

Pengaruh Jenis Dan Tekanan Fluida Pendingin Pada *Minimum Quantity Lubrications (MQL)* Pada Proses *High Speed Drilling* Terhadap Kekasaran Permukaan Baja ST 60

Bambang Sugiantoro¹, Khanif Setyawan², Isnaini Andrianto³

^{1,2,3} Teknik Mesin STT Wiworotomo Purwokerto

Jl. Semangkir No. 1 Purwokerto

email : bmb.stt2@gmail.com

Abstract

Recently, the cooling media that used for machining process still have contain substances that harmful to the health of the operator and not safety for environment. Therefore we need alternatif cooling media which safe for the environment and efficient to use. Some of the solution that can be used is using based cooling natural oil. The research purposes is to know the effect of using coconut oil and dromus for machining process. Optimization Process of machining parameters did with determination in order to obtain the temperature of the drill, surface roughness and machining minimum power. The parameters used are spindle speed, feed rate, air pressure and cutting condition. Machining process is using drilling process with material ST60. The research metode is using taguchi metode. The result of the research obtained conclusion that optimum machining condition will produce smoothest surface roughness at 565 rpm spindle speed, feed rate 0,08 mm/minute, air pressure 35 Psi, and cutting condition coconut oil metode minimum quantity lubrication. Optimum machining conditions to produce the most low temperature chisel at 360 rpm spindle speed, feed rate of 0.08 mm / min, air press 35 Psi, and cutting condition dromus. While the machining conditions requiring the smallest machining power at 360 rpm spindle speed, feed rate of 0.08 mm / min, the air pressure of 40 psi, and dromus cutting condition.

Keywords: MQL, High Speed Drilling, Surface Roughness.

1. Pendahuluan

Industri manufaktur dalam menghasilkan produk yang mempunyai kehalusan permukaan rendah dan menuntut proses cepat dengan tetap mempertimbangkan hasil kekasaran permukaan dan ekonomi. Analisis parameter pemesinan perlu dilakukan untuk mengetahui kondisi optimum proses untuk mendapatkan tingkat kekasaran permukaan benda yang baik. Faktor pendingin merupakan faktor yang paling dominan pada pemesinan. Proses pemesinan dengan menggunakan pendinginan udara dan MQL merupakan salah satu alternatif yang dapat digunakan untuk mengurangi biaya produksi dan menerapkan proses pemesinan yang ramah lingkungan. Efektivitas proses pendinginan, udara yang digunakan harus bersuhu rendah^[1]. Hal ini dimaksudkan untuk memperbesar margin temperatur antara udara pendingin dan permukaan mata bor/benda kerja, sehingga laju pendinginan menjadi lebih besar. MQL akan memberikan hasil yang lebih baik dibanding dengan pemesinan kering apabila ditinjau dari laju keausan mata bor dan kekasaran permukaan hasil pemesinan^[2]. Performa pendinginan MQL pada proses pemesinan dengan bahan dasar adalah minyak palm dan minyak kelapa di tekan udara bertekanan diukur dengan melihat kondisi proses pemesinan, diantaranya suhu proses, daya mesin, keausan pahat (*crater wear and flank wear*), tekanan udara Psi dan kekasaran permukaan produk. Minyak MQL yang paling optimum dan mempunyai performansi terbaik memenuhi persyaratan fungsi komponen standar industry^[3].

MQL dengan minimum cairan tetapi tetap dapat memberikan fungsi pendinginan dan pelumasan yang baik^[4]. Kelebihan metode ini dibandingkan dengan *flood lubrication* adalah

pencapaian temperatur pemotongan optimal memberikan *machinability* yang baik pada benda kerja. Pemberian cairan pendingin ini ditentukan secara manual dan cenderung konstan terhadap perubahan parameter permesinan, seperti kecepatan potong, kecepatan pemakanan, jenis material, dan lain-lain. Pada proses perpindahan panas konveksi, peningkatan konduktivitas termal pendingin *MQL* di harapkan meningkatkan perpindahan panas dalam aliran, untuk fluida murni, peningkatan koefisien perpindahan panas sebanding dengan konduktivitas termalnya, sedangkan penggunaan energi sebanding dengan viskositas fluida^[4].

