk membentuk material ketiga yang lebih bermanfaat [2]. Secara umum komposit dibentuk dari dua jenis material yang berbeda, yaitu:

1. Matrik, berfungsi untuk perekat atau pengikat dan pelindung filler (pengisi) dari kerusakan eksternal. Matriks adalah fasa dalam komposit yang mempunyai bagian atau fraksi volume terbesar (dominan).
2. Penguat (*reinforce*) dalam teknologi komposit dapat didefinisikan sebagai suatu material yang berfungsi sebagai penguat yang memiliki sifat lebih kuat dari fase matriks dan merupakan suatu konstruksi/rangka tempat melekatnya matriks. Beberapa bentuk penguat (*reinforcement*) dari material komposit adalah serat (*fiber*), partikel, lamina, serpihan (*flakes*) dan rambut (*whiskers*).

Kedua bagian material ini saling berhubungan antara satu dengan yang lainnya berdasarkan atas fungsi masing-masing bagian tersebut. Substrat ataupun bahan penguat berfungsi memperkuat matrik karena pada umumnya substrat jauh lebih kuat dari pada matrik dan nantinya akan memperkuat pembentukan bahan dengan mempengaruhi sifat fisik dan mekanik bahan yang terbentuk. Sedangkan matrik berfungsi sebagai pelindung substrat dari pada efek lingkungan dan kerusakan akibat adanya benturan ataupun beban.

Dewasa ini yang menjadi permasalahan dalam penggunaan komposit adalah proses pembuatan komposit yang tidak jarang

membutuhkan biaya yang relative besar, karena itu kebanyakan dari industri-industri hanya menggunakan material-material komposit pada bagian-bagian yang vital untuk memperkecil biaya produksi. Untuk mengatasi masalah tersebut maka perlu dipikirkan untuk mencari suatu bahan ataupun material pembentukan komposit alternatif, yang tidak hanya berharga murah tetapi dapat memberikan kontribusi pada sifat-sifat material yang terbentuk dan terutama bersifat aman digunakan dan bersifat ramah terhadap lingkungan, sehingga nantinya tidak memberikan dampak terhadap kesehatan manusia pada khususnya dan lingkungan pada umumnya.



Gambar 2.1 Perbandingan komposit dengan metal yang lain [1]

Gambar 2.1. menunjukkan material seperti baja dan aluminium dengan komposit. Alasan memilih aluminium dan besi karena material tersebut banyak digunakan di dunia industri, jadi hal itu menunjukkan bahwa berat komposit jauh lebih ringan daripada kedua material tersebut. Begitu pula perbandingan thermal expansion dari komposit yang rendah sehingga baik digunakan pada media kerja bertemperatur tinggi. Selain itu, kekuatan dan kekakuan komposit lebih tinggi daripada aluminium dan baja.

Material komposit memiliki sifat mekanik yang lebih bagus dari pada logam, memiliki kekuatan lelah (*fatigue*) yang baik, memiliki kekuatan jenis (*strength/weight*) dan kekakuan jenis (*modulus young/density*) yang lebih tinggi daripada logam, tahan korosi, memiliki sifat isolator panas dan suara, serta dapat juga digunakan untuk menambal kerusakan akibat pembebanan

dan korosi [1]. Dengan penggabungan material tersebut, maka akan didapatkan suatu material yang sifatnya lebih baik dari material penyusunnya, yang merupakan gabungan dari matriksnya dengan penguatnya.

Penelitian terdahulu oleh Teuku Rihayat dan Suryani (2012) [3] menyatakan bahwa komposit serat sisal dan matrik epoxy dengan fraksi volume 20%, 40%, dan 50% dan variasi struktur serat teratur, anyaman, dan acak. Dengan diuji tarik didapatkan hasil bahwa nilai hasil uji tarik terbaik adalah 160,8 Kgf/cm<sup>2</sup> dan dengan struktur serat teratur.

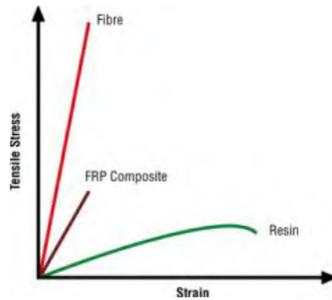
Selanjutnya dari Heru, Suhardoko, dan Bambang (2015) [4] menghubungkan variasi panjang serat dan variasi fraksi volume dengan pengujian bending. Fraksi volume yang digunakan 15%, 20%, 30%, dan 35%, sedangkan panjang seratnya menggunakan 2cm dan 5 cm. Setelah dilakukan pengujian bending hasilnya menunjukkan bahwa dengan fraksi volume 35% dan panjang serat 5 cm memiliki tegangan bending terbesar yaitu 83,08 MPa, sedangkan dengan fraksi volume 15% dan panjang serat 5 cm memiliki nilai tegangan bending terendah yaitu 34,53 MPa.

Dari kedua penelitian diatas maka memungkinkan untuk membuat komposit yang kuat, ringan, dan kaku namun juga ramah lingkungan. Dengan beberapa kelebihan tersebut, menyebabkan komposit serat alam banyak dikembangkan dan mulai di aplikasikan dalam peralatan-peralatan berteknologi tinggi di bidang industry dan transportasi.

## **2.2 Jenis Material Komposit**

Komposit didefinisikan sebagai material yang terdiri dua atau lebih material penyusun yang berbeda, umumnya matriks dan penguat (*reinforcement*). Matriks dapat didefinisikan sebagai atau bagian dari komposit yang berfungsi sebagai pengikat penguat yang satu dengan yang lain serta mendistribusikan dengan baik beban yang diterima oleh komposit ke penguat. Sedangkan penguat adalah komponen yang dimasukkan ke dalam

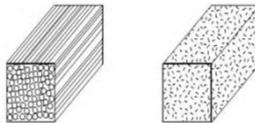
matriks yang berfungsi sebagai penerima atau penahan beban utama yang dialami oleh komposit dan memiliki sifat lebih kuat dari matriks serta sebagai tempat melekatnya matriks [5].



Gambar 2.2 Grafik Hubungan *strain-stress tensile*

Berdasarkan jenis penguatnya komposit dibagi menjadi :

1. Material komposit serat (*fibricus composite*), yaitu komposit yang terdiri dari serat dan bahan dasar yang diproduksi secara fabrikasi, misalnya serat + resin sebagai bahan perekat, sebagai contoh adalah FRP (*Fiber Reinforced Plastic*) plastic diperkuat dengan serat dan banyak digunakan, yan sering disebut *fiber glass*.



Gambar 2.3 Komposit Berpenguat Serat [6]

Komposit berpenguat serat di bedakan menjadi beberapa bagian antara lain:

**a. Continous Fiber Composites**

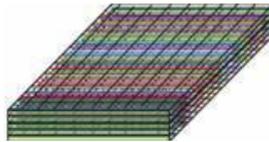
Komposit yang diperkuat dengan serat secara berurutan (*Continuous*) memiliki susunan serat panjang dan lurus membentuk lamina diantara matriksnya. Contoh dapat dilihat pada **Gambar 2.4**.



Gambar 2.4 *Continuous Fiber Composites*[4]

**b. Woven Fiber Composites**

Komposit yang diperkuat dengan serat anyaman dan komposit ini tidak terpengaruh pemisahan antar lapisan, akan tetapi susunan serat memanjangnya yang tidak begitu lurus mengakibatkan kekuatan serta kekauannya tidak sebaik tipe *Continuous Fiber*. Contoh dapat dilihat pada **Gambar 2.5**.



Gambar 2.5 *Woven Fiber Composites* [4]

**c. Chopped Fiber Composites**

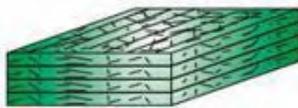
Komposit yang diperkuat dengan serat yang dipotong pendek atau disusun secara acak. Contoh dapat dilihat pada **Gambar 2.6**.



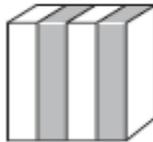
Gambar 2.6 *Chopped Fiber Composites*[4]

#### d. Hybrid Composites

Komposit yang diperkuat dengan beberapa gabungan serat yaitu serat secara *continuous* dengan serat secara acak. Pertimbangannya agar dapat meminimalisir kekurangan sifat dari kedua tipe dan menggabungkannya menjadi satu. Contoh pada **Gambar 2.7**.

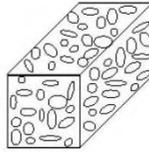
Gambar 2.7 *Hybrid Composites*[4]

2. Komposit lapis (*laminated composite*), yaitu komposit yang terdiri dari lapisan dan bahan penguat, contohnya *polywood*, *laminated glass* yang sering digunakan sebagai bahan bangunan dan kelengkapannya.



Gambar 2.8 Komposit Berpenguat Lamina [6]

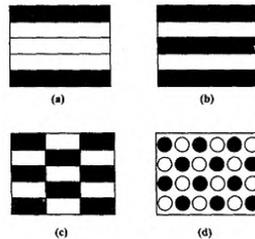
3. Komposit partikel (*particulate composite*), yaitu komposit yang terdiri dari partikel dan bahan penguat seperti butiran (batu dan pasir) yang diperkuat dengan semen yang sering kita jumpai sebagai beton. Komposit partikel ditunjukkan pada gambar 2.3 sebagai berikut:



Gambar 2.9 Komposit Berpenguat Partikel [6]

#### 4. *Hybrid Composite*

Merupakan suatu jenis komposit yang penguatnya terdiri atas lebih dari satu jenis penguat kedalam satu matriks. Tingkat pencampuran dapat dalam skala kecil (*serat*) ataupun dalam skala besar (*layer*). Tujuan dari hibridisasi adalah untuk menyusun suatu material baru yang mengandung keunggulan dari penyusunnya. Gambar 2.4 merupakan bentuk-bentuk susunan komposit hibrida.



