



Jurnal Politeknik Caltex Riau

<https://jurnal.pcr.ac.id/index.php/elementer>

| ISSN: 2460 – 5263 (online) | ISSN: 2443 – 4167 (print)

Analisis Multi Varian Pemesinan Bor Magnesium AZ31B Menggunakan Metode Taguchi Gray Relational Analysis

Panji Mario Leksono^{1*}, Yanuar Burhanuddin¹, Gusri Akhyar Ibrahim¹, Suryadiwansa Harun¹

¹Jurusan Teknik Mesin, Universitas Lampung, Jl. Prof. Soemantri Brodjonegoro No 1 Gedung Meneng Rajabasa
35145 Lampung, Indonesia

*Corresponding Author: panji.marioleksono@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini memiliki tujuan untuk mendapatkan parameter pemesinan bor yang optimal terhadap respon umur pahat, kekasaran permukaan dan respon pengaruh arus listrik. Untuk umur pahat merupakan turunan dari nilai keausan yang diperoleh. Metode Taguchi sering digunakan dalam menentukan kualitas optimal dalam proses manufaktur dengan respon tunggal. Namun, ketika terdapat lebih dari satu respon, para peneliti sering menggunakan metode Grey Relational Analysis (GRA). Penelitian ini dilakukan terhadap respon umur pahat, kekasaran permukaan dan pengaruh arus listrik pada material jenis Magnesium AZ31B dengan menggunakan empat faktor dan mix level. Diameter pahat yang digunakan adalah 8 mm dan 10 mm. Kecepatan spindle diatur pada 890 rpm, 1270 rpm, 1700 rpm dan 2000 rpm, feeding menggunakan nilai 0,1 mm dan 0,3 mm, sedangkan point angle yang digunakan adalah 118°, dan 135°. Hasil optimal yang diperoleh dalam penelitian ini adalah menggunakan diameter pahat 10 mm, kecepatan spindle 890 rpm, feeding 0,3 mm, dan point angle 118°.

Kata kunci: Pemesinan Bor, Metode Taguchi, Grey Relational Analysis, Umur Pahat, Keausan, Kekasaran Permukaan, Arus Listrik.

Abstract

This research aims to obtain optimal drilling machining parameters in response to tool life, surface roughness and response to the influence of electric current. Tool life is a derivative of the wear value obtained. The Taguchi method is often used to determine optimal quality in single response manufacturing processes. However, when there is more than one response, researchers often use the Gray Relational Analysis (GRA) method. This research was carried out on the response of tool life, surface roughness and the effect of electric current on Magnesium AZ31B type material using four factors and mix levels. The chisel diameters used are 8 mm and 10 mm. The spindle speed is set at 890 rpm, 1270 rpm, 1700 rpm and 2000 rpm, feeding uses values of 0.1 mm and 0.3 mm, while the point angles used are 118° and 135°. The optimal results obtained in this research were using a tool diameter of 10 mm, spindle speed of 890 rpm, feeding of 0.3 mm, and point angle of 118°.

Keywords: Drilling, Taguchi Method, Gray Relational Analysis, Tool Wear, Surface Roughness, Electric Current.

1. Pendahuluan

Industri manufaktur merupakan suatu kegiatan yang dilakukan untuk mengubah bahan baku, komponen atau bahan lainnya menjadi barang jadi yang memenuhi standar spesifikasi. Industri manufaktur pada umumnya mampu memproduksi dalam skala besar [1]. Salah satu proses yang dilakukan secara mekanis yaitu dengan menggunakan mesin untuk mengolah bahan mentah menjadi produk yang bernilai tambah adalah proses pemesinan. Proses pemesinan merupakan sebuah proses produksi dengan menggunakan mesin perkakas dengan memanfaatkan gerakan relatif antara pahat dengan benda kerja sehingga menghasilkan suatu produk sesuai geometri dan kualitas produk yang dikehendaki [2]. Salah satu industri manufaktur yang menggunakan proses pemesinan yaitu industri otomotif, dimana material logam merupakan salah satu bahan yang banyak digunakan pada proses tersebut.

