

# ANALISA PERBANDINGAN KEKUATAN DESAIN ADHESIVE JOINT PADA MATERIAL FRP MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA

Rena Riza Umami<sup>1\*</sup>, Budianto<sup>2</sup>, Rizal Indrawan<sup>3</sup>

Program studi Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia<sup>1\*</sup>

Program studi Teknik Perancangan dan Konstruksi Kapal, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia<sup>2</sup>

Program studi Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia<sup>3</sup>

Email: [renarzzmm@gmail.com](mailto:renarzzmm@gmail.com)<sup>1</sup>

---

**Abstract** – Damage on FRP Ships in Indonesia is quite common. Damage was often occurs in the hull-deck joint area. The hull-deck joint of the FRP ship is an important thing in reference to the quality and structural strength of the FRP ship. Currently, researchers research about hull-deck joint method of FRP ships in order to obtain the proper joint method and result of joint according to the material and use of a structure. An example of a joint method that is often used especially in composite materials is the adhesive joint method. In the adhesive joint method, the right type of adhesive is a very influential part of the structural strength of a joint. This final project is focused on analyzing and comparing several joint designs for FRP material where examples of its application are on the hull and deck joints of FRP ships to find out which design are the best structural strength using ANSYS software. The simulation results of 45,000 N load shear stress obtained a shear strength value of 470.60 MPa for designs with epoxy film (design 1), 470.69 MPa for designs with epoxy (design 2), and 470.72 MPa for designs with a polyester (design 3). Through manual calculation and analysis, the joints with polyester are best.

**Keyword:** Adhesive Joint, Frp to Frp Joint, Hull to Deck FRP Ship, FRP Lap Joint, FEA

---

## 1. PENDAHULUAN

Dalam dunia perkapalan, *Fiberglass* merupakan bahan yang ringan dan relatif murah sehingga permintaan produksi kapal berbahan *fiberglass* semakin meningkat. Seperti material teknik pada umumnya *fiberglass* tentu masih memiliki kekurangan. *Fiberglass* bersifat lebih mudah retak jika dibandingkan dengan aluminium. Proses penyambungan bagian kapal *fiberglass* merupakan tantangan karena dibutuhkan penyambungan yang tepat agar menghasilkan nilai kekuatan sambungan yang baik dan tahan lama.

Pada proses penyambungan bagian kapal *fiber*, digunakan metode khusus seperti halnya penyambungan dengan menggunakan paku keling (penyambungan mekanik) atau dapat juga disambung dengan menggunakan zat kimia sebagai perekat (sambungan adhesif).

Metode penyambungan bagian kapal juga menjadi faktor kekuatan pada struktur kapal dan daya tahan nya terhadap hantaman ombak yang berpengaruh pada *lifetime* dari kapal tersebut. Diketahui bahwa metode penyambungan dengan paku keling atau baut yang sederhana dalam proses penyambungan namun sangat fatal apabila sambungan tersebut dikenai beban tinggi atau benturan. Dikarenakan ketika sambungan menerima benturan, terjadi kerusakan pada lubang karena adanya konsentrasi tegangan. Adanya konsentrasi tegangan tersebut akan

membuat retak ke segala arah yang memudahkan kerusakan konstruksi membesar.

Beberapa tahun terakhir *Adhesive Joint* merupakan metode penyambungan material yang sangat diminati karena kekuatan sambungannya saat menerima beban tinggi menghasilkan kerusakan yang minim pada area sekitar sambungan. Metode penyambungan ini dinilai dapat meredam beban yang mengenai sambungan serta tidak menimbulkan retak yang diakibatkan oleh konsentrasi tegangan yang terjadi pada sambungan seperti pada sambungan mekanik dengan menggunakan paku keling atau baut.

Pada penelitian ini dilakukan pemodelan pada beberapa desain sambungan adhesif (*Adhesive joint*) FRP – FRP dengan menggunakan perbandingan dari 3 jenis bahan perekat (*adhesive*) sebagai penguat yang berbeda yaitu *adhesive film*, *epoxy*, dan *polyester*. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan hasil berupa tegangan normal dan tegangan geser dari masing – masing sambungan dengan jenis bahan perekat yang berbeda. Penelitian dilakukan dengan metode elemen hingga menggunakan *software modeling*.

