

# ANALISIS PENGARUH TEXTURE SERAT TERHADAP SIFAT FISIK DAN MEKANIK ARAMID EPOKSI PREPREG

Dwi Istanta – 40201211095

## ABSTRAK

Pada Tugas Akhir ini, penulis akan melakukan penelitian pada material komposit *prepreg* dengan melakukan uji fisik dan mekanik. Proses uji fisik akan diperoleh sifat dari fisik material. Sifat fisik material adalah kandungan resin, berat *prepreg*, berat serat, jumlah penguapan *resin*, aliran *resin*, *gel time*, dan ketebalan specimen K285 K120.

Pengujian mekanik diantaranya adalah uji tarik dan pengujian *interlaminar shear strength*. Sebelum melakukan uji mekanik dan pengujian *interlaminar shear*, maka harus membuat terlebih dahulu beberapa spesimen. Langkah awal untuk membuat spesimen adalah memotong *prepreg* dengan ukuran 150 mm x 300 mm sebanyak 21 spesimen untuk tipe serat K120 dan 10 spesimen untuk K285. *Prepreg* disusun per *layer* menjadi laminasi dan kemudian ratakan. Selama proses *curing* dengan metode *autoclave*, spesimen yang telah di *curing*, spesimen harus dipotong sesuai pada standar I+D+P-251. Proses pemotongan specimen selesai dilakukan, specimen siap untuk dilakukan uji tarik.

Hasil akhir dari pengujian tarik adalah mendapatkan hubungan dari modulus, strain, dan stress. Hasil akhir pengujian tarik dari specimen K285 dan K120 adalah specimen K285 memiliki nilai ultimate stress yang lebih tinggi dibandingkan specimen K120. Hasil uji tarik nilai *stress* yang terbesar dimiliki oleh specimen K285 dengan nilai 480,58 Mpa. Nilai *stress* tergantung terhadap nilai *denier*. Bahwa semakin besar nilai *denier*-nya maka semakin tahan serat tersebut terhadap beban tarik yang diberikan.

Pada hasil pengujian *inter laminar shear* untuk specimen K285 memiliki nilai ILLS yang lebih tinggi dibandingkan dengan specimen K120. Nilai ILLS pada specimen dipengaruhi oleh jenis resin dan tipe serat yang dipakai. Dalam kasus ini kedua specimen K120 dan K285 menggunakan tipe resin yang sama yaitu *resin epoxy*. Sehingga dengan demikian pengaruh serat yang berperan dalam menentukan nilai ILLS dari kedua specimen uji tersebut. Serat untuk specimen K120 adalah plain fabric dan K285 4hardnes satin.

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang.

Manusia sejak dari dulu telah berusaha untuk menciptakan berbagai produk yang terdiri dari gabungan lebih dari satu bahan untuk menghasilkan suatu bahan yang lebih kuat, contohnya penggunaan jerami pendek untuk menguatkan batu bata di Mesir, panah orang Mongolia yang menggabungkan kayu, otot binatang, sutera, dan pedang samurai Jepang yang terdiri dari banyak lapisan oksida besi yang berat dan liat. Seiring dengan kemajuan zaman, untuk mengoptimalkan nilai efisiensi terhadap suatu produk maka dimulailah suatu pengembangan terhadap material, dan para ahli mulai menyadari bahwa suatu material tunggal (homogen) memiliki keterbatasan baik dari sisi mengadopsi desain yang dibuat maupun kondisi pasar.

Komposit terdiri atas suatu bahan utama yang berupa matriks (resin) dan penguat (*reinforcement*) yang ditambahkan untuk meningkatkan kekuatan dan kekakuan matriks. Penguat ini biasanya dalam bentuk serat (fiber). Komposit merupakan teknologi rekayasa material yang banyak dikembangkan dewasa ini karena material komposit mampu menggabungkan beberapa sifat material yang berbeda karakteristiknya menjadi sifat yang baru dan sesuai dengan disain yang direncanakan.

Pengembangan untuk memperoleh komposit dengan karakteristik yang kuat dan

ringan terus dilakukan termasuk metode untuk menyatukan matriks dengan serat. Pada penelitian ini menggunakan *material aramid epoksi prepreg* dari *cytec* dan dilakukan pengamatan mengenai “**ANALISIS PENGARUH TEXTURE SERAT TERHADAP SIFAT FISIK DAN MEKANIK ARAMID EPOKSI PREPREG**”.

### 1.2 Maksud dan Tujuan

Adapun maksud yang akan dicapai dalam penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui tentang komposit dan keuntungannya secara umum
2. Mengetahui bagaimana proses uji fisik dan mekanik yang dilaksanakan di laboratorium PT.DI

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan :

1. Menganalisis sifat fisik dari aramid epoksi prepreg 7714-57-K120-1270 fabric dan 7714-54-K285-1270 fabric
2. Menganalisis sifat mekanik (uji tarik dan ILSS) dari jenis aramid epoksi prepreg 714-57-K120-1270 fabric dan 7714-54-K285-1270 fabric hasil proses manufaktur dengan metode *dry lay-up* setelah di-curing pada temperatur 125<sup>0</sup> C dan tekanan 3 bar di dalam autoclave.

### 1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Untuk mendapatkan dan menganalisa sifat fisik aramid epoksi prepreg dan sifat mekanik aramid epoksi laminate, dari material 7714-57-

K120-1270 *fabric* dan 7714-54-K285-1270 dilakukan langkah-langkah sebagai berikut ;

1. Uji kandungan resin (*resin content*)
2. Uji kandungan resin yang menguap (*volatile content*)
3. Uji *flow of resin*
4. Uji *gel time*
5. Uji *thickness*
6. Uji kekuatan tarik komposit *laminat* (*stress, modulus dan strain*)
7. Uji *Interlaminar Shear Strength*

#### 1.4 Data dan Informasi

Metoda yang digunakan dalam penulisan Skripsi/Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Studi literatur yaitu dari buku-buku dan internet yang berhubungan dengan material untuk dijadikan bahan referensi dan informasi.
2. Mencari data-data dari internet melalui *google*
3. Wawancara, adalah teknik pengumpulan data dengan penjelasan secara langsung oleh dosen pembimbing tentang makalah yang dibahas.
4. Observasi, yaitu teknik melakukan analisis tentang bahan material komposit pada saat proses pengujian tarik

#### 1.5 Metode Penulisan

Metode yang digunakan dalam penulisan skripsi ini adalah dengan menggunakan deskriptif analisis yaitu suatu metode dengan cara mengumpulkan, menyajikan serta

menganalisa data sehingga dapat memberikan gambaran secara jelas mengenai masalah yang ada.

#### 1.6 Sistematika Penulisan

Sistem penulisan Skripsi/Tugas Akhir ini dibuat dengan tujuan untuk mengetahui isi dari Tugas Akhir tersebut, maka disusun sistematika sebagai berikut :

#### BAB I : PENDAHULUAN

Dalam pendahuluan menjelaskan tentang latar belakang masalah, maksud dan tujuan, ruang lingkup penulisan, teknik pengumpulan data, dan metode penulisan.

#### BAB II : LANDASAN TEORI

Pada bab ini menjelaskan penjabaran tentang teori-teori masalah komposit secara umum

#### BAB III TINJAUAN PERMASALAHAN

Dalam bab ini mencakup tentang bagaimana tahapan proses uji fisik dan mekanik serta alat dan bahan yang digunakan dalam proses pengujian tersebut

#### BAB 1V : PEMBAHASAN

Dalam bab ini membahas data yang diperoleh dari proses pengujian fisik dan mekanik untuk di analisa.

#### BAB VI : KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam bab ini yang berisi tentang hasil kesimpulan dari pembahasan serta saran dari para pembaca.

## LANDASAN TEORI

### 2.1 Umum

Perkembangan teknologi material telah melahirkan suatu material jenis baru yang dibangun secara bertumpuk dari beberapa lapisan. Material inilah yang disebut material komposit. Material komposit terdiri dari lebih dari satu tipe material dan dirancang untuk mendapatkan kombinasi karakteristik terbaik dari setiap komponen penyusunnya. Pada dasarnya, komposit dapat didefinisikan sebagai campuran makroskopik dari serat dan matriks. Serat merupakan material yang (umumnya) jauh lebih kuat dari matriks dan berfungsi memberikan kekuatan tarik. Sedangkan matriks berfungsi untuk melindungi serat dari efek lingkungan dan kerusakan akibat benturan. *Glass fibre* adalah material yang umum digunakan sebagai serat. Namun teknologi komposit saat ini telah banyak menggunakan karbon sebagai serat. Kelebihan komposit karbon adalah memiliki kekuatan lebih tinggi dan lebih ringan tetapi harganya lebih mahal dibandingkan dengan *glass fiber*<sup>1</sup>.

### 2.2 Landasan Teori

#### 2.2.1 Definisi Bahan Komposit

Menurut Matthews (1993), komposit adalah suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material pembentuknya melalui campuran yang tidak homogen, dimana sifat mekanik dari masing-masing material pembentuknya berbeda. Campuran tersebut akan dihasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik dan

karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya. Komposit merupakan sejumlah sistem multi fasa sifat dengan gabungan, yaitu gabungan antara bahan matriks atau pengikat dengan penguat. Bisa melihat definisi komposit ini dari beberapa tahap seperti yang telah digariskan oleh Schwartz<sup>2</sup>:

#### a. Tahap/Peringkat Atas

Suatu bahan yang terdiri dari dua atau lebih atom yang berbeda dikatakan sebagai bahan komposit. Ini termasuk alloy polimer dan keramik.

#### b. Tahap/Peringkat Mikrostruktur

Suatu bahan yang terdiri dari dua atau lebih struktur molekul atau fasa merupakan suatu komposit.

#### c. Tahap/Peringkat Makrostruktur

Merupakan gabungan bahan yang berbeda komposisi atau bentuk untuk mendapatkan suatu sifat atau ciri tertentu. Dimana gabungan masih tetap dalam bentuk asal, dimana dapat ditandai secara fisik dan memperlihatkan muka antara satu sama lain.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa bahan komposit (atau komposit) adalah suatu jenis bahan baru hasil rekayasa yang terdiri dari dua atau lebih bahan dimana sifat masing-masing bahan berbeda satu sama lainnya baik itu sifat kimia maupun fisika dan tetap terpisah dalam hasil akhir bahan tersebut (bahan komposit). Jika perpaduan ini terjadi dalam skala makroskopis, maka disebut sebagai komposit. Sedangkan jika perpaduan ini bersifat

mikroskopis (molekular level), maka disebut sebagai *alloy* (paduan). Komposit berbeda dengan paduan, untuk menghindari kesalahan dalam pengertiannya, oleh Van Vlack (1994) menjelaskan bahwa *alloy* (paduan) adalah kombinasi antara dua bahan atau lebih dimana bahan-bahan tersebut terjadi peleburan.

