



**KEKUATAN TARIK MATERIAL *FIBER CARBON*  
DAN *FIBER GLASS* BERDASARKAN ORIENTASI  
SERAT BERBASIS *MATRIKS EPOXY***

**SKRIPSI**

**Proposal skripsi ini ditulis sebagai salah satu syarat  
untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan  
Program Studi Pendidikan Teknik Mesin**

**oleh  
Hamam Fajarudin  
5201412083**

**TEKNIK MESIN  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG  
2019**

## PENGESAHAN

kekuatan tarik material *fiber carbon* dan *fiber glass* berdasarkan orientasi sudut serat berbasis *matriks epoxy* telah dipertahankan di depan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik UNNES pada *12 Agustus 2019*

Oleh Nama : Hamam Fajarudin  
NIM : 5201412083  
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin

Panitia:

Ketua Panitia

Sekretaris



Rusiyanto S.Pd., M.T.  
NIP. 197403211999031002



Rusiyanto S.Pd., M.T.  
NIP. 197403211999031002

Penguji I

Penguji II

Pembimbing I



Drs. Sunyoto M.Si.  
NIP. 196511051991021001



Drs. MASUGINO M.Pd.  
NIP. 195207212017091256



Dr. Ir. Rahmat Doni Widodo ST, MT, IPP.  
NIP. 197509272006041002

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik UNNES



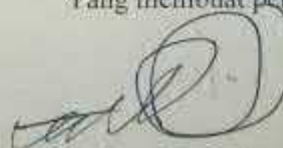
Dr. Nur Qudus M.T., IPM.  
NIP. 196911301994031001

## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi/TA ini, adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (sarjana, magister, dan/atau doktor), baik di Universitas Negeri Semarang (UNNES) maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Pembimbing dan masukan Tim Penguji.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpanan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Semarang, 12-Agustus-2019  
Yang membuat pernyataan.



Hamam Fajarudin  
NIM. 5201412083

## SARI ATAU RINGKASAN

Hamam Fajarudin, 2019, Kekuatan Tarik Material *Fiber Carbon* dan *Fiber Glass* Berdasarkan *Orientasi* Serat Berbasis *Matriks Epoxy*, Dr. Ir. Rahmat Doni Widodo, S.T., M.T., IPP., Teknik Mesin

Penggunaan material logam pada berbagai komponen produk semakin berkurang hal ini disebabkan oleh beratnya komponen yang terbuat dari logam, proses pembentuknya yang relatif sulit, dapat mengalami korosi dan biaya produksinya. Oleh karena itu Kombinasi dan rentang sifat material yang perlu dikembangkan dengan pengembangan material komposit.

Material utama yang digunakan pada penelitian ini adalah *Fiber glas*, *Fiber carbon*, dan *Epoxy*. Variasi yang digunakan pada penelitian ini adalah orientasi sudut serat yaitu  $0^{\circ}$ ,  $30^{\circ}$ ,  $45^{\circ}$ ,  $60^{\circ}$ , dan  $90^{\circ}$ . Prosentase volume ijuk : *polyester* adalah 30% : 70%. Pembuatan pembuatan komposit dilakukan secara *Vacumm Infusion*. Standar uji tarik ASTM D-3039.

Hasil yang didapatkan dari proses uji kemudian dilakukan perhitungan. Pengaruh orientasi serat berpengaruh terhadap kekutan tarik material semakin panjang serat semakin tinggi besar nilai kekuatan tarik yang dihasilkan terjadi pada orientasi serat  $90^0$  pada *fiber glass* dan *fiber carbon* yaitu sebesar  $500 \text{ N/mm}^2$  dan  $620 \text{ N/mm}^2$ . Varasi perbandingan orientasi sudut serat pada komposit serat *Fiber glass* dan *fiber carbon* paada orientasi  $0^{\circ}$ ,  $45^{\circ}$ , dan  $90^{\circ}$  kekautn tarik yang didapat lebih besar dibandingkan dengan fiber glass sedangkan pada orientasi serai  $30^{\circ}$  dan  $60^{\circ}$  fiber glass lebih unggul. Kombinasi sifat terbaik berdasarkan kekuatan tarik terdapat pada orientasi serat  $90^0$  fiber carbon dan pada fiberglass terdapt pada orientasi serat  $60^0$

Kata kunci: *orientasi sudut serat, kekuatan tarik, fibr glass, fiber carbon*

## PRAKATA

Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi/TA yang berjudul “Pengaruh Orientasi Sudut Serat Pada Komposit Serat Ijuk - Polyester Terhadap Kekuatan Dan Modulus Elastisitas *Bending* Dan Tarik”. Skripsi/TA ini disusun sebagai salah satu persyaratan meraih gelar Sarjana Pendidikan pada Program Studi Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang. Shalawat dan salam disampaikan kepada Nabi Muhammad SAW, mudah-mudahan kita semua mendapatkan safaat Nya di yaumul akhir nanti, Amin.

Penyelesaian karya tulis ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih serta penghargaan kepada:

1. Prof. Dr. Fathur Rokhman, M.Hum, Rektor Universitas Negeri Semarang atas kesempatannya yang diberikan kepada penulis untuk menempuh studi di Universitas Negeri Semarang.
2. Dr. Nur Qudus, MT, Dekan Fakultas Teknik, Rusiyanto, S.Pd., M.T., Ketua Jurusan Teknik Mesin, dan Koordinator Program Studi Pendidikan Teknik Mesin atas fasilitas yang disediakan bagi mahasiswa.
3. Dr. Ir. Rahmat Doni Widodo, S.T., M.T., IPP., Pembimbing yang penuh perhatian dan atas perkenaan memberi bimbingan dan dapat dihubungi sewaktu-waktu disertai kemudahan menunjukkan sumber-sumber yang relevan dengan penulisan karya ini.
4. Drs. Sunyoto, M.Si., dan Drs. Masugino, M.Pd., Penguji I dan II yang telah memberi masukan yang sangat berharga berupa saran, ralat, perbaikan, pertanyaan, komentar, tanggapan, menambah bobot dan kualitas karya tulis ini.
5. Semua dosen Jurusan Teknik Mesin FT. UNNES yang telah memberi bekal pengetahuan yang berharga.
6. Berbagai pihak yang telah memberi bantuan untuk karya tulis ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis berharap semoga Skripsi/TA ini dapat bermanfaat bagi ilmu pengetahuan, khususnya bidang material komposit.

Semarang,

Penulis

## DAFTAR ISI

PENGESAHAN .....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI .....	iii
SARI ATAU RINGKASAN .....	iv
PRAKATA .....	v
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR TABEL .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Identifikasi Masalah .....	3
1.3 Pembatasan Masalah.....	4
1.4 Rumusan Masalah .....	5
1.5 Tujuan Penelitian .....	5
1.6 Manfaat Penelitian.....	6
BAB II KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	7
2.1. Kajian Pustaka .....	7
2.2. Landasan Teori .....	11
2.2.1 Komposit .....	11
2.2.2 Bagian Utama Penyusun Komposit .....	11
2.2.3 Jenis Serat Penguat Komposit .....	14
2.2.4 Jenis Lapisan Pada Komposit Berlapis .....	15
2.2.5 Karakteristik Material Komposit .....	16
2.2.6 Fraksi <i>volume</i> dan massa.....	18
2.2.7 <i>Glass Fiber</i> .....	19
2.2.8 <i>Carbon Fiber</i> .....	20
2.2.9 Proses Pembuatan Spesimen Komposit.....	21
2.3 Pengujian Tarik.....	23
2.4 Rangka Bus.....	30
BAB III METODE PENELITIAN .....	31
3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan .....	31
3.1.1 Waktu .....	31
3.1.2 Tempat Pelaksanaan.....	31
3.2 Desain Penelitian.....	31
3.3 Alat dan Bahan.....	40
3.3.1 Alat.....	40
3.3.2 Bahan.....	45
3.4 Parameter Penelitian .....	48
3.4.1 Parameter Bebas .....	48
3.4.2 Parameter Terikat .....	48
3.4.3 Parameter Kontrol.....	48
3.5 Teknik Pengumpulan Data .....	50
3.5.1 Dokumentasi .....	50
3.5.2 Uji Laboratorium .....	50
3.6 Kalibrasi Instrumen .....	50
3.6.1 Kalibrasi Timbangan Digital.....	50
3.6.2 Kalibrasi Mesin Uji Tarik.....	51

3.7 Teknik Analisa Data.....	51
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>52</b>
4.1 Hasil Pengujian Tarik .....	52
4.2 Pembahasan Perbandingan dan Pengaruh Orientasi Sudut Serat Terhadap Kekuatan Tarik.....	60
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>69</b>
5.1 Kesimpulan.....	69
5.2 Saran.....	69
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>71</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>72</b>
Lampiran 1. Spesimen Hasil Uji Tarik .....	72
Lampiran 2. Data Hasil Uji Tarik.....	73
Lampiran 3. Dokumentasi .....	80