Gambar 2.10 Jenis Komposit Hibrida Berdasarkan Penyusunnya :  
(a) *Sandwich*, (b) *interply*, (c) *intraply*, dan (d) *intimately mixed* [6]

Berdasarkan jenis matriksnya komposit dibagi menjadi :

1. *Polimer Matrix Composite* (PMC) yang merupakan komposit dengan jenis matriks polimer

Contoh : Thermoplastik, thermosetting

2. *Metal Matrix Composite* (MMC) yang merupakan komposit berbahan matriks logam

Contoh : Alumunium, magnesium, titnum

3. *Ceramic Matrix Composite* (CMC) yaitu komposit dengan bahan matriks keramik

Contoh : Alumina, alumunium titanate, silicon carbide

Komposit berbahan matriks logam umumnya sering digunakan dalam bidang kedirgantaraan dan komponen-komponen otomotif. CMC digunakan untuk keperluan perlindungan panas seperti pada pesawat luar angkasa. Komposit berbahan matriks polimer jauh lebih populer karena dapat digunakan pada berbagai aplikasi seperti peralatan rumah tangga hingga ke peralatan elektronik.

### 2.3 *Polimer Matrix Composite* (PMC)

Polimer berasal dari kata *poly* yang berarti banyak dan *mer* (*meros*) yang berarti bagian, jadi polimer dapat didefinisikan sebagai suatu material yang molekulnya dibentuk dari beberapa bagian (monomer). Umumnya polimer terbentuk dari hidrokarbon dimana atom karbon © sebagai tulang punggung dalam rantai ikatan kimianya. *Polymer Matrix Composite* merupakan salah satu jenis material berbahan dasar polimer menjadi matriksny. Dalam aplikasi komposit, olimer sebagai matriks banyak disebut orang sebagai resin.

Berdasarkan sifatnya, polimer dapat dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu :

1. *Themosetting*

Polimer jenis ini akan semakin mengeras saat dipanaskan di atas terperatur kritisnya dan tidak dapat diperlunak dengan cara dipanaskan kembali sehingga tidak dapat dibentuk lagi melalui proses pemanasan. Polimer thermoset tidak dapat didaur ulang. Contoh :

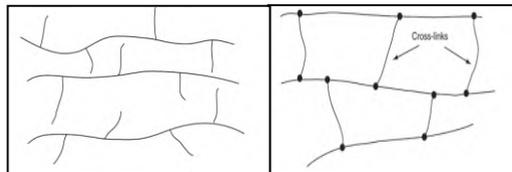
matriks jenis polimer thermoset adalah epoxy, polyester dan phenolic (PF).

2. *Elastomer*

Merupakan jenis polimer yang dapat kembali kebentuk asal setelah tegangan yang diberikan dihilangkan, contoh : karet.

3. *Thermoplastic*

Polimer jenis ini dapat diperlunak saat dipanaskan diatas temperature kritisnya. Polimer *thermoplastic* ini dapat didaur ulang melalui proses pemanasan. Contoh polimer *thermoplastic* adalah *polyethylene* (PE), *Polyvinyl Chloride* (PVC), dan *polystyrene*.



(a)

(b)

Gambar 2.11 Ikatan Molekul pada Polimer

(a) *thermoplastic* (b) *thermoset* [6]

## 2.4 Resin Unsaturated Polyester

*Unsaturated polyester* merupakan jenis *thermoset*. Kebanyakan orang menyebutnya dengan *polyester* saja. Resin ini mempunyai viskositas yang relative rendah, dan mengeras pada suhu kamar dengan penggunaan katalis.

Sifat resin ini adalah kaku dan rapuh. Mempunyai suhu deformasi thermal yang lenih rendah dibandingkan dengan resin *thermoset* lainnya dan mampu menahan panas kira-kira 110-140°C dalam waktu yang cukup lama, mempunyai sifat ketahanan listrik yang baik. Mampu menahan asam dengan cukup baik, namun lemah terhadap alkali. Secara luas digunakan dalam dunia material sebagai bahan komposit.

Penggunaan resin jenis ini dapat dilakukan dari mulai proses yang paling sederhana yaitu proses *hand lay-up* hingga dengan metode manufaktur yang kompleks. Resin ini banyak digunakan dalam aplikasi komposit dalam dunia industri karena beberapa keunggulannya, yaitu harganya yang relative murah, waktu *curing* yang cepat, warna jernih, kestabilan dimensional dan mudah penanganannya.

Jenis resin *polyester* yang banyak digunakan dalam dunia industri adalah jenis BQTN 157, contoh aplikasinya adalah pada bagian-bagian *body* kendaraan bermotor, terutama pada mobil.

Table 2.1 Spesifikasi resin *Unsaturated Polyester* Yukalac BQTN 157 [7]

Jenis	Satuan	Nilai
Berat Jenis	Gr/cm <sup>3</sup>	1,3
Tegangan Tarik	MPa	60
Modulus Tarik	GPa	2,8
Regangan	%	2

## 2.5 Perhitungan Komposit

Untuk memproduksi material komposit, perlu memperhitungkan volume fraksi atau berat fraksi masing-masing penyusunnya untuk mendapatkan sifat mekanik yang diperlukan. Perhitungan yang diperlukan dijabarkan di bawah ini:

$$\text{Fraksi volume total : } V_s + V_m = 1 \dots\dots\dots(2.1)$$

$$\text{Fraksi volume matriks : } V_m = v_m / v_{\text{total}} \dots\dots\dots(2.2)$$

$$\text{Fraksi volume sisal : } V_s = V_s / V_c \dots\dots\dots(2.3)$$

$$\text{Fraksi berat total : } W_s + W_m = 1 \dots\dots\dots(2.4)$$

$$\text{Fraksi berat matriks : } W_m = w_m / w_c \dots\dots\dots(2.5)$$

$$\text{Fraksi berat sisal : } W_s = w_s / w_c \dots\dots\dots(2.6)$$

Dari persamaan semua persamaan diatas, didapatkan :

$$V_c = V_m + V_s \dots\dots\dots(2.7)$$

$$w_c = w_m + w_s \dots\dots\dots(2.8)$$

Kerapatan komposit dapat dihitung berdasarkan persamaan di bawah:

$$\rho_c = V_s \cdot \rho_s + V_m \cdot \rho_m \dots\dots\dots(2.9)$$

dimana:

m = matriks

s = serat sisal

c = komposit

V = Volume fraksi

W = berat fraksi

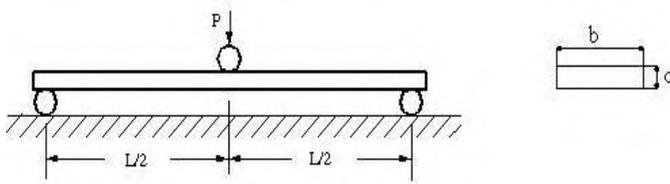
v = volume (m<sup>3</sup>)

w = berat (kg)

## 2.6 Pengujian Bending

Merupakan pengujian yang dilakukan terhadap suatu material untuk mengetahui karakteristik mekanik dari material tersebut. Pengujian *three point bending* dilakukan untuk mengetahui kekuatan lentur (*flexural stiffness*) komposit. Pengujian ini dilakukan dengan cara batang spesimen disangga di kedua sisi dan di berikan beban diantara 2 penyangga tersebut sampai spesimen tersebut rusak / patah.

Idealnya spesimen uji akan mengalami kegagalan retak (*fracture*) akibat beban geser (*shear*). Pada bagian atas spesimen mengalami beban tekan dan pada bagian bawah spesimen mengalami beban Tarik. Pengujian berdasarkan stándar ASTM D 790.



Gambar 2.12 Pembebanan Pada Uji *Three Point Bending* [8]

Pada pengujian bending dengan metode *three point bending* digunakan persamaan yang sesuai dengan ASTM D790, yaitu :

$$S = \frac{3PL}{2bd^2} \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana :

- S = Tegangan bending (MPa)
- P = Beban (N)
- L = Panjang Span (mm)
- b = Lebar (mm)
- d = Tebal (mm)

sedangkan untuk mencari modulus elastisitas bending dapat digunakan persamaan

$$\delta_{max} = \frac{PL^3}{48EI} \dots\dots\dots(2.11)$$

$$I = \frac{bh^3}{12} \dots\dots\dots(2.12)$$

Sehingga,

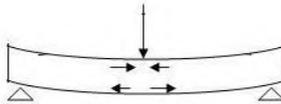
$$E = \frac{PL^3}{48I \delta_{max}} \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana :

- E = Modulus elastisitas bending (MPa)
- L = Panjang Span (mm)
- $\delta_{maks}$  = Defleksi maksimum (mm)
- h = Tebal (mm)
- b = lebar (mm)

Pada spesimen bending, umumnya kerusakan yang terjadi akibat adanya gaya tekan dan gaya tarik yang terjadi pada komposit. Pada bagian atas komposit mengalami gaya tekan akibat beban yang diberikan oleh mesin, pada sisi bawah komposit mengalami gaya tarik akibat defleksi yang terjadi setelah komposit diberi beban. Dengan beban yang terus diterima

oleh komposit maka akan terjadi gaya geser sebelum terjadi kegagalan pada komposit tersebut. Gaya geser yang terjadi pada interlamina menyebabkan delaminasi pada komposit tersebut, sehingga mengakibatkan kegagalan pada spesimen bending.