Semakin tinggi viskositas fluida semakin besar energi-energi yang dibutuhkan untuk menggerakkan fluida dalam system^[5]. Dalam Peningkatan viskositas pendingin *MQL* membawa dampak terhadap penggunaan energi (*pumping power*), sehingga peningkatan koefisien perpindahan panas berkompetisi dengan peningkatan *pumping power* karena gesekan. Karakteristik suatu permukaan memegang peranan penting dalam perancangan komponen mesin atau peralatan. Untuk mengetahui lebih jauh parameter yang sesuai untuk high speed drilling digunakan material yang digunakan adalah baja ST 60 memang menjadi salah satu material baja yang paling banyak di gunakan untuk berbagai jenis kebutuhan industry.

2. Metode Penelitian

2.1 Metode Taguchi

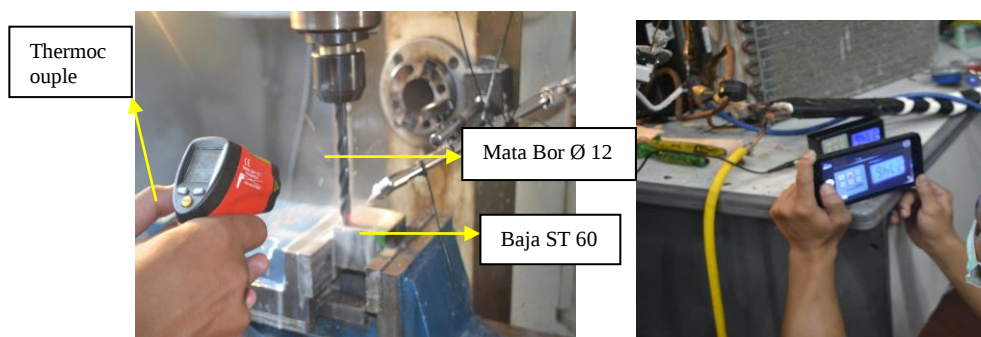
Penentuan variasi level didasarkan pada rekomendasi mata bor yang digunakan yaitu mata bor merk Nachi^[6], nilai level tiap matrial ditunjukkan pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Desain Eksperimen

Parameter	Faktor	Level 1	Level 2	Level 3
<i>Spindel speed</i>	A	360	565	950
<i>Feed rate</i>	B	0.15	0.08	0.25
Tekanan (Psi)	C	35	40	45
<i>Cutting Condition</i>	D	Minyak Goreng Kelapa sawit (MQL)	Minyak Goreng kelapa (MQL)	Dromus

2.1 Pengukuran Temperatur Pahat

Alat yang digunakan yaitu Termometer laser. Metode pengukuran ditunjukkan pada gambar 3.2 dibawah ini.



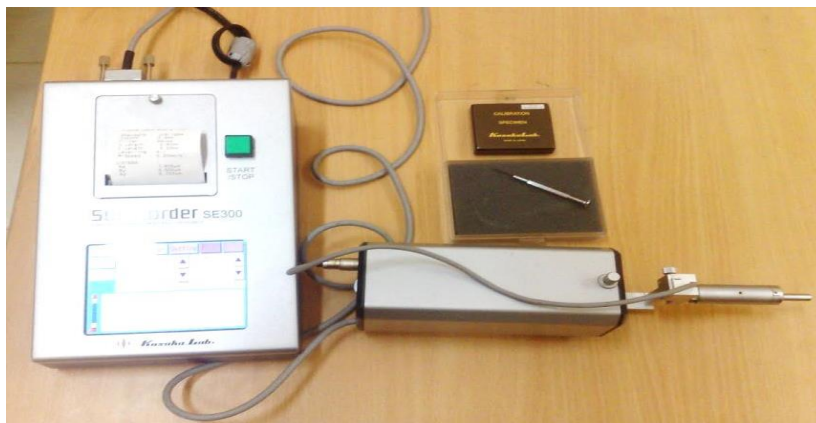
Gambar 2.2 (a) Pengukuran temperatur mata bor, (b) Pengukuran Getaran