## 2. METODOLOGI .

### 2.1 Material FRP

*Fibre Reinforced Polymer* atau FRP merupakan material hasil dari pengembangan

komposit berjenis Komposit Serat (*Fibrous Composite*) guna mendapatkan material yang memiliki kekuatan yang tepat guna untuk bahan baku pada industri. Material FRP tersusun dari *fiber* atau serat sebagai penguat dan *polimer* sebagai matriksnya. Material ini telah banyak digunakan dan dikembangkan sejalan dengan berkembangnya teknologi. Biasa digunakan sebagai bahan baku pembuatan produk dalam bidang Penerbangan (*aerospace*), *Automotive*, Perkapalan, dan juga Konstruksi bangunan. FRP dalam ilmu material termasuk ke dalam kategori *Thermoset Polymer Composites* yang merupakan penggabungan dua material utama yaitu resin yang merupakan *polymer* sebagai matriks dan serat (*fiber*) sebagai penguat[1].

## 2.2 VARTM

*Vacuum Assisted Resin Transfer Molding* (VARTM) adalah proses pembuatan komposit polimer dengan metode cetakan tertutup dimana resin dihisap oleh pompa *Vacuum* untuk masuk kedalam melalui selang dari pot resin dan mengalir ke cetakan yang sebelumnya telah diisi dengan *fiber*. Resin akan mengalir dan menyatu dengan *fiber* hingga resin masuk kedalam *Trap Pot*, kemudian didiamkan dengan tekanan yang dikunci hingga mengeras, lalu penutup cetakan yang dibuat dari *vacuum bag* dilepas dan dipisahkan dari cetakan dasar[2].

## 2.3 Ketebalan Laminasi Kapal FRP

Ketebalan perlapisan serat yang dilaminasi dapat diketahui menggunakan rumus perhitungan yang telah dijelaskan dalam BKI Volume V *Rules for Fiberglass Reinforced Plastic Ships* Edisi 2016[3], sebagai berikut :

$$t = \frac{W_G W_G}{10 \cdot \gamma_R G + 1000 \cdot \gamma_G} + \frac{W_G W_G}{1000 \cdot \gamma_G} - \frac{W_G}{1000 \cdot \gamma_R} \quad (1)$$

diketahui bahwa :

- t = Ketebalan lapisan (mm)
- $W_G W_G$  = Berat per unit area dari serat ( $\text{g/m}^2$ )<sup>2</sup>)
- G = *Glass Content* pada laminasi (%)
- $\gamma_R \gamma_R$  = Nilai berat jenis resin
- $\gamma_G \gamma_G$  = Nilai berat jenis serat

## 2.4 Adhesive Joint

*Adhesive Joint* atau sambungan *adhesive* merupakan proses penggabungan dua bahan atau lebih yang padat digabung menggunakan zat perekat, bahan dari bagian yang akan disambung memiliki sifat mekanik yang similar[1]. Bahan lapisan perekat umumnya adalah polimer (alami atau sintetis) dan ketebalan lapisan perekat biasanya tidak melebihi 0.02” atau 0.5 mm. Pada proses *Adhesive Joint* terdapat 2 part penting yaitu *Adhesive* yaitu perekat dan *Adherens* yaitu

bahan yang direkatkan. Terdapat banyak sekali tipe sambungan dari sambungan adhesif ini.[1]

## 2.5 Sambungan Lambung – Geladak Kapal

Sambungan Lambung–Geladak merupakan proses penggabungan bagian lambung (*hull*) dengan bagian geladak (*deck*) dari suatu kapal sehingga menjadi suatu konstruksi kapal. Sambungan Lambung–Geladak pada kapal dapat berbeda sesuai dengan jenis material dari kapal tersebut juga tergantung pada bagian mana yang akan disambung, apa saja gaya yang berpengaruh pada sambungan tersebut dan juga seberapa besar kekuatan yang dibutuhkan pada sambungan tersebut.[1]

## 2.6 Kekuatan Tarik Sambungan

Tegangan Tarik adalah tegangan internal pada suatu material saat dikenai gaya tarik dan gaya tersebut tegak lurus dengan luas penampang[4]. Secara rumus dapat dipahami sebagai berikut :

$$\sigma_t = F/A \quad (2)$$

- $\sigma_t$  = Tegangan tarik (MPa)
- F = Gaya yang bekerja/beban (N)
- A = Luas penampang (mm)

## 2.7 Kekuatan Geser Sambungan

Tegangan geser didefinisikan sebagai tegangan yang timbul karena suatu benda mendapatkan dua gaya yang berlawanan arah. Tegangan geser pada sebuah sambungan material berarti luas permukaan yang digunakan untuk menghitung besarnya nilai tegangan geser adalah luasan dari dua buah benda yang mengalami kontak saat pada posisi disambung .

