

# PEMBUATAN DAN ANALISIS GAYA BADAN PESAWAT TANPA AWAK DARI BAHAN MATERIAL KOMPOSIT YANG DIPERKUAT *POLYESTER* DAN SERAT *ROCK WOOL* DENGAN METODE *HAND LAY UP*

Juliono S.<sup>1</sup>, Ikhwansyah Isranuri<sup>2</sup>, Syahrul Abda<sup>3</sup>, M. Sabri<sup>4</sup>, Tugiman<sup>5</sup>, Mahadi<sup>6</sup>  
<sup>1,2,3,4,5,6</sup>Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara  
Email: julionosusanto@gmail.com

## ABSTRAK

Badan pesawat adalah komponen utama dari sebuah pesawat terbang. Badan pesawat ini sendiri merupakan tempat melekatnya bagian-bagian pesawat seperti *wing*, *elevator* maupun roda pendaratan. Panjang badan pesawat tanpa awak ini adalah 2027 mm. Penelitian ini dilakukan untuk membuat dan menganalisis badan pesawat tanpa awak dengan menggunakan bahan komposit campuran resin *polyester* dengan serat *rock wool*. Penelitian ini bertujuan untuk mencari nilai titik berat secara teoritis pada badan pesawat tanpa awak serta mendapatkan nilai tegangan regangan yang terjadi pada badan pesawat tanpa awak melalui simulasi dengan menggunakan *software Ansys 14.0*. Manfaat utama dari penggunaan material komposit adalah mendapatkan kombinasi sifat kekuatan serta kekakuan tinggi dan berat jenis yang ringan. Pada proses penelitian terdapat langkah-langkah proses pembuatan badan pesawat tanpa awak. Melalui penelitian ini pada proses pembuatan badan pesawat tanpa awak dikatakan berhasil dan diperoleh letak titik berat pada badan pesawat yang dihitung secara teoritis didapat pada koordinat  $x= 897,37$ ,  $y= 77,77$ . Regangan maksimum yang terjadi sebesar 0.00014584 mm/mm dan regangan minimum yang terjadi sebesar  $3.2414 \times 10^{-8}$  mm/mm. Tegangan maksimum sebesar 4.5635 MPa dan tegangan minimum yang terjadi sebesar 0.00045862 Mpa melalui hasil simulasi dengan *software Ansys 14.0 Workbench*.

*Kata kunci* : *Badan pesawat, software Ansys, pesawat tanpa awak, material komposit, rock wool*

## 1. PENDAHULUAN

Pesawat tanpa awak *UAV (Unmanned Aerial Vehicle)* adalah jenis pesawat terbang yang dikendalikan alat sistem kendali jarak jauh lewat gelombang radio. Penelitian ini dilakukan untuk membuat dan menganalisis badan pesawat (*fuselage*) tanpa awak (*UAV*) dengan menggunakan bahan material komposit. Bahan komposit yang akan diteliti adalah campuran resin *polyester* dengan serat *rock wool*. Melalui penelitian ini diharapkan didapatkan suatu bahan komposit yang ringan dan memiliki sifat mekanik (*mechanical properties*) yang baik[1].

Dengan adanya pengembangan *UAV (Unmanned Aerial Vehicle)*, maka pengembangan dari sisi material ringan dan kuat untuk badan dan sayap pesawat itu sendiri merupakan sebuah kajian teoritis yang selayaknya mendapatkan perhatian dari para peneliti, sehingga diharapkan Pesawat *UAV (Unmanned Aerial Vehicle)* generasi selanjutnya memiliki unjuk kerja yang lebih baik karena menggunakan material yang ringan dan kuat.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

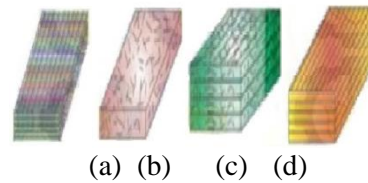
Komposit adalah suatu material yang terdiri dari campuran atau kombinasi dua atau lebih material baik secara mikro atau makro, dimana sifat material yang tersebut berbeda bentuk dan komposisi kimia dari zat asalnya[2].