Gambar 2.13 Mekanisme Kegagalan Pada Spesimen Bending

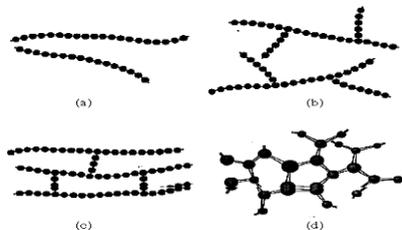
## 2.7 Proses Curing

Inti dari mekanismecuring material termoset ialah bagaimana proses *crosslink* dapat terjadi. Reaksi *crosslink* pada resin polyester diharapkan terjadi pada saat campuran resin dan penguat telah dimasukkan ke dalam cetakan. *Curing (crosslinking)* dapat terjadi pada temperatur tinggi (100 °C) seperti pada proses *pressure molding* atau pada temperatur ruang pada proses *hand lay-up*. Proses yang terjadi adalah molekul yang berukuran sedang saling berikatan membentuk ikatan molekul yang lebih besar [6]. Hasilnya material yang telah mengalami proses curing menjadi lebih padat dan meningkatkan kekuatan, kekakuan, dan kekerasan. Karena memiliki ikatan *crosslink* sehingga material ini tidak dapat dilelehkan kembali. Agar *curing* dapat terjadi maka *polyester* resin harus ditambahkan *hardener*.

Proses *curing* dapat dilakukan dengan cara memanaskan material benda uji tersebut pada temperatur tertentu. Namun temperatur tersebut tidak boleh melebihi *glass transition temperature*, karena akan menyebabkan material menjadi lunak dan akan menurunkan modulus elastisitasnya sehingga material akan lebih kaku. Saat proses *curing* dilakukan pada temperatur tinggi, maka material molekul–molekul resin akan menerima lebih banyak energi. Hal ini menyebabkan meningkatnya pergerakan molekul–molekul sehingga molekul tersebut akan memiliki banyak

waktu untuk membentuk susunan rantai *polymer* yang lebih teratur.

Proses *curing* yang sempurna dapat terjadi pada temperatur tinggi. Seiring dengan meningkatnya temperatur, maka aktivitas molekul dan polimerisasi juga meningkat. Sehingga derajat kristalinitasnya akan meningkat pula. Meningkatnya derajat kristalinitas menyebabkan fase *rubber* akan berubah menjadi fase *glass* yang lebih kuat dan rapuh. Polimerisasi merupakan suatu jenis reaksi kimia dimana monomer-monomer bereaksi untuk membentuk rantai yang besar. Tipe rantai polimer dapat dilihat pada gambar 2.14.



Gambar 2.14 Tipe Rantai Polimer (a) *Linear*, (b) *Branched*, (c) *Cross-linked*, (d) *network* [9]

Selain pengaruh panas hal yang mempengaruhi proses pembentukan *crystalinity* yaitu bentuk rantai pada polimer, panjang rantai polimer, pengulangan susunan *mers* pada rantai polimer juga berpengaruh pada proses pembentukan *crystalinity* pada polimer.

## 2.8 Sifat Komposit Serat Alam

Serat alam yaitu serat yang berasal dari alam (bukan buatan ataupun rekayasa manusia). Serat alam atau bisa dibilang sebagai serat alami ini yang biasanya didapat dari serat tumbuhan (pepohonan) seperti pohon bambu, pohon kelapa, pohon pisang serta tumbuhan lain yang terdapat serat pada batang maupun daunnya. Serat alam yang berasal dari binatang, antara lain sutera, ilama dan wool.

Penelitian dan penggunaan serat alami berkembang dengan sangat pesat dewasa ini karena serat alami banyak memiliki keunggulan dibandingkan dengan serat buatan (rekayasa), keunggulan dari serat alami seperti beban lebih ringan, bahan mudah didapat, harga relatif murah dan yang paling penting ramah lingkungan terlebih Indonesia memiliki kekayaan alam yang begitu melimpah. Penggunaan serat alami dewasa ini sudah merambah berbagai bidang kehidupan manusia, layaknya serat buatan, serat alami juga mampu digunakan sebagai modifikasi dari serat buatan.

Aspek otomotif di Indonesia juga sangat berkembang didalam penggunaan serat alami yang menjadi bahan tambahan pada pembuatan interior kendaraan bermotor maupun kebutuhan yang lain. Dalam hal ini persaingan dunia otomotif sangat bersaing satu dengan lainnya didalam memodifikasi bahan baku pada saat pembuatan kendaraan bermotor [10].

### **2.8.1 Sifat Serat Alam**

Sifat serat yang ideal adalah serat yang kuat, kaku, dan ringan serta jika digunakan pada saat temperatur yang tinggi maka seharusnya serat juga memiliki temperatur cair yang tinggi

Material yang memiliki nomer atom yang kecil dan ikatan kovalen biasanya memiliki modulus spesifikasi tinggi seperti carbon dan boron, bahan tersebut juga memiliki temperatur cair yang tinggi [10].

### **2.8.2 Aspek Rasio Serat Alam**

Secara garis besar, semakin besar rasio antar panjang serat dan diameter serat maka semakin baik sifatnya, serta diameter serat yang kecil mampu mengurangi cacat permukaan yang menyebabkan kerapuhan [10].

### **2.8.3 Orientasi Serat Alam**

Pengaruh orientasi serat terhadap sifat tidak terlepas dari beban yang diberikan, kekuatan dan kekakuan optimum tercapai apabila serat berkelanjutan searah serta beban yang searah dengan arah serat [10].

#### **2.8.4 Fraksi Volume Serat Alam**

Fraksi volume serat adalah perbandingan antara volume serat dengan volume komposit. Semakin besar fraksi volume serat maka semakin bertambah kekuatan dan kekakuan komposit. Secara umum fraksi volume serat ,maksimum adalah 80% ketika tidak semua serat dikelilingi oleh matrik [10].

#### **2.8.5 Kelebihan Serat Alam**

**Kelebihan serat alam** jika dipergunakan sebagai penguat dalam matrik polimer antara lain :

1. Dengan berat jenis yang lebih rendah jika dibandingkan antara serat gelas ( $2.5 \text{ g/cm}^3$ ) dan serat alam ( $\pm 1.5 \text{ g/cm}^3$ ) maka komposit yang dihasilkan akan lebih ringan dan kompetitif pada sifat mekanisnya (specific properties),
2. Renewable dalam jumlah yang melimpah,
3. Investasi yang lebih murah,
4. Proses produksi ramah lingkungan,
5. Tidak abrasive pada mesin,
6. Tidak membuat iritasi,
7. Dapat didaur ulang,
8. Biodegradable,
9. Bahan Akustik serta isolasi panas yang baik,
10. Non food grade,
11. Jika dibakar sempurna membentuk gas  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$

Serat alam di samping mempunyai banyak keuntungan, sesungguhnya serat alam juga banyak kelemahannya, diantaranya

adalah kekuatannya yang rendah khususnya terhadap beban kejutan, keandalannya juga rendah, mudah menyerap air, tidak tahan pada suhu tinggi, kualitasnya sangat bervariasi tergantung dari musim, umur, kondisi tanah, dan lingkungan.

## 2.9 Serat Sisal



Gambar 2.15 Serat Sisal [11]

Sisal merupakan salah satu serat alam yang paling banyak digunakan dan paling mudah dibudidayakan. Sisal tumbuh liar sebagai pagar dan di sepanjang rel kereta api di India [11] (Murherjee dan Satyanarayana, 1984). Produksi sisal di seluruh dunia mencapai hampir 4.5 juta ton tiap tahunnya. Tanzania dan Brazil merupakan negara penghasil sisal terbesar [12] (Chand *et al* 1988). Serat sisal merupakan serat keras yang dihasilkan dari proses ekstraksi daun tanaman sisal (*Agave sisalana*). Meskipun tanaman ini berasal dari Amerika Utara dan Selatan, sisal dapat tumbuh dengan baik hingga di Afrika, Hindia Barat, dan Timur Jauh. Tanaman sisal dapat menghasilkan 200-250 daun, dimana masing-masing daun terdiri dari 1000-1200

bundel serat yang mengandung 4% serat, 0.75% kutikula, 8% material kering, dan 87.25% air [11] (Murherjee dan Satyanarayana, 1984).

Normalnya, selembur daun sisal mempunyai berat sekitar 600 gram yang dapat menghasilkan 3% berat serat atau 1000 helai serat. Daun sisal terdiri dari 3 tipe, yaitu mekanis, *ribbon*, dan *xylem*. Harga serat sisal sangat murah dibandingkan serat sintesis, yaitu 0.36 US\$/kg. Harga tersebut hanya sepersembilan harga serat gelas yang mencapai 3.25 US\$/kg, serta seperlimaratus harga serat karbon yang mencapai 500 US\$/kg [13] (Li *et al*, 2000).

