

**[KM-05] ANALISA PERMUKAAN
DELAMINASI MATERIAL CARBON
FIBER REINFORCED POLYMER
DENGAN VARIASI PERMESINAN
MENGUNAKAN METODE
TAGUCHI**

Formanto Paliling^{1*}

¹Jurusan Teknik Mesin
Universitas Kristen Indonesia Toraja

*E-mail : fpaliling@gmail.com

ABSTRAK

Material Komposit sekarang ini sudah mulai banyak digunakan pada kehidupan sehari-hari untuk keperluan industri ringan, berat maupun industri dirgantara sehingga penelitian ini bertujuan untuk menganalisa bagaimana nilai parameter pemakanan dan putaran spindel yang tepat untuk pengeboran material CFRP menggunakan mata pisau *endmill two flute*. Hasil dari pengeboran tersebut kemudian disimulasikan menggunakan metode taguchi. Diharapkan dalam penelitian ini bisa menambah wawasan para insinyur di bidang teknik dalam melakukan pengeboran material CFRP. Hasil yang didapatkan dari penelitian ini adalah pemakanan terbaik berada pada 60 mm/min pada putaran spindel 2000 RPM, semakin cepat pemakanan (*feed rate*) dan putaran spindel maka akan semakin baik kualitas pengeboran yang dihasilkan .

Kata kunci : CFRP, Delaminasi, *Feed rate* (Pemakanan), *Taguchi*, *endmill two flute*.

ABSTRACT

Composite materials have now begun to be widely used in everyday life for light, heavy, and aerospace industries, so this study aims to analyze how the right feed value is for drilling for CFRP materials, using a two-flute endmill. The results of the drilling are then simulated using the Taguchi method. It is hoped that this research can add insight to engineers in the field of engineering in drilling CFRP materials. The results obtained from this study are that the best feed is at 60 mm/min at 2000 RPM spindle rotation, the faster the feed rate and spindle rotation, the better the drilling quality produced.

Keywords: *CFRP, Delamination, Feed rate, Taguchi. end mill*

I. PENDAHULUAN

CFRP banyak digunakan untuk aplikasi struktural di ruang angkasa, mobil, dan industri kelautan karena sifatnya yang unik. Pemesinan bahan-bahan ini berbeda dari bahan tradisional karena sifatnya yang tidak homogen dan sifat anisotropik. Di antara semua operasi pemesinan untuk komposit, pengeboran adalah metode yang paling umum, [1]. Komponen yang banyak digunakan diindustri 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. Menurut Sianipar (2009), Carbon Fiber Reinforced Polymer merupakan sejenis plat baja tipis yang didalamnya terdapat serat-serat karbon dan dilapisi dengan fiber. Kerusakan CFRP pada suatu konstruksi biasanya disebabkan oleh beberapa hal yaitu Terjadinya kesalahan pada perencanaan dan adanya kerusakan dari bagian struktur sehingga dikhawatirkan dapat tidak berfungsi sesuai dengan yang diharapkan [2]. Adapun menurut Pangestuti dan handayani (2009) Carbon Fiber Reinforced Polymer menawarkan beberapa keunggulan yang tidak dimiliki oleh baja tulangan yaitu: mempunyai kekuatan tarik yang jauh lebih tinggi dari kuat tarik baja tulangan, yaitu sebesar 2800 MPa, mempunyai kekakuan yang cukup tinggi dimana modulus elastisitasnya (E) 165.000 Mpa tidak mengalami korosi dan membunyai bobot yang ringan [3]. Pemotongan material adalah salah satu proses terpenting di bidang produksi material [4]. Salah satunya adalah pengeboran. Saat pengeboran, serat dan matriks memiliki keunikan saat pengeboran dan yang paling umum dari permasalahan yang terjadi saat mengebor komposit CFRP adalah delaminasi[5] Delaminasi merupakan fenomena kerusakan yang paling dominan pada saat pengeboran *carbon fiber*

reinforced plastics (CFRP)[4]. Delaminasi juga merupakan salah satu jenis kerusakan kritis pada material Komposit. Delaminasi terjadi akibat sebagian dari benda kerja tidak terpotong secara sempurna [6]. Kemudian salah satu faktor untuk mengetahui kualitas pengeboran material CFRP adalah menggunakan pengoptimalan taguchi termasuk efek kontribusi dari ukuran serta kinerja pengeboran[7] dan Pengaruh parameter pengeboran seperti kecepatan spindle, laju pemakanan (*feed rate*), menjadi parameter utama dalam pengoptimalan dengan menggunakan desain Taguchi untuk menentukan nilai kualitas bahan material CFRP [9][10].

II. FASILITAS METODE PENELITIAN

2.1. Tabel dan Gambar

Pada Tabel 1. Merupakan kombinasi dari simulasi taguchi dengan menggunakan tabel *orthogonal array L9*, maka simulasi persilangan perhitungan dapat dilakukan dengan mengkombinasikan rumus *S/N (signal to ratio)*. Tabel *orthogonal array* juga menjadi syarat utama dalam menggunakan metode taguchi dengan parameter terbatas pada F = Feed Rate dan N = putaran spindle

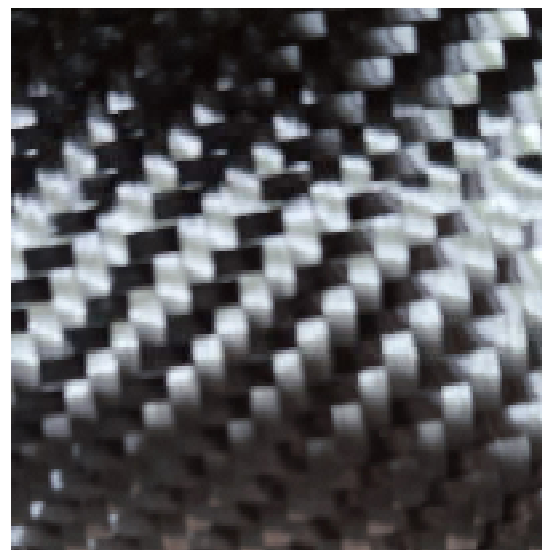
Tabel 1. Tabel *orthogonal array L9*

No Hole	F (mm/min)	N (rpm)
1	1	1
2	2	
3	3	
4	1	2
5	2	
6	3	
7	1	3
8	2	
9	3	

Berdasarkan hasil pengukuran dan ketelitian pada penelitian ini, hasil tersebut dapat dilihat pada tabel dengan pemakanan atau *feed rate* 40 mm/min, 50 mm/min, dan 60 mm/min serta variasi kecepatan putaran spindle 500 RPM, 1000 RPM, dan 2000 RPM dengan menggunakan diameter endmill 8 mm, kemudian ditabelkan sesuai tabel 2.

Tabel 2. Parameter Permesinan

No Hole	F (mm/min)	N (rpm)	Diameter Endmill (mm)
1	40	500	8
2	50		
3	60		
4	40	1000	
5	50		
6	60		
7	40	2000	
8	50		
9	60		



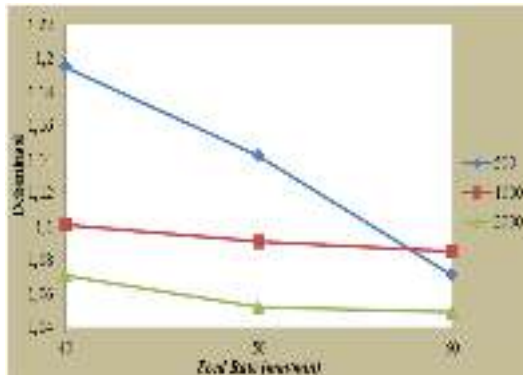
Gambar 1. Serat karbon twill 3k 240 gsm

Gambar 1 merupakan gambar serat karbon yang digunakan untuk penguat material komposit dimana berfungsi sebagai penguat utama dalam material CFRP (*Carbon Fiber Reinforced Polymer*). Serat ini telah banyak dikembangkan terutama industri otomotif dunia karena memiliki sifat uji tarik yang kuat dan ringat dan juga memiliki kekuatan yang tangguh. Kepadatan dari serat karbon juga lebih baik dari baja. Juga sangat baik ketika meregang atau membengkok.



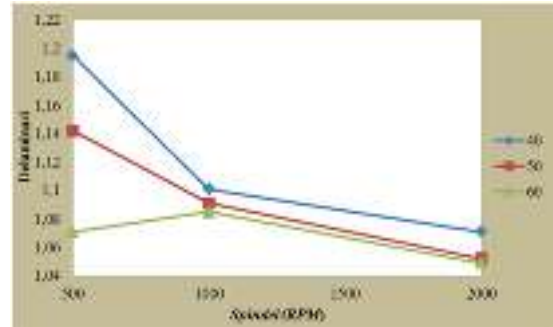
Gambar 2 Tipe mata pisau frais endmill two flute 8 mm

Gambar 2 adalah pisau *endmill two flute tipe carbon* 8 mm. Pisau frais yang digunakan untuk mengebor lubang yang ada pada material CFRP



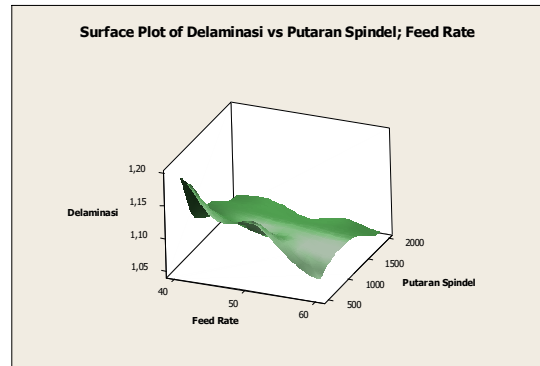
Gambar 3. Grafik Hasil Pengujian Berdasarkan laju pemakanan (feed rate)

Berdasarkan gambar 3 maka dapat dilihat bahwa grafik tersebut rata-rata mengalami penurunan cacat delaminasi pada 60 mm/min. Hal ini memperlihatkan bahwa pada pemakanan 60 RPM adalah pemakanan yang terbaik untuk mengurangi delaminasi pada material CFRP.



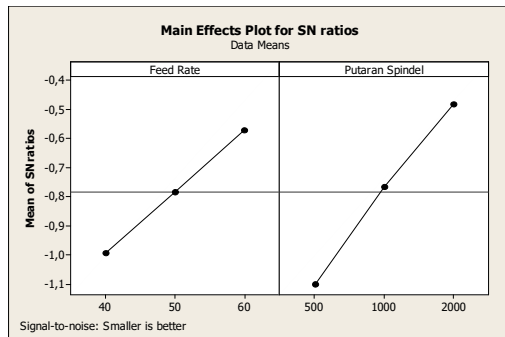
Gambar 4. Grafik Pengujian berdasarkan kecepatan putaran (RPM)

Berdasarkan gambar 4 maka dapat dilihat bahwa grafik tersebut rata-rata mengalami penurunan cacat delaminasi pada 2000 RPM. Hal ini memperlihatkan bahwa pada pemakanan 2000 RPM adalah pemakanan yang terbaik untuk mengurangi delaminasi pada material CFRP.



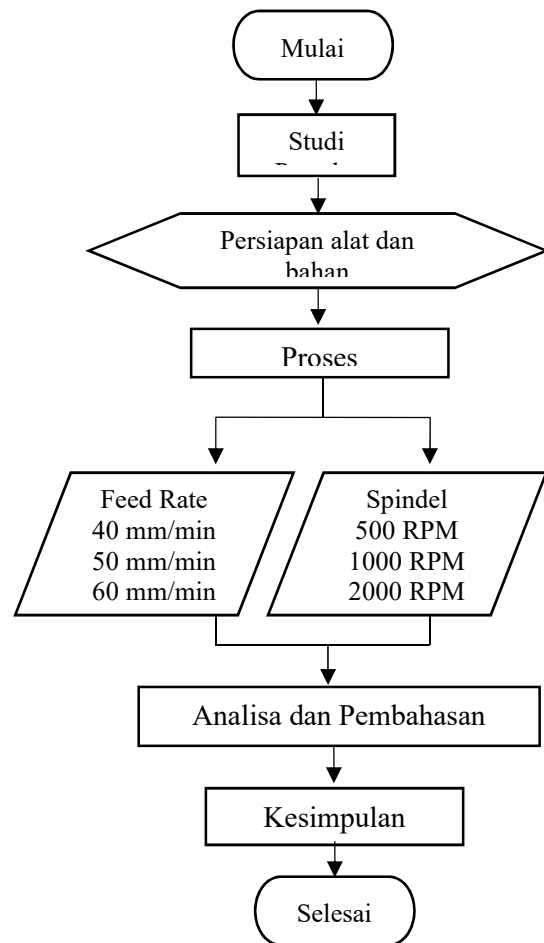
Gambar 5. Grafik Pengaruh Variasi Permesinan (Feed Rate) dan kecepatan spindel pada material CFRP

Dari Hasil analisa grafik pada gambar 5 diperlihatkan bahwa pada tiga variasi pemakanan yaitu pemakanan *feed rate* 40, 50, dan 60 (mm/min), Mengalami kecenderungan pemakanan dengan variabel 60 mm/min lebih baik dibandingkan dengan pemakanan 40 dan 50 mm/min, hal ini dapat diketahui melalui ketiga grafik yang cenderung mengalami penurunan pada pemakanan 60 mm/min.



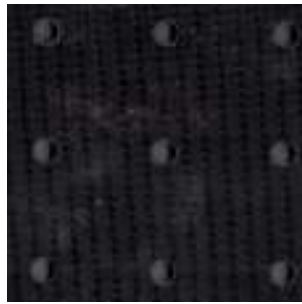
Gambar 6. Hasil simulasi menggunakan metode taguchi pada feed rate dan putaran spindel berdasarkan hasil delaminasi

Gambar 6 menjelaskan tentang bagaimana hasil perbandingan simulasi yang digunakan dengan metode taguchi dari putaran spindel dan feed rate (pemakanan) berdasarkan nilai delaminasi hasil pengeboran material CFRP. sehingga kita dapat mengetahui hasil yang terbaik didapatkan nilai pada putaran spindel dan nilai dari pemakanan (*feed rate*).



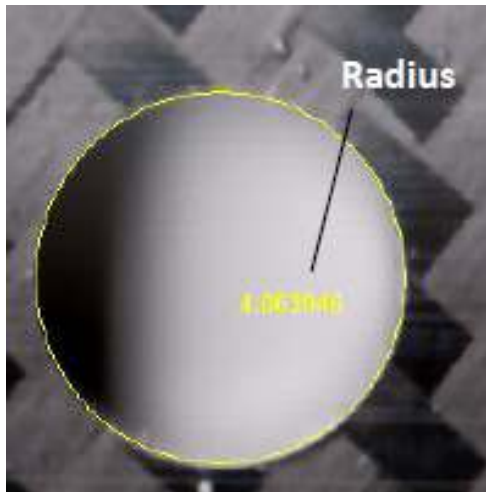
Gambar 7. Diagram Alir Penelitian

Pada gambar 7 diagram alir memperlihatkan metode pengujian dan pengambilan data dimana parameter permesinan yang akan diuji adalah Feed rate 40 mm/ 50 mm dan 60 mm dan putaran spindel dengan kecepatan 500 RPM, 1000 RPM, dan 2000 RPM. Setelah data diuji dan hasil didapatkan kemudian akan disimpulkan untuk mengetahui parameter mana yang paling baik dalam penggunaan material CRFP (*Carbon Fiber Reinforced Polymer*)



Gambar 8. Permukaan 9 lubang hasil pengeboran material CFRP.

Gambar 8 memperlihatkan total pengeboran yang dilakukan sebanyak 9 kali. Dengan diameter endmill 8 mm. Hal tersebut untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat. Untuk lebih mengetahui hasil gambar di atas diperlukan pembesaran gambar dengan metode scanning software IMAGE PRO PLUS. Dengan software tersebut kita dapat melihat dengan detail proses terjadinya delaminasi pada material Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP).



Gambar 9. Gambar yang memperlihatkan pengukuran dengan teknik scanning software.

Gambar 9 memperlihatkan cara pola pengukuran dengan teknik *scanning dengan software image pro plus*, dengan menggunakan software tersebut gambar akan semakin memperlihatkan radius x 2, teknik untuk menghitung 4.06 x 2 menjadi 8,12

sehingga delaminasi dimasukkan ke dalam rumus : $Fd = \frac{D_{max}}{D}$

$$Fd = \frac{8,12}{8} = 1.015$$



Gambar 10. Salah satu proses terjadinya delaminasi.

Gambar 10 memperlihatkan kondisi atau bentuk delaminasi akibat adanya pengeboran yang dilakukan dengan bentuk seperti cacat disekeliling lubang pengeboran yang dipengaruhi oleh pemakanan (*feed rate*) dan kecepatan spindel

2.2. Penulisan Rumus

$$Fd = \frac{D_{max}}{D} \quad (1)$$

Smaller is better :

$$\frac{S}{N} = -10 \log \frac{1}{n} (\sum y^2) \quad (2)$$

Fd adalah faktor delaminasi yang digunakan untuk menghitung seberapa besar nilai delaminasi yang terjadi pada material Carbon Fiber Reinforced Polymer sedangkan S/N adalah nilai dari proses simulasi taguchi yang memperlihatkan nilai parameter pemotongan material CFRP yang paling baik dengan nilai smaller is better artinya semakin kecil nilai kerusakan cacat

delaminasi maka akan semakin baik.

dalam *software*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Parameter pemotongan pada mesin frais

Penelitian ini menggunakan dua parameter pemotongan, pada parameter pemotongan yang pertama menggunakan laju pemakanan atau yang biasa disebut dengan (*feed rate*) dan parameter pemotongan yang kedua adalah kecepatan spindel. Pada laju pemakanan menggunakan nilai 3 variasi indikator utama pemotongan pada mesin mulai dari 40 mm/min, 50 mm/min, dan 60 mm/min . untuk nilai parameter pemotongan kedua yaitu kecepatan spindel parameter yang digunakan meliputi 3 indikator putaran spindel yaitu 500 RPM, 1000 RPM, dan 2000 RPM.

2. Deskripsi hasil penelitian

Adapun hasil-hasil yang diperoleh dari penelitian ini berupa data dari hasil pengujian , kemudian data-data tersebut diolah kedalam bentuk suatu variabel yang bisa dibuat ke dalam bentuk tabel data kemudian dibuat ke dalam bentuk grafik 3D sehingga memudahkan pembaca dalam menganalisa hasil pembahasan. Kemudian data yang didapatkan tersebut juga diolah ke dalam bentuk metode taguchi dengan harapan dapat mengetahui parameter yang paling berpengaruh dalam proses permesinan

3. Pengukuran Diameter Lubang Hasil Permesinan

Pengukuran diameter lubang hasil permesinan dilakukan dengan metode *scanning image*, dari hasil tersebut dapat diketahui berdasarkan penggunaan pengukuran diameter lubang sehingga hasil dari diameter tersebut dapat diketahui dengan mengkalkulasikan ke

4. Parameter Nilai Kualitas Lubang.

Parameter kualitas lubang yang digunakan pada penelitian ini adalah penyimpangan. Berdasarkan hasil penyimpangan tersebut maka dilihat posisi nilai delaminasi yang terkecil sehingga dapat diketahui. Untuk nilai parameter pemakanan (*feed rate*) dan kecepatan spindel dapat dilihat pada tabel 1. Dimana terdapat parameter *feed rate* atau laju pemakanan (40 mm/min, 50 mm/min, dan 60 mm/min) kemudian pada kecepatan spindel dapat dilihat (500 RPM, 1000 RPM dan 2000 RPM).

Untuk gambar hasil pengeboran dan delaminasi dapat dilihat pada gambar 3 dan gambar 5 dimana gambar tersebut memperlihatkan hasil cacat yang disebabkan oleh pemakanan dan kecepatan spindel.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan pengaruh dari diameter, maka dapat disimpulkan parameter yang mempengaruhi adalah pemakanan dan kecepatan spindel, kemudian dari hasil taguchi memperlihatkan parameter yang terbaik menggunakan pemakanan 60 mm/min dan kecepatan spindel yang terbaik menggunakan 2000 mm/min. hal tersebut memperlihatkan semakin cepat putaran spindel dan pemakanan maka akan semakin baik hasil kualitas pengeboran yang didapatkan

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima Kasih kepada seluruh civitas akademik di Universitas Kristen Indonesia Toraja khususnya jurusan teknik mesin karena berkat dukungan prodi yang baik sehingga penulisan ini dapat terselesaikan dengan baik

REFERENSI

- [1] Koenig, W.; Wulf, C.; Grass, P.; Willerscheid, H. Machining of fibre reinforced composites. *Annals of the CIRP* 1985, 34 (2), 536–548
- [2] Sianipar, M.T. (2009) „Analisa Kolom Bertulang Yang diperkuat Dengan Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP). Skripsi. Sumatra Utara: Fakultas Teknik, Universitas Sumatra Utara.
- [3] Pangestuti, E. K. (2009). Penggunaan Carbon Fiber Reinforced Plate Sebagai Tulangan Eksternal Pada Struktur Balok Beton. The use of Carbon Fiber Reinforced Plate as Externally Bonded Composite Material of Reinforced Concrete Beam Structure.,9,pp. 180-188.
- [4] Student, M. T. (2018) ‘Experimental Investigation To Optimize Process Parameters In Drilling Operation For Composite Materials’, pp. 9044–9047.
- [5] Ramkumar, J.; Aravindan, S.; Malhotra, S.K.; Krishnamurthy, R. An enhancement of the machining performance of GFRP by oscillatory assisted drilling. *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* 2004, 23, 240–244.
- [6] Haeger, A. et al. (2016) ‘Non-Destructive Detection of Drilling-induced Delamination in CFRP and its Effect on Mechanical Properties’, *Procedia Engineering*. The Author(s), 149(June), pp. 130–142. doi: 10.1016/j.proeng.2016.06.647.
- [7] Kurniawan, I. et al. (2019) ‘PENGARUH PARAMETER MENGGURDI BERTAHAP TERHADAP’, 9(2), pp. 245–254.
- [8] E.Ugo Enemuoh; A.Sherif El-Gizawy; A Chukwujekwu Okafor (2001). An approach for development of damage-free drilling of carbon fiber reinforced thermosets. , 41(12), 1795–1814. doi:10.1016/s0890-6955(01)00035-9
- [9] Kulkarni, Giridhar S.; Shivashankar, G. S.; Suresh, R.; Siddeshkumar, N. G. (2019). Optimization of Drilling Parameters of GFRP with Liquid Silicone Rubber and Fine Silica Powder by Taguchi Approach. *Silicon*, (), -. doi:10.1007/s12633-019-00260-z.
- [10] Material, J. R. et al. (2020) ‘FT-UMSU Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi FT-UMSU’, 3(2), pp. 138–151.
- [11] Sipil, J., Teknik, F. and Brawijaya, U. (2016) ‘DENGAN MENGGUNAKAN PERKUATAN CFRP DAN GFRP’, 10(1).
- [12] Wahjudi, D. et al. (2001) ‘Optimasi Proses Injeksi dengan Metode Taguchi’, 3(1), pp. 24–28.