Pengukuran pada percobaan ini dengan mencari nilai temperatur saat proses pemakanan pada proses *drilling*. Vibration meter dapat diartikan sebagai sebuah perangkat atau alat

yang digunakan untuk mengukur gerakan bolak-balik dari komponen mekanik dari suatu mesin sebagai reaksi dari adanya gaya dalam (gaya yang dihasilkan oleh mesin tersebut) maupun gaya luar (gaya yang berasal dari luar atau sekitar mesin)^[5]. alat ini digunakan untuk mengukur getaran yang terjadi pada mesin milling ketika sedang melakukan proses *drilling*.

2.2 Pengukuran hasil dengan Surface Roughness test

Parameter yang biasa dipakai dalam proses produksi untuk mengukur kekasaran permukaan adalah kekasaran rata-rata (R_a). Parameter ini juga dikenal sebagai perhitungan nilai kekasaran AA (*arithmetic average*) atau CLA (*centerline average*)^[7]. Alat ukur yang digunakan adalah *Surfcorder SE300* seperti terlihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Surface Roughness Tester

2.3 Interpretasi Hasil Eksperimen

Langkah-langkah untuk menginterpretasikan hasil eksperimen dengan menggunakan Metode Taguchi dapat dilakukan dengan penentuan persen kontribusi, yang merupakan porsi masing-masing faktor dan atau interaksi faktor yang signifikan terhadap total variasi yang diamati. Yaitu Interval kepercayaan (*confidence interval*). Dalam analisa hasil eksperimen Taguchi dihitung dalam kondisi Interval kepercayaan untuk level faktor (CI_1) dan Interval kepercayaan untuk perkiraan rata-rata. karakteristik kualitas yang digunakan yaitu *Smaller –the-Better* (STB). Karakteristik kualitas dimana semakin rendah nilainya, maka kualitas semakin baik. Nilai S/N untuk jenis karakteristik STB ditunjukkan pada pers 2.1.

$$S/N_{STB} = -10 \log [1/n \sum_{i=1}^n y^2] \quad (1)^{[8]}$$

3. Hasil Uji, Analisis Dan Pembahasan

a. Pengaruh Level Dari Faktor Terhadap Kekasaran Permukaan Daerah Hasil Proses Drilling, Temperatur mata bor Dan Daya Listrik Mesin Milling Pada Material baja ST60

Untuk mengidentifikasi pengaruh level dari faktor terhadap rata-rata kekasaran permukaan daerah hasil proses milling, rata-rata temperatur mata bor, dan rata-rata konsumsi daya listrik mesin milling dilakukan pengolahan data respon yang diperoleh melalui pengujian. Perhitungan rata-rata kekasaran permukaan daerah hasil proses *drilling*, rata-rata temperatur pahat, dan rata-rata konsumsi daya listrik mesin milling melalui kombinasi level dari masing-masing faktor dapat dilihat sesuai desain eksperimen taguchi. Respon pengaruh level terhadap rata-rata kekasaran permukaan daerah hasil proses *drilling* pada material baja ST60 seperti ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Respon Pengaruh Level Terhadap Rata-Rata Kekasaran Permukaan Daerah Hasil Proses *Drilling* Material baja ST60

Faktor	Level			Selisih (maks - min)	Ranking
	1	2	3		
<i>Spindel speed</i>	3.3680	3.1677	6.0480	2.8803	4
<i>Feed rate</i>	4.6333	3.2803	4.6700	1.3897	2
Tekanan Udara (Psi)	3.2653	5.0897	4.2287	1.8243	3
<i>Cutting condition</i>	4.3680	3.9157	4.3000	0.4523	1

Respon pengaruh level terhadap rata-rata temperatur pahat pada material SS 304 dapat dilihat pada Tabel 3.2 sebagai berikut.