### 2.1 Klasifikasi Komposit

Ada 3 macam jenis klasifikasi komposit berdasarkan penguat yang digunakannya, yaitu :

#### A. Komposit Serat (*fibricus composite*)

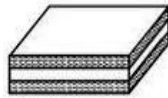
Komposit serat yaitu jenis komposit yang hanya terdiri dari satu lamina atau satu lapisan yang menggunakan penguat berupa serat/*fiber*. Pada jenis komposit serat dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.1 Jenis komposit serat (a) *Continous fiber composite*, (b) *Woven fiber composite*, (c) *Chopped fiber composite*, (d) *Hybrid composite*

**B. Komposit Lapis (*laminated composite*)**

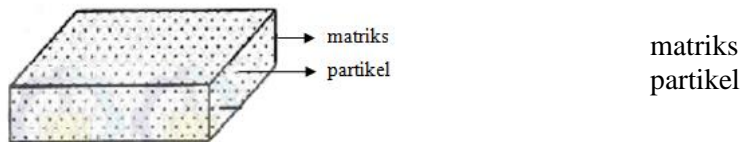
Komposit Lapis yaitu jenis komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabung menjadi satu. Pada komposit lapis dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 komposit lapis

**C. Komposit Partikel (*particulate composite*)**

Komposit partikel yaitu komposit yang menggunakan partikel sebagai penguatnya dan terdistribusi secara merata dalam matriksnya. Pada gambar 2.3 memperlihatkan gambar komposit partikel.



Gambar 2.3 komposit partikel

**2.2 Serat *Rock Wool***

*Rock wool* adalah suatu bahan *insulation* jenis isolasi termal dan akustik. Terbuat dari bahan tambang *fiber* ringan dengan inti berupa batu alam yang dipadukan dengan damar panas. Fungsi umum dari *rock wool* adalah untuk memberikan isolasi di rumah tinggal atau bangunan komersial. Adapun manfaat lainnya yaitu.

1. Memiliki daya konduksi termal yang rendah
2. Cocok untuk aneka kebutuhan industri
3. Dapat digunakan pada suhu 100 °C sampai 820 °C
4. Kedap suara[3]

**2.3 Klasifikasi Dari Resin**

Secara umum resin diklasifikasikan menjadi 2 bagian :

**1. Thermoplastik**

Thermoplastik adalah plastik yang dapat dilunakkan berulang kali dengan menggunakan panas. Thermoplastik juga merupakan polimer yang akan menjadi keras apabila didinginkan.

Bahan termoplastik yang lazim dipergunakan sebagai matrik komposit adalah sebagai berikut :

- a. *Acetal*
- b. *Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS)*
- c. *Nylon*
- d. *Polyethylene (PE)*
- e. *Polypropylene (PP)*
- f. *Polyethylene Terephthalate (PET)*

**2. Thermoset**

Thermoset tidak dapat mengikuti perubahan suhu. Bila sekali pengerasan telah terjadi, maka bahan tidak dapat dilunakkan kembali. Bahan termoset yang lazim dipergunakan sebagai matrik komposit adalah sebagai berikut :

- a. *Polyester*

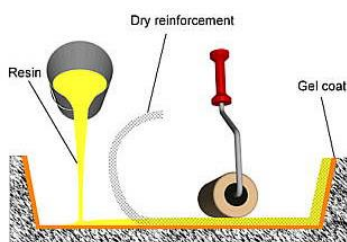
- b. *Vinyl Resin*
- c. *Epoxy*
- d. *Phenolic*
- e. *Polyurethane*

**2.4 Resin Polyester**

Resin *polyester* berupa resin cair dengan viskositas yang relatif rendah, mengeras pada suhu kamar dengan penggunaan katalis tanpa menghasilkan gas sewaktu pengesetan[4].

**2.5 Metode Hand Lay Up**

Metode *Hand lay up* yang disebut juga dengan *way lay up* merupakan sebuah metode pembuatan komposit yaitu dengan mengisiskan resin kedalam cetakan dengan tangan keserat didalam suatu wadah. Pada proses metode *hand lay up* dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 proses *hand lay up*

Kelebihan penggunaan metode proses *hand lay up* ini adalah :

