# ANALISA HASIL UJI BENDING MATERIAL KOMPOSIT SERAT RESAM TERHADAP STANDAR ASTM D790-17

## SKRIPSI

**Disusun Untuk Memenuhi Syarat Ujian Sarjana Strata Satu**
**Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik**
**Universitas IBA Palembang**


**Disusun oleh**

**Muhammad Royhan Renata**
**22 32 0004**


**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**
**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS IBA**
**PALEMBANG**
**2026**

# HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini,

| | |
|---|---|
| Nama | : Muhammad Royhan Renata |
| NPM | : 22 32 0004 |
| Judul Skripsi | : ANALISA HASIL UJI BENDING MATERIAL KOMPOSIT SERAT RESAM TERHADAP STANDAR ASTM D790-17 |

Dengan ini menyatakan bahwa hasil penulisan Skripsi yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata di kemudian hari penulisan Skripsi ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggung jawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan tata tertib di Universitas IBA.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak dipaksakan.

Penulis,

Meterai Rp 10




Muhammad Royhan Renata
22 32 0004

# ANALISA HASIL UJI BENDING MATERIAL KOMPOSIT SERAT RESAM TERHADAP STANDAR ASTM D790-17

**SKRIPSI**

Disusun untuk Memenuhi Syarat Ujian Sarjana Strata satu
pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas IBA

Mengetahui,

Palembang,

Dekan Fakultas Teknik,

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS IBA

Dr. Ir. Hardiyan Harahap, MT.
NIK. 03 24 14

Ketua Program Studi Teknik Mesin

Reny Afriany, S.T., M.Eng
NIK. 02 05 171

...

# HALAMAN AGENDA

| | |
|---|---|
| **PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN** | **AGENDA No. : .....** |
| **FAKULTAS TEKNIK** | **DITERIMA TGL : .....** |
| **UNIVERSITAS IBA** | **PARAF : .....** |

**ANALISA HASIL UJI BENDING MATERIAL KOMPOSIT SERAT RESAM TERHADAP STANDAR ASTM D790-17**

**NAMA : Muhammad Royhan Renata**

**NPM : 22 32 0004**

**SPESIFIKASI : a) Material Komposit**

**b) Perhitungan Kekuatan Bending**

**c) ASTM D790-17**

**Menyetujui**

**Pembimbing Utama**

**Yeny Pusvyta, ST., MT.**
**NIK : 02 05 170**

**Pembimbing Pendamping**

**Dr.Ir Aria Wira Yuda S.T., M.T**
**NIK : 03 25 539**

**Mengetahui,**
**Ketua Program StudiTeknik Mesin**

**Reny Afriany, S.T., M.Eng.**
**NIK : 02 05 171**

# PENGESAHAN TIM PENGUJI

| | |
|---|---|
| Skripsi ini berjudul | :ANALISA HASIL UJI BENDING MATERIAL KOMPOSIT SERAT RESAM TERHADAP STANDAR ASTM D790-17 |
| Penyusun | : Muhammad Royhan Renata |
| NPM | : 22 32 0004 |
| Program Studi | : Teknik Mesin |

**Telah Berhasil Dipertahankan Dalam Sidang Sarjana (Ujian Komprehensip) Dan Diterima Sebagai Bagian Persyaratan Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas IBA.**

**TIM PENGUJI**

| | | |
|---|---|---|
| Ketua | : Reny Afriany, S.T., M.Eng. | ( ) |
| Anggota | : 1. Dr. Arie Yudha Budiman, S.T., M.T. | ( ) |
| | 2. Yeny Pusvyta, S.T., M.T. | ( ) |
| | 3. Muhammad Nur, S.T., M.Log. | ( ) |

Ditetapkan di : Palembang
Tanggal : 22 Agustus 2026

# ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan menganalisis karakteristik lentur dan tingkat kesesuaian material komposit serat resam *(Dicranopteris linearis)* terhadap kriteria pengujian ASTM D790-17. Komposit dibuat menggunakan resin *poliester* sebagai *matriks* dan serat resam sebagai penguat dengan perlakuan alkali NaOH 5% selama 2 jam. Variabel penelitian terdiri atas orientasi serat acak, searah, dan silang serta variasi fraksi serat 15%, 25%, dan 35%; pada tabel pengolahan data, masing-masing dipasangkan dengan fraksi *matriks 85%, 75%, dan 65%*. Pembuatan spesimen dilakukan dengan metode press manual pada suhu ruang, sedangkan pengujian menggunakan *three-point bending* dengan support span 80 mm. Hasil menunjukkan kekuatan bending berada pada rentang 29,11-52,78 MPa dan regangan lentur 1,2497-3,7869%. Nilai kekuatan dan regangan tertinggi sama-sama diperoleh pada orientasi acak dengan fraksi serat 25%, yaitu 52,78 MPa dan 3,7869%. Seluruh spesimen berbentuk batang persegi panjang dan panjang 127 mm sesuai dengan acuan penelitian, lebar 13-13,8 mm dan tebal 3,3-5 mm belum sesuai dengan ukuran nominal 12,7 mm dan 3,2 mm. Rasio bentang terhadap tebal 16:1-24,24:1 masih berada dalam rentang kriteria 16:1-40:1. Mengikuti kriteria evaluasi yang digunakan pada skripsi, seluruh variasi belum memenuhi pembanding numerik kekuatan bending dan regangan berbasis dimensi acuan. Seluruh spesimen menunjukkan *fiber breakage* dan *matrix cracking* setelah pengujian.

**Kata Kunci:** komposit; serat resam; bending; orientasi serat; ASTM D790-17

# *ABSTRACT*

*This study analyzes the flexural behavior and conformity of resam fiber (Dicranopteris linearis) reinforced composite material with the ASTM D790-17 testing criteria. Polyester resin was used as the matrix and resam fiber as reinforcement after alkaline treatment using 5% NaOH for 2 h. The experimental variables were random, aligned, and cross fiber orientations combined with fiber fractions of 15%, 25%, and 35%; in the data-processing table these were paired with matrix fractions of 85%, 75%, and 65%, respectively. The specimens were fabricated using a manual pressing method at room temperature and tested by three-point bending with an 80 mm support span. The measured flexural strength ranged from 29.11 to 52.78 MPa, while flexural strain ranged from 1.2497% to 3.7869%. The highest flexural strength and strain were obtained at random fiber orientation with a 25% fiber fraction, reaching 52.78 MPa and 3.7869%, respectively. All specimens had a rectangular bar shape and a length of 127 mm that complied with the study reference, whereas the measured width of 13-13.8 mm and thickness of 3.3-5 mm differed from the nominal dimensions of 12.7 mm and 3.2 mm. The support-span-to-thickness ratios of 16:1-24.24:1 remained within the 16:1-40:1 criterion applied in the thesis evaluation. Based on the evaluation criteria used in the thesis, all variations did not satisfy the numerical comparison values for flexural strength and strain calculated using the reference dimensions. Fiber breakage and matrix cracking were observed in all tested specimens.*



***Keywords****: composite; resam fiber; bending; fiber orientation; ASTM D790-17*

# HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN

## MOTTO

If you’re afraid – don’t do It, if you’re doing it – don’t be afraid!

-Genghis Khan

“Takdir tidak ditunggu, tetapi diperjuangkan.”

## PERSEMBAHAN

“Skripsi ini saya persembahkan kepada Bapak dan Ibu, yang telah menjadi alasan terbesar saya untuk terus melangkah dan menyelesaikan pendidikan ini. Terima kasih atas setiap doa yang selalu dipanjatkan, setiap pengorbanan yang diberikan, serta setiap perjuangan yang mungkin tidak selalu saya lihat dan saya pahami. Terima kasih telah memberikan dukungan, kasih sayang, kepercayaan, dan kesempatan kepada saya untuk menempuh pendidikan hingga sampai pada tahap ini.Pencapaian ini bukan semata-mata tentang saya yang berhasil menyelesaikan pendidikan Strata 1, tetapi juga tentang Bapak dan Ibu yang telah mengantarkan saya sampai sejauh ini melalui segala keterbatasan, kesabaran, dan pengorbanan. Menjadi orang pertama di keluarga besar yang berhasil menyelesaikan pendidikan Strata 1 merupakan sebuah kebanggaan bagi saya, namun di balik pencapaian tersebut terdapat peran dan perjuangan Bapak dan Ibu yang jauh lebih besar daripada apa yang dapat saya ungkapkan melalui kata-kata.Semoga gelar yang saya peroleh dapat menjadi salah satu bentuk rasa terima kasih dan kebanggaan untuk Bapak dan Ibu, sekaligus menjadi awal bagi saya untuk dapat memberikan kehidupan yang lebih baik serta membalas segala kebaikan dan pengorbanan yang telah diberikan..”

“Skripsi ini juga saya persembahkan kepada diri saya sendiri sebagai bentuk penghargaan atas perjalanan panjang yang telah dilalui. Terima kasih karena telah

bertahan dalam setiap proses, menghadapi berbagai kesulitan, belajar dari kegagalan, dan tetap memilih untuk melangkah ketika keadaan tidak selalu mudah.Menjadi orang pertama di keluarga besar yang menyelesaikan pendidikan Strata 1 merupakan sebuah pencapaian yang menjadi pengingat bahwa setiap langkah kecil, kerja keras, dan keberanian untuk terus mencoba pada akhirnya akan membawa saya sampai pada tujuan. Semoga pencapaian ini tidak menjadi akhir dari perjalanan, melainkan menjadi awal untuk terus belajar, berkembang, dan memberikan manfaat bagi keluarga serta orang-orang di sekitar”

# KATA PENGANTAR

Assalamualaikum wr wb, Alhamdulillah Puji syukur penulis ucapkan kepada ALLAH SWT , yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya lah sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan baik. Sholawat serta salam tercurahkan kepada junjungan kita Nabi Besar Muhammad SAW, keluarga, sahabat, serta umat muslim yang mengikuti ajaran-Nya hingga akhir zaman. Adapun judul skripsi ini adalah : " **ANALISA HASIL UJI BENDING MATERIAL KOMPOSIT SERAT RESAM TERHADAP STANDAR ASTM D790-17**"

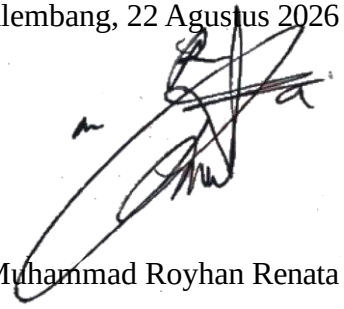
Maksud dan tujuan skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat kelulusan Program Strata Satu ( S1 ) di Universitas IBA Palembang. Penulis menyadari bahwa tanpa bimbingan, bantuan, dan doa dari berbagai pihak, penulisan Skripsi ini tidak dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Oleh karna itu, penulis mengucapkan terimah kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses penulisan Skripsi, yaitu kepada :

1. Ibu Dr. Ir. Hardayani, MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas IBA.
2. Ibu Reny Afriany, ST., M,Eng. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin.
3. Ibu Yeny Pusvyta ST., MT. selaku Dosen Pembimbing Skripsi Utama
4. Bapak Dr. Ir. Aria Wira Yuda., ST., MT.,IPM., ASEAN Eng.,APEC Eng. selaku Dosen Pembimbing Skripsi Pendamping
5. Ibu Ir. Ratih Diah Andayani, MT selaku Dosen Pembimbing Akademik
6. Seluruh Bapak, Ibu Dosen serta Staf TU di Fakutas Teknik Universitas IBA yang telah banyak membantu selama proses perkuliahan.
7. Orang tuaku dan keluarga yang telah mendoakan, memberikan semangat moril maupun materil dalam menyelesaikan skripsi ini.
8. Rekan-rekan seperjuangan selama menempuh masa kuliah yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini terutama Rizki Bagas Satria, ST , Dendi Saputra, Habil Saska Pramadani,Adi Prasetya.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan oleh karna itu, penulis mengharapkan kritikan dan saran dari pembaca

untuk kesempurnaan skripsi ini. Akhir kata semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat baik bagi penulis maupun para pembaca pada umumnya.

Palembang, 22 Agustus 2026



Muhammad Royhan Renata

22320004

# DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL ..... i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS ..... ii
HALAMAN PENGESAHAN ..... iii
HALAMAN AGENDA ..... iv
PENGESAHAN TIM PENGUJI ..... v
ABSTRAK ..... vi
KATA PENGANTAR ..... viii
DAFTAR ISI ..... x
DAFTAR GAMBAR ..... xiii
DAFTAR TABEL ..... xiv
BAB I PENDAHULUAN ..... 1
1.1 Latar Belakang ..... 1
1.2 Rumusan Masalah ..... 2
1.3 Batasan Masalah ..... 2
1.4 Tujuan ..... 3
1.5 Manfaat ..... 3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA ..... 5
2.1 Material Komposit serat resam ..... 5
2.2 Material Komposit ..... 7
2.2.1 Matriks ..... 7
2.2.2 Serat ..... 7
2.3 Pembuatan Komposit Dengan Metode Press ..... 9
2.4 Bahan-bahan yang digunakan ..... 10
2.4.1 Serat resam ..... 10
2.4.2 Resin dan Hardener ..... 11

2.4.3 Natrium Hidroksida (NaOH) ..... 11
2.4.4 Air ..... 12
2.4.5 Wax ..... 12
2.5 Orientasi Serat Pada Komposit ..... 13
2.6 Uji Bending ..... 13
2.6.1 Teori Pembahasan Lentur Pada Material ..... 14
2.7 ASTM D790-17 ..... 15
2.7.1 Sejarah ASTM D790-17 ..... 16
2.7.2 Validasi Hasil Pengujian Lentur ..... 17
2.7.3 jenis patahan Pada Pengujian bending Komposit ..... 18
2.8 Parameter Perhitungan ..... 21
2.8.1 Volume komposit ..... 22
2.8.2 Menentukan Fraksi Volume (Persentase) Komponen ..... 22
2.8.2 Massa Masing-Masing Komponen ..... 23
2.8.3 Pengujian Bending ..... 23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN ..... 25
3.1 Diagram Alir ..... 25
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian ..... 26
3.3 Metode Penelitian ..... 26
3.3.1 Variabel penelitian ..... 26
3.4 Alat Dan Bahan ..... 26
3.1.1 Alat ..... 26
3.1.2 Bahan ..... 27
3.5 Prosedur Penelitian ..... 27
3.5.1 Persiapan Serat ..... 27

3.5.2 Penimbangan Variabel Massa ..... 28
3.5.3 Pembuatan Spesimen Komposit ..... 28
3.5.4 Tahap Pengujian ..... 29
BAB IV PENGOLAHAN DATA ..... 30
4.1 Perhitungan Pembuatan Komposit ..... 30
4.2 Perhitungan Pengujian bending ..... 33
4.2.1 Perhitungan Kekuatan Lentur ..... 33
4.2.2 Perhitungan regangan Lentur ..... 34
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN ..... 37
5.1 Hasil ..... 37
5.1.1 Patahan pada spesimen ..... 37
5.1.2 Bentuk Spesimen ..... 39
5.1.2 Dimensi Spesimen ..... 40
5.1.4 Rasio Bentang ..... 42
5.1.5 Kekuatan Bending ..... 44
5.1.6 Perhitungan Regangan ..... 46
5.2 Pembahasan ..... 47
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN ..... 49
6.1 Kesimpulan ..... 49
6.2 Saran ..... 50
DAFTAR PUSTAKA ..... 51
LAMPIRAN ..... 53

# DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 serat sintetis ..... 8
Gambar 2. 2 Serat alam ..... 9
Gambar 2. 3 Press manual ..... 10
Gambar 2. 4 Tumbuhan resam ..... 11
Gambar 2. 5 Resin Dan Hardener ..... 11
Gambar 2. 6 Natrium Hidroksida ..... 12
Gambar 2. 7 Wax ..... 13
Gambar 2. 8 Uji Bending ..... 14
Gambar 2. 9 Ukuran spesimen menurut standar ASTM D790-17 ..... 16
Gambar 2. 10 Jenis patahan pada pengujian bending ..... 21
Gambar 2. 11 Skema pengujian bending ..... 24
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian ..... 25
Gambar 3. 2 Proses serat ..... 28
Gambar 3. 3 Penimbangan massa ..... 28
Gambar 3. 4 Uji bending ..... 29
Gambar 4. 1 grafik *standar force* serat acak 15% ..... 33
Gambar 5. 1 Grafik Hasil Pengujian Bending ..... 48

# DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kriteria hasil pengujian bending berdasarkan ASTM D790-17 ..... 17
Tabel 4. 1 Hasil pengujian bending ..... 33
Tabel 4. 2 Hasil pengolahan data ..... 35
Tabel 5. 1 Jenis patahan pada spesimen ..... 37
Tabel 5. 2 Bentuk Spesimen ..... 40
Tabel 5. 3 Dimensi Spesimen uji ..... 41
Tabel 5. 4 Rasio Bentang ..... 43
Tabel 5. 5 Kesesuaian kekuatan bending ..... 45
Tabel 5. 6 Kesesuaian Regangan ..... 47

# BAB I
# PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Pengembangan material komposit dengan memanfaatkan serat alam sebagai bahan penguat terus dilakukan sebagai salah satu alternatif untuk menghasilkan material dengan karakteristik mekanik yang sesuai. Serat alam memiliki peluang untuk dimanfaatkan karena berasal dari sumber daya yang tersedia di lingkungan dan dapat diolah menjadi material yang memiliki nilai guna lebih tinggi. Salah satu jenis serat alam yang berpotensi digunakan sebagai bahan penguat komposit adalah serat resam (*Dicranopteris linearis*). Tumbuhan resam dapat ditemukan secara alami dan pemanfaatannya dalam bidang material teknik masih dapat dikembangkan lebih lanjut.

