



Terbit online pada laman web jurnal : <http://metal.ft.unand.ac.id>

METAL: Jurnal Sistem Mekanik dan Termal

| ISSN (Print) 2598-1137 | ISSN (Online) 2597-4483 |



Artikel Penelitian

Pengaruh Parameter Pemotongan dan Variasi Susunan Serat Terhadap Terbentuknya Delaminasi pada Proses Menggurdi Material Komposit Serat Nanas

Bambang Dwi Haripriadi ^a, Ismet Hari Mulyadi ^b

^aMahasiswa S2 Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin Universitas Andalas, Kampus Unand Limau Manis, Padang 25163, Indonesia

^bJurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Andalas, Kampus Unand Limau Manis, Padang 25163, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Diterima Redaksi: 15 Desember 2018

Revisi Akhir: 22 Maret 2018

Diterbitkan Online: 26 April 2018

KATA KUNCI

delamination

drilling

pine-apple

fiber

arrangement

KORESPONDENSI

E-mail: ismet@ft.unand.ac.id

A B S T R A C T

Delamination is a failure occurred during hole-making processes in machining. This can affect to rejection of the product. This failure is commonly found when drilling low machinability of plastic-based materials such as thermoplastic composites. Therefore, to eliminate that phenomena, the materials are necessary to be reinforced. In this case, addition of the fiber can strengthen the composites. Besides, the way the fibers were arranged when composite manufacturing is also responsible to improve tensile strength of the composites. Improving tensile strength would also improve the shear strength of the material. Shear strength is normally adopted as indicator for machinability of materials. However, relation of shear strength improvement of composites due to fiber arrangement has been rarely discussed. Using orthogonal arrays L27 based on Taguchi, this study investigated the effect fiber arrangement on formation of delamination in drilling pine-apple leaves reinforced composites. The results highlighted that effect fiber arrangement was significant on formation of delamination at exit sides of drilled holes. Reduced ratio delamination had been identified at this side. This infers that strengthening effect would be a good strategy in reducing delamination at the exit sides.

1. PENDAHULUAN

Komposit merupakan jenis material yang telah dipergunakan secara luas yang disebabkan karena kemampuan beradaptasi dengan kondisi yang berbeda-beda, mudah dalam penggabungan sehingga menghasilkan sifat yang diinginkan. Umumnya produk-produk diproduksi dengan mempergunakan material komposit ini berupa panel-panel yang masih membutuhkan proses lanjutan (*secondary*

process) untuk perakitannya. Untuk proses perakitan dapat dilakukan dengan mempergunakan lem (*adhesive*) ataupun secara mekanik dengan mempergunakan baut atau keling (*rivet*). [1]

Pada proses perakitan dengan mempergunakan baik dengan baut maupun keling (*rivet*) dibutuhkan lubang sebelum proses dilakukan. Yang mana proses menggurdi (*drilling*), pada umumnya men-

jadi pilihan utama [2]. Akan tetapi proses pembuatan lubang pada material komposit dengan menggunakan proses menggurdi masih menghadapi kendala dimana 60% dari produk yang dihasilkan menunjukkan kualitas yang rendah [3].

Kualitas rendah dari lubang yang dihasilkan akan berimbas kepada penurunan kekuatan dan umur lelah (*fatigue strength*) dari produk yang dihasilkan [4]. Penurunan kekuatan yang disebabkan oleh kualitas lubang yang rendah dan panas yang timbul selama proses pemotongan menyebabkan mekanisme geser (*shearing*) akan diambil alih oleh mekanisme bajak (*ploughing*).

Mekanisme *ploughing* ini menyebabkan proses terbentuknya geram terjadi melalui deformasi plastis sehingga ada bagian geram (*chips*) yang tidak putus tetapi menumpuk pada permukaan lubang. Penumpukan geram (*chips*) pada permukaan geram ini disebut delaminasi dan terjadi baik pada lubang sisi masuk (*entrance*) maupun sisi keluar (*exit*). Hal ini menjadi perhatian utama pada proses menggurdi material komposit dengan penguat serat (*fiber-reinforced plastic composite*) dan penting untuk dihindari [5].