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Sifat Mekanis <i>Fiber Glass</i> .....	20
Tabel 3. 1 Kebutuhan material <i>fiberglass</i> .....	35
Tabel 3. 3 Kebutuhan material Epoxy resin.....	36
Tabel 3. 4 Kebutuhan spesimen uji tarik .....	39
Tabel 3. 5 Spesifikasi teknis Servo Hydraulic Universal Testing Machine - TT-SHII-1500.....	44
Tabel 3. 6 Tabel pengambilan data uji Tarik Fiberglass .....	49
Tabel 3. 7 Tabel pengambilan data uji tarik Fibercarbon.....	49
Tabel 4. 1 Hasil Uji Tarik Raw Material Epoxy .....	52
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian tarik Fiber Carbon Epoxy .....	53
Tabel 4. 3 Hasil Pengujian tarik Fiber glass Epoxy .....	56



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Tipe penguat komposit, (a) Komposit berpenguat partikel, (b) Komposit serat pendek, (c) Komposit serat panjang, (d) Komposit berlapis (Meyrs dan Chawla, 2009: 766) .....	13
Gambar 2. 2 Serat panjang/tidak terputus ( <i>continuous fiber</i> ) (Campbell, 2010: 2).....	14
Gambar 2. 3 Serat pendek ( <i>discontinuous fiber</i> ) (Campbell, 2010: 2).....	15
Gambar 2. 4 Lamina dan laminate (Campbell, 2010: 7) .....	16
Gambar 2. 5 Respons longitudinal (Meyrs dan Chawla, 2009: 775) .....	17
Gambar 2. 6 Respons transversal (Meyrs dan Chawla, 2009: 776) .....	17
Gambar 2. 9 Kurva tegangan-regangan dari sebuah benda uji terbuat baja ulet .....	24
Gambar 2. 10 Kurva tegangan-regangan dari sebuah benda uji terbuat dari bahan getas. 26	
Gambar 2. 11 Grafik tegangan-regangan beberapa baja yang memperlihatkan kesamaan modulus kekakuan.....	29
Gambar 3. 1 Diagram alir .....	32
Gambar 3. 3 Variasi orientasi sudut serat ijuk (a) 90°, (b) 3°, (c) 45° (d) 60° ,dan (e ) 0°	37
Gambar 3. 4. Standar ASTM D 3039.....	39
Gambar 3. 5. Cetakan komposit .....	41
Gambar 3. 6 Timbangan digital.....	41
Gambar 3. 7 Jangka sorong.....	42
Gambar 3. 8 Bevel Protctor .....	42
Gambar 3. 9 Gelas ukur.....	42
Gambar 3. 10 pompa vacumm .....	43
Gambar 3. 11. Alat uji tarik UTM ( <i>Universal Testing Machine</i> ).....	44
Gambar 3. 12 <i>fiberglass</i> .....	45
Gambar 3. 13 <i>fibercarbon</i> .....	46
Gambar 3. 14 Gambar resin epoxy .....	46
Gambar 3. 15 Gambar Resin.....	47
Gambar 3. 16 Release Maximum Mold Release Wax .....	47
Gambar 4. 1 Kekuatan tarik Fiber carbon dengan susunan Orientasi serat	54
Gambar 4. 2 Kekuatan tarik Fiber carbon dengan susunan Orientasi serat 30° .....	54
Gambar 4. 3 Kekuatan tarik Fiber carbon dengan susunan Orientasi serat 45° .....	55
Gambar 4. 4 Kekuatan tarik Fiber carbon dengan susunan Orientasi serat 60° .....	55
Gambar 4. 5 Kekuatan tarik Fiber carbon dengan susunan Orientasi serat 90° .....	55
Gambar 4. 6 Kekuatan tarik Fiber glass dengan susunan Orientasi serat 0°.....	57
Gambar 4. 7 Kekuatan tarik Fiber glass dengan susunan Orientasi serat 30° .....	58
Gambar 4. 8 Kekuatan tarik Fiber glassn dengan susunan Orientasi serat 45° .....	58
Gambar 4. 9 Kekuatan tarik Fiber glasss dengan susunan Orientasi serat 60° .....	58
Gambar 4. 10 Kekuatan tarik Fiber glassdengan susunan Orientasi serat 90° .....	59
Gambar 4. 11 perbandingan kekutan tarik <i>fiber carbon</i> .....	60
Gambar 4. 12 perbandingan kekutan tarik <i>fiber glass</i> .....	61
Gambar 4. 13 Regangan Fiber carbon.....	62
Gambar 4. 14 Regangan <i>Fiber glass</i> .....	63
Gambar 4. 15 Perbandingan Regangan Tarik <i>Fiber Glass</i> dan <i>Fiber Carbon</i> .....	63
Gambar 4. 16 Perbandingan orientasi Serat 0° .....	63

Gambar 4. 17 Perbandingan orientasi Serat $30^\circ$ .....	64
Gambar 4. 18 Perbandingan orientasi Serat $45^\circ$ .....	64
Gambar 4. 19 Perbandingan orientasi Serat $60^\circ$ .....	65
Gambar 4. 20 Perbandingan orientasi Serat $90^\circ$ .....	65
Gambar 4. 21 Perbandingan kekuatan Tarik .....	66
Gambar 4. 22 Perbandingan Modulus Elastisitas .....	67

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang Masalah**

Penggunaan material logam dalam berbagai komponen produk semakin berkurang hal ini disebabkan oleh beratnya komponen yang terbuat dari logam. Proses pembentuknya yang relatif sulit, dapat mengalami korosi dan biaya produksinya mahal. Seiring berkembangnya zaman peran material yang terbuat dari logam sudah mulai digantikan oleh material non logam yaitu salah satunya adalah komposit (Mirwan Irsyad, 2015).

Komponen untuk industri otomotif bagian termoplastik serat kaca diperkuat semakin banyak digunakan karena potensi konstruksi ringan dan nilainya yang ekonomis. Orientasi serat pemuatan *multiaxial* merupakan faktor penting yang mempengaruhi umur kelelahan, oleh karena itu, *multiaxiality* berbeda kriteria, bersama dengan konsep baru yang menangkap pengaruh orientasi serat terhadap kekuatan leleh. Orientasi serat adalah hasil proses *injection molding* yang mengarah pada perilaku anisotropika lokal, yang memunculkan keadaan *stress multiaxial* (Wilmesa & Hornbergera, 2015).

Banyak kebutuhan modern membutuhkan kombinasi bahan yang tidak biasa karena sifat yang tidak dapat dipenuhi oleh paduan logam konvensional seperti keramik dan bahan polimer. Hal ini terutama berlaku untuk bahan yang dibutuhkan untuk *aerospace*, *underwater*, dan aplikasi transportasi, misalnya insinyur pesawat terbang semakin banyak dan semakin mencari bahan struktural yang memiliki kepadatan rendah, kuat, kaku, tahan benturan dan tidak mudah

korosi ini adalah kombinasi yang sulit karena seringkali bahan kuat yang relatif padat juga meningkat kekuatan dan kekakuan umumnya menghasilkan penurunan kekuatan terhadap benturan. Kombinasi dan rentang sifat material belum dikembangkan dengan pengembangan material komposit. Secara umum komposit dianggap bahan *multiphase* yang menunjukkan proporsi yang signifikan dari kedua fase penyusunan sehingga kombinasi sifat yang lebih baik bisa tercapai (Callister, 2007: 513).

Karakteristik mekanis dari komposit yang diperkuat serat tidak hanya bergantung pada sifat serat, tetapi juga pada tingkat dimana beban yang diterapkan ditransmisikan ke serat dengan fase matriks. Penting untuk tingkat transmisi beban ini adalah besarnya ikatan antar muka antara serat dan fase *matriks*. Di bawah tekanan yang diterapkan, ikatan matriks serat ini berhenti pada ujung serat, menghasilkan pola deformasi *matriks* seperti yang ditunjukkan secara *skematis*. Di sisi lain, tidak ada *transmitansi* beban dari matriks pada setiap ekstremitas serat. Beberapa panjang serat penting diperlukan untuk penguatan dan kekakuan yang efektif dari bahan komposit. Panjang kritis ini tergantung pada diameter serat dan kekuatan tarik pada kekuatan ikatan serat-matriks (William D. Callister, 2007).

Dalam beberapa dekade terakhir, minat penelitian teknik telah beralih dari bahan *monolitik* ke material yang diperkuat. *Fiber glass* dan *fiber carbon* digunakan sebagai *reinforced materials in reinforced plastics* (FRP). FRP ini telah diterima secara luas sebagai bahan untuk aplikasi struktural & non-struktural. Alasan utama pemilihan FRP adalah karena kekakuan tinggi terhadap

rasio berat dan rasio kekuatan terhadap berat yang tinggi dibandingkan dengan bahan konvensional. Namun, bahan ini memiliki beberapa kekurangan seperti memperbaharui kemampuan, daur ulang, pembuangan dan mahal. Permintaan untuk perbaikan kinerja material struktural ini membuat perlu untuk mengevaluasi bahan-bahan ini di bawah pemuatan *multi-aksial*. Serat komposit yang diperkuat menunjukkan perilaku mekanis anisotropik yang kuat karena orientasi seratnya. (Mr. Santhosh Kumar. M, 2014)

## 1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, adapun identifikasi masalah penelitiannya adalah sebagai berikut:

- a. Penggunaan material logam pada berbagai komponen produk semakin berkurang hal ini disebabkan oleh beratnya komponen yang terbuat dari logam, proses pembentukannya yang relatif sulit, dapat mengalami korosi dan biaya produksinya.
- b. Komponen untuk industri otomotif, bagian termoplastik serat kaca diperkuat semakin banyak digunakan karena potensi konstruksi ringan dan nilai ekonomis.
- c. Kombinasi dan rentang sifat material belum dikembangkan dengan pengembangan material komposit. Secara umum komposit dianggap bahan *multiphase* yang menunjukkan proporsi yang signifikan dari kedua fase penyusunan sehingga kombinasi sifat yang lebih baik bisa tercapai.