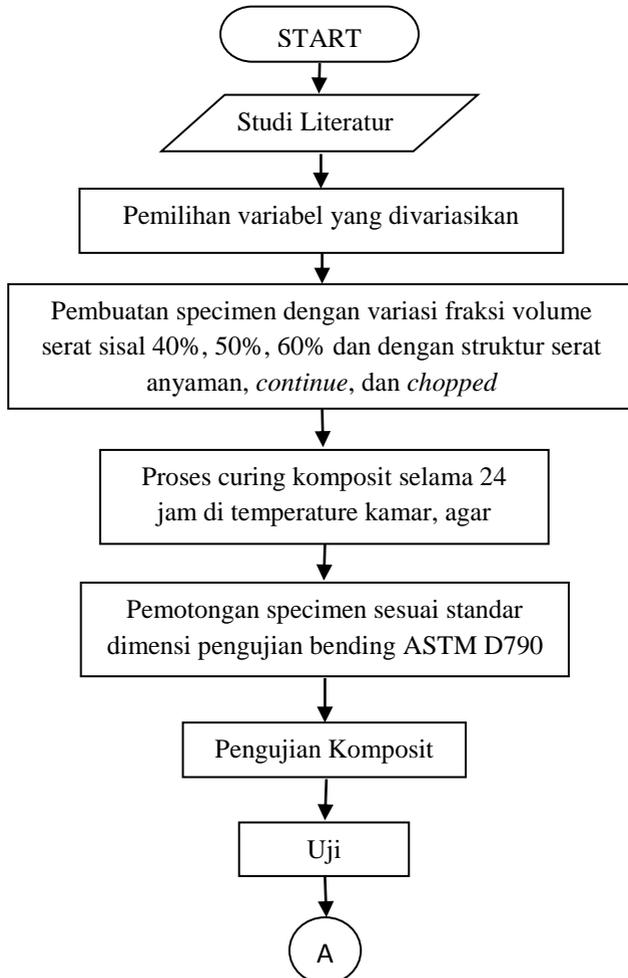
Umumnya kekuatan dan kekakuan serat tumbuhan tergantung pada kandungan selulosa dan sudut spiral yang terbentuk antara ikatan mikrofibrilar pada lapisan kedua dinding sel dengan sumbu serat. Selain itu struktur dan sifat serat alam tergantung pada asal dan umur serat [12] (Chand *et al*, 1986). Kekuatan tarik serat sisal tidak sama sepanjang serat. Bagian bawah serat umumnya mempunyai kekuatan tarik dan modulus yang lebih rendah dibanding bagian atas serat. Namun kekuatan tahan pecah bagian tersebut lebih tinggi. Bagian tengah serat lebih kuat dan kaku.

Table 2.2 Sifat Serat Sisal [11]

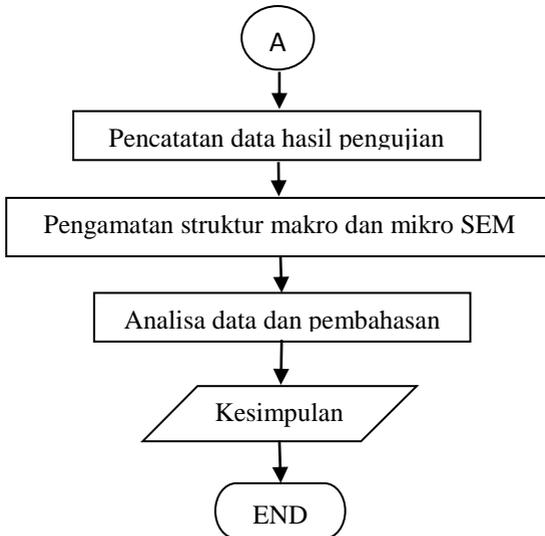
Densitas (kg/m <sup>3</sup> )	Moisture Content (%)	Kekuatan Tarik (MPa)	Modulus (GPa)	Maximum Strain (%)	Diameter (μm)
1450	11	604	9.4-15.8	-	50-200
1450	-	530-640	9.4-22	3-7	50-300
-	-	347	14	5	-
1030	-	500-600	16-21	3.6-5.1	-
1410	-	400-700	9-20	5-14	100-300
1400	-	450-700	7-13	4-9	-
-	-	530-630	17-22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

**BAB III**  
**METODOLOGI PERCOBAAN**

**3.1 Diagram Alir Penelitian**



Gambar 3.1.1 Flow Chart Penelitian



Gambar 3.1.2 Lanjutan Flowchart Penelitian

### 3.2 Material

Material komposit akan dibuat dengan meletakkan serat sisal pada cetakan kemudian campuran resin dan katalis dituang kedalam cetakan dan ditunggu hingga benar-benar mengeras. Proses pencampuran resin dan katalis harus cepat agar campuran tidak segera kering dan mengeras. Variasi fraksi volume serat sisal yang digunakan adalah 40%, 50% dan 60% dengan struktur serat anyaman, *continue*, dan *chopped*. Berikut bahan-bahan yang digunakan untuk membuat komposit :

1. Resin *unsaturated polyester* jenis Yukalac 157 BTQN-EX.

Resin yang digunakan pada penelitian ini adalah resin *unsaturated* jenis *polyester* dengan tipe Yukalac 157 BTQN-EX. Resin *polyester* ditunjukkan pada gambar 3.2 sebagai berikut:



Gambar 3.2 Resin Yukalasc 157

2. Serat Sisal.

Serat yang digunakan sebagai penguat pada penelitian ini adalah serat sisal yang berasal dari daun tanaman sisal. Dengan melalui proses pengeringan yang dilakukan oleh pihak balitas. Serat sisal ditunjukkan pada gambar 3.3 sebagai berikut :



Gambar 3.3 Serat Sisal

3. Katalis jenis metal etil keton peroksida (MEKPO).

Untuk solidifikasi, resin *polyester* dicampurkan dengan hardener. Hardener yang digunakan adalah katalis jenis metal etil keton peroksida (MEKPO). Katalis ditunjukkan pada gambar 3.4 sebagai berikut :



Gambar 3.4 Katalis MEKPO

### 3.3 Peralatan yang Digunakan

1. Mesin Uji Bending SHIMADZU Autograph AG-X

Mesin uji bending menggunakan mesin uji SHIMADZU Autograph AG-X milik teknik sipil ITS Surabaya. Mesin uji bending ditunjukkan pada gambar 3.5 sebagai berikut :



Gambar 3.5 Mesin Uji Bending

2. Cetakan dari ubin keramik dan plastisin

Komposit dicetak dengan menggunakan cetakan plastisin dengan alas menggunakan ubin atau keramik. Cetakan plastisin ditunjukkan pada gambar 3.6 sebagai berikut :



Gambar 3.6 Cetakan Komposit

3. *Scanning Electron Microscop Zeiss EVO MA 10*  
*Scanning electron microscope* digunakan untuk melihat pola patahan komposit dengan lebih mendetail. Alat ini ditunjukkan pada gambar 3.7 sebagai berikut :



Gambar 3.7 *Scanning Electron Microscop Zeiss EVO MA 10*

4. Alat bantu : gerinda, kapi, pengaduk, pipet, spidol, gunting, PVA, wajon dan wax.
5. Alat Ukur : penggaris, jangka sorong, dan gelas ukur.
6. Alat keselamatan : sarung tangan dan masker.

### 3.4 Variabel Penelitian

Variabel penelitian pada pembuatan material komposit campuran antara resin *unsaturated polyester* BQTN 157 dengan serat sisal adalah fraksi volume penambahan serat sisal. Masing-masing dari variasi akan diambil 3 *sample* untuk diuji dan kemudian dirata-rata. Kemudian dari hasil pengujian akan

didapatkan fraksi volume yang paling optimum. Dan dari hasil yang optimum akan divariasi panjang seratnya. Variasi fraksi volume serat sisal ditunjukkan pada Tabel 3.1 dan variasi ukuran serat ditunjukkan pada table 3.2.

Tabel 3.1 Variasi fraksi volume komposit.

<u>Kode Spesimen</u>	<u>fraksi volume</u>	<u>struktur serat</u>	<u>jumlah</u>	<u>Resin (ml)</u>	<u>serat sisal (gr)</u>
A	40	<i>anyaman</i>	3	67,5	22,5
	50		3	56,25	28,125
	60		3	45	33,75
B	40	<i>continue</i>	3	67,5	22,5
	50		3	56,25	28,125
	60		3	45	33,75
C	40	<i>chopped</i>	3	67,5	22,5
	50		3	56,25	28,125
	60		3	45	33,75

### 3.5 Langkah-langkah Penelitian

#### 3.5.1 Pembentukan Komposit

Penelitian ini menggunakan matriks polyester 157 dengan penguat serat sisal, dengan fraksi volume 60% : 40% sebagai contoh. Proses pembuatan komposit sebagai berikut :

1. Sebelum proses pencetakan, siapkan terlebih dahulu ubin dan plastisin, ubin dilapisi dengan wax secara merata, setelah itu dilapisi lagi menggunakan PVA secara merata juga. Hal ini bertujuan agar komposit mudah dilepas dari cetakan ketika sudah mengeras. Kemudian ditempatkan plastisin tepat pada pola yang membentuk ukuran 150mm x 150mm x 5mm. dengan variasi fraksi volume seperti pada table 3.1.
2. Resin dan serat sisal diukur dengan perbandingan volume sesuai dengan fraksi volume yang telah ditentukan pada table 3.1 terhadap volume total. Kemudian serat diletakkan

pada cetakan dengan ditekan-tekan, lalu campurkan resin dengan hardener dan aduk menggunakan pengaduk sekitar 10 menit. Penambahan hardener bertujuan agar resin dapat mengeras.

3. Campuran resin dan hardener dituang kedalam cetakan hingga semua serat tenggelam dalam campuran tersebut.
4. Komposit didiamkan dalam cetakan untuk menjalani proses curing selama kurang lebih 24 jam pada temperature kamar.
5. Komposit dilepas dari cetakan.
- 6.

### **3.5.2 Proses Curing**

Proses *curing* dalam penelitian ini adalah dengan membiarkan komposit dalam cetakan selama kurang lebih 24 jam untuk dapat mengering dengan sempurna.