Magnesium adalah salah satu material logam yang semakin populer digunakan dalam berbagai industri karena memiliki sifat-sifat yang menguntungkan seperti kekuatan yang tinggi dibandingkan dengan beratnya, kemampuan konduktivitas yang baik, dan kemampuan ketahanan korosi yang tinggi. Karena sifat-sifat ini, magnesium digunakan dalam berbagai aplikasi seperti otomotif, aerospace, elektronik, dan peralatan olahraga [3]. Meskipun material paduan magnesium memiliki beberapa kelebihan dalam sifat kimia dan fisiknya, pada proses pemesinan paduan magnesium dikenal sebagai material jenis logam yang mudah terbakar karena memiliki titik nyala yang rendah, terutama pada saat proses pemesinan dengan kecepatan tinggi [4]. Pada titik nyala yang rendah tersebut geram akan terbakar, di mana suhu pemotongan melebihi titik cair bahan yaitu (400°C - 600°C) [5].

Banyak faktor yang mempengaruhi proses pemesinan. Salah satunya adalah keausan pahat atau alat potong dan peningkatan suhu yang dialami oleh pahat. Faktor-faktor ini memiliki dampak signifikan pada umur dan kinerja pahat [6]. Faktor lainnya yang merupakan salah satu karakteristik kualitas kritis yang penting pada proses pemesinan adalah kekasaran permukaan. Kekasaran permukaan memiliki peranan penting karena dapat mempengaruhi koefisien gesek dari suatu komponen apabila komponen tersebut dipasangkan dengan komponen lainnya. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kehalusan permukaan antara lain jenis proses pemesinan, parameter pemotongan, dan penggunaan cairan pendingin yang benar, baik jenis maupun perbandingan komposisi antara cairan pendingin itu sendiri dengan air [7]. Selanjutnya setelah sudah mengetahui kondisi respon terhadap proses pemesinan bor, maka diperlukan juga untuk mengetahui kondisi keandalan mesin bor yang digunakan. Salah satunya adalah mengukur arus listrik yang terjadi selama proses pemesinan bor. Dengan melakukan pengukuran secara fisik untuk mengukur arus yang mengalir pada mesin perlu digunakan peralatan yang dapat mengukur nilai tersebut. Kordonowy [8], menyarankan untuk pengukuran konsumsi daya dilakukan dalam kondisi pemotongan yang berbeda. Nantinya penggunaan alat tersebut dapat mengetahui nilai arus listrik yang dibutuhkan pada saat proses pemesinan, sehingga dapat ditentukan kenaikan nilai signifikan yang terjadi untuk mengetahui keandalan mesin bor tersebut.

Banyak penelitian yang telah dilakukan khususnya pada proses pemesinan terhadap suatu material benda kerja untuk mengetahui berbagai faktor yang bisa mempengaruhi kualitas proses pemesinan tersebut, [9] melakukan penelitian multi respon keausan pahat dan kekasaran permukaan benda kerja dengan tiga level dan empat faktor pada proses milling. Untuk diameter pahat dipakai pahat 6,8 dan 10 mm. Kedalaman makan yang dipakai 1, 1,5 dan 2 mm. Kecepatan spindle pada 910, 1280 dan 1700 rpm. Sedangkan kecepatan pemakanan pada 75, 145, dan 220 mm/menit. Hasil optimal yang didapat pada kondisi diameter pahat 6 mm, kedalaman makan 1,5 mm, kecepatan spindle 1280 rpm serta kecepatan pemakanan 75 mm/menit. Respon optimal yang didapatkan adalah keausan pahat 0,059 mm serta kekasaran permukaan benda kerja 0,364 μm . Faktor yang signifikan berpengaruh adalah kecepatan pemakanan berpengaruh sebesar 76,14 %. [10] melakukan penelitian tentang pengeboran paduan magnesium AZ 31 dengan tebal 20 mm dilakukan dengan tiga parameter berbeda dengan orthogonal array L9 untuk menemukan kondisi