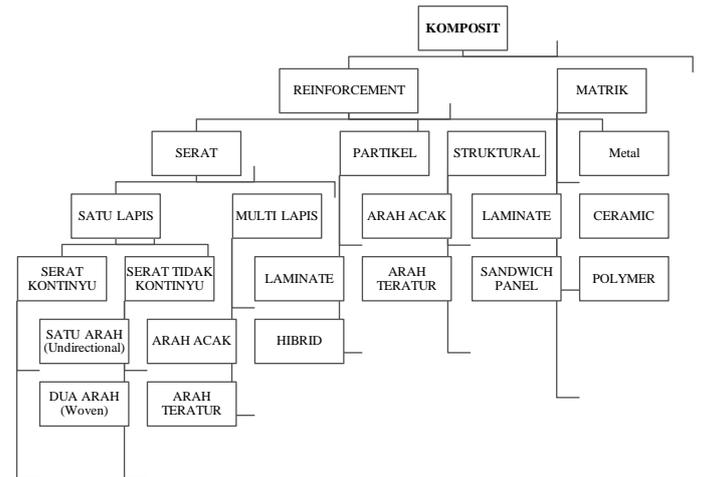
### 2.2.2 Tujuan Dibentuknya Komposit

Tujuan dibentuknya komposit yaitu sebagai berikut :

1. Memperbaiki sifat mekanik dan/atau sifat spesifik tertentu
2. Mempermudah desain yang sulit pada manufaktur
3. Keleluasaan dalam bentuk/design yang dapat menghemat biaya
4. Menjadikan bahan lebih ringan<sup>3</sup>.

### 2.2.3 Klasifikasi Komposit

Bahan komposit dapat diklasifikasikan ke dalam beberapa jenis, tergantung pada geometri dan jenis seratnya. Menurut Hadi (2000) bahan komposit yang umum dikenal dapat diklasifikasikan seperti pada Gambar 2.1. Hal ini dapat dimengerti karena serat merupakan unsur utama dalam bahan komposit tersebut. Sifat-sifat dari bahan komposit, seperti kekauan, kekuatan, keliatan dan ketahanan tergantung dari geometri dan sifat-sifat seratnya<sup>4</sup>.



Gambar 2.1 Klasifikasi Komposit

### 2.3 Bagian-bagian Utama dari Komposit

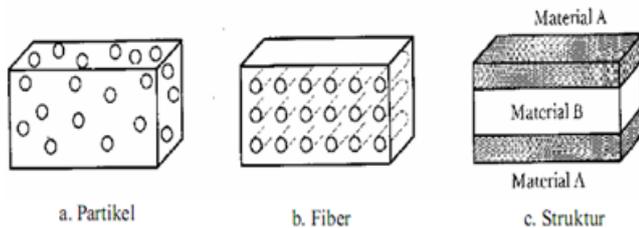
#### 2.3.1 Reinforcement

Salah satu bagian utama dari komposit adalah penguat (*reinforcement*) yang berfungsi sebagai penanggung beban utama pada komposit, sebagai contoh dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Ilustrasi *reinforcement* pada komposit

Adapun ilustrasi dari komposit berdasarkan *reinforcement*-nya dapat dilihat pada gambar 2.3<sup>5</sup>.



**Gambar 2.3. Ilustrasi komposit berdasarkan *reinforcement*-nya**

**a. Partikel sebagai penguat (*Particulate composite*)**

Keuntungan dari komposit yang disusun oleh *reinforcement* berbentuk partikel adalah sebagai berikut :

- a) Kekuatan lebih seragam pada berbagai arah
- b) Dapat digunakan untuk meningkatkan kekuatan dan meningkatkan kekerasan material
- c) Cara penguatan dan pengerasan oleh partikulat adalah dengan menghalangi pergerakan dislokasi.

**b. Fiber sebagai penguat (*Fiber composites*)**

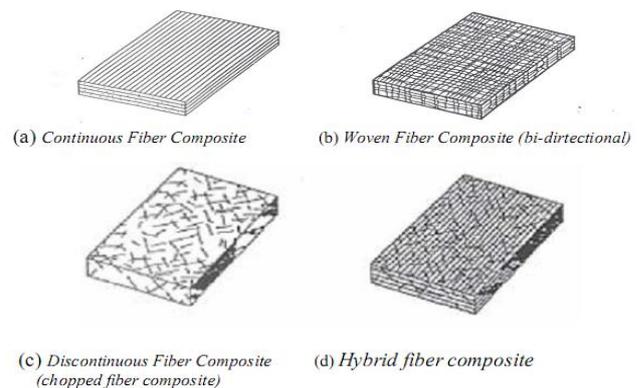
Fungsi utama dari serat adalah sebagai penopang kekuatan dari komposit, sehingga tinggi rendahnya kekuatan komposit sangat tergantung dari serat yang digunakan, karena tegangan yang dikenakan pada komposit mulanya diterima oleh matrik akan diteruskan kepada serat, sehingga serat akan menahan beban sampai beban maksimum. Oleh karena

itu serat harus mempunyai tegangan tarik dan modulus elastisitas yang lebih tinggi daripada matrik penyusun komposit.

*Fiber* yang digunakan harus memiliki syarat sebagai berikut :

- a) Mempunyai diameter yang lebih kecil dari diameter bulknya (matriksnya) namun harus lebih kuat dari bulknya
- b) Harus mempunyai *tensile strength* yang tinggi

Jenis serat pada komposit, dapat dilihat pada Gambar 2.4<sup>6</sup>.



**Gambar 2.4 Tipe serat pada komposit**

**a) *Continuous Fiber Composite***

*Continuous* atau *uni-directional*, mempunyai susunan serat panjang dan lurus, membentuk *lamina* diantara matriksnya, kekuatan jenis komposit ini terletak pada arah panjang serat. Kekurangan tipe ini adalah lemahnya kekuatan antar lapisan.

**b) *Woven Fiber Komposit (bi-directional)***

*Woven fabric* adalah *fabric* yang memiliki anyaman 2-D (dua dimensi atau dua arah). Komposit ini tidak mudah terpengaruh pemisahan antara lapisan karena susunan

seratnya juga mengikat antar lapisan. Akan tetapi susunan serat memanjangnya yang tidak begitu lurus mengakibatkan kekuatan dan kekakuan tidak sebaik tipe *continuous fiber*, susunan anyaman pada *woven* terbagi terdiri dari tiga anyaman yang ditunjukkan pada Gambar 2.5<sup>7</sup>.

#### ❖ Plain weave

*Plain weave* yang memiliki konstruksi yaitu satu *warp yarn* pada masing-masing *woven* di atas satu *fill yarn* dan setelah itu di bawah untuk *warp yarn*. *Plain weave* juga mempunyai bentuk anyamannya kuat, konstruksinya stabil. *Plain-wave fabrics* sangat cocok untuk *part* yang datar atau rata. *Strength* pada anyaman ini seragam pada kedua arahnya<sup>8</sup>.

#### ❖ Satin weave

*Satin weave* adalah satu dari tiga bentuk utama dari *textile weave*. *Satin weave* dikenal dengan serat yang halus.

#### ❖ Twill weave

*Twill weave* adalah tipe dari *textile weave* dengan sebuah pola diagonal *parallel ribs* berbeda dengan satin dan *plain weave*. Pola ini dilakukan dengan melewati satu atau lebih benang dan dimasukkan ke bawahnya dua atau lebih dan seterusnya, dengan langkah atau *offset* di antara barisan untuk menghasilkan karakteristik pola diagonal. Adapun gambar dari bentuk ketiga anyaman tersebut seperti pada Gambar 2.5<sup>9</sup>.



**Gambar 2.5 Tipe anyaman**

c) *Discontinuous Fiber Komposit (chopped fiber composite)*

Komposit yang mempunyai serat pendek yang tersebar secara acak diantara matriksnya.

d) *Hybrid fiber composite*

*Hybrid fiber* komposit merupakan komposit gabungan dua serat atau lebih, atau tipe serat lurus dengan serat acak.

Jenis fiber yang biasa digunakan untuk pembuatan komposit antara lain :

#### ➤ Fiber-glass

Sifat-sifat *fiber-glass*, yaitu sebagai berikut :

1. Density cukup rendah (sekitar 2,55 g/cc)
2. Tensile strengthnya cukup tinggi (sekitar 1,8 GPa)
3. Biasanya stiffnessnya rendah (70GPa)<sup>10</sup>
4. Stabilitas dimensinya baik
5. Resisten terhadap panas dan dingin
6. Tahan korosi
7. Komposisi umum adalah 50-60% SiO<sub>2</sub> dan paduan lain yaitu Al, Ca, Mg, Na, dan lain-lain.

Keuntungan dari penggunaan *fiber-glass* yaitu sebagai berikut :

1. Biaya murah
2. Tahan korosi
3. Biayanya relatif lebih rendah dari komposit lainnya
4. Biasanya digunakan untuk alat-alat olahraga

Kerugian dari penggunaan *fiber-glass* yaitu sebagai berikut :

1. Kekuatannya relatif rendah
2. Elongasi tinggi
3. Kekuatan dan beratnya sedang

➤ *Carbon*

*Carbon fibers* adalah 93-95% *carbon*, dan *graphite fibers* lebih dari 95% *carbon*. *Carbon* memiliki kekuatan lebih tinggi, ringan dan kekakuan (*modulus elastisitas*) yang sangat tinggi dibandingkan dengan *fiber* yang lainnya, akan tetapi harganya lebih mahal.

➤ *Aramid*

*Fiber aramide* lebih di kenal dengan nama komersil " *KEVLAR* ".

Keuntungan *fiber aramide*

- Density rendah
- Menyerap getaran dengan baik
- Tahan terhadap larutan kimia, kecuali asam kuat dan basa kuat

Kelemahan *fiber aramide*

- Ketahanan terhadap kompresi lemah
- Peka terhadap sinar ultraviolet

Sifat – sifat yang dimiliki *fiber aramide*

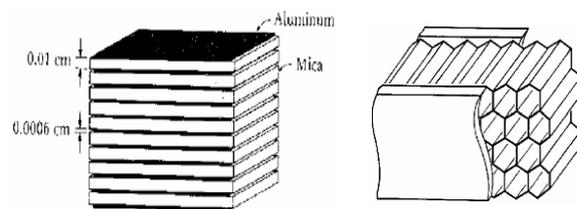
- *Fiber aramide* memiliki *resistance* spesifik terhadap kerusakan sewaktu ditarik

yang sangat baik, dibandingkan dengan *fiber glass* dan *fiber carbon*.