Tabel 3.2 Respon Pengaruh Level Terhadap Rata-Rata Temperatur Pahat baja ST60

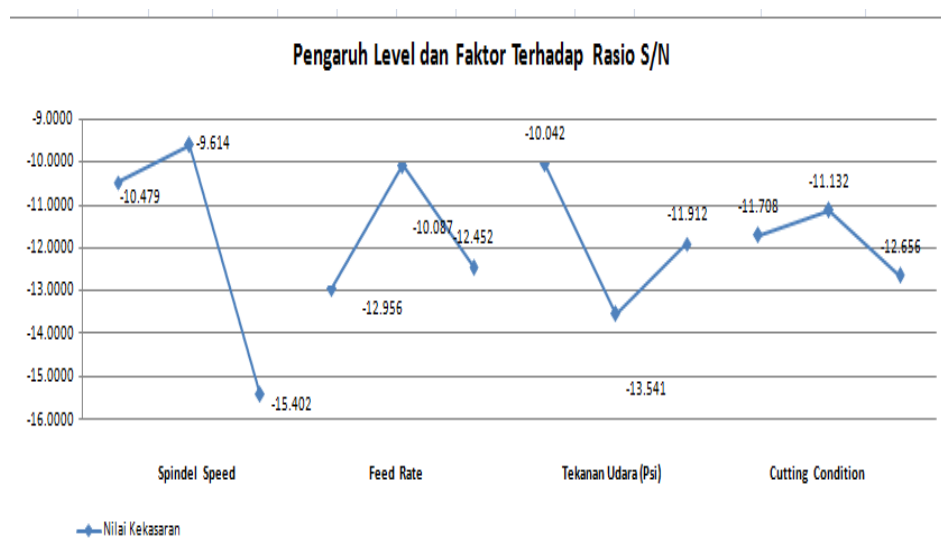
Faktor	Level			Selisih (maks - min)	Ranking
	1	2	3		
<i>Spindel speed</i>	38.43	45.34	58.93	20.50	3
<i>Feed rate</i>	48.71	39.77	54.21	14.44	2
Tekanan Udara (Psi)	46.47	46.82	49.40	2.59	1
<i>Cutting condition</i>	51.90	57.66	33.13	24.53	4

Respon Pengaruh Level Terhadap Rata-Rata Konsumsi Daya Listrik Mesin Milling Pada proses permesinan material baja ST 60, dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Respon Pengaruh Level Terhadap Rata-Rata Konsumsi Daya Listrik Mesin Milling Material baja ST 60

Faktor	Level			Selisih (maks - min)	Ranking
	1	2	3		
<i>Spindel speed</i>	420.61	441.14	571.84	151.23	4
<i>Feed rate</i>	471.61	426.07	535.90	109.84	3
Tekanan udara (Psi)	450.51	520.50	462.57	69.99	2
<i>Cutting condition</i>	448.47	459.47	422.97	36.50	1

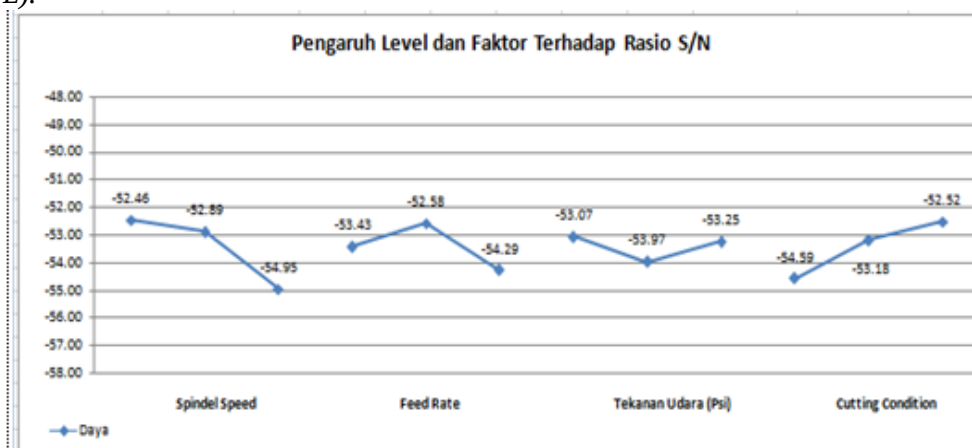
Urutan persentase pengaruh faktor terhadap nilai temperatur pahat ini diubah ke dalam bentuk grafik sehingga akan memudahkan untuk melakukan pembahasan hasil dari faktor yang digunakan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap rata-rata konsumsi daya listrik mesin milling, hal ini dapat kita lihat dari nilai F_{hitung} yang lebih besar dari nilai F_{Tabel} yang digunakan. Berikut ini adalah grafik hasil eksperimen Metode Taguchi yang memberikan informasi untuk melihat pengaruh dan kondisi optimal proses permesinan *drilling* pada baja ST60, sesuai gambar 3.1, 3.2 dan 3.3.