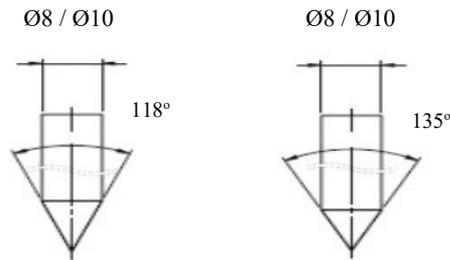
optimal untuk operasi pengeboran mikro magnesium AZ31 paduan. Pahat yang digunakan yaitu HSS dilapisi dengan Karbida, dengan variasi diameter 6 mm, 7 mm dan 8 mm, dengan kecepatan spindle 2000, 2500 dan 3000 rpm serta kecepatan pemakan 1,8 , 2,1 dan 2,4 mm/rev. Untuk kondisi operasi pengeboran mikro yang optimal, diameter pahat, kecepatan spindle, dan kecepatan pemakanan diambil sebagai parameter proses dan tingkat pemindahan material, kesalahan sirkularitas dipilih sebagai parameter respons. Eksperimental hasil menunjukkan bahwa karakteristik multi-respon dari paduan Magnesium AZ31 dalam pengeboran, proses pengeboran dapat ditingkatkan melalui metode Grey Relational Analysis (GRA). Analisis varians dilakukan untuk menentukan faktor penting untuk proses Pengeboran. Kombinasi parameter yang dioptimalkan diperoleh dengan menggunakan GRA adalah Kecepatan spindle = 1,8 mm/putaran, ukuran bor = 8 mm dan nilai output yang sesuai adalah Tingkat Penghapusan Material (MRR) = 1229,31 mm³/mnt dan kesalahan sirkularitas = 8,65 μ m. [11] melakukan penelitian tentang identifikasi parameter energi listrik yang digunakan untuk menggerakkan mesin CNC Milling yang ada pada laboratorium CNC Sekolah Vokasi Undip. Mesin CNC yang ada digunakan untuk untuk melakukan *machining* pada benda kerja dengan bahan dasar Aluminium 5052 dengan beberapa parameter pemotongan yang diberikan. Adapun parameter pemotongan yang diberikan diantaranya seperti kedalaman pemakanan sebesar 0,3 mm, kecepatan spindle sebesar 2000 Rpm. Dengan mengasumsikan bahwa mesin digunakan pada kondisi roughing dan finishing, maka parameter pemotongan untuk gerak pemakanan yang diberikan juga divariasikan pada kisaran antara 250 mm/min hingga 1250 mm/min. Dari proses machining dengan mesin CNC yang ada, kemudian dilakukan pengukuran besar parameter energi listrik dengan menggunakan Power Meter 5350 Schneider. Proses pengukuran dilakukan pada ketiga fasa listrik (fasa R, S, dan T) yang masuk pada mesin CNC. Dari hasil penelitian ditunjukkan bahwa Nilai arus listrik yang dibutuhkan untuk melakukan machining pada fasa S lebih tinggi dari pada fasa R dan T. Dengan nilai tegangan listrik yang hampir sama pada ketiga fasa ini maka nilai daya terbesar terjadi pada fasa S dengan nilai sebesar 0,385 KW, diikuti oleh fasa R dengan nilai sebesar 0,3432 KW dan fasa T dengan nilai sebesar 0,293 KW.

Dari beberapa hasil penelitian yang telah dilakukan, banyak penelitian yang mengamati pengaruh parameter pemesinan terhadap respon umur pahat dari proses keausan, kualitas permukaan maupun pengaruh arus listrik. Untuk itu, penelitian optimisasi parameter pemesinan terhadap multi varian respon sangat berguna untuk menentukan kombinasi optimal dari setiap parameter pemesinan, sehingga dengan satu kali percobaan dapat mencapai optimisasi beberapa respons sekaligus. Hal ini memiliki peran penting dalam industri manufaktur untuk meningkatkan efisiensi produksi.