- Sifat *thermic* (panas) *fiber aramide* memiliki ketahanan yang baik serta memiliki *modulus elastisitas* yang stabil sekitar 85% dan ketahanan tarik sekitar 50%.

**c. Fiber sebagai struktural (*Structure composites*)**

Komposit struktural dibentuk oleh *reinforce* yang memiliki bentuk lembaran-lembaran. Berdasarkan struktur, komposit dapat dibagi menjadi dua yaitu struktur *laminat* dan struktur *sandwich*, ilustrasi dari kedua struktur komposit tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.6.



**A**

**B**

**Gambar 2.6 Ilustrasi komposit berdasarkan Strukturnya : a. Struktur laminat b. Sandwich panel**

1) *Laminat*

*Laminat* adalah gabungan dari dua atau lebih lamina (satu lembar komposit dengan arah serat tertentu) yang membentuk elemen struktur secara integral pada komposit. Proses pembentukan *lamina* ini menjadi *laminat* dinamakan proses lamina. Sebagai elemen sebuah struktur, lamina yang serat penguatnya searah saja (*unidirectional lamina*) pada

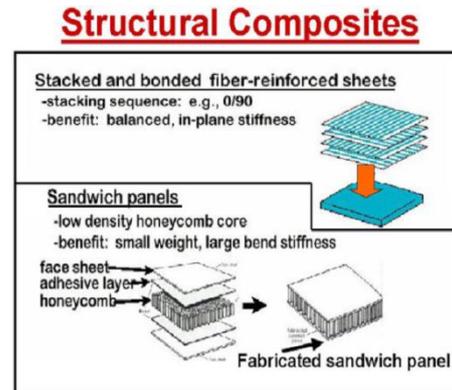
umumnya tidak menguntungkan karena memiliki sifat yang buruk. Oleh karena itulah struktur komposit dibuat dalam bentuk *laminat* yang terdiri dari beberapa macam *lamina* atau lapisan yang diorientasikan dalam arah yang diinginkan dan digabungkan bersama sebagai sebuah unit struktur.

## 2) Sandwich panels

Komposit *sandwich* merupakan salah satu jenis komposit struktur yang sangat potensial untuk dikembangkan. Komposit *sandwich* merupakan komposit yang tersusun dari 3 lapisan yang terdiri dari *flat composite (metalsheet)* sebagai kulit permukaan (*skin*) serta material inti (*core*) di bagian tengahnya (berada di antaranya). *Core* yang biasa dipakai adalah *core import*, seperti *honeycomb*. Komposit *sandwich* dibuat dengan tujuan untuk efisiensi berat yang optimal, menahan beban lentur, dampak, meredam getaran dan suara, namun mempunyai kekakuan dan kekuatan yang tinggi. Sehingga untuk mendapatkan karakteristik tersebut, pada bagian tengah di antara kedua *skin* dipasang *core*.

Pemilihan bahan untuk komposit *sandwich*, syaratnya adalah ringan, tahan panas dan korosi. Apabila dengan menggunakan material inti yang sangat ringan, maka akan dihasilkan komposit yang mempunyai sifat kuat, ringan, dan kaku. Komposit *sandwich* dapat diaplikasikan sebagai struktural maupun *non-struktural* bagian

*internal* dan *eksternal* pada kereta, bus, truk, dan jenis kendaraan yang lainnya. Adapun gambar struktur *sandwich* seperti pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Structural composites sandwich panels

## 3) Prepreg

*Prepreg* adalah lembaran yang terdiri serat yang sudah diimpregnasi oleh *thermoplastic* atau *thermoset resin* dengan *katalis*. Lembaran *prepreg thermoset* disimpan di dalam pendingin ( $-18^{\circ}\text{C}$ ) untuk mencegah / memperlambat terjadinya *curing*<sup>11</sup>.



Gambar 2.3.8 menunjukkan bentuk *prepreg* yang sering digunakan pada *part* komposit.

Gambar 2.8 Lembaran *Prepreg*<sup>13</sup>

### 2.3.2 Matriks

Matrik, menurut *Gibson R.F, (1994)* mengatakan bahwa matrik dalam struktur komposit bisa berasal dari bahan polimer, logam, maupun keramik. Ilustrasi matriks seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.9. Matrik secara umum berfungsi untuk mengikat serat menjadi satu struktur komposit. Matrik memiliki fungsi <sup>12</sup>:

- Mengikat serat menjadi satu kesatuan struktur
- Melindungi serat dari kerusakan akibat kondisi lingkungan
- Mentransfer dan mendistribusikan beban ke serat
- Menyumbangkan beberapa sifat seperti, kekakuan, ketangguhan dan tahanan listrik.



**Gambar 2.9 Ilustrasi matriks pada komposit**

#### 1) *Thermoplastic*

*Thermoplastic* adalah plastik yang dapat dilunakkan berulang kali dengan menggunakan panas. *Thermoplastic* merupakan *polimer* yang akan menjadi keras apabila didinginkan <sup>14</sup>. *Thermoplastic* meleleh pada suhu tertentu,

melekat mengikuti perubahan suhu dan mempunyai sifat dapat balik (*reversible*) kepada sifat aslinya, yaitu kembali mengeras bila didinginkan. Contohnya adalah *polyimide*, *polycarbonate*, *polythermide*, (*PEI*), *polyetheretketone* (*PEEK*).

#### 2) *Thermosetting*

*Thermosetting* tidak dapat mengikuti perubahan suhu. Bila sekali pengerasan telah terjadi maka bahan tidak dapat dilunakkan kembali. Pemanasan yang tinggi tidak akan melunakkan *thermoset* melainkan akan membentuk arang dan terurai karena sifatnya. *Thermosetting* dibagi menjadi tiga bagian yaitu sebagai berikut:

##### a. *Epoxy*<sup>15</sup>

*Resin epoxy* adalah *resin thermosetting* yang dalam molekulnya mengandung dua atau beberapa fungsi *epoxy*. *Resin* tipe ini memiliki kemampuan menahan resapan air paling baik tahan terhadap suhu tinggi serta memiliki ketahanan yang baik terhadap korosi dan reaksi kimia. Mempunyai sifat rigid, jernih, sangat liat, tahan terhadap kimia, mempunyai daya rekat yang baik.

##### b. *Polyester*

*Polyester fiber* adalah serat sintetik yang terbuat dari hasil polimerisasi etilen glikol dengan proses polimerisasi kondensasi. Hasil polimerisasi berupa chip ataupun *polimer* leleh, yang kemudian dilakukan proses *spinning* untuk membentuk *fiber*. Pembentukan *fiber* dilakukan dengan temperatur di atas titik leleh *polyester*.

c. *Vinylester*

*vinylester* adalah *resin matriks thermosetting* yang termasuk yang paling banyak digunakan dalam industri komposit. Hal ini sering digunakan di lingkungan yang membutuhkan kekuatan tinggi dan ketahanan korosi, termasuk laut, industri, energi dan infrastruktur.

d. *Fenolik*<sup>16</sup>

*Fenolat* adalah kelas resin umumnya didasarkan pada *fenol* (karbol) dan *formaldehida*. *Fenolat* adalah resin *thermosetting* proses melalui reaksi kondensasi menghasilkan air yang harus dihapus selama pemrosesan. Komposit *fenolik* memiliki kualitas kinerja yang diinginkan termasuk ketahanan suhu tinggi, isolasi termal yang sangat baik dan sifat redaman suara, tahan korosi dan sangat baik api / asap / asap sifat toksisitas.

e. *Polyurethane*<sup>17</sup>

*Polyurethane* adalah keluarga polimer dengan sifat luas mulai dan menggunakan, semua didasarkan pada eksotermik reaksi dari poliisosiyanat organik dengan polioliol (alkohol) mengandung lebih dari satu kelompok (hidroxi). Sebuah unsur dasar beberapa berat molekul yang berbeda dan fungsi yang digunakan untuk menghasilkan spektrum seluruh bahan *polyurethane*. Fleksibilitas kimia *poliuretan* memungkinkan ahli kimia *poliuretan resin poliuretan* insinyur untuk mencapai sifat yang diinginkan.

f. *Resin Amino*

Resin yang terpenting ialah *formaldehida urea* dan *formaldehida-melamin*, resin ini juga bersifat *thermoseting* dan dipasarkan dalam bentuk serbuk untuk dicetak atau dalam bentuk larutan untuk perekat. Untuk meningkatkan sifat mekanik dan listrik dapat ditambahkan bahan pengisi, karena melamin mempunyai sifat mampu alir yang sangat baik.

g. Resin furan

*Resin Furan* berasal dari pengolahan limbah pertanian seperti tongkol jagung dan biji kipas. Warna produknya agak tua, tahan air dan mempunyai sifat-sifat listrik yang baik. *Resin furan* dapat digunakan pula sebagai pengikat inti pasir, peneras campuran gip dan pengikat berbagai produk yang terdiri dari campuran grafit.

h. Epoksida

Resin epoksida banyak dipakai untuk pengecoran, pelapisan dan perlindungan bagian-bagian listrik, campuran cat dan perekat. Resin yang telah diawetkan mempunyai sifat-sifat daya tahan kimia dan stabilitas dimensi yang baik, sifat-sifat listrik yang baik, kuat dan daya lekat pada gelas dan logam yang baik. Bahan ini dapat juga digunakan untuk membuat panel sirkuit cetak, tangki, jig dan cetakan. Karena resin epoksi tahan aus dan tahan kejutan, bahan ini kini banyak digunakan untuk membuat cetakan tekan untuk pembentukan logam.

i. Silikonsa

Polimer dengan bahan dasar silikon berbeda sekali dengan bahan plastik lainnya dengan bahan dasar atom karbon. Kelompok ini memiliki beragam sifat bahan industri seperti minyak, gemuk, resin, perekat dan karet. Sifat khas utama meliputi stabilitas, ketahanan terhadap suhu tinggi untuk waktu yang lama, kedap air dan karakteristik suhu rendah dan listrik yang baik. Beberapa jenis minyak dan gemuk tetap berfungsi pada jangkauan suhu antara -40 derajat C sampai dengan 260 derajat C. Resin silikon dapat dicetak, dipiskana atau dibentuk menjadi lembaran atau balok busa.

