

# PENGARUH PARAMETER PROSES GURDI TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN PADA MATERIAL KFRP KOMPOSIT

**Am. Mufarrih<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Nusantara PGRI Kediri  
E-mail: \*<sup>1</sup>[ammufarrih@gmail.com](mailto:ammufarrih@gmail.com)

**Abstrak** – Proses gurdi merupakan proses pembuatan lubang silindris pada benda kerja untuk perakitan antara suatu komponen dengan komponen yang lainnya. Kinerja dari proses gurdi pada material Kevlar fiber reinforced polymer (KFRP) komposit dapat diukur berdasarkan karakteristik kualitas seperti kekasaran permukaan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi parameter proses gurdi terhadap kekasaran permukaan. Rancangan percobaan ditetapkan dengan menggunakan metode faktorial yang berupa matriks ortogonal  $L_9 (3^2)$  dan replikasi sebanyak dua kali. Parameter proses gurdi yang divariasikan adalah kecepatan makan (50 mm/menit, 115 mm/menit dan 180 mm/menit) dan kecepatan potong (47,1 m/menit, 62,8 m/menit dan 78,5 m/menit). Respon yang diteliti adalah kekasaran permukaan lubang hasil penggurdian. Pahat yang digunakan adalah twist drill HSS NACHI. Analysis of variance (ANOVA) digunakan untuk mengetahui parameter-parameter proses yang memiliki pengaruh secara signifikan dan besarnya kontribusi terhadap respon yang diteliti. Hasil penelitian menunjukkan bahwa parameter proses gurdi seperti kecepatan makan dan kecepatan potong berpengaruh signifikan terhadap kekasaran permukaan. Peningkatan kecepatan makan akan meningkatkan kekasaran permukaan, sedangkan peningkatan kecepatan potong akan menurunkan kekasaran permukaan. Kontribusi parameter proses gurdi dalam mengurangi variasi respon, secara berurutan adalah kecepatan makan sebesar 51,98% dan kecepatan potong sebesar 37,83%.

**Kata Kunci** — ANOVA, Faktorial, Gurdi, KFRP Komposit

## 1. PENDAHULUAN

Proses gurdi merupakan proses pembuatan lubang silindris pada benda kerja untuk proses perakitan antara suatu komponen dengan komponen yang lainnya. Pembuatan lubang termasuk salah satu proses paling penting di bidang manufaktur. Biaya pemesinan terbesar dalam industri otomotif ialah biaya untuk pembuatan lubang [1].

Komponen yang banyak digunakan di industri serta membutuhkan banyak lubang untuk proses perakitan salah satunya adalah komponen dari material komposit. Material komposit dipilih karena memiliki karakteristik tersendiri yang tak dimiliki oleh material konvensional lainnya.

Kevlar fiber reinforced polymer (KFRP) atau juga sering disebut aramid fiber reinforced polymer (AFRP) adalah salah satu jenis komposit yang memiliki sifat-sifat sebagai berikut [2]: gaya tarik yang tinggi, kekerasan yang tinggi, kepadatan yang rendah, tahan panas, tahan terhadap bahan kimia, struktur yang kuat dan ringan bahkan lima kali lebih kuat dibandingkan besi serta tahan terhadap korosi. KFRP biasanya digunakan di industri otomotif, industri tangki, pesawat terbang, peralatan militer dan pesawat antariksa.

Kinerja dari proses gurdi pada material komposit dapat diukur berdasarkan beberapa karakteristik kualitas seperti kekasaran permukaan, keausan tepi pahat dan burr height [3]. Kekasaran permukaan (*surface roughness*) suatu produk pemesinan dapat mempengaruhi beberapa fungsi produk tersebut seperti, gesekan permukaan (*surface friction*), perpindahan panas, kemampuan penyebaran pelumasan, pelapisan, dan lain-lain. Dimana semakin kecil kekasaran permukaan semakin kecil gesekan yang

terjadi sedangkan semakin kecil kekasaran permukaan semakin merata penyebaran perpindahan panasnya. begitu juga halnya dengan penyebaran pelumasan. Oleh karena itu, kekasaran permukaan menjadi tolak ukur keakuratan dan kualitas permukaan suatu produk industri manufaktur.

Kinerja yang diukur juga biasa disebut sebagai respon yang merupakan fungsi dari parameter-parameter proses atau faktor. Parameter-parameter proses yang mempengaruhi kinerja dari proses gurdi adalah kecepatan potong dan kecepatan makan.

