

# ANALISA NILAI KEKASARAN PERMUKAAN MAGNESIUM AZ31 MENGGUNAKAN METODE TAGHUCI

Gusri Akhyar Ibrahim<sup>1\*</sup>, Hari Subagio<sup>2</sup>, Arinal Hamni<sup>3</sup>, Sri Maria Puji Lestari<sup>4</sup>

<sup>1,3</sup>Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung

<sup>2,4</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Malahayati

\*gusri.akhyar@eng.unila.ac.id

## Abstrak

Paduan magnesium merupakan satu antara material ringan yang paling banyak digunakan untuk pembuatan komponen di bidang otomotif, biomedik, olahraga dan elektronik. Hal ini dikarena oleh paduan magnesium memiliki sifat yang ringan dan tahan terhadap korosi. Nilai kekasaran permukaan memiliki peranan penting karena dapat mempengaruhi koefisien gesek dari suatu komponen apabila komponen tersebut dipasangkan dengan komponen lainnya. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisa nilai kekasaran permukaan magnesium AZ31 pada proses pemesinan bor, menggunakan Metode disain penelitian Taguchi. Pengujian pemesinan bor dilakukan untuk mendapatkan nilai kekasaran permukaan material magnesium AZ31 dengan kondisi pemesinan bor yaitu kecepatan putaran (n); 635 rpm, 970 rpm, 1420 rpm, gerak makan (f); 0,10 m/rev, 0,18 m/rev 0,24 dan berdiameter mata bor (d); 10 mm, 12 mm, 14 mm. *Analysis of varian* dilakukan terhadap nilai kekasaran permukaan, sehingga menghasilkan gerak makan memiliki pengaruh yang paling signifikan terhadap nilai kekasaran permukaan. Kondisi pemilihan parameter pemesinan yang menghasilkan nilai kekasaran permukaan minimum adalah pada diameter mata bor 14 mm, gerak 0,10 m/rev, dan kecepatan putaran 970 rpm. Keadaan menghasilkan nilai kekasaran minimum sebesar 0,99  $\mu\text{m}$ . Penggunaan gerak makan yang rendah menghasilkan nilai kekasaran yang rendah, namun sebaliknya penggunaan kecepatan putaran pahat yang tinggi menghasilkan nilai kekasaran yang rendah.

**Kata kunci:** Pemesinan bor, kekasaran permukaan, magnesium AZ31, Metode Taguchi

## PENDAHULUAN

Magnesium murni dan paduannya telah dikenal sebagai material yang memiliki sifat ringan, mudah terbakar dan mudah bereaksi dengan logam lain. Magnesium murni tidak memiliki kekuatan yang cukup, sehingga magnesium sangat baik bila dipadukan dengan berbagai elemen untuk mendapatkan sifat yang lebih baik, terutama kekuatan untuk rasio berat yang tinggi [1,2]. Proses produksi paduan magnesium banyak dilakukan secara proses pengecoran,

pembentukan, dan pemesinan. Untuk proses pemesinan magnesium dilakukan untuk mendapatkan kualitas komponen yang baik, salah satunya adalah kualitas permukaan. Salah satu sifat magnesium yang dominan adalah mudah beroksidasi secara cepat dengan material lain (*pyropheric*), sehingga memiliki resiko/bahaya kebakaran yang mungkin terjadi. Meskipun demikian produk yang terbuat dari magnesium dan paduannya tidak menimbulkan bahaya kebakaran selama proses pembuatannya dapat dikontrol.[1]

Dalam bidang kesehatan, penggunaan magnesium memiliki beberapa kelebihan antaranya adalah sifat mekanis yang menyerupai tulang dan memiliki biokompatibilitas yang baik dengan tubuh manusia. Dalam tubuh manusia magnesium akan mengalami proses degradasi secara alami dalam selang waktu tertentu. Jika dalam proses penyambungan tulang menggunakan pin dari magnesium, maka tidak diperlukan tindakan pembedahan lanjutan untuk pengangkatan implant ketika tulang sudah sembuh. Selain dari itu bahan baku magnesium jauh lebih ekonomis bila dibandingkan dengan biomaterial lain seperti titanium bahkan baja tahan karat. [2]