### **3.5.3 Pengamatan Bentuk Fisik Komposit**

Setelah proses *curing*, komposit diamati apakah terdapat cacat pada komposit. Apabila terdapat cacat pada komposit seperti retak atau porositas yang berlebihan pada permukaan, maka lembaran komposit tersebut tidak dapat digunakan dan proses pembentukan harus diulang dari awal.

### **3.5.4 Pembentukan Spesimen**

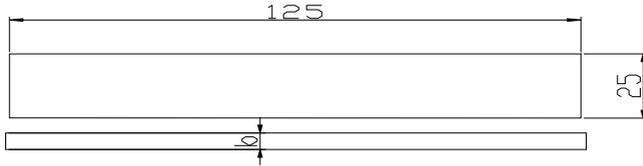
Setelah komposit dinyatakan layak, maka komposit dibentuk menjadi spesimen. Spesimen dibentuk dengan menggunakan alat bantu gerinda tangan. Proses pembentukan harus dilakukan dengan hati-hati, agar komposit tidak pecah selama proses pembentukan menjadi spesimen. Dimensi spesimen yang dibentuk mengacu terhadap pengujian bending.

## **3.6 Pelaksanaan Uji Spesimen**

### **3.6.1 Pengujian Bending**

Pengujian spesimen uji bending berdasarkan standar dari “*Standard Test Method for Unreinforced and reinforced Plastics*”

and Electrical Insulating Materials” D790-84a yang dikeluarkan oleh ASTM. Bentuk dan ukuran spesimen uji bnding adalah sebagai berikut :



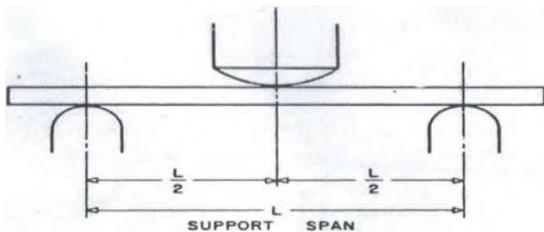
Gambar 3.8 Spesimen Uji Bending (dimensi dalam mm)

### 3.6.2 Prosedur Pengujian Bending

Prosedur pengujian bending adalah sebagai berikut:

1. Masing-masing spesimen diberi label sesuai variabel yang digunakan.
2. Pencatatan dimensi awal dari spesimen, yaitu :
  - Panjang awal ( $L_0$ ).
  - Lebar ( $b$ ).
  - Tebal ( $d$ ).
3. Memasang spesimen pada penjepit/*chuck*.
4. Pembebanan pada spesimen hingga patah.
5. Setelah patah, spesimen dilepas dari penjepit.

Pencatatan data yang didapatkan berupa kekuatan bending dan defleksi pada data tabel 3.1.



Gambar 3.9 Sketsa Pengujian Bending (dimensi dalam mm)

### 3.6.3 Rancangan Penelitian Uji Bending

Tabel 3.2 Data pengujian bending berdasarkan variasi fraksi volume serat sisal

No	Spesimen	fraksi volume serat	P (N)	Defleksi (mm)	S(MPa)	S rata	E (GPa)	E rata
1	A11	40% anyaman						
2	A12							
3	A13							
4	A21	50% anyaman						
5	A22							
6	A23							
7	A31	60% anyaman						
8	A32							
9	A33							
10	B11	40% continue						
11	B12							
12	B13							
13	B21	50% continue						
14	B22							
15	B23							
16	B31	60% continue						
17	B32							
18	B33							
19	C11	40% chopped						
20	C12							
21	C13							
22	C21	50% chopped						
23	C22							
24	C23							
25	C31	60% chopped						
26	C32							
27	C33							

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

## BAB IV DATA HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Data Hasil Penelitian

#### 4.1.1 Data Hasil Pengujian Bending Komposit

Pengujian Bending dilakukan pada mesin uji bending di laboratorium Beton dan Bahan Bangunan Jurusan Teknik Sipil FTSP – ITS berdasarkan pada standar ASTM D 790-84a dengan skala pembebanan maksimum 5 kN, panjang span 70 mm, dan diameter indenter 10 mm. Dan hasil dari pengujian bending komposit hibrida ditampilkan pada table berikut :

Tabel 4.1 Hasil uji bending komposit polyester – serat sisal

No	Spesimen	aksi volume ser	P (N)	Defleksi (mm)	S(MPa)	S rata	E (GPa)	E rata
1	A11	40% angaman	348	4.04	54.29	52.51	13.48	11.97
2	A12		436	5.92	68.01		11.51	
3	A13	50% angaman	225.8	3.23	35.22	72.02	10.93	10.99
4	A21		486.3	6.83	75.86		11.12	
5	A22		374.4	6.48	58.4		9.020	
6	A23	60% angaman	524.30	6.39	81.79	96.50	12.82	14.02
7	A31		546.3	6.71	85.22		12.73	
8	A32	40% continue	607.4	6.75	94.76	85.02	14.05	24.31
9	A33		702.1	7.18	109.52		15.28	
10	B11	50% continue	504.8	2.95	78.75	131	26.73	24.67
11	B12		451.3	3.67	70.4		19.20	
12	B13		678.9	3.93	105.91		27.00	
13	B21	60% continue	949.3	5.30	148.09	165.1	27.99	31.17
14	B22		729.10	5.71	113.74		19.95	
15	B23	40% chopped	840.3	5.04	131.08	33.03	26.06	11.33
16	B31		1235	5.31	192.61		36.33	
17	B32	50% chopped	915.7	5.32	142.84	36.31	26.3	11.49
18	B33		1024	5.29	159.79		30.26	
19	C11		226.5	2.69	35.34		13.14	
20	C12	60% chopped	176.4	3.20	27.51	43.22	8.61	13.88
21	C13		232.30	2.97	36.24		12.24	
22	C21	40% continue	222.8	2.51	34.76	33.03	13.86	11.33
23	C22		242.2	3.73	37.79		10.16	
24	C23	50% continue	233.1	3.48	36.37	36.31	10.45	11.49
25	C31		275.5	2.25	42.97		19.16	
26	C32	60% continue	296	5.80	46.18	43.22	7.98	13.88
27	C33		259.6	2.80	40.5		14.48	

Keterangan :

- A1X = Spesimen bending dengan struktur serat berbentuk anyaman dengan fraksi volume 40% serat.
- A2X = Spesimen bending dengan struktur serat berbentuk anyaman dengan fraksi volume 50% serat.
- A3X = Spesimen bending dengan struktur serat berbentuk anyaman dengan fraksi volume 60% serat.
- B1X = Spesimen bending dengan struktur serat berbentuk *continue* dengan fraksi volume 40% serat.
- B2X = Spesimen bending dengan struktur serat berbentuk *continue* dengan fraksi volume 50% serat.
- B3X = Spesimen bending dengan struktur serat berbentuk *continue* dengan fraksi volume 60% serat.
- C1X = Spesimen bending dengan struktur serat berbentuk *chopped* dengan fraksi volume 40% serat.
- C2X = Spesimen bending dengan struktur serat berbentuk *chopped* dengan fraksi volume 50% serat.
- C3X = Spesimen bending dengan struktur serat berbentuk *chopped* dengan fraksi volume 60% serat.

#### **4.1.2 Pengaruh Penambahan Fraksi Volume Serat Sisal Terhadap Kekuatan Bending Komposit**

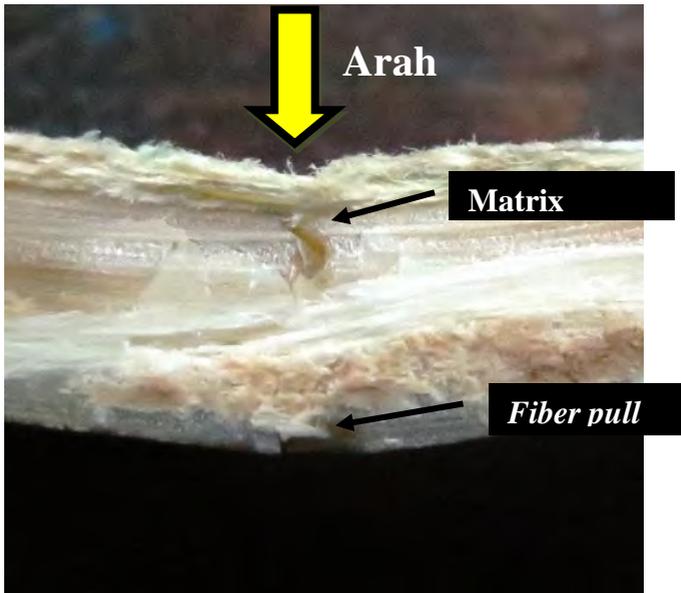
Dari hasil pengujian bending pada tabel 4.1 didapatkan adanya peningkatan tegangan bending komposit polyester-serat sisal pada beberapa penambahan fraksi volume serat yaitu mulai 40%, 50%, dan 60%. Dan didapatkan pula peningkatan tegangan bending komposit polyester-serat sisal pada perubahan bentuk struktur serat yaitu mulai *Chopped*, anyaman, dan *continue*.. Dari gambar 4.1 didapatkan tegangan tertinggi yaitu 168.08 MPa pada komposit dengan struktur anyaman dan penambahan fraksi volume 60%. Sedangkan tegangan terendah komposit ditemukan pada komposit dengan struktur serat *chopped* dan penambahan fraksi volume 40%, dengan nilai tegangan bending sebesar 33.03 MPa. Dari table 4.1 terlihat nilai tegangan bending yang di

dapatkan semakin besar seiring dengan penambahan fraksi volume serat sisal sebesar 10%. Hal ini mengindikasikan bahwa material komposit dengan penambahan fraksi volume serat sisal didapatkan peningkatan tegangan bending.

