

ANALISIS FAKTOR DELAMINASI PADA MATERIAL SERAT GELAS TERHADAP PARAMETER DRILLING

Istyawan Priyahamsara
Jurusan Teknik Dirgantara-Institut Teknologi Dirgantara Adisutjipto
istyawanpriyahapsara@gmail.com

Abstract

Delaminasi adalah sebuah ukuran dari area rusak sekitar lubang (Abdullah, 2019). Delaminasi tinggi bisa mengakibatkan kekuatan struktur yang berkurang. Dalam penelitian ini, akan dilakukan drilling dengan parameter permesinan yang sesuai dalam kaedah permesinan, selanjutnya dilakukan observasi citra makro terhadap lubang yang dihasilkan. Pengujian dilakukan pada material serat gelas 5 layer, dengan pahat drilling diameter 6.3 mm. Parameter drilling menggunakan variasi putaran mesin 1860 rpm, 2920 rpm, 4540 rpm, dan kecepatan pemakanan vertikal (plunging) 0.038 m/menit, 0.067m/menit. Didapatkan hasil nilai terendah delaminasi didapat pada spindle speed 1860 RPM dan plunging rate 0.038 rev/min sebesar 1.24. Nilai tertinggi delaminasi didapat pada spindle speed 4540 RPM dan plunging speed 0.076 rev/min

Keyword: serat gelas, komposit, drilling

1. Latar Belakang

Proses drilling pada pembuatan lubang pada komponen pesawat terbang merupakan proses permesinan penting berkaitan dengan struktur. Lubang hasil drilling digunakan untuk menyatukan bagian struktur sehingga tercipta suatu struktur kuat dan bisa diandalkan. Komposit juga merupakan material dominan setelah aluminium dalam struktur pesawat terbang. Komposit memiliki karakteristik yang ringan, kuat dan tahan korosi.

Proses drilling dalam struktur komposit sangat penting dalam proses perakitan. Salah satu cacat pelubangan adalah delaminasi. Delaminasi adalah sebuah ukuran dari area rusak sekitar lubang (Abdullah, 2019). Delaminasi tinggi bisa mengakibatkan kekuatan struktur yang berkurang. Cacat akibat drilling seperti delaminasi ini, memiliki potensi untuk kegagalan struktur karena terjadinya konsentrasi tegangan akibat pelubangan. Khashaba, 2010, meneliti bahwa kecepatan potong pada gaya dorong proses drilling komposit laminat glassfiber menemukan bahwa kecepatan potong dan kecepatan pemakanan yang tinggi mata drill memberikan efek delaminasi dan juga kerusakan matrik dan microcracking.

Bhadrabsol et al, 2013 menelitian tentang penilaian parameter pemotongan yang mempengaruhi gaya dorong dan torsi selama proses drilling pada Glass Fabric Reinforced Epoxy Composite. Penelitian tersebut menggunakan 3 jenis komposit yang berbeda dengan menggunakan drill bit yang berbeda juga. Hasil penelitian menunjukkan indikasi gaya dorong dan torque dipengaruhi oleh meningkat dan menurunnya cutting speed dan feed rate dari proses drilling.

M. K. A Mohd Ariffin et al, 2009 melakukan penelitian tentang optimalisasi drilling pada sandwich composite. Pada penelitian yang dilakukan menggunakan metode eksperimental, yang dinamakan metode "Design of Experiment (DOE)". Komposit Sandwich yang digunakan berasal dari perusahaan Boeing. Hasil penelitian menunjukkan hasil kerusakan minimum memiliki panjang 0.05 mm dan kerusakan maksimum memiliki panjang 0.44 mm. Hal ini dipengaruhi oleh parameter yang digunakan pada proses drilling yaitu diameter lubang, cutting speed, feed rate, dan material drill bit.

Kishore, R. A., Tiwari, R. & Singh I, 2009 melakukan penelitian tentang proses drilling yang terjadi pada komposit Glassfiber, dengan menggunakan metode TAGUCHI. Penelitian ini mengamati tentang variabel yang digunakan pada saat proses drilling berlangsung. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa investigasi eksperimen berpengaruh sangat signifikan terhadap hasil drilling, dan berpengaruh juga terhadap kerusakan yang terjadi pada proses drilling

Dalam penelitian ini, akan dilakukan drilling dengan parameter permesinan yang sesuai dalam kaedah permesinan, selanjutnya akan dilakukan observasi citra makro terhadap lubang yang dihasilkan. Berdasarkan citra makro ini, diukur area yang rusak dan dibandingkan dengan ukuran lubang yang dikehendaki.