- d. Karakteristik mekanis dari komposit yang diperkuat serat tidak hanya bergantung pada sifat serat, tetapi juga pada tingkat di mana beban yang diterapkan disalurkan menuju serat dengan fase matriks.

### 1.3 Pembatasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah di atas, adapun batasan penelitian sebagai berikut:

- a. Material alternatif sebagai pengganti logam adalah komposit *Fiber Reinforced Plastics (FRP)* berupa *fiber glass* dan *fiber carbon*.
- b. Dalam industri otomotif material *Fiber Reinforced Plastics (FRP)* *fiber glass* dan *fiber carbon* diaplikasikan pada rangka mobil.
- c. Karakteristik mekanik sangat dipengaruhi oleh fase *matriks*, yang dalam hal ini menggunakan jenis *matriks Epoxy*.
- d. *Prosentase volume fiberglass & fibercarbon : Epoxy adalah 30% : 70%*.
- e. *Fraksi volume epoxy resin : fraksi volume Hardener yaitu 2 : 1*.
- f. Kombinasi sifat yang akan dikembangkan berupa orientasi serat  $0^{\circ}$ ,  $30^{\circ}$ ,  $45^{\circ}$ ,  $60^{\circ}$ , dan  $90^{\circ}$ .
- g. Untuk mengetahui karakteristik mekanik dari komposit yang terbentuk spesimen diuji menggunakan uji tarik menggunakan Standar ASTM D3039.

#### 1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan pembatasan masalah di atas, maka permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana pengaruh orientasi serat  $0^{\circ}, 30^{\circ}, 45^{\circ}, 60^{\circ}$ , dan  $90^{\circ}$  berbasis *matriks Epoxy* terhadap kekuatan tarik material *fiberglass* dan *fibercarbon*.
- b. Bagaimana perbandingan kekuatan tarik antara *Fiber Glass* dan *Fiber carbon* berdasarkan orientasi serat  $0^{\circ}, 30^{\circ}, 45^{\circ}, 60^{\circ}$ , dan  $90^{\circ}$  berbasis *matriks epoxy*.

#### 1.5 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Untuk mengetahui pengaruh orientasi serat  $0^{\circ}, 30^{\circ}, 45^{\circ}, 60^{\circ}$ , dan  $90^{\circ}$  berbasis *matriks Epoxy* terhadap kekuatan tarik material *fiberglass* dan *fibercarbon*.
- b. Untuk mengetahui perbandingan kekuatan tarik antara *Fiber Glass* dan *Fiber carbon* berdasarkan orientasi serat  $0^{\circ}, 30^{\circ}, 45^{\circ}, 60^{\circ}$ , dan  $90^{\circ}$  berbasis *matriks epoxy*.
- c. Untuk mengetahui kombinasi sifat terbaik berdasarkan kekuatan tarik antara *fiber glass* dan *fibercarbon* berdasarkan orientasi serat  $0^{\circ}, 30^{\circ}, 45^{\circ}, 60^{\circ}$ , dan  $90^{\circ}$  berbasis *matriks epoxy*.

## 1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Hasil penelitian ini bisa diaplikasikan dan dimanfaatkan oleh industri otomotif, khususnya industri pembuatan *Chasis* maupun industri lainnya sebagai bahan alternatif yang ramah lingkungan dan mengoptimalkan nilai produksi komponen mobil.
- b. Hasil penelitian ini dapat menjadi referensi awal atau rujukan untuk penelitian berikutnya.



## **BAB II**

### **KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI**

#### **2.1. Kajian Pustaka**

Berbagai penelitian tentang kekuatan tarik material *fibercarbon* dan *fiberglass* berdasarkan orientasi serat berbasis *Epoxy* yang telah dilakukan, diantaranya sebagai berikut:

(Nugroho, 2015) Melakukan penelitian tentang pengaruh model serat pada bahan *fiber glass* terhadap kekuatan ketangguhan, dan kekrasan material. Pada penelitiannya menjelaskan tentang pengaruh model serat pada bahan *fiber glass* yaitu, *Fiberglass* merupakan bahan yang sudah dikenal luas penggunaannya. Ia dapat dijadikan bahan alternatif pengganti plastik yang memiliki kekuatan lebih tinggi. Di bidang otomotif, *fiberglass* dipakai untuk berbagai asesoris maupun suku cadang. Hasil analisis data menunjukkan bahwa kekuatan dan ketangguhan tertinggi milik oleh material fiber dengan pola serat WR 400 dengan nilai 191 Newton dan 5,36 Joule. Nilai-nilai tersebut lebih tinggi dari yang dicapai oleh material plastik, yaitu 23 Newton untuk kekuatan tarik dan 0,64 Joule untuk ketangguhannya. Hal ini membuktikan bahwa *fiberglass* dengan pola serat seperti WR 400 mempunyai kekuatan dan ketangguhan yang lebih baik dari plastik. Material *fiberglass* memiliki sifat yang cukup unik. Kekuatan dan ketangguhannya bergantung pada pola serat penyusunnya. Dari analisis dan pembahasan data yang telah dilakukan, maka dapat ditarik suatu kesimpulan bahwa nilai kekuatan dan ketangguhan tertinggi diperoleh oleh material fiber dengan pola serat WR 400. Dari hasil pengujian tarik dan ketangguhan, terbukti

bahwa material fiber dengan tiga macam pola serat memiliki kekuatan dan ketangguhan yang lebih tinggi daripada material plastik.

Penelitian yang dilakukan oleh (Rusman Nur Ichsan, 2015) tentang pengaruh susunan lamina komposit berpenguat serat *e-glass* dan serat *carbon* terhadap kekuatan tarik menyimpulkan bahwa salah satu material komposit yang paling sering digunakan di dunia industri yaitu material komposit dengan pengisi berupa *Fiber Glass* maupun *Fiber Carbon* penelitian yang dilakukan adalah untuk mengetahui karakteristik kekuatan tarik komposit lamina berpenguat serat *E-Glass* dan serat *Carbon* dengan matriks poliester. Dalam penelitian ini terdapat variasi susunan lamina serat penguat komposit yaitu, 3 lapisan serat E-Glass jenis Random, 3 lapisan serat E-Glass WR (*Woven Roving*), 3 lapisan serat *Carbon* dan 3 lapisan hibrid. Manufaktur spesimen komposit menggunakan metode hand lay-up. Pengujian kekuatan tarik menggunakan standar ASTM D 3039-00. Berdasarkan analisis data penelitian yang telah dilakukan tentang Pengaruh susunan lamina komposit berpenguat serat E-glass dan serat Carbon terhadap kekuatan tarik dengan matriks poliester dapat disimpulkan sebagai berikut 1. Kekuatan tarik terbesar diperoleh komposit lamina serat Carbon dengan nilai 265,99 N/mm<sup>2</sup>. 2. Kekuatan tarik terendah diperoleh komposit serat E-glass Random dengan nilai 115,01 N/mm<sup>2</sup>, dan 3. Sedangkan kekuatan tarik untuk komposit serat E-glass WR dan serat Hibrid memiliki kekuatan yang hampir sama yaitu masing-masing dengan nilai 196,30 N/mm<sup>2</sup> dan 198,25 N/mm<sup>2</sup>.

Penelitian yang dilakukan oleh (Hermansyah, 2011) Bahan komposit dapat diklasifikasikan ke dalam beberapa jenis, tergantung pada geometri dan jenis

seratnya. Hal ini dapat dimengerti karena serat merupakan unsur utama dalam bahan komposit tersebut. Sifat-sifat dari bahan komposit, seperti kekakuan, kekuatan, dan ketahanan tergantung dari geometri dan sifat-sifat seratnya. Dari penelitian yang dilakuakn menggunakan serat nanas, Kekuatan tarik maksimum terdapat pada komposit yang memiliki orientasi serat  $0^0$  ;  $45^0$  didapatkan kekuatan tarik komposit  $54,26 \text{ N/mm}^2$  yang menghasilkan sifat mekanik yang lebih baik dibandingkan orientasi serat  $0^0$  yang menghasilkan kekuatan tarik  $43,88 \text{ N/mm}^2$  , dan didapatkan kekuatan tarik komposit pada orientasi serat  $0^0$  ;  $90^0$  adalah  $46,85 \text{ N/mm}^2$ , dan menurut penilitian lain yang dilakuakn oleh (Hatta, 2016) Pengaruh arah serat komposit terhadap kekuatan geser “*Carbon Fiber Reinforced Plastics (CFRP)*” berdasarkan model *Iosipescu*.