2. Metode Penelitian

2.1 Mata Bor

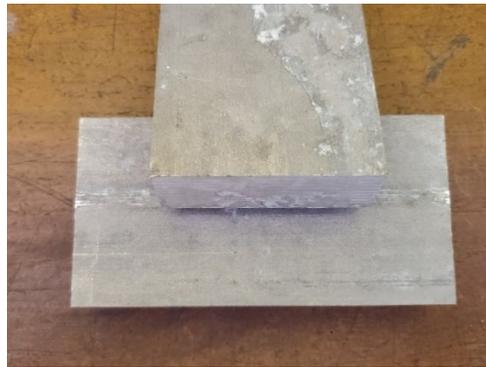
Drill (Mata Bor) adalah perkakas pembuat lubang atau alur yang efisien. Mata bor yang paling sering digunakan adalah bor spiral, karena penyaluran serpih (geram) yang baik karena alur-alurnya yang berbentuk sekrap, sudut-sudut sayat yang menguntungkan dan bidang potong dapat diasah tanpa mengubah diameter bor. Bidang potong bor spiral tidak radial tetapi digeser sehingga membentuk garis-garis singgung pada lingkaran kecil yang merupakan hati bor. Pahat bor High Speed Steels (HSS) merupakan paduan dari 0,75%-1,5% Carbon (C), 4%-4,5% Chromium (Cr), 10%-20% Tungsten (W) dan Molybdenum (Mo), 5% lebih Vanadium (V), dan Cobalt (Co) lebih dari 12% [12].



Gambar 1. Pahat bor dengan perubahan point angle yang berbeda

2.2 Bahan Benda Kerja

Pada penelitian kali material benda kerja yang digunakan adalah bahan paduan Magnesium AZ31B dengan bentuk balok dengan ketebalan 25 mm memiliki dimensi panjang 140 mm dan lebar 70 mm. Adapun bentuk benda kerja tersebut adalah sebagai berikut :



Gambar 2. Material uji Magnesium AZ31B

2.3 Rancangan Pengujian Pemesinan

Pada penelitian ini menggunakan parameter pemotongan dan level/tingkatan sebagai berikut:

Tabel 1. Run Order Penelitian

Kode (Simbol)	Parameter Potong (Cutting Parameter)	satuan	Level / tingkatan			
			1	2	3	4
A	Putaran <i>Spindle</i> (n)	rpm	890	1280	1700	2000
B	Pemakanan (f)	mm	0,1	0,3	-	-
C	<i>Point Angle</i> (θ)	$^{\circ}$	118	135	-	-
D	Diameter Pahat (d)	mm	8	10	-	-

Tabel 2. Data Rumus Penelitian dengan Metode Taguchi

Run Order	Putaran Spindle (rpm)	Pemakanan (mm)	Point Angle (°)	Diameter Pahat (mm)
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	2	1	1	2
4	2	2	2	1
5	3	1	2	1
6	3	2	1	2
7	4	1	2	2
8	4	2	1	1

3. Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini dilakukan pemesinan drilling yang dilakukan dengan 4 parameter proses pemesinan menggunakan mesin milling CNC dengan kombinasi mix level percobaan. Tabel 4.1 menunjukkan pemilihan parameter pemesinan yang akan dilakukan pada proses drilling material Magnesium AZ31B. Nantinya pengkombinasian Run Order yang dilakukan akan di cari nilai optimasi menggunakan metode Taguchi dan Grey Relational Analysis (GRA).

Tabel 3. Data Hasil Pengujian

RO	Putaran Spindle (rpm)	Feeding (mm)	Point Angle (°)	Diameter Pahat (mm)	Umur Pahat (min)	Kekasaran Permukaan (µm)	Arus Listrik (A)
1	1	1	1	1	3,290	2,154	0,375
2	1	2	2	2	0,738	0,737	3,675
3	2	1	1	2	1,524	1,332	0,395
4	2	2	2	1	0,743	1,224	0,535
5	3	1	2	1	1,713	1,565	0,325
6	3	2	1	2	0,353	1,107	0,770
7	4	1	2	2	0,861	0,824	0,465
8	4	2	1	1	0,440	0,935	0,560