#### **4.1.3 Pengaruh Penambahan Fraksi Volume Serat Sisal Terhadap Modulus Elastisitas Bending Komposit**

Dari table 4.1 juga didapatkan adanya peningkatan modulus elastisitas bending komposit dari pengaruh penambahan fraksi volume serat sisal. Dari table 4.1 didapatkan modulus elastisitas bending dari setiap variasi adalah untuk nilai 40% serat sisal pada anyaman 11.97 GPa, pada *continue* 24.31 GPa, dan pada *chopped* 11.33 GPa. Untuk nilai 50% serat sisal pada anyaman 10.99 GPa, pada *continue* 24.67 GPa, dan pada *chopped* 11.49 GPa. Untuk nilai 60% serat sisal pada anyaman 14.02 GPa, pada *continue* 31.17 GPa, dan pada *chopped* 13.88 GPa. Nilai modulus elastisitas bending tertinggi pada spesimen komposit polyester dengan penambahan serat sisal sebanyak 60% dan struktur serat berbentuk *continue*. Modulus elastisitas bending didapatkan 31.17 GPa. Sedangkan nilai modulus elastisitas bending terendah pada spesimen komposit polyester dengan penambahan serat sisal sebanyak 50% dan struktur serat berbentuk anyaman, dengan nilai modulus elastisitas bending sebesar 10.99 GPa. Untuk semua variasi menunjukkan semakin meningkat fraksi volume maka semakin meningkat pula modulus elastisitasnya, namun berbeda pada struktur anyaman, dari 40% serat sisal ke 50% serat sisal mengalami penurunan, namun pada 60% serat sisal mengalami peningkatan kembali.

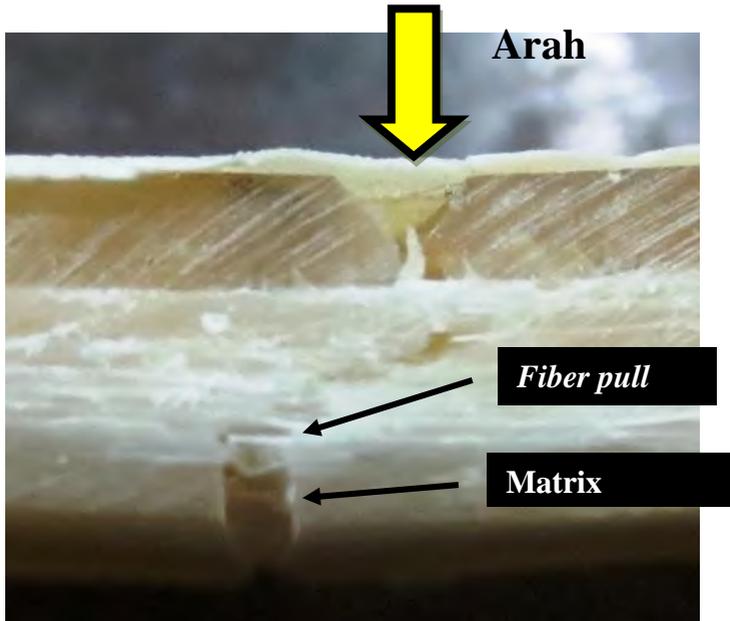
#### **4.1.4 Hasil Pengamatan Spesimen Uji Bending Komposit Polyester-Serat Sisal dengan Struktur Anyaman**



Gambar 4.1 Foto makro spesimen dengan struktur serat anyaman

Dari gambar 4.1 pada komposit polyester dengan penguat serat sisal berbentuk anyaman terlihat mekanisme kegagalan berupa *matrix cracking*, delaminasi, dan *fiber pull out*. *Matrix cracking* berada pada sekitar bagian tengah spesimen. *Matrix cracking* disebabkan karena retakan dari matiks akibat regangan yang di terima telah melebihi batas regangan dari matiks tersebut. *Fiber pull out* terjadi pada bagian sisi tarik dari spesimen. Hal tersebut terjadi karena penguat serat sisal tercabut akibat tidak kuat dalam menerima beban tarik akibat pengujian bending. Dan mekanisme kegagalan yang sama terjadi pada semua fraksi volume.

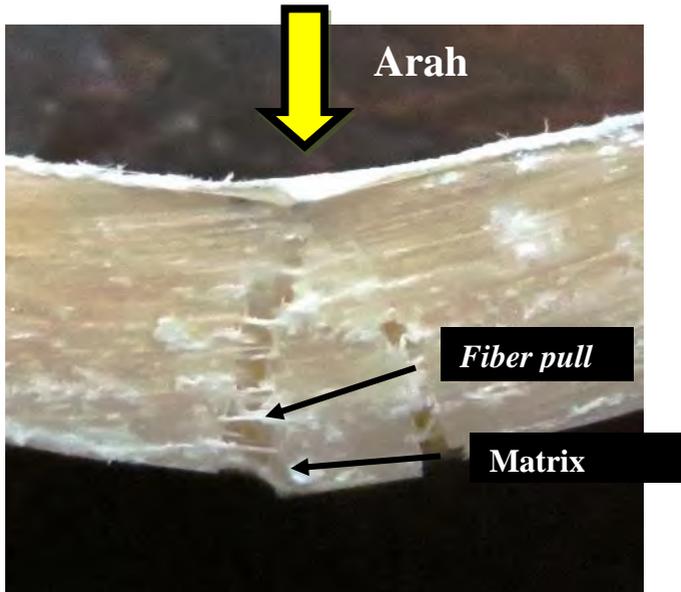
#### 4.1.5 Hasil Pengamatan Spesimen Uji Bending Komposit polyester-serat sisal dengan struktur *Continue*



Gambar 4.2 Foto makro spesimen dengan struktur serat *continue*

Dari gambar 4.2 pada komposit polyester dengan penguat serat sisal berbentuk *continue* terlihat mekanisme kegagalan berupa, *matrix cracking*, delaminasi, dan *fiber pull out*. *Matrix cracking* berada pada sekitar bagian bawah spesimen. *Matrix cracking* ini disebabkan karena retakan dari matriks akibat regangan yang diterima matriks telah melebihi batas regangan yang dari matriks tersebut. *Fiber pull out* terjadi pada bagian sisi tarik dari spesimen. Hal tersebut terjadi karena penguat serat sisal tercabut akibat tidak kuat dalam menerima beban tarik akibat pengujian bending. Dan mekanisme kegagalan yang sama terjadi pada semua fraksi volume.

#### 4.1.6 Hasil Pengamatan Spesimen Uji Bending Komposit polyester-serat sisal dengan struktur *Chopped*



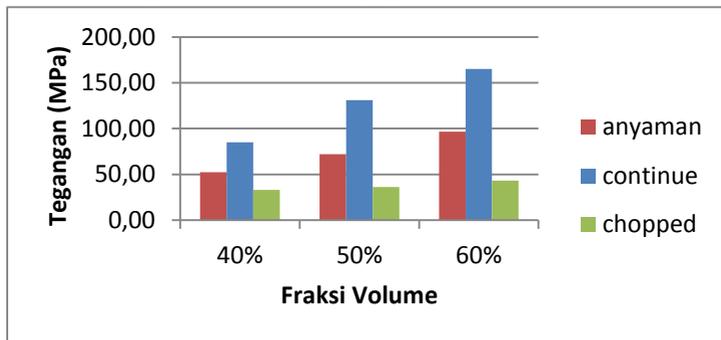
Gambar 4.3 Foto makro spesimen dengan struktur serat *chopped*

Dari gambar 4.3 pada komposit polyester dengan penguat serat sisal berbetuk *chopped* terlihat mekanisme kegagalan berupa, *matrix cracking*, delaminasi, dan *fiber pull out*. *Matrix cracking* berada pada hampir seluruh bagian spesimen. *Matrix cracking* ini disebabkan karena retakan dari matriks akibat regangan yang diterima matriks telah melebihi batas regangan yang dari matriks tersebut. *Fiber pull out* terjadi pada bagian sisi tarik dari spesimen. Hal tersebut terjadi karena penguat serat sisal tercabut akibat tidak kuat dalam menerima beban tarik akibat pengujian bending. Dan mekanisme kegagalan yang sama terjadi pada semua fraksi volume.

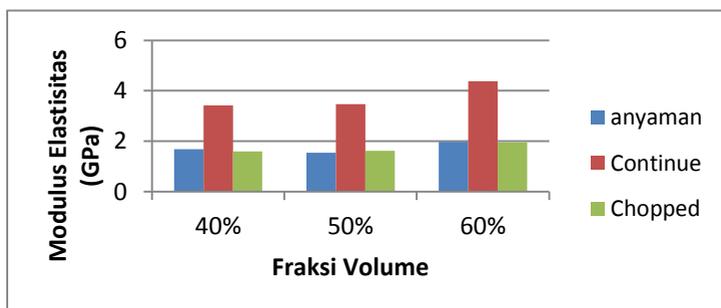
## 4.2 Pembahasan Data Hasil Pengujian

### 4.2.1 Pembahasan Pengaruh Penambahan Fraksi Volume Serat Sisal terhadap Tegangan Bending Komposit

Dari table 4.1 dapat diketahui adanya perbedaan tegangan dan modulus elastisitas yang terjadi pada komposit polyester-serat sisal baik dengan serat berbentuk anyaman, *continue*, ataupun *chopped*. Dan perbedaan tersebut dikarenakan juga akibat beda komposisi penambahan serat sisal tersebut. Maka untuk mempermudah pembacaan data tersebut dibuat grafik dengan perbandingan tegangan dengan fraksi volume dan modulus elastisitas dengan fraksi volume juga.