Studi tentang optimasi gaya tekan, delaminasi dan kekasaran permukaan telah dilakukan pada proses gurdi dengan menggunakan metode Taguchi dan *desirability function* [4]. Faktor yang divariasikan adalah kecepatan spindel, gerak makan, ketebalan material dan diameter pahat. Benda kerja dan pahat yang digunakan adalah GFRP NEMA G11 dan tungsten carbide yang dilapisi titanium. Rancangan percobaan yang digunakan adalah matriks ortogonal  $L_{27}$  dan *desirability function* sebagai metode lanjutan untuk melakukan optimasi multirespon. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa kondisi optimal untuk respon gaya tekan, delaminasi dan kekasaran permukaan secara serentak dapat diperoleh pada kecepatan spindel sebesar 1200 rpm, gerak makan sebesar 75 mm/min, material setebal 8 mm dan diameter pahat gurdi sebesar 8 mm.

Penelitian yang membahas tentang pengaruh parameter proses penggurdian terhadap respon kekasaran permukaan dan *burr height* juga telah dilakukan. Faktor atau parameter proses gurdi yang diteliti adalah jenis pahat, kecepatan potong, gerak makan dan sudut ujung pahat. Masing-masing faktor yang diteliti memiliki tiga level [5]. Benda kerja yang digurdi ialah baja AISI 4140. Pahat yang digunakan adalah *twist drill* berdiameter 5 mm dengan tiga jenis material pahat yang berbeda, yaitu HSS, *carbide*, dan TiN *coated*. Rancangan percobaan yang digunakan ialah matriks ortogonal  $L_9$  dan GRA sebagai metode lanjutan untuk melakukan optimasi multirespon. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi optimal untuk respon kekasaran permukaan dan *burr height* secara serentak dapat dicapai oleh proses penggurdian dengan

menggunakan pahat karbida pada putaran 1800 rpm, gerak makan 0.1 mm/rev dan sudut ujung pahat  $118^\circ$ .

Penelitian ini menggunakan KFRP sebagai benda kerja dan mengamati pengaruh parameter proses gurdi seperti kecepatan potong dan kecepatan makan terhadap kekasaran permukaan lubang hasil penggurdian.

## 2. METODE PENELITIAN

Rancangan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian eksperimental. Penelitian eksperimental bertujuan untuk mengungkapkan hubungan sebab akibat antar variabel dengan memanipulasi parameter prosesnya. Pengaturan parameter proses pada mesin gurdi dirujuk dari penelitian-penelitian sebelumnya.

### 2.1. Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan mesin frais CNC YCM MV 86A. Pahat yang digunakan adalah *Twist drill* HSS Nachi diameter 10 mm.

KFRP komposit 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 diproduksi oleh PT. Dirgantara Indonesia. KFRP Komposit memiliki *tensile strength* sebesar 515 MPa, *tensile modulus* sebesar 25 GPa, *density* sebesar 1.35 g/cm<sup>3</sup> dan *shear modulus* sebesar 8.45 GPa.

Penggurdian material terdiri dari dua buah KFRP komposit yang ditumpuk bersamaan. Sehingga tebal dari komposit yang ditumpuk adalah sebesar 6 mm. Proses penggurdian KFRP komposit dilakukan tanpa menggunakan cairan pendingin. Nilai kekasaran permukaan lubang hasil penggurdian diukur menggunakan Mitutoyo *Surftest* SJ-310. Tabel 1 menunjukkan level-level dari kecepatan potong dan kecepatan makan yang digunakan pada penelitian ini.

Tabel 1. Parameter proses dan level

	Parameter Proses	
	Kecepatan potong ( $V_c$ )	Kecepatan makan ( $V_f$ )
Satuan	(m/min)	(mm/min)
Level 1	47,1	50
Level 2	62,8	115
Level 3	78,5	180

Khusus untuk kecepatan potong, penentuan harga  $V_c$  berpengaruh terhadap kecepatan putaran spindle utama yang digunakan sesuai dengan Persamaan 1 berikut ini.

$$n = \frac{1000 \times V_c}{\pi \times d} \quad \dots\dots\dots 1)$$

### 2.2. Rancangan Percobaan

Pengaturan parameter proses pada mesin gudi dirujuk dari penelitian-penelitian sebelumnya. Pengaturan parameter proses yang digunakan pada eksperimen ini menggunakan metode *full factorial orthogonal array*  $L_9$  seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran kekasaran permukaan dilakukan pada empat area kemudian dirata-ratakan. Berdasarkan pengukuran diperoleh hasil kekasaran permukaan seperti Tabel 3.