Secara rumus dipahami sebagai berikut [5] :

$$\tau_{o,max} = \frac{\sigma}{8} (1 + 3k) \sqrt{\frac{8G_a t}{Et_a}}$$

$$\tau_{o,max} = \frac{\sigma}{8} (1 + 3k) \sqrt{\frac{8G_a t}{Et_a}} \quad (3)$$

$$\sigma = \frac{P}{t} \sigma = \frac{P}{t} \quad (4)$$

$$c = \frac{L}{2} c = \frac{L}{2} \quad (5)$$

$$u_2 = \sqrt{\frac{3\sigma(1-\nu^2)}{2Et^2}} u_2 = \sqrt{\frac{3\sigma(1-\nu^2)}{2Et^2}} \quad (6)$$

$$u_1 = 2\sqrt{2} u_2 u_1 = 2\sqrt{2} u_2 \quad (7)$$

$$k = \frac{\cosh(u_2 c) \sinh(u_1 L)}{\sinh(u_1 L) \cosh(u_2 c) + 2\sqrt{2} \cosh(u_1 L) \sinh(u_2 c)} \quad (8)$$

Keterangan:

- P = Beban per unit luasan
- L = Panjang area sambungan (*overlap*)
- t = Ketebalan benda yang disambung
- E = Modulus Elastisitas benda yang disambung
- $G_a G_a$  = Modulus Geser *adhesive*
- $t_a t_a$  = Ketebalan *adhesive*

$E_a E_a$  = Modulus Elastisitas adhesive

$\nu$  = Rasio Poisson adherend atau material yang disambung

Adherend Thickness (t) Effect

$$P_{failure} P_{failure} = 3.878 + 3.085t \quad (9)$$

Bond length (L) Effect

$$P_{failure} P_{failure} = 5.999 + 131.5L \quad (10)$$

Adhesive Thickness ( $t_a t_a$ ) Effect

$$P_{failure} P_{failure} = 9.367 \pm 2.680 t_a t_a \quad (11)$$

### 2.8 Metode Elemen Hingga

Dalam FEM, karakteristik dari objek yang dianalisis diselidiki dengan cara membagi objek tersebut ke dalam potongan-potongan kecil yang lebih sederhana yang disebut elemen. Hal ini disebabkan karena elemen mempunyai bentuk yang lebih mudah untuk dianalisa. Elemen-elemen tersebut terhubung satu sama lain pada suatu titik yang disebut *node*. Terdapat tiga tahapan analisis dalam FEM, yaitu prapengolahan (*preprocessing*), simulasi, dan pasca pengolahan (*post processing*). [6]

### 2.9 ACP Pada Software ANSYS

ACP atau *Ansys Composite Preppost* merupakan fitur tambahan yang disediakan oleh perangkat lunak ANSYS untuk analisa struktur material *composite*. ACP memiliki mode pra dan pasca pemrosesan. Dalam mode pra-pemrosesan, semua definisi komposit dapat dibuat dan dipetakan ke geometri (FE *mesh*). Definisi komposit ini ditransfer ke model FE (*Finite Element*) dan file *input* pemecah. Dalam mode pasca-pemrosesan, setelah solusi yang lengkap dan impor file hasil telah dilakukan maka hasil dari pasca-pemrosesan (kegagalan, keamanan, tekanan dan tegangan) dapat dievaluasi dan divisualisasikan. [7]

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Konfigurasi Laminasi

Penulis menggunakan susunan laminasi yang telah diuji melalui eksperimen yang telah dipublikasikan hasilnya melalui suatu jurnal berjudul “Analisa Sifat Mekanik Komposit Vinyl Ester Berpenguat Serat E-Glass Tipe *Multiaxial* Dengan Metode VARTM Untuk Aplikasi Pada Lambung Kapal Cepat”. Susunan laminasi yang digunakan sebagai berikut [8]:

Tabel 1. Susunan Laminasi dan Orientasi

N	Jenis Fiber	Orientasi serat
1	EBX 800	(45°/-45°)
2	UD 900	(0°)
3	UD 900	(45°)

4	UD 900	(90°)
5	UD 900	(-45°)
6	UD 900	(-45°)
7	UD 900	(90°)
8	UD 900	(45°)
9	UD 900	(0°)
10	EBX 800	(45/-45)

Pada susunan laminasi diatas menggunakan 2 jenis serat UD (*Unidirectional*) dengan berat spesifik 800  $g/m^2 m^2$  dan 900  $g/m^2 m^2$ .

#### a. EBX 800 (45/-45)

$$\text{Berat serat} = 841.89 \text{ g/m}^2 m^2$$

$$\text{Berat jenis} = 2.55 \text{ g/cm}^3 \text{ cm}^3$$

$$\text{Kuat tarik} = 47.43 \text{ MPa}$$

$$\text{Modulus elastisitas} = 4.17 \text{ GPa}$$

#### b. UD 900 (0)

$$\text{Berat serat} = 894.56 \text{ g/m}^2 m^2$$

$$\text{Berat Jenis} = 1.13 \text{ g/cm}^3 \text{ cm}^3$$

$$\text{Kuat tarik} = 468.01 \text{ MPa}$$

$$\text{Modulus elastisitas} = 14.95 \text{ GPa}$$

#### c. UD 900 (45)

$$\text{Berat serat} = 894.56 \text{ g/m}^2 m^2$$

$$\text{Berat Jenis} = 1.13 \text{ g/cm}^3 \text{ cm}^3$$

$$\text{Kuat tarik} = 19.95 \text{ MPa}$$

$$\text{Modulus elastisitas} = 6.81 \text{ Gpa}$$

#### d. UD 900 (90)

$$\text{Berat serat} = 894.56 \text{ g/m}^2 m^2$$

$$\text{Berat Jenis} = 1.13 \text{ g/cm}^3 \text{ cm}^3$$

$$\text{Kuat tarik} = 14.68 \text{ MPa}$$

$$\text{Modulus elastisitas} = 6.73 \text{ Gpa}$$

Resin yang digunakan dalam laminasi ini adalah Ripoxy R-802 EX-1 dengan *density* 1.13  $gr/cm^3$ , *tensile strength* 78 Mpa, *Tensile modulus* 3.2 Gpa, *elongasi* 6 %, *Heat distortion temperature* 100°C. Diketahui perbandingan serat dan resin adalah 0.7 : 0.3.

Sehingga dapat dihitung:

(1) t EBX 800

$$t = \frac{10 \cdot \gamma_R \cdot G}{1000 \cdot \gamma_R} + \frac{1000 \cdot \gamma_G \cdot G}{1000 \cdot \gamma_G} = \frac{10 \cdot 1.13 \cdot 7010}{841.89} + \frac{1000 \cdot 2.55}{841.89} = 1.06 + 0.33 = 0.74 = 0.65 \text{ mm}$$

(2) t UD 900

$$t = \frac{10 \cdot \gamma_R \cdot G}{1000 \cdot \gamma_R} + \frac{1000 \cdot \gamma_G \cdot G}{1000 \cdot \gamma_G} = \frac{10 \cdot 1.13 \cdot 7010}{841.89} + \frac{1000 \cdot 2.55}{841.89} = 1.06 + 0.33 = 0.74 = 0.65 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{894.56}{1000 \times 2.55} + \frac{894.56}{1000 \times 1.13} + \frac{894.56}{1000 \times 1.13} \\
 &= 1.13 + 0.35 + 0.79 \\
 &= 0.69 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

### 3.2 Penentuan Desain

#### Desain 1: Epoxy Film

Desain 1 menggunakan *adhesive* jenis *epoxy film* dengan merk *Scotch Weld* dengan seri 163-2. Sifat mekanik dari *epoxy film* yang diinput pada ANSYS sesuai dari data tabel yang didapat dari website *Scotch Weld*.

