



Pengaruh Sudut Ujung Pahat terhadap Delaminasi pada Penggurdian Komposit KFRP

Effect of Point Angle on Delamination in Drilling of KFRP Composite

Mohammad Muslimin Ilham^{1,*}, Am. Mufarrih¹

¹ Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Nusantara PGRI Kediri
Jl. Mojoroto I No. 6, Kediri, Indonesia

Received 27 August 2018; Revised 17 September 2018; Accepted 29 September 2018, Published 20 October 2018
<http://dx.doi.org/10.21063/JTM.2018.V8.51-55>

Academic Editor: Asmara Yanto (asmarayanto@yahoo.com)

*Correspondence should be addressed to ammufarrih@gmail.com

Copyright © 2018 M. M. Ilham. This is an open access article distributed under the [Creative Commons Attribution License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Abstract

Drilling is the most important machining process in the automotive and manufacturing industries. The performance of drilling KFRP composite materials can be measured by quality characteristics such as surface roughness, burr height, roundness, power consumption, thrust force and delamination. This study aims to determine the effect of process variable variation to delamination response. The experimental is held with three replication. The variations of drilling process variable is point angle (90°, 100°, 110°, 118°, 130° and 140°). The response variables observed is delamination. The cutting tool used is the twist drill HSS Nachi. One Way ANOVA is used to determine the process variables that have a significant influence on the observed response variables. The results showed that the point angle had a significant effect on response of delamination. Increasing the point angle will increase the delamination.

Keywords: Drilling, point angle, delamination, KFRP Composite

1. Pendahuluan

Material komposit semakin banyak digunakan di berbagai bidang industri seperti industri otomotif, penerbangan, peralatan olah raga, serta peralatan militer. Material komposit dipilih karena mempunyai karakteristik unik yang tidak dimiliki oleh material konvensional lainnya. Kelebihan material komposit dibandingkan dengan material konvensional adalah memiliki ketahanan terhadap korosi dan keausan yang tinggi, kekuatan yang tinggi dengan berat yang rendah, sifat mampu bentuk yang baik, serta arah kekuatan yang dapat dikendalikan.

Proses pemesinan yang sering diterapkan pada material komposit adalah proses penggurdian. Kinerja dari proses penggurdian pada material komposit dapat diukur berdasarkan beberapa karakteristik kualitas seperti ketinggian burr, kekasaran permukaan,

dan keausan tepi pahat. Selain itu, gaya tekan, torsi dan delaminasi yang terjadi pada *entry* dan *exit* lubang hasil penggurdian juga dapat digunakan untuk mengevaluasi proses penggurdian pada material komposit [1].

Pada penggurdian material komposit terdapat beberapa masalah yang timbul, diantaranya adalah *matrix cratering*, *fiber pullout*, kerusakan termal dan delaminasi. Kesalahan dalam pemilihan parameter proses pemesinan yang digunakan merupakan salah satu penyebab dari timbulnya masalah tersebut [2].

Dari beberapa masalah pada penggurdian material komposit, delaminasi menjadi masalah utama yang paling sering timbul. Delaminasi yang timbul pada sisi masuk (*peel-up*) dan sisi keluar (*push-out*) akan mempengaruhi kualitas lubang hasil penggurdian. Anisotropi dan heterogenitas material komposit yang tersusun dari fasa penguat yang bersifat keras dan

matriks yang bersifat lunak merupakan penyebab delaminasi [3]. Pada saat proses penggurdian dilakukan kedua fasa penyusun tersebut memiliki perilaku yang berbeda dibandingkan dengan sifat masing-masing material saat terpisah satu sama lain. Penyebab lain dari delaminasi, selain karakteristik material adalah geometri pahat dan parameter proses pemesinan yang digunakan [4]. Oleh karena itu, delaminasi menjadi faktor yang sangat penting untuk diminimalkan guna menghasilkan kualitas lubang yang baik. Kualitas lubang yang buruk akibat delaminasi akan berpengaruh pada kekuatan sambungan sehingga mempengaruhi struktur mekanis secara keseluruhan. Pemilihan parameter-parameter proses yang tepat serta geometri pahat yang sesuai akan mampu mengurangi kerusakan yang timbul pada penggurdian material komposit seperti delaminasi.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh sudut ujung pahat (*point angle*) terhadap delaminasi yang terjadi pada penggurdian material komposit KFRP.

2. Metodologi Penelitian

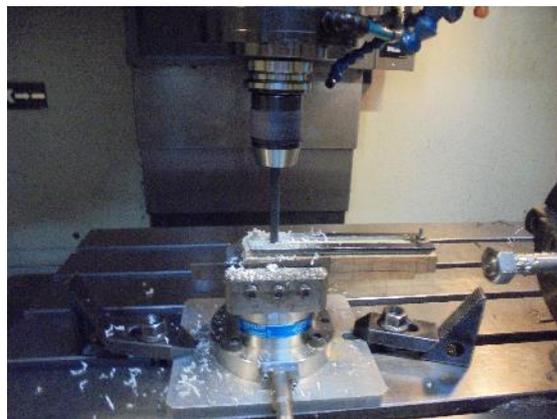
Rancangan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian eksperimental. Penelitian eksperimental bertujuan untuk mengungkapkan hubungan sebab akibat antar variabel dengan memanipulasi variabel prosesnya. Pengaturan variabel proses pada mesin gundi dirujuk dari penelitian-penelitian terdahulu. Dalam penelitian ini hanya ada satu variabel bebas dengan enam level variasi, sehingga *One Way ANOVA* digunakan untuk menganalisa data dalam penelitian ini.

A. Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan mesin frais CNC YCM MV 86A tiga sumbu. *Twist drill HSS Nachi* berdiameter 10 mm digunakan sebagai *cutting tool* dalam penelitian ini.

Komposit KFRP dengan dimensi 200 mm x 30 mm x 3 mm digunakan sebagai material benda kerja. Matrik material adalah *epoxy resin*, sedangkan fiber yang digunakan adalah *Kevlar/aramid*. Material komposit KFRP ini merupakan hasil produksi dari PT. Dirgantara Indonesia. Komposit KFRP memiliki kekuatan tarik sebesar 515 MPa, *density* sebesar 1.35 g/cm³, *tensile modulus* sebesar 25 GPa, dan *shear modulus* sebesar 8.45 GPa [5]. Proses penggurdian benda kerja terdiri dari dua buah komposit KFRP yang ditumpuk bersamaan. Sehingga tebal dari komposit yang ditumpuk adalah sebesar 6 mm. Proses penggurdian

komposit KFRP dilakukan dalam kondisi pemesinan kering tanpa menggunakan cairan pendingin. Proses penggurdian komposit KFRP dapat dilihat pada Gambar 1.

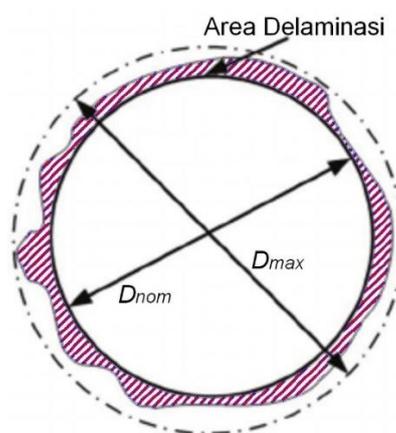


Gambar 1. Penggurdian Komposit KFRP

Pengukuran delaminasi dilakukan dengan cara pengambilan gambar lubang hasil penggurdian pada keempat permukaan benda kerja dengan menggunakan *scanner*. Setelah dilakukan pengambilan gambar lubang, kemudian dilakukan pengukuran diameter maksimum pada area delaminasi yang diamati dan diameter lubang nominal dengan menggunakan bantuan perangkat lunak AutoCAD. Setelah itu dilakukan perhitungan faktor delaminasi dengan menggunakan Persamaan 1 [6].

$$F_d = \frac{D_{max}}{D_{nom}} \quad (1)$$

D_{max} merupakan diameter maksimum pada delaminasi yang diamati dan D_{nom} merupakan diameter lubang nominal seperti ditunjukkan Gambar 2.



Gambar 2. Pengukuran Delaminasi

B. Rancangan Percobaan

Variabel proses yang diberlakukan pada penelitian ini adalah sudut ujung pahat (*point*

angle) yang memiliki enam level seperti ditunjukkan Tabel 1. Sudut ujung pahat dibentuk dengan menggunakan alat *drill resharpener grinder* sesuai dengan level variabel proses yang telah ditentukan sebelumnya.

Tabel 1. Variabel proses dan level

Sudut ujung pahat (PA)	
Satuan	(°)
Level 1	90
Level 2	100
Level 3	110
Level 4	118
Level 5	130
Level 6	140

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian dengan repikasi sebanyak tiga kali dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Variabel proses dan level

No	PA (°)	Delaminasi		
		1	2	3
1	90	1,175	1,172	1,164
2	100	1,148	1,140	1,152
3	110	1,138	1,136	1,135
4	118	1,124	1,118	1,128
5	130	1,121	1,120	1,116
6	140	1,092	1,105	1,114

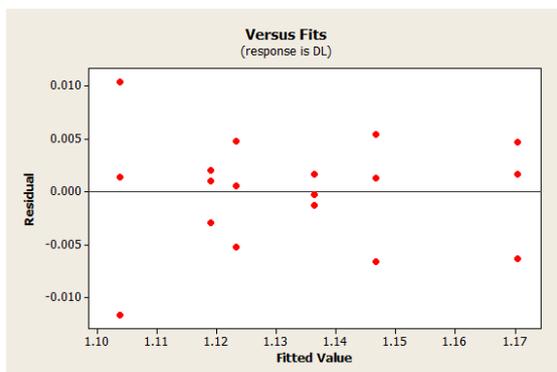
A. Analisis Variabel Proses terhadap Delaminasi

Untuk mengetahui apakah sudut ujung pahat mempunyai pengaruh terhadap delaminasi pada pengurdian material komposit KFRP dilakukan *Analysis of variance* (ANOVA).

ANOVA mensyaratkan bahwa *residual* harus memenuhi tiga asumsi, yaitu bersifat identik, independen dan berdistribusi normal.

Uji Identik

Uji identik terpenuhi bila *residual* tersebar secara acak disekitar harga nol dan tidak membentuk pola tertentu. Hasil uji identik disajikan pada Gambar 3.

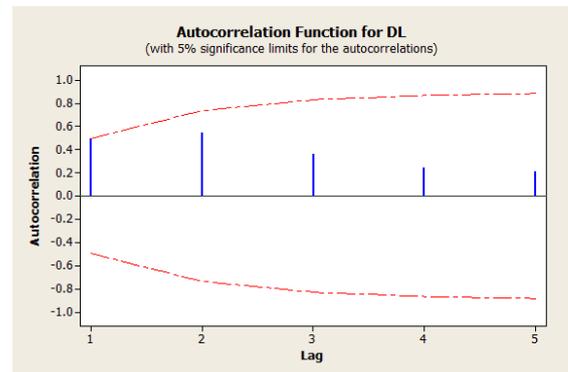


Gambar 3. Uji identik respon delaminasi

Uji identik pada Gambar 3 menampilkan *residual* tersebar secara acak disekitar harga nol dan tidak membentuk pola tertentu. Hal ini menunjukkan asumsi identik terpenuhi.

Uji Independen

Pengujian independen pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan *auto correlation function* (ACF). Berdasarkan plot ACF yang ditunjukkan pada Gambar 4. Dari Gambar tersebut dapat dilihat bahwa tidak ada nilai ACF pada tiap lag yang keluar dari batas interval. Hal ini membuktikan bahwa tidak ada korelasi antar *residual* yang berarti *residual* bersifat independen.

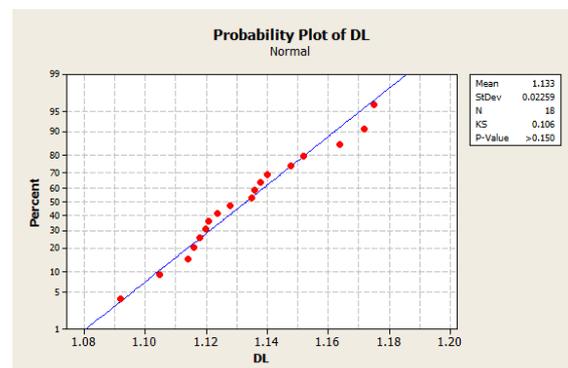


Gambar 4. Uji independen respon delaminasi

Uji Kenormalan

Uji kenormalan *residual* dilakukan dengan menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov*. *Residual* berdistribusi normal jika p-value lebih besar dari taraf signifikan $\alpha=0,05$. Uji kenormalan dapat dilihat seperti Gambar 5.

Dari Gambar 5 dapat dilihat bahwa p-value untuk respon delaminasi sebesar 0,150 lebih besar dari taraf signifikan $\alpha=0,05$, ini berarti *residual* respon delaminasi berdistribusi normal.



Gambar 5. Uji kenormalan respon delaminasi

B. Analysis of Variance (ANOVA)

Setelah uji identik, independen dan distribusi normal terpenuhi, maka dapat dilakukan *analysis of variance* untuk mengetahui variabel proses mana yang

memiliki pengaruh secara signifikan terhadap respon delaminasi. ANOVA untuk respon delaminasi ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. ANOVA Variabel Proses terhadap Delaminasi

Source	DF	SS	MS	F	P
PA	5	0,0082232	0,0016446	43,64	0,000
Error	12	0,0004522	0,0000377		
Total	17	0,0086754			

S = 0,006139 R-Sq = 94,79% R-Sq(adj) = 92,62%

Berdasarkan ANOVA dapat dijabarkan pengaruh variabel proses terhadap respon delaminasi sebagai berikut:

C. Pengaruh Sudut Ujung Pahat terhadap Delaminasi

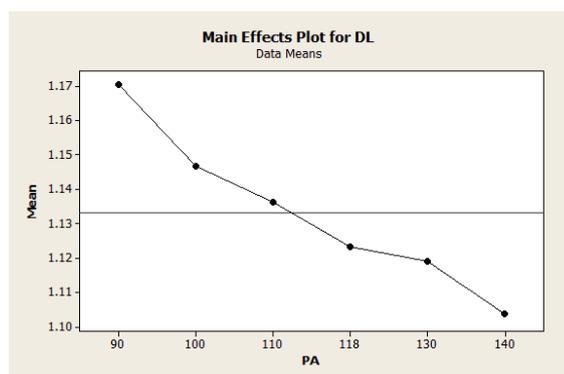
Hipotesis nol dan hipotesis alternatif yang digunakan pada uji hipotesis untuk variabel proses sudut ujung pahat dengan menggunakan distribusi F adalah sebagai berikut:

$$H_0 : PA_1 = PA_2$$

$$H_1 : PA_1 \neq PA_2$$

Kesimpulan: $F_{hitung} = 43,64 > F(0,05;2;15) = 3,68$ maka H_0 ditolak, artinya ada pengaruh yang signifikan sudut ujung pahat terhadap respon delaminasi. *P-value* menunjukkan angka sebesar $0,000 < 0,05$, sehingga ini juga mengkonfirmasi bahwa variabel proses sudut ujung pahat berpengaruh signifikan terhadap respon delaminasi dengan tingkat keyakinan sebesar 95%.

Untuk mengetahui pengaruh tiap level dari variabel proses terhadap variabel respon dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Main effects plot variabel proses terhadap respon delaminasi

Berdasarkan Gambar 6 dapat diketahui bahwa peningkatan sudut ujung pahat akan meningkatkan delaminasi. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Krisnamoorthy [7] tentang penggurdian pada material komposit CFRP. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa faktor yang paling

berpengaruh terhadap delaminasi adalah sudut ujung pahat, gerak makan dan kecepatan spindel. Peningkatan sudut ujung pahat, gerak makan dan kecepatan spindel akan meningkatkan delaminasi.

Delaminasi pada material komposit timbul karena adanya mekanisme *bending*. Pada saat ujung pahat gurdi menyentuh lapisan komposit, tidak terjadi pemotongan benda kerja, melainkan terjadi penekanan/ekstrusi benda kerja karena kecepatan potong di ujung pahat gurdi sama dengan nol. Hal ini mengakibatkan terjadinya *bending* pada benda kerja. Pada saat benda kerja dibebani gaya tekan yang melebihi kekuatan ikatan antar lapisan, maka lapisan atas dari benda kerja akan terpisah dengan lapisan di bawahnya (seperti terkelupas). Hal ini menimbulkan terjadinya zona delaminasi di sekitar sisi masuk/permukaan atas dari lubang hasil penggurdian yang disebut *peel up delamination*. Peningkatan sudut ujung pahat dan kecepatan makan akan meningkatkan gaya tekan, sehingga delaminasi akan meningkat.

Mekanisme *bending* juga terjadi pada sisi keluar lubang/permukaan bawah benda kerja. Ketika ujung pahat menyentuh lapisan paling bawah dari benda kerja, maka terjadi penekanan pada lapisan benda kerja tersebut, sehingga menimbulkan *bending*. Jika benda kerja dibebani gaya tekan yang melebihi kekuatan ikatan antar lapisan, maka lapisan bawah dari benda kerja akan terpisah dari lapisan di atasnya, sehingga timbul zona delaminasi di sekitar sisi keluar lubang yang disebut *push out delamination*.

4. Simpulan

Berdasarkan hasil percobaan dan analisis data dapat disimpulkan bahwa:

- Ada pengaruh variabel proses sudut ujung pahat terhadap respon delaminasi.
- Delaminasi pada material komposit timbul karena adanya mekanisme *bending*.
- Peningkatan sudut ujung pahat akan meningkatkan delaminasi.

Adapun saran yang dapat diberikan setelah melakukan penelitian adalah agar mencoba menggunakan level faktor yang lain, dan menambahkan faktor-faktor penting yang lain untuk mengetahui pengaruh faktor-faktor apa saja yang berpengaruh terhadap delaminasi pada penggurdian komposit KFRP, sehingga kualitas lubang hasil penggurdian bisa lebih optimal.

Referensi

- [1] Nagaraja, M. a Herbert, D. Shetty, R. Shetty, and B. Shivamurthy, "Effect of Process Parameters on Delamination , Thrust force and Torque in Drilling of Carbon Fiber Epoxy Composite," *Res. J. Recent Sci.*, vol. 2, no. 8, pp. 47–51, 2013.
- [2] V. K. Vankanti and V. Ganta, "Optimization of process parameters in drilling of GFRP composite using Taguchi method," *J. Mater. Res. Technol.*, vol. 3, no. 1, pp. 35–41, 2014.
- [3] K. Palanikumar, "Experimental investigation and optimisation in drilling of GFRP composites," *Meas. J. Int. Meas. Confed.*, vol. 44, no. 10, pp. 2138–2148, 2011.
- [4] E. Kilickap, "Optimization of cutting parameters on delamination based on Taguchi method during drilling of GFRP composite," *Expert Syst. Appl.*, vol. 37, no. 8, pp. 6116–6122, 2010.
- [5] A. Mufarrih, B. O. P. Soepangkat, and I. Krisnanto, "Multi Response Optimization Using Taguchi-Grey-Fuzzy Method in Drilling of Kevlar Fiber Reinforced Polymer (KFRP) Stacked," *Appl. Mech. Mater.*, vol. 836, pp. 179–184, 2016.
- [6] V. N. Gaitonde, S. R. Karnik, and J. Paulo Davim, "Taguchi multiple-performance characteristics optimization in drilling of medium density fibreboard (MDF) to minimize delamination using utility concept," *J. Mater. Process. Technol.*, vol. 196, no. 1–3, pp. 73–78, 2008.
- [7] A. Krishnamoorthy, S. Rajendra Boopathy, K. Palanikumar, and J. Paulo Davim, "Application of grey fuzzy logic for the optimization of drilling parameters for CFRP composites with multiple performance characteristics," *Meas. J. Int. Meas. Confed.*, vol. 45, no. 5, pp. 1286–1296, 2012.