(Dipak Kumar Jesthia, 2018) dalam penelitiannya yang berjudul *Effect of carbon/glass fiber symmetric inter-ply sequence on mechanical properties of polymer matrix composites*, mengatankan bahwa Penggunaan *glass/carbon fiber reinforced polymer composites* di industri meningkat dari hari ke hari. Komposit polimer yang diperkuat serat karbon menunjukkan sifat mekanik yang lebih baik daripada komposit polimer yang diperkuat serat kaca. Namun, kegagalan katastroofik diamati pada komposit serat karbon karena elongasi serat karbon yang rendah. Untuk mencapai kemampuan adaptasi desain dan pengurangan biaya, ada kebutuhan untuk mengembangkan komposit *carbon / glass hybrid composite* dan mengevaluasi sifat mekaniknya.

Umumnya material komposit yang banyak digunakan berasal dari serat “*Carbon Fiber Reinforced Plastics (CFRP)*”.Material komposit mempunyai

kelebihan, karena sifatnya yang ringan, mudah dibentuk dan tahan terhadap serangan korosi, akan tetapi kekuatannya baik geser maupun tarik sangat tergantung pada arah seratnya. Hasil Analisis menunjukkan bahwa kekuatan geser material komposit yang terbuat dari serat karbon atau *CFRP* yang mengalami takikan model *Iosipescu*, sangat tergantung pada arah orientasi serat dan jumlah lapisan yang dibuat. Menurut (Hatta, 2016) Hal ini dibuktikan bahwa untuk arah orientasi serat nol derajat atau  $[0]_8^s$  mempunyai kekuatan geser rerata sebesar  $40,54 \text{ N/mm}^2$  dengan nilai modulus geser sebesar  $50,675 \text{ GPa}$ . Sedangkan untuk arah orientasi serat  $\pm 45$  derajat atau  $[(\pm 45)]_8^s$  kekuatan geser reratanya sebesar  $66,28 \text{ N/mm}^2$  dengan nilai modulus gesernya sebesar  $6,36 \text{ GPa}$ . Untuk variasi lapisan arah orientasi serat nol derajat dan 90 derajat atau  $[(0,90)]_4^s$ , kekuatan geser reratanya sebesar  $63,22 \text{ N/mm}^2$  dengan nilai modulus geser sebesar  $55,46 \text{ GPa}$ . Sedangkan untuk variasi arah orientasi serat nol derajat,  $\pm 45$  derajat dan 90 derajat atau  $[(0, \pm 45, 90)]_2^s$ , kekuatan geser reratanya sebesar  $75,87 \text{ N/mm}^2$  dengan nilai modulus gesernya sebesar  $19,21 \text{ GPa}$ . Untuk variasi lapisan arah orientasi serat nol derajat dan  $\pm 45$  derajat kekuatan geser reratanya sebesar  $50,81 \text{ N/mm}^2$  dengan nilai modulus geser sebesar  $40,98 \text{ GPa}$ , dan untuk variasi arah orientasi serat 90 derajat dan  $\pm 45$  derajat kekuatan geser reratanya sebesar  $57,83 \text{ N/mm}^2$  dengan nilai modulus gesernya sebesar  $7,99 \text{ GPa}$ .

## 2.2. Landasan Teori

### 2.2.1 Komposit

Komposit adalah suatu material yang terdiri dari dua atau lebih bahan yang disusun sedemikian rupa sehingga diperoleh kombinasi sifat fisik dan mekanis yang lebih baik (Asfarizal, *et al.*, 2016: 24). Material komposit memiliki kelebihan dari segi kegunaan dan ekonomis, mulai dari kekuatan yang tinggi dan daya tahan terhadap bobot yang lebih ringan (Reddy, *et al.*, 2018: 5649). Sifat dan karakter dari komposit ditentukan oleh material penyusunnya, bentuk dan susunan struktural penyusunnya, dan interaksi antar penyusun. Komposit disusun oleh 2 unsur material tanpa mengubah sifat dari masing-masing material tersebut.

### 2.2.2 Bagian Utama Penyusun Komposit

Menurut Campbell, (2010: 1) terdapat 2 unsur penyusun komposit, yaitu *reinforcement* dan matrik.

#### a. Reinforcement

Salah satu bagian utama dari komposit adalah *reinforcement* (penguat). *Reinforcement* lebih keras, kuat dan kaku dari pada bagian lain pada komposit. Salah satu dari penguat tersebut adalah serat. Serat (*fiber*) adalah suatu jenis bahan berupa potongan-potongan komponen yang membentuk jaringan memanjang yang utuh. Serat dapat digolongkan menjadi dua jenis yaitu :

#### 1) Serat Alami

Serat alami adalah serat yang diperoleh dari alam seperti serat dari tumbuhan dan hewan. Serat dari alam sangat baik karena serat ini dapat terurai secara alami.

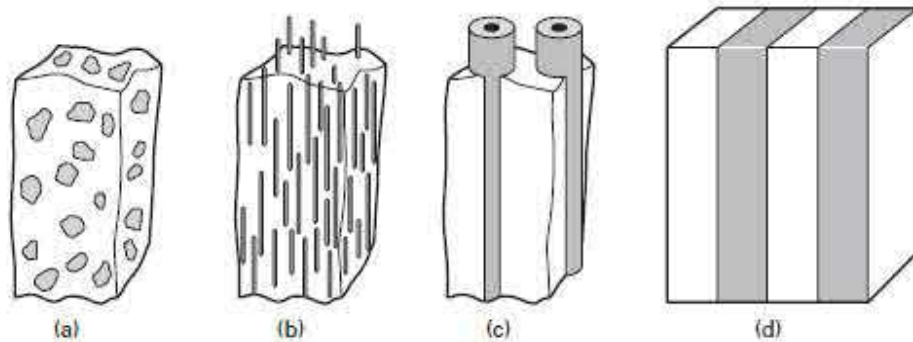
## 2) Serat Sintesis (serat buatan manusia)

Serat sintesis adalah serat yang terbuat dari bahan sintesis. Tujuan utama dari pembuatan serat ini untuk memenuhi kebutuhan serat yang mempunyai daya tahan terhadap temperature yang ekstrim, dapat menyerap energi besar saat mendapat tekanan tinggi, dan mudah dilakukan modifikasi warna ataupun bentuk.

Berdasarkan jenis penguat, komposit dibagi menjadi 4 (Meyers dan Chawla, 2009: 765), yaitu:

1. Komposit berpenguat partikel (*particle reinforcement composite*)  
Komposit berpenguat partikel merupakan komposit yang menggunakan partikel/serbuk sebagai penguatnya dan terdistribusi secara merata dalam matriknya. Partikel dapat berupa logam atau non-logam.
2. Komposit serat pendek (*short fiber composite*)  
Serat pendek mempunyai orientasi acak dan tidak teratur. Fungsi utama serat adalah sebagai penopang kekuatan dari komposit, sehingga besarnya kekuatan komposit tergantung dari serat yang digunakan.
3. Komposit serat panjang (*continuous fiber reinforced*)  
Serat yang digunakan adalah serat panjang yang tidak terputus hingga ujung lamina material komposit. Serat yang bisa digunakan adalah serat organik/alam (selulosa, polipropilena, ijuk, goni, rami dan bambu), serat kaca, serat karbon, dan serat aramid.
4. Komposit berlapis (*laminated composite*), komposit ini dibentuk oleh penguat berbentuk lembaran-lembaran yang tersusun secara tuN/mm<sup>2</sup>ng

tindih. Tiap lapisan yang tersusun mempunyai struktur tertentu yang berbeda. sehingga akan saling menguatkan antara lapisan.



Gambar 2. 1 Tipe penguat komposit, (a) Komposit berpenguat partikel, (b) Komposit serat pendek, (c) Komposit serat panjang, (d) Komposit berlapis (Meyrs dan Chawla, 2009: 766)

#### b. Matrik

Matrik adalah bagian komposit yang mempunyai prosentase *volume* terbesar (dominan). Matrik mempunyai fungsi sebagai berikut :

- 1) Mentransfer tegangan ke serat secara merata.
- 2) Melindungi serat dari gesekan mekanis.
- 3) Mempertahankan serat pada posisinya.

Berdasarkan matrik penyusunnya, komposit dibagi menjadi 3 (Meyrs dan Chawla, 2009: 765), yaitu:

1. Komposit matrik polimer/*Polymer Matrik Composites* (PMC).  
Komposit ini menggunakan polimer sebagai matrik.
2. Komposit matrik logam/*Metal Matrik Composite* (MMC).  
Komposit ini menggunakan polimer sebagai matrik.
3. Komposit Matrik Keramik / *Ceramic Matrik Composite* (CMC)  
Matrik yang digunakan adalah keramik.