## 2.4 Properties Bahan Komposit

Kemajuan kini telah mendorong peningkatan dalam permintaan terhadap bahan komposit. Perkembangan bidang sejak teknologi mulai menyulitkan bahan konvensional seperti logam untuk memenuhi keperluan aplikasi baru. Bidang angkasa lepas, perkapalan, automobile dan industri pengangkutan merupakan contoh aplikasi yang memerlukan bahan-bahan yang berdensity rendah, tahan karat, kuat, kokoh dan tegar.

Sifat maupun karakteristik dari komposit ditentukan oleh :

- a. Material yang menjadi penyusun komposit
- Karakteristik komposit ditentukan berdasarkan karakteristik material

penyusun, sehingga akan berbanding secara proporsional.

- b. Bentuk dan penyusunan struktural dari penyusun

Bentuk dan cara penyusunan komposit akan mempengaruhi karakteristik komposit.

- c. Interaksi antar penyusun

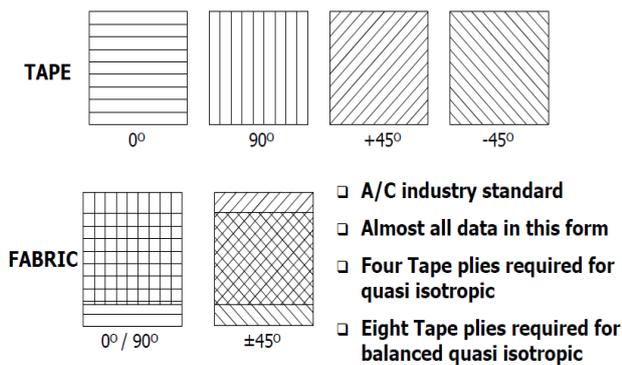
Bila terjadi interaksi antar penyusun akan meningkatkan sifat dari komposit.

Suatu sistem desain struktur komposit untuk menghasilkan suatu material yang kuat dalam aplikasi sebuah komponen, disusun sebuah anyaman yang berfariasi serta orientasi yang berfariasi yang berbeda. Tujuannya dari pada anyaman dan orientasi yang berbeda adalah untuk mendapatkan sebuah struktur komposit yang kuat dan tepat serta *cost* yang relative murah. Adapun macam-macam orientasi pada komposit yaitu sebagai berikut :

- a. Orientasi  $0^{\circ}$  merupakan bentuk anyaman dari *fabric* tipe *woven* yang memiliki orientasi arah serat satu arah saja yaitu arah vertikal atau horisontal.

- b. Orientasi  $0^{\circ}/90^{\circ}$  merupakan bentuk anyaman dari *fabric* tipe *woven* yang memiliki orientasi arah serat dua arah yaitu gabungan antara arah orientasi  $0^{\circ}$  dan arah orientasi  $90^{\circ}$ <sup>18</sup>.

- c. Orientasi  $45^{\circ}$  memiliki dua arah orientasi yaitu  $-45^{\circ}$  dan  $+45^{\circ}$ . Adapun macam – macam orientasi yang ditunjukkan pada Gambar 2.10.



**Gambar 2.10** Macam – macam orientasi

### 2.5 Kelebihan Bahan Komposit

Bahan komposit mempunyai beberapa kelebihan berbanding dengan bahan konvensional seperti logam. Kelebihan tersebut pada umumnya dapat dilihat dari beberapa sudut yang penting seperti sifat-sifat mekanik dan fisika :

#### a. Sifat-sifat mekanik dan fisik

1) Bahan komposit mempunyai density yang lebih rendah berbanding dengan bahan konvensional<sup>20</sup>. Ini memberikan implikasi yang penting dalam konteks penggunaan karena komposit akan mempunyai kekuatan dan kekakuan spesifik yang lebih tinggi dari bahan konvensional. Aplikasi kedua ialah produk komposit yang dihasilkan akan mempunyai kerut yang lebih rendah dari logam. Pengurangan berat adalah satu aspek yang penting dalam industri pembuatan seperti automobile dan angkasa lepas. Ini karena berhubungan dengan penghematan bahan bakar.

2) Dalam industri angkasa lepas terdapat alternatif untuk menggantikan komponen yang diperbuat dari logam dengan komposit karena

telah terbukti komposit mempunyai rintangan terhadap *fatigue* yang baik terutama komposit yang menggunakan serat karbon.

3) Kelemahan logam yang agak terlihat jelas ialah lemah terutama produk yang kebutuhan sehari-hari. Komponen untuk logam mempunyai biaya pembuatan yang tinggi.

4) Bahan komposit juga mempunyai daya guna yaitu produk yang mempunyai gabungan sifat-sifat yang menarik yang dapat dihasilkan dengan mengubah sesuai jenis matriks dan serat yang digunakan. Contoh dengan menggabungkan lebih dari satu serat dengan matriks untuk menghasilkan komposit hibrid.

5) Massa jenis rendah (ringan)

6) Lebih kuat dan lebih ringan

7) Perbandingan kekuatan dan berat yang menguntungkan

8) Lebih kuat (*stiff*), ulet (*tough*) dan tidak getas.

9) Koefisien pemuaian yang rendah

10) Tahan terhadap cuaca

11) Tahan terhadap korosi

12) Mudah diproses (dibentuk)

13) Lebih mudah dibanding metal

### 2.6 Kekurangan Bahan Komposit

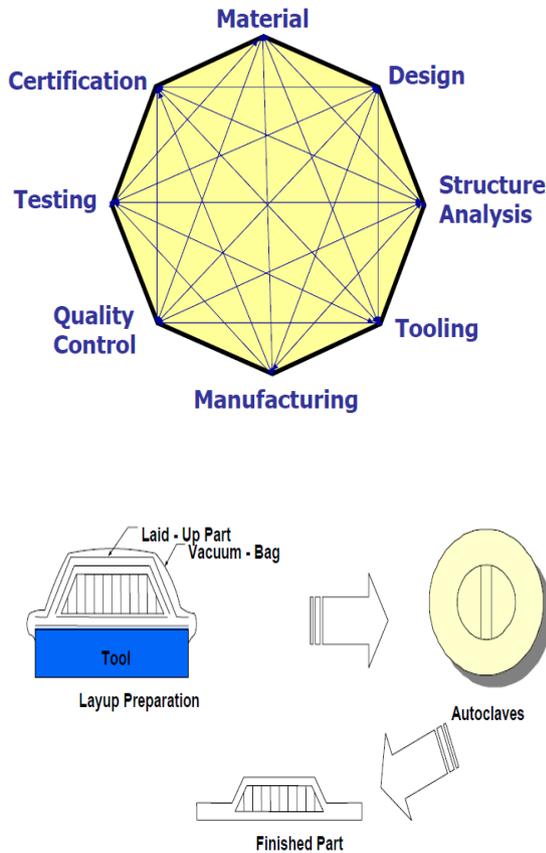
a. Tidak tahan terhadap beban *shock* (kejut) dan *crash* (tabrak) dibandingkan dengan metal.

b. Kurang elastis

c. Lebih sulit dibentuk secara plastis

### 2.7 Proses Manufacturing

Metode yang digunakan dalam proses pembuatan *part* komposit adalah metode *wet lay-up* dan *dry lay-up*. Adapun Gambar alur proses komposit dan proses manufaktur komposit yang ditunjukkan pada Gambar 2.11<sup>21</sup>.



**Gambar 2.11.A. Alur proses komposit B. Proses manufaktur komposit**

**2.7.1 Metode Dry Lay-Up**

Proses *Dry lay – up* adalah proses laminasi dengan menggunakan bahan komposit dimana resin dan seratnya sudah menjadi satu dan materialnya bersifat kering dinamakan *prepreg*.

**2.7.2 Metode Wet Lay-up**

Proses *wet lay-up* adalah proses laminasi dengan cara pemberian resin secara manual dengan membasahi seluruh permukaan pada serat. Dalam proses pemberian resin pada serat terdapat beberapa macam teknik yaitu spray (semprotkan), roll, dan resin infusikan.

**2.8 Pengujian Komposit**

Pengujian sifat fisik komposit seperti resin *content*, *flow of resin*, *gel time*, *volatile content*, berat *fiber* dilakukan terhadap lembaran masih berupa *prepreg*. Sedangkan pengujian sifat mekanik komposit seperti kekuatan tarik, *Interlaminar Shear Strength* (ILSS), kekuatan tekan dilakukan terhadap *laminate* yang sudah di proses *curing*. Jenis uji komposit pada umumnya mengacu pada standard international seperti ASTM atau di PT DI mengacu pada standard spesifikasi industri pesawat terbang, sebagai contoh CASA atau PT DI.

Tabel 2.1 dibawah ini menunjukkan contoh jenis pengujian dan standard metoda untuk uji sifat fisik dan mekanik komposit aramid/epoksi.

Jenis Pengujian	ASTM	CASA
	Spesifikasi	
Fisik		I+D-E- 123
Tensile strength	ASTM D 638	I+D-E- 284
Interlaminar shear strength	ASTM D 5379	I+D-E- 286

**2.8.1 Uji fisik**

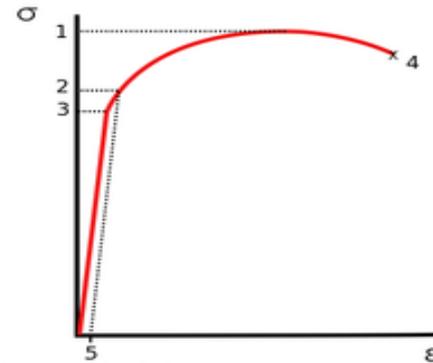
Pengujian suatu material yang dilakukan untuk mendapat sifat fisik dari suatu bahan material itu sendiri. Adapun jenis pengujian fisik yang dilaksanakan yaitu sebagai berikut <sup>22</sup>:

1. Uji kandungan resin (*resin content*)
2. Uji kandungan resin yang menguap (*volatile content*)
3. Uji *flow of resin*
4. Uji *gel time*
5. Uji *thickness*<sup>22</sup>

**2.8.2 Tensile Strength**

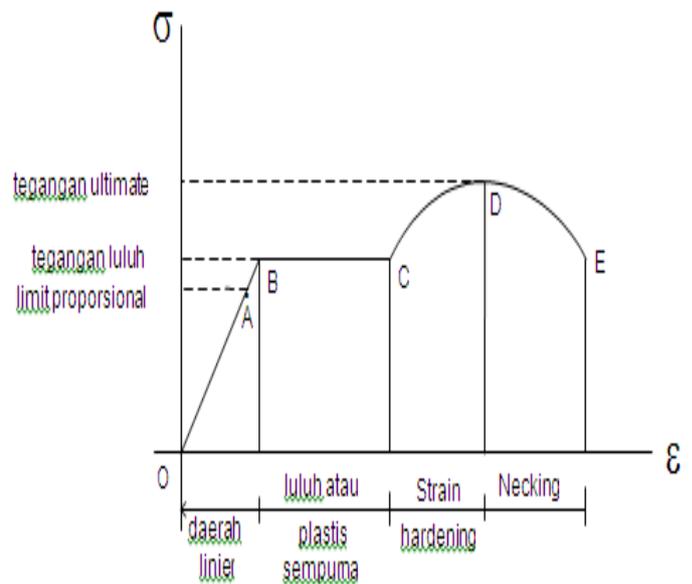
Proses pengujian *tensile strength* adalah suatu jenis pengujian untuk mengetahui kekuatan material terhadap gaya tarik, terhadap *stress*, *modulus* dan *strain* saja. Suatu *tensile strength* terdapat tiga bagian yaitu sebagai berikut :

- *Ultimate strength* adalah maksimum *stress* sebuah material dapat bertahan sebelum terjadi patah atau rusak pada suatu material.
- *Yield strength* adalah tegangan sebuah material yang dapat bertahan tanpa deformasi permanen.
- *Breaking strength* adalah koordinat tegangan pada kurva *stress vs strain* pada titik terjadinya putus <sup>23</sup>.