2. Landasan Teori

a. Glass Fiber Reinforced Plastic

Glass fiber reinforced plastic adalah material komposit yang terdiri dari matrik polimer dan serat kaca. Matrik polimer biasanya merupakan resin epoxy, vinylester, atau resin poliester termoseting. Resin merupakan pengikat untuk serat dalam laminasi struktural dan menentukan bentuk bagian GFRP. Serat kaca menambah kekuatan pada komposit. Dengan mengkombinasikan resin plastik yang kuat pada beban tekan dan serat kaca yang sangat kuat terhadap tegangan, menjadikan material GFRP memiliki ketahanan terhadap gaya tekan dan tegangan yang sangat baik. GFRP menghadirkan solusi desain yang sangat fleksibel dengan kemampuan adaptasi fabrikasi yang luar biasa, daya tahan tinggi dan efisiensi struktural (rasio kekuatan terhadap berat) dan penggunaannya juga mendapatkan keuntungan dari semakin rendahnya biaya produksi.

b. Resin Polyester

Poliester merupakan resin cair dengan viskositas relatif rendah, mengeras pada suhu kamar dengan penggunaan katalis tanpa menghasilkan gas sewaktu pengesetan dan tidak perlu diberikan penekanan untuk pencetakan. Secara umum resin poliester tahan terhadap kelembaban dan sinar UV apabila dibiarkan diluar, kemampuan cuaca sangat baik tetapi sifat tembus cahaya akan rusak dalam beberapa tahun. Resin poliester memiliki kekuatan mekanik yang baik dan didukung oleh harga yang lebih ekonomis karena memiliki sifat-sifat berupa:

- Gaya adhesi yang cukup baik, namun lebih rendah dari epoksi.
 - Ketahanan yang baik terhadap panas, bahan kimia, asam, maupun basa.
 - Membentuk komposit yang baik dengan kayu, logam, serat kaca, plastik, dan serat alam.
- Di samping keunggulan yang dimilikinya, poliester juga memiliki kelemahan antara lain:
- Nilai regangan lebih rendah dibandingkan resin epoksi
 - Sifat ketahanan nyala api dan ketahanan panas lebih rendah dibandingkan resin phenolyc.

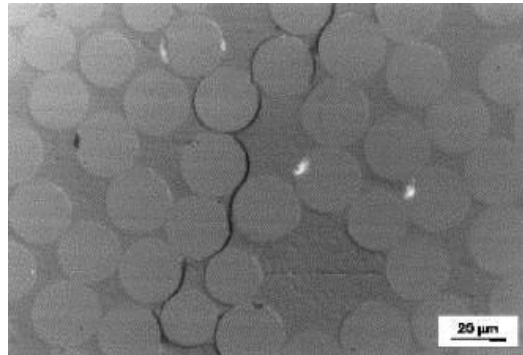
c. Kegagalan Komposit

Material komposit memiliki teori kegagalan yang berbeda dengan material logam pada umumnya. Pada komposit suatu laminat dianggap gagal jika telah memenuhi kriteria kegagalan suatu laminat. Kriteria kegagalan laminat tersebut ada 2 macam, antara lain adalah sebagai berikut :

- Kegagalan laminat pertama (Initial or first ply failure). Kegagalan ini menyatakan bahwa suatu laminat dianggap gagal jika satu saja laminatnya mengalami kegagalan.
- Kegagalan laminat ultimate (progressive and ultimate-laminate failure). Kegagalan kriteria ini menyatakan bahwa suatu laminat dianggap gagal jika beberapa laminatnya mengalami kegagalan, sehingga mengakibatkan kekuatan laminatnya menurun secara signifikan.