Serat daun nanas (*pineapple-leaf fibres*) adalah salah satu jenis serat yang berasal dari tumbuhan (*vegetable fibre*) yang diperoleh dari daun-daun tanaman nanas. Tanaman nanas merupakan tumbuhan yang tumbuh didaerah teropis yang juga mempunyai nama lain, yaitu *Ananas Cosmosus*, (*family Bromeliaceae*) [6]. Tumbuhan nanas memiliki potensi untuk dikembangkan menjadi serat penguat untuk material komposit [7]. Akan tetapi kekuatan tarik serat nanas sebagai penguat cukup rendah 170 Mpa [8]. Hal ini akan berdampak terhadap timbulnya delaminasi pada proses menggurdi untuk material komposit dengan penguat serat nanas.

Variasi susunan serat diyakini akan dapat meningkatkan kekuatan komposit serat nanas, tetapi dengan keterbatasan informasi tentang pengaruh variasi susunan serat terhadap terbentuknya delaminasi pada proses gurdi. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan dalam rangka untuk melihat sejauh mana kemampuan variasi susunan serat sebagai bahan penguat pada komposit serat nanas dapat meningkatkan kekuatan tarik sehingga dapat mempengaruhi atau memperkecil terbentuknya delaminasi pada proses menggurdi.

2. METODOLOGI

2.1. Bahan dan Peralatan

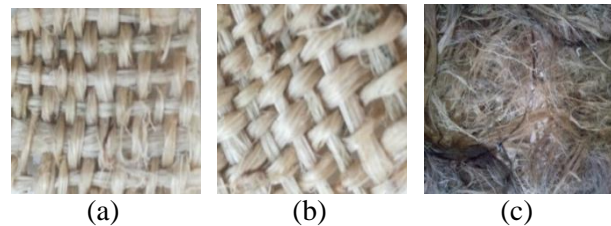
2.1.1. Bahan

A. Bahan spesimen

Untuk penelitian ini digunakan spesimen dari material komposit dengan jenis termoplastik (*polyvinil asetat*) yang berbentuk persegi panjang dengan ukuran diameter 100 mm x 50 mm x 5 mm. Spesimen ini terdiri dari 3 lapisan yang setiap lapisan terdapat penguat dari serat nenas dengan bentuk variasi susunan serat yaitu *crossed*, *multi-directional* dan *continuous strandmat (CSM)* (Gambar 1). Dengan jarak antara serat dibuat dengan jarak 1 mm terlihat pada Gambar 2.



Gambar 1. Spesimen Penelitian



Gambar 2. Variasi Susunan Serat Nenas Jenis (a) *Crossed*, (b) *Multidirectional*, dan (c) *Continuous strandmat (CSM)*

B. Bahan cairan pendingin.

Bahan pendingin pada penelitian ini dimaksud untuk pendingin pada proses permesinan gurdi, adapun bahan yang digunakan terdiri atas 3 jenis yaitu:

1. Udara yang digunakan sebagai bahan pendingin yang disemprotkan melalui mesin kompresor langsung ke permukaan material dan pahat pada proses menggurdi.
2. Cairan Sintetis yang dipergunakan adalah jenis *Dromus* yang disemprotkan langsung ke daerah pemotongan pertemuan antara pahat dan benda kerja yang terpotong (*Jet Application of Fluid*) [15].
3. Minyak Kelapa Sawit (Minyak goreng curah)

C. Pahat gurdi.

Pahat gurdi yang digunakan adalah jenis *twist drill* dengan diameter 2 mm, 4 mm dan 6 mm yang ter-

buat dari material *high speed steel (HSS)* yang dilapisi dengan kobalt seperti terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Pahat Gurdi HSS Cobalt Coating jenis Twist Drill

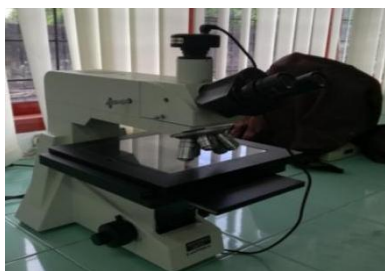
2.1.2. Peralatan

Pada penelitian ini, untuk menghasilkan lubang dipergunakan Mesin CNC Emco Concept MILL 55 (Gambar 4). Mesin ini dipilih karena sistem kerjanya yang dilengkapi sistem mekanik dan kontrol yang berbasis computer yang dilengkapi dengan kode G (*G Code*) sehingga lebih mudah dalam mengatur parameter pemessinan seperti *speed* dan *feeding* dan kedalaman potong. Disamping itu kepresisian, kestabilan dan kesimetrisan hasil pemessinan dapat diharapkan dengan mempergunakan mesin ini.