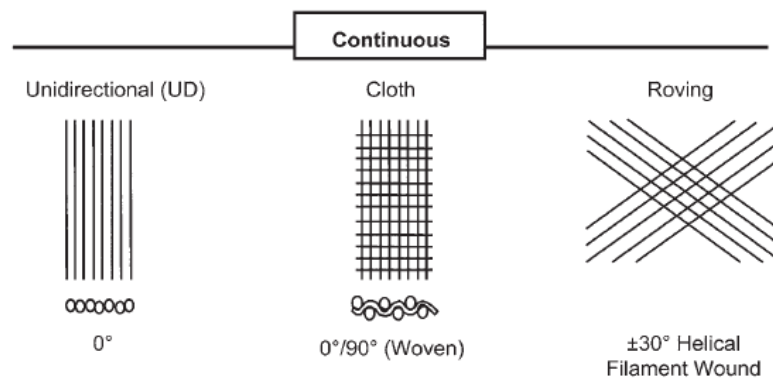
### 2.2.3 Jenis Serat Penguat Komposit

Ada 2 jenis serat penguat komposit (Campbell, 2010: 1), yaitu serat panjang / tidak terputus dan serat pendek atau serat terputus:

a. Serat panjang / tidak terputus (continuous fiber)

Komposit serat kontinyu disusun menjadi komposit berlapis dengan menumpuk beberapa lapisan serat kontinyu yang berbeda orientasi. Ada beberapa orientasi pada penyusunan *fiber continuous*, yaitu:

- 1) *Unidirectional*, terdiri dari 1 arah serat ( $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$  dan  $(-45^\circ)$ ).
- 2) *Cloth (woven)*, arah seratnya tersusun secara tegak lurus ( $0^\circ$  dan  $90^\circ$ ).
- 3) *Roving*, arah serat tersusun secara silang ( $\pm 30^\circ$ ).



**Gambar 2. 2 Serat panjang/tidak terputus (*continuous fiber*) (Campbell, 2010: 2)**

b. Serat pendek (discontinuous fiber)

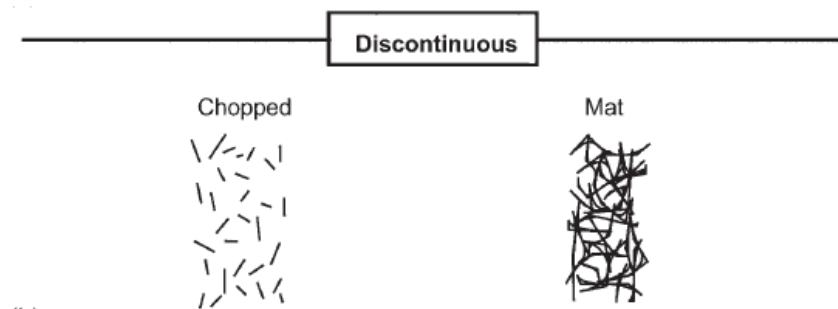
Komposit ini terdiri dari serat-serat pendek yang tersusun secara acak.

Terdapat 2 macam jenis serat pendek, yaitu:

- 1) *Chopped*, serat lurus yang mempunyai panjang dan diameter serupa. Penyusunan menjadi lamina dilakukan secara acak tanpa memperhatikan orientasi sudut serat.



- 2) *Mat*, serat yang digunakan mempunyai ukuran yang tidak seragam. Dalam melakukan penyusunan pada material komposit juga tidak memperhatikan orientasi sudut serat.



**Gambar 2. 3 Serat pendek (*discontinuous fiber*) (Campbell, 2010: 2)**

#### 2.2.4 Jenis Lapisan Pada Komposit Berlapis

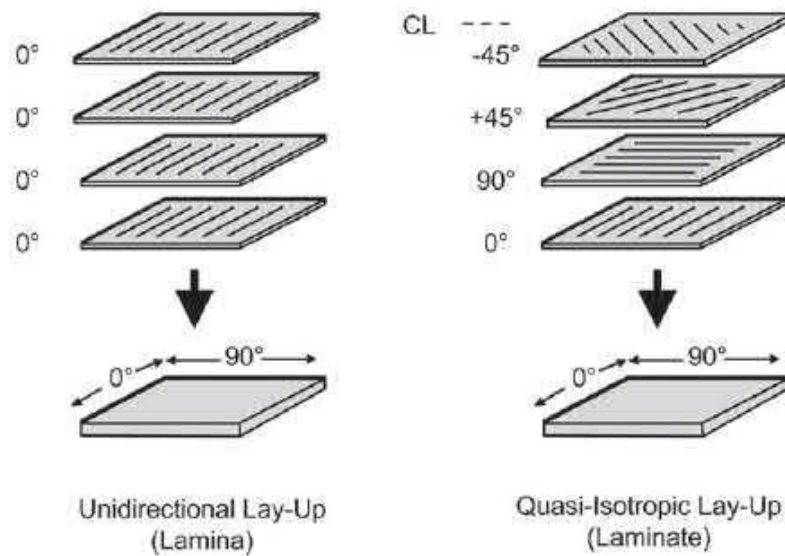
Terdapat 2 cara yang bisa dilakukan untuk menyusun komposit berlapis berdasarkan arah serat lapisan (Campbell, 2010: 7), yaitu:

- a. Lamina (unidirectional laminate)

Lamina adalah komposit dengan lapisan yang terusun pada orientasi sudut serat yang sama dan hanya menggunakan 1 orientasi saja yang sama.

- b. Laminate (quasi-isotropic)

Merupakan komposit dengan susunan lapisan yang mempunyai orientasi sudut serat berbeda. Terdapat beberapa orientasi sudut yang digunakan pada tiap lapisan serat pada komposit.



Gambar 2. 4 Lamina dan laminate (Campbell, 2010: 7)

### 2.2.5 Karakteristik Material Komposit

#### a. Kekuatan tarik (stress)

Kekuatan tarik adalah tegangan maksimum yang bisa ditahan oleh sebuah bahan ketika diregangkan atau ditarik, sebelum bahan patah. Kekuatan tarik komposit dapat dirumuskan dengan persamaan (Meyers dan Chawla, 2009: 780):

$$\sigma_c = \sigma_f V_f + \sigma_m V_m \dots\dots\dots 2.1$$

Di mana  $\sigma$  adalah kekuatan tarik,  $V$  adalah fraksi *volume*, dan  $c$ ,  $f$  dan  $m$  merupakan komposit, serat (*reinforcement*) dan matrik.

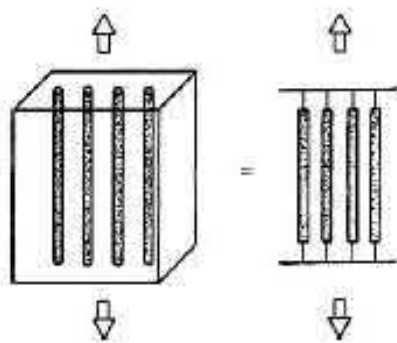
#### b. Modulus elastisitas (Young modulus)

Modulus elastisitas adalah ketahanan bahan untuk mengalami deformasi elastis ketika gaya diterapkan pada benda itu. Terdapat 2 aturan untuk menentukan nilai modulus (Meyers dan Chawla, 2009: 776), yaitu:

- 1) *Longitudinal response (action in parallel)*, pembebanan ditekankan pada arah serat. Persamaan modulus dapat dinyatakan dengan:

$$E_c = E_m V_m + E_f V_f \dots\dots\dots 2.2$$

Di mana  $E$  merupakan modulus elastis,  $V$  adalah fraksi *volume*, dan  $c, f$ , dan  $m$  merupakan komposit, serat (*reinforcement*) dan matrik.

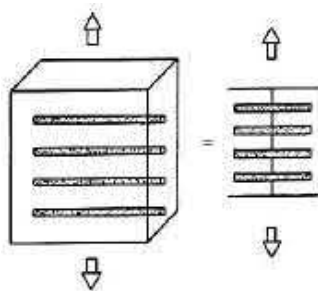


**Gambar 2. 5 Respons longitudinal (Meyrs dan Chawla, 2009: 775)**

- 2) *Transverse response (action in series)*, pembebanan yang dilakukan berpusat pada ikatan antara penguat dengan pengikat. Persamaan modulus dapat dinyatakan dengan:

$$\frac{1}{E_c} = \frac{V_f}{E_f} + \frac{V_m}{E_m} \dots\dots\dots 2.3$$

Di mana  $E$  merupakan modulus elastis,  $V$  adalah fraksi *volume*, dan  $c, f$  dan  $m$  merupakan komposit, serat (*reinforcement*) dan matrik.



**Gambar 2. 6 Respons transversal (Meyrs dan Chawla, 2009: 776)**

c. Densitas (massa jenis)

Massa jenis adalah pengukuran massa setiap satuan volume benda. Semakin tinggi massa jenis, maka semakin besar pula massa setiap volumenya. Masa jenis komposit dirumuskan sebagai (Meyers dan Chawla, 2009: 775):

$$\rho_c = \rho_m V_m + \rho_r V_r \dots\dots\dots 2.4$$

Di mana  $\rho$  merupakan massa jenis,  $V$  adalah fraksi *volume*, dan  $c$ ,  $r$  dan  $m$  merupakan komposit, serat (*reinforcement*) dan matrik.

d. Kekerasan

Kekerasan suatu komposit tergantung pada beberapa faktor (Meyers dan Chawla, 2009: 785), yaitu komposisi dan mikrostruktur dari matrik, tipe, ukuran, dan orientasi penguat, dan proses pembuatan komposit, yang mana berdaN/mm<sup>2</sup>k pada mikrostruktur komposit.