#### Desain 2: Epoksi

Desain 2 mengganti jenis *adhesive* yang digunakan dengan jenis cair yaitu menggunakan epoksi. Epoksi yang diaplikasikan pada desain di ANSYS menggunakan standar ANSYS sehingga untuk sifat mekaniknya sesuai dengan yang telah ada pada *software* ANSYS.

#### Desain 3: Polyester

Desain 3 merupakan desain yang juga divariasikan *adhesive* nya diganti menggunakan polyester. Sifat mekanik dari *polyester* sesuai dengan standar ANSYS.

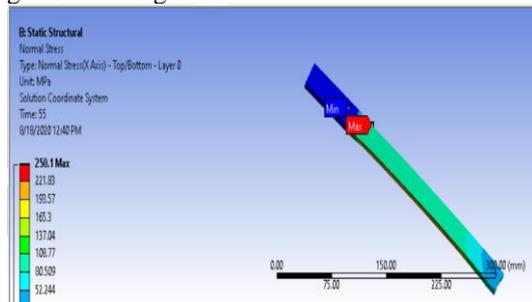
### 3.3 Uji Tarik Laminasi Kapal

Hasil analisa menggunakan *software* ANSYS menunjukkan besar tegangan Tarik pada benda saat dikenai gaya sebesar 45 KN adalah sebesar 250.1 MPa. Dan dari perhitungan secara manual didapatkan 253.7 MPa dengan menggunakan rumus dasar tegangan Tarik yaitu  $\sigma = F/A$ , A disini adalah luasan dari ketebalan laminasi 6.82 mm<sup>2</sup> dikali dengan lebar specimen yang dimodelkan yaitu 25.4 mm<sup>2</sup>.

Maka persentase kesalahan pemodelan sebesar dapat dihitung dan diketahui nilainya,

$$\begin{aligned}
 \% \text{error} &= \frac{253.7 - 250.1253.7 - 250.1}{250.1} \times 100 \% \\
 &= 1.44 \%
 \end{aligned}$$

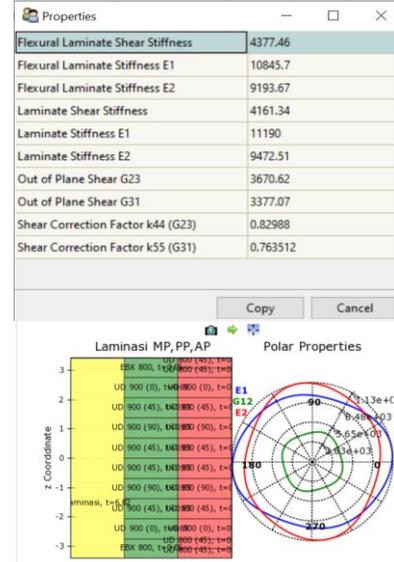
Sehingga pemodelan laminasi serta nilai dari sifat mekanik susunan laminasi seperti E, G dan rasio poisson yang muncul dari analisa menggunakan *software* ANSYS dapat digunakan untuk menghitung nilai tegangan geser sambungan *adhesive*.



Gambar 1. Pemodelan Laminasi FRP dengan ANSYS (Sumber : Dokumen Pribadi)

Dari Pemodelan *adherent* yaitu susunan laminasi dari lambung suatu kapal yang dibuat dengan menggunakan metode VARTM melalui *software* ANSYS, didapatkan E (Modulus Elastisitas) dan G (Modulus Geser) dari susunan *adherent*. Tabel di bawah ini dapat dilihat pada menu *setup* yang ada di tahap ACP Pre ANSYS.

Tabel 2. Sifat Mekanik Pemodelan Laminasi dengan ANSYS



Gambar 2. Hasil Analisa Laminasi FRP dengan ANSYS (Sumber : Dokumen Pribadi)