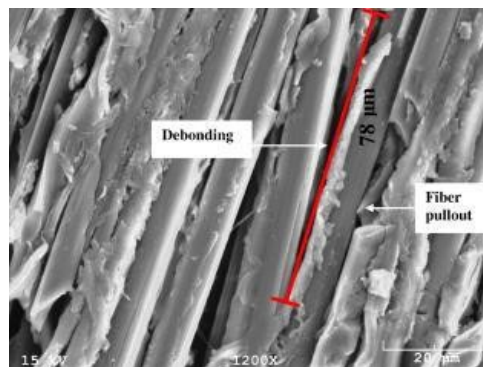
Berikut ini beberapa contoh kegagalan yang sering terjadi pada material komposit:

Rusak/patah pada matriks (matrix failure). Kegagalan pada komposit bisa terjadi rusak dan patah pada matrik komposit, hal ini sangat menyebabkan terjadinya penurunan kualitas material pada komposit (Gambar 1)



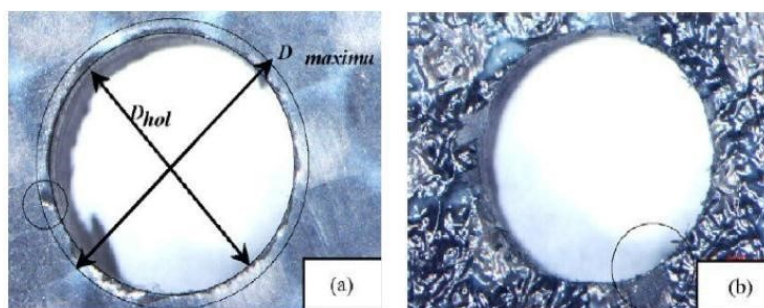
Gambar 1 Matrix Failure (Danial Ashouri Vajari, 2014)

Terkelupasnya serat dari matrik (interface debonding). Pada material komposit debonding juga bisa terjadi akibat dari kegagalan ini juga akan menyebabkan kualitas dari material komposit menurun (Gambar 2).



Gambar 2 Interface Debonding (J. Manuf, 2008)

Terlepasnya antar lamina (delamination). Delaminasi juga bisa terjadi pada material komposit. Hal ini dapat terjadi dikarenakan oleh proses drilling. Lamina pada permukaan komposit dapat terangkat dan menyebabkan terkelupasnya lamina pada komposit (Gambar 3).

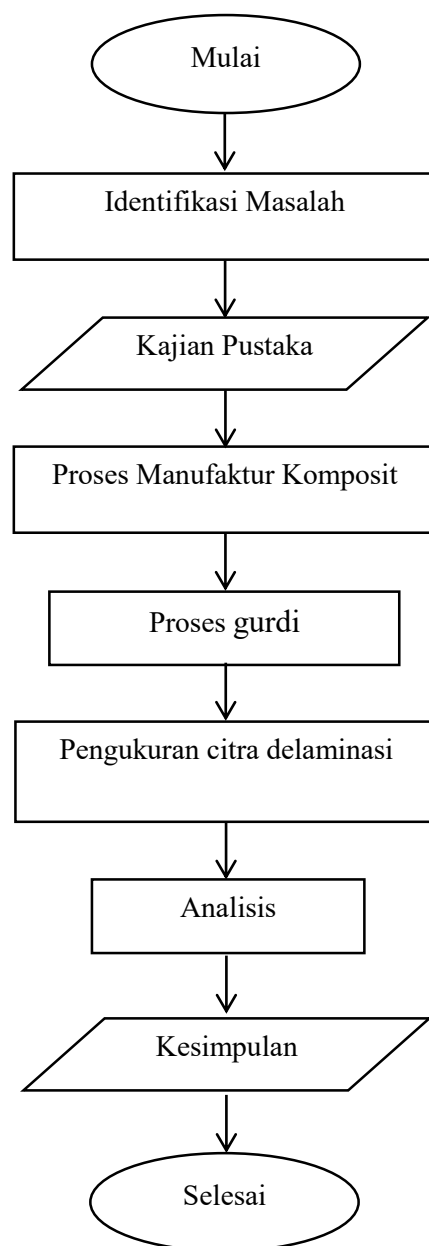


Gambar 3 Delaminasi (a) Delaminasi saat masuk (b) Delaminasi saat keluar (Kosmas, 2016)

3. Metodologi Penelitian

Gambar 4 menunjukkan diagram alur penelitian ini Berikut penjelasan Langkah alur penelitian ini:

- a. Persiapan Alat dan Bahan. Mengumpulkan semua alat dan bahan yang akan digunakan dalam proses manufaktur komposit. Diantaranya serat E-Glassfiber, wax, PVA, Resin, Katalis dan lain sebagainya.
- b. Proses Manufaktur. Proses manufaktur komposit pada penelitian ini menggunakan metode hand lay up
- c. Persiapan Eksperimen Proses ini dilakukan perencanaan terhadap eksperimen drilling yang dilakukan. Perlu memperhitungkan parameter yang sesuai untuk digunakan pada proses improve driling. Persiapan yang dilakukan untuk konvensional drilling yaitu mempersiapkan alat drilling yaitu bor duduk tanpa melihat parameter yang diperlukan untuk proses dring, kemudian untuk improve drilling perlu melihat parameter apa saja yang berlaku pada proses drilling, sehingga untuk proses improve drilling perlu menggunakan mesin CNC untuk memasukkan nilai parameter yang sesuai.