### 2.2.6 Fraksi *volume* dan massa

Dalam membuat suatu material yang terdiri dari 2 atau lebih campuran zat berbeda, maka harus diketahui prosentase *volume* atau massa dari masing-masing zat. Tujuannya adalah untuk mempermudah dalam melakukan pembagian prosentase *volume* atau massa dalam campuran zat dan mendapatkan nilai campuran serat dengan penguat yang memberikan hasil paling baik.

Fraksi *volume* dan massa dapat dihitung dengan Persamaan dibawah ini:

*Volume* komposit dapat dihitung dengan:

$$V_f + V_m = V_c \dots\dots\dots 2.5$$

$$\frac{m_f}{\rho_f} + \frac{m_m}{\rho_m} = \frac{m_c}{\rho_c} \dots\dots\dots 2.6$$

Massa komposit dapat dihitung dengan:

$$m_f + m_m = m_c \dots\dots\dots 2.7$$

Fraksi volume komposit dapat dihitung dengan:

$$V_f + V_m = V_c \dots\dots\dots 2.8$$

Fraksi volume serat dapat dihitung dengan:

$$V_f = \frac{v_f}{v_c} \times 100 \% \dots\dots\dots 2.9$$

Fraksi berat serat dapat dihitung dengan:

$$W_f = \frac{m_f}{m_c} \times 100 \% \dots\dots\dots 2.10$$

Keterangan:

$V_f$  = Fraksi *volume* serat (%)

$V_m$  = Fraksi massa matrik (%)

$V_c$  = Fraksi komposit (%)

$\rho_f$  = Massa jenis serat ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )

$\rho_m$  = Massa jenis matrik ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )

$\rho_c$  = Massa jenis komposit ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )

$m_f$  = Massa serat (gram)

$m_c$  = Massa komposit (gram)

$m_m$  = Massa matrik (gram)

$W_f$  = Fraksi berat serat (%)

### 2.2.7 Glass Fiber

Serat gelas atau kaca juga biasa disebut *glass fiber* dalam istilah asingnya, biasa dipakai untuk penguat komposit. Serat kaca adalah yang paling umum dari semua serat penguat untuk matrik polimer komposit (*Polimer Matrik Composite*). Serat kaca sebagai penguat komposit biasa digunakan oleh industri otomotif dan perlengkapan olahraga seperti juga model pesawat terbang. Keuntungan utama dari serat kaca adalah biaya rendah, tinggi kekuatan tarik dan ketahanan kimia yang tinggi, untuk kerugiannya adalah modulus tarik relatif

rendah dan ketahanan leleh relatif rendah (Mallick, 2008). Serat kaca memiliki dua jenis yaitu *E-glass* dan *S-glass* yang digunakan oleh industri. Hal yang membedakan yaitu sifat mekanis dan biaya produksi serat itu sendiri. Serat *S-glass* lebih tinggi biaya produksinya dibandingkan serat *E-glass*, untuk sifat mekanis *S-glass* lebih tinggi kekuatannya dibandingkan serat *E-glass*. Tingkat perbedaan sifat mekanis antara *E-glass* dan *S-glass* seperti pada Tabel 2.12.

**Tabel 2. 1 Sifat Mekanis *Fiber Glass***

(Hadi, 2000: 7)

Bahan	Modulus Tarik (GPa)	Kekuatan Tarik (MPa)	Massa Jenis (g/cm <sup>3</sup> )
Serat			
<i>E-glass</i>	72,5	3500	2,54
<i>S-glass</i>	85,5	4600	2,48

### 2.2.8 *Carbon Fiber*

Serat karbon yang biasa disebut *carbon fiber* dalam istilah asingnya, biasa dipakai untuk penguat komposit. Serat karbon sebagian besar digunakan di industri kedirgantaraan, yang dimana melihat berat jenis bahan dianggap lebih penting daripada biaya pembuatan komponen. Keuntungan dari serat karbon yaitu biaya lebih rendah, berat jenis rendah dari serat kaca, kekuatan tarik dan tekan yang tinggi, untuk kerugiannya yaitu ketahanan benturan yang rendah dan konduktivitas yang tinggi, sehingga menyebabkan konslet di mesin listrik bila

tidak dilindungi. Memiliki nilai sifat mekanis modulus tarik sebesar 276 GPa dan kekuatan tarik 5413 MPa dengan berat jenis  $1,7 \text{ g/cm}^3$  (Gibson, 1994: 8).

### **2.2.9 Proses Pembuatan Spesimen Komposit**

Metode yang digunakan untuk untuk proses pembuatan dengan serat penguat termoset bermacam-macam seperti variasi material yang ada saat ini. Secara garis besar dapat dibedakan menjadi tiga kategori yaitu manual, semiautmatik dan otomatis.

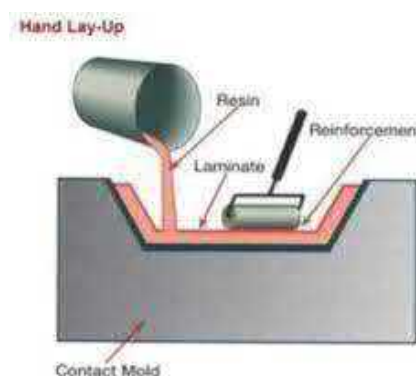
Proses manual terdiri dari hand layup, spray-up, pressure bag dan autoclave moulding, yaitu:

#### **1) Hand Lay-up**

Pada penelitian ini digunakan metode Hand Lay-Up. Metode ini lebih banyak digunakan untuk material dengan serat penguat, di Inggris hampir 40% menguasai pasar FRP. Keuntungan utamanya adalah proses yang sangat simpel sehingga dibutuhkan sedikit peralatan dan cetakan dapat dibuat dari gips, kayu, lembaran plat atau lembaran FRP. Langkah pertama adalah melapisi cetakan dengan pelapis (wax atau lapisan lilin) untuk mencegah cetakan lengket. Kemudian diikuti lapisan tipis ( $\pm 0,3-0,4 \text{ mm}$ ) resin murni disebut lapisan jel yang mempunyai beberapa fungsi. Pertama menutup lubang yang tidak teratur dan menambah penampilan produk ketika diambil dari cetakan. Kedua yang terpenting adalah melindungi kekuatannya dari serangan embun dimana cenderung mengurangi kekuatan serat atau resin. Lembaran tissue dapat digunakan untuk menjaga kebersihan lapisan jel. Ini menciptakan ketahanan

iN/mm<sup>2</sup> pada permukaan dan juga menyembunyikan tekstur kasar dari serat penguat. (pengisi). Bagaimanapun juga ini termasuk mahal dan hanya digunakan jika dianggap perlu.

Ketika lapisan jel mulai kering penguat utama diletakkan. Pertama kali dioleskan dan diikuti lapisan serat gelas dengan menggunakan tangan. Rol digunakan untuk melekatkan serat dan membuang udara yang terperangkap. Kelebihan dari teknik ini adalah kekuatan dan ketebalan komposit dapat dikontrol dengan menambah ketebalan dengan serat keinginan. Pengeringan dibutuhkan pada suhu ruangan tetapi panas kadang digunakan untuk mempercepat proses pengeringan. Idealnya penghalusan harus dilakukan sebelum benar-benar kering karena materialnya masih cukup lunak untuk pisau atau gunting untuk digunakan. Setelah kering maka perlu digerinda. Variasi dari proses dasar ini adalah cetakan *vacum bag* dan *pressure bag*. Dalam proses pertama sebuah fleksibel (biasanya karet) dijepit diatas adonan didalam cetakan dan tekanan vakum diaplikasikan antara cetakan dan kantong. Hal ini menghisap kantong (mendesak) kecetakan sehingga melekatkan lapisan serat penguat dan resin. Proses terakhir yang serupa tetapi tekanan diberikan diatas kantong menggantikan vakum.

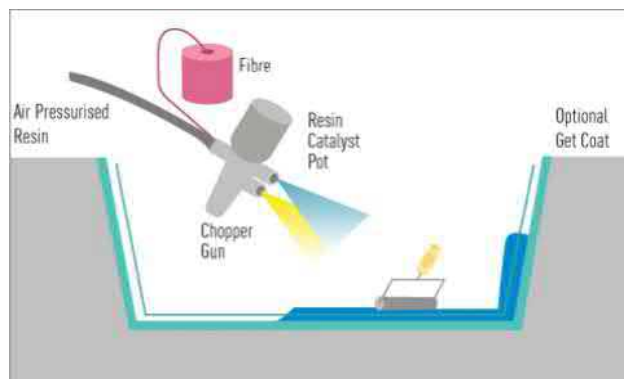


**Gambar 2.7 Metode Hand Lay-Up**



## 2) Spray-up

Dalam proses ini, langkah persiapan mirip dengan metode sebelumnya tetapi pemakaian lembaran serat penguat diganti menggunakan semprotan. Benang disalurkan ke unit penyemprot dan helai benang disemprot ke cetakan terus menerus dengan resin. Ketebalan cetakan dapat dengan mudah dibuat perbagian menjadi berkekuatan tinggi. Bagaimanapun juga keberhasilan metode ini tergantung pada kemampuan operator dari pengontrolan ketebalan komposit dan juga perbandingan serat dan resin.