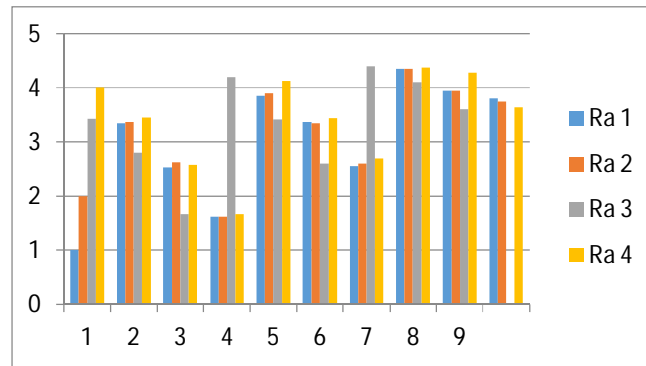
Dari data pada Tabel 3 dapat ditampilkan grafik seperti terlihat pada Gambar 1.

Tabel 2. Rancangan percobaan

No	Parameter Proses	
	$V_c$ (m/min)	$V_f$ (mm/min)
1	47,1	50
2	47,1	115
3	47,1	180
4	62,8	50
5	62,8	115
6	62,8	180
7	78,5	50
8	78,5	115
9	78,5	180

Tabel 3. Hasil Pengukuran Kekasaran Permukaan

NO	$V_f$	$V_c$	Kekasaran Permukaan ( $\mu m$ )				Rata-rata
			Ra 1	Ra 2	Ra 3	Ra 4	
1	50	47,1	3,35	3,37	3,42	3,46	3,4
2	50	62,8	2,52	2,62	2,8	2,58	2,63
3	50	78,5	1,62	1,62	1,66	1,66	1,64
4	115	47,1	3,86	3,9	4,2	4,12	4,02
5	115	62,8	3,37	3,35	3,41	3,43	3,39
6	115	78,5	2,55	2,6	2,6	2,69	2,61
7	180	47,1	4,35	4,35	4,4	4,38	4,37
8	180	62,8	3,95	3,95	4,1	4,28	4,07
9	180	78,5	3,8	3,75	3,6	3,65	3,7



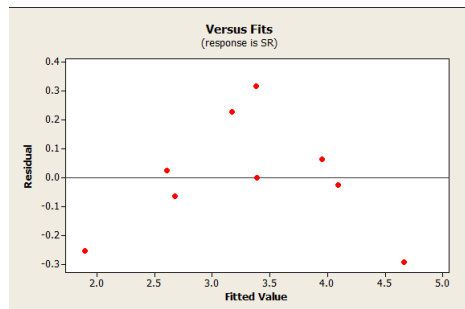
Gambar 1. Grafik Hasil Pengujian Kekasaran Permukaan

### 3.1. Analisis Parameter Proses terhadap Kekasaran Permukaan

Untuk mengetahui apakah kecepatan potong dan kecepatan makan mempunyai pengaruh terhadap nilai kekasaran permukaan lubang hasil pengurdian material KFRP dilakukan *Analysis of variance* (ANOVA). ANOVA mensyaratkan bahwa residual harus memenuhi tiga asumsi, yaitu bersifat identik, independen dan berdistribusi normal.

#### 3.1.1. Uji Identik

Uji identik terpenuhi bila *residual* tersebar secara acak disekitar harga nol dan tidak membentuk pola tertentu. Hasil uji identik disajikan pada Gambar 2. berikut.



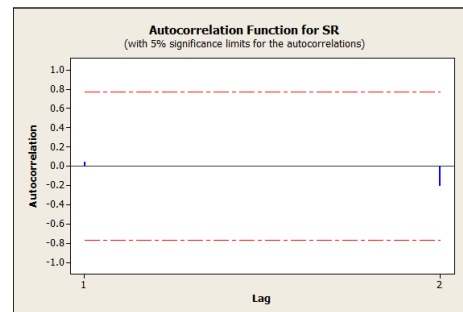
Gambar 2 Plot *residual* versus *fitted values*

Uji identik pada Gambar 2 menampilkan *residual* tersebar secara acak disekitar harga nol dan tidak membentuk pola tertentu. Hal ini menunjukkan asumsi identik terpenuhi.