Diketahui

$$P = 5000N$$

$$L = 25.4 \text{ mm}$$

$$t = 6.82 \text{ mm}$$

$$E = 11190 \text{ MPa}$$

$$G_a = 1400 \text{ MPa}$$

$$t_a = 0.25 \text{ mm}$$

$$E_a = 3780 \text{ MPa}$$

$$\nu = 0.3455$$

$$G = 4161.34 \text{ MPa}$$

Dari nilai – nilai yang diketahui di atas, didapatkan nilai tegangan geser menggunakan rumus dari sebuah jurnal literasi berjudul “*Strength of Adhesive Joint : Parametric Study*” oleh W R Broughton, L E Crocker and J M Urquhart dibawah ini,

$$\tau_{o,max} = \frac{\sigma}{8} (1 + 3k) \sqrt{\frac{8G_a t}{Et_a}}$$

Kemudian didapatkan nilai dari masing – masing nilai kekuatan geser maksimal pada setiap sambungan yaitu sebagai berikut:

Pada desain sambungan 1 dengan menggunakan perekat dengan jenis *epoxy film* sebagai perekatnya menghasilkan nilai kekuatan geser maksimal sebesar 71.71MPa. Untuk desain sambungan ke 2 dengan menggunakan perekat epoksi menghasilkan besar perhitungan kekuatan geser maksimal senilai 106.79 MPa. Dan untuk desain 3 dengan menggunakan *polyester* sebagai perekat menghasilkan nilai

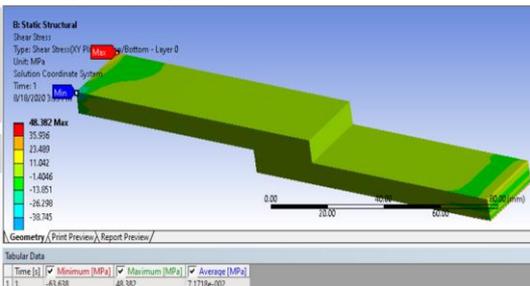
perhitungan kekuatan geser maksimal sebesar 141.44 MPa.

Dari perhitungan tersebut diketahui nilai beban maksimal yang dapat diterima dari setiap desain sesuai dengan besarnya kekuatan geser maksimal dari setiap sambungan dengan menggunakan perekat *epoxy film*, epoksi, dan *polyester* secara berurutan sebesar 46264.42 N, 68896.64 N, 91251.43 N.

### 3.4 Uji Geser Sambungan Simulasi Desain 1

Berikut merupakan hasil dari simulasi uji tegangan geser pada desain 1 yaitu sambungan dengan menggunakan *epoxy film*.

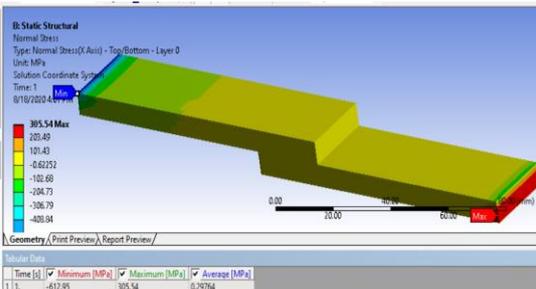
Dengan diberi beban gaya 46264.42 N, dihasilkan tegangan geser maksimal 71.71 MPa pada perhitungan manual. Dan besar gaya yang dihasilkan dari analisa dengan *software* ANSYS sebesar 48.382 MPa.



Gambar 3. Hasil Analisa Tegangan Tarik Beban 46264.42 N

(Sumber : Dokumen Pribadi)

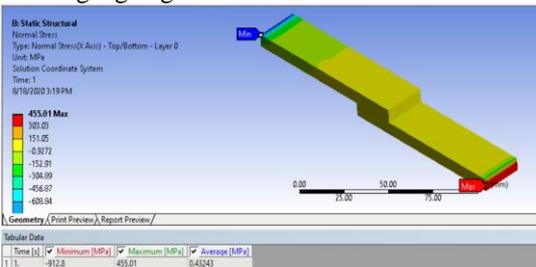
Dan nilai tegangan normal pada sambungan dengan menggunakan *adhesive film* sebesar 305.54 MPa.



Gambar 4. Hasil Analisa Tegangan Normal Pada Desain 1 Beban 46264.42 N

(Sumber : Dokumen Pribadi)

Beban yang digunakan sebesar 45000 N dan hasil tegangan geser sebesar 470.6 MPa.