Serat resam berpotensi digunakan sebagai bahan penguat pada komposit dengan resin sebagai matriks. Karakteristik material komposit yang dihasilkan dapat dipengaruhi oleh jumlah serat yang digunakan serta susunan serat di dalam matriks. Oleh karena itu, pemanfaatan serat resam tidak hanya mempertimbangkan ketersediaan bahan, tetapi juga perlu memperhatikan kemampuan komposit yang dihasilkan dalam menerima pembebanan. Karakteristik mekanik tersebut diperlukan untuk mengetahui potensi material dalam penggunaannya sebagai material komposit.

Komposisi serat dalam suatu material komposit menjadi salah satu faktor yang dapat memengaruhi karakteristik material yang dihasilkan. Perbedaan jumlah serat akan menyebabkan perubahan perbandingan antara material penguat dan matriks. Selain itu, orientasi serat juga dapat memengaruhi respons material ketika menerima beban. Orientasi serat yang disusun secara acak, searah, maupun silang memiliki susunan yang berbeda terhadap arah pembebanan sehingga dapat memengaruhi proses penerimaan dan penerusan beban pada material komposit.

Kemampuan material dalam menerima pembebanan lentur merupakan salah satu karakteristik mekanik yang perlu diperhatikan pada komposit. Ketika diberikan pembebanan lentur, spesimen akan mengalami deformasi dan kondisi tegangan

pada bagian tertentu. Kemampuan material dalam menahan kondisi pembebanan tersebut dapat diketahui melalui pengujian *bending*. Pengujian ini menghasilkan data yang dapat digunakan untuk menentukan kekuatan lentur dan regangan lentur sehingga karakteristik material pada setiap variasi dapat diketahui dan dianalisis.

Pengujian terhadap komposit berpenguat serat resam perlu dilakukan untuk mengetahui karakteristik lentur yang dihasilkan dari perbedaan komposisi dan orientasi serat. Pada penelitian ini, serat resam digunakan sebagai material penguat dengan resin poliester sebagai matriks. Variasi fraksi massa serat yang digunakan terdiri atas 15%, 25%, dan 35%, sedangkan orientasi serat meliputi orientasi acak, searah, dan silang. Penggunaan beberapa variasi tersebut bertujuan untuk memperoleh data hasil pengujian dari masing-masing kondisi material komposit.

Berdasarkan uraian tersebut, karakteristik lentur material komposit berpenguat serat resam perlu dikaji melalui hasil pengujian *bending* pada berbagai variasi fraksi massa dan orientasi serat. Analisis terhadap hasil pengujian diperlukan untuk mengetahui karakteristik lentur yang dihasilkan oleh masing-masing variasi material. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan dengan judul **"Analisa Hasil Uji Bending Material Komposit Serat Resam terhadap Standar ASTM D790-17."**

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka permasalahan yang akan dikaji dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kesesuaian spesimen material komposit serat resam terhadap pengujian bending berdasarkan ASTM D790-17 ?

## 1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terfokus dan mencapai tujuan yang diinginkan, maka diberikan batasan-batasan sebagai berikut:

1. Penelitian hanya menggunakan serat batang resam *(Dicranopteris linearis)* sebagai material penguat komposit tanpa membandingkannya dengan jenis serat alam atau sintetis lainnya.

2. Matriks komposit yang digunakan dibatasi pada resin polyester dengan satu jenis katalis tetap, tanpa variasi jenis matriks maupun rasio pencampuran.
3. Perlakuan kimia serat dibatasi pada perendaman larutan NaOH 5% selama
4. jam untuk meningkatkan adhesi serat dan matriks, tanpa variasi konsentrasi maupun waktu perendaman.
5. Variasi penelitian hanya difokuskan pada fraksi massa serat resam sebesar 15%, 25%, dan 35%.
6. Variasi penelitian hanya difokuskan pada orientasi serat resam sejajar, acak dan silang.
7. Panjang serat yang digunakan seragam pada 20 mm
8. Metode pembuatan spesimen komposit dibatasi menggunakan metode press pada suhu ruang tanpa perlakuan pemanasan tambahan.
9. Pengujian mekanik yang dilakukan hanya uji lentur (*bending*) sesuai standar ASTM D790-17 untuk memperoleh nilai kekuatan lentur, tanpa pengujian tarik, impak, atau kelelahan material.
10. Penelitian ini hanya berfokus pada nilai kekuatan lentur dan regangan lentur
11. Penelitian ini tidak membahas pengujian tarik, impak, maupun pengujian mekanik lainnya.

## 1.4 Tujuan

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Menganalisis kesesuaian uji bending material komposit serat resam pada variasi fraksi volume dan orientasi serat terhadap standar ASTM D790-17

## 1.5 Manfaat

Adapun manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menambah informasi dan referensi ilmiah mengenai karakteristik lentur komposit berpenguat serat resam (*Dicranopteris linearis*) dengan matriks resin poliester.

2. Menjadi bahan referensi bagi mahasiswa, dosen, dan peneliti dalam pengembangan penelitian mengenai material komposit berbasis serat alam, khususnya yang berkaitan dengan pengaruh fraksi volume dan orientasi serat terhadap sifat lentur komposit.
3. Memberikan informasi mengenai pengaruh variasi fraksi volume dan orientasi serat terhadap karakteristik lentur komposit sehingga dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan dalam pengembangan material komposit berbasis serat alam

# BAB II
# TINJAUAN PUSTAKA

## 2.1 Material Komposit serat resam

Material komposit merupakan material yang tersusun dari matriks dan bahan penguat untuk menghasilkan sifat mekanik tertentu. Salah satu bahan penguat yang dapat digunakan adalah serat alam (Rodiawan dkk., 2017) menyatakan bahwa serat alam dapat dimanfaatkan sebagai penguat komposit karena memiliki potensi untuk menghasilkan material dengan sifat mekanik yang sesuai dengan kebutuhan. Salah satu serat alam yang dapat digunakan sebagai penguat adalah serat resam (*Dicranopteris linearis*), yang telah diteliti sebagai penguat pada matriks resin poliester.

Penggunaan serat resam sebagai penguat komposit dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya adalah jumlah serat dan perlakuan terhadap serat. (Irandha C. M. Siahaan, 2023) melakukan penelitian mengenai serat resam dengan matriks poliester dan menunjukkan bahwa perlakuan NaOH dapat meningkatkan kualitas serat serta memengaruhi sifat mekanik komposit, termasuk kekuatan *flexure*. Penelitian tersebut menggunakan pengujian *flexure* berdasarkan ASTM D790-17.

Selain jumlah serat, orientasi serat juga menjadi faktor yang perlu diperhatikan karena susunan serat dapat memengaruhi arah penerusan beban pada komposit. Perbedaan susunan serat akan menghasilkan respons mekanik yang berbeda ketika material menerima pembebanan. Hal tersebut menunjukkan bahwa karakteristik komposit tidak hanya ditentukan oleh jenis material penyusunnya, tetapi juga oleh komposisi dan susunan serat di dalam matriks. (Irandha C. M. Siahaan, 2023)

Kemampuan komposit dalam menerima pembebanan lentur dapat diketahui melalui pengujian *bending*. Pengujian ini digunakan untuk mengetahui kekuatan lentur material ketika menerima beban sampai mengalami deformasi atau kerusakan. Penelitian (Abdallah dkk., 2025) menunjukkan bahwa komposit sera resam dengan matriks poliester dapat diuji menggunakan metode *flexure* untuk

mengetahui karakteristik mekaniknya (Abdallah dan Rollastin, 2025).

Penelitian mengenai komposit serat resam juga terus dikembangkan. (Zakaria, 2023) menggunakan serat resam sebagai penguat dengan matriks poliester dan melakukan variasi fraksi massa serat serta perlakuan NaOH. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa perubahan fraksi serat dan perlakuan serat memberikan pengaruh terhadap karakteristik komposit yang dihasilkan.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis hasil uji *bending* material komposit serat resam dengan variasi fraksi massa 15%, 25%, dan 35% serta orientasi serat acak, searah, dan silang. Pengujian dilakukan menggunakan metode *three-point bending* dengan mengacu pada ASTM D790-17, sehingga dapat diperoleh nilai kekuatan lentur dan regangan lentur dari masing-masing variasi material.

Adapun penelitian mengenai material komposit yang menggunakan serat resam telah di gunakan oleh berbagai peneliti. penelitian terdahulu yang memanfaatkan serat resam sebagai penguat komposit antara lain sebagai berikut:

- Penelitian komposit serat resam dengan matriks *polyester* menggunakan perlakuan NaOH dan pengujian *flexure* berdasarkan ASTM D790-17. Hasil pengujian menunjukkan tegangan lentur maksimum sebesar 138 MPa dan modulus lentur sebesar 4.880 MPa. Hasil tersebut menunjukkan bahwa serat resam memiliki potensi untuk digunakan sebagai penguat komposit. Herwandi dan Napitupulu (2015)
- Penelitian komposit serat resam dengan variasi jumlah serat 5, 10, dan 15 helai serta perlakuan NaOH 5% selama 1, 2, dan 3 jam. Hasil pengujian
- *bending* menunjukkan nilai rata-rata berturut-turut: 32,2; 32,9; 32,5 MPa
- untuk 5 helai, 43,0; 45,0; 46,2 MPa untuk 10 helai, dan 57,3; 57,6; 51,6 MPa untuk 15 helai. Nilai bending tertinggi diperoleh sebesar 57,6 MPa pada penggunaan 15 helai serat dengan perendaman NaOH selama 2 jam. (Abdallah dkk., 2025)

## 2.2 Material Komposit

Komposit adalah salah satu jenis material yang ada saat ini disamping material lainnya seperti logam, polimer dan keramik. Material komposit adalah material multi fase yaitu suatu material campuran yang terbuat dari dua atau lebih jenis material, dengan pencampurannya tidak terjadi reaksi secara kimia. Sifat material komposit merupakan paduan dari sifat-sifat material penyusunnya, yaitu matriks dan penguat (*reinforcement*) atau pengisi (*filler*) dimana keduanya memiliki sifat yang berbeda. Ketentuan untuk material penguat, harus dapat menunjang/memperbaiki sifat-sifat matrik dalam membentuk material komposit. (Tjahjanti, 2018)

### 2.2.1 Matriks

Matriks atau resin dalam material komposit berfungsi sebagai pelindung sekaligus pengikat serat agar dapat berfungsi secara optimal. Matriks harus mampu menyalurkan beban yang diterima dari luar kepada serat penguat. Pada umumnya, matriks dibuat dari bahan yang bersifat relatif lunak dan ulet. Polimer atau plastik merupakan material yang paling sering digunakan untuk tujuan ini. Selain itu, pemilihan matriks juga mempertimbangkan kemampuannya dalam menahan suhu tinggi. Bahan polimer seperti polyester, vinilester, dan epoxy telah lama dimanfaatkan sebagai material matriks dalam komposit (Harsi dkk., 2015)

### 2.2.2 Serat

Komposit yang diperkuat serat (*fibrous composite*) dinilai sangat efisien karena material dalam bentuk serat memiliki kekuatan dan kekakuan yang lebih tinggi dibandingkan material yang sama dalam bentuk massa padat. Keunggulan ini berasal dari ukuran serat yang sangat kecil, sering kali berada pada skala mikron. Dimensi yang kecil tersebut meminimalkan keberadaan cacat dan ketidakteraturan kristal yang biasanya ditemukan pada material berukuran besar. Akibatnya, serat memiliki sifat yang mendekati kristal tunggal tanpa cacat, sehingga mampu memberikan kekuatan yang sangat tinggi. (Harsi dkk., 2015)

1.Serat sintetis

Serat sintetis adalah serat buatan manusia yang diproduksi melalui proses kimia dari bahan polimer, umumnya berasal dari turunan minyak bumi. Dalam material teknik, serat sintetis banyak digunakan sebagai bahan penguat (*reinforcement*) pada komposit karena memiliki kekuatan tarik tinggi, ringan, tahan korosi, dan sifatnya dapat direkayasa sesuai kebutuhan. (Syahdian dan Muslimin, 2024)

Pada komposit, serat sintetis berfungsi meningkatkan kekuatan, kekakuan, ketahanan aus, dan ketahanan terhadap lingkungan, sementara matriks berperan mengikat serta meneruskan beban ke serat. (Syahdian dan Muslimin, 2024) Adapun berikut macam-macam serat sintetis yaitu serat kaca, serat karbon, serat aramid




**Gambar 2. 1 serat sintetis**

2.Serat alam

Serat alam adalah serat yang berasal dari sumber hayati seperti tumbuhan, hewan, atau mineral alami, yang digunakan sebagai bahan penguat dalam material komposit. Dalam bidang teknik, serat alam semakin banyak dimanfaatkan sebagai alternatif serat sintetis karena ramah lingkungan, ringan, dapat diperbarui, dan biaya relatif rendah. (Ma'rufan dkk., 2025)

Pada komposit, serat alam berfungsi sebagai *reinforcement* (penguat) yang meningkatkan kekuatan tarik dan kekakuan, sementara matriks (biasanya polimer) mengikat serta meneruskan beban ke serat. Adapun berikut macam-macam serat alam yaitu rami, pisang, kelapa, eceng gondok, bambu, resam



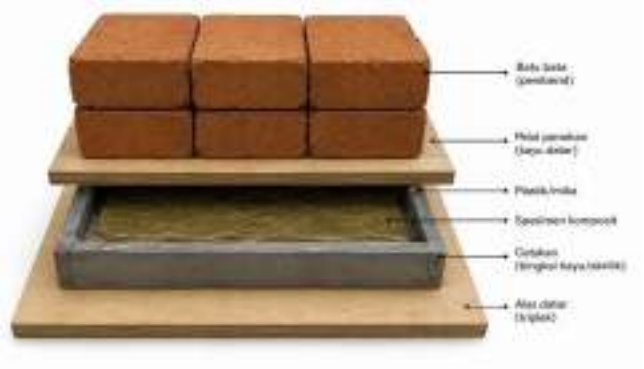
**Gambar 2. 2 Serat alam**

## 2.3 Pembuatan Komposit Dengan Metode Press

Metode press merupakan salah satu teknik pembentukan material komposit yang dilakukan dengan memberikan tekanan pada material di dalam cetakan selama proses curing. Teknik ini menerapkan prinsip compression molding, yaitu proses pembentukan komposit dengan memanfaatkan tekanan pada cetakan untuk memperoleh bentuk yang sesuai serta meningkatkan kualitas produk yang dihasilkan (Syahdian dan Muslimin, 2024)

Pemberian tekanan pada proses pencetakan berfungsi untuk meningkatkan kerapatan material komposit, memperkuat ikatan antara serat penguat dan matriks, mengurangi terbentuknya rongga udara (*void*), serta menghasilkan ketebalan spesimen yang lebih seragam. Distribusi resin yang semakin merata akibat tekanan yang diberikan juga dapat meningkatkan sifat mekanik komposit yang dihasilkan. (Apriliyanto dan Muslimin, 2024)

Pada penelitian ini, proses pembuatan komposit dilakukan menggunakan teknik press manual. Serat resam terlebih dahulu disusun ke dalam cetakan sesuai dengan variasi orientasi yang telah ditetapkan. Selanjutnya, resin polyester yang telah dicampur dengan katalis dituangkan secara merata hingga seluruh bagian serat terimpregnasi. Setelah cetakan terisi, permukaannya ditutup menggunakan pelat penekan, kemudian diberikan tekanan secara manual dengan memanfaatkan batu bata sebagai pemberat selama proses curing. Pada penelitian ini, batu bata digunakan sebagai media pemberi beban untuk menghasilkan tekanan yang relatif merata pada permukaan cetakan selama proses curing.



**Gambar 2. 3 Press manual**

Teknik press manual dipilih karena proses pembuatannya relatif sederhana, biaya operasionalnya lebih ekonomis, serta tidak memerlukan mesin press maupun peralatan khusus. Selain itu, prinsip kerjanya sejalan dengan metode compression molding yang mengandalkan pemberian tekanan sebagai faktor utama dalam pembentukan komposit, meskipun media penekan yang digunakan dapat disesuaikan dengan kebutuhan proses manufaktur. (Beliu dkk., 2016) Kualitas komposit yang dihasilkan dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain keseragaman tekanan, desain cetakan, serta ketelitian selama proses pencetakan. Oleh karena itu, setiap tahapan proses harus dilakukan secara cermat agar diperoleh spesimen dengan kualitas yang baik dan memenuhi kebutuhan pengujian. (Daffa Naufal dkk., 2025)

## 2.4 Bahan-bahan yang digunakan

Pada penelitian ini, pemilihan bahan menjadi faktor utama yang memengaruhi sifat dan kinerja komposit yang dihasilkan. Adapun bahan bahan tersebut ialah

### 2.4.1Serat resam

Tumbuhan resam (Dicranopteris linearis) merupakan salah satu jenis paku hutan yang banyak ditemukan di kawasan hutan sekunder. Tanaman ini umumnya tumbuh pada tanah liat yang kurang subur dan dapat menjalar serta memanjat vegetasi di sekitarnya. Resam mengandung senyawa yang bersifat keras, tahan terhadap rayap, dan mampu bertahan pada kondisi udara lembap. Batangnya

memiliki serat yang relatif kuat, ulet, dan awet, sehingga berpotensi dimanfaatkan sebagai serat alam dalam material komposit. (Rodiawan dkk., 2017)



**Gambar 2. 4 Tumbuhan resam**

### 2.4.2 Resin dan Hardener

Resin poliester dapat digunakan bersama serat alam karena memiliki kompatibilitas yang baik dan mampu merekatkan serat tanpa menimbulkan reaksi yang merugikan. Ikatan antara matriks dan serat atau bahan pengisi tersebut berperan dalam meningkatkan sifat mekanik komposit, terutama kekuatan lenturnya. (Gautama R dkk., 2022) sedangkan. zat kimia (katalis/pengeras) yang dicampurkan ke dalam resin (epoksi, poliester, dll) untuk memicu reaksi polimerisasi. Reaksi ini mengubah resin cair menjadi padat, kuat, dan tahan lama, yang berfungsi mengikat serat penguat dalam matriks komposit.