Gambar 4. Mesin CNC Milling (Mill 55)

Sedangkan untuk mengamati dan mengukur besarnya delaminasi dipergunakan mikroskop *microcapture* yang dilengkapi dengan kamera serta perangkat lunak pengukuran *Microcapture Veho Vms 004*. Mikroskop yang dipergunakan diperlihatkan pada Gambar 5.

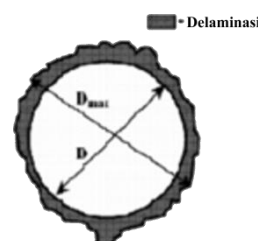


Gambar 5. Mikroskop

2.1.3. Metoda Pengukuran

Pengukuran dilakukan pada permukaan lubang hasil menggurdi baik pada bagian atas maupun bawah. Pengukuran permukaan objek dilakukan secara *visual* di layar komputer menggunakan program *Microcapture Veho Vms 004*. Kemudian delaminasi diukur dengan mengukur diameter lubang hasil gurdi (D) dan diameter delaminasi (D_{max}) yang dihasilkan dari proses menggurdi (Gambar 6). Sedangkan hasil pengukuran diperoleh dengan melakukan pengukuran sebanyak 10 titik sekeliling lubang dan daerah delaminasi (Gambar 7) yang terbentuk. Kemudian diambil nilai rata-ratanya berdasarkan Persamaan (1) [9], dimana D_{max} (dalam mm) adalah ukuran diameter akibat delaminasi dan D (dalam mm) adalah ukuran diameter lubang yang dihasilkan proses menggurdi.

$$Fd = (D_{Max})/D \tag{1}$$



Gambar 6. Skema Pengukuran Delaminasi [9]



Gambar 7. Pengukuran Delaminasi pada hasil gurdi, (a) pada sisi Entrance, (b) pada sisi Exit

2.1.4. Rancangan Penelitian

Pada penelitian ini dipilih rancangan dengan susunan *Orthogonal array* Desain *Taguchi* dengan metoda statis. Metoda ini dipilih disebabkan kemampuannya dalam mengurangi jumlah percobaan dan menunjukkan kemungkinan interaksi. Dalam pemilihan susunan *orthogonal* tergantung pada jumlah faktor atau parameter yang diamati dan jumlah tingkat atau level dari setiap faktor.

Selanjutnya, berdasarkan 5 faktor yang diamati dengan 3 tingkatan untuk setiap faktornya, maka dipilih susunan *orthogonal L27*. Adapun faktor dan levelnya diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Faktor dan Level untuk L27

ID.	Faktor	Level 1	Level 2	Level 3
A	Diameter tool	2 mm	4 mm	6 mm
B	Feding (mm/rev)	0.084	0.168	0.336
C	Sudut ujung ($2\kappa_r$)	70°	110°	140°
D	Susunan serat nenas (Continuous)	Crossed	multi	CSM
E	Pendinginan	Udara	Sintesis	Minyak goreng

Berdasarkan pemilihan parameter pada Tabel 1., maka kombinasi susunan *Orthogonal array* L27. 27 diperlihatkan pada Tabel 2. Masing-masing kombinasi ini dilakukan secara berulang (*repetition*) sebanyak 2 kali untuk mengukur sebanyak 6 lubang untuk setiap kombinasi. Dengan pengulangan sebanyak 2 kali, maka kombinasi akan menjadi berjumlah 54 kombinasi. Seluruh kombinasi ini akan diacak dengan mempergunakan *random generator*. Hasil pengacakan akan dipergunakan sebagai tahapan dalam pengambilan data.