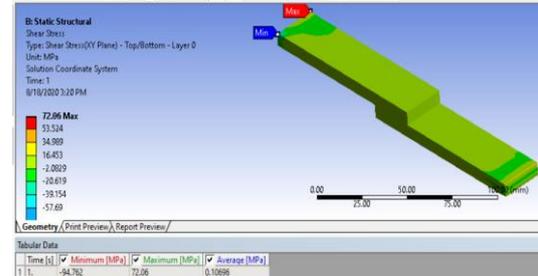
Gambar 5. Hasil Analisa Tegangan Tarik Pada Desain 1 Beban 45000 N

(Sumber : Dokumen Pribadi)

### Simulasi Desain 2

Berikut merupakan hasil dari simulasi uji tegangan geser pada desain 2 yaitu sambungan dengan menggunakan epoksi.

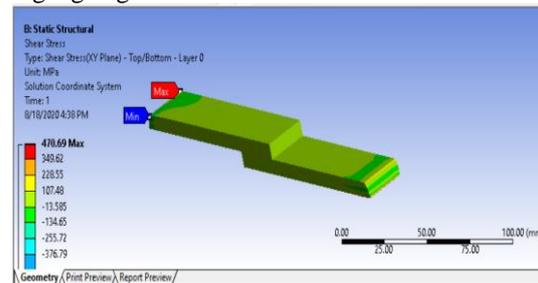
Diberikan gaya sebesar 68897N (hasil dari perhitungan sebelumnya), Gaya yang didapat dari simulasi analisa menggunakan *software* ANSYS untuk tegangan normalnya sebesar 455.01 MPa.



Gambar 6. Hasil Analisa Tegangan Tarik Pada Desain 2 Beban 68897 N

(Sumber : Dokumen Pribadi)

Gaya 68897 N yang mengenai tegangan geser maksimal 3999.8 MPa memiliki nilai kuat Tarik sebesar 72.06 MPa sedangkan hasil dari perhitungan manual sebesar 106.79 MPa. Beban yang digunakan sebesar 45000 N dan hasil tegangan geser sebesar 470.69 MPa.



Gambar 7. Hasil Analisa Tegangan Tarik Pada Desain 2 Beban 45000 N

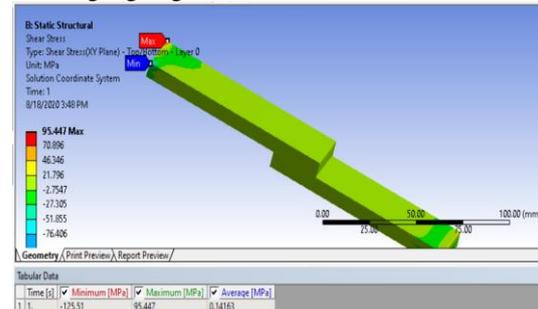
(Sumber : Dokumen Pribadi)

### Simulasi Desain 3

Berikut merupakan hasil dari simulasi uji tegangan geser pada desain 3 yaitu sambungan dengan menggunakan *polyester*.

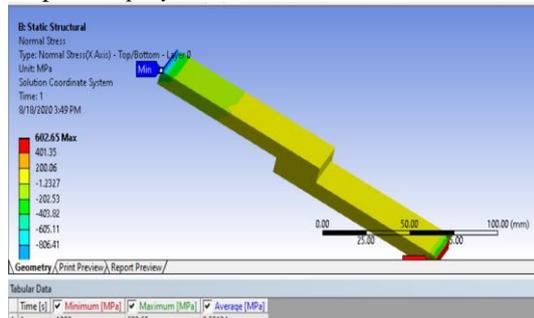
Berikut merupakan hasil dari simulasi uji tarik untuk tegangan geser pada desain sambungan adhesif 2.

Pada perhitungan gaya sebesar 91251.43 N menghasilkan tegangan geser maksimal sebesar 141.44 MPa. Dan hasil dari simulasi didapatkan nilai tegangan geser sebesar 95.447 MPa.



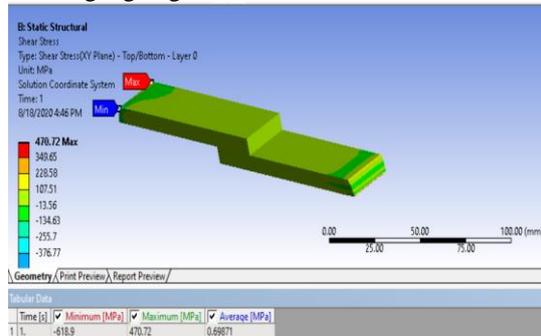
Gambar 8. Hasil Analisa Tegangan Tarik Pada Desain 3  
 Beban 91251.43 N  
 (Sumber : Dokumen Pribadi)

Dengan nilai tegangan normal pada sambungan berperekat *polyester* sebesar 602.65 MPa.