Gambar 3.1 Grafik Rasio S/N Kekasaran Permukaan Hasil Proses *Drilling* Baja ST60

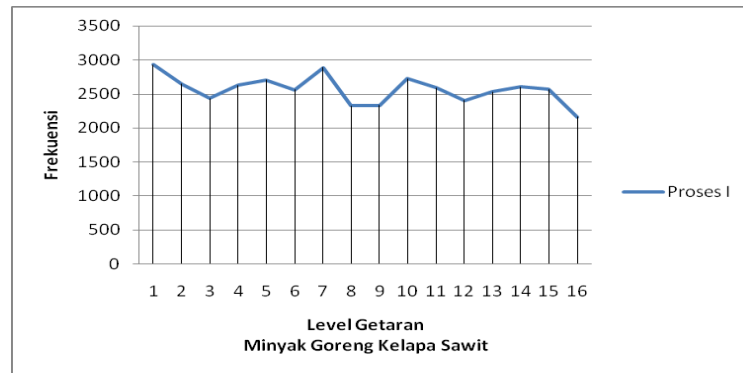
Adapun faktor yang paling berpengaruh terhadap rata-rata nilai konsumsi daya listrik mesin milling adalah *cutting condition* dengan nilai kontribusi sebesar 131.214% dan kontribusi terkecil dimiliki oleh *spindel speed* dengan kontribusi sebesar -18.800%.

Pada grafik kekasaran menunjukkan bahwa, nilai kondisi permesinan yang menghasilkan kekasaran permukaan paling halus pada *spindle speed* 565 rpm, *feed rate* 0,08 mm/min, tekanan udara 35 psi, dan *cutting condition* minyak goreng kelapa (*MQL*). Sedangkan nilai kekasaran paling tinggi dihasilkan pada *spindle speed* 950 rpm, *feed rate* 0,25 mm/min, tekanan udara 40 psi, dan *cutting condition* minyak goreng kelapa sawit (*MQL*).



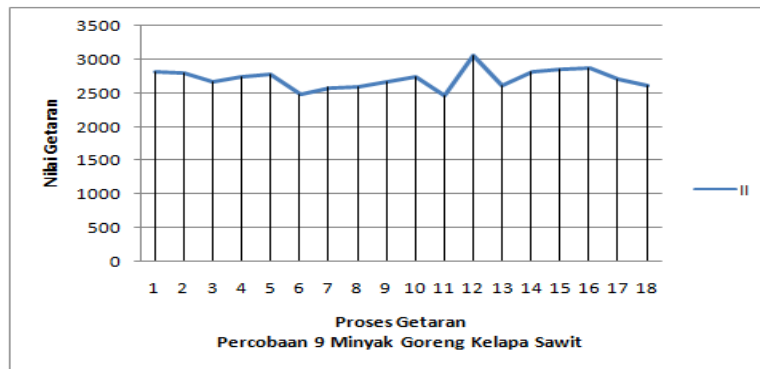
Gambar 3.2 Grafik Rasio S/N Konsumsi Daya Listrik Proses *Drilling* Baja ST60

Pada grafik rasio S/N menunjukkan bahwa, Kondisi permesinan yang membutuhkan daya permesinan paling kecil pada *spindle speed* 360 rpm, *feed rate* 0,08 mm/min, tekanan udara 40 psi, dan *cutting condition* dromus. Sedangkan daya listrik paling tinggi dihasilkan pada *spindle speed* 950 rpm, *feed rate* 0,25 mm/min, tekanan udara 35 psi, dan *cutting condition* minyak goreng kelapa (*MQL*). Berikut grafik getaran tiap proses pada gambar 3.3, 3.4, dan 3.5.