Gambar 4. Diagram alir penelitian

4. Hasil dan Pembahasan

a. Data Dasar Spesimen Uji

Data dasar spesimen uji diperlukan pengujian kekerasan dan didapatkan hardness number yang bertujuan untuk menentukan karakteristik specimen. Hardness number dari suatu material perlu diketahui khususnya untuk material yang dalam proses pengerjaannya akan mengalami gesekan atau penekanan dalam proses drilling. Tabel 1 menunjukkan besaran hardness number dapat dilihat karakteristik nilai gaya yang mampu ditahan oleh material.

Tabel 1 Data Spesimen Uji

Data Dasar Spesimen Uji	
Serat	<i>E-Glass Fiber</i> WR 600
Matrik	<i>Resin Polyester</i> Yukalac R-108
Katalis	MEKPO
Berat Total	200 Gram
Dimensi	100 mm × 100 mm × 10 mm
Hardness Number	39,25 kgf/mm ²

Hardness number diperoleh dari pengujian kekerasan yang dilakukan menggunakan metode Vickers dimana hardness number diperoleh menggunakan rumus:

$$\begin{aligned}
 HN &= 1.854 \times \frac{P}{d^2} \\
 &= 1.854 \times \frac{31.25 \text{ kgf}}{1.48 \text{ mm}^2} \\
 &= 39.25 \text{ kgf/mm}^2
 \end{aligned}$$

Keterangan:

HN : *Hardness Number*
 P : Beban yang diberikan saat pengujian (kgf)
 d : Panjang diagonal rata-rata (mm)

b. Data Hasil Proses Drilling

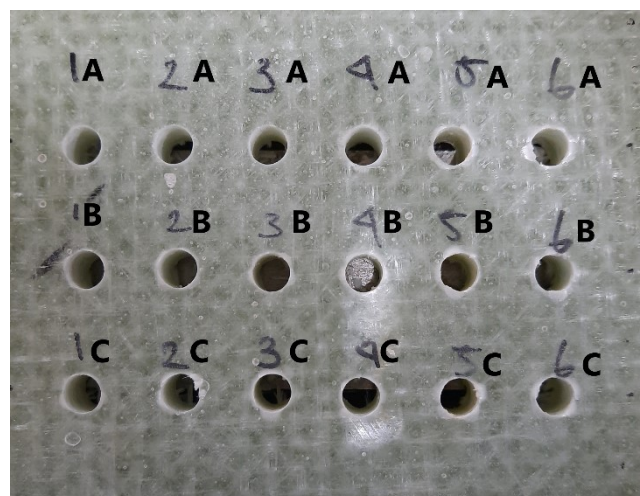
Berikut adalah data yang diperoleh dari hasil drilling yang dilakukan menggunakan mesin frais konvensional. Dengan variasi feed rate dan Rpm yang dilakukan setiap variasi terdapat tiga sampel yang bervariasi sama sehingga dapat dilihat bagaimana kondisi kekasaran permukaan pada hasil dari kualitas drilling yang dilakukan. Diameter pahat yang digunakan pada proses drilling adalah 6.3 mm, diameter ini diambil dari referensi rivet standar yang dilakukan pada perawatan struktur pesawat terbang.