**Gambar 2. 5 Resin Dan Hardener**

### 2.4.3 Natrium Hidroksida (NaOH)

Natrium hidroksida (NaOH), atau soda api, dalam material komposit adalah agen basa kuat yang digunakan untuk perlakuan alkalisasi pada serat alam. Tujuannya adalah meningkatkan ikatan antarmuka antara serat dan matriks polimer

dengan menghilangkan kotoran (lignin, hemiselulosa). Proses ini membersihkan permukaan serat, meningkatkan kekasaran, dan memperbaiki sifat mekanik. Berdasarkan artikel (Abdallah dkk., 2025) waktu perendaman yang terbaik untuk menghasilkan uji bending adalah 2 jam.



**Gambar 2. 6 Natrium Hidroksida**

### 2.4.4 Air

Air berfungsi untuk mencuci dan menghilangkan sisa-sisa larutan NaOH (soda api) yang masih menempel pada permukaan serat setelah proses perlakuan alkali. Proses pencucian dilakukan hingga permukaan serat bebas dari sisa alkali sehingga tidak memengaruhi proses perekatan antara serat dan matriks pada saat fabrikasi komposit. (Adoe, 2022), pencucian setelah perlakuan alkali bertujuan menghilangkan residu NaOH pada permukaan serat sehingga ikatan antarmuka (interfacial bonding) antara serat dan matriks dapat terbentuk dengan lebih baik serta meningkatkan sifat mekanik komposit yang dihasilkan.

### 2.4.5 Wax

Wax merupakan bahan pelapis cetakan (*mold release agent*) pada proses pembuatan komposit yang berfungsi sebagai pemisah agar material tidak menempel pada permukaan cetakan selama proses pengerasan. Lapisan wax membantu pelepasan spesimen menjadi lebih mudah serta menjaga kualitas permukaan hasil cetakan. Penggunaan release agent sebelum proses fabrikasi komposit bertujuan untuk memudahkan pelepasan produk dari cetakan serta menjaga kualitas permukaan komposit yang dihasilkan. (Harsi dkk., 2015)




**Gambar 2. 7 Wax**

## 2.5 Orientasi Serat Pada Komposit

Orientasi serat merupakan salah satu faktor yang memengaruhi karakteristik mekanik material komposit. Serat yang dikombinasikan dengan matriks resin dapat menghasilkan material komposit dengan sifat mekanik yang berbeda sesuai arah penyusunan serat. (Irandha C. M. Siahaan, 2023), perubahan orientasi serat menyebabkan perbedaan kemampuan komposit dalam menerima dan mendistribusikan beban sehingga menghasilkan nilai kekuatan mekanik yang berbeda pada setiap susunan serat.

Bahan komposit dapat diklasifikasikan berdasarkan orientasi serat yang digunakan, seperti orientasi sejajar, acak, dan silang. Perbedaan orientasi tersebut menyebabkan distribusi tegangan di dalam material menjadi berbeda sehingga memengaruhi kekuatan dan kekakuan komposit. Menjelaskan bahwa orientasi serat merupakan salah satu parameter utama yang menentukan perilaku mekanik material komposit terhadap pembebanan. (Beliu dkk., 2016)

Orientasi serat sejajar memberikan kekuatan maksimum pada arah pembebanan karena serat mampu menerima beban secara lebih efektif. Sebaliknya, orientasi acak menghasilkan distribusi sifat mekanik yang lebih merata ke berbagai arah, sedangkan orientasi silang memberikan keseimbangan antara kekuatan dan fleksibilitas material. (Syahdian dan Muslimin, 2024)

## 2.6 Uji Bending

Pengujian lentur atau bending merupakan salah satu metode pengujian mekanik yang digunakan untuk mengetahui kemampuan suatu material dalam

menahan pembebanan lentur hingga mengalami deformasi maupun patah. Pada metode three-point bending, spesimen diletakkan di atas dua tumpuan kemudian diberikan beban pada bagian tengah sehingga menghasilkan tegangan tarik pada bagian bawah dan tegangan tekan pada bagian atas spesimen.(*ASTM INTERNATIONAL, 2017*) metode ini digunakan untuk menentukan sifat lentur material melalui hubungan antara beban dan defleksi selama proses pembebanan. Selain itu, (Beliu dkk., 2016)menyatakan bahwa pengujian lentur banyak digunakan untuk mengevaluasi karakteristik mekanik material komposit karena mampu menggambarkan perilaku material terhadap kombinasi tegangan tarik dan tekan yang terjadi secara bersamaan.



**Gambar 2. 8 Uji Bending**

Melalui pengujian ini, akan diketahui dua data utama, yaitu kekuatan lentur (flexural strength). Kekuatan lentur menunjukkan beban maksimum yang sanggup ditahan oleh komposit serat resam sebelum patah.

### 2.6.1 Teori Pembahasan Lentur Pada Material

Pembebanan lentur (bending) merupakan kondisi ketika suatu material menerima gaya yang bekerja tegak lurus terhadap sumbu memanjangnya sehingga mengakibatkan material mengalami deformasi berupa pembengkokan. Selama proses pembebanan, pada penampang material akan terbentuk distribusi tegangan, di mana bagian atas mengalami tegangan tekan (*compressive stress*), sedangkan bagian bawah mengalami tegangan tarik (*tensile stress*). Di antara kedua daerah tersebut terdapat sumbu netral (*neutral axis*), yaitu bagian penampang yang tidak mengalami tegangan maupun regangan. Besarnya tegangan lentur dipengaruhi oleh

besarnya beban yang diberikan, panjang bentang (*span*), dimensi penampang, serta karakteristik mekanik material yang digunakan (Abdallah dkk., 2025);(ASTM INTERNATIONAL, 2017)

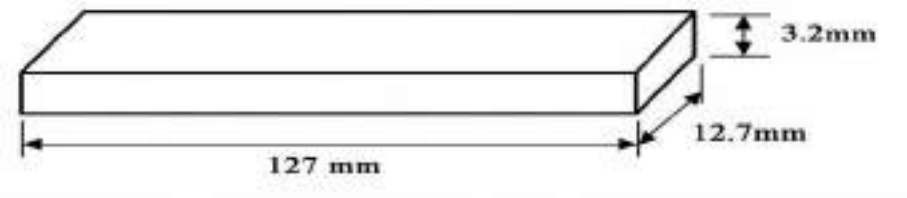
Pada material komposit, perilaku pembebanan lentur dipengaruhi oleh interaksi antara serat sebagai penguat (*reinforcement*) dan matriks sebagai pengikat. Serat berfungsi menahan sebagian besar tegangan tarik, sedangkan matriks berperan meneruskan beban ke serat sekaligus mempertahankan ikatan antarfase agar distribusi tegangan berlangsung secara merata. Apabila ikatan antara serat dan matriks kurang baik, maka dapat terjadi kegagalan berupa pelepasan ikatan (*debonding*), retak pada matriks (*matrix cracking*), maupun patahnya serat (*fiber fracture*), yang pada akhirnya menyebabkan penurunan kekuatan lentur komposit. (Herwandi dan Napitupulu, 2014)

Karakteristik lentur komposit tidak hanya dipengaruhi oleh sifat dasar material penyusunnya, tetapi juga oleh orientasi serat, fraksi massa serat, jenis matriks, serta kualitas proses fabrikasi. Orientasi serat yang sejajar dengan arah pembebanan umumnya menghasilkan kekuatan lentur yang lebih tinggi dibandingkan orientasi yang acak atau tegak lurus terhadap arah pembebanan. Selain itu, peningkatan fraksi massa serat hingga komposisi optimum dapat meningkatkan kemampuan material dalam menahan beban lentur. Sebaliknya, fraksi serat yang terlalu tinggi berpotensi menimbulkan rongga (*void*) atau ikatan yang kurang sempurna antara serat dan matriks sehingga sifat mekanik komposit mengalami penurunan (Daffa Naufal dkk., 2025).

## 2.7 ASTM D790-17

*American Society for Testing and Materials D790-17* atau dikenal dengan ASTM D790-17 merupakan standar internasional yang digunakan secara luas untuk mengevaluasi sifat lentur dari plastik yang diperkuat maupun yang tidak diperkuat. Standar ini memberikan prosedur teknis yang ketat guna menjamin keakuratan dan keterulangan data pengujian. ASTM D790-17 merupakan standar yang digunakan sebagai acuan dalam pengujian sifat lentur material plastik, baik yang tidak diperkuat maupun yang diperkuat. Pada penelitian ini, ASTM D790-17 digunakan

sebagai acuan dalam pelaksanaan pengujian lentur komposit serat resam dengan metode pembebanan tiga titik (*three-point bending*). Pengujian dilakukan dengan meletakkan spesimen pada dua tumpuan dan memberikan beban pada bagian tengah spesimen hingga mencapai kondisi yang ditentukan dalam pengujian. Beban yang diberikan dan perubahan defleksi spesimen digunakan untuk memperoleh karakteristik lentur material. (*ASTM INTERNATIONAL, 2017*)




**Gambar 2. 9 Ukuran spesimen menurut standar ASTM D790-17**

### 2.7.1 Sejarah ASTM D790-17

ASTM D790-17 merupakan standar pengujian yang dikembangkan oleh ASTM International untuk menentukan sifat lentur (*flexural properties*) pada material plastik, baik material yang tidak diperkuat maupun yang diperkuat, termasuk material komposit. Standar ini dikembangkan dalam lingkup ASTM Committee D20 on Plastics, khususnya Subcommittee D20.10 on Mechanical Properties. ASTM D790-17 pertama kali disetujui pada tahun 1970 dan selanjutnya mengalami berbagai revisi seiring dengan perkembangan metode pengujian dan kebutuhan karakterisasi material. Beberapa edisi yang telah diterbitkan meliputi

D790-17-00, D790-17-02, D790-17-03, D790-17-07, D790-17-10, D790-17-15,D790-17-15e1, D790-17-15e2, hingga ASTM D790-17 yang disetujui pada 1 Juli 2017. (*ASTM INTERNATIONAL, 2017*)

ASTM D790-17 menjadi salah satu edisi yang digunakan sebagai acuan dalam pengujian sifat lentur material sebelum diterbitkannya edisi yang lebih baru. Meskipun ASTM telah menerbitkan edisi D790-17-25, penelitian ini menggunakan ASTM D790-17 sebagai standar acuan sesuai dengan ketentuan yang ditetapkan dalam penelitian. Pengujian berdasarkan ASTM D790-17 dilakukan menggunakan metode pembebanan tiga titik (*three-point loading*), yaitu spesimen diletakkan pada dua tumpuan dan diberikan beban pada bagian tengah spesimen untuk mengetahui

karakteristik serta kemampuan material dalam menerima pembebanan lentur. (*ASTM INTERNATIONAL, 2017*)

### 2.7.2 Validasi Hasil Pengujian Lentur

Validasi hasil pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa data yang diperoleh mampu menggambarkan karakteristik mekanik material secara akurat. Pada pengujian lentur, keakuratan hasil sangat dipengaruhi oleh kesesuaian prosedur pelaksanaan, mulai dari persiapan spesimen, pengukuran dimensi, pemasangan spesimen pada alat uji, hingga proses pembebanan. Pelaksanaan pengujian yang mengikuti prosedur yang telah ditetapkan akan menghasilkan data yang dapat digunakan sebagai dasar dalam menganalisis sifat mekanik material komposit, khususnya kekuatan lentur (Abdallah dan Rollastin, 2025)

Sebelum pengujian dilakukan, spesimen harus memiliki dimensi yang seragam sesuai standar pengujian serta dipastikan bebas dari cacat awal, seperti retak, rongga (*void*), maupun delaminasi yang dapat memengaruhi hasil pengujian. Pada metode three-point bending, spesimen ditempatkan secara simetris pada dua tumpuan, sedangkan beban diberikan tepat pada bagian tengah spesimen sehingga distribusi tegangan selama pengujian berlangsung secara merata. Selain itu, kecepatan pembebanan harus dijaga tetap konstan sesuai prosedur agar data yang diperoleh memiliki tingkat ketelitian yang baik (Abdallah dkk., 2025).

Sebagai acuan dalam mengevaluasi hasil pengujian, beberapa aspek yang harus dipenuhi selama pelaksanaan uji lentur disajikan pada Tabel 2.9

**Tabel 2. 1 Kriteria hasil pengujian bending berdasarkan ASTM D790-17**

| Aspek pengujian | Kriteria validasi |
|---|---|
| Dimensi Spesimen | Sesuai dengan dimensi yang ditetapkan dalam ASTM D790-17. |
| Kondisi Spesimen | Tidak terdapat retak, delaminasi, rongga (*void*), atau cacat awal lainnya. |
| Posisi Spesimen | Dipasang secara simetris pada dua tumpuan (*support span*). |

| | |
|---|---|
| Posisi Pembebanan | Beban diberikan tepat pada titik tengah spesimen (*three-point bending*). |
| Kecepatan Pembebanan | Mengikuti ketentuan ASTM D790-17 sesuai dimensi spesimen. |
| Perekaman Data | Data beban dan defleksi direkam hingga spesimen mengalami kegagalan atau mencapai batas defleksi. |
| Kondisi Kegagalan | Kegagalan terjadi akibat mekanisme pembebanan lentur, bukan karena kesalahan alat, pemasangan, atau cacat awal spesimen. |

### 2.7.3 jenis patahan Pada Pengujian bending Komposit

Patahan pada material komposit dapat diartikan sebagai kondisi ketika material tidak lagi mampu mempertahankan kemampuan strukturalnya akibat terjadinya perkembangan kerusakan pada serat, matriks, maupun daerah antarmuka serat dan matriks. Kerusakan tersebut umumnya tidak terjadi secara langsung, tetapi dapat diawali oleh munculnya retakan berukuran mikro yang kemudian berkembang menjadi kerusakan yang lebih besar hingga menyebabkan patahnya spesimen. Menurut (Abdellaoui, 2021) mekanisme kegagalan pada material komposit secara umum terdiri atas fiber failure, transverse matrix failure, interfacial failure, dan *delamination*. Keempat mekanisme tersebut dapat terjadi secara sendiri-sendiri ataupun saling berinteraksi selama proses kerusakan berlangsung.

Pada pembebanan bending, khususnya melalui metode three-point bending, spesimen mengalami kombinasi tegangan tarik, tekan, dan geser. Tegangan yang bekerja tersebut dapat menimbulkan jenis kerusakan yang berbeda pada bagian spesimen. Daerah yang menerima tegangan tarik dapat mengalami retak pada matriks hingga patahnya serat, sedangkan daerah yang menerima tegangan tekan dapat mengalami tekuk serat dan deformasi pada matriks. Sementara itu, tegangan geser yang terjadi di antara lapisan dapat memicu kerusakan antarmuka dan menyebabkan terjadinya pemisahan antarlapisan atau *delamination*. (Chiracu dkk., 2024) menyebutkan bahwa beberapa mekanisme kegagalan yang umum ditemukan pada komposit setelah pengujian three-point bending meliputi patah serat, retak *matriks, delamination,* dan *fiber–matrix debonding.*

Kegagalan serat (*fiber failure*) terjadi ketika serat tidak mampu lagi menahan beban yang diberikan sehingga mengalami kerusakan berupa patah (*fiber breakage*) atau tekuk (*fiber buckling*). Sebagai komponen yang berperan dalam memberikan kekuatan dan kekakuan pada komposit, kerusakan serat dapat menyebabkan berkurangnya kemampuan material dalam menerima beban. Pada bagian yang mengalami tegangan tarik, serat dapat mengalami patah ketika tegangan yang bekerja telah melampaui kekuatan tariknya. Sebaliknya, pada bagian yang mengalami tegangan tekan, serat dapat mengalami microbuckling maupun buckling. (Abdellaoui, 2021) menjelaskan bahwa kegagalan longitudinal akibat pembebanan tekan dapat melibatkan *microbuckling serat*, *panel buckling*, *deformasi* atau *luluh matriks*, serta *delamination* yang disebabkan oleh tegangan transversal.