1. Mudah dilakukan
2. Cocok di gunakan untuk komponen yang besar
3. Volumennya rendah[5]

**2.5 Desain Struktur pada Pesawat Tanpa Awak**

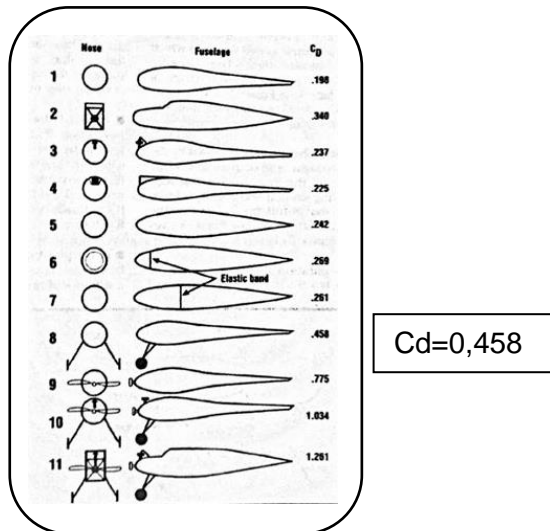
Adanya spesifikasi data khusus hasil design. Pada desain stuktur pada pesawat tanpa awak diperoleh spesifikasi data khusus hasil desain dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.1 spesifikasi data khusus hasil desain

No	Spesifikasi	Karakteristik
1	Aifoil	NACA 2412
2	Jenis Wing	Straight Wing
3	Panjang <i>Fuselage</i>	2027 mm
4	Lebar	202 mm
5	Motor penggerak	Motor elektrik
6	Putaran Propeler	3000 rpm
7	Jumlah Blade	2 buah
8	Diameter Propeler	300 mm
9	Material Bahan	Komposit
10	Berat body	10000 gr

**2.6 Badan Pesawat ( *Fuselage* )**

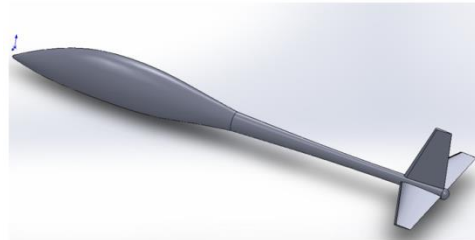
*Fuselage* merupakan salah satu struktur utama pesawat yang terhubung dengan sayap, ekor, dan *landing gear*. Dalam merancang badan pesawat ini, aerodinamis badan pesawat adalah hal yang paling penting. Badan pesawat yang digunakan adalah tipe 8 dengan koefisien drag ( $C_d$ )0,458, dimana  $C_d$  yang akan digunakan untuk menghitung gaya hambat yang dialami pesawat tanpa awak. Pada badan pesawat terdapat tipe dan koefisien badan pesawat dapat dilihat pada gambar 2.5[6].



Sumber : lennon Andy ,2006. Aircraft Design

Gambar 2.5 tipe dan koefisien badan pesawat

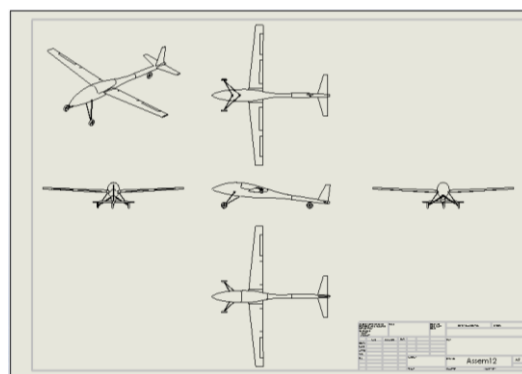
Berikut adalah gambar badan pesawat tanpa awak dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Badan pesawat tanpa awak

### 2.7 Assembling Pesawat Tanpa Awak

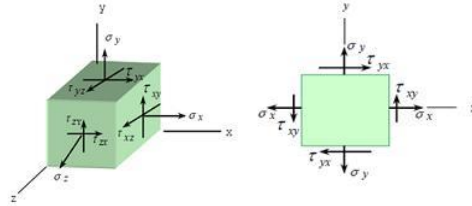
Assembling merupakan bagian utuh dari suatu benda, dimana dalam hal ini adalah pesawat (*fuselage*) tanpa awak. Berikut adalah gambar assembling pesawat tanpa awak dapat dilihat pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Assembling pesawat tanpa awak

### 2.8 Teori Tegangan Regangan untuk Komposit

Intensitas gaya (gaya persatuan luas) disebut tegangan (*stress*). Dengan menganggap bahwa tegangan terdistribusi secara merata pada seluruh bidang batang penghubung. Gambar 2.8 memperlihatkan suatu elemen tegangan berdimensi tiga, atau tegangan triaksial (*triaxial stress*), dimana menunjukkan tiga tegangan normal  $\sigma_x$ ,  $\sigma_y$  dan  $\sigma_z$ , semuanya positif; dan enam tegangan geser  $\tau_{xy}$ ,  $\tau_{xz}$ ,  $\tau_{yx}$ ,  $\tau_{yz}$ ,  $\tau_{zx}$ ,  $\tau_{zy}$ , juga semuanya positif[7].