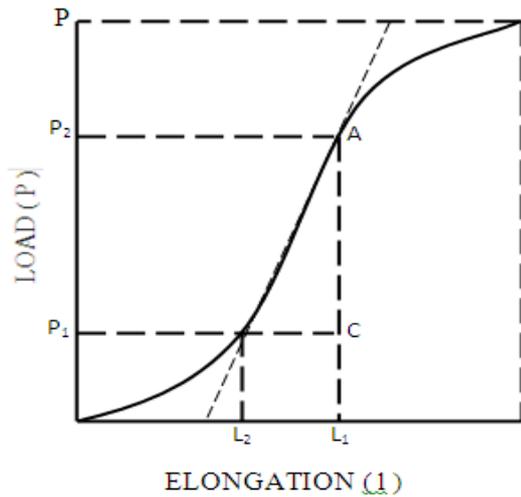


**Gambar 2.12 Stress vs strain curve typical of aluminium**

1. *Ultimate strength*
2. *Yield strength*
3. *Proportional limit stress*
4. *Fracture* ( patah )
5. *Offset strain*



**Gambar 2.13 Stress vs strain curve typical of baja<sup>24</sup>**



**Ga L.14 Load vs elonga L rve typical of composites**

$P_1$  = Beban awal saat spesimen memasuki modulus elastisitas.

$P_2$  = beban akhir suatu spesimen saat modulus elastisitas memasuki modulus plastis

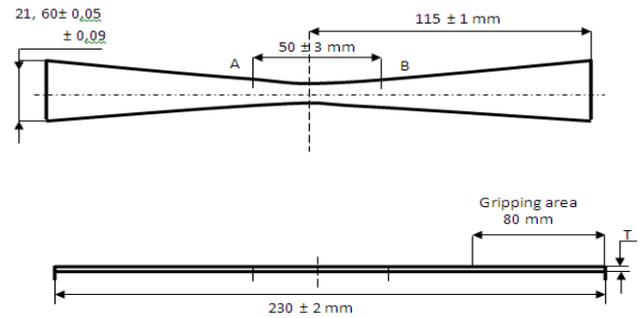
$l_1$  = *Elongation* pada saat spesimen diberikan beban  $P_1$

$l_2$  = *Elongation* pada saat spesimen diberikan beban  $P_2$ <sup>25</sup>

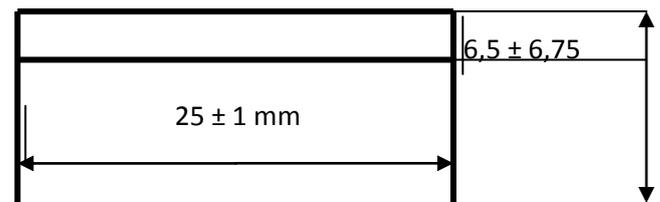
**2.8.3 Interlaminar shear strength ( ILSS )**

Uji ILSS adalah prosedur pengujian untuk mengetahui kekuatan antara lapisan satu dengan yang lainnya. Serta dapat juga untuk mengetahui kualitas dan cocok untuk perbandingan bahan. Tes ILSS dapat dilakukan dengan menggunakan perlengkapan *3-point* cukup kaku lentur.

Gambar spesimen sesuai dengan pengujian tarik dan *interlaminar shear strength* ditunjukkan pada Gambar 2.14 dan 2.15<sup>26</sup>.



**Gambar 2.15 Spesimen uji tarik composites laminate Per I+D-E-284**



**Gambar 2.16 Spesimen pengujian interlaminar shear strength komposit laminate Per I+D-E-286<sup>27</sup>**

**TINJAUAN PERMASALAHAN**

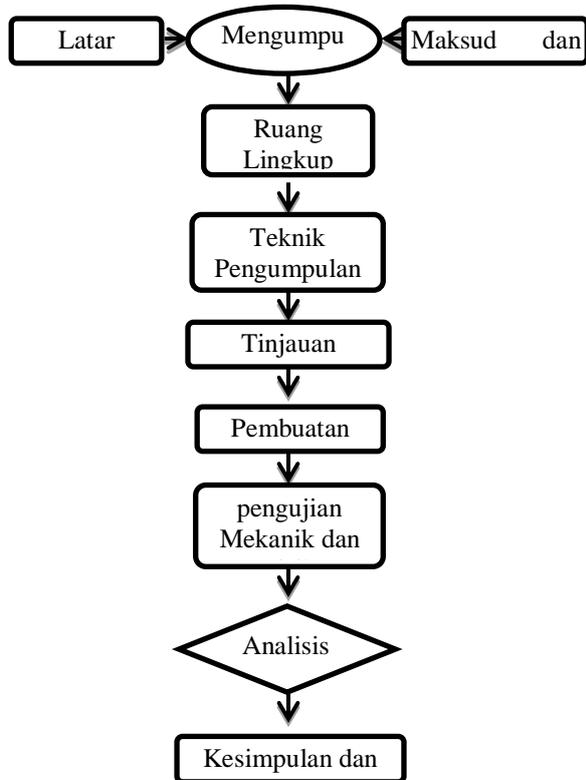
**3.1 Umum**

Dalam bab ini menjelaskan tentang mengenai alur pengujian terhadap alat dan bahan yang yang digunakan pada proses pengujian sifat fisik dan mekanik. Sebelum dilakukan penujian mekanik dilaksanakan pengujian fisik untuk memperoleh sifat-sifat fisik. Spesimen komposit prepreg yang dibuat dengan cara *dry lay-up* dan setah itu dilaksanakan pengujian mekanik yang terdiri dari uji tarik dan uji *inter laminar shear*. Sehingga diperoleh sifat-sifat mekanik dari masing-masing spesimen. Kemudian dari hasil pengujian yang didapat dapat membandingkan kekuatan dari spesimen tersebut. Selama

proses pengujian terhadap bahan *aramid epoksi prepreg* dilaksanakan di Laboratorium Bocom PT DI.

**3.2 Alur Penelitian**

Tahap awal penelitian ini dimulai dengan mencari informasi dan internet maupun data dari literatur yang ada di PT DI, dengan maksud agar memudahkan penulis untuk menginterpretasikan tujuan penelitian Tugas Akhir ini. Semua spesimen yang dilakukan pengujian oleh penulis mengacu pada spesifikasi pesawat yang mana sudah dijelaskan pada tabel Bab II. Adapun alur penelitian Tugas Akhir ini selama penulis melaksanakan penelitian di PT DI yaitu pada Gambar 3.1



**Gambar 3.1 Alur penelitian**

*Prepreg* pada 7714-57-K120-1270 *fabric* dan 7714-54-K285-1270 *fabric* terdapat variasi atau perbedaan yang dapat dijadikan analisa atau perbandingan. Adapun perbedaan variasi dari kedua spesimen tersebut sesuai I+D-N-200 seperti pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Variasi spesimen sesuai I+D-N-200.

NO	Nama produk komposit	K120	K285
1	Manufaktur	Cytec	Cytec
4	Texture	Plain fabric	Empat hardness satin
5	Warp	13,5 ± 1 yarn/cm	6,7 ± 1 yarn/cm
6	Weft	13,5 ± 1 yarn/cm	6,7 ± 1 yarn/cm
7	Resin	57 %	54 %
8	Layer tensile strength	21	10
9	Layer inter laminar shear	32	16

Suatu proses pengujian tarik dan *inter laminar shear* terhadap spesimen 7714-57-K120-1270 *fabric* dan 7714-54-K285-1270 *fabric* mempunyai standar spesifikasi yang telah menjadi referensi. Adapun standar spesifikasi sesuai I+D-P-251 yang dapat dilihat pada Tabel 3.2<sup>28</sup>.

Type of test	Temp °C	Fabric K120		Fabric K285		Test method
		Lay up	Average minimum value	Lay up	Average minimum value	
tensile strength (N/mm <sup>2</sup> )	23	21	415	10	415	I+D-E-284
tensile modulus (K N/mm <sup>2</sup> )	23	21	23	10	24	I+D-E-284
Inter laminar shear (N/mm <sup>2</sup> )	23	32	40	16	35	I+D-E-286

Tabel 3.2 Standar uji tarik dan ILSS sesuai I+D-P-251

### 3.3 Arti Penomeran Spesimen

1. spesimen 7714-54-K285-170-1270
  - 7714 adalah jenis resin yang digunakan (*epoxy*)
  - 54 adalah resin content
  - K285 adalah tipe dari pola serat fabric
  - 170 adalah kode fabric
  - 1270 adalah lebar dari lembaran fabric satuan (mm)<sup>29</sup>

Tabel 3.3 Data property spesimen uji sesuai *tecnichal fabrics handbook*

	Weave	Count		Warp Yarn	Fill Yarn	Weight (g/m <sup>2</sup> )	Thickne ss (mm)
		Warp	Fill				
120	Plain	34	34	Kevlar 49 195 denier	Kevlar 49 195 denier	61	0.1
285	4H Satin	17	17	Kevlar 49 1140 denier	Kevlar 49 1140 denier	176	0.24

Tabel 3.2 di atas menunjukkan tipe serat *aramid* dengan kode 120 memiliki pola serat berbentuk *Plain* dengan jumlah dari *warp* adalah 34 batangan serat dan *fill* adalah 34 batangan serat. *Warp yarn* untuk *kevlar* 120 memiliki nilai 195 *denier*. Nilai ini menunjukkan bahwa berat dalam gram dari 9000 meter *filament warp* ( per batang ) adalah 195 gram. Hal ini juga berlaku untuk *fill yarn*

yang menunjukkan berat *filament fill* dalam 9000 meter adalah 195 gram. *Denier*

adalah berat *warp* pada setiap panjang 9000 meter<sup>30</sup>.