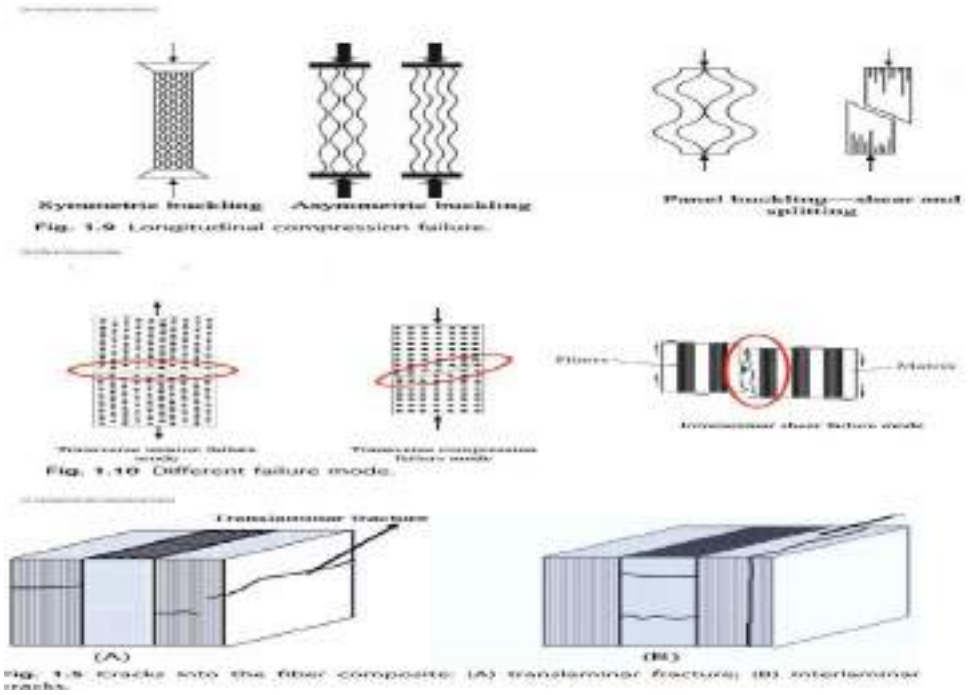
Matriks memiliki fungsi sebagai pengikat serat sekaligus sebagai media dalam meneruskan beban di antara serat. Apabila tegangan yang bekerja melebihi kemampuan matriks, maka dapat terbentuk retakan yang disebut *matrix cracking*. Retakan tersebut dapat disebabkan oleh tegangan tarik maupun tegangan geser dan dapat terus berkembang sehingga memengaruhi kondisi keseluruhan material komposit. (Abdellaoui, 2021) menggolongkan *transverse matrix failure* sebagai salah satu mekanisme kegagalan dasar pada komposit yang terjadi pada matriks dalam arah transversal. Dalam pengujian bending, retak matriks merupakan salah satu bentuk kerusakan yang dapat terjadi akibat kombinasi tegangan yang diterima spesimen. Hal tersebut juga didukung oleh (Chiracu dkk., 2024) yang menunjukkan bahwa kerusakan matriks merupakan salah satu mekanisme kegagalan pada komposit yang mengalami pembebanan three-point bending.

Kegagalan antarmuka (*interfacial failure*) terjadi ketika ikatan antara serat dan matriks mengalami kerusakan sehingga tidak mampu mentransfer beban secara optimal. Salah satu bentuk kerusakan tersebut adalah pemisahan antara serat dan matriks yang disebut *fiber–matrix debonding*. Kerusakan pada daerah antarmuka dapat dipengaruhi oleh tegangan geser serta perbedaan deformasi antara serat dan matriks. Ketika ikatan tersebut mengalami kegagalan, proses transfer beban dari matriks menuju serat menjadi kurang efektif dan dapat menyebabkan

perkembangan kerusakan lebih lanjut pada komposit (Abdellaoui, 2021; Chiracu dkk., 2024)

Delaminasi merupakan jenis kerusakan yang ditandai dengan terpisahnya dua atau lebih lapisan (*ply*) yang saling berdekatan pada material komposit. Kerusakan ini dapat terjadi akibat kegagalan pada daerah antarmuka antarlapisan dan dapat diawali oleh retakan matriks yang kemudian merambat sejajar dengan bidang antarmuka. Pada pengujian bending, tegangan geser interlaminar dapat menjadi salah satu faktor yang memicu terjadinya delaminasi. menjelaskan bahwa delaminasi dapat dikategorikan sebagai bentuk retak matriks yang terjadi pada bidang lokal laminasi dan merupakan salah satu mekanisme kegagalan penting pada material komposit.

Selain mekanisme kegagalan tersebut, material komposit juga dapat mengalami kegagalan geser interlaminar (*interlaminar shear failure*) akibat adanya tegangan geser yang bekerja pada daerah di antara lapisan komposit. Kerusakan yang terjadi dapat berupa kerusakan matriks akibat tegangan geser, kerusakan pada antarmuka serat–matriks, maupun pemisahan antarlapisan. Pada pembebanan bending, tegangan geser interlaminar dapat menyebabkan retakan berkembang pada daerah antarlapisan dan selanjutnya memicu terjadinya *delamination*. Kondisi tersebut dapat menurunkan kemampuan spesimen dalam menahan beban dan memengaruhi kekuatan akhirnya. (Abdellaoui,2021)




**Gambar 2. 10 Jenis patahan pada pengujian bending**

Berdasarkan uraian tersebut, patahan pada material komposit akibat pembebanan bending tidak hanya disebabkan oleh satu mekanisme kegagalan. Patah serat, retak matriks, kegagalan antarmuka, dan *delamination* dapat terjadi secara bersamaan maupun secara bertahap selama proses kerusakan berlangsung. Retakan yang terbentuk pada matriks dapat merambat menuju daerah antarmuka dan menyebabkan fiber–matrix *debonding*, kemudian berkembang menjadi *delamination* dan pada kondisi tertentu dapat diikuti oleh patahnya serat. Oleh karena itu, pengamatan terhadap bentuk patahan spesimen setelah pengujian bending diperlukan untuk mengidentifikasi mekanisme kerusakan yang terjadi serta menentukan mode kegagalan yang paling dominan pada material komposit.

## 2.8 Parameter Perhitungan

Pada bagian ini dijelaskan parameter-parameter yang digunakan dalam proses perhitungan sifat dan komposisi material komposit. Perhitungan ini bertujuan untuk menentukan volume total komposit, fraksi massa masing-masing komponen penyusun, serta massa setiap komponen berdasarkan massa jenis material yang digunakan. penentuan fraksi massa merupakan tahapan penting

dalam perancangan material komposit karena komposisi serat dan matriks sangat memengaruhi karakteristik mekanik komposit yang dihasilkan. (Apriliyanto dan Muslimin, 2024)

### 2.8.1 Volume komposit

Volume komposit dihitung berdasarkan dimensi spesimen yang meliputi panjang, lebar, dan tebal spesimen. Perhitungan ini menggunakan persamaan volume balok karena bentuk spesimen komposit diasumsikan berbentuk balok. (Gautama R dkk., 2022) penentuan volume komposit merupakan langkah awal dalam perancangan material komposit karena digunakan sebagai dasar untuk menghitung fraksi volume masing-masing komponen penyusun. Nilai volume komposit yang diperoleh selanjutnya digunakan dalam menentukan volume serat dan volume matriks sesuai dengan komposisi yang direncanakan.

$$V_{komposit} = p \times l \times t \qquad \text{Pers.....(1)}$$

Dimana :

p = panjang komposit (cm) l = lebar komposit (cm)

t = tinggi komposit (cm)

$V_{komposit}$ = volume komposit ($cm^3$)

### 2.8.2 Menentukan Fraksi Volume (Persentase) Komponen

Fraksi volume digunakan untuk mengetahui perbandingan jumlah masing-masing komponen penyusun dalam material komposit, yaitu serat dan matriks. Fraksi volume dinyatakan dalam persen (%) terhadap volume total komposit. Fraksi volume merupakan salah satu parameter penting dalam desain komposit karena menentukan proporsi serat dan matriks yang akan memengaruhi karakteristik mekanik material. (Armaijn dkk., 2024)

$$V_f = \frac{\%\ \text{serat}}{100\%}\ \text{X}\ V_{Komposit} \qquad \text{Pers.....(2)}$$

$$V_m = \frac{\%\ \text{serat}}{100\%}\ \text{X}\ V_{Komposit} \qquad \text{Pers.....(3)}$$

Dimana:

$V_f$ = volume serat resam ($cm^3$)

$V_m$ = volume matriks ($cm^3$)

### 2.8.2 Massa Masing-Masing Komponen

Setelah volume masing-masing komponen diketahui, langkah selanjutnya adalah menghitung massa serat dan matriks. Perhitungan massa dilakukan dengan mengalikan volume masing-masing komponen dengan massa jenis materialnya. Perhitungan massa setiap komponen diperlukan untuk menentukan jumlah bahan yang akan digunakan pada proses fabrikasi sehingga komposisi serat dan matriks sesuai dengan fraksi volume yang telah direncanakan.

$$m_{resin} = V_{resin} \text{ X } P_{resin} \text{ Pers.....(4)}$$

$$m_{Serat} = V_{massa} \text{ X } P_{serat} \text{ Pers.....(5)}$$

$$m_{Katalis} = Massa\ resin \text{ X \%katalis X massa jenis Pers.....(6)}$$

Dimana :

m = massa bahan (gram)

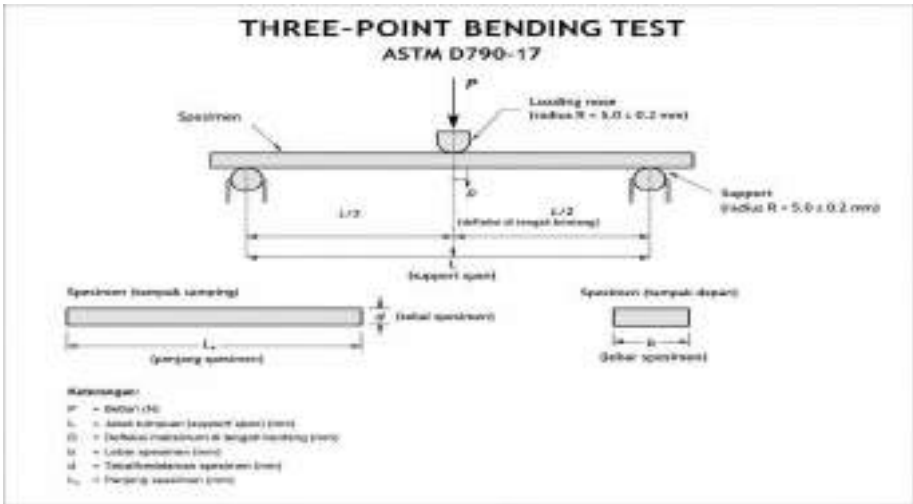
ρ = massa jenis bahan ($g/cm^3$)

### 2.8.3 Pengujian Bending

Pengujian bending yang diterapkan dalam penelitian ini menggunakan metode lentur tiga titik (*three-point bending test*) yang mengacu pada standar ASTM D790-17. Dalam metode ini, spesimen berbentuk balok dengan penampang persegi panjang ditempatkan pada dua buah tumpuan (*supports*) yang memiliki jarak tertentu atau disebut sebagai support span (L). Selanjutnya, gaya pembebanan diberikan pada bagian tengah spesimen melalui loading nose, sehingga spesimen mengalami deformasi akibat pembebanan lentur. (*ASTM INTERNATIONAL, 2017*)

Metode *three-point bending* digunakan untuk mengetahui sifat-sifat lentur (*flexural properties*) suatu material, yang meliputi tegangan lentur,regangan lentur, dan modulus lentur. Pembebanan diberikan pada titik tengah bentang sehingga menghasilkan tegangan lentur maksimum pada daerah sekitar bagian bawah spesimen di bawah titik pembebanan. Selama proses pengujian, nilai beban dan

defleksi spesimen direkam dan selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam menentukan sifat mekanik lentur material. (*ASTM INTERNATIONAL, 2017*)




**Gambar 2. 11 Skema pengujian bending**

Rumus Kekuatan Bending:

$$\sigma_f = \frac{3\,P\,L}{2\,b\,d^2} \quad \text{Pers.....(7)}$$

Dimana :

$\sigma f$ : Tegangan Lengkung (kgf/mm$^2$) P : Beban (kgf)

L : Jarak point (mm)

b : Lebar Spesimen uji (mm)

d : Ketebalan Spesimen uji (mm)

Rumus Regangan Lentur

$$\varepsilon_f = \frac{6Dd}{L^2} \text{ Pers.....(8)}$$

Keterangan :

$\varepsilon_f$ = regangan lentur

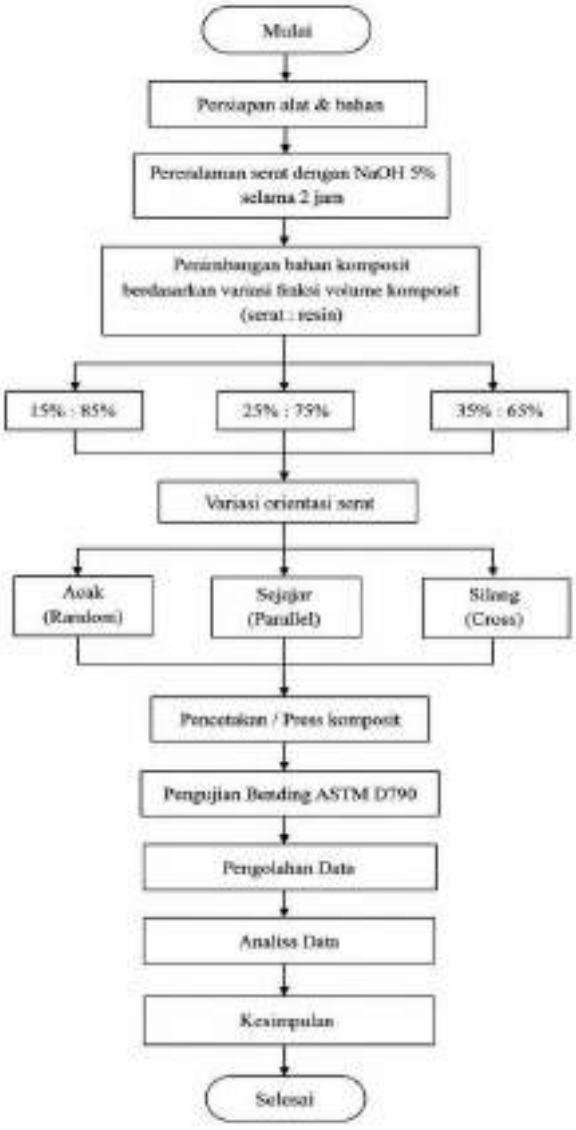
D = defleksi pada saat kekuatan lentur maksimum (mm)

d = tebal spesimen (mm)

L = jarak tumpuan (*span*) (mm)

# BAB III
# METODOLOGI PENELITIAN

## 3.1 Diagram Alir




**Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian**

## 3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada 29 Juli 2026 di KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI INSTITUT TEKNOLOGI SUMATERA UPA LABORATORIUM TERPADU.Kegiatan penelitian meliputi persiapan bahan dan alat, perlakuan serat resam, pembuatan spesimen komposit, proses curing, pemotongan dan pengukuran spesimen, serta pengujian bending.

Pengujian bending dilakukan menggunakan metode three-point bending dengan mengacu pada standar ASTM D790-17. Hasil pengujian selanjutnya digunakan untuk mengetahui karakteristik lentur material komposit serat resam pada setiap variasi yang telah ditentukan.

## 3.3 Metode Penelitian

### 3.3.1 Variabel penelitian

Variabel pada penelitian ini ialah:

- Variabel tetap, adalah 9 Spesimen yang di peroleh dari hasil uji bending

## 3.4 Alat Dan Bahan

Pada pelaksanaan penelitian ini, diperlukan beberapa alat dan bahan utama untuk menunjang proses manufaktur komposit hingga tahap pengujian mekanik

### 3.1.1 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Mesin bending
2. Cetakan ASTM D790-17
3. Timbangan digital
4. Gelas ukur
5. Wadah campuran matriks
6. Jangka sorong

### 3.1.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Serat Resam
2. Resin Polyester
3. Katalis
4. Natrium Hidroksida (NaOH)
5. Air Bersih
6. Wax

## 3.5 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini merupakan urutan langkah-langkah kerja yang dilakukan untuk memperoleh data. Prosedur penelitian ini dibagi menjadi empat tahap utama:

### 3.5.1 Persiapan Serat

Tahap awal bertujuan untuk meningkatkan daya rekat antara serat resam dengan matriks melalui perlakuan sbb:

1. Pembersihan Serat resam yang telah diambil dari batang tumbuhan dibersihkan dari kotoran dan dikeringkan.
2. Serat direndam dalam larutan NaOH 5% selama 2 jam. Tujuan proses ini adalah menghilangkan lapisan lilin dan zat pengotor pada permukaan serat guna meningkatkan ikatan adhesi dengan resin.
3. Setelah direndam, serat dibilas menggunakan air.
4. Serat dikeringkan di suhu ruangan







**Gambar 3. 2 Proses serat**

### 3.5.2 Penimbangan Variabel Massa

Pada tahap ini, dilakukan perhitungan dan penimbangan bahan dengan menggunakan timbangan digital sesuai dengan variabel bebas yang telah ditentukan, yaitu:



**Gambar 3. 3 Penimbangan massa**

1. Mempersiapkan tiga variasi massa serat resam, yaitu 15%, 25%, dan 35%.
2. Menimbang jumlah resin dan katalis yang dibutuhkan sesuai dengan rasio yang telah ditetapkan untuk setiap variasi spesimen.

### 3.5.3 Pembuatan Spesimen Komposit

Pembuatan spesimen dilakukan menggunakan teknik press manual dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Mengoleskan wax pada permukaan cetakan.
2. Menyusun serat resam sesuai variasi orientasi.
3. Mencampurkan resin polyester dan katalis hingga homogen.
4. Menuangkan campuran resin ke dalam cetakan.