Gambar 2.8 elemen tegangan tiga dimensi

**2.9 Teori Pusat Gravitasi Dan Pusat Massa Untuk Sistem Partikel**

Pusat gravitasi (*g*) adalah titik pusat yang menempatkan berat yang dihasilkan dari suatu sistem partikel. Untuk menunjukkan bagaimana menentukan titik ini dengan mempertimbangkan sistem *n* partikel tetap dalam suatu wilayah ruang. Bobot partikel terdiri dari sistem kekuatan paralel yang dapat diganti dengan (setara) berat resultan tunggal memiliki titik didefinisikan *g* dari aplikasi. Untuk menemukan koordinat *x, y, z* dari *g*, kita harus melihat prinsip yang diuraikan. semua partikel *n* dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\dots\dots\dots(2.1)$$

Jumlah momen bobot semua partikel tentang sumbu *x*, sumbu *y*, dan sumbu *z*, kemudian sama dengan saat berat resultan tentang sumbu ini. Dengan demikian, untuk menentukan koordinat *g*. kita dapat menyimpulkan jumlah momen sumbu *y*. hasil ini dapat dilihat pada rumus.

$$(2.2)$$

Demikian juga, untuk menjumlahkan momen terhadap sumbu *x*, kita dapat memperoleh koordinat *y*.

$$(2.3)$$

$$\bar{x} W_n = \tilde{x}_1 W_1 + \tilde{x}_2 W_2 + \dots + \tilde{x}_n W_n$$

$$\bar{y} W_n = \tilde{y}_1 W_1 + \tilde{y}_2 W_2 + \dots + \tilde{y}_n W_n$$

**3 METODOLOGI**

**3.1 Persiapan Bahan dan Alat**

1. Untuk campuran komposit menggunakan komposisi 88% dan serat *rock wool* sebanyak 12%
2. Resin *polyester 157* disiapkan ± 3 liter untuk pembuatan seluruh badan pesawat
3. Katalis disiapkan untuk dicampurkan pada resin ± 100 ml untuk pembuatan seluruh badan pesawat, disini katalis yang digunakan memiliki senyawa *MEKPO* yaitu senyawa *Metyl Etyl Keton Peroksida*
4. Serat *rock wool* disiapkan sekitar 4x1 meter untuk seluruh badan pesawat dan dibagi menjadi lembaran-lembaran kertas
5. *Mirror glaze wax* disiapkan bersama kain sebagai bantuan untuk melapisi seluruh permukaan badan pesawat
6. Kuas cat disiapkan sebagai bantuan untuk melapisi campuran resin dan serat ke seluruh permukaan badan pesawat
7. Dempul plastik beserta hardenernya untuk menggabungkan badan pesawat yang telah diproses menjadi satu bagian
8. Gerinda tangan dan kertas pasir disiapkan sebagai menghaluskan permukaan badan pesawat setelah proses dempul selesai.

**3.2 Proses Pembuatan Badan Pesawat (*fuselage*)**

Proses pembuatan dengan bahan material komposit yang di perkuat dengan resin *polyester* dan serat *rock wool* dengan metode *hand lay up* yang akan digunakan sebagai badan pesawat (*fuselage*) tanpa awak (*UAV*) adalah sebagai berikut:

1. Siapkan mal badan pesawat. Pada tampilan mal badan pesawat dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 tampilan mal badan pesawat

2. Mal badan pesawat diolesi dengan *Mirror glaze wax* pada seluruh badan pesawat dengan merata agar dalam pelapisan campuran tidak melekat dan mudah terlepas dari cetakan.
3. Penuangan resin *polyester* kedalam gelas. Setiap pemakaian resin *polyester* sebanyak 15,15 gram dan diaduk pelan-pelan dengan sendok sampai benar-benar merata.
4. Menambahkan katalis sebagai penguat kedalam resin. Pada setiap resin polyester dituang sebanyak 15,15 gram dan campurkan katalis sebanyak 4 tetes pipet, setiap 1 tetes pipet sama dengan 0,02 gram dan diaduk pelan-pelan hingga tercampur merata kira-kira selama 2 menit.
5. Setelah resin dan katalis tercampur merata, lalu di tuangkan ke permukaan mal badan pesawat sedikit demi sedikit dan dioleskan campuran resin dengan kuat serta dilakukan menggunakan metode manual yaitu dengan *hand lay up*.
6. Setelah permukaan rata dengan campuran resin kemudian lapisilah lembaran serat *rock wool* dengan merata keseluruhan permukaan mal, lalu dilapisi lagi dengan resin sampai permukaan benar-benar merata.
7. Setelah permukaan campuran rata pada mal, tunggu hingga kering selama 1 hari atau kurang lebih 24 jam.
8. Kemudian dilakukan proses penyatuan menjadi satu badan pesawat. Pada tampilan badan pesawat setelah di resin dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 tampilan badan pesawat setelah di resin