Paduan magnesium banyak digunakan diberbagai bidang industri karena memerlukan sifat istimewa dengan tujuan yang khusus. Beberapa aplikasi paduan magnesium antaranya adalah untuk melapisi bahan dari besi dan baja sebagai bahan pelindung terhadap korosi. Pada komponen elektronik magnesium juga mempunyai sifat penghantar yang baik (*good conductivity*), bahkan magnesium juga banyak digunakan sebagai bahan untuk membuat pesawat terbang dan rudal karena sifatnya yang ringan dan kekuatan yang relative baik [2,3].

Demikian juga aplikasinya di bidang otomotif, untuk komponen yang memerlukan sifat ringan, tahan korosi dan berpenampilan menarik (*accessories*). Salah satu Penggunaan paduan magnesium yang utama di bidang otomotif adalah sebagai bahan untuk blok mesin, yang memerlukan sifat ringan dan penghantar panas yang baik, tahan akan temperatur tinggi dan kekuatan yang baik menjadikannya banyak digunakan. [3]

Selain dari aspek suhu pemotongan untuk meningkatkan produktivitas pemesinan juga harus memperhatikan aspek kekasaran permukaan. Sebab kekasaran permukaan merupakan salah satu karakteristik kualitas kritis yang penting pada proses pemesinan.

Kekasaran permukaan memiliki peranan penting karena dapat mempengaruhi koefisien gesek dari suatu komponen apabila komponen tersebut dipasangkan dengan komponen lainnya.[4,5]

Penelitian lain dilakukan oleh Faruk [6] yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh diameter dan gerak makan terhadap kekasaran permukaan magnesium, hasilnya dapat diketahui bahwa kekasaran permukaan magnesium meningkat dengan diameter bor yang semakin kecil. Laju gerak makan yang meningkat dan kecepatan putaran rendah menyebabkan kekasaran permukaan magnesium meningkat. Selain itu peningkatan kecepatan putaran mata bor menyebabkan penurunan kekasaran permukaan.

Banyak hasil penelitian menyatakan bahwa nilai kekasaran permukaan dipengaruhi oleh parameter pemotongan. Salah satunya adalah sebagaimana yang dinyatakan oleh Gusri [7] juga menyatakan bahwa Penggunaan gerak makan yang tinggi menghasilkan nilai kekasaran permukaan yang tinggi, dengan kata lain dapat dinyatakan bahwa gerak makan berpengaruh sangat signifikan terhadap nilai kekasaran permukaan magnesium, namun sebaliknya penggunaan kecepatan potong pahat yang tinggi dan gerak makan rendah menghasilkan nilai kekasaran yang rendah.

Metode Taguchi merupakan metode disain penelitian yang banyak dikembangkan di industry manufaktur, yang mana salah tujuannya adalah melakukan optimasi terhadap parameter pemesinan [8]. Nilai kekasaran permukaan yang kecil adalah kondisi permukaan yang diharapkan, sedangkan parameter pemotongan sangat menentukan untuk menghasilkan keadaan kekasaran permukaan. Oleh karena itu, penelitian ini mengaplikasikan Metode Taguchi untuk mendapatkan kondisi pemesinan yang menghasilkan nilai kekasaran permukaan yang baik. Analisa secara kuantitatif

dilakukan untuk mendapatkan besaran pengaruh masing-masing parameter pemotongan.

### METODOLOGI PENELITIAN

Material magnesium yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis paduan magnesium AZ31 dengan kandungan Aluminium 3% dan Zink 1%. Peralatan utama yang digunakan adalah mesin bor bermerek TCA - 35 Erlo. Proses pengeboran dilakukan tanpa menggunakan pelumas dan dilakukan pengulangan pengeboran sampai mata bor mengalami aus. Pengujian nilai kekasaran permukaan dilakukan pada setiap lobang pengeboran, hingga empat kali pembuatan lubang bor. Pengujian nilai kekasaran permukaan dilakukan menggunakan uji kekasaran permukaan menggunakan uji kekasaran permukaan *Surface Raughnes Tester*. Adapun mata bor yang digunakan adalah *type Heigh Speed Stell (HSS) twist drill*. Sedangkan dimensi ukur benda kerja yang digunakan yaitu 14x15x5 cm (berbentuk balok persegi empat).

Parameter pemesinan bor yang digunakan adalah kecepatan putaran (n) 635 rpm, 970, rpm, 1420 rpm; gerak makan (f) 0,10 m/rev, 0,18 m/rev, 0,24, dan diameter mata bor yang digunakan adalah 10 mm, 12mm dan 14 mm. Pemesinan dilakukan tanpa menggunakan pelumas ataupun pendingin. Pengeboran dilakukan secara vertical atau tegak lurus di atas permukaan benda kerja. Untuk mengurangi jumlah eksperimen yang dilakukan maka diaplikasi kombinasi parameter pemotongan menggunakan L9.

Taguchi merekomendasikan bahwa untuk jumlah factor tiga dan masing-masingnya mempunyai 3 level maka desain eksperimen Orthogonal Array L9 adalah pilihannya. Parameter dan level yang digunakan pada pemesinan bor ini dapat dilihat pada Tabel 1. Sedangkan disain matrik untuk kombinasi parameter pemotongan untuk L9 sebagaimana yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 1. Fakator dan level untuk masing-masing parameter pemesinan

Faktor bebas		Level 1	Level 2	Level
1	Diameter pahat bor (mm)	10	12	14
2	Kecepatan putaran (rpm)	635	970	1420
3	Gerak makan (mm/rev)	0,10	0,18	0,24

Tabel 2. Desain Matrik Orthogonal L9 Taguchi

No	Parameter Pemesinan		
	Diameter Mata Bor	Kecepatan Putaran	Gerak Makan
1	1	1	1
2	1	2	2
3	1	3	3
4	2	1	2
5	2	2	3
6	2	3	1
7	3	1	3
8	3	2	1
9	3	3	2

Pemesinan bor dilakukan sejumlah 9 pengambilan data untuk nilai kekasaran permukaan. Data yang diperoleh, dianalisis secara kuantitatif menggunakan software Minitab. Analisa ini dilakukan untuk mendapat informasi tentang analisa varian, parameter yang memberikan nilai terbaik untuk kekasaran permukaan. Grafik untuk masing-masing faktor dapat pula tambahkan sehingga dengan mudah diperoleh kontribusi masing-masingnya.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 3 menunjukkan nilai kekasaran permukaan hasil pengukuran menggunakan surface roughness tester pada permukaan benda kerja yang dipotong. Nilai ini sudah

merupakan nilai kekasaran permukaan rata-rata untuk masing-masing sampel pengujian. Nilai kekasaran permukaan yang dihasilkan berada dalam rentang 0,99 – 1,52  $\mu\text{m}$ . Nilai kekasaran permukaan paling kecil yaitu 0,99  $\mu\text{m}$ , yang mana diperoleh pada kondisi pemotongan diameter pahat potong besar, gerak makan kecil dan kecepatan potong tinggi. Hal ini menggambarkan bahwa diameter yang besar berkombinasi dengan kecepatan potong yang besar, sama-sama memberikan pengaruh yang lebih baik.

Tabel 3. Data Hasil Pengujian

No	Parameter Pemesinan			Kekasaran ( $\mu\text{m}$ )
	Diameter Mata Bor	Kecepatan putaran	Gerak Makan	
1	10 mm	635 rpm	0,10 m/rev	1,29 $\mu\text{m}$
2	10 mm	970 rpm	0,18 m/rev	1,52 $\mu\text{m}$
3	10 mm	1420 rpm	0,24 m/rev	1,34 $\mu\text{m}$
4	12 mm	635 rpm	0,18 m/rev	1,43 $\mu\text{m}$
5	12 mm	970 rpm	0,24 m/rev	1,32 $\mu\text{m}$
6	12 mm	1420 rpm	0,10 m/rev	1,03 $\mu\text{m}$
7	14 mm	635 rpm	0,24 m/rev	1,38 $\mu\text{m}$
8	14 mm	970 rpm	0,10 m/rev	0,99 $\mu\text{m}$
9	14 mm	1420 rpm	0,18 m/rev	1,25 $\mu\text{m}$

### **Analysis of variance (ANOVA) untuk S/N rasio**

*Analysis of variance (Anova)* digunakan untuk mengetahui besaran pengaruh masing-masing faktor terhadap nilai kekasaran yang dihasilkan. Tabel 4 merupakan hasil analisa varian untuk masing-masing faktor pada masing-masing level yang diujikan.

Tabel 4. *Analysis Of Variance (Anova)* untuk S/N Rasio Kekasaran Permukaan

Variasi	DF	Seq SS	Adj	Adj MS	F	P
			SS			
Diameter mata bor (mm)	2	24,573	24,573	12,287	9,65	0,094
Kecepatan putaran (rpm)	2	19,512	19,512	0,9756	7,66	0,115
Gerak makan (m/rev)	2	77,110	77,110	38,555	30,27	0,032
Residual error (%)	2	0,2548	0,2548	0,1274		
Total	8	123,743				

Nilai pengaruh masing-masing faktor ditunjukkan pada kolom P, dimana faktor gerak makan memberikan nilai signifikan yang paling kecil yaitu sebesar 0,032. Dalam ketentuan uji analisis varian disepakati bahwa nilai pengaruh signifikan adalah sebesar 0,05. Jika nilai analisis yang diperoleh lebih kecil dari nilai P yang ditetapkan (0,05) maka faktor tersebut memberikan pengaruh yang signifikan. Demikian juga sebaliknya, bila nilai P hasil uji lebih besar dari nilai P yang ditetapkan maka, faktor tersebut dikatakan tidak memberikan pengaruh secara signifikan. Sedangkan dua faktor yang lain (diameter pahat dan kecepatan putaran) ada memberikan pengaruh tetapi tidak signifikan. Sehingga dapat dikatakan bahwa faktor gerak makan saja yang memberikan pengaruh signifikan terhadap nilai kekasaran permukaan. Sebagaimana dikatakan oleh Ibrahim et.al [9] bahwa pada pemesinan material super alloy, faktor gerak makan memberikan pengaruh yang paling signifikan terhadap nilai kekasaran permukaan. Faktor gerak makan memberikan kesan langsung terhadap profile permukaan benda kerja. Gerak makan yang besar memberikan kesan

terhadap profile berupa jarak antara puncak dan lembahnya.

Demikian juga dengan nilai F (Tabel 1) bahwa nilai ini menggambarkan besaran pengaruh faktor terhadap nilai kekasaran permukaan. Nilai F Paling besar dari ketiga faktor yang di uji adalah gerak makan yaitu 30,27, ini berarti bahwa gerak makan memberikan pengaruh paling signifikan terhadap kekasaran permukaan.

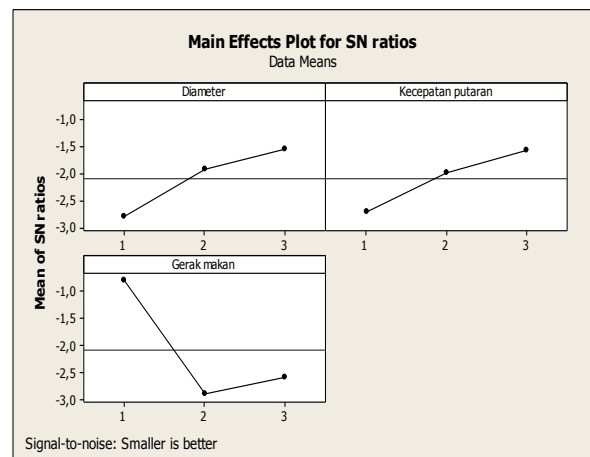
Tabel 5. Response Table for Signal to Noise Ratios Semakin kecil semakin baik kekasaran permukaan

Level	Diameter Mata Bor (mm)	Kecepatan Putaran Mata (rpm)	Gerak Makan (m/rev)
1	-27,969	-27,054	-0,7937
2	-19,250	-19,870	-28,939
3	-15,495	-15,790	-25,837
Delta	12,474	11,264	21,002
Ranking	2	3	1

Tabel 5 menunjukkan nilai respon S/N rasio untuk nilai kekasaran permukaan masing-masing faktor, yang mana gerak makan menduduki ranking 1 yang memberikan pengaruh signifikan. Sedangkan diameter pahat potong juga memberikan pengaruh, akan tetapi tidak signifikan. Bagaimanapun juga, bila dibandingkan dengan faktor kecepatan putaran, faktor diameter pahat potong memberikan kontribusi lebih besar dibandingkan dengan faktor kecepatan putaran.

Gambar 1 menunjukkan gambaran efek utama (main effect plotting) untuk rasio S/N masing-masing faktor terhadap nilai kekasaran yang diukur. Dapat dilihat bahwa masing-masing faktor menunjukkan pengaruh untuk setiap levelnya. Untuk faktor diameter pahat potong, level 3 memberikan efek yang

lebih besar sehingga dapat dikatakan bahwa diameter yang lebih besar akan memberikan tingkat nilai kekasaran yang lebih baik (lebih halus). Demikian juga dengan faktor kecepatan putaran, bahwa kecepatan putaran dengan level 3 (yang lebih tinggi) memberikan efek yang lebih berkesan terhadap nilai kekasaran permukaan yang dihasilkan. Hal yang berbeda ditunjukkan oleh faktor gerak makan. Gerakan makan dengan level yang lebih rendah (level 1) memberikan efek yang lebih besar terhadap perubahan nilai kekasaran permukaan yang diukur. Dapat juga dikatakan bahwa gerak makan yang rendah menghasilkan nilai kekasaran permukaan yang lebih rendah (lebih halus).



Gambar 1. Grafik S/N Rasio Kekasaran Permukaan

Tabel 6 menunjukkan bahwa faktor dan level yang memberikan nilai kekasaran permukaan yang terbaik. Diameter pahat potong yang besar, 14 mm (level 3) memberikan efek yang lebih baik. Kecepatan putran mata pahat yang tinggi, 1420 rpm (level 3) juga memberikan efek yang lebih signifikan. Sedangkan untuk gerak makan yang rendah, 0,10 mm/rev (level 1) memberikan dampak yang lebih signifikan

terhadap perubahan nilai kekasaran permukaan.

Tabel 6 Faktor dan level yang memberikan nilai kekasaran permukaan yang terbaik.

Faktor	Tingkatan Level	Nilai Level
Diameter Mata Bor (mm)	Level 3	14
Kecepatan Putaran Mata Bor (rpm)	Level 3	1420
Gerak Makan (m/rev)	Level 1	0,10

Secara teoritis nilai kekasaran permukaan benda kerja yang dimesin dipengaruhi oleh gerak makan secara dominan (Kalpakjian dan Schmid, 2001). Bahkan disebutkan bahwa gerak makan berbanding lurus dengan nilai kekasaran permukaan yang dihasilkan. Sebagaimana dinyatakan oleh Faruk [6] bahwa kekasaran permukaan magnesium meningkat dengan diameter mata bor yang semakin kecil, laju gerak makan yang meningkat dan kecepatan putaran rendah menyebabkan kekasaran permukaan magnesium meningkat. Dalam penelitian Gusri, et.al. [5] juga menyatakan bahwa penggunaan gerak makan yang tinggi menghasilkan nilai kekasaran permukaan yang tinggi, dengan kata lain dapat dinyatakan bahwa gerak makan berpengaruh sangat signifikan terhadap nilai kekasaran permukaan Magnesium, namun sebaliknya penggunaan kecepatan potong mata yang tinggi dan gerak makan rendah menghasilkan nilai kekasaran yang rendah.

### Analysis Means Effects Plot For Means

*Analysis means effects plot for means* merupakan analisa pendukung untuk memperkuat hasil analisa *signal to ratio*, dan menghitung nilai rata-rata dari setiap parameter yang digunakan. Dalam *analysis means effects plot for means* ini terbagi atas 2 bagian analisis, yaitu *analysis of variance*

*for means* dan *analysis grafik mean effects plot for means*.

### A. Analysis of Variance for Means

*Analysis of variance for Means* digunakan untuk mengetahui variabel proses yang memiliki pengaruh signifikan akibat adanya kombinasi variasi kecepatan putaran, gerak makan, dan diameter mata bor serta kemungkinan adanya pengaruh faktor lain yang mempengaruhi nilai kekasaran permukaan. Dengan menggunakan software minitab 16 hasil *analysis of variance for means* (Anova) respon kekasaran permukaan dapat dilihat pada tabel 4.6. *analysis of variance (Anova) for means*.

Tabel 4.6. *analysis of variance (Anova) for means*

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Diameter mata bor (mm)	2	0,049267	0,049267	0,024633	10,12	0,090
Kecepatan Putaran (rpm)	2	0,038600	0,038600	0,019300	7,93	0,112
Gerak Makan (m/rev)	2	0,150067	0,150067	0,075033	30,84	0,031
Residual Error (%)	2	0,004867	0,002433			
Total	8	0,242800				

Pada tabel 4.6 adalah tampilan pengolahan data yang menggunakan program minitab 16. Dari tabel 4.6 tersebut dapat kita simpulkan beberapa hal yaitu jika nilai  $P > 0,05$  berarti tidak ada faktor yang paling signifikan yang berpengaruh pada kekasaran permukaan. Sedangkan jika nilai  $P < 0,05$  berarti ada faktor yang berpengaruh sangat signifikan terhadap kekasaran permukaan. Pada tabel diatas nilai  $P < 0,05$  terlihat pada gerak makan, yaitu nilai  $P$  sebesar  $= 0,031$  yang berarti gerak makan berpengaruh sangat signifikan terhadap kekasaran permukaan hasil proses pemesinan. Begitu

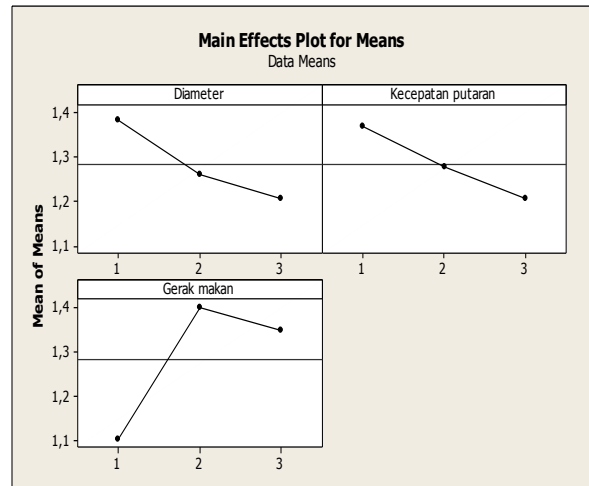
juga nilai F Paling besar dari ketiga faktor yang di uji adalah gerak makan yaitu 30,84 artinya, gerak makan memberikan pengaruh paling signifikan terhadap kekasaran permukaan (Tabel 4.7).

Tabel 4.7. *Response Table for Means*

Level	Diameter Mata Bor (mm)	Kecepatan Putaran (rpm)	Gerak Makan (m/rev)
1	1,383	1,367	1,103
2	1,260	1,277	1,400
3	1,207	1,207	1,347
Delta	0,177	0,160	0,297
Ranking	2	3	1

### Analisa Grafik Means Effects Plot For Means

Gambar 2 menunjukkan grafik *means effects plot for means* kekasaran permukaan proses pemesinan bor magnesium AZ31 dalam kondisi pemesinan tanpa menggunakan pelumas atas pendingin. *Main affects plot for means* menunjukkan bahwa nilai rata-rata (*means*) untuk mendapatkan nilai kekasaran permukaan yang lebih halus (semakin kecil semakin baik) yaitu menggunakan diameter mata bor pada level 3, kecepatan putaran mata bor pada level 3, dan gerak makan pada level 1. Hasil ini menunjukkan hasil yang sama dengan yang digambarkan oleh S/N rasio (Gambar 1). Dengan demikian dapat bahwa hasil analisa, baik menggunakan main efek ataupun menggunakan S/N rasion memberikan hasil yang sama.



Gambar 2. *Grafik Main Effects Plot For Means* Kekasaran Permukaan

### KESIMPULAN DAN SARAN

Dari serangkaian analisa, dapat disimpulkan beberapa hal, antaranya adalah sebagai berikut:

1. Implementasi Metode Taguchi dalam menganalisa nilai kekasaran permukaan benda kerja magnesium AZ31, kondisi pemesinan bor terbaik adalah pada diameter pahat bor 14 mm, kecepatan putaran 970 rpm dan gerak makan 0,10 m/rev. Hal ini
2. Analisa Varian terhadap *signal to noise ratios* ,S/N ratio, menunjukkan bahwa faktor gerak makan merupakan faktor yang paling memberikan pengaruh signifikan, dimana nilai signikannya sebesar (P) 0,032 (3.2%) dan nilai F paling besar yaitu 30,27  $\mu\text{m}$
3. Analisa grafik dan anova untuk *means effects plot for means* diperoleh hasil yang menunjukkan hasil yang dengan dengan analisis terhadap S/N rasio, yaitu penggunaan pahat bor diameter 14 mm, kecepatan putaran 1420 rpm, dan gerak makan 0,10 m/rev memberikan pengaruh paling signifikan dalam menurunkan nilai kekasaran permukaan.
4. *Analysis of varian* (Anova) untuk *Means* diperoleh hasil yang menunjukkan bahwa



gerak makan juga paling berpengaruh signifikan terhadap kekasaran permukaan magnesium AZ31 pada pemesinan bor dengan nilai  $P= 0,031$  dan nilai  $F$  paling besar yaitu  $30,84 \mu\text{m}$ .

7. Gusri, A. I. 2014, Identifikasi nilai kekasaran permukaan pada pemesinan paduan magnesium, Universitas Lampung
8. Irwan, S. 2009, Desain eksperimen dengan Metode Taguchi, Graha Ilmu.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Suhairi, 2010, Pengaruh variabel pemotongan terhadap kualitas permukaan produk dalam meningkatkan produktifitas, Jurnal Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Padang.
2. Badeges, A. 2012, Analisis proses biodegradasi magnesium yang telah melalui proses equal channel angular pressing ecap dalam cairan fisiologis (Invitro), Universitas Indonesia.
3. Bruni, C., Forcellese, A., Gabrielli, F., Simoncini, M. 2004, Effect of temperature strain rate and fibre orientation on the plastic flow behaviour and formability of AZ31 magnesium alloy, Department of Mechanics, Università Politecnica delle Marche, Via Brecce Bianche, Ancona 60131. Italy.
4. Gusri, A.I. 2015, Analisa nilai kekasaran permukaan paduan magnesium AZ31 yang dibubut menggunakan pahat potong berputar, Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XIV (SNTTM XIV).
5. Gusri, A. I., Suryadiwansa, H., Arinal, H. 2016, Surface roughness values of magnesium alloy AZ31 when turning by using rotary cutting tool, Insist, Vol.1, No. 1, pg. 54-59.
6. Faruk, K. 2016, Effect of the tbn coating on a hss drill when drilling the mg alloy, Yildiz Technical University Istanbul Turki.