(a)



(b)

Gambar 4.4 Perbandingan (a) kekuatan bending dan (b) modulus elastisitas bending dengan fraksi volume serat dan struktur serat

Tegangan bending terbesar cenderung diperoleh pada material dengan fraksi volume tertinggi, yaitu pada fraksi volume serat 60% dengan nilai 165.08 MPa, seperti yang ditunjukkan oleh gambar 4.4 (a). Karena sesuai dengan prinsip dasar komposit bahwa serat berfungsi sebagai penguat. Selama matriks mengikat serat dengan baik, semakin besar kandungan serat semakin besar pula kekuatan kompositnya. Ketika serat terputus karena beban bending, matriks akan meneruskan beban dari ujung serat yang putus ke serat yang belum putus. Kekuatan tertinggi terdapat pada serat yang berstruktur *continue*, karena ketika beban menyebabkan putus serat dan matriks meneruskan beban ke serat yang belum putus, serat *continue* masih memiliki serat yang panjang. Dan modulus elastisitas terbesar juga diperoleh pada material dengan fraksi volume tertinggi, yaitu pada fraksi volume serat 60% dengan nilai 31.17 GPa, seperti yang ditunjukkan oleh gambar 4.4 (b). Itu disebabkan karena dengan fraksi volume 60% maka matriks hanya memiliki fraksi volume 40% maka akan mengakibatkan meningkatnya kelenturan suatu material.

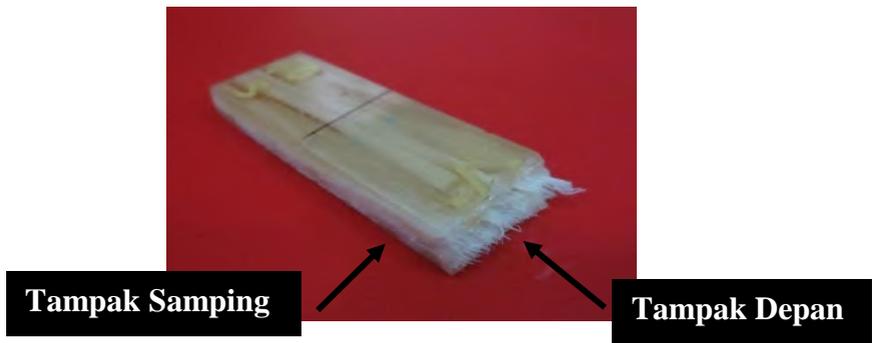
Untuk tegangan bending dan modulus elastisitas terkecil cenderung diperoleh pada material dengan fraksi volume terendah, yaitu pada fraksi volume serat 40% dan nilainya 33.03 MPa. Karena sesuai dengan prinsip dasar komposit bahwa serat berfungsi sebagai penguat, karena volume serat sedikit sehingga ketika serat putus matriks tidak dapat meneruskan beban ke serat yang belum putus. Kekuatan terendah terdapat pada serat yang berstruktur *chopped*, karena ketika beban menyebabkan putus serat namun matriks meneruskan ke serat yang pendek dan *chopped*, sehingga beban yang menjalar berhenti dan menyebabkan komposit patah. Namun modulus elastisitas terkecil diperoleh pada material dengan fraksi volume 50%, dengan nilai 10.99 GPa, seperti yang ditunjukkan oleh gambar 4.4 (b). Hal tersebut terjadi karena ada kesalahan dalam pembuatan

komposit, apabila sesuai dengan teori maka modulus yang terkecil harusnya terdapat pada fraksi volume 40%.

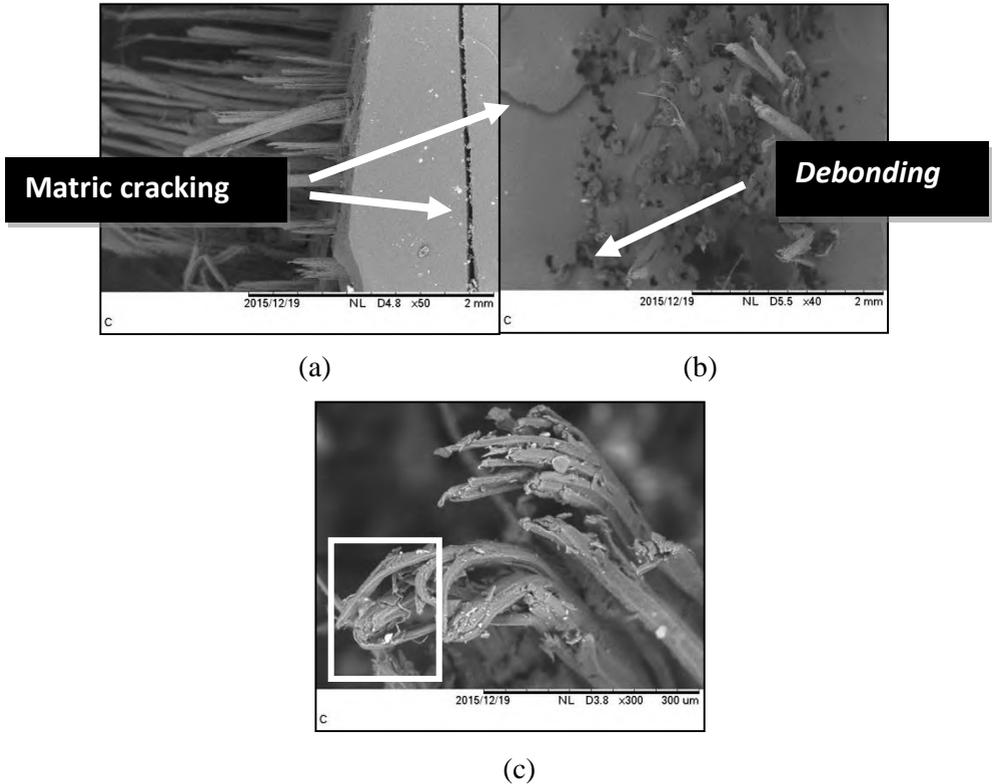
#### 4.2.2 Pembahasan Hasil Pengamatan Patahan pada Uji Bending

Pada uji bending, mekanisme kegagalan yang terjadi ialah *matrix cracking*, *fiber pull out*, dan delaminasi.

**Spesimen 60% Fraksi Volume Serat Sisal dengan Struktur Serat Berbentuk *Continue***



Gambar 4.5 Foto patahan spesimen dengan arah pengamatan



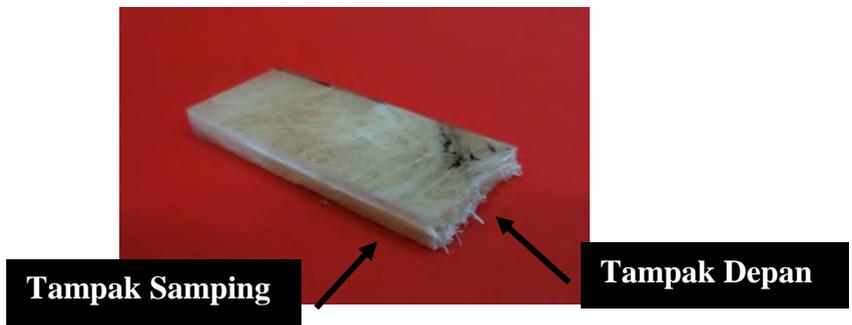
Gambar 4.6 Hasil SEM komposit dengan 60% serat sisal dan berstruktur *continue* (a) tampak samping 40X (b) tampak depan 40X (c) tampak depan 300X

Pada gambar 4.6 (a) menunjukkan spesimen tampak dari samping, nampak jelas terdapat *matrix cracking* pada spesimen tersebut, hal itu disebabkan karena lemahnya kemampuan matriks untuk meregang ketika diberikan beban tekan yang melebihi batas tegangan maksimum. Hal ini perlu dihindari untuk