9. Lalu setelah proses penyatuan selesai, selanjutnya proses pelapisan dan pendempulan agar pori-pori hasil campuran resin menjadi lebih kuat sampai badan pesawat benar-benar menyatu dan halus.
10. Sesudah hasil permukaan kering, lalu hasil dari proses pendempulan dirapikan dengan menggunakan gerinda tangan sampai badan pesawat halus merata.
11. Setelah proses selesai dihaluskan dengan gerinda tangan, lalu seluruh permukaan badan pesawat dihaluskan lagi dengan menggunakan kertas pasir atau sering disebut dengan amplas. Pada tampilan hasil permukaan setelah dihaluskan dapat dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 tampilan hasil permukaan setelah di haluskan

### 3.3 Proses *Finishing*

Selanjutnya masuk ke proses finishing dapat ditampilkan pada gambar dibawah sebagai berikut:

1. Proses *finishing* dempul plastik.
2. Proses hasil *polishing*. Pada tampilan hasil permukaan setelah di *polishing* dapat dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 3.4 tampilan hasil permukaan setelah di *polishing*

3. Proses pengecatan tahap pertama. Pada tampilan hasil proses pengecatan tahap pertama dapat dilihat pada gambar 3.5.



Gambar 3.5 tampilan hasil proses pengecatan tahap pertama

4. Proses pengecatan tahap kedua. Pada tampilan hasil proses pengecatan tahap kedua dapat dilihat pada gambar 3.6.



Gambar 3.6 tampilan hasil proses pengecatan tahap kedua

5. Proses pengecatan tahap pemodelan. Pada tampilan hasil permukaan permodelan dapat dilihat pada gambar 3.7.



Gambar 3.7 tampilan hasil permukaan pemodelan

6. Proses hasil *finishing*. Pada tampilan hasil proses *finishing* dapat dilihat pada gambar 3.8.

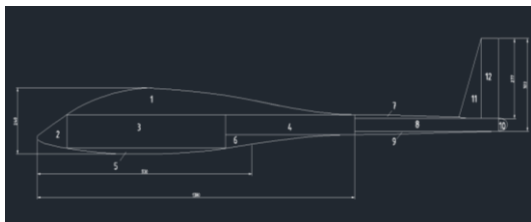


Gambar 3.8 tampilan hasil *finishing*

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 4.1 Menentukan Titik Berat Badan Pesawat Secara Teoritis

Titik berat *fuselage* dihitung dengan cara membagi *fuselage* menjadi dua belas bidang. Bidang ini dihitung dengan bentuk dua dimensi. Dimensi ini didapat dari *fuselage* yang dibuat.



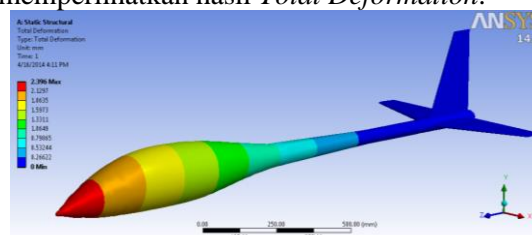
Gambar 4.1 pembagian bidang pada *fuselage*

Pusat massa masing-masing bagian dihitung dari titik (0,0)

Di hasilkan hasil koordinat pada  $x = 897,37$  dan  $y = 77,77$

##### 4.2 Simulasi Hasil *Total Deformation*

Pada gambar 4.2 memperlihatkan hasil *Total Deformation*.