5. Menutup cetakan menggunakan penekan.
6. Memberikan tekanan menggunakan batu bata sebagai pemberat.
7. Mendiamkan spesimen selama ±3 jam hingga mengeras.
8. Melepaskan spesimen dari cetakan dan merapikan dimensinya

### 3.5.4 Tahap Pengujian

Tahap akhir adalah menguji performa mekanik spesimen yang telah jadi dengan cara sebagai berikut:




**Gambar 3. 4 Uji bending**

1. Rapikan dimensi spesimen agar presisi sesuai standar ASTM D790-17.
2. Siapkan mesin uji beban bermerk dengan jarak tumpuan yang telah disesuaikan.
3. Lakukan uji bending dengan memberikan beban pada satu titik tekan di tengah spesimen hingga terjadi kegagalan.
4. Catat hasil beban puncak yang ditampilkan oleh mesin uji untuk dianalisis lebih lanjut.

# BAB IV
# PENGOLAHAN DATA

## 4.1 Perhitungan Pembuatan Komposit

Perhitungan komposisi spesimen uji bending komposit berdasarkan fraksi volume dilakukan dengan menghitung volume spesimen dengan persamaan (1) dan (2) data berikut :

a. Cetakan komposit

- p = panjang cetakan = 127 mm
- l = lebar cetakan = 12,7 mm
- t = tinggi cetakan = 3,2 mm
- $Vcetakan$ volume cetakan = 5.16 $cm3$

b. Massa jenis Serat resam = 0,76 g/cm3

c. Massa jenis resin polyester = 1,15 g/cm³

d. Massa jenis katalis = 1,17 g/cm³

1. Perhitungan fraksi volume 15% dilakukan dengan persamaan (2) dan (3)

a. Perhitungan volume serat dilakukan dengan persamaan (2)=

$$V_f = \frac{15}{100} \text{ X } 5{,}16$$

$$V_f = 0{,}774\ cm^3$$

b. Perhitungan volume resin dilakukan dengan persamaan (3)=

$$V_m = \frac{85}{100} \text{ X } 5{,}16$$

$$V_m = 4{,}386\ cm^3$$

2. Perhitungan fraksi massa 15% orientasi acak,sejajar,silang yaitu sebagai berikut:

a.Perhitungan massa serat resam dilakukan dengan persamaan (4):

$Mf$ = 0,76 g/cm3 × 0,774 0,774 $cm3$

$Mf$ = 0,59 gram

b.Perhitungan massa resin dilakukan dengan persamaan (5) :

$Mm$ = 1,15 g/cm³ × 4,386 $cm3$

$Mm$ = 5,04 gram

c.Perhitungan massa katalis dilakukan dengan persamaan (6): =

$Mk$ = 5,04 gram × 0,01(%) × 1,17 g/cm³

$Mk$ = 0,059 gram

3.Perhitungan fraksi volume 25%

a.Perhitungan volume serat dilakukan dengan persamaan (2) =

$V_f = \frac{25}{100}$ X 5,16

$V_f = 1{,}29\ cm^3$

b.Perhitungan volume resin dilakukan dengan persamaan (3)=

$V_m = \frac{75}{100}$ X 5,16

$V_m = 3{,}87\ cm^3$

4.Perhitungan fraksi massa 25% orientasi acak,sejajar,silang yaitu sebagai berikut:

a.Perhitungan massa serat resam dilakukan dengan persamaan (4):

$Mf$ = 0,76 g/cm3 × 1,29 $cm3$

$Mf$ = 0,98 gram

b.Perhitungan massa resin dilakukan dengan persamaan (5):

$Mm$ = 1,15 g/cm3 × 3,87 $cm3$

$Mm$ = 4,45 gram

c.Perhitungan massa katalis dilakukan dengan persamaan (6) :

$Mk$ = 4,45 gram × 0,01(%) × 1,17 g/cm³

$Mk$ = 0,052 gram

5.Perhitungan fraksi volume 35%

a.Perhitungan volume serat dilakukan dengan persamaan (2)=

$$V_f = \frac{35}{100} \text{ X } 5{,}16$$

$$V_f = 1{,}806\ cm^3$$

b.Perhitungan volume resin dilakukan dengan persamaan (3) =

$$V_m = \frac{65}{100} \text{ X } 5{,}16$$

$$V_m = 3{,}354\ cm^3$$

6.Perhitungan fraksi massa 35% orientasi acak,sejajar,silang yaitu sebagai berikut:

a.Perhitungan massa serat resam dilakukan dengan persamaan (4):

$Mf$ = 0,76 g/cm3 × 1,806 $cm$3

$Mf$ = 1,37 gram

b.Perhitungan massa resin dilakukan dengan persamaan (5):

$Mm$ = 1,15 g/cm3 × 3,354 $cm$3

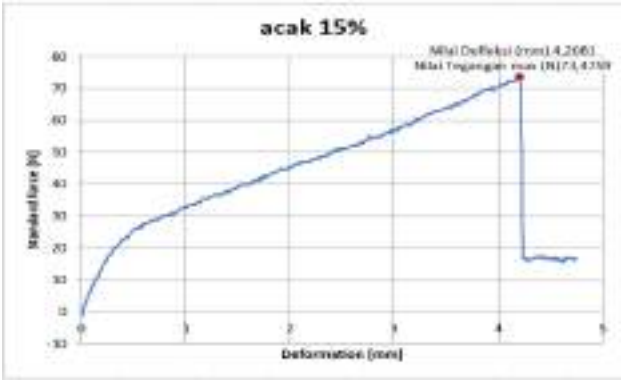
$Mm$ = 3,86 gram

c.Perhitungan massa katalis dilakukan dengan persamaan (6):

$Mk$ = 3,86 gram × 0,01(%) × 1,17 g/cm³

$Mk$ = 0,045 gram

## 4.2 Perhitungan Pengujian bending




**Gambar 4. 1 grafik *standar force* serat acak 15%**

Berdasarkan grafik hubungan antara gaya dan deformasi pada pengujian bending, dapat diamati bahwa gaya mengalami peningkatan seiring bertambahnya deformasi hingga mencapai beban tertinggi. Pada spesimen dengan orientasi serat acak dan fraksi massa 15%, beban maksimum sebesar 73,4759 N terjadi pada deformasi 4,2081 mm yang menunjukkan terjadinya patahan pada spesimen. Setelah patah, gaya masih mengalami fluktuasi hingga pengujian berakhir.

### 4.2.1 Perhitungan Kekuatan Lentur

Perhitungan kekuatan lentur dilakukan pada spesimen komposit berpenguat serat resam dengan orientasi serat acak dan fraksi volume serat sebesar 15%. Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan spesimen dalam menahan pembebanan lentur sampai mencapai kondisi beban maksimum. Berdasarkan hasil pengujian yang diperoleh, spesimen serat acak dengan fraksi volume 15% memiliki nilai kekuatan lentur sebesar 46,97 MPa. Perhitungan kekuatan lentur dilakukan dengan menggunakan persamaan yang mengacu pada tabel 4.1. Perhitungan yang digunakan untuk menentukan kekuatan lentur dengan persamaan (7) adalah:

$$\sigma_f = \frac{3\ P\ L}{2\ b\ d^2}$$

$$\sigma_f = \frac{3\ (73{,}48)(80)}{2(13)\ (3{,}8)^2}$$

$$\sigma_f = 46{,}9695\ \text{N}/mm^2$$

$$\sigma_f = 46{,}9695\ \text{MPa}$$

**Tabel 4. 1 Hasil pengujian bending**

| Orientasi serat | Beban (N) | Defleksi (mm) | Support span (mm) | Tebal spesimen (mm) | Lebar spesimen (mm) |
|---|---|---|---|---|---|
| Acak15% | 73,4759 | 4,20813 | 80 | 3,8 | 13 |
| Acak25% | 63,2229 | 12,2405 | 80 | 3,3 | 13,2 |
| Acak35% | 61,9909 | 3,52746 | 80 | 3,8 | 13,8 |
| Searah15% | 67,9255 | 3,33246 | 80 | 4 | 13,3 |
| Searah25% | 68,6894 | 3,88780 | 80 | 3,8 | 13 |
| Searah35% | 59,2345 | 3,45245 | 80 | 4 | 13,3 |
| Silang15% | 110,219 | 3,49879 | 80 | 5 | 13,4 |
| Silang25% | 78,2065 | 4,64245 | 80 | 4 | 13,4 |
| Silang35% | 50,4511 | 3,89413 | 80 | 4 | 13 |

Hasil tersebut menunjukkan bahwa spesimen komposit serat resam dengan orientasi acak dan fraksi volume serat 15% mampu menahan pembebanan lentur hingga menghasilkan kekuatan lentur sebesar 46,97 MPa. Nilai ini selanjutnya digunakan sebagai salah satu data hasil pengujian untuk dibandingkan dengan variasi fraksi volume dan orientasi serat lainnya.

### 4.2.2 Perhitungan regangan Lentur

Perhitungan regangan lentur dilakukan pada spesimen komposit berpenguat serat resam dengan orientasi serat acak dan fraksi volume serat 15%. Berdasarkan data hasil pengujian, diperoleh nilai defleksi (deformation) pada saat mencapai kekuatan lentur maksimum sebesar 4,208129 mm. Tebal spesimen yang digunakan sebesar 3,8 mm dengan jarak tumpuan sebesar 80 mm. Perhitungan regangan lentur dilakukan dengan mengacu pada Persamaan ASTM D790-17 dan data tabel 4.1.

Perhitungan yang digunakan untuk menentukan regangan lentur dengan persamaan (8) adalah:

$$\varepsilon_f = \frac{6Dd}{L^2}$$

$$\varepsilon_f = \frac{6(4{,}208129)(3{,}8)}{80^2}$$

$$\varepsilon_f = 0{,}0149915$$

Sehingga :

$$\varepsilon_f = 0{,}0149915 \text{ X } 100\%$$

$$\varepsilon_f = 1{,}4991\%$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, spesimen komposit serat resam dengan orientasi acak dan fraksi volume serat 15% memiliki nilai regangan lentur sebesar 1,4991% pada saat mencapai kekuatan lentur maksimum.

**Tabel 4. 2 Hasil pengolahan data**

| **Susunan Serat** | **Fraksi Volume (%)** | | **Kekuatan Bending (MPa)** | **Regangan Lentur (%)** |
|---|---|---|---|---|
| Acak | 15 % | 85 % | 46,97 | 1,4991 |
| | 25 % | 75 % | 52,78 | 3,7869 |
| | 35 % | 65 % | 37,33 | 1,2567 |
| searah | 15 % | 85 % | 38,30 | 1,2497 |
| | 25 % | 75 % | 43,91 | 1,3850 |
| | 35 % | 65 % | 33,40 | 1,2947 |
| Silang | 15 % | 85 % | 39,48 | 1,6041 |
| | 25 % | 75 % | 43,77 | 1,7409 |
| | 35 % | 65 % | 29,11 | 1,4603 |

Berdasarkan Tabel 4.2, dapat dilihat bahwa hasil pengolahan data pengujian menunjukkan adanya perbedaan nilai kekuatan lentur dan regangan lentur pada setiap variasi fraksi volume dan orientasi serat. Perbedaan tersebut menunjukkan adanya perubahan respons mekanik komposit terhadap pembebanan lentur akibat perbedaan jumlah dan susunan serat resam di dalam matriks resin poliester.

# BAB V
# HASIL DAN PEMBAHASAN

## 5.1 Hasil

### 5.1.1 Patahan pada spesimen

**Tabel 5. 1 Jenis patahan pada spesimen**

| orientasi | Fraksi Massa | | Gambar | Jenis patahan |
|---|---|---|---|---|
| Acak | 15% | 85% |  | *Fiber breakage dan Matrix cracking* |
| | 25% | 75% |  | *Fiber breakage dan Matrix cracking* |
| | 35% | 65% |  | *Fiber breakage dan Matrix cracking* |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Searah | 15% | 85% |  | *Fiber breakage dan Matrix cracking* |
| | 25% | 75% |  | *Fiber breakage dan Matrix cracking* |
| | 35% | 65% |  | *Fiber breakage dan Matrix cracking* |
| Silang | 15% | 85% |  | *Fiber breakage dan Matrix cracking* |
| | 25% | 75% |  | *Fiber breakage dan Matrix cracking* |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 35% | 65% |  | *Fiber breakage dan Matrix cracking* |

Berdasarkan hasil pengujian bending yang ditampilkan pada Tabel 5.5, seluruh spesimen dengan variasi orientasi serat acak, searah, dan silang pada fraksi massa 15%, 25%, dan 35% mengalami jenis patahan berupa fiber breakage dan *matrix cracking*. *Matrix cracking* merupakan retakan yang terjadi pada bagian matriks akibat adanya pembebanan lentur, sedangkan fiber breakage merupakan kerusakan atau terputusnya serat akibat beban yang diterima selama proses pengujian. Munculnya kedua jenis patahan tersebut menunjukkan bahwa pembebanan bending menyebabkan kerusakan pada matriks maupun serat yang menyusun material komposit.

Selama proses pengujian bending, spesimen menerima beban pada bagian tengah yang menyebabkan terjadinya deformasi. Beban tersebut dapat menimbulkan retakan pada matriks dan kemudian menyebabkan kerusakan pada serat ketika kemampuan serat dalam menahan beban telah terlampaui. Oleh karena itu, *matrix cracking* dan fiber breakage yang terlihat pada spesimen menunjukkan bentuk patahan pada material yang terjadi sebagai akibat dari pembebanan lentur.

### 5.1.2 Bentuk Spesimen

Berdasarkan Tabel 5.1, seluruh spesimen yang digunakan dalam penelitian memiliki bentuk batang persegi panjang. Bentuk tersebut dinyatakan sesuai dengan bentuk spesimen yang digunakan dalam pengujian lentur berdasarkan ASTM D790-17. Spesimen terdiri atas tiga variasi orientasi serat, yaitu orientasi acak, searah, dan silang, dengan variasi fraksi massa serat sebesar 15%, 25%, dan 35%. Keseragaman bentuk spesimen merupakan salah satu faktor yang perlu diperhatikan dalam pengujian lentur karena bentuk penampang dapat memengaruhi distribusi

beban yang diterima oleh spesimen. Dengan menggunakan bentuk batang persegi panjang pada seluruh variasi, kondisi geometris dasar spesimen dibuat relatif seragam. Dengan demikian, perbedaan hasil pengujian yang diperoleh selanjutnya dapat dianalisis berdasarkan variasi fraksi massa dan orientasi serat yang digunakan.

Berdasarkan hasil evaluasi tersebut, seluruh spesimen pada penelitian ini telah memiliki bentuk yang sesuai dengan bentuk spesimen yang digunakan untuk pengujian bending. Oleh karena itu, dari aspek bentuk, spesimen dapat digunakan dalam proses pengujian karakteristik lentur komposit serat resam.

**Tabel 5. 2 Bentuk Spesimen**

| Spesimen uji bending | | | Evaluasi Bentuk spesimen | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Orientasi | Fraksi massa | | Aturan ASTM D790-17 | Aktual | Kesesuaian |
| Acak | 15% | 85% | Point 7.1 Batang Persegi Panjang | Batang Persegi Panjang | Sesuai |
| | 25% | 75% | | Batang Persegi Panjang | Sesuai |
| | 35% | 65% | | Batang Persegi Panjang | Sesuai |
| Searah | 15% | 85% | | Batang Persegi Panjang | Sesuai |
| | 25% | 75% | | Batang Persegi Panjang | Sesuai |
| | 35% | 65% | | Batang Persegi Panjang | Sesuai |
| Silang | 15% | 85% | | Batang Persegi Panjang | Sesuai |
| | 25% | 75% | | Batang Persegi Panjang | Sesuai |
| | 35% | 65% | | Batang Persegi Panjang | Sesuai |

Berdasarkan hasil evaluasi 100% bentuk spesimen uji bending sesuai standar ASTM D790-17

### 5.1.2 Dimensi Spesimen

Berdasarkan Tabel 5.2, panjang aktual spesimen yang digunakan dalam penelitian adalah 127 mm untuk seluruh variasi. Sementara itu, ukuran lebar dan tebal spesimen menunjukkan adanya perbedaan antarspesimen. Lebar aktual berada pada kisaran 13–13,8 mm, sedangkan tebal aktual berada pada kisaran 3,3–5 mm. Pada tabel evaluasi, panjang spesimen dinyatakan sesuai, sedangkan beberapa ukuran lebar dan tebal masih tercatat belum sesuai dengan ukuran acuan yang digunakan.

Perbedaan ukuran aktual tersebut menunjukkan bahwa hasil proses pembuatan spesimen belum menghasilkan dimensi yang sepenuhnya seragam. Kondisi ini dapat berkaitan dengan proses fabrikasi komposit yang dilakukan secara manual, khususnya pada tahap penyusunan serat, pemberian resin, proses penekanan, serta pemotongan spesimen. Pada proses tersebut, perubahan tekanan dan distribusi material dapat menyebabkan perbedaan dimensi akhir pada masing-masing spesimen.