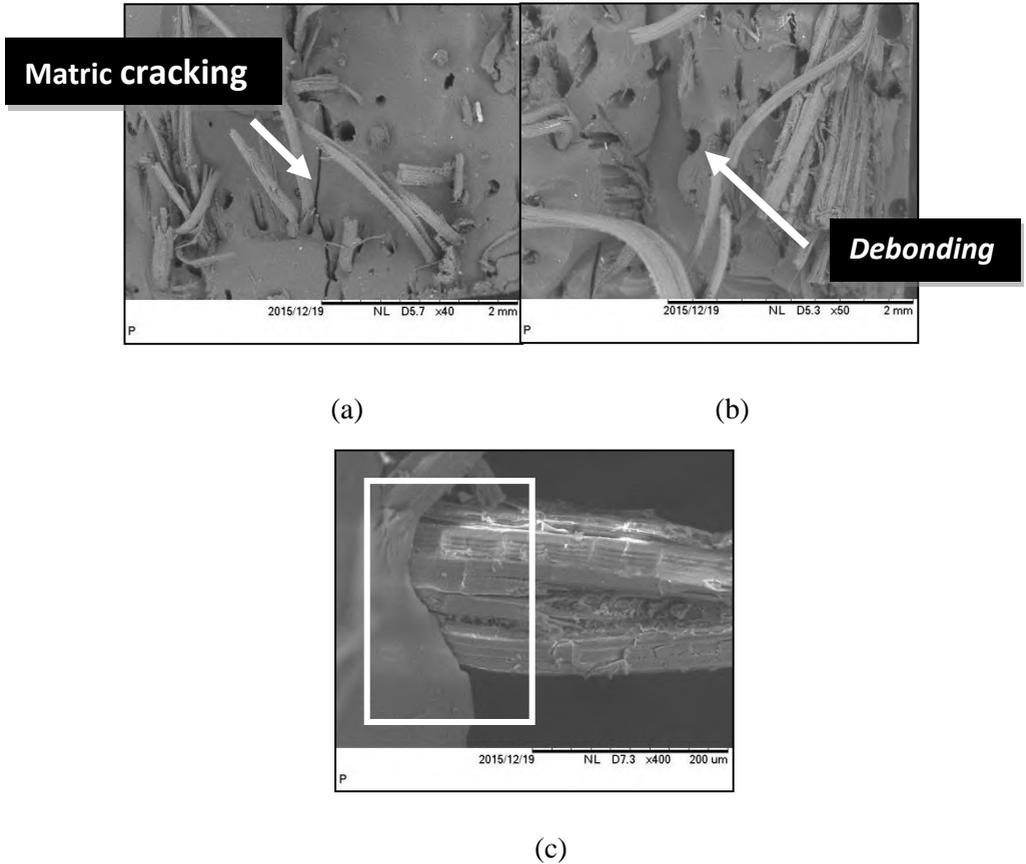
mendapatkan tegangan bending yang maksimum sebelum terjadinya patah pada spesimen. Dengan penambahan serat sisal diupayakan agar tegangan maksimum yang dimiliki oleh matriks lebih besar.

Pada gambar 4.6 (b) menunjukkan spesimen nampak depan, dan semakin terlihat *matrix cracking* pada spesimen tersebut. Pada spesimen ini juga terlihat *debonding*, hal ini diakibatkan tidak kuatnya ikatan antara serat sisal dan polyester sehingga menyebabkan serat terlepas dari matriksnya. *Debonding* dapat dilihat dari matriks yang berlubang seperti void, yang semula menjadi tempat melekatnya serat sisal. Dan di perbesar pada gambar 4.6 (c), terlihat bekas matriks melekat pada serat. Hal ini menunjukkan matriks telah mengikat serat namun karena ikatan kurang baik maka serat terlepas dari matriks.

#### **Spesimen 40% Faksi Volume Serat Sisal dengan Struktur Serat Berbentuk *Chopped***



Gambar 4.7 Foto patahan spesimen dengan arah pengamatan



Gambar 4.8 Hasil SEM komposit dengan 40% serat sisal dan berstruktur *chopped* (a) tampak depan 40X (b) tampak depan 50X (c) tampak samping 400X

Seperti pada gambar 4.7, pada gambar 4.8 (a) menunjukkan spesimen tampak dari depan, nampak jelas terdapat

*matrix cracking* pada spesimen tersebut, hal itu di sebabkan karena lemahnya kemampuan matriks untuk meregang ketika diberikan beban tekan yang melebihi batas tegangan maksimum. Hal ini perlu dihindari untuk mendapatkan tegangan bending yang maksimum sebelum terjadinya patah pada spesimen. Dengan penambahan serat sisal diupayakan agar tegangan maksimum yang dimiliki oleh matriks lebih besar.

Pada gambar 4.8 (b) menunjukkan spesimen nampak depan, dan juga menunjukkan *debonding*, hal ini diakibatkan tidak kuatnya ikatan antara serat sisal dan polyester sehingga menyebabkan serat terlepas dari matriksnya. *Debonding* dapat dilihat dari matriks yang berlubang seperti void, yang semula menjadi tempat melekatnya serat sisal. Lain dari gambar 4.7, *debonding* pada gambar 4.8 (b) lebih tidak beraturan, karena serat yang ditempatkan juga tidak menentu arah. Dan di perbesar pada gambar 4.8 (c), terlihat matriks tidak menyatu dengan sempurna pada permukaan serat, itulah yang menyebabkan serat mudah terlepas dari matriksnya.

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari serangkaian penelitian dan analisa data yang telah dilakukan pada komposit Polyester – Serat Sisal, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Tegangan bending komposit terbesar 165,08 MPa didapatkan dari penambahan fraksi volume serat 60% dengan struktur *continue*. Dan tegangan bending komposit terkecil 33,03 MPa dari penambahan fraksi volume serat 40% dengan struktur serat *chopped*.
2. Modulus elastisitas bending komposit sebesar 31,17 GPa didapatkan dari penambahan fraksi volume serat 60% dengan struktur *continue*. Namun modulus elastisitas bending komposit terkecil 10,99 GPa dari penambahan fraksi volume serat 50% dengan struktur serat anyaman.
3. Perbedaan fraksi volume serat sisal berpengaruh terhadap nilai tegangan bending komposit. Dengan struktur serat yang sama, fraksi volume 60% menghasilkan nilai tegangan bending komposit paling tinggi, kemudian fraksi 50% dan fraksi volume 40% menghasilkan nilai tegangan bending paling rendah.
4. Perbedaan struktur serat sisal berpengaruh terhadap nilai tegangan bending komposit. Dengan fraksi volume yang sama, struktur serat *Continue* menghasilkan nilai tegangan bending komposit paling tinggi, kemudian struktur serat *Woven* dan struktur serat *Chopped* menghasilkan nilai tegangan bending paling rendah.

## 5.2 Saran

Beberapa saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah :

1. Perlunya penyebaran serat sisal yang lebih merata agar dapat mengisi matriks pada *polyester* sehingga *void* tidak banyak ditemukan dan dapat meningkatkan kekuatan mekaniknya.
2. Penggunaan serat sisal yang lebih homogen.
3. Penelitian lebih lanjut bisa dikembangkan dengan menggunakan fraksi volume yang lebih besar dan menggunakan *hybrid* komposit.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kusumastuti, Adhi. 2009. “ Aplikasi Serat Sisal sebagai Komposit Polimer”. Jurusan Teknologi Jasa dan Produksi, Universitas Negeri Semarang. Indonesia
- [2] Jones, Robert.M, “*Mechanics Of Composite Materials(Materials Science &Engineering Series)*”, Scripta Book Co., Washington, 1975
- [3] Rihayat, Teuku, Suryani, “Pembuatan polimer Komposit Ramah Lingkungan untuk Aplikasi Industri Otomotif Dan Elektronik”, Jurusan teknik Kimia, Politeknik Negeri Lhokseumawe, Aceh.
- [4] Heru Sudargo, Suhardoko, Bambang T. “Pengaruh Fraksi Volume dan Panjang Serat Terhadap Sifat Bending Komposit Poliester Yang Diperkuat Serat Limbah Gedebog Pisang”, Jurusan Teknik Mesin, Akademi Teknologi Warga Surakarta, Indonesia
- [5] Ryan S, Tamara, “Studi Eksperimental Pengaruh Jumlah Lapisan *Stainless Steel Mesh* & Posisinya Terhadap Karakteristik Tarik Bending Komposit Serat Kaca Hibrida”, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2011.
- [6] <http://www.efunda.com/formulae/solidmechanics>
- [7] PT. Justus Kimia Raya, Spesifikasi Resin YUKALAC BQTN 157
- [8] Annual Book of ASTM Standards, D790M-84a, “*Standard Test Method for Flexural and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials (Metric)*”, American Society for Testing and Materials, 1984

- [9] A. Brent Strong, “*Controlling Polyester Curing – A Simplified View*”, Brigham Young University, undated.
- [10] Sutomo, “Analisa Kekuatan Uji Tarik Serat Nanas Sebagai Bahan Alternatif Dalam Pembuatan Interior Kendaraan”, Universitas Diponegoro, 2014
- [11] Murherjee P.S., Satyanarayana K.G.1984. *Structure and properties of some vegetable fibres, part 1. Sisal fibre.* Journal of Materials Science. No. 19. pp.3925-3934.
- [12] Chand N., Tiwary R.K., Rohatgi P.K. 1988. *Bibliography resource structure properties of natural cellulosic fibres: an annotated bibliography.* Journal of Materials Science. No. 23. pp.381-387.
- [13] Leao, A. L., Rowell, R. M., dan Tavares, N. 1998, *Application of natural fibers in automotive industry in Brazil – Thermoforming Process, Science and Technology of Polymer and Advanced Materials*, Edited by Prasad, *et al.*, Plenum Press, New York.

## BIODATA PENULIS



Dewi Nastiti Anindya lahir di Gresik pada 22 Maret 1993, merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Riwayat pendidikan penulis diawali dari SDN Pongangan 2. Penulis melanjutkan pendidikan di SMPN 1 Gresik, kemudian melanjutkan pendidikannya di SMA Muhammadiyah 1 Gresik. Ketertarikan penulis pada dunia keteknikan mendorong penulis untuk berkuliah di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya dan mengambil Jurusan Teknik Mesin dan memperoleh NRP 2111100019 dan mendapat gelar M54.

Penulis aktif dalam kegiatan akademik dan kemahasiswaan. Penulis aktif mengikuti kegiatan Lab Metalurgi, sebagai asisten praktikum.

Dalam bidang kemahasiswaan penulis aktif berkecimpung menjadi pengurus Himpunan Mahasiswa Mesin dan menjabat sebagai Kabiro Event Internal. Penulis bertekad akan mengabdikan gelar sarjana jebolan ITS untuk senantiasa berbuat yang terbaik untuk Allah SWT, keluarga, serta bangsa Indonesia. Untuk informasi dan masukan dapat menghubungi penulis melalui email [dewinastiti93@gmail.com](mailto:dewinastiti93@gmail.com)