**Gambar 2.8. Metode Spray Up**

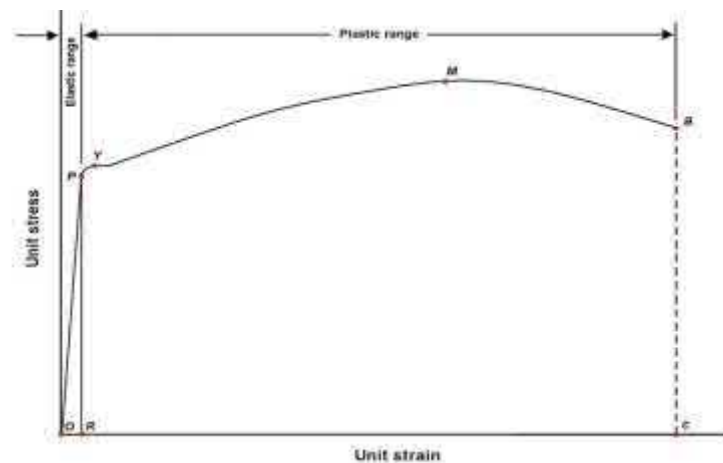
(Sumber: Gibson, F Ronald. 1994)

## 2.3 Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilakukan untuk mencari tegangan dan regangan (*stress strain test*). Pengujian yang dilakukan pada suatu material padatan (logam dan non logam) dapat memberikan keterangan yang relatif lengkap mengenai perilaku material tersebut terhadap pembebanan mekanis.

### 2.3.1 Batas proporsionalitas (*proportionality limit*)

Merupakan daerah batas dimana tegangan dan regangan mempunyai hubungan proporsionalitas satu dengan lainnya. Setiap penambahan tegangan akan diikuti dengan penambahan regangan secara proporsional dalam hubungan linier  $\sigma = E\varepsilon$  (bandingkan dengan hubungan  $y = mx$ ; dimana  $y$  mewakili tegangan;  $x$  mewakili regangan dan  $m$  mewakili slope kemiringan dari modulus kekakuan). Titik P pada Gambar 1.1 di bawah ini menunjukkan batas proporsionalitas dari kurva tegangan-regangan.



**Gambar 2. 7 Kurva tegangan-regangan dari sebuah benda uji terbuat baja ulet**

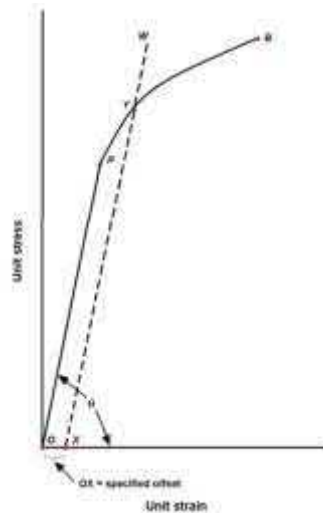
### 2.3.2 Batas elastis (*elastic limit*)

Daerah elastis adalah daerah dimana bahan akan kembali kepada panjang semula bila tegangan luar dihilangkan. Daerah proporsionalitas merupakan bagian dari batas elastik ini. Selanjutnya bila bahan terus diberikan tegangan (deformasi dari luar) maka batas elastis akan terlampaui pada akhirnya sehingga bahan tidak akan kembali kepada ukuran semula. Dengan kata lain dapat didefinisikan bahwa batas elastis merupakan suatu titik dimana tegangan yang diberikan akan menyebabkan terjadinya deformasi permanen (plastis) pertama

kalinya. Kebanyakan material teknik memiliki batas elastis yang hampir berimpitan dengan batas proporsionalitasnya.

### 2.3.3 Titik luluh (*yield point*) dan kekuatan luluh (*yield strength*)

Titik ini merupakan suatu batas dimana material akan terus mengalami deformasi tanpa adanya penambahan beban. Tegangan (*stress*) yang mengakibatkan bahan menunjukkan mekanisme luluh ini disebut *tegangan luluh* (*yield stress*). Titik luluh ditunjukkan oleh titik Y pada Gambar 1.1 di atas. Gejala luluh umumnya hanya ditunjukkan oleh logam-logam ulet dengan struktur Kristal BCC dan FCC yang membentuk interstitial solid solution dari atom-atom carbon, boron, hidrogen dan oksigen. Interaksi antara dislokasi dan atom-atom tersebut menyebabkan baja ulet seperti mild steel menunjukkan titik luluh bawah (*lower yield point*) dan titik luluh atas (*upper yield point*). Baja berkekuatan tinggi dan besi tuang yang getas umumnya tidak memperlihatkan batas luluh yang jelas. Untuk menentukan kekuatan luluh material seperti ini maka digunakan suatu metode yang dikenal sebagai *Metode Offset*. Dengan metode ini *kekuatan luluh* (*yield strength*) ditentukan sebagai tegangan dimana bahan memperlihatkan batas penyimpangan/deviasi tertentu dari proporsionalitas tegangan dan regangan . Pada Gambar 1.2 di bawah ini garis offset OX ditarik paralel dengan OP, sehingga perpotongan XW dan kurva tegangan-regangan memberikan titik Y sebagai kekuatan luluh. Umumnya garis offset OX diambil 0.1 – 0.2% dari regangan total dimulai dari titik O.



**Gambar 2. 8 Kurva tegangan-regangan dari sebuah benda uji terbuat dari bahan getas**

Kekuatan luluh atau titik luluh merupakan suatu gambaran kemampuan bahan menahan deformasi permanen bila digunakan dalam penggunaan struktural yang melibatkan pembebanan mekanik seperti tarik, tekan bending atau puntiran. Di sisi lain, batas luluh ini harus dicapai ataupun dilewati bila bahan (logam) dipakai dalam proses manufaktur produk- produk logam seperti proses *rolling*, *drawing*, *stretching* dan sebagainya. Dapat dikatakan bahwa titik luluh adalah suatu tingkat tegangan yang tidak boleh dilewati dalam penggunaan struktural (*in service*) dan harus dilewati dalam proses manufaktur logam (*forming process*)

#### 2.3.4 Kekuatan tarik maksimum (*ultimate tensile strength*)

Merupakan tegangan maksimum yang dapat ditanggung oleh material sebelum terjadinya perpecahan (*fracture*). Nilai kekuatan tarik maksimum  $\sigma_{uts}$  ditentukan dari beban maksimum  $F_{maks}$  dibagi luas penampang awal  $A_0$ .

$$UTS = \frac{F_{maks}}{A_0} \dots \dots \dots (2.6)$$

Pada bahan ulet tegangan maksimum ini ditunjukkan oleh titik M (Gambar 1.1) dan selanjutnya bahan akan terus berdeformasi hingga titik B. Bahan yang bersifat getas memberikan perilaku yang berbeda dimana tegangan maksimum sekaligus tegangan perputahan (titik B pada Gambar 1.2). Dalam kaitannya dengan penggunaan structural maupun dalam proses forming bahan, kekuatan maksimum adalah batas tegangan yang *sama sekali tidak boleh dilewati*.

### 2.3.5 Kekuatan Putus (*breaking strength*)

Kekuatan putus ditentukan dengan membagi beban pada saat benda uji putus ( $F_{breaking}$ ) dengan luas penampang awal  $A_0$ . Untuk bahan yang bersifat ulet pada saat beban maksimum M terlaN/mm<sup>2</sup>ui dan bahan terus terdeformasi hingga titik putus B maka terjadi mekanisme penciutan (*necking*) sebagai akibat adanya suatu deformasi yang terlokalisasi. Pada bahan ulet kekuatan putus adalah lebih kecil daripada kekuatan maksimum sementara pada bahan getas kekuatan putus adalah sama dengan kekuatan maksimumnya.

### 2.3.6 Keuletan (*ductility*)

Keuletan merupakan suatu sifat yang menggambarkan kemampuan logam menahan deformasi hingga terjadinya perputahan. Sifat ini, dalam beberapa tingkatan, harus dimiliki oleh bahan bila ingin dibentuk (*forming*) melalui proses *rolling, bending, stretching, drawing, hammering, cutting* dan sebagainya. Pengujian tarik memberikan dua metode pengukuran keuletan bahan yaitu:

### 2.3.7 Persentase perpanjangan (*elongation*)

Diukur sebagai penambahan panjang ukur setelah perputahan terhadap panjang awalnya.

$$\text{Elongasi, } \varepsilon (\%) = [(L_f - L_o) / L_o] \times 100\% \dots \dots \dots (2.7)$$

dimana  $L_f$  adalah panjang akhir dan  $L_o$  panjang awal dari benda uji.