Meskipun terdapat variasi pada ukuran lebar dan tebal, panjang spesimen yang digunakan tetap sama, yaitu 127 mm. Perbedaan dimensi penampang tersebut perlu diperhatikan dalam pembahasan hasil pengujian karena ukuran lebar dan tebal merupakan bagian dari parameter yang digunakan dalam perhitungan karakteristik lentur. Oleh karena itu, variasi dimensi aktual menjadi salah satu kondisi eksperimen yang perlu dipertimbangkan ketika membandingkan nilai kekuatan bending dan regangan antarspesimen.

Berdasarkan Tabel 5.2 dapat diketahui bahwa spesimen memiliki panjang yang seragam, tetapi terdapat variasi pada dimensi penampang. Hasil ini perlu dicantumkan secara transparan dalam penelitian agar interpretasi terhadap hasil pengujian tidak hanya didasarkan pada variasi fraksi massa dan orientasi serat, tetapi juga mempertimbangkan kondisi dimensi aktual spesimen.

**Tabel 5. 3 Dimensi Spesimen uji**

| Spesimen uji bending | | | Evaluasi Dimensi Spesimen | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Panjang | | | Lebar | | | Tebal | | |
| | | | **Aturan ASTM D790-17** | Aktual (mm) | Kesesuaian | **Aturan ASTM D790-17** | Aktual (mm) | Kesesuaian | **Aturan ASTM D790-17** | Aktual (mm) | Kesesuaian |
| orientasi | Fraksi Massa | | | | | | | | | | |
| Acak | 15% | 85% | Point 7.5<br>127 mm | 127 | Sesuai | Point 7.5<br>12,7 mm | 13 | Tidak sesuai | Point 7.5<br>3,2 mm | 3,8 | Tidak Sesuai |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 25% | 75% | | 127 | Sesuai | | 13,2 | Tidak sesuai | | 3,3 | Tidak Sesuai |
| | 35% | 65% | | 127 | Sesuai | | 13,8 | Tidak sesuai | | 3,8 | Tidak Sesuai |
| Searah | 15% | 85% | | 127 | Sesuai | | 13,3 | Tidak sesuai | | 4 | Tidak Sesuai |
| | 25% | 75% | | 127 | Sesuai | | 13 | Tidak sesuai | | 3,8 | Tidak Sesuai |
| | 35% | 65% | | 127 | Sesuai | | 13,3 | Tidak sesuai | | 4 | Tidak Sesuai |
| Silang | 15% | 85% | | 127 | Sesuai | | 13,4 | Tidak sesuai | | 5 | Tidak Sesuai |
| | 25% | 75% | | 127 | Sesuai | | 13,4 | Tidak sesuai | | 4 | Tidak Sesuai |
| | 35% | 65% | | 127 | Sesuai | | 13 | Tidak sesuai | | 4 | Tidak Sesuai |

Berdasarkan hasil evaluasi dari dimensi spesimen uji bending 100% tidak sesuai standar ASTM D790-17

### 5.1.4 Rasio Bentang

Berdasarkan Tabel 5.3, rasio bentang terhadap tebal (support span-to-depth ratio) spesimen berada pada rentang 16 : 1 hingga 24,24 : 1. Nilai tersebut masih berada dalam rentang 16 : 1 – 40 : 1 yang dicantumkan sebagai kriteria pada ASTM D790-17. Seluruh variasi specimen (100 %), baik orientasi acak, searah, maupun

silang pada fraksi massa 15%, 25%, dan 35%, dinyatakan sesuai rasio bentang menurut ASTM D790-17..

Pada orientasi acak, rasio bentang yang diperoleh sebesar 21,05 : 1 pada fraksi massa 15%, 24,24 : 1 pada fraksi massa 25%, dan 21,05 : 1 pada fraksi massa 35%. Pada orientasi searah, rasio yang diperoleh masing-masing sebesar 20,00 : 1, 21,05 : 1, dan 20,00 : 1. sedangkan, orientasi silang menghasilkan rasio sebesar 16,00 : 1, 20,00 : 1, dan 20,00 : 1. Seluruh nilai tersebut (100%) masih berada di dalam rentang yang ditetapkan pada tabel penelitian.

Rasio bentang merupakan salah satu parameter penting dalam pengujian bending karena berkaitan dengan hubungan antara jarak tumpuan dan ketebalan spesimen. Keseragaman kondisi rasio tersebut diperlukan agar pembebanan yang diterima spesimen dapat dievaluasi dengan kondisi pengujian yang sesuai dengan rancangan penelitian.

**Tabel 5. 4 Rasio Bentang**

| Spesimen uji bending | | | Evaluasi Rasio Bentang | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | **Aturan ASTM D790-17** | Aktual | Kesesuian |
| orientasi | Fraksi Massa | | Point 7.6 Rasio 16 : 1 $\frac{L}{d}$ $\frac{80}{3,2} = 25:1$ | | |
| Acak | 15% | 85% | | 21,05 : 1 | Sesuai |
| | 25% | 75% | | 24,24 : 1 | Sesuai |
| | 35% | 65% | | 21,05 : 1 | Sesuai |
| Searah | 15% | 85% | | 20,00 : 1 | Sesuai |
| | 25% | 75% | | 21,05 : 1 | Sesuai |
| | 35% | 65% | | 20,00 : 1 | Sesuai |
| Silang | 15% | 85% | | 16,00 : 1 | Sesuai |
| | 25% | 75% | | 20,00 : 1 | Sesuai |
| | 35% | 65% | | 20,00 : 1 | Sesuai |

Dengan demikian, hasil evaluasi pada Tabel 5.3 menunjukkan bahwa seluruh spesimen memiliki rasio bentang yang berada dalam rentang yang dipersyaratkan pada penelitian.

### 5.1.5 Kekuatan Bending

Kekuatan bending merupakan kemampuan material komposit dalam menahan pembebanan lentur hingga mencapai kondisi beban maksimum sebelum mengalami kegagalan. Nilai kekuatan bending pada penelitian ini dihitung berdasarkan beban maksimum yang diperoleh dari hasil pengujian, jarak tumpuan, serta dimensi aktual penampang spesimen.:

$$\sigma_f = \frac{3\ P\ L}{2\ b\ d^2}$$

$$\sigma_f = \frac{3\ (73{,}48)(80)}{2(13)\ (3{,}8)^2}$$

$$\sigma_f = 46{,}9695\ \text{N}/mm^2$$

$$\sigma_f = 46{,}9695\ \text{MPa}$$

dengan $\sigma f$ merupakan kekuatan bending (MPa), P adalah beban maksimum (N), L adalah jarak tumpuan atau support span (mm), b adalah lebar spesimen (mm), dan d adalah tebal spesimen (mm). Persamaan tersebut digunakan untuk memperoleh nilai kekuatan bending dari masing-masing spesimen berdasarkan kondisi aktual spesimen pada saat pengujian.

Sebagai contoh, pada spesimen dengan orientasi serat acak dan fraksi massa 15%, diperoleh beban maksimum sebesar 73,4759 N, support span sebesar 80 mm, lebar spesimen sebesar 13 mm, dan tebal spesimen sebesar 3,8 mm. Berdasarkan parameter tersebut, diperoleh nilai kekuatan bending aktual sebesar 46,97 MPa. Perhitungan yang sama dilakukan pada seluruh variasi orientasi dan fraksi massa serat sehingga diperoleh nilai kekuatan bending aktual masing-masing spesimen.

Hasil perhitungan kekuatan bending selanjutnya dibandingkan dengan nilai kekuatan bending yang diperoleh apabila menggunakan dimensi acuan ASTM D790-17. Perbandingan tersebut digunakan untuk mengetahui kesesuaian hasil pengujian terhadap kriteria yang digunakan dalam penelitian. Hasil evaluasi tersebut disajikan pada Tabel 5.5. Data pada tabel menunjukkan bahwa nilai

kekuatan bending aktual berbeda dengan nilai hasil perhitungan menggunakan dimensi acuan ASTM D790-17.

**Tabel 5. 5 Kesesuaian kekuatan bending**

| Spesimen uji bending | | | Evaluasi **kekuatan bending** | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Kekuatan Bending(MPa) | | | |
| | | | **Aturan ASTM D790-17** | Aktual | Standar | Kesesuaian |
| orientasi | Fraksi Massa | | | | | |
| Acak | 15% | 85% | Point 12.2 $\sigma_f = \frac{3PL}{2bd^2}$ | 46,97 | 67,79 | Tidak sesuai |
| | 25% | 75% | | 52,78 | 58,33 | Tidak sesuai |
| | 35% | 65% | | 37,33 | 57,20 | Tidak sesuai |
| Searah | 15% | 85% | | 38,30 | 62,67 | Tidak sesuai |
| | 25% | 75% | | 43,91 | 63,39 | Tidak sesuai |
| | 35% | 65% | | 33,40 | 54,65 | Tidak sesuai |
| Silang | 15% | 85% | | 39,48 | 101,70 | Tidak sesuai |
| | 25% | 75% | | 43,77 | 72,16 | Tidak sesuai |
| | 35% | 65% | | 29,11 | 46,55 | Tidak sesuai |

Berdasarkan Tabel 5.5, dapat diketahui bahwa seluruh variasi spesimen (100 %) menunjukkan hasil yang tidak sesuai dengan nilai standar atau acuan. Hal tersebut ditunjukkan oleh nilai kekuatan bending aktual yang berada di bawah nilai standar pada setiap variasi. Pada orientasi serat acak, searah, maupun silang, tidak terdapat variasi yang mampu mencapai nilai kekuatan bending yang dijadikan acuan. Kondisi ini menunjukkan bahwa karakteristik kekuatan bending spesimen hasil penelitian masih berada di bawah nilai pembanding yang digunakan. demikian, berdasarkan hasil kesesuaian pada Tabel 5.5, 100% seluruh variasi komposit serat resam tidak memenuhi nilai standar atau acuan kekuatan bending yang digunakan dalam penelitian.

### 5.1.6 Perhitungan Regangan

Regangan lentur merupakan perubahan bentuk atau deformasi yang terjadi pada spesimen akibat pembebanan lentur. Nilai regangan digunakan untuk mengetahui kemampuan spesimen mengalami deformasi sebelum mencapai kondisi kekuatan lentur maksimum. Pada penelitian ini, perhitungan regangan lentur dilakukan berdasarkan nilai defleksi pada saat kekuatan lentur maksimum, tebal spesimen, dan jarak tumpuan.

Perhitungan regangan lentur dilakukan menggunakan persamaan yang telah dijelaskan pada

$$\varepsilon_f = \frac{6Dd}{L^2}$$

$$\varepsilon_f = \frac{6(4{,}208129)(3{,}8)}{80^2}$$

$$\varepsilon_f = 0{,}0149915$$

Sehingga :

$$\varepsilon_f = 0{,}0149915 \text{ X } 100\%$$

$$\varepsilon_f = 1{,}4991\%$$

Sebagai contoh perhitungan, pada spesimen acak 15% diperoleh nilai regangan sebesar 0,0126244. Nilai tersebut kemudian dikonversikan ke dalam persen dengan mengalikannya dengan 100%, sehingga diperoleh nilai regangan lentur sebesar 1,26244%. Perhitungan dengan cara yang sama dilakukan terhadap seluruh variasi spesimen berdasarkan data defleksi, tebal spesimen, dan support span hasil pengujian.

Hasil perhitungan tersebut kemudian dibandingkan dengan nilai regangan berdasarkan dimensi acuan ASTM D790-17. Perbandingan antara nilai aktual dan nilai standar digunakan untuk mengevaluasi kesesuaian masing-masing spesimen terhadap kriteria yang digunakan dalam penelitian. Hasil evaluasi regangan lentur dari seluruh variasi spesimen disajikan pada Tabel 5.6.

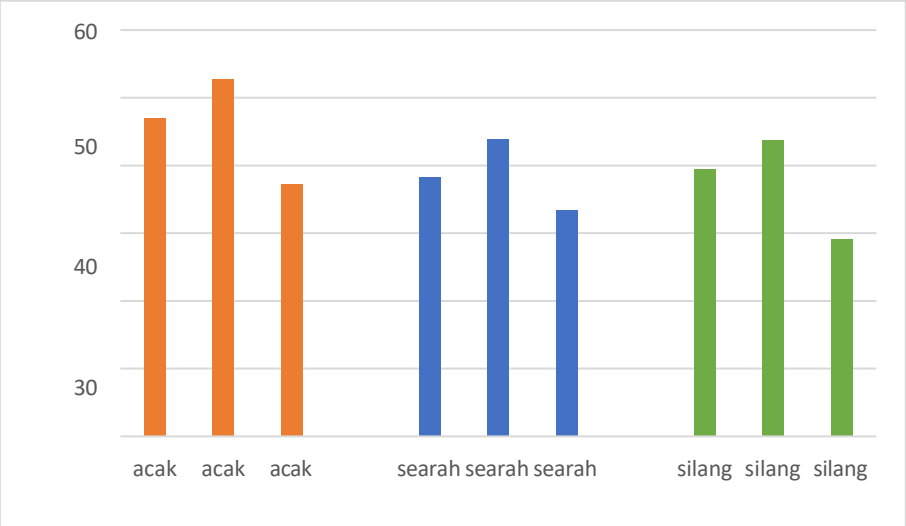
**Tabel 5. 6 Kesesuaian Regangan**

| Spesimen uji bending | | | Evaluasi **Perhitungan Regangan** | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Regangan(%) | | | |
| | | | **Aturan ASTM D790-17** | Standar | Aktual | Kesesuaian |
| orientasi | Fraksi Massa | | | | | |
| Acak | 15% | 85% | Point 12.4 $\varepsilon_f = \frac{6Dd}{L^2}$ | 1,26244 | 1,4991 | Tidak sesuai |
| | 25% | 75% | | 3,67215 | 3,7869 | Tidak sesuai |
| | 35% | 65% | | 1,05824 | 1,2567 | Tidak sesuai |
| Searah | 15% | 85% | | 0,99974 | 1,2497 | Tidak sesuai |
| | 25% | 75% | | 1,16634 | 1,3850 | Tidak sesuai |
| | 35% | 65% | | 1,03573 | 1,2947 | Tidak sesuai |
| Silang | 15% | 85% | | 1,04964 | 1,6041 | Tidak sesuai |
| | 25% | 75% | | 1,39273 | 1,7409 | Tidak sesuai |
| | 35% | 65% | | 1,16823 | 1,4603 | Tidak sesuai |

Berdasarkan Tabel 5.6, dapat diketahui bahwa seluruh variasi spesimen dikategorikan tidak sesuai dengan nilai standar atau acuan regangan. Meskipun terdapat variasi yang memiliki nilai regangan aktual lebih tinggi dibandingkan variasi lainnya, hasil tersebut belum menunjukkan kesesuaian secara keseluruhan terhadap nilai yang dijadikan acuan. Perbedaan nilai regangan pada setiap variasi juga menunjukkan bahwa perubahan fraksi volume dan orientasi serat memberikan respons deformasi yang berbeda pada masing-masing spesimen. Dengan demikian, berdasarkan hasil kesesuaian pada Tabel 5.6, seluruh variasi komposit serat resam belum memenuhi nilai standar atau acuan regangan yang digunakan dalam penelitian.

## 5.2 Pembahasan

Hasil pengujian kekuatan lentur (flexural strength) komposit berpenguat serat resam (Dicranopteris linearis) pada berbagai variasi fraksi massa dan orientasi serat disajikan pada gambar 5.1. Pengujian dilakukan menggunakan metode three-point bending sesuai dengan standar ASTM D790-17 untuk memperoleh nilai kekuatan lentur maksimum dari masing-masing spesimen.




**Gambar 5. 1 Grafik Hasil Pengujian Bending**

Berdasarkan hasil pengujian, setiap variasi spesimen menunjukkan nilai kekuatan lentur yang berbeda. Pada spesimen dengan orientasi serat acak, nilai kekuatan lentur yang diperoleh sebesar 46,97 MPa pada fraksi massa serat 15%, kemudian meningkat menjadi 52,78 MPa pada fraksi massa 25%, dan selanjutnya mengalami penurunan menjadi 37,33 MPa pada fraksi massa 35%.

Pada orientasi serat sejajar, nilai kekuatan lentur yang diperoleh masing-masing sebesar 38,30 MPa untuk fraksi serat 15%, 43,91 MPa untuk fraksi massa 25%, dan 33,40 MPa untuk fraksi massa 35%. Sementara itu, pada orientasi serat silang, nilai kekuatan lentur yang dihasilkan berturut-turut sebesar 39,48 MPa, 43,77 MPa, dan 29,11 MPa pada fraksi massa serat 15%, 25%, dan 35%.

Secara keseluruhan, hasil pengujian memperlihatkan adanya perbedaan nilai kekuatan lentur pada setiap kombinasi fraksi massa dan orientasi serat. Variasi nilai tersebut menunjukkan bahwa setiap konfigurasi spesimen memberikan respons yang berbeda terhadap pembebanan lentur.