### 3.4 Proses Pembuatan Spesimen

proses dalam pembuatan spesimen untuk *tensile strength* dan *interlaminar shear* yang dilaksanakan di PT DI adalah dengan menggunakan metode *dry lay – up* yaitu sebagai berikut :

#### 3.3.1 Panel *Tensile Strength*

- Potong *pregreg* dengan ukuran 150 mm x 300 mm, *lay up* sebanyak 21 lembar untuk K120 dan 10 lembar untuk K285
- *Curing* pada *autoclave* dapat dilihat pada Tabel 3.3.1.

#### 3.3.2 Panel *Inter laminar shear strength*

- Potong *pregreg* dengan ukuran 50 mm x 200 mm, *lay up* sebanyak 32 lembar untuk K120 dan 16 lembar untuk K285
- *Curing* pada *autoclave* sesuai Tabel 3.4<sup>31</sup>.

	Curing	Panel tensile strength	Panel interlaminar shear
1.	Heating rate	3 <sup>0</sup> C – 5 <sup>0</sup> C per menit	3 <sup>0</sup> C – 5 <sup>0</sup> C per menit
2.	Temperature	120 <sup>0</sup> C ± 5 <sup>0</sup> C	120 <sup>0</sup> C ± 5 <sup>0</sup> C
3.	Vakum	260 bar ( max )	260 bar ( max )
4.	Tekanan	3 bar ± 0,1 bar	3 bar ± 0,1 bar
5.	Waktu	90 menit ± 5 menit	90 menit ± 5 menit
6.	Cooling rate	3 <sup>0</sup> C – 5 <sup>0</sup> C per menit	3 <sup>0</sup> C – 5 <sup>0</sup> C per menit

Tabel 3.4 Proses *curing* pada *autoclave* dengan ketentuan sebagai berikut :

Selama prose pengujian fisik dan mekanik data yang diperoleh semua mengacu pada standar spesifikasi I+D-P-251. Adapun jenis – jenis pengujian fisik dan mekanik di laboratorium komposit PT DI yaitu sebagai berikut :

### 3.5 Pengujian *Resin Content*, Berat *Fiber* dan Berat *Prepreg*

Pengujian *resin content* adalah untuk mengetahui kandungan resin pada *prepreg*, berat *prepreg* per area dan berat *fiber* per area. Tahapan proses pengujian dalam *resin content* yaitu sebagai berikut <sup>32</sup>:

- a. Kondisikan *prepreg* pada temperatur ruang, potong *prepreg* dengan ukuran 100 mm x 100 mm
- b. Timbang gelas filter sebagai W0
- c. Potongan *prepreg* ukuran 100 mm x 100 mm masukkan ke dalam gelas filter, timbang gelas filter yang telah terisi dengan *prepreg* sebagai W1
- d. Masukkan *prepreg* yang telah ditimbang pada gelas ukuran 50 mL, masukkan MEK secukupnya, pisahkan resin dari serat dengan mengocok MEK dalam gelas filter sampai warna MEK bening
- e. Pindahkan serat *prepreg* ke dalam gelas filter lalu saring dan tambahkan MEK secukupnya sambil divacum sampai kering, lakukan tiga kali penyaringan sampai resin dengan serat terpisah
- f. Panaskan pada *oven fisher* dengan temperatur 100<sup>0</sup> C, selama 60 menit,

lalu dinginkan pada *desicator* selama 30 menit, timbangan kembali sebagai W2

g. Panaskan kembali dan timbang sampai beratnya konstan, proses untuk penimbangan dan proses pemanasan sebanyak tiga kali dengan tujuan untuk mendapatkan berat yang konstan <sup>33</sup>.

Hasil pengujian pada *resin content* dilakukan minimal tiga spesimen dari masing – masing jenis pengujian dan diambil harga rata – rata dari masing – masing jenis pengujian, pengujian dapat dihitung dengan rumus di bawah ini.

$$\text{❖ Resin content} : \frac{W1-W2}{W1-w0} \times 100 \quad 3.1$$

$$\text{❖ Prepreg areal weight} : W1 - W0 \times 100 \quad 3.2$$

$$\text{❖ Fiber areal weight} : W2 - W0 \times 100 \quad 3.3$$

### 3.6 Pengujian *Volatile Content*

Pengujian *volatile content* adalah pengujian untuk mengetahui kandungan zat yang menguap pada *prepreg* aramide fabric epoxy resin. Pengujian *volatile content* adalah sebagai berikut :

- a. Kondisikan pada temperatur ruang, potong *prepreg* dengan ukuran 100 mm x 100 mm
- b. Timbang gantungan atau klip sebagai W0
- c. Gantungkan *prepreg* pada gantungan atau klip timbang kembali sebagai W1, gantungan atau klip yang ada *prepreg*-nya pada hanger

- d. Panaskan pada *air circulating oven* dengan temperatur  $135^{\circ} \text{C} \pm 3^{\circ} \text{C}$  selama 480 detik  $\pm 5$  detik atau selama 8 menit<sup>34</sup>
- e. Dinginkan pada *desicator* pada suhu ruang selama 15 menit
- f. Timbang kembali gantungan yang ada *pregreg*-nya sebagai W2

Proses pengujian *volatile content* dilakukan minimal tiga spesimen dari masing-masing jenis pengujian dan hasilnya diambil harga rata-rata dari masing-masing jenis pengujian, pengujian dapat dihitung dengan rumus.

$$\diamond \quad \text{Volatile Content: } \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100$$

3.4

### 3.7 Pengujian *Flow Of Resin*

Pengujian *flow of resin* adalah untuk mengetahui banyaknya resin yang keluar diwaktu pemanasan pada *pregreg aramide fabric epoxy resin*. Langkah pengujian *flow resin* yaitu sebagai berikut :

- a. Kondisikan pada temperatur ruang, Potong *pregreg* dengan posisi  $45^{\circ}$ , dengan ukuran 100 mm x 100 mm, laminasi dengan ketebalan minimal 2,50 mm dan timbang sebagai W1
- b. Simpan spesimen laminasi di antara dua *release film*
- c. *Curring* atau panaskan pada *table press* dengan ketentuan temperatur  $135^{\circ} \text{C} \pm 3^{\circ} \text{C}$  tekanan 3,5 bar  $\pm 0,4$  bar dengan waktu selama 30 menit
- d. Setelah mencapai waktu 30 menit ambil spesimen laminasi dari *table*

*press* dinginkan pada *room temperature*<sup>35</sup>

Apabila spesimen sudah dingin buang resin dari sisi – sisi spesimen laminasi akan tetapi tidak merusak laminasi

- e. Timbang kembali spesimen sebagai W2

Proses pengujian *flow of resin* dilakukan minimal tiga spesimen dari masing – masing jenis pengujian dan hasilnya diambil harga rata – rata dari masing – masing jenis pengujian. Proses pengujian *flow of resin* dapat dihitung dengan rumus.

$$\diamond \quad \text{Flow Of Resin: } \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100$$

3.5

### 3.8 Pengujian *Gel Time*

Pengujian *gel time* adalah untuk mengetahui awal terjadinya pengerasan resin setelah pencairan resin pada *pregreg aramide fabric*. Adapun langkah pengujian *gel time* :

- a. Kondisikan pada temperatur ruangan potong *pregreg* dengan ukuran 6 mm x 6 mm dengan arah posisi  $45^{\circ}$  dari arah serat, letakkan ditengah – ditengah *cover glass* dan tutup lagi dengan *cover glass*
- b. Simpan *cover glass* yang telah terisi *pregreg* pada *fisher johns melting point* dengan temperatur  $135^{\circ} \text{C} \pm 3^{\circ} \text{C}$  gunakan *stop watch* untuk menghitung *gel time*<sup>36</sup>.
- c. Amati pergerakan antara resin dengan *cover glass* dengan *probe* diatas *cover glass*

d. *Gel time* akan tercapai apabila resin sudah tidak bergerak antara kedua *cover glass*, dengan menekan *cover glass* menggunakan *probe* secara perlahan-lahan dan tekan tombol *stop watch*.

**3.9 Pengujian Cured Thickness**

Pengujian *cured thickness* adalah pengujian untuk mengetahui ketebalan per lembar setelah *curing* pada *autoclave* yaitu sebagai berikut:

a. Spesimen yang telah di *curing* ukur ketebalan spesimen, minimal 10 titik pengukuran yang berbeda dengan ukuran 50 mm dari pinggir spesimen serta antara titik satu dengan titik yang lainnya.

b. Rata – rata hasil pengukuran, kemudian hasilnya dibagi dengan banyaknya titik pada pengukuran tersebut.

Selama proses pengujian *cured thickness* dilakukan minimal tiga spesimen pada masing-masing jenis pengujian dan hasilnya diambil rata-rata dari masing-masing jenis pengujian. Pengujian *cured thickness* dapat dihitung dengan rumus<sup>37</sup>.

❖ *Cured Thickness:*

$$\frac{\text{Tebal rata-rata spesimen}}{\text{Jumlah lapisan laminasi}}$$

3.6

**Alat dan bahan**

Alat dan bahan yang digunakan dalam setiap pengujian fisik berbeda-beda, itu disesuaikan berdasarkan jenis pengujian yang dilaksanakan. Adapun Tabel 3.5 alat dan bahan berdasarkan metode pengujian fisik yaitu sebagai berikut<sup>38</sup>.