Tabel 2. Susunan *Orthogonal Array* L27

No	L27 (3^5)				
	Dia. Pahat (mm)	Feeding (mm/rev)	Sudut Ujung ($2\kappa_r$) (°)	Susunan Serat Nanas	Pendingin
1	2	0.084	70	Crossed	Udara
2	2	0.084	70	Crossed	Sintetis
3	2	0.084	70	Crossed	Minyak
4	2	0.168	110	Multi	Udara
5	2	0.168	110	Multi	Sintetis
6	2	0.168	110	Multi	Minyak
7	2	0.336	140	CSM	Udara
8	2	0.336	140	CSM	Sintetis
9	2	0.336	140	CSM	Minyak
10	4	0.084	110	CSM	Udara
11	4	0.084	110	CSM	Sintetis
12	4	0.084	110	CSM	Minyak
13	4	0.168	140	Crossed	Udara
14	4	0.168	140	Crossed	Sintetis
15	4	0.168	140	Crossed	Minyak
16	4	0.336	70	Multi	Udara
17	4	0.336	70	Multi	Sintetis
18	4	0.336	70	Multi	Minyak
19	6	0.084	140	Multi	Udara
20	6	0.084	140	Multi	Sintetis
21	6	0.084	140	Multi	Minyak
22	6	0.168	70	CSM	Udara
23	6	0.168	70	CSM	Sintetis

24	6	0.168	70	CSM	Minyak
25	6	0.336	110	Crossed	Udara
26	6	0.336	110	Crossed	Sintetis
27	6	0.336	110	Crossed	Minyak

2.1.5. Analisa Data

Pada proses ini untuk melihat hasil proses pemessinan gurdi digunakan mikroskop dengan kamera *microcapture* yang berfungsi untuk melihat dan mengambil gambar delaminasi yang terbentuk. Data dari hasil ini akan dianalisa dengan menggunakan metode *S/N Ratio* (*signal to noise ratio*) dan *Analysis of Variances* (ANOVA). *S/N Ratio* (*signal to noise ratio*) digunakan untuk memilih kriteria parameter yang dapat meminimalkan kondisi “*error variances*” yang disebabkan oleh faktor-faktor yang tidak dapat dikendalikan menggunakan program *Minitab 16*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengaruh Susunan Serat Nanas Terhadap Terbentuknya Delaminasi pada Sisi Masuk (Entrance) Lubang

Pengaruh penguatan material komposit terhadap kualitas lubang yang dihasilkan telah diamati. Hasil pengukuran diameter lubang yang memiliki penumpukan material (delaminasi) yang dibagi dengan diameter lubang yang dihasilkan (Rasio delaminasi) diperlihatkan pada Tabel 3. Dari Tabel 3 diketahui bahwa diameter pahat yang besar (6 mm), gerak makan yang moderat (0,168 mm/r), sudut ujung paling kecil (70°), susunan serat *Continuous strandmat* (CSM), dan pemilihan cairan pendingin jenis sintetis dapat mengurangi kemungkinan terjadinya delaminasi pada permukaan lubang bagian atas (*entrance*). Mengacu ke data hasil pengukuran yang diperlihatkan pada Tabel 3., delaminasi pada sisi lubang bagian atas (*entrance*) untuk kombinasi yang tepat hanya sekitar 0,022 mm atau 0,2 mikron. Nilai ini sangatlah kecil.

Kondisi ini kemungkinan disebabkan penggunaan susunan serat jenis CSM yang mampu memberikan kekuatan dari material komposit. Susunan serat jenis ini dibuat secara acak. Dengan kondisi ini akan menyulitkan dislokasi terjadi sehingga kekuatan material menjadi lebih tinggi. Dengan kekuatan yang tinggi, maka akan mempengaruhi kekuatan geser dari material. Dengan kekuatan geser yang secara tidak langsung meningkat, maka pahat gurdi yang memiliki mata potong yang tidak tajam akan dapat menjalankan fungsinya untuk melakukan pergeseran sehingga dihasilkan geram. Hal ini

disebabkan kekuatan geser dari material komposit yang sudah diperkuat memungkinkan menyebabkan mampu mesin material menjadi lebih baik. Selain itu efek pembajakan (*ploughing*) yang terjadi pada proses menggurdi komposit termoplastik yang lunak tidak terjadi sehingga delaminasi dapat diminimalkan.

Akan tetapi, hasil yang ditunjukkan pada Tabel 3. belum dapat dijadikan indikator bahwa rendahnya nilai delaminasi yang terjadi disebabkan karena adanya penguatan yang dilakukan oleh susunan serat. Untuk itu, data yang diperoleh dianalisa dengan menggunakan metoda ANOVA.