Gambar 9. Hasil Analisa Tegangan Normal Pada Desain 3  
 Beban 91251.43 N  
 (Sumber : Dokumen Pribadi)

Beban yang digunakan sebesar 45000 N dan hasil tegangan geser sebesar 470.72 MPa.



Gambar 10. Hasil Analisa Tegangan Tarik Pada Desain 3  
 Beban 45000 N  
 (Sumber : Dokumen Pribadi)

### 3.5 Desain Terbaik

Melalui analisa yang telah dilakukan didapatkan data sebagai berikut :

Tabel 3. Peringkat Berdasarkan Kekuatan Geser

Jenis resin	Kekuatan Geser Maksimal	Kekuatan Geser Maksimal
Sambungan	Perhitungan	ANSYS
Epoxy Film	71.71 Mpa	48.382 Mpa
Epoksi	106.79 Mpa	72.060 Mpa
Polyester	141.44 Mpa	95.447 Mpa

Dari data tersebut dapat diketahui bahwa desain sambungan yang menggunakan *polyester* sebagai bahan perekatnya memiliki nilai kekuatan geser paling baik.

## 4. KESIMPULAN

Dari penelitian ini bisa ditarik beberapa kesimpulan adalah sebagai berikut:

- Melalui simulasi uji tarik susunan laminasi menggunakan *software* ANSYS, dengan benda dikenai beban sebesar 45000 N mendapatkan hasil nilai kekuatan tarik pada susunan laminasi sebesar 250.1 Mpa. Diketahui melalui perhitungan bahwa nilai kekuatan tarik susunan laminasi sebesar 259.773 MPa maka didapatkan nilai persentase error ketepatan simulasi ANSYS sebesar 1.44 %. Sehingga disimpulkan bahwa analisa menggunakan *software* ANSYS dapat dikatakan valid.
- Nilai tegangan geser maksimal dari setiap desain sambungan yang dihitung secara manual adalah 106.79 MPa untuk desain 1 dengan epoksi, 141.44 MPa untuk sambungan dengan perekat *polyester* dan 71.71 MPa untuk sambungan dengan perekat *epoxy film*. Dan pada simulasi menggunakan *software* ANSYS nilai tegangan geser dari setiap desain dengan variasi *epoxy film*, epoksi, dan *polyester* saat diberi beban sebesar 45000 N secara berurutan nilainya 470.60 MPa, 470.69 MPa, dan 470.72 MPa.
- Dari pemodelan desain sambungan adhesif dengan variasi jenis perekat yang berbeda yang telah dianalisa menggunakan *software* ANSYS serta melalui perhitungan manual dan analisa untuk penentuan desain terbaik yang telah dilakukan, maka terpilih desain sambungan *adhesive* adalah desain 3 dengan menggunakan perekat dengan jenis *polyester*.

## 6. PUSTAKA

- Daniel Gay, Suong V.Hoa and Stephen W.Tsai. (2003). Composite Materials: Design and Application
- Hsiao, T. 2012. Vacuum Assisted Resin Transfer Molding (VARTM) in Polymer Matrix Composites
- BKI. (2016). Volume V *Rules for Fiberglass Reinforced Plastic Ships*.
- (2015). <http://teknikmesinpedia.blogspot.com>
- W R Broughton, L E Crocker and J M Urquhart. (2001). Strength of Adhesive Joints: A Parametric Study.
- David V. Hutton (2004). *Fundamentals Of Finite Element Analysis*, Mc. Graw-Hill, Dallas.
- ANSYS Inc. (2011). Composite Modeling with ANSYS
- Gerry Liston Putra, dkk. (2015). Analisa Sifat Mekanik Komposit Vinyl Ester Berpenguat Serat E-Glass Tipe Multiaxial

Dengan Metode VARTM Untuk Aplikasi  
Pada Lambung Kapal Cepat.