Tabel 2 Parameter proses drilling

No.	Lubang	Parameter
1	1A	Rpm 1860 FR 0,038
2	2A	Rpm 1860 FR 0,076
3	3A	Rpm 2920 FR 0,038
4	4A	Rpm 2920 FR 0,076

5	5A	Rpm 4540 FR 0,038
6	6A	Rpm 4540 FR 0,076
7	1B	Rpm 1860 FR 0,038
8	2B	Rpm 1860 FR 0,076
9	3B	Rpm 2920 FR 0,038
10	4B	Rpm 2920 FR 0,076
11	5B	Rpm 4540 FR 0,038
12	6B	Rpm 4540 FR 0,076
13	1C	Rpm 1860 FR 0,038
14	2C	Rpm 1860 FR 0,076
15	3C	Rpm 2920 FR 0,038
16	4C	Rpm 2920 FR 0,076
17	5C	Rpm 4540 FR 0,038
18	6C	Rpm 4540 FR 0,076

Dapat dilihat pada Tabel 2 menunjukkan parameter kecepatan putaran mesin dan laju pemakanan yang digunakan pada proses drilling. Pemberian simbol A, B dan C pada setiap lubang bertujuan untuk memudahkan dalam pengujian kekasaran permukaan nantinya. Urutan proses drilling diawali dari lubang 1 A, B dan C dan diakhiri lubang 6 A, B dan C, hal ini dikarenakan untuk memudahkan dalam mengatur parameter kecepatan putaran mesin dan laju pemakanan pada proses drilling yang dilakukan secara manual.



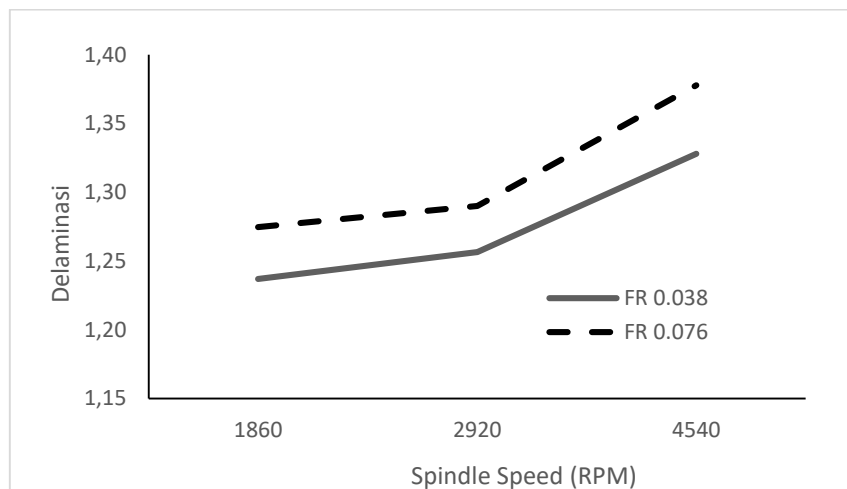
Gambar 5 Hasil proses drilling

c. Data Pengukuran Delaminasi

Dari hasil proses *drilling* yang dilakukan untuk mengetahui seberapa panjang kerusakan atau cacat yang dihasilkan dari proses *drilling* perlu dilakukan pengamatan lebih lanjut menggunakan mikroskop metalografi. Setelah itu dilakukan pengukuran delaminasi dan analisa delaminasi tabel 3.

Tabel 3 Data delaminasi

Hole		Plunging Speed	Spindle Speed	Dnom	Dmax	Fd=Dmax/Dnom
1	1A	0.038	1860	6.3	7.26	1.15
	1B	0.038	1860	6.3	7.73	1.23
	1C	0.038	1860	6.3	8.39	1.33
3	3A	0.038	2920	6.3	7.43	1.18
	3B	0.038	2920	6.3	8.02	1.27
	3C	0.038	2920	6.3	8.3	1.32
5	5A	0.038	4540	6.3	7.31	1.16
	5B	0.038	4540	6.3	8.46	1.34
	5C	0.038	4540	6.3	9.33	1.48
2	2A	0.076	1860	6.3	7.11	1.13
	2B	0.076	1860	6.3	8.16	1.30
	2C	0.076	1860	6.3	8.82	1.40
4	4A	0.076	2920	6.3	7.39	1.17
	4B	0.076	2920	6.3	8.32	1.32
	4C	0.076	2920	6.3	8.67	1.38
6	6A	0.076	4540	6.3	8.32	1.32
	6B	0.076	4540	6.3	8.49	1.35
	6C	0.076	4540	6.3	9.23	1.47



Gambar 6 Grafik besaran delaminasi terhadap spindle speed dan plunging speed

d. Analisis ANOVA

Dilakukan perhitungan ANOVA berdasar Tabel 4 yang merupakan rerata dari Tabel 5 sebagai berikut:

Tabel 4 Rerata Data Delaminasi

Spindle Speed (RPM)	Plunging Speed (rev/min)	
	0.038	0.076
1860	1,24	1,28
2920	1,26	1,29
4540	1,33	1,38

Tabel 5 ANOVA Parameter Permesinan terhadap Delaminasi

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F hitung</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Spindle Speed	0,010433	2	0,005217	104,3333	0,009494	19
Plunging Speed	0,0024	1	0,0024	48	0,020204	18,51282
Error	1E-04	2	5E-05			
Total	0,012933	5				

Tabel 5 merupakan hasil perhitungan ANOVA untuk mengetahui variable proses permesinan mana yang memberikan signifikansi delaminasi. Parameter plunging speed menghasilkan nilai $F_{hitung} = 48 > F_{critical} = 18,51282$, berdasarkan uji hipotesis dengan menggunakan distribusi F, terdapat pengaruh terhadap delaminasi. P value $0,02 < 0,05$ semakin meyakinkan jika plunging speed memberikan signifikansi terjadinya delaminasi. Plunging rate merupakan kecepatan pemakanan diberikan saat proses gudi. Hal ini berarti semakin cepat nilai plunging rate semakin tinggi tekanan yang terjadi. Tekanan tersebut menyebabkan defleksi. Besaran defleksi semakin tinggi dengan semakin banyaknya lapisan komposit yang disusun. Proses ini menyebabkan terjadinya spalling dan fuzzing yang mengakibatkan lubang tidak bulat sempurna, sehingga meningkatkan delaminasi.

Parameter spindle speed menghasilkan nilai $F_{hitung} = 104,3333 > F_{critical} = 19$, berdasarkan uji hipotesis dengan menggunakan distribusi F, terdapat pengaruh terhadap delaminasi. P value $0,009 < 0,05$ semakin menguatkan jika spindle speed memberikan signifikansi terjadinya delaminasi. Parameter ini memengaruhi kecepatan plunging rate karena kecepatan plunging rate ditentukan kecepatan putaran spindle. Semakin besar putaran spindle semakin tinggi nilai plunging rate, maka semakin tinggi nilai delaminasinya

5. KESIMPULAN

1) Nilai terendah delaminasi didapat pada spindle speed 1860 RPM dan plunging rate 0.038 rev/min sebesar 1.24. Nilai tertinggi delaminasi didapat pada spindle speed 4540 RPM dan plunging speed 0.076 rev/min; 2) Terdapat pengaruh signifikan terhadap proses delaminasi atas parameter permesinan spindle speed dan plunging speed.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bhadrabsol Revappa Raju¹, Bheemappa Suresha², Ragera Parameshwarappa Swamy³, Bannangadi Swamy Gowda Kanthraju⁴, 2013, *Assessment of Cutting Parameters Influencing on Thrust Force and Torque during Drilling Particulate Filled Glass Fabric Reinforced Epoxy Composites*, India.
- [2] M. K. A Mohd Ariffin¹, M. I. Mohd Ali², S. M. Sapuan³ and N. Ismail⁴, 2009, *An optimise drilling process for an aircraft composite structure using design of experiments*, Malaysia.
- [3] Kishore, R. A., Tiwari, R. & Singh I, 2009, *Investigation of Drilling in [(0/90)/0] S Glassfiber Reinforced Plastics Using Taguchi Method*, India.
- [4] EML2322L – MAE Design and Manufacturing Laboratory, 2013, *Drilling Speed and Feeds*.
- [5] ASTM International, Reapproved, 2002, D 638-02 *Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics*, West Conshohocken, USA.

- [6] Rusli, 2015, Pengaruh Variasi Fraksi Volume Serbuk Kapur Terhadap Kekuatan Tarik Dan Impak Pada Komposit *Glass Fiber Reinforced Plastic* (GFRP) [7] Berpenguat Serat *E-Glass Chop Strand Mat* Dan Matrik *Resin Polyester*, Sekolah Tinggi teknologi Adisutjipto, Yogyakarta.
- [8] Rahman Al Farisyi, 2016, Analisis Sifat mekanik dan Kekuatan Komposit S-Glassfiber (Untuk Aplikasi Lower Surface Flap CN-235), Sekolah Tinggi Teknologi Adisutjipto, Yogyakarta.
- [9] Kosmas Asri Kusuma Dewa, 2016, *Drilling Of Composite*.
- [10] <http://aeroengineering.co.id/2017/03/material-pada-pesawat-terbang/>