Tabel 3. Hasil pengukuran delaminasi untuk sisi masuk lubang (*entrance*)

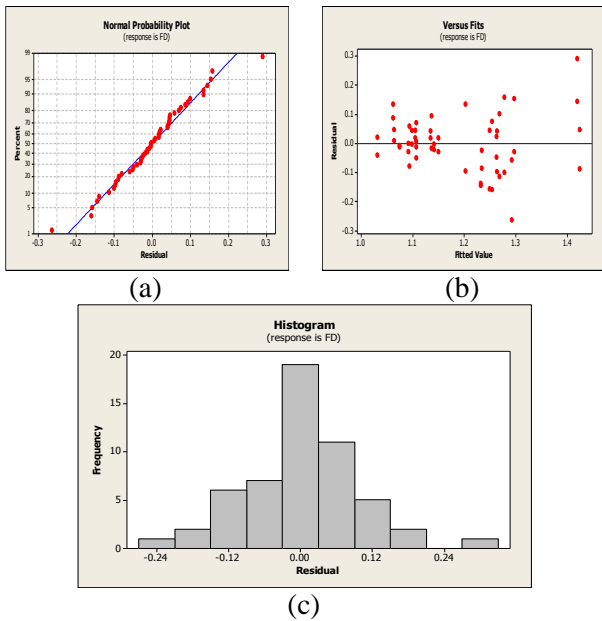
No.	Dia. Pahat (mm)	Feed (mm/rev)	Sudut Ujung ($2\kappa_r$) ($^\circ$)	Susunan Serat	Pendingin	Fd _{rata-rata} (mm)
1	2	0.084	70	Crossed	Udara	1,248
2	2	0.084	70	Crossed	Sintetis	1,076
3	2	0.084	70	Crossed	Minyak	1,164
4	2	0.168	110	Multi	Udara	1,404
5	2	0.168	110	Multi	Sintetis	1,212
6	2	0.168	110	Multi	Minyak	1,360
7	2	0.336	140	CSM	Udara	1,637
8	2	0.336	140	CSM	Sintetis	1,193
9	2	0.336	140	CSM	Minyak	1,132
10	4	0.084	110	CSM	Udara	1,307
11	4	0.084	110	CSM	Sintetis	1,084
12	4	0.084	110	CSM	Minyak	1,144
13	4	0.168	140	Crossed	Udara	1,090
14	4	0.168	140	Crossed	Sintetis	1,172
15	4	0.168	140	Crossed	Minyak	1,136
16	4	0.336	70	Multi	Udara	1,261
17	4	0.336	70	Multi	Sintetis	1,118
18	4	0.336	70	Multi	Minyak	1,128
19	6	0.084	140	Multi	Udara	1,236
20	6	0.084	140	Multi	Sintetis	1,084
21	6	0.084	140	Multi	Minyak	1,175
22	6	0.168	70	CSM	Udara	1,222
23	6	0.168	70	CSM	Sintetis	1,022
24	6	0.168	70	CSM	Minyak	1,065
25	6	0.336	110	Crossed	Udara	1,177
26	6	0.336	110	Crossed	Sintetis	1,091
27	6	0.336	110	Crossed	Minyak	1,136

Hasil ANOVA ditampilkan pada Tabel 4. Dari hasil ANOVA terlihat bahwa faktor penguatan serat akibat susunan tidak memberikan pengaruh yang signifikan ($P \leq 0,05$) pada tingkat keyakinan 95%. Yang memiliki pengaruh signifikan pada penelitian ini adalah cairan pendingin dan diameter pahat. Hal ini dapat dipahami karena pada material komposit yang berbasis termoplastik yang digunakan pada penelitian ini, lapisan serat dipasangkan di bawah permukaan material; berjarak 1 mm. Hal ini menyebabkan kekuatan permukaan material tidak sekuat dengan lapisan di bawahnya yang telah diperkuat. Apabila panas dari pahat tidak dengan sempurna diturunkan maka akan menyebabkan permukaan material menjadi melunak yang tergantung ukuran diameter pahat akan memicu terjadinya delaminasi.

Tabel 4. Hasil ANOVA data pengukuran delaminasi pada lubang permukaan atas (*entrance*)

Parameter	DF	Seq		Adj		F	P
		SS	SS	MS	MS		
Dia. Pahat (mm)	2	0,186	0,186	0,093	8,28	0,001	
Feeding (mm/r)	2	0,014	0,014	0,007	0,62	0,541	
Sudut ujung ($2\kappa_r$, $^\circ$)	2	0,050	0,014	0,025	2,23	0,120	
Susunan serat	2	0,057	0,057	0,028	2,52	0,092	
Pendingin	2	0,282	0,282	0,141	12,52	0,000	
Error	43	0,484	0,484	0,011	-	-	
Total	54	1,073	-	-	-	-	

Kesimpulan yang didapat dari ANOVA ini dapat dikatakan valid. Hal ini didasari bahwa kecenderungan data yang diperoleh memiliki kecenderungan yang normal. Yang mana pengujian *Normal Probability Plot* (Gambar 8a), dan *Residual vs fitted values* (Gambar 8b) mengindikasikan bahwa seluruh data yang didapat pada penelitian ini tersebar secara merata pada garis linier perkiraan. Tidak ada *outliers* atau kemungkinan kesalah-lahan data. Sedangkan dari Histogram nilai residual dari data (Gambar 8c) terlihat bahwa secara umum proporsional. Tidak ada kemungkinan kecenderungan miring (*skewness*) ataupun *outliers*.



Gambar 8. Hasil Analisa *Normality* Data Pengujian untuk Data Delaminasi Lubang Masuk (*entrance*)

3.2. Pengaruh Susunan Serat Nanas Terhadap Terbentuknya Delaminasi pada Sisi Keluar (*Exit*) Lubang

Selanjutnya, untuk pengamatan terbentuknya delaminasi pada lubang keluaran (*Exit*) diperlihatkan pada Tabel 5. Dari Tabel 5. diketahui bahwa pada diameter pahat yang kecil (2 mm), gerak makan kecil (0,084 mm/rev), sudut ujung kecil (70°) serta susunan serat nanas jenis *crossed* delaminasi yang terbentuk lebih kecil dibandingkan kombinasi parameter lainnya.

Tabel 5. Hasil pengukuran delaminasi untuk sisi keluar lubang (*exit*)

No.	Dia. Pahat (mm)	Feed (mm/rev)	Sudut Ujung (2κ _r) (°)	Susunan Serat	Pendingin	Fd _{rata-rata} (mm)
1	2	0.084	70	Crossed	Udara	1,248
2	2	0.084	70	Crossed	Sintetis	1,131
3	2	0.084	70	Crossed	Minyak	1,171
4	2	0.168	110	Multi	Udara	1,275
5	2	0.168	110	Multi	Sintetis	1,204
6	2	0.168	110	Multi	Minyak	1,243
7	2	0.336	140	CSM	Udara	1,473
8	2	0.336	140	CSM	Sintetis	1,253
9	2	0.336	140	CSM	Minyak	1,348
10	4	0.084	110	CSM	Udara	1,266
11	4	0.084	110	CSM	Sintetis	1,148
12	4	0.084	110	CSM	Minyak	1,232

13	4	0.168	140	Crossed	Udara	1,193
14	4	0.168	140	Crossed	Sintetis	1,159
15	4	0.168	140	Crossed	Minyak	1,182
16	4	0.336	70	Multi	Udara	1,223
17	4	0.336	70	Multi	Sintetis	1,162
18	4	0.336	70	Multi	Minyak	1,199
19	6	0.084	140	Multi	Udara	1,230
20	6	0.084	140	Multi	Sintetis	1,167
21	6	0.084	140	Multi	Minyak	1,218
22	6	0.168	70	CSM	Udara	1,225
23	6	0.168	70	CSM	Sintetis	1,182
24	6	0.168	70	CSM	Minyak	1,194
25	6	0.336	110	Crossed	Udara	1,216
26	6	0.336	110	Crossed	Sintetis	1,195
27	6	0.336	110	Crossed	Minyak	1,206

Hal ini berbeda terhadap delaminasi yang rendah pada lubang masuk (*entrance*). Akan tetapi ada dua parameter yang tetap konstan dalam mempengaruhi pengurangan delaminasi, yaitu sudut ujung dan jenis cairan pendingin yang dipergunakan. Yang mana ujung pahat yang memiliki sudut potong runcing dan jenis cairan sintetis dapat mengurangi delaminasi pada penelitian ini. Baik itu untuk lubang masuk maupun keluar. Kondisi menunjukkan bahwa pada proses menggurdi material komposit yang diperkuat dengan serat, kemampuan “menusuk” merupakan unsur penting yang harus dipertimbangkan.

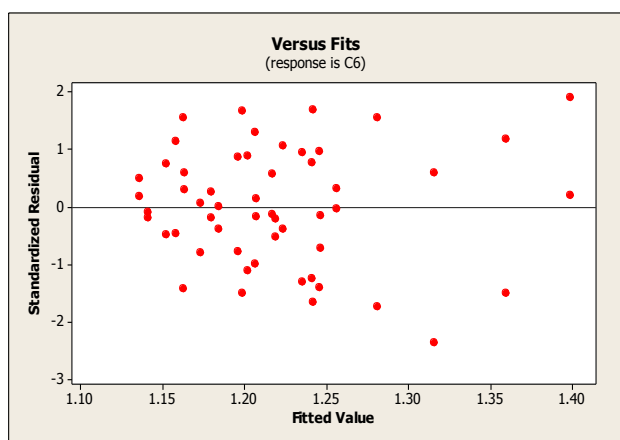
Selanjutnya, berbeda halnya dengan pada proses menggurdi bagian atas material komposit yang telah diperkuat dengan susunan serat, pada tahapan untuk membuat lubang menjadi tembus, pengaruh faktor penguat berpengaruh. Hal ini dapat dilihat dari hasil analisa ANOVA seperti pada Tabel 6. Yang mana pemilihan cairan pendingin masih menjadi faktor yang menentukan dalam mengurangi delaminasi pada proses penyelesaian lubang (*exit*). Akan tetapi pengaruh pemilihan susunan serat sebagai bagian penguat material komposit juga merupakan hal yang penting yang harus diperhatikan selain diameter pahat.

Tabel 6. Hasil ANOVA data pengukuran delaminasi pada lubang permukaan bawah (*exit*)

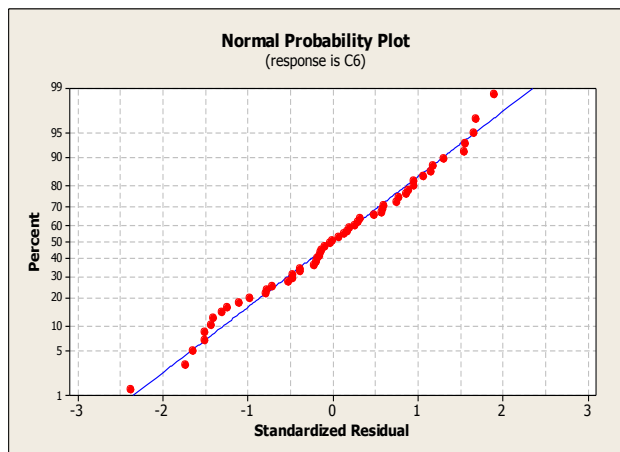
Parameter	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Dia. Pahat (mm)	2	0,045	0,045	0,022	3,57	0,037
Feeding (mm/r)	2	0,029	0,029	0,014	2,32	0,110
Sudut ujung (2κ _r , o)	2	0,026	0,026	0,013	2,11	0,133

Susunan serat	2	0,044	0,044	0,022	3,54	0,038
Pendingin	2	0,062	0,062	0,031	4,96	0,011
Error	43	0,268	0,268	0,006	-	-
Total	54	0,474	-	-	-	-

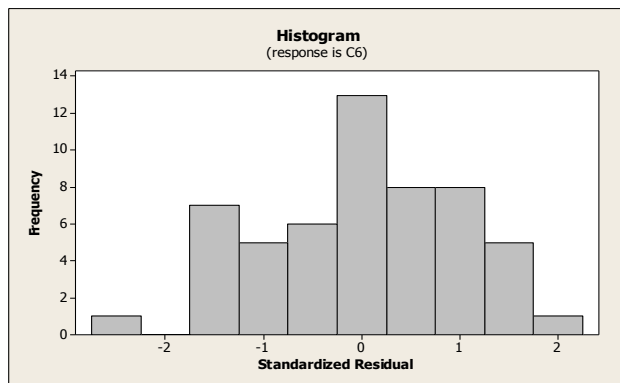
Kesimpulan yang ditarik dari hasil ANOVA dapat dipertanggungjawabkan. Hal ini disebabkan oleh tidak adanya faktor yang meragukan dari nilai residual yang ditampilkan pada Gambar 9. Walaupun tampilan Histogram dari nilai residual tidak seutuhnya seimbang. Akan tetapi kondisi ini tidak menjadi indikasi adanya kesalahan (*outliers*) maupun kecenderungan miringnya dari distribusi data (*skewness*).



(a)



(b)



(c)

Gambar 9. Hasil analisa *normality* data pengujian untuk data delaminasi lubang masuk (*entrance*)

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian untuk mengetahui pengaruh penguatan komposit serat nenas terhadap kemungkinan terjadinya delaminasi pada proses pembuatan lubang telah dilakukan. Untuk itu ada beberapa kesimpulan yang dapat ditarik, yaitu:

1. Pada bagian permukaan lubang, terjadinya delaminasi tidak dipengaruhi oleh jenis pemilihan dari susunan serat nenas. Akan tetapi untuk penyelesaian lubang, pemilihan susunan serat nenas yang tepat akan dapat mengurangi kemungkinan terjadinya delaminasi.
2. Secara umum yang berperan penting terhadap kemungkinan terjadinya delaminasi adalah parameter yang memiliki kontribusi terhadap kemampuan pahat untuk melakukan penetrasi ke dalam material komposit. Yang dalam hal ini ada diameter pahat dan pelumasan yang dilakukan oleh cairan pendingin yang dipilih.
3. Walaupun cara menyusun serat sebagai penguat pada material komposit akan meningkatkan sifat mekanikanya, akan tetapi tidak menjamin mampu mesin material komposit tersebut juga akan meningkat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Andalas yang telah membiayai penelitian ini melalui RKAKL TA 2017 dengan nomor kontrak: 060/UN.16.09.D/PL/ 2017 Tanggal 4 Juli 2017.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S.R. Ravishankar, C.R.L. Murthy, “*Modeling drill induced delaminations in composite laminates*”, in: *Proceedings of 14th World Conference on Non-Destructive Testing*, vol. 2, Oxford and IBH Publishing, 1996. pp. 489–494.
- [2] H. Hocheng, and C.C. Tsao, “*Effects of special drill bits on drilling-induced delamination of composite materials*”, *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, vol 46. Pp 1403–1416, 2006.
- [3] T.L. Wong, S.M. Wu and G.M. Croy, “*An analysis of delamination in drilling composite materials*”, in: *Proceedings of 14th SAMPE Technology Conference*, Atlanta, GA, USA, 1982, pp. 471–483.
- [4] E. Persson, I. Eriksson and L. Zackrisson, “*Effects of hole machining defects on strength and fatigue life of composite laminates*”, *Composites Part A*, vol 28, no. 2, pp 141–151, 1997.
- [5] H. Hocheng and C.C. Tsao, “*Effects of special drill bits on drilling-induced delamination of composite materials*”, *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, vol 46. Pp 1403–1416, 2006.
- [6] R.H. Kirby, *Vegetable Fibres, Hand Books*, ed., Leonard Hill, London, 1963.
- [7] D.P. Setyawan, H.N. Sari and P.D.G. Pertama, “*Pengaruh Orientasi Dan Fraksi Volume Serat Daun Nanas (Ananas Comosus)*”, 2012.
- [8] N.D. Shaheb and J.P. JOG, *Natural Fiber Polymer Composites: A Review*, Polymer Engineering Group, Chemical Engineering Division, National Chemical Laboratory, Pune 411 008, India, 1999.
- [9] L.M. Durão, A.G. Magalhães, J.M.R.S. Tavares and A.T. Marques, “*Analyzing objects in images for estimating the delamination influence on load carrying capacity of composite laminates*”, Instituto de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto /Departamento de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial, PORTO, Portugal, 2008

NOMENKLATUR

F_d	Rasio Delaminasi
D_{max}	Nilai Delaminasi
D	Diameter nominal lubang