# BAB VI
# KESIMPULAN DAN SARAN

## 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan yang telah dilakukan pada Bab V, dapat disimpulkan bahwa pengujian bending material komposit serat resam dengan variasi fraksi massa 15%, 25%, dan 35% serta orientasi serat acak, searah, dan silang menunjukkan kesesuaian terhadap beberapa kriteria yang mengacu pada standar ASTM D790-17. Seluruh spesimen memiliki bentuk batang persegi panjang yang telah sesuai dengan bentuk spesimen untuk pengujian bending berdasarkan ASTM D790-17. Pada pemeriksaan dimensi, panjang spesimen sebesar 127 mm telah memenuhi ukuran acuan ASTM D790-17, sedangkan dimensi lebar dan tebal spesimen masih tidak sesuai dengan ukuran yang ditetapkan sebagai acuan. rasio bentang terhadap tebal spesimen berada pada rentang 16:1 sampai 24,24:1, sehingga seluruh variasi masih termasuk dalam rentang 16:1–40:1 yang digunakan sebagai kriteria ASTM D790-17 dalam penelitian ini dan dinyatakan sesuai. Hasil pengujian bending menunjukkan adanya perbedaan nilai kekuatan bending pada setiap variasi, dengan nilai aktual berada pada rentang 29,11–52,78 MPa. Nilai kekuatan bending tertinggi diperoleh pada orientasi serat acak dengan fraksi massa 25%, yaitu sebesar 52,78 MPa, sedangkan nilai terendah diperoleh pada orientasi silang dengan fraksi massa 35%, yaitu sebesar 29,11 MPa. Perbedaan juga terlihat pada nilai regangan lentur, dengan nilai tertinggi sebesar 3,7869% yang diperoleh pada orientasi acak dengan fraksi massa 25%. Pada seluruh variasi spesimen, hasil pengujian menunjukkan terjadinya fiber breakage dan *matrix cracking* sebagai bentuk kerusakan akibat pembebanan lentur .Dengan demikian, tujuan penelitian dalam menganalisis kesesuaian uji bending material komposit serat resam terhadap standar ASTM D790-17 telah tercapai. Hasil penelitian menunjukkan bahwa spesimen telah sesuai pada aspek bentuk dan rasio bentang serta memenuhi sebagian persyaratan dimensi, tetapi secara keseluruhan belum dapat dinyatakan sepenuhnya sesuai dengan ASTM D790-17 karena masih terdapat ketidaksesuaian pada dimensi lebar dan tebal spesimen.

## 6.2 Saran

Pengendalian proses pembuatan spesimen, terutama pada proses penyusunan serat, pencampuran resin, dan pencetakan, juga perlu diperhatikan agar diperoleh spesimen yang lebih seragam dan hasil pengujian yang lebih konsisten. Untuk memperoleh karakteristik material yang lebih lengkap, penelitian berikutnya juga dapat menambahkan pengujian mekanik lainnya seperti uji tarik dan uji impak sehingga potensi komposit serat resam sebagai material teknik dapat diketahui secara lebih menyeluruh.

# DAFTAR PUSTAKA


Abdallah, F. dan Rollastin, B. (2025) “Analisis Pemanfaatan Serat Resam Sebagai Bahan Komposit Untuk Bahan Pembuatan Ujung Joran Pancing,” Jurnal Inovasi ;Teknologi Terapan, 3(1), hal. 53–62. Tersedia pada: https://doi.org/10.33504/jitt

Abdallah, F., Rollastin, B. dan Harwadi, H. (2025) “Analisis Pemanfaatan Serat Resam Sebagai Bahan Komposit Untuk Bahan Pembuatan Ujung Joran Pancing,” Jurnal Inovasi Teknologi Terapan, 3(1), hal. 53–62. Tersedia pada: https://doi.org/10.33504/jitt.v3i1.252.

Abdellaoui, H. (2021) HYBRID NATURAL FIBER KOMPOSITES.

Adoe, D.G.H. (2022) “Pengaruh Perlakuan NaOh dan Rendaman Air Tawar terhadap Kekuatan Bending Komposit Serat Limbah Rambut Manusia,” LONTAR Jurnal Teknik Mesin Undana, 9(02), hal. 60–65. Tersedia pada: https://doi.org/10.35508/ljtmu.v9i02.9376.

Apriliyanto, A. dan Muslimin, M. (2024) “Mesin Compression Molding Kapasitas 15 Ton untuk Fabrikasi Komposit Peredam Suara,” Jurnal Mekanik Terapan, 4(3), hal. 176–185. Tersedia pada: https://doi.org/10.32722/jmt.v4i3.6077.

Armaijn, L. et al. (2024) “No Title 済無No Title No Title No Title,” 2(1), hal. 306–312.

ASTM INTERNATIONAL (2017) “Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials. D790,” Annual Book of ASTM Standards, hal. 1–12. Tersedia pada: https://doi.org/10.1520/D0790-17.2.

Beliu, H.N., Pelle, Y.M. dan Jarson, J.U. (2016) “Analisa Kekuatan Tarik dan Bending pada Material Komposit,” Jurnal Lontar, 3(2), hal. 11–20.

Chiracu, I.G. et al. (2024) “Behavior of Composites Made of Quadriaxial Glass Fiber Fabrics and Epoxy Resin under Three-Point Bending.”

Daffa Naufal, M., Teknik Mesin Dan Manufaktur, J. dan Manufaktur Negeri Bangka Belitung, P. (2025) “Pengujian Karakteristik Komposit Hybrid Serat Daun Pandan Alas Dan Serbuk Kayu Jati Dengan Resin Polyester Terhadap Uji Impak Dan Uji Bending,” 8(2), hal. 58–64. Tersedia pada: http://journal2.um.ac.id/index.php/jtmp.

Gautama R, C., Alfatih, M.F. dan Alimi, S. (2022) “Eksperimen Uji Bending Pada Komposit Resin Polyester Dan,” Jurnal Teknik Elektronik, Engine Engine, 8(2), hal. 237–242.

Harsi, H., Sari, N.H. dan Sinarep, S. (2015) “Karakteristik Kekuatan Bending Dan Kekuatan Tekan Komposit Serat Hybrid Kapas/Gelas Sebagai Pengganti Produk Kayu,” Dinamika Teknik Mesin, 5(2), hal. 59–65. Tersedia pada: https://doi.org/10.29303/d.v5i2.30.

Herwandi dan Napitupulu, R. (2014) “PENGARUH PENINGKATAN KUALITAS SERAT RESAM TERHADAP KEKUATAN TARIK, FLEXURE DAN IMPACT PADA MATRIKS POLYESTER SEBAGAI BAHAN PEMBUATAN DASHBOARD MOBIL,” 9(2), hal. 10–18.

Irandha C. M. Siahaan (2023) “Kajian Aspek Teknis Unit Penangkapan Kapal Pole and Line,Kmn. Flotim 04 Larantuka, Flores Timur,” Jurnal Ilmiah Bahari Papadak, 4(April), hal. 273–287.

Ma’rufan, M. et al. (2025) “Analisis Pengaruh Variasi Waktu Perendaman Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Berbahan Dasar Pelepah Pisang,” Jurnal Penelitian Multidisiplin Bangsa, 2(2), hal. 215–220. Tersedia pada: https://doi.org/10.59837/jpnmb.v2i2.476.

Rodiawan, R., Suhdi, S. dan Rosa, F. (2017) “Analisa Sifat-Sifat Serat Alam Sebagai Penguat Komposit Ditinjau Dari Kekuatan Mekanik,” Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin, 5(1), hal. 39–43. Tersedia pada: https://doi.org/10.24127/trb.v5i1.117.

Syahdian, M.R. dan Muslimin, M. (2024) “Analisis Desain Mold Compression

# LAMPIRAN



FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS IBA

Lampiran

SK Dekan Fakultas Teknik Universitas IBA
Nomor : FTE.23/0026/IV/003, Tanggal : 24 April 2026

**NAMA DOSEN PEMBIMBING UTAMA DAN PEMBIMBING KEDUA PENULISAN SKRIPSI MAHASISWA PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN SEMESTER GANJIL/GENAP 2025/2026**

| No. | Nama | NPM | Judul Skripsi | Pembimbing Utama | Pembimbing Pendamping |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. | Adi Prasetya | 22320005 | Analisa Pengaruh Fraksi Volume dan Arah Serat terhadap Kekuatan Tarik pada Material Komposit Serat Alam Enceng Gondok | Rony Afriany, ST., M.Eng. | Dr. Ario Yudha Budiman, ST., MT. |
| 2. | Ramadisa Malta | 22320015 | Perancangan Kebutuhan Uji Penumpang pada Gedung SMA LTI IGM berdasarkan SNI 03-6573-2001 | Yany Pusvyta, ST, MT. | Rony Afriany, ST., M.Eng. |
| 3. | Muhammad Rayhan Renata | 22320004 | Studi Eksperimen Pengaruh Fraksi Massa dan Orientasi Serat Rasam pada Material Komposit terhadap Uji Bending untuk Aplikasi Joran Pancing | Yany Pusvyta, ST, MT. | Dr. Ir. Aria Wira Yuda, ST, MT. |

Ditetapkan di Palembang
Pada tanggal [illegible] 2026
Dekan

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS IBA

Dr. Ir. Hari[illegible]
NIK. 03 24 [illegible]

KAMPUS UTAMA
JALAN MAYOR RUSLAN, PALEMBANG 30113 | TELP. : (0711) 311364, 370777 | FAX. : (0711) 358703
FAKULTAS
HUKUM | EKONOMI | TEKNIK | PERTANIAN

KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS,
DAN TEKNOLOGI
**INSTITUT TEKNOLOGI SUMATERA**
**UPA LABORATORIUM TERPADU**
Jalan Terusan Ryacudu, Desa Way Hui, Kecamatan Jati Agung, Lampung Selatan 35365
Telepon: (021) 8030188
Email: aptlabterpadu@itera.ac.id, Website : www.lab.itera.ac.id

# Sertifikat Hasil Pengujian

## *Certificate of Analysis*

Nomor Pengujian : 668-668/LTSM_ITERA/VII/2026
Tanggal Penerbitan Sertifikat : 29 Juli 2026

Nama Pelanggan : Muhammad Rayhan Rimito
Alamat : Universitas IBA Palembang
Nomor Telpon : 08951902806

Tanggal Penerimaan sampel : 24 Juli 2026
Pengiriman sampel : melalui ekspedisi
Jumlah Sampel : 9 Buah
Bentuk Sampel : Persegi Panjang
Wadah Sampel : Plastik Klip
Merk Alat/Seri : *Universal Testing Machine ZWICK ROELL 250 kN All Round*

Hasil Pengujian :

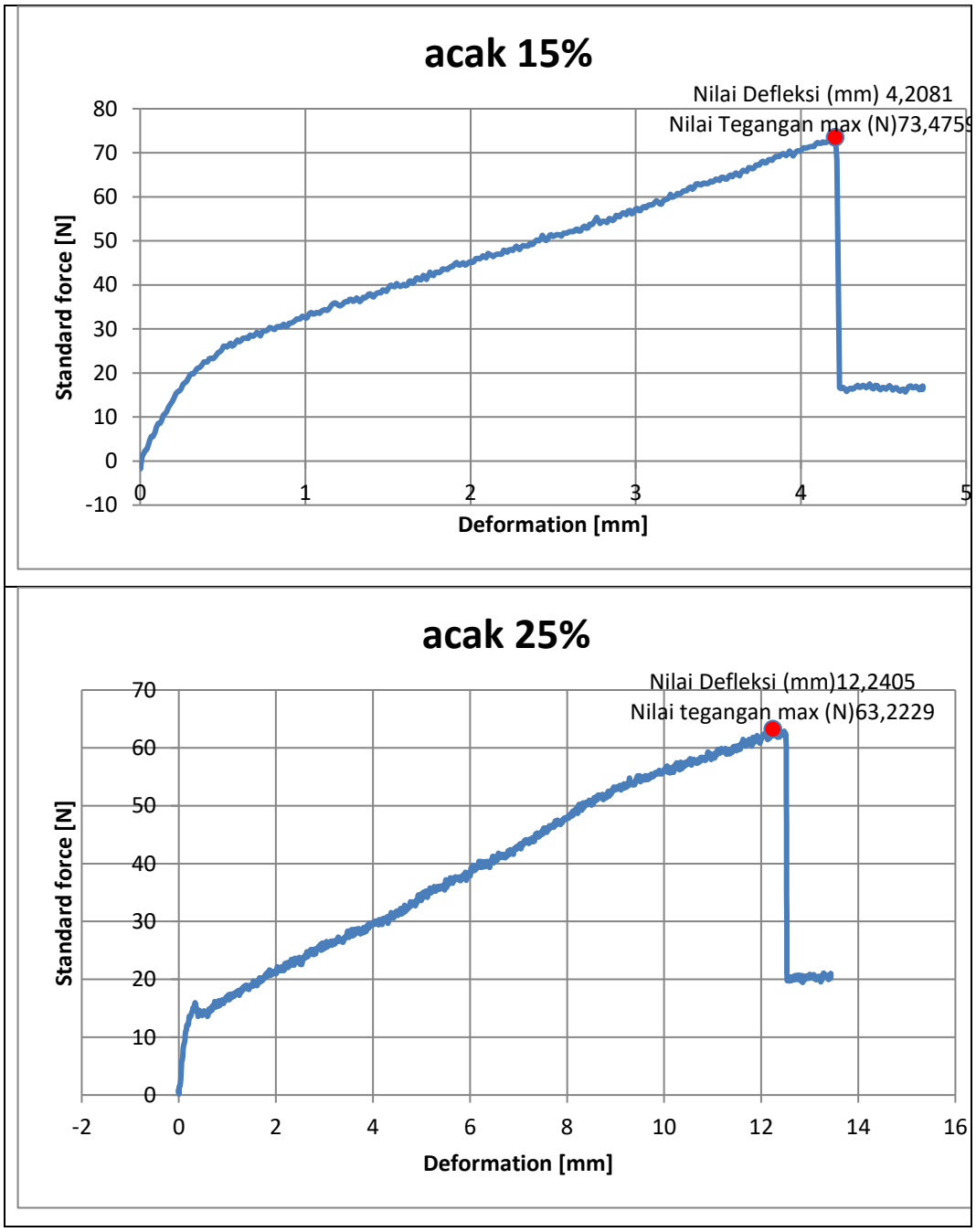
| Kode Sampel | Nama Sampel | *Flexural Stress* (MPa) | *Zone Fiber Strain at Flexural Strength* (%) | Tebal Spesimen *Specimen thickness* (mm) | Lebar Spesimen *Specimen width* (mm) |
|---|---|---|---|---|---|
| 660/LTSM_ITERA/VII/2026 | acak 1 | 46,9695 | 1,4981 | 3,8 | 15 |
| 661/LTSM_ITERA/VII/2026 | acak 2 | 52,7781 | 1,7089 | 3,3 | 15,2 |
| 662/LTSM_ITERA/VII/2026 | acak 3 | 37,2330 | 1,2567 | 3,8 | 13,8 |
| 663/LTSM_ITERA/VII/2026 | Searah 1 | 38,3839 | 1,2487 | 4 | 13,3 |
| 664/LTSM_ITERA/VII/2026 | searah 2 | 43,9997 | 1,3950 | 3,8 | 15 |
| 665/LTSM_ITERA/VII/2026 | searah 3 | 33,4829 | 1,2947 | 4 | 13,3 |
| 666/LTSM_ITERA/VII/2026 | silang 1 | 39,4815 | 1,4481 | 3 | 13,4 |
| 667/LTSM_ITERA/VII/2026 | silang 2 | 43,7723 | 1,7489 | 4 | 13,4 |
| 668/LTSM_ITERA/VII/2026 | silang 3 | 29,1064 | 1,4685 | 4 | 15 |

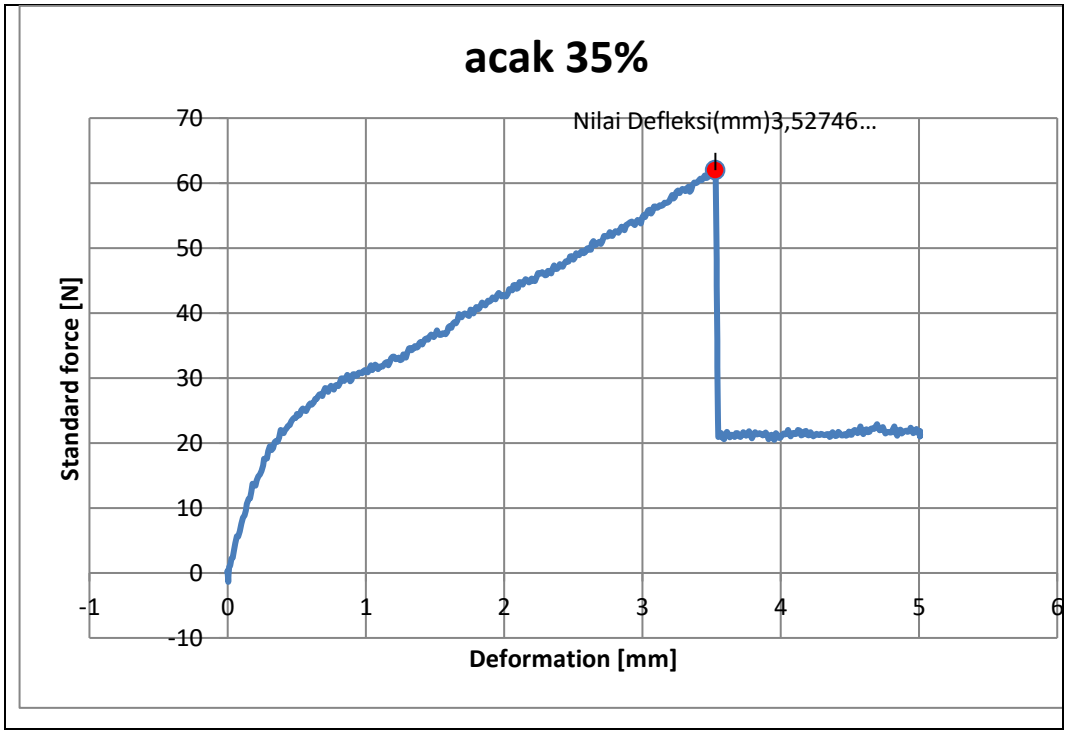
Keterangan
Hasil yang dikeluarkan adalah terhadap sampel uji yang ada