NO	Tipe pengujian	Alat	Bahan
1.	Pengujian resin content, berat prepreg dan berat fiber	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Timbangan analisis</li> <li>✓ Furnance</li> <li>✓ Desicator</li> <li>✓ Cutter</li> <li>✓ Stop watch</li> <li>✓ Gelas filter</li> <li>✓ Gelas ukuran 50 mL</li> <li>✓ Cetakkan 100 mm x 100 mm</li> <li>✓ Pinset</li> <li>✓ Pompa vacum</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Prepreg</li> <li>•MEK</li> </ul>
2.	Pengujian volatile	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Timbangan analisis</li> <li>✓ Aircirculating oven</li> <li>✓ Hanger</li> <li>✓ Gantungan / klip</li> <li>✓ Desicator</li> <li>✓ Cutter</li> <li>✓ Stop watch</li> <li>✓ Sarung tangan</li> <li>✓ Cetakkan 100 mm x 100 mm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Prepreg</li> </ul>
3.	Pengujian flow of resin	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Timbangan analisis</li> <li>✓ Table press</li> <li>✓ Stop watch</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Prepreg</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Cutter</li> <li>✓ Sarung tangan</li> <li>✓ Cetakkan 100 mm X 100 mm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Release film</li> </ul>
4.	Pengujian gel time	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fisher Johns melting point</li> <li>✓ Stop watch</li> <li>✓ Cutter</li> <li>✓ Probe</li> <li>✓ Pinset</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Prepre</li> <li>eg</li> <li>•Cover glass</li> </ul>
5.	Pengujian cured thickness	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Micro meter mitutuyo, diameter 0,5 mm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Prepre</li> <li>g</li> </ul>



(3)



(4)



(5)



(6)

Adapun alat yang digunakan selama pengujian dapat dilihat pada Gambar 3.2.



(1)



(2)



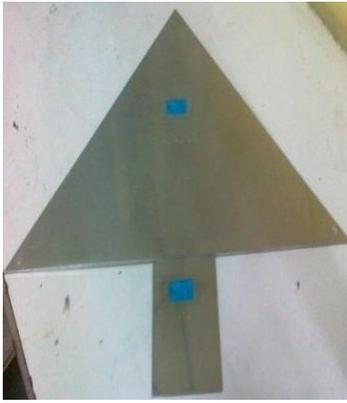
(7)



(8)



(9)



(10)



(11)



(12)

### Gambar 3.2 Alat dan bahan

keterangan gambar

1. *Autoclave*
2. Timbangan analisis
3. Pinset, cartter dan probe
4. *Desicator*
5. Gelas filter dan gelas 5 mL
6. Stop watch
7. *Table press*
8. Gantungan dan hanger
9. *Fisher john melting point*
10. Cetakkan 100 mm x 100 mm dan 45<sup>0</sup>
11. MEK dan vakum
12. Oven

### 3.10 *Tensile Strength*

Proses pengujian *tensile strength* adalah suatu jenis pengujian untuk mengetahui kekuatan material terhadap gaya tarik, terhadap *stress*, *modulus* dan *strain*. Adapun alat yang digunakan dalam proses pengujian tarik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.3<sup>39</sup>.



Gambar 3.3 Mesin uji tarik

Dalam suatu proses pengujian tarik hanya *stress*, *starin* dan *modulus* saja yang yang dihitung. Adapun rumus yang dipakai dalam proses pengujian tersebut yaitu sebagai berikut:

**3.11.1**

**Ultimate Tensile Stress**

$$\sigma_R = \frac{P}{A}$$

$\sigma_R$  = Tegangan tarik ultimate ( N/mm<sup>2</sup> )

P = Beban tarik ultimate ( N )

A = Luas area spesimen ( mm<sup>2</sup> )

**3.11.2**

**Modulus Of Elasticity**

$$E = \frac{\Delta P}{A} \cdot \frac{L_0}{\Delta L}$$

$$\frac{CA}{BC} = \frac{\Delta P}{\Delta L}$$

E = Modulus of elasticity (N/mm<sup>2</sup>)

$\Delta P$  = P<sub>2</sub> – P<sub>1</sub> Kenaikkan beban (N)

$\Delta L$  = L<sub>2</sub> – L<sub>1</sub> Elongation (mm)

L<sub>0</sub> = Panjang yang dikontrol oleh pick-up (mm)

A = Luas area spesimen (mm<sup>2</sup>)<sup>40</sup>

**3.11.3**

**Unit Strain Ultimate**

$$\epsilon_R = \frac{DE}{L_0}$$

$\epsilon_R$  = Unit strain ultimate

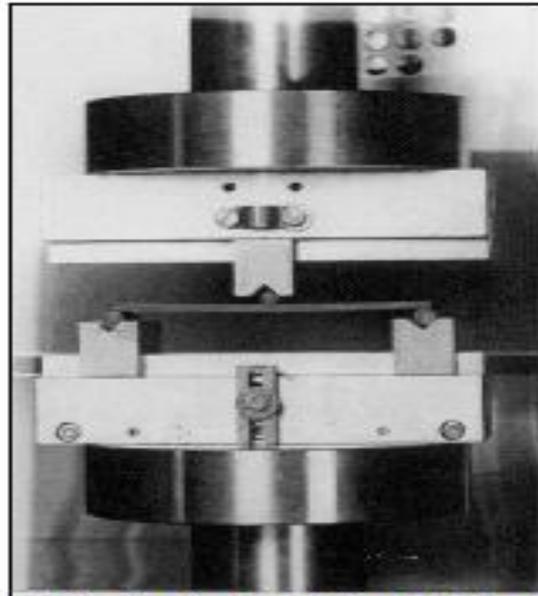
DE = Elongation (mm)

L<sub>0</sub> = Panjang yang dikontrol oleh pick-up (mm)

**3.11 Interlaminar Shear**

*Interlaminar shear* adalah pengujian yang dilakukan untuk mengetahui daya rekat antar lamina atau antar lapisan suatu spesimen. Adapun alat yang digunakan selama proses

pengujian *interlaminar shear* seperti pada Gambar 3.4<sup>41</sup>.



**Gambar 3.4 Mesin *interlaminar shear* strength**  
(3.2)

**3.12.1 Interlaminar Shear Strength**

$$\sigma_R = \frac{3P}{4wt}$$

Dimana :

$\sigma_R$  = Tegangan ultimate ( N/mm<sup>2</sup> )

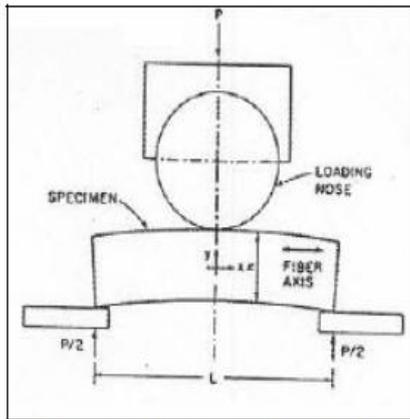
P = Beban ultimate ( N )

W = Lebar spesimen ( mm )

t = Ketebalan spesimen ( mm )

**3.12.2 Interlaminar shear testing**

Dimana spesimen dengan ukuran kecil (panjangnya kurang dari 30<sup>(3.3)</sup> mm) dibebankan pada *three-point* bending sampai patah membentuk *centre plane* pada ujung dari spesimen. Pengetesan untuk mengukur *shear delamination* pada spesimen *short beam shear test*, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.5<sup>42</sup>.



Gambar 3.5 Interlaminar shear testing

**BAB IV**

**PEMBAHASAN**

**4.1 Umum**

Pada bab ini akan dibahas hasil uji fisik dan uji mekanik. Pengujian mekanik terdiri dari pengujian *tensile strength* dan pengujian *inter laminar shear strength*.

**4.2 Hasil Pengujian**

Pengujian dilakukan untuk mengetahui bahwa material *aramid epoksi prepreg* memenuhi I+D-P-251 *qualification and reception of epoxy resin preimpregnated aramid fabrics*. Jenis material *aramid epoksi prepreg* yang diuji adalah sebagai berikut :

1. 7714-54-K285-170-1270
2. 7714-57-K120-61-1270

**4.2.1 Uji Fisik**

Hasil uji fisik yang dilaksanakan selama di Laboratorium Bocom PT Dirgantara Indonesia dapat dilihat pada Tabel 4.1.a dan 4.1.b.

Tabel 4.1.a Hasil uji fisik spesimen 7714-54-K285-170-1270

NO	Jenis pengujian	Unit satuan	Nama produk	Standar	Keterangan
			7714-54-K285-170-1270	I+D-P-251	
1	Resin content	%	53.43	54 ± 3	Diterima
2	Prepreg areal weight	gr/m <sup>2</sup>	364.05	370 ± 25	Diterima
3	Fiber areal weight	gr/m <sup>2</sup>	169.51	170 ± 10	Diterima
4	Volatile content	%	1.43	1.5 max	Diterima
5	Flow of resin	%	31.35	30 ± 5	Diterima
6	Gel time	menit	7.22	8 ± 5	Diterima
7	Thickness cpt	mm	0.29	0.270 ± 0.030	Diterima

Tabel 4.1.b Hasil uji fisik spesimen 7714-57-K120-61-1270

NO	Jenis pengujian	Unit satuan	Nama produk	Standar	Keterangan
			7714-57-K120-61-1270	I+D-P-251	
1	Resin content	%	57.85	57 ± 3	Diterima
2	Prepreg areal weight	gr/m <sup>2</sup>	141.14	142 ± 15	Diterima
3	Fiber areal weight	gr/m <sup>2</sup>	59.48	61 ± 6	Diterima
4	Volatile content	%	1.4	1.5 max	Diterima
5	Flow of resin	%	31.35	27 ± 5	Diterima
6	Gel time	menit	5.09	8 ± 5	Diterima
7	Thickness cpt	mm	0.11	0.105 ± 0.015	Diterima

Tabel 4.1.a dan Tabel 4.1.b menunjukkan bahwa nilai dari pengujian kedua tipe spesimen tersebut telah memenuhi nilai yang ditetapkan pada spesifikasi ( I+D-P-251 ). Pengujian fisik pada spesimen tersebut adalah pengujian *resin content*, pengujian berat *prepreg*, pengujian berat *fiber*, pengujian *volatile content*, pengujian *flow of resin*, pengujian *gel time* dan pengujian *thickness*.

Berikut adalah analisis uji fisisk dari spesimen K120 dan spesimen K285 :

#### 1. *Resin content*

*Resin content* pada spesimen K120 memiliki nilai 57,89 dan *resin content* pada spesimen K285 memiliki nilai 53,43. Hasil pengujian tersebut menunjukkan *resin* yang terkandung pada spesimen K120 lebih banyak dari pada spesimen K285. Hal ini dikarenakan jumlah *filament* pada *fill* maupun *warp* dari spesimen K120 adalah 34 *filament* sedangkan spesimen K285 hanya 12 *filament*. Semakin banyak batang *filament warp* maupun *fill* maka semakin banyak resin yang diserap, Sehingga *resin content* untuk spesimen K120 lebih besar dari K285. Selain itu angka *denier* juga mempengaruhi kapabiliti dari penyerapan *resin*. Angka *danier* yang tinggi menunjukkan kerapatan *filament* yang kuat sehingga sulitnya *resin* terserap ( lihat Tabel 3.2 pada bab III yang menunjukkan data properti dari spesimen).