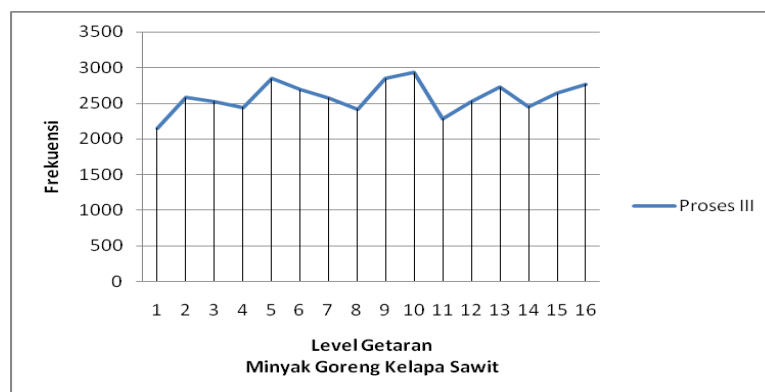


Gambar 3.3 grafik proses 1 *drilling*

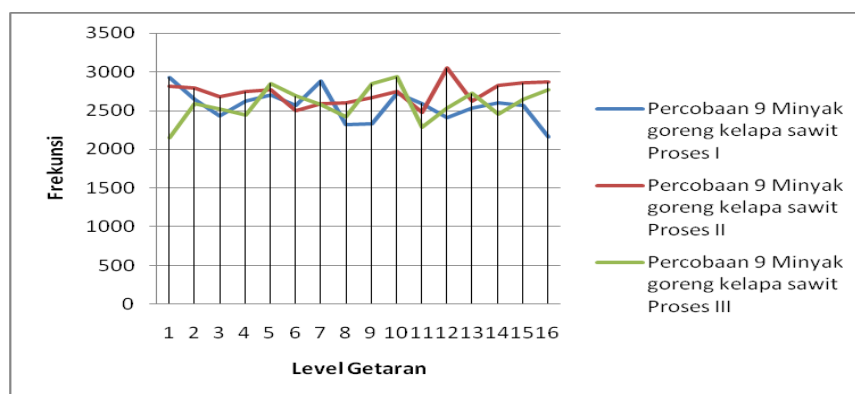
Kondisi permesinan yang menghasilkan getaran permesinan paling stabil pada *spindle speed* 950 rpm, *feed rate* 0,25 mm/min, *tekanan udara* 40 psi, dan *cutting conditionnal* minyak goreng kelapa sawit (MQL).



Gambar 3.4 grafik proses 2 *drilling*



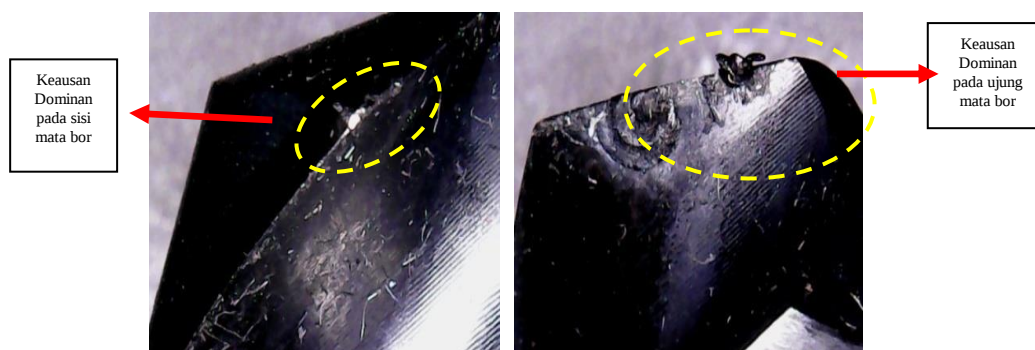
Gambar 3.5 grafik proses 3 *drilling*



Gambar 3.6 grafik percobaan 9 yang paling dominan diantara 9 percobaan

Dari kondisi diatas faktor yang paling dominan pada permesinan baja ST60 adalah *cutting condition* karena menempati peringkat pertama untuk respon kekasaran permukaan daerah hasil proses *drilling*, ini berarti bahwa *cutting condition* memiliki pengaruh paling besar terhadap hasil kekasaran permukaan. Hasil ini sesuai dengan riset sebelumnya.^[9] Tekanan udara menempati peringkat pertama untuk respon temperatur pahat, ini berarti bahwa Tekanan udara memiliki pengaruh paling besar terhadap hasil temperatur mata bor^[11].