#### 3.1.2. Uji Independen

Pengujian independen pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan *auto correlation function* (ACF). Berdasarkan plot

ACF yang ditunjukkan pada Gambar 3, tidak ada nilai ACF pada tiap lag yang keluar dari batas interval. Hal ini membuktikan bahwa tidak ada korelasi antar residual artinya residual bersifat independen.



Gambar 3 Plot ACF

#### 3.1.3. Uji Kenormalan

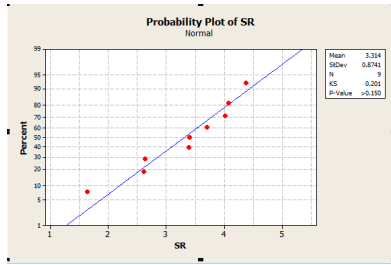
Uji kenormalan residual dilakukan dengan menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov*. Hipotesis yang digunakan adalah:

$H_0$  : *Residual* berdistribusi normal

$H_1$  : *Residual* tidak berdistribusi normal

$H_0$  ditolak jika *p-value* lebih kecil dari pada  $\alpha = 0,05$ .

Gambar 4 menunjukkan bahwa dengan uji *Kolmogorov-Smirnov* diperoleh *p-value* lebih besar dari 0,150 sehingga dapat disimpulkan bahwa  $H_0$  gagal ditolak atau *residual* berdistribusi normal.



Gambar 4 Uji Kenormalan

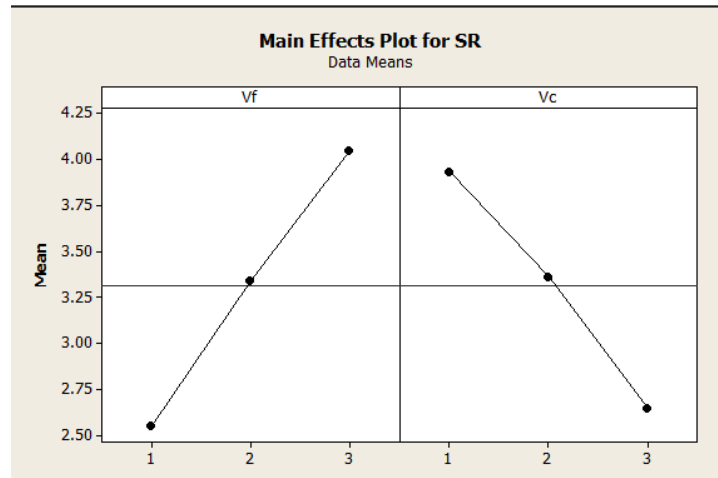
Setelah uji identik, independen dan distribusi normal terpenuhi dilakukan ANOVA untuk mengetahui variabel proses mana yang memiliki pengaruh secara signifikan terhadap kekasaran permukaan hasil penggurdian. ANOVA untuk kekasaran permukaan ditunjukkan pada Tabel 4.

### 3.2. Analysis of Variance (ANOVA)

Tabel 4. ANOVA Parameter Proses terhadap Kekasaran Permukaan

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	SS'	P	% kontribusi
Vf	2	3.3331	3.3331	1.6665	21.39	3.1773	0.007	51.98
Vc	2	2.4684	2.4684	1.2342	15.84	2.3126	0.013	37.83
Error	4	0.3116	0.3116	0.0779				10.19
Total	8	6.113						100.00

Level tiap faktor yang berpengaruh terhadap kekasaran permukaan ditunjukkan pada gambar 5. berikut



Gambar 5. Main effect plot for SR

Berdasarkan ANOVA dapat dijabarkan pengaruh parameter proses terhadap respon kekasaran permukaan sebagai berikut:

#### 3.2.1. Pengaruh Kecepatan potong terhadap kekasaran permukaan

Hipotesis nol dan hipotesis alternatif yang digunakan pada uji hipotesis dengan

menggunakan distribusi F adalah sebagai berikut:

$$H_0 : V_{c1} = V_{c2}$$

$$H_1 : V_{c1} \neq V_{c2}$$

Kesimpulan:  $F_{hitung} = 21,39 > F(0,05;2;7) = 4,74$  maka  $H_0$  ditolak, artinya ada pengaruh yang signifikan kecepatan potong terhadap

kekasaran permukaan. *P-value* juga menunjukkan angka sebesar  $0,007 < 0,05$  sehingga dapat disimpulkan bahwa parameter proses kecepatan potong berpengaruh signifikan terhadap kekasaran permukaan dengan tingkat keyakinan sebesar 95%.