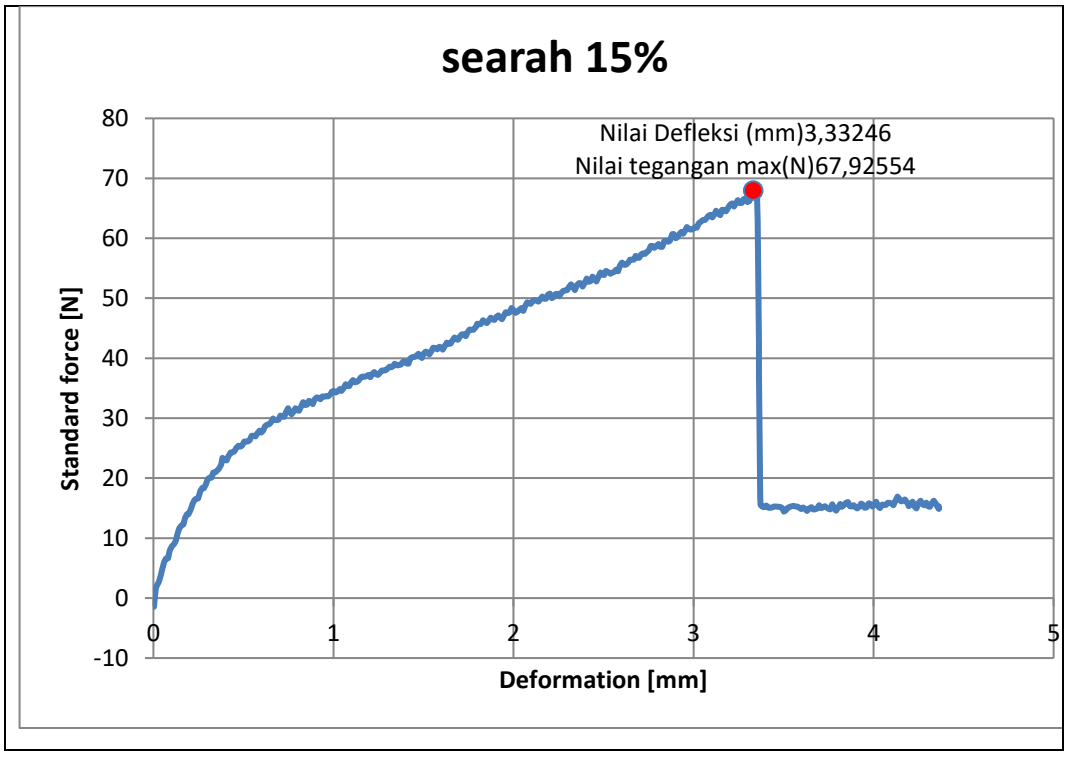
Mengetahui,
Kepala UPA Laboratorium Terpadu

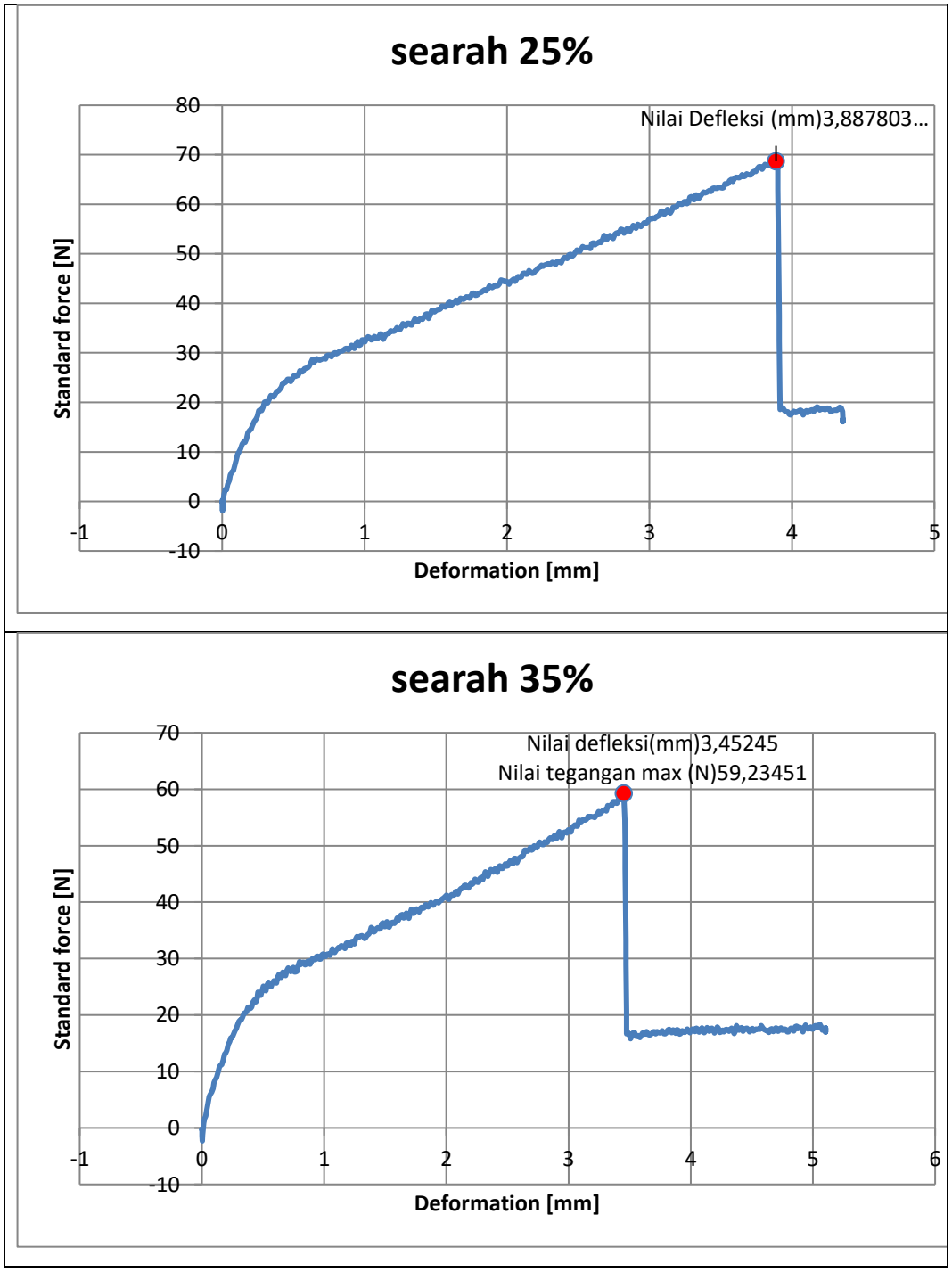
Agni Vidian Rizona, S.Pd., M.Si.

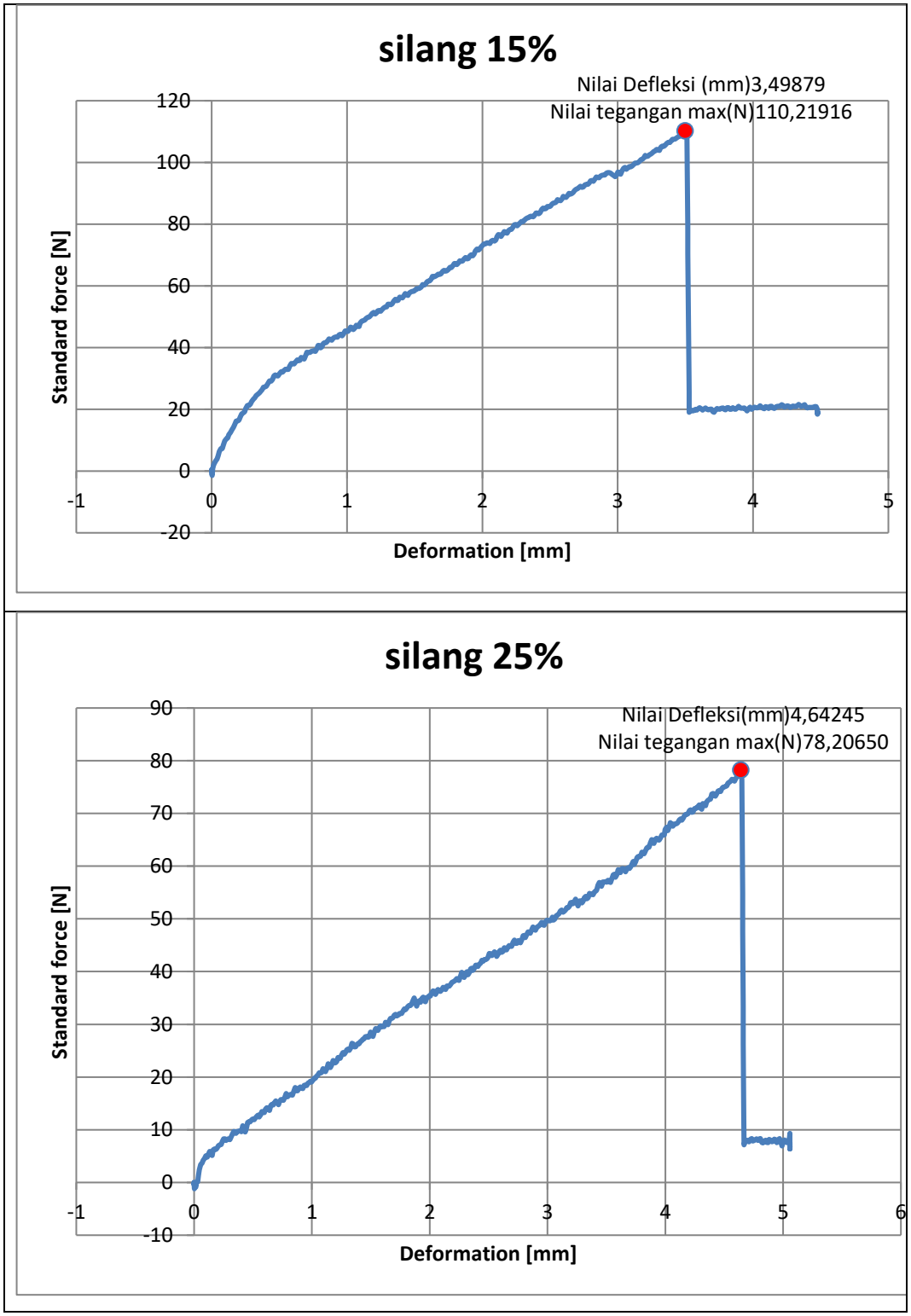
4.Grafik Hasil Uji Bending

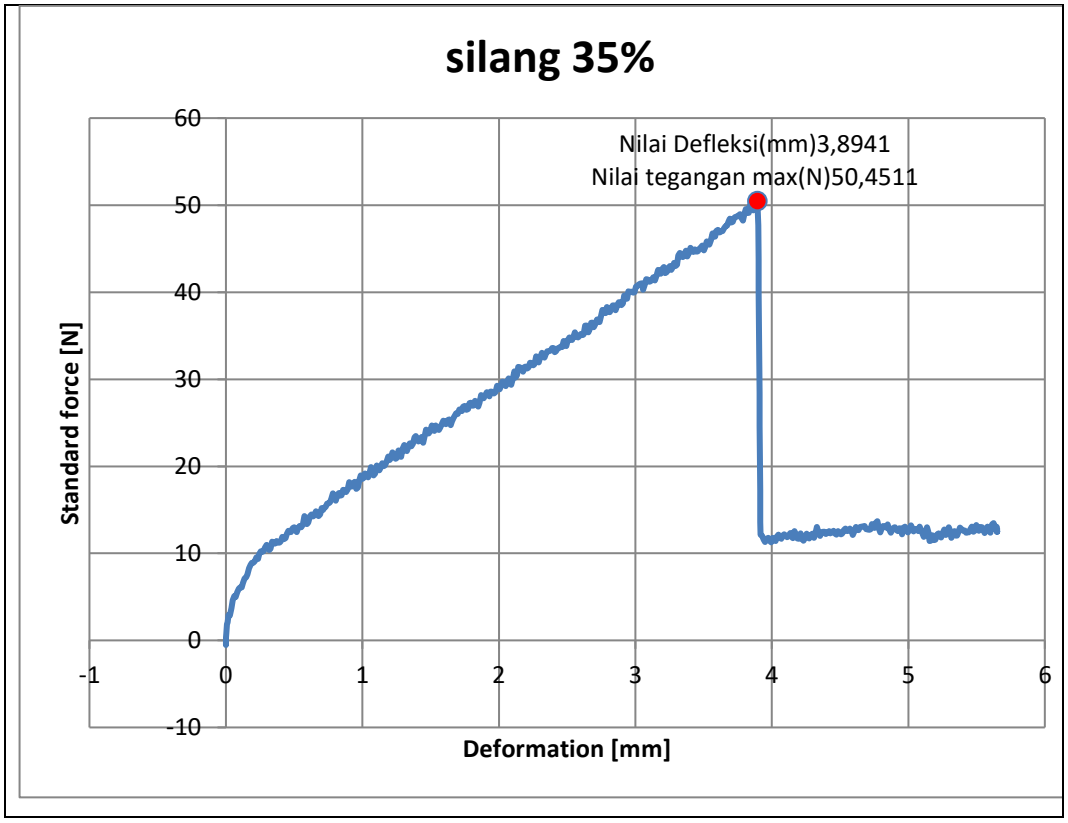


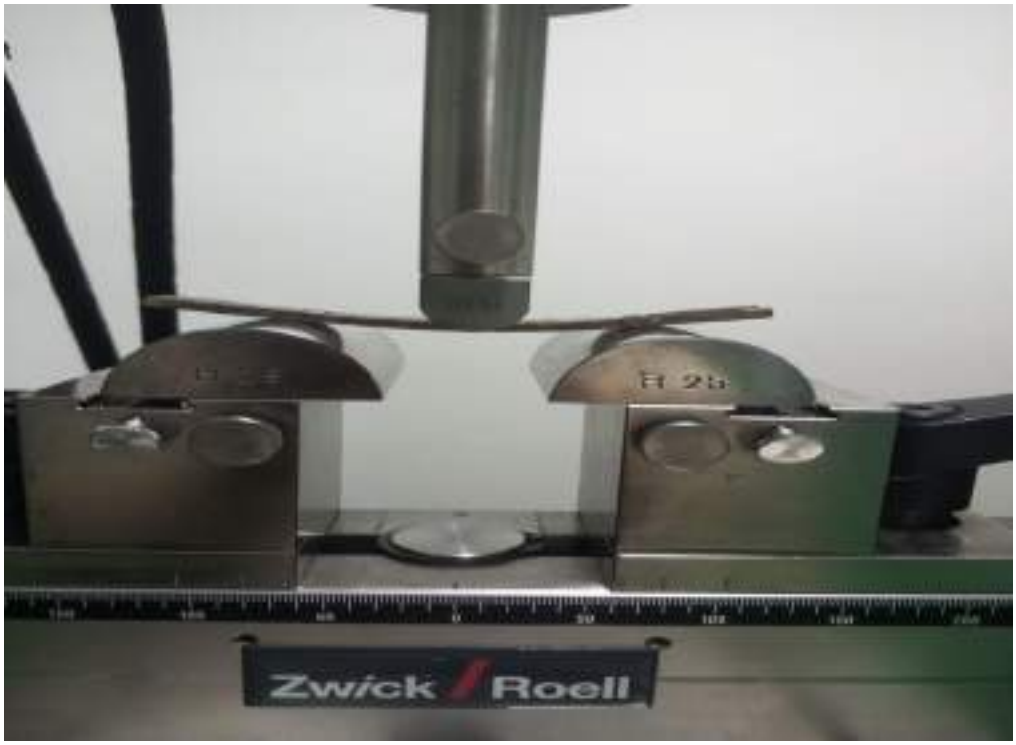

acak 35%
Nilai Defleksi(mm)3,52746...
Standard force [N]
70
60
50
40
30
20
10
0
-10
-1
0
1
2
3
4
5
6
Deformation [mm]


searah 15%
Nilai Defleksi (mm)3,33246
Nilai tegangan max(N)67,92554
Standard force [N]
80
70
60
50
40
30
20
10
0
-10
0
1
2
3
4
5
Deformation [mm]


searah 25%
Nilai Defleksi (mm)3,887803…
Standard force [N]
Deformation [mm]
80
70
60
50
40
30
20
10
0
-10
-1
0
1
2
3
4
5
searah 35%
Nilai defleksi(mm)3,45245
Nilai tegangan max (N)59,23451
Standard force [N]
Deformation [mm]
70
60
50
40
30
20
10
0
-10
-1
0
1
2
3
4
5
6


silang 15%
Nilai Defleksi (mm)3,49879
Nilai tegangan max(N)110,21916
Standard force [N]
Deformation [mm]
120
100
80
60
40
20
0
-20
-1
0
1
2
3
4
5
silang 25%
Nilai Defleksi(mm)4,64245
Nilai tegangan max(N)78,20650
Standard force [N]
Deformation [mm]
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
-10
-1
0
1
2
3
4
5
6


silang 35%
Nilai Defleksi(mm)3,8941
Nilai tegangan max(N)50,4511
Standard force [N]
Deformation [mm]
60
50
40
30
20
10
0
-10
-1
0
1
2
3
4
5
6


Zwick Roell