Dilihat dari sisi keausan pahat maka keausan terbesar pada sisi ujung sayat end milling sesuai gambar 3.7



Gambar 3.7 Daerah dengan Keausan paling tinggi pada Mata Bor

Keausan dominan pada sisi mata bor oleh faktor gesekan panas, yang dipengaruhi oleh *spindel speed* 360 Rpm pada saat proses pengeboran, dan keausan dominan pada ujung mata bor sangat di pengaruhi oleh *feed rate* 0,15 mm/menit pada saat pengeboran, di pengaruhi oleh tekanan udara 35 Psi, dan *Cutting Condition* Minyak goreng kelapa sawit (MQL).

4. Kesimpulan Dan Saran

4.1. Kesimpulan

Dari hasil pengujian untuk mendapatkan optimasi permesinan *milling* pada Baja ST 60 dengan variasi pendingin menggunakan metode taguchi dapat disimpulkan bahwa, dari material di atas untuk mencapai optimasi permesinan memiliki yang kondisi yang sama sebagai berikut :

- Berdasarkan eksperimen untuk mendapatkan nilai kekasaran paling rendah pada spindle speed 565 rpm, feed rate 0,08 mm/min, dan tekanan udara 35 Psi, Sedangkan nilai

kekasaran paling tinggi dihasilkan pada spindle speed 950 rpm, feed rate 0,25 mm/min, tekanan udara 40 Psi.

- b. Berdasarkan eksperimen pendinginan nilai kekasaran paling rendah dengan nilai 3.916 μm dipengaruhi oleh minyak goreng kelapa (*MQL*), Sedangkan nilai kekasaran paling tinggi dengan nilai 4.368 μm dipengaruhi oleh minyak goreng kelapa sawit (*MQL*).

4.2 Saran

Adapun saran yang bisa diberikan agar penelitian selanjutnya terkait dengan optimasi parameter *drilling* dapat lebih baik, berdasarkan penelitian yang telah dilakukan antara lain:

- a. Untuk menghasilkan efek pendinginan yang lebih baik, penggunaan minyak goreng (*MQL*) sebaiknya menggunakan penyemprotan yang lebih persisi.
- b. Peneliti menyadari bahwa penelitian ini masih jauh dari sempurna maka penelitian tentang optimasi parameter proses *drilling* masih sangat terbuka untuk dikembangkan untuk didapatkan peneliti yang lebih baik.

5. Referensi

- [1] Bambang Sugiantoro, Renu Adialfian, Khanif Setiawan. 2015, Optimasi Parameter Proses Milling 3 Axis Dengan Aplikasi (Dry Dan *MQL Cold Fluid Cooling*) Terhadap Kualitas Permesinan Baja ST 60, Iteks, edisi 2015, ejournal.sttwiworotomo.ac.id
- [2] Kelly, J.F., Cotterell, M.G., (2002), “*Minimal lubrication machining of aluminium alloys*”, *Journal of Materials Processing Technology* 120, 327 – 334.
- [3] Dr. Dwi Rahdiyanta. (2010). “*Proses Frais (Miling)*”, Fakultas Teknik Mesin Universitas Negeri Yogyakarta.
- [4] Dhar, N.R., Islam, S., Kamruzzaman, M., (2007), “*Effect of minimum qantity lubrication (MQL) on tool wear, surface roughness and dimensional deviation in turning AISI-4340 steel*”, *G.U. Journal of Science* 20 (2), 23 – 32.
- [5] Bareggia, dkk, 2007, “*Modelling Thermal Effects In Machining By Finite element Methods, Depertement Of Mechanical & Manufactur Engeneering, Trinