

ANALISIS KEKASARAN PERMUKAAN DAN KEBULATAN PADA PEMESINAN DRILL PADUAN MAGNESIUM MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI

Gusri Akhyar Ibrahim¹, Arinal Hamni², Rizky Rahmadani³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lampung

Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro, No.1, Kota Bandar Lampung

gusri.akhyar@eng.unila.ac.id¹, arinal.hamni@yahoo.com², rizky.xenon17@gmail.com³

Abstrak

Magnesium merupakan salah satu logam yang mempunyai kelebihan dibandingkan logam lain yaitu memiliki densitas ringan dan mampu mesin yang baik, sehingga material magnesium semakin dikenal luas di bidang industri manufaktur seperti bidang otomotif dan biomedik. Namun bagaimanapun juga magnesium sangat mudah menyala karena magnesium memiliki titik nyala yang rendah dan reaktif terhadap oksigen. Selain dari aspek suhu pemesinan, hal yang harus diperhatikan juga yaitu pada aspek kekasaran permukaan karena dapat mempengaruhi koefisien gesek dari suatu komponen apabila komponen tersebut dipasangkan dengan komponen lainnya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan parameter yang menghasilkan nilai kekasaran dan kebulatan terbaik dan untuk mendapatkan parameter yang paling berpengaruh terhadap kekasaran dan kebulatan pada pemesinan drill paduan magnesium. Pada penelitian ini dilakukan pemesinan drill menggunakan metode Taguchi dengan kondisi pemesinan drill yaitu kecepatan putar (n); 405 rpm dan 890 rpm, gerak makan (f); 0,1 mm/rev dan 0,3 mm/rev, point angle; 45° dan 65°, lubrikan; tidak menggunakan dan minyak kelapa sawit. Jenis pahat yang digunakan adalah pahat twist drill HSS dengan diameter 12 mm. Hasil ANOVA menunjukkan bahwa parameter yang memberikan pengaruh signifikan terhadap kekasaran permukaan adalah lubrikan dengan nilai P 0,003 dan nilai F 86,98, diikuti oleh kecepatan putar dengan nilai P 0,031 dan nilai F 14,86. Sedangkan parameter yang memberikan pengaruh signifikan terhadap kebulatan adalah lubrikan dengan nilai P 0,025 dan nilai F 17,51. Penggunaan kecepatan putar yang tinggi yaitu 890 rpm, gerak makan yang rendah yaitu 0,1 mm/rev, point angle yang besar yaitu 65° dan lubrikan dengan MQL minyak kelapa sawit memberikan hasil kekasaran permukaan dan kebulatan lubang yang terbaik.

Kata kunci: Magnesium AZ31, pemesinan drill, kekasaran permukaan, kebulatan, metode Taguchi

PENDAHULUAN

Magnesium adalah salah satu jenis logam yang dikategorikan sebagai logam ringan di antara beberapa logam ringan lain yang mempunyai kelebihan yaitu memiliki densitas ringan, rasio kekuatan terhadap berat yang tinggi dan mampu mesin yang baik sehingga membuat magnesium sekarang semakin dikenal luas di bidang industri manufaktur seperti pada komponen pesawat terbang dan bidang biomedik. Magnesium juga diaplikasikan di bidang otomotif karena mampu menurunkan berat komponen dan mengurangi berat keseluruhan dari kendaraan, demikian juga bila digunakan untuk komponen pesawat dapat mengurangi berat keseluruhan rangka pesawat [1].

Disamping memiliki sifat ringan, keuletan dan ketahanan korosi yang baik, namun magnesium sangat mudah menyala karena magnesium reaktif terhadap oksigen, magnesium menyala pada suhu 553°C [2]. Selain dari aspek suhu pemessinan, untuk meningkatkan produktivitas pemessinan juga harus memperhatikan aspek kekasaran permukaan. Karena kekasaran permukaan merupakan salah satu karakteristik kualitas yang penting pada proses pemessinan. Kekasaran permukaan memiliki peranan penting dikarenakan dapat mempengaruhi koefisien gesek dari suatu komponen apabila komponen tersebut dipasangkan dengan komponen lainnya [3].

Banyak parameter pada proses pemessinan *drill* yang berkontribusi menentukan kualitas komponen kekasaran permukaan, kebulatan dan tingkat presisi yang dihasilkan. Untuk mendapatkan keadaan yang memberikan nilai presisi tinggi dapat dilakukan menggunakan Metode Taguchi, dimana metode ini dapat meminimalisasikan efek dari gangguan. Dengan demikian signal yang ditimbulkan sewaktu pemessinan dapat diukur dengan tingkat gangguan yang sedikit. Nilai kekasaran permukaan yang diharapkan adalah nilai kekasaran yang lebih kecil adalah nilai kekasaran yang lebih baik [1,3].

Berdasarkan latar belakang yang demikian maka pada penelitian ini akan dilakukan analisis kekasaran permukaan dan kebulatan pada pemessinan *drill* paduan magnesium menggunakan Metode Taguchi. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan parameter yang menghasilkan nilai kekasaran dan kebulatan lubang terbaik dan mendapatkan parameter yang paling berpengaruh terhadap kekasaran dan kebulatan lubang pada pemessinan *drill* paduan magnesium.

METODE PENELITIAN

Material yang digunakan pada penelitian ini adalah magnesium AZ31 dengan kandungan Al 3% dan Zn 1%. Peralatan yang digunakan adalah mesin CNC merk FOCUS ESEMKA VMC – L540, alat CEN YING type CEN 01 untuk membuat *minimum quantity lubrication* (MQL), *surface roughness tester* untuk mengukur kekasaran permukaan dan *profile projector* untuk mengukur kebulatan lubang. Adapun pahat yang digunakan yaitu pahat jenis *twist drill* HSS. Sedangkan dimensi benda kerja yang digunakan yaitu 160x120x20 mm.

Parameter yang digunakan pada penelitian ini diantaranya kecepatan putar (n), gerak makan (f), sudut pahat (*point angle*) dan lubrikan. Adapun variasi dari setiap parameter yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Parameter proses pemessinan drill

Parameter pemotongan	Satuan	Level (tingkatan)	
		1	2
Kecepatan putar (n)	rpm	405	890
Gerak makan (f)	mm/rev	0,1	0,3
Sudut pahat (<i>point angle</i>)	°	45	65
Lubrikan	-	Tidak menggunakan	Minyak kelapa sawit

Pada penelitian ini dilakukan pengambilan data menggunakan metode Taguchi dengan 4 faktor dan 2 level. Dengan menggunakan software Minitab didapatkan matriks orthogonal array yang digunakan adalah L8 (24), sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Desain matrik orthogonal array L₈ (2⁴) metode Taguchi

Run order	Kecepatan putar (n)	Gerak makan (f)	Sudut pahat (<i>point angle</i>)	Lubrikan
1	1	1	1	1
2	1	1	2	2
3	1	2	1	2
4	1	2	2	1
5	2	1	1	2
6	2	1	2	1
7	2	2	1	1
8	2	2	2	2

Pemessinan *drill* dilakukan sebanyak 8 pengambilan data atau ada 8 sampel uji, untuk nilai kekasaran permukaan dan kebulatan lubang. Data yang diperoleh adalah berupa nilai hasil pengukuran, yang mana kemudian nilai ini dianalisa secara kuantitatif menggunakan software Minitab. Analisa ini dilakukan untuk mendapatkan informasi tentang analisis varian dan grafik pengaruh masing-masing parameter pemotongan

terhadap kekasaran permukaan dan kebulatan lubang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengukuran Kekasaran Permukaan

Hasil pengukuran nilai kekasaran permukaan pada proses pemesinan *drill* terhadap material paduan magnesium dengan menggunakan *surface roughness tester* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Data hasil pengukuran kekasaran permukaan

Run order	Kecepatan putar (n)	Gerak makan (f)	Sudut pahat (point angle)	Lubrikan	Nilai kekasaran (Ra) (μm)			Rata-rata (Ra) (μm)
					Ra 1	Ra 2	Ra 3	
1	405	0,1	45	TM	0,90	0,96	0,88	0,91
2	405	0,1	65	MKS	0,48	0,54	0,50	0,50
3	405	0,3	45	MKS	0,53	0,60	0,51	0,54
4	405	0,3	65	TM	0,97	0,93	0,98	0,96
5	890	0,1	45	MKS	0,34	0,38	0,40	0,37
6	890	0,1	65	TM	0,65	0,59	0,69	0,64
7	890	0,3	45	TM	0,81	0,90	0,83	0,84
8	890	0,3	65	MKS	0,50	0,41	0,43	0,44

Dapat dilihat bahwa nilai kekasaran yang dihasilkan berada dalam rentang 0,37-0,96 μm . Nilai kekasaran permukaan paling rendah yaitu 0,37 μm , yang mana nilai ini diperoleh pada kondisi pemotongan kecepatan putar tinggi, gerak makan rendah, sudut pahat yang kecil dan dengan menggunakan pelumasan minyak kelapa sawit. Kecepatan potong yang tinggi memberikan pengaruh langsung terhadap nilai kekasaran permukaan yang dihasilkan.

Analisis Varian (ANOVA) Nilai Kekasaran Permukaan

Analisis varian atau ANOVA dilakukan dengan menggunakan *software* Minitab untuk mengetahui parameter atau faktor yang memberikan pengaruh yang signifikan terhadap nilai kekasaran permukaan. Nilai kekasaran permukaan pada pemesinan *drill* ditentukan oleh banyak parameter, akan tetapi diantara parameter yang banyak tersebut, ada faktor yang memberikan kontribusi lebih besar dibandingkan dengan faktor yang lainnya. Pada analisis varian, setiap faktor dihitung nilai *sum of Square*, derajat kebebasan nilai F dan nilai signifikannya. Adapun hasil analisis varian atau ANOVA untuk kekasaran permukaan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil analisis varian (ANOVA) untuk kekasaran permukaan

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Kecepatan putar (n)	1	0,048050	0,048050	0,048050	14,86	0,031
Gerak makan (f)	1	0,016200	0,016200	0,016200	5,01	0,111
Point angle ($^{\circ}$)	1	0,001800	0,001800	0,001800	0,56	0,510
Lubrikan	1	0,281250	0,281250	0,281250	86,98	0,003
Error	3	0,009700	0,009700	0,003233		
Total	7	0,357000				

Nilai signifikansi atau pengaruh masing-masing faktor ditunjukkan pada kolom P dan kolom F. Proses analisis nilai P selalu dibandingkan dengan α yaitu nilai signifikansi. Pada penelitian ini digunakan tingkat signifikansi 0,05 (5%) yaitu jika nilai $P < 0,05$ berarti faktor tersebut memberikan pengaruh yang signifikan. Sebaliknya, jika nilai $P > 0,05$ berarti faktor tersebut tidak memberikan pengaruh secara signifikan.

Selain dilihat dari nilai P, pengaruh masing-masing faktor dapat dilihat dari nilai F. Dimana untuk melakukan pengujian nilai F ini akan dibandingkan dengan F pada tabel statistik. F tabel pada penelitian ini adalah 10,13. Jadi, jika nilai F hitung $> 10,13$ berarti faktor tersebut memberikan pengaruh yang signifikan. Sebaliknya, jika nilai F hitung $< 10,13$ berarti faktor tersebut tidak memberikan pengaruh secara signifikan.

Tabel 4 menunjukkan bahwa faktor pelumasan dan kecepatan putar memberikan pengaruh signifikan terhadap perubahan nilai kekasaran permukaan yaitu dengan nilai P sebesar 0,003 dan nilai F sebesar 86,98 pada faktor pelumasan. Selanjutnya diikuti oleh faktor kecepatan putar dengan nilai P sebesar 0,031 dan nilai F sebesar 14,86. Sedangkan faktor gerak makan dan *point angle* memberikan pengaruh tetapi tidak signifikan, yaitu gerak makan dengan nilai P sebesar 0,111 dan nilai F sebesar 5,01 diikuti oleh *point angle* dengan nilai P sebesar 0,510 dan nilai F sebesar 0,56.

Didapatkan bahwa faktor pelumasan memberikan pengaruh paling signifikan terhadap kekasaran permukaan, hal ini dikarenakan penggunaan pelumasan dapat mengurangi gesekan yang terjadi pada saat proses pemesinan [4,5]. Hal ini menyebabkan pengurangan suhu yang terjadi pada saat proses pemesinan dan menghindari terjadinya *built up edge* (BUE) dibandingkan proses pemesinan tanpa pelumasan. Sebagaimana yang dinyatakan oleh Saputra [4] bahwa peningkatan kualitas permukaan disebabkan oleh penggunaan MQL, dimana pahat akan mengalami proses pendinginan sehingga mengurangi kemungkinan

adanya *chip* yang terdifusi dengan pahat, yang dapat mengubah geometri pahat sehingga menurunkan kualitas hasil proses pemesinan. Sebagaimana juga yang dinyatakan oleh Basuki [5] bahwa penggunaan metode *minimum lubrication* dapat menghasilkan kekasaran permukaan lebih rendah dibanding pemesinan *dry* dan *wet*. Hasil penelitiannya menyebutkan bahwa nilai kekasaran menggunakan teknik MQL lebih rendah sebesar 37.8% dibanding teknik *dry* dan 22.8 % dibanding teknik *wet*. Jenis pemesinan ini juga dapat meningkatkan umur pahat dibandingkan teknik *wet* ataupun *dry* yaitu sebesar 20.05% dibanding teknik *dry*, dan 2.6% dibanding teknik *wet*.

Selain lubrikan, didapatkan juga bahwa faktor kecepatan putar memberikan pengaruh signifikan terhadap kekasaran permukaan. Semakin tinggi kecepatan putar yang digunakan maka semakin rendah nilai kekasaran permukaan. Hal ini dikarenakan oleh gaya potong yang dihasilkan pada saat pemotongan menggunakan kecepatan yang lebih tinggi akan lebih besar sehingga proses pemotongan akan lebih mudah. Dengan demikian hasil yang diperoleh akan lebih halus dibandingkan dengan pemotongan menggunakan kecepatan potong rendah. Sebagaimana yang dinyatakan oleh Ibrahim dkk. [3] bahwa penggunaan kecepatan putar yang tinggi menghasilkan nilai kekasaran yang rendah, karena kecepatan putar tinggi memotong dengan gaya potong yang lebih besar.

Analisis Taguchi Untuk Kekasaran Permukaan

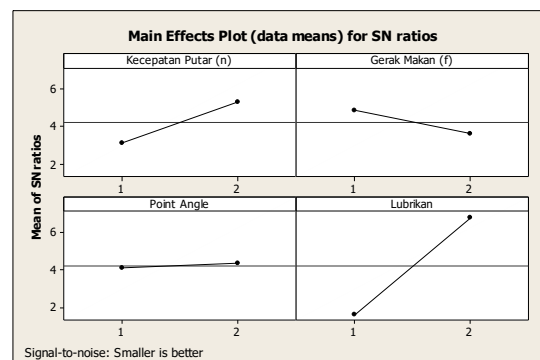
Pada analisis Metode Taguchi akan dilakukan *analysis main effects plot for SN ratios* untuk mendapatkan *respons table for SN ratios* beserta grafik *main effects plot for SN ratios*. Analisis Taguchi ini akan dilakukan dengan menggunakan *software Minitab*, adapun hasil dari *analysis main effects plot for SN ratios* berupa *respons table for SN ratios* dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Respons table for SN ratios untuk kekasaran permukaan

Level	Kecepatan putar (n)	Gerak makan (f)	Point angle	Lubrikan
1	3,137	4,838	4,080	1,641
2	5,289	3,588	4,346	6,785
Delta	2,153	1,250	0,265	5,144
Rank	2	3	4	1

Tabel 5 menunjukkan nilai respon S/N rasio untuk nilai kekasaran permukaan masing-masing faktor, yang mana lubrikan menduduki ranking 1 yang memberikan pengaruh signifikan terhadap

perubahan nilai kekasaran permukaan. Selanjutnya diikuti oleh kecepatan putar pada ranking 2, gerak makan pada ranking 3 dan *point angle* pada ranking 4. Adapun grafik *main effects plot for SN ratios* masing-masing faktor terhadap nilai kekasaran permukaan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Grafik main effects plot for SN ratios untuk kekasaran permukaan

Gambar 1 menunjukkan grafik masing-masing faktor terhadap kekasaran permukaan, dimana pada grafik faktor kecepatan putar dapat dilihat bahwa kecepatan putar level 2 yaitu 890 rpm memberikan efek yang lebih besar dibandingkan kecepatan putar level 1 yaitu 405 rpm. Sehingga dapat dikatakan bahwa kecepatan putar yang tinggi akan memberikan nilai kekasaran yang lebih rendah. Hal ini dikarenakan gaya potong yang dihasilkan pada pemotongan dengan kecepatan yang lebih tinggi akan lebih besar sehingga proses pemotongan akan lebih mudah. Sebagai akibatnya adalah bahwa hasil permukaan akan lebih halus dibandingkan pemotongan dengan kecepatan rendah. Sebagaimana yang dinyatakan oleh Ibrahim dkk. [3] bahwa penggunaan kecepatan putar yang tinggi akan menghasilkan nilai kekasaran yang rendah, sebagaimana akibat dari gaya potong yang lebih besar.

Demikian juga pada grafik faktor *point angle*, dapat dilihat bahwa *point angle* level 2 yaitu sudut yang lebih besar (65°) memberikan efek yang lebih besar dibandingkan *point angle* level 1 yaitu sudut yang lebih kecil (45°). Sehingga dapat dikatakan bahwa *point angle* yang besar akan memberikan nilai kekasaran yang lebih rendah. Sebagaimana yang dinyatakan oleh Chong dan Shih [6] bahwa kekasaran permukaan meningkat mengikuti penurunan *point angle*. Semakin kecil *point angle* maka bidang kontak antara pahat dan benda kerja akan semakin luas sehingga membuat gesekan lebih banyak terjadi. Gesekan inilah yang menyebabkan panas dan kenaikan temperatur pemotongan yang membuat sebagian *chip* meleleh dan kembali memadat pada ujung pahat membentuk *built up edge* (BUE). Sebagaimana juga yang

dinyatakan oleh Embrijakto [7] bahwa nilai kekasaran permukaan dipengaruhi oleh adanya kontribusi *point angle*, dimana nilai kekasaran terendah diperoleh pada *point angle* yang besar yaitu 65° .

Untuk faktor lubrikan, dapat dilihat pada grafik bahwa lubrikan dengan level 2 yaitu penggunaan pelumas dengan MQL minyak kelapa sawit memberikan efek yang lebih besar dibandingkan dengan tidak menggunakan pelumasan. Sehingga dapat dikatakan bahwa penggunaan pelumas dengan MQL minyak kelapa sawit memberikan nilai kekasaran yang lebih rendah. Sebagaimana pada penelitian Saputra [4] didapatkan hasil bahwa pemesinan dengan MQL dapat memperpanjang umur pahat dan memperhalus permukaan benda kerja dibanding teknik pemesinan *dry*. Oleh karena itu, penggunaan pelumas dapat memperkecil gesekan pada titik kontak antara pahat dan benda kerja. Semakin kecil gesekan antara benda kerja dan pahat potong maka semakin kecil pula laju pemanasan pahat dan mengurangi kemungkinan adanya *chip* yang terdifusi. Terkadang keadaan ini dapat mengubah geometri pahat sehingga menurunkan kualitas hasil proses pemesinan. Geometri pahat yang berubah inilah dapat menyebabkan kasarnya permukaan hasil proses pemesinan. Nilai kekasaran terendah dicapai dengan menggunakan minyak kelapa sawit.

Hal yang berbeda ditunjukkan oleh grafik faktor gerak makan, dimana gerak makan dengan level 1 yaitu gerak makan yang lebih rendah (0,1 mm/rev) memberikan efek yang lebih besar dibandingkan dengan gerak makan level 2 yaitu gerak makan yang lebih tinggi (0,3 mm/rev). Sehingga dapat dikatakan bahwa gerak makan yang lebih rendah akan memberikan nilai kekasaran yang lebih rendah. Hal ini dikarenakan beban pemotongan pada gerak makan yang rendah lebih kecil dibandingkan pada gerak makan yang tinggi, sehingga proses pemotongan akan lebih mudah. Sebagaimana yang dinyatakan oleh Ibrahim et al. [3] bahwa penggunaan gerak makan yang rendah menghasilkan nilai kekasaran yang rendah.

Berdasarkan analisis dan grafik di atas, maka didapatkan bahwa level dari setiap faktor yang memberikan nilai kekasaran permukaan yang terbaik yaitu dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6 Level yang memberikan nilai kekasaran permukaan terbaik

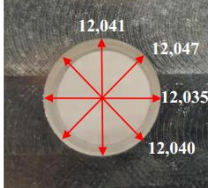
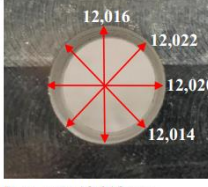
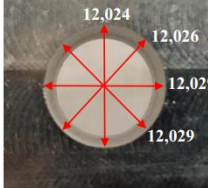
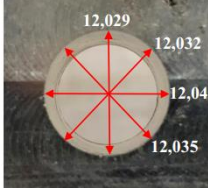
Faktor	Tingkatan level	Nilai level
Kecepatan putar (n)	Level 2	890 rpm
Gerak makan (f)	Level 1	0,1 mm/rev
<i>Point angle</i>	Level 2	65°
Lubrikan	Level 2	Minyak kelapa sawit

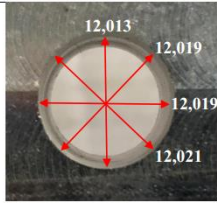
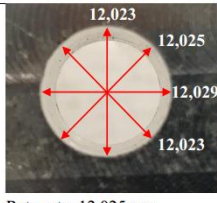
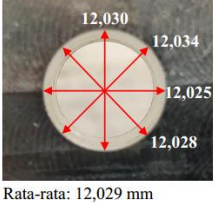
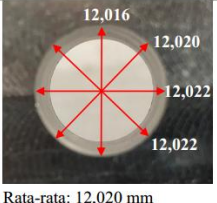
Tabel 6 menunjukkan faktor dan level yang memberikan nilai kekasaran yang terbaik yaitu pada kecepatan putar yang tinggi 890 rpm (level 2), gerak makan yang rendah 0,1 mm/rev (level 1), *point angle* yang besar 65° (Level 2) dan dengan menggunakan lubrikan minyak kelapa sawit (level 2).

Hasil Pengukuran Kebulatan Lubang

Hasil pengukuran kebulatan lubang pada pemesinan *drill* paduan magnesium dengan menggunakan *profile projector* dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7 Data hasil pengukuran kebulatan lubang

Run order	Parameter	Gambar dan ukuran (mm)	Nilai kebulatan
1	n : 405 rpm f : 0,1 mm/rev PA : 45° L : TA	 Rata-rata: 12,040 mm	(12,040 - 12) = 0,040 mm
2	n : 405 rpm f : 0,1 mm/rev PA : 65° L : MKS	 Rata-rata: 12,018 mm	(12,018 - 12) = 0,018 mm
3	n : 405 rpm f : 0,3 mm/rev PA : 45° L : MKS	 Rata-rata: 12,027 mm	(12,027 - 12) = 0,027 mm
4	n : 405 rpm f : 0,3 mm/rev PA : 65° L : TA	 Rata-rata: 12,034 mm	(12,034 - 12) = 0,034 mm

5	n : 890 rpm f : 0,1 mm/rev PA : 45° L : MKS		(12,018 - 12) = 0,018 mm
6	n : 890 rpm f : 0,1 mm/rev PA : 65° L : TA		(12,025 - 12) = 0,025 mm
7	n : 890 rpm f : 0,3 mm/rev PA : 45° L : TA		(12,029 - 12) = 0,029 mm
8	n : 890 rpm f : 0,3 mm/rev PA : 65° L : MKS		(12,020 - 12) = 0,020 mm

Tabel 7 menunjukkan nilai kebulatan pada pemesian *drill* paduan magnesium yang diukur dengan menggunakan alat *profile projector*. Dapat dilihat bahwa nilai penyimpangan kebulatan yang dihasilkan berada dalam rentang 0,018-0,040 mm. Nilai penyimpangan kebulatan lubang paling kecil yaitu 0,018 mm, yang mana diperoleh pada dua kondisi pemotongan. Kondisi pemotongan pertama yaitu pada kecepatan putar tinggi, gerak makan rendah, sudut pahat yang kecil dan dengan menggunakan pelumasan minyak kelapa sawit. Sedangkan kondisi kedua yaitu pada pemotongan kecepatan putar rendah, gerak makan rendah, sudut pahat yang besar dan dengan menggunakan pelumasan minyak kelapa sawit.

Analisis Varian (ANOVA) Untuk Kebulatan Lubang

Analisis varian atau ANOVA dilakukan dengan menggunakan *software* Minitab untuk mengetahui parameter atau faktor yang memberikan pengaruh signifikan terhadap nilai kebulatan lubang pada pemesian *drill* paduan magnesium. Adapun hasil analisis varian atau ANOVA untuk kebulatan lubang dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8 Hasil analisis varian (ANOVA) untuk kebulatan lubang

Source	D F	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Kecepatan putar (n)	1	0,0000911	0,0000911	0,0000911	6,30	0,087
Gerak makan (f)	1	0,0000101	0,0000101	0,0000101	0,70	0,464
Point angle (°)	1	0,0000361	0,0000361	0,0000361	2,50	0,212
Lubrikan	1	0,0002531	0,0002531	0,0002531	17,51	0,025
Error	3	0,0000434	0,0000434	0,0000145		
Total	7	0,0004339				

Nilai pengaruh masing-masing faktor ditunjukkan pada kolom P dan kolom F. Proses analisis nilai P selalu dibandingkan dengan α yaitu nilai signifikansi. Pada penelitian ini digunakan tingkat signifikansi 0,05 yaitu jika nilai $P < 0,05$ berarti faktor tersebut memberikan pengaruh yang signifikan. Sebaliknya, jika nilai $P > 0,05$ berarti faktor tersebut tidak memberikan pengaruh secara signifikan.

Selain dilihat dari nilai P, pengaruh masing-masing faktor dapat dilihat dari nilai F. Dimana untuk melakukan pengujian nilai F ini akan dibandingkan dengan F pada tabel statistik. F tabel pada penelitian ini adalah 10,13. Jadi, jika nilai F hitung $> 10,13$ berarti faktor tersebut memberikan pengaruh yang signifikan. Sebaliknya, jika nilai F hitung $< 10,13$ berarti faktor tersebut tidak memberikan pengaruh secara signifikan.

Tabel 8 menunjukkan bahwa faktor pelumasan memberikan pengaruh signifikan terhadap perubahan nilai kebulatan lubang dengan nilai P sebesar 0,025 dan nilai F sebesar 17,51. Sedangkan faktor kecepatan putar, *point angle* dan gerak makan memberikan pengaruh tetapi tidak signifikan, yaitu kecepatan putar dengan nilai P sebesar 0,087 dan nilai F sebesar 6,30, diikuti oleh *point angle* dengan nilai P sebesar 0,212 dan nilai F sebesar 2,50 dan gerak makan dengan nilai P sebesar 0,464 dan nilai F sebesar 0,70.

Didapatkan bahwa faktor pelumasan memberikan pengaruh paling signifikan terhadap kebulatan lubang, hal ini dikarenakan penggunaan pelumasan dapat mengurangi suhu yang terjadi pada saat proses pemesian sehingga dapat menghindari terjadinya *built up edge* (BUE) dibandingkan proses pemesian tanpa pelumasan, sehingga dapat mempengaruhi nilai kebulatan lubang. Sebagaimana yang dinyatakan oleh Saputra [4] bahwa peningkatan kualitas permukaan disebabkan oleh

penggunaan MQL, dimana pahat akan mengalami proses pendinginan sehingga mengurangi kemungkinan adanya *chip* yang terdifusi dengan pahat, yang dapat mengubah geometri pahat sehingga menurunkan kualitas hasil pemesinan. Geometri pahat yang berubah inilah dapat menyebabkan ketidakbulatan lubang hasil pemesinan.

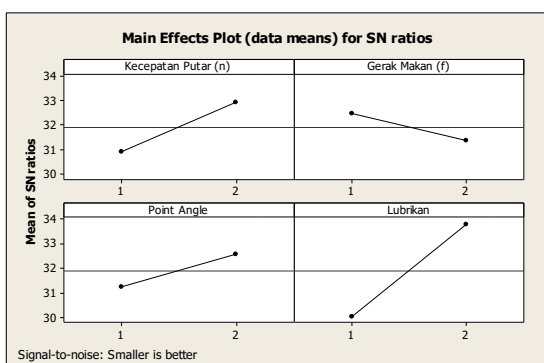
Analisis Taguchi Untuk Kebulatan Lubang

Pada analisis Taguchi akan dilakukan *analysis main effects plot for SN ratios* untuk mendapatkan *respons table for SN ratios* beserta grafik *main effects plot for SN ratios*. Analisis Taguchi ini akan dilakukan dengan menggunakan software Minitab, adapun hasil dari *analysis main effects plot for SN ratios* berupa *respons table for SN ratios* dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9 Respons table for SN ratios untuk kebulatan lubang

Level	Kecepatan putar (n)	Gerak makan (f)	Point angle	Lubrikan
1	30,90	32,45	31,24	30,03
2	32,92	31,37	32,57	33,79
Delta	2,02	1,08	1,33	3,75
Rank	2	4	3	1

Tabel 9 menunjukkan nilai respon S/N rasio untuk nilai kebulatan lubang masing-masing faktor, yang mana lubrikan menduduki ranking 1 yang memberikan pengaruh signifikan terhadap perubahan nilai kebulatan lubang, diikuti oleh kecepatan putar pada ranking 2, *point angle* pada ranking 3 dan gerak makan pada ranking 4. Adapun grafik *main effects plot for SN ratios* masing-masing faktor terhadap nilai kebulatan lubang dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Grafik main effects plot for SN ratios untuk kebulatan lubang

Gambar 2 menunjukkan grafik masing-masing faktor terhadap kebulatan lubang, dimana

pada grafik faktor kecepatan putar dapat dilihat bahwa kecepatan putar level 2 yaitu kecepatan putar yang tinggi (890 rpm) memberikan efek yang lebih besar dibandingkan kecepatan putar level 1 yaitu kecepatan putar yang rendah (405 rpm). Sehingga dapat dikatakan bahwa kecepatan putar yang tinggi akan memberikan nilai kebulatan lubang yang lebih baik. Hal ini dikarenakan gaya potong yang dihasilkan pada pemotongan dengan kecepatan yang lebih tinggi akan lebih besar sehingga proses pemotongan akan lebih mudah.

Demikian juga pada grafik faktor *point angle*, dapat dilihat bahwa *point angle* level 2 yaitu sudut yang lebih besar (65°) memberikan efek yang lebih besar dibandingkan *point angle* level 1 yaitu sudut yang lebih kecil (45°). Sehingga dapat dikatakan bahwa *point angle* yang lebih besar akan memberikan nilai kebulatan lubang yang lebih baik dibandingkan *point angle* yang lebih kecil. Hal ini dikarenakan semakin kecil *point angle* maka bidang kontak antara pahat dan benda kerja akan semakin luas sehingga membuat gesekan lebih banyak terjadi. Gesekan inilah yang menyebabkan panas dan kenaikan temperatur pemotongan yang membuat sebagian *chip* meleleh dan kembali memadat pada ujung pahat membentuk *built up edge* (BUE) sehingga merubah geometri pahat dan menyebabkan ketidakbulatan hasil proses pemesinan [8].

Untuk faktor lubrikan, dapat dilihat pada grafik bahwa lubrikan dengan level 2 yaitu penggunaan pelumas dengan MQL minyak kelapa sawit memberikan efek yang lebih besar dibandingkan dengan tidak menggunakan pelumasan. Sehingga dapat dikatakan bahwa penggunaan pelumas dengan MQL minyak kelapa sawit memberikan nilai kebulatan lubang yang lebih baik. Sebagaimana yang dinyatakan oleh Saputra [4] bahwa peningkatan kualitas permukaan disebabkan oleh penggunaan MQL, dimana pahat akan mengalami proses pendinginan sehingga mengurangi kemungkinan adanya *chip* yang terdifusi dengan pahat, yang dapat mengubah geometri pahat sehingga menurunkan kualitas hasil proses pemesinan. Geometri pahat yang berubah inilah dapat menyebabkan ketidakbulatan lubang hasil proses pemesinan.

Hal yang berbeda ditunjukkan oleh grafik faktor gerak makan, dimana gerak makan dengan level 1 yaitu gerak makan yang lebih rendah (0,1 mm/rev) memberikan efek yang lebih besar dibandingkan dengan gerak makan level 2 yaitu gerak makan yang lebih tinggi (0,3 mm/rev). Sehingga dapat dikatakan bahwa gerak makan yang lebih rendah akan memberikan nilai kebulatan lubang yang lebih baik. Hal ini dikarenakan beban pemotongan pada gerak makan yang rendah lebih kecil dibandingkan pada gerak makan yang tinggi, sehingga proses pemotongan akan lebih mudah.

Berdasarkan analisis dan grafik di atas, maka didapatkan level dari setiap faktor yang memberikan nilai kebulatan lubang yang terbaik yaitu dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10 Level yang memberikan nilai kebulatan lubang terbaik

Faktor	Tingkatan level	Nilai level
Kecepatan putar (n)	Level 2	890 rpm
Gerak makan (f)	Level 1	0,1 mm/rev
Point angle	Level 2	65°
Lubrikan	Level 2	Minyak kelapa sawit

Tabel 10 menunjukkan faktor dan level yang memberikan nilai kebulatan yang terbaik yaitu pada kecepatan putar yang tinggi 890 rpm (level 2), gerak makan yang rendah 0,1 mm/rev (level 1), *point angle* yang besar 65° (Level 2) dan dengan menggunakan lubrikan minyak kelapa sawit (level 2).

KESIMPULAN

Hasil ANOVA menunjukkan bahwa parameter yang memberikan pengaruh signifikan terhadap kekasaran permukaan pada pemesian *drill* paduan magnesium adalah lubrikan dengan nilai P 0,003 dan nilai F 86,98, diikuti oleh kecepatan putar dengan nilai P 0,031 dan nilai F 14,86. Sedangkan parameter yang memberikan pengaruh signifikan terhadap kebulatan lubang pada pemesian *drill* paduan magnesium adalah lubrikan dengan nilai P 0,025 dan nilai F 17,51. Penggunaan kecepatan putar yang tinggi yaitu 890 rpm, gerak makan yang rendah yaitu 0,1 mm/rev, *point angle* yang besar yaitu 65° dan lubrikan dengan MQL minyak kelapa sawit memberikan hasil kekasaran permukaan dan hasil kebulatan lubang yang terbaik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ibrahim, G.A. 2014. Identifikasi Nilai Kekasaran Permukaan Pada Pemesian Paduan Magnesium. Jurnal *Mechanical*, Volume 5, Nomor 1.
- [2] Burhanuddin, Y., Setiawan F., Harun, S., dan Fitriawan, H. 2015. Pemodelan Penyalaan Pada Proses Bubut Kering Magnesium AZ31 Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan. *Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XIV (SNTTM XIV)*.
- [3] Ibrahim, G.A., Subagio, A., Hamni, A., dan Lestari, S.M.P. 2014. Analisa Nilai Kekasaran Permukaan Magnesium AZ31 Menggunakan Metode Taguchi. Jurusan Teknik Mesin. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- [4] Saputra, Robby. 2017. Pengaruh Penambahan Pelumas Pada Pemesian Frais Dengan Metode Pelumasan Berkualitas Minimum (MQL) Terhadap Nilai Kekasaran Permukaan Magnesium AZ31. Skripsi. Jurusan Teknik Mesin. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- [5] Basuki, Budi. 2014. Pengaruh Metode *Minimum Lubrication* Keausan Pahat dan Kekasaran Permukaan Benda Kerja AISI 4340. Jurnal *Teknologi*, Volume 7, Nomor 2, 112-117.
- [6] Chong, K.Z., dan Shih, T.S. 2002. *Optimizing Drilling Conditions for AZ61A Magnesium Alloy*. *Materials transactions*, Vol. 43, No. 8 pp. 2148 to 2156.
- [7] Embrijakto, R.D. 2018. Kajian Pemesian Bor Material Magnesium Menggunakan Metode Taguchi. Tesis. Program Pascasarjana Magister Teknik Mesin. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- [8] Akhyar, G., Purnomo, B., Hamni, A., Burhanuddin, Y. 2017, The machined surface of magnesium Az31 after ratory turning at air cooling condition, IOP Conference series: Materials Science and Engineering, IOP Publishing.