### 3.2.2. Pengaruh Kecepatan makan terhadap kekasaran permukaan

Hipotesis nol dan hipotesis alternatif yang digunakan pada uji hipotesis dengan menggunakan distribusi F adalah sebagai berikut:

$$H_0 : V_{f1} = V_{f2}$$

$$H_1 : V_{f1} \neq V_{f2}$$

Kesimpulan:  $F_{hitung} = 15,84 > F(0,05;2;7) = 4,74$  maka  $H_0$  ditolak, artinya ada pengaruh yang signifikan kecepatan potong terhadap kekasaran permukaan. *P-value* juga menunjukkan angka sebesar  $0,013 < 0,05$  sehingga dapat disimpulkan bahwa parameter proses kecepatan makan berpengaruh signifikan terhadap kekasaran permukaan dengan tingkat keyakinan sebesar 95%.

Berdasarkan Tabel 4, faktor-faktor yang signifikan secara statistik mempengaruhi kekasaran permukaan adalah kecepatan makan dan kecepatan potong. Kontribusi terbesar terhadap respon kekasaran permukaan diberikan oleh kecepatan makan, yaitu sebesar 51,98%, diikuti oleh kecepatan potong yaitu sebesar 37,83%. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan Davim [6] tentang penggurdian pada material GFRP. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa faktor yang paling berpengaruh terhadap respon kekasaran permukaan ialah gerak makan dan kecepatan potong. Kekasaran permukaan yang rendah dapat dicapai dengan kecepatan makan yang rendah dan kecepatan potong yang tinggi.

## 4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil percobaan dan analisis data dapat disimpulkan bahwa:

- Ada pengaruh parameter proses kecepatan potong dan kecepatan makan terhadap kekasaran permukaan hasil penggurdian.

- Kontribusi parameter-parameter proses penggurdian dalam mengurangi variasi respon kekasaran permukaan adalah kecepatan makan sebesar 51,98% dan kecepatan potong sebesar 37,83%.

## 5. SARAN

Adapun saran yang dapat diberikan setelah melakukan penelitian adalah sebagai berikut:

- Pada penelitian ini kontribusi *error* masih sebesar 10,19%, maka pada penelitian selanjutnya disarankan untuk mencoba menggunakan level faktor yang lain, dan menambahkan faktor-faktor penting yang lain untuk mengurangi besarnya *error*.
- Pada penelitian selanjutnya disarankan untuk mencoba menggunakan level parameter-parameter proses dengan rentang yang berbeda untuk membandingkan besarnya kontribusi parameter proses dalam mengurangi variasi respon yang diteliti.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kalpakjian, S. dan Schmid, S. R. (2009), *Manufacturing Engineering and Technology*, Sixth Edition, Pearson, New York.
- [2] Zheng, L., Zhou, H. dan Gao, C. (2012), "Hole drilling in ceramics/Kevlar fiber reinforced plastics double-plate composite armor using diamond core drill," *Journal Material and Design*, Vol. 40, hal. 461-466.
- [3] Nagaraja, Herbert, M. A., Shetty, D., Shetty, R. dan Shivamurthy, B. (2013), "Effect of Process Parameters on Delamination, Thrust Force, and Torque in Drilling of Carbon Fiber Epoxy Composite," *Research Journal of Recent Sciences*, Vol. 2, hal. 47-51.

- [4] Vesudevan, H., Rajguru, R. R. dan Deshpande. (2014), "Multiobjective Optimization of Drilling Characteristics for NEMA G-11 GFRP/Epoxy Composite using Desirability coupled with Taguchi Method," *Procedia Engineering Global Congress On Manufacturing And Management*, Vol. 97, hal. 522 – 530.
  
- [5] Tosun, N. (2006), "Determination of optimum parameters for multi-performance characteristics in drilling by using grey relational analysis," *International Journal of Advance Manufacturing Technology*, Vol. 28, hal. 450-455.
  
- [6] Davim, J.P., Reis, P. dan Antonio, C.C. (2004), Experimental Study of Drilling Glass Fiber Reinforced Plastics (GFRP) Manufactured By Hand Lay-Up," *Composites Science and Technology*, Vol. 64, hal. 289-297

Seminar Nasional Inovasi Teknologi  
UN PGRI Kediri, 22 Februari 2017

ISBN : 978-602-61393-0-6  
e-ISSN : 2549-7952

*Halaman ini sengaja dikosongkan*