#### 2. *Prepreg areal weight*

*prepreg areal weight* dengan satuan (  $gr/m^2$  ) menunjukkan berat *prepreg* dalam satuan luas  $m^2$ . Nilai dari *prepreg areal weight* berbanding lurus terhadap *resin content* dan terhadap angka *denier*. Semakin besar nilai *resin content* maka berat dari *prepreg* semakin besar. Semakin besar angka *denier* menunjukkan semakin berat serat *filament* sehingga semakin berat pula *prepreg*. Hasil pengujian menunjukkan spesimen K285 memiliki nilai *prepreg areal weight* lebih besar dibandingkan dengan spesimen K120.

#### 3. *Fiber areal weight*

Nilai *fiber areal weight* menunjukkan berat dari *fiber* kering tanpa resin per satuan luas. Nilai dari *fiber areal weight* berbanding lurus dengan angka *denier*. Semakin besar angka *denier* menunjukkan semakin besar berat *filament* dan secara otomatis membuat berat *fiber* pun ikut naik. Hasil pengujian menunjukkan spesimen K285 memiliki nilai *fiber areal weight* lebih besar dibandingkan dengan spesimen K285.

#### 4. *Volatile content, flow of resin* dan *Gel time*

Nilai ketiga faktor pengujian ini memiliki nilai yang hampir sama pada kedua spesimen uji. Hal ini terjadi karena jenis *resin* yang dipakai pada kedua spesimen ini adalah sama yaitu memakai jenis *resin epoxy*. Kode dari kedua spesimen uji ini menunjukkan angka yang sama yaitu 7714, yang menunjukkan bahwa jenis *resin* yang digunakan adalah sama. Khusus untuk *gel time* memiliki perbedaan waktu untuk kedua spesimen tersebut, untuk spesimen k120 5,09 menit dan k285 7,22 menit.

#### 5. *Thickness*

Nilai *thickness* menunjukkan ketebalan dari spesimen yang telah mengalami *curing*. Nilai *thickness* ini tergantung pada angka *denier*. Spesimen K285 memiliki nilai *thickness* yang lebih tebal dibandingkan dengan spesimen K120 dikarenakan angka *denier*-nya yang lebih besar. Angka *denier* mempengaruhi *resin content* dan juga mempengaruhi

ketebalan dari *fiber* sehingga membuat nilai *thickness* menjadi lebih besar.

### 4.3 Uji Tarik Komposit

Komposit *prepreg* yang difariasikan berdasarkan jenis *texture* dan banyaknya *resin* yang terkandung pada setiap spesimen, setelah dilakukan pengujian tarik berdasarkan per I+D-P-251 dapat dilihat pada Tabel 4.2. berikut.

Kode	Stress max (Mpa)	Modulus (Mpa)	Strain %
K120	476.05	25978	2.06
K285	480.58	31740	1.83

Tabel 4.2 Hasil uji tarik spesimen K120 dan K285

#### 1. Stress

Tabel 4.2 yang menunjukkan hasil dari pengujian tarik dengan spesimen K285 dan spesimen K120. Nilai *stress* yang terbesar dimiliki oleh spesimen K285 dengan nilai 480,58 Mpa. Nilai *stress* tergantung terhadap nilai *denier*. Hal ini dikarenakan nilai *denier* menunjukkan kepadatan dari setiap batangan serat seperti yang telah dijelaskan sebelumnya. Bahwa semakin besar nilai *denier*-nya maka semakin tahan serat tersebut terhadap beban tarik yang diberikan.

#### 2. Modulus

Spesimen K285 memiliki nilai modulus *elasticity* yang lebih besar dari spesimen K120. Sesuai dengan persamaan (3.2) menyatakan bahwa nilai modulus *elasticity* tergantung pada kenaikan beban yang terjadi yaitu beban akhir dikurangi beban awal ( $P_2 - P_1$ ). Hasil pengujian menunjukkan bahwa beban akhir dari spesimen K285 lebih besar dari spesimen K120 sehingga secara otomatis modulus *elasticity* dari spesimen K285 lebih besar dari K120.

#### 3. Strain

Nilai *strain* yang dimiliki spesimen K285 lebih rendah dari nilai *strain* pada spesimen K120. Nilai *strain* berdasarkan persamaan (3.3) yang menyatakan nilai *strain* tegak lurus terhadap penambahan panjang dan berbanding terbalik terhadap panjang awal spesimen. Perbedaan nilai *strain* ini dikarenakan penambahan panjang dari kedua spesimen ini berbeda. Spesimen K285 selama dilakukan pengujian tarik penambahan panjangnya adalah 0,91 mm sedangkan untuk spesimen K120, penambahan panjangnya adalah 1,03 mm. Hal ini yang membuat nilai *strain* K120 lebih besar dari K285.

#### 4.4 Pengujian Interlaminar Shear strength

Pengujian *interlaminar shear strength* merupakan pengujian untuk mengetahui nilai kelekatan antar laminar dari sebuah spesimen. Pengujian dilakukan dengan cara spesimen diletakkan dalam sebuah bantalan, lalu spesimen tersebut diberikan beban dan ditekan sampai spesimen tersebut patah.

Adapun hasil pengujian *interlaminar shear strength* pada Tabel 4.3.

NO	Kode	ILLS ( N/mm <sup>2</sup> )
1	K120	40.60
2	K285	42.75

Tabel 4.3 Hasil uji *interlaminar shear strength* ( ILLS ) pada spesimen K120 dan K285.

Tabel 4.3 menunjukkan bahwa *interlaminar shear* untuk spesimen K285 memiliki nilai ILLS yang lebih tinggi dibandingkan dengan spesimen K120. hasil pengujian ini menunjukkan bahwa kekuatan rekat antar lamina pada spesimen K285 lebih kuat dibanding K120. Nilai ILLS pada spesimen dipengaruhi oleh jenis resin dan tipe serat yang dipakai. Dalam kasus ini kedua spesimen K120 dan K285 di atas menggunakan tipe resin yang sama yaitu *resin epoxy*. Sehingga dengan demikian pengaruh serat yang berperan dalam menentukan nilai ILLS dari kedua spesimen uji tersebut.

Sesuai dengan yang telah diketahui sebelumnya, bahwa angka *denier* pada serat dari spesimen K120 lebih rendah dari spesimen K285. Semakin besar angka *denier* maka semakin padat serat yang terdapat pada spesimen tersebut. Sehingga spesimen tersebut akan memiliki nilai ILLS yang semakin besar.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Hasil pembahasan pada bab IV yang telah diuraikan bagaimana analisis hasil pengujian fisik, pengujian tarik, dan pengujian *interlaminar shear strength* maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Berikut ini adalah kesimpulan dari pengujian fisik :

a. Hasil pengujian *resin content* menunjukkan bahwa spesimen K120 memiliki nilai 57,89 dan spesimen K285 memiliki nilai 53,43. Hal ini dikarenakan jumlah *filament* pada *fill* maupun *warp* dari spesimen K120 adalah 34 *filament* sedangkan spesimen K285 hanya 12 *filament*. Semakin banyak batang *filament warp* maupun *fill* maka semakin banyak resin yang diserap. Angka *denier* juga mempengaruhi kapabilitas dari penyerapan *resin*. Angka *danier* yang tinggi menunjukkan kerapatan *filament* yang kuat sehingga sulitnya *resin* terserap.

b. Nilai dari *prepreg areal weight* berbanding lurus terhadap *resin content* dan terhadap angka *denier*. Semakin besar nilai *resin content* maka berat dari *prepreg* semakin besar. Semakin besar angka *denier* menunjukkan semakin berat serat *filament* sehingga semakin berat pula *prepreg*.

c. Nilai dari *fiber areal weight* berbanding lurus dengan angka *denier*. Semakin besar angka *denier* menunjukkan semakin besar berat *filament* dan secara otomatis membuat berat *fiber* pun ikut naik.

d. Nilai hasil pengujian *volatile content*, *flow of resin* dan *gel time* pengujian ini memiliki nilai yang hampir sama pada kedua spesimen uji. Hal ini terjadi karena jenis *resin* yang dipakai pada kedua spesimen ini adalah sama yaitu memakai jenis *resin epoxy*.

e. Nilai *thickness* ini tergantung pada angka *denier*. Angka *denier* mempengaruhi *resin content* dan juga mempengaruhi ketebalan dari *fiber* sehingga membuat nilai *thickness* menjadi lebih besar.

2. berikut hasil pengujian mekanik yaitu sebagai berikut :

a. Uji tarik

Hasil uji tarik nilai *stress* yang terbesar dimiliki oleh spesimen K285 dengan nilai 480,58 Mpa. Nilai *stress* tergantung terhadap nilai *denier*. Bahwa semakin besar nilai *denier*-nya maka semakin tahan serat tersebut terhadap beban tarik yang diberikan.

b. *Inter laminar shear strength*

Pada hasil pengujian *inter laminar shear* untuk spesimen K285 memiliki nilai ILLS yang lebih tinggi dibandingkan dengan spesimen K120. Nilai ILLS pada spesimen dipengaruhi oleh jenis resin dan tipe serat yang dipakai. Dalam kasus ini kedua spesimen K120 dan K285 menggunakan tipe resin yang sama yaitu *resin epoxy*. Sehingga dengan demikian pengaruh serat yang berperan dalam menentukan nilai ILLS dari kedua spesimen uji tersebut. Serat untuk spesimen K120 memiliki angka *denier* 195 sedangkan K285 memiliki angka *denier* 1140. Angka *denier* yang besar

menunjukkan semakin padatnya *filament* dalam spesimen tersebut sehingga membuat kekuatan rekat antar *laminar*-nya semakin kuat.

## 5.2 Saran

1. Sebaiknya kondisi ruangan atau temperatur sebaiknya diperhatikan sesuai yang telah distandarkan kelembaban (*humadity*) 15<sup>0</sup>-27<sup>0</sup> C. Apabila di bawah standar maka akan terjadi perubahan karakteristik dari segi uji fisik maupun mekanik, selain itu juga akan menyebabkan kegagalan dalam proses *curing* seperti *delaminasi*, *buble* serta tidak merekatnya antar *laminar*. Kebersihan area atau lingkungan harus diperhatikan.

2. Peralatan sebelum dioperasikan proses pengujian sebaiknya terkalibrasi terlebih dahulu. Sehingga semua alat sudah dalam keadaan siap pakai.

3. Sebaiknya pengujian minimal mungkin akan tetapi mewakili semua pengujian yang dilaksanakan. Sehingga bisa menghemat dari segi biaya dan waktu.