### 2.3.8 Persentase pengurangan/reduksi penaN/mm<sup>2</sup>ng (*Area Reduction*)

Diukur sebagai pengurangan luas penaN/mm<sup>2</sup>ng (cross-section) setelah perpatahan terhadap luas penaN/mm<sup>2</sup>ng awalnya.

$$\text{Reduksi penaN/mm}^2\text{ng, } R (\%) = [(A_o - A_f) / A_o] \times 100\% \dots \dots \dots (2.8)$$

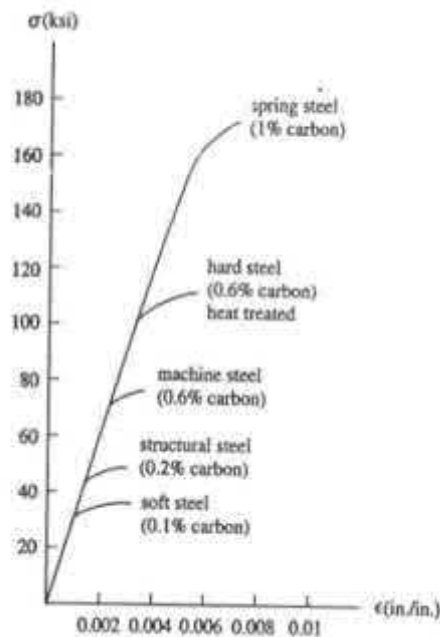
dimana  $A_f$  adalah luas penaN/mm<sup>2</sup>ng akhir dan  $A_o$  luas penaN/mm<sup>2</sup>ng awal.

### 2.3.9 Modulus elastisitas ( $E$ )

Modulus elastisitas atau modulus Young merupakan ukuran kekakuan suatu material. Semakin besar harga modulus ini maka semakin kecil regangan elastis yang terjadi pada suatu tingkat pembebanan tertentu, atau dapat dikatakan material tersebut semakin kaku (*stiff*). Pada grafik tegangan-regangan (Gambar 1.1 dan 1.2), modulus kekakuan tersebut dapat dihitung dari slope kemiringan garis elastis yang linier, diberikan oleh:

$$E = \sigma / \varepsilon \text{ atau } E = \tan \alpha \dots \dots \dots (2.9)$$

dimana  $\alpha$  adalah sudut yang dibentuk oleh daerah elastis kurva tegangan-regangan. Modulus elastisitas suatu material ditentukan oleh energi ikat antar atom-atom, sehingga besarnya nilai modulus ini tidak dapat dirubah oleh suatu proses tanpa merubah struktur bahan. Sebagai contoh diberikan oleh Gambar 1.3 di bawah ini yang menunjukkan grafik tegangan-regangan beberapa jenis baja:



**Gambar 2. 9 Grafik tegangan-regangan beberapa baja yang memperlihatkan kesamaan modulus kekakuan**

### 2.3.10 Modulus kelentingan (*modulus of resilience*)

Mewakili kemampuan material untuk menyerap energi dari luar tanpa terjadinya kerusakan. Nilai modulus dapat diperoleh dari luas segitiga yang dibentuk oleh *area elastik* diagram tegangan-regangan

### 2.3.11 Modulus ketangguhan (*modulus of toughness*)

Merupakan kemampuan material dalam menyerap energi hingga terjadinya perputahan. Secara kuantitatif dapat ditentukan dari luas area keseluruhan di bawah kurva teganganregangan hasil pengujian tarik seperti Gambar 2.10. Pertimbangan disain yang mengikut sertakan modulus ketangguhan menjadi sangat penting untuk komponen-komponen yang mungkin mengalami

pembebanan berlebih secara tidak disengaja. Material dengan modulus ketangguhan yang tinggi akan mengalami distorsi yang besar karena pembebanan berlebih, tetapi hal ini tetap disukai dibandingkan material dengan modulus yang rendah dimana perpatahan akan terjadi tanpa suatu peringatan terlebih dahulu.

## 2.4 Rangka Bus

Bus merupakan salah satu kendaraan bermotor yang dapat membawa banyak penumpang. Oleh sebab itu, bus harus didesain agar dapat memberikan rasa aman bagi penumpang dan pengemudinya. Struktur rangka bus adalah salah satu bagian dari sebuah bus yang berfungsi sebagai rumah-rumah dari kendaraan tersebut. Dalam berbagai kasus kecelakaan, struktur rangka sangat mempengaruhi keselamatan dari pengguna bus. Salah satu diantaranya yaitu kecelakaan bus terguling (rollover), dimana kecelakaan tersebut mengakibatkan korban mengalami cedera bahkan menewaskan penumpang di dalam bus. (Subarkah,2018)

**Tabel 2. Karakteristik Rangka Bus**

Material propertis	Nilai
Densitas	77 – 8.03 gr/cm <sup>3</sup>
Poisson Ratio	0.27 – 0.30
Tensile Strength	365 MPa
Yield Streght	305 MPa
Modulus Elastisitas	190 – 210 GPa
Modulus Tangent	1.45 Gpa



## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat didapatkan beberapa kesimpulan yaitu sebagai berikut:

1. Pengaruh orientasi serat berpengaruh terhadap kekutan tarik material semakin panjang serat semakin tinggi besar nilai kekuatan tarik yang dihasilkan terjadi pada orientasi serat  $90^0$  pada *fiber glass* dan *fiber carbon* yaitu sebesar  $500 \text{ N/mm}^2$  dan  $620 \text{ N/mm}^2$ .
2. Varasi perbandingan orientasi sudut serat pada komposit serat *Fiber glass* dan *fiber carbon* paada orientasi  $0^0, 45^0$ , dan  $90^0$  kekauatn tarik yang didapat lebih besar dibandingkan dengan fiber glass sedangkan pada orientasi serai  $30^0$  dan  $60^0$  fiber glass lebih unggul.
3. Kombinasi sifat terbaik berdasarkan kekuatan tarik terdapat pada orientasi serat  $90^0$  fiber carbon dan pada fiberglass terdapt pada orientasi serat  $60^0$

#### **5.2 Saran**

Saran yang dapat diberikan terhadap penelitian pengaruh orientasi sudut serat ijuk komposit *Fiber gla*aterhadp kekuatan *bending* dan tarik adalah sebagai berikut..

1. Penggunaan serat yang lebih seragam baik dari diameter serat dan jenis serat (*continuous fiber*) ataupun woven dan perlu penggunaan alat bantu dalam

2. penyusunan orientas serat agar didapatkan orientasi serat yang seragam dan distribusi yang merata.
3. Perlu penggunaan matrik lain yang mempunyai sifat mekanis lebih baik dari *polyester*.
4. Penggunaan metode lamina pada lapisan orientasi serat.

## DAFTAR PUSTAKA

- ASTM, D 3039. *Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials*. West Conshohocken, United States: ASTM International Standard.
- Campbell, F. C., 2010. *Structure Composite Material*. ASM International.
- Callister, W. D. 2007. *Material Science And Engineering*. 7<sup>th</sup> ed. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Gibson, R. F. 2012. *Principles Of Composite Material Mechanic*. Edisi Ketiga. Boca Raton: CRC Press.
- Hatta, i. (2016). Pengaruh arah serat komposit terhadap kekuatan geser “carbon. *Seminar nasional iptek penerbangan dan antariksa xx-2016*.
- Hermansyah, H. F. ( 2011). *Pengaruh orientasi serat pada komposit resin polyester/*, 46-52.
- Ishak, M. R., S. M. Sapuan, Z. Lema, M. Z. A. Rahman, dan U. M. K. Anwar. 2012. Characterization of Sugar Palm (Arenga Pinnata) Fibres. *Jurnal Therm Anal Calorim* 109: 981–989.
- Muhajir, M., M. A. Mizar, dan D. A. Sudjimat. 2016. Analisis Kekuatan Tarik
- Surdia, T. dan S. Saito. 1999. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Edisi Keempat. Jakarta: Pradnya Paramita..
- Mirwan irsyad, n. A. (2015). Sifat fisis dan mekanis pada komposit polyester serat batang pisang yang disusun asimetri [ 45° / -30° / 45° / -30° ].
- Mr. Santhosh Kumar. M, D. S. (2014). Study on Effect of Thickness and Fibre Orientation on a Tensile and Flexural Properties of a Hybrid Composite. 56-66.
- Munasir. (2011). Studi Pengaruh Orientasi Serat Fiber Glass Searah dan Dua Arah Single. *Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya (JPFA)*, ISSN: 2087-9946.
- Nugroho, w. T. ( 2015). Pengaruh model serat pada bahan fiberglass terhadap kekuatan, ketangguhan, dan kekerasan material. *Jurnal ilmiah inovasi*, 27 – 32,.
- Rusman nur ichsan, m. A. (2015). *Pengaruh susunan lamina komposit berpenguat serat e-glass dan serat carbon terhadap kekuatan tarik dengan matrik polyester*, 27 - 39.
- Wilmesa, A., & Hornbergera, K. (2015). Influence of Fiber Orientation and Multiaxiality on the Fatigue. *Procedia Engineering*, 148 – 160.