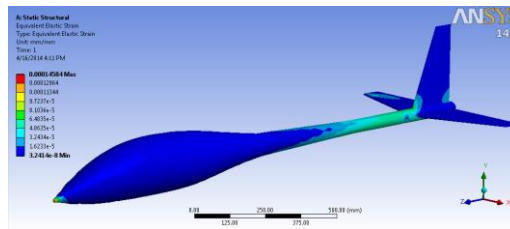
Gambar 4.2 Distribusi *Total Deformation*

Distribusi perubahan bentuk yang terjadi ditandai dengan kontur warna. Warna merah menunjukkan daerah konsentrasi deformasi dimana deformasi maksimum terjadi di daerah ini, dan pada titik ini pulalah yang paling berpotensi munculnya deformasi plastis pertama. Deformasi maksimum yang terjadi pada arah sumbu-Z sebesar 2.396 mm dari bentuk semula.



#### 4.3 Simulasi *Equivalent Elastic Strain*

Pada gambar 4.3 memperlihatkan hasil *Equivalent Elastic Strain*.

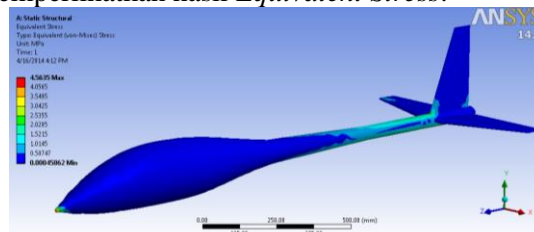


Gambar 4.3 Distribusi *Equivalent Elastic Strain*

Regangan maksimum yang terjadi pada arah sumbu-Z adalah sebesar 0.00014584 mm/mm dan regangan minimum yang terjadi sebesar  $3.2414 \times 10^{-8}$  mm/mm. Hal ini ditandai dengan kontur warna merah yang mendapat konsentrasi regangan. Selanjutnya distribusi regangan menjalar sesuai dengan warna sampai ke daerah yang paling aman yaitu daerah yang ditunjukkan dengan warna biru.

#### 4.4 Simulasi *Equivalent Stress*

Pada gambar 4.4 memperlihatkan hasil *Equivalent Stress*.



Gambar 4.4 Distribusi *Equivalent Stress*

Tegangan maksimum yang terjadi pada arah sumbu-Z adalah sebesar 4.5635 MPa dan tegangan minimum yang terjadi sebesar 0.00045862 MPa. Hal ini ditandai dengan kontur warna merah yang mendapat konsentrasi tegangan.

### 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil proses pembuatan badan pesawat tanpa awak dikatakan berhasil dengan bahan material komposit campuran resin *polyester* dan serat *rock wool* dengan metode *hand lay up*.
2. Letak titik berat pada *fuselage* dihitung secara teoritis didapat pada koordinat  $x= 897,37$ ,  $y= 77,77$ .
3. Hasil simulasi numerik pada *software Ansys 14.0* menunjukkan bahwa badan pesawat tanpa awak terbuat dari material komposit bila diberi beban 500 N maka simulasi hasil *Total Deformation* maksimum menunjukkan angka sebesar 2.396 mm dari bentuk semula dan pada titik inilah yang berpotensi munculnya deformasi plastis pertama. Simulasi *Equivalent Elastic Strain* menghasilkan regangan maksimum yang terjadi sebesar 0.00014584 mm/mm dan regangan minimum yang terjadi sebesar  $3.2414 \times 10^{-8}$  mm/mm. Simulasi *Equivalent Stress* menghasilkan tegangan maksimum sebesar 4.5635 MPa, dan tegangan minimum yang terjadi sebesar 0.00045862 MPa.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Shofiyanti, Rizatis 2011 Teknologi Pesawat Tanpa Awak, diakses pada tanggal 23 maret 2014
- [2] Purtanto, Andi. 2011 [Http://jipku.com/](http://jipku.com/) Material Komposit .html. di akses pada tanggal 21 maret 2014
- [3] Surdia, Tata, Shinroku Saito.2000, *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta; paradnya paramita
- [4] Van Vlack, Lawrence H. Djaprie, Sriati dan Array. 1989. "Ilmu dan Teknologi Bahan". 5<sup>th</sup> ed. Jakarta
- [5] Lennon, Andy. 2005; *Re model Aircraft Design*, Air Age media Inc, United State Of America

- [6] Karmawan, Sidharta S. 1998. *Mekanika Bahan*: Bagian dari Mekanika Teknik. Jakarta. Universitas Indonesia.
- [7] Anggrainie, 2010. Serat *rockwool*. Diakses pada tanggal 23 maret 2014 dari <http://www.anggrainie.wordpress.com>