Gambar 2. Hasil visual proses pemesinan bor pada material uji Magnesium AZ31B

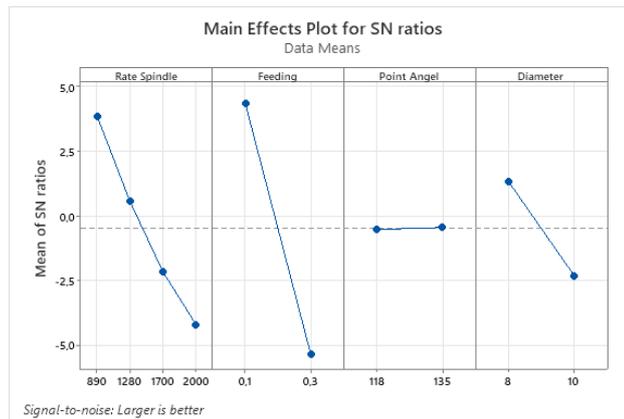
3.1 Menghitung SN Ratio dan ANOVA Setiap Faktor

Setelah data percobaan diperoleh, selanjutnya dicari SN Ratio untuk masing-masing respon kemudian dilakukan olah data dengan Metode Taguchi untuk mencari kombinasi faktor yang optimal bagi setiap respon. Respon dari percobaan ini adalah umur pahat terhadap keausan pahat, kekasaran permukaan dan pengaruh arus listrik.

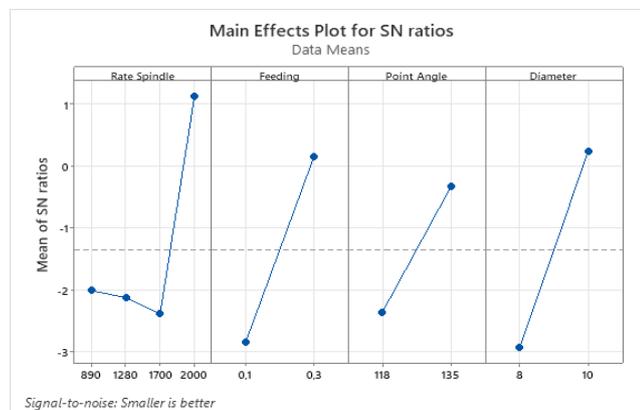
Tabel 4. Data Rumus Penelitian dengan Metode Taguchi

Run Order	SN T (<i>larger the better</i>)	SN Ra (<i>smaller the better</i>)	SN I (<i>smaller the better</i>)
1	10,344	-6,666	8,519
2	-2,639	2,645	-11,305
3	3,660	-2,492	8,068
4	-2,580	-1,755	5,433
5	4,675	-3,891	9,762
6	-9,045	-0,880	2,270
7	-1,300	1,683	6,651
8	-7,131	0,582	5,036

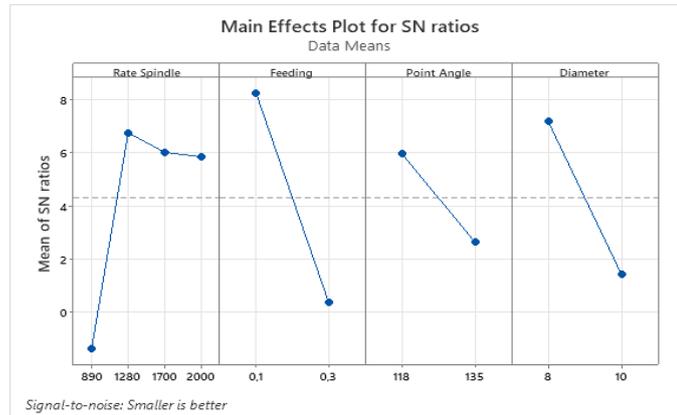
Dengan bantuan *software* Minitab 21, dapat dicari nilai optimal setiap faktor untuk setiap respon.



Gambar 3. Main effect plot untuk SN Rasio Umur Pahat (T)



Gambar 4. Main effect plot untuk SN Rasio Kekasaran Permukaan (Ra)



Gambar 5. Main effect plot untuk SN Rasio Arus Listrik (I)

Kesimpulan dari perhitungan terhadap dua respon tersebut dapat dilihat pada Tabel 5 dibawah ini:

Tabel 5. Faktor Optimal Masing-Masing Respon

Respon	Faktor optimal			
Umur Pahat	A1	B1	C2	D1
Kekasaran Permukaan	A4	B2	C2	D2
Arus Listrik	A2	B1	C1	D1

Tabel 6. Hasil Optimasi S/N Rasio dan Anova

Respon	Metode Taguchi	
	Kombinasi Faktor Optimal	Faktor Kontribusi
Umur Pahat	A1 B1 C2 D1	<i>Feeding</i> (49,77 %)
		Putaran <i>Spindle</i> (30,35 %)
		Diameter Pahat (13,98 %)
		<i>Point Angle</i> (4,58 %)
Kekasaran Permukaan	A4 B2 C2 D2	Diameter Pahat (29,66 %)
		<i>Feeding</i> (29,48 %)
		Putaran <i>Spindle</i> (24,60 %)
Arus Listrik	A2 B1 C1 D1	<i>Point Angle</i> (11,67 %)
		Putaran <i>Spindle</i> (38,35 %)
		<i>Feeding</i> (21,96 %)
		Diameter Pahat (17,08 %)
		<i>Point Angle</i> (11,66 %)

Selanjutnya akan dilakukan Anova dua arah untuk mengetahui signifikansi tiap faktor terhadap respon. Dengan memakai software Minitab 21 dapat diketahui hasil ANOVA tiap respon. Karena dalam metode Taguchi tidak dikenal replikasi respon dan jika ada replikasi respon maka nilainya

akan di rata-rata maka tidak mungkin dilakukan ANOVA dengan 8 run order, 4 faktor serta mix - level. Maka setelah dilakukan simulasi tersebut, hasil lengkap dari optimasi SNR dan ANOVA dapat dilihat pada Tabel 6.

3.2 Analisis Multi Response Dengan Metode Taguchi – GRA

Metode Taguchi-GRA memungkinkan penilaian performa gabungan dari berbagai respon dengan menggabungkan mereka menjadi satu kriteria kinerja tunggal, Grey Relation Grade (GRG). Dengan demikian, kita dapat mencari kombinasi parameter yang memberikan hasil terbaik untuk semua karakteristik kualitas. Kombinasi metode Taguchi dan GRA memberikan pendekatan yang kuat dan sistematis untuk mengoptimalkan parameter proses manufaktur dengan efisiensi yang tinggi dan memberikan hasil yang lebih baik dalam berbagai bidang industri manufaktur. Setelah SN Ratio untuk masing-masing respon didapatkan berdasarkan nilai pada tabel 4, selanjutnya dilakukan perhitungan normalisasi SNR dengan memasukan nilai SN Ratio pada tabel 4.

Tabel 7. Normalisasi terhadap nilai S/N Ratio

Run Order	Normalisasi S/N R		
	Umur Pahat	Kekasaran Permukaan	Arus Listrik
1	1,000	1,000	0,059
2	0,331	0,000	1,000
3	0,655	0,552	0,080
4	0,333	0,473	0,206
5	0,708	0,702	0,000
6	0,000	0,379	0,356
7	0,400	0,103	0,148
8	1,000	0,222	0,224
maks	1,000	1,000	1,000
min	0,000	0,000	0,000

Tabel 8. Perhitungan Delta dan Grey Relational Coefficient

Run Order	Delta			GRC		
	T	Ra	I	T	Ra	I
1	0,000	0,000	0,941	1,000	1,000	0,347
2	0,670	1,000	0,000	0,427	0,333	1,000
3	0,345	0,448	0,920	0,592	0,527	0,352
4	0,667	0,527	0,794	0,429	0,487	0,386
5	0,292	0,298	1,000	0,631	0,627	0,333
6	1,000	0,621	0,644	0,333	0,446	0,437
7	0,601	0,897	0,852	0,454	0,358	0,370
8	0,901	0,778	0,776	0,357	0,391	0,392

Tabel 9. Nilai Grey Relational Grade (GRG)

Run Order	GRG	Rank
1	0,782	1
2	0,587	2
3	0,490	4
4	0,434	5
5	0,530	3
6	0,405	6
7	0,394	7
8	0,380	8

Dari tabel 9 di atas dapat diketahui nilai GRG terbesar ada di run order kedua, sehingga initial parameter ada pada kombinasi faktor **A1 B1 C2 D1**. *Initial* parameter tersebut belum menunjukkan nilai optimasi sesungguhnya. Selanjutnya dapat dicari nilai rata-rata GRG untuk menentukan kondisi optimal tiap faktor.

Setelah nilai GRG dan ranking GRG diketahui selanjutnya dilakukan perhitungan nilai rata-rata GRG untuk mendapatkan optimasinya. Hasil perhitungan nilai rata-rata GRG dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 10. Nilai rata-rata GRG tiap faktor

Level	Faktor			
	A	B	C	D
Level 1	0,603	0,471	0,541	0,512
Level 2	0,464	0,576	0,505	0,534
Level 3	0,543	-	-	-
Level 4	0,484	-	-	-
Max	0,603	0,576	0,541	0,534
Min	0,464	0,471	0,505	0,512
Selisih	0,138	0,105	0,036	0,022
Rank	1	2	3	4

Dari tabel 10. dapat diketahui nilai optimal dari semua respon dapat dicapai jika faktor percobaan di setting pada **A1 B1 C1 D1**. Jadi, hasil dari penelitian ini, mengindikasikan bahwa faktor yang berpengaruh signifikan terhadap masing-masing respon pada Metode Taguchi akan menjadi faktor berpengaruh juga untuk multirespon (GRA) tetapi dengan level yang berbeda.

Setelah nilai GRG dan nilai optimal dari faktor gabungan didapatkan, dilakukan analisis ANOVA terhadap nilai GRG untuk mengetahui signifikansi atau pengaruh paling besar dari faktor-faktor tersebut, dimana yang tadinya dari multi respon tersebut akan dibuat menjadi single respon melalui hasil dari GRG. Hasil dari perhitungan Anova pada persen kontribusi adalah sebagai berikut :

Analysis of Variance							
Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Rate Spindle	3	0,098661	77,53%	0,098661	0,032887	337,89	0,040
Feeding	1	0,019109	15,02%	0,019109	0,019109	196,33	0,045
Point Angel	1	0,001597	1,26%	0,001597	0,001597	16,41	0,154
Diameter	1	0,007788	6,12%	0,007788	0,007788	80,01	0,071
Error	1	0,000097	0,08%	0,000097	0,000097		
Total	7	0,127253	100,00%				

Gambar 6. Perhitungan Anova terhadap respon GRG

Berdasarkan nilai F-Value dan P-Value yang terdapat pada Tabel 4.10, dapat dianalisis dan diambil keputusan bahwa faktor yang paling berpengaruh terhadap semua respon adalah putaran spindle dengan Fhitung = 337,89 > 5,59 dalam kontribusi persentase 77,53%, kemudian feeding dengan Fhitung = 196,33 > 4,35 dalam persentase 15,02%. Faktor putaran spindle dan feeding diperkuat dengan hasil nilai P-Value kedua faktor tersebut < 0,05, berarti dengan demikian berdasarkan kondisi data tersebut faktor parameter yang paling berpengaruh besar dan secara signifikan terhadap nilai GRG yang diperoleh adalah putaran *spindle* dan *feeding*. Maka dapat disimpulkan bahwa setiap kondisi faktor dan respon yang berbeda, akan menghasilkan faktor kontribusi yang berbeda juga terhadap respon yang ditentukan pada proses pemesinan bor.

4. Kesimpulan

Dalam penelitian ini, dengan menggunakan Metode Taguchi hasil penelitian mengungkapkan bahwa faktor yang memiliki kontribusi paling dominan terhadap umur pahat adalah *feeding* dengan kontribusi mencapai 49,77%. Kemudian terhadap kekasaran permukaan yang memiliki kontribusi dominan adalah diameter pahat dengan kontribusi 29,66% dan *feeding* dengan kontribusi 29,48%. Sementara itu, faktor pengaruh arus listrik tidak terlalu memiliki dampak signifikan, namun kontribusi dominan terjadi pada putaran *spindle* dengan tingkat kontribusi mencapai 38,35%. Melalui penerapan Metode GRA (*Grey Relational Analysis*), ditemukan kombinasi optimal dari faktor percobaan yang paling efektif adalah **A1 B1 C1 D1** (putaran *spindel* 890 rpm, *feeding* 0,1 mm, *point angle* 118° dan diameter pahat 8 mm). Dikarenakan kondisi pengeboran yang berbeda saat dilakukan eksperimen, pada pengujian ini saat melakukan proses *drilling* sebaiknya dilakukan tanpa ada waktu jeda saat proses bor agar mendapatkan hasil yang lebih baik.

5. Daftar Pustaka

- [1] Badan Pusat Statistik. 2008. Statistik Industri Manufaktur (*manufacturing industrial statistic*) Indonesia 2017. Jakarta : Badan Pusat Statistik.
- [2] Widarto, 2008, Teknik Pemesinan, Jakarta : Depdiknas.
- [3] Bronfin, B. *et al.* 2007. "Elektron 21 specification". Dalam Kainer, Karl. Magnesium: Proceedings of the 7th International Conference on Magnesium.
- [4] Sulistiyanti, S. R., *et. al.*, 2012. "Characterization of Cutting Temperature and Ignition Phenomena of Magnesium Chip Using Infrared Imaging," Adv. Mater. Res., vol. 588–589, pp. 1744–1747.
- [5] Mahrudi dkk, 2013. Rancang Bangun Aplikasi Thermovision Untuk Pemetaan Distribusi Suhu Dan Permulaan Penyalaan Magnesium Pada Pembubutan Kecepatan Tinggi. Jurusan Teknik Mesin. Universitas Lampung. Bandar Lampung.

- [6] El-Hofy H. A. G., 2013. *Fundamentals of machining processes: conventional and non conventional process*.
- [7] Ansyori A. dan Saputra R., 2019. Pengaruh Diameter Mata Bor Terhadap Tingkat Kehalusan Permukaan Lubang Bor Pada Proses Permesinan Bor Magnesium AZ31. *Jurnal Teknik Mesin Universitas Bandar Lampung*, Vol 7 No.1, Oktober 2019.
- [8] Kardonowy and David N, A. 2002. Power Assessment of Machining Tools. Bachelor of Science Thesis in Mechanical Engineering, Massachusetts Institute of Technology.
- [9] Astanto L. P. G. D. dkk, 2020. Optimasi nilai keausan pahat dan kekasaran permukaan benda kerja terhadap parameter pemesinan milling dengan benda kerja magnesium menggunakan kombinasi metode taguchi dan grey relational. *Jurnal Program Studi Teknik Mesin TURBO* Vol. 9, No. 1, 2020.
- [10] Tajdeen, A., *et. al*, 2018. *Multiresponse Optimization Of Drilling Process Parameters of AZ 31 Magnesium Alloys Using Gray Relational Analysis Technique*. *International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development (IJMPERD)*. Vol. 8, Special Issue 7, Oct 2018, 39-46.
- [11] Susastro dkk, 2022. Pengukuran Parameter Energi Listrik Pada Mesin CNC Milling Pada Beberapa Tingkat Kecepatan Potong. *Jurnal Riset Sains dan Teknologi* Volume 6 No. 2 September 2022, 131-139
- [12] Childs, T., *et. al*, 2000. "*Metal Machining Theory and Applications*", by John Wiley & Sons Inc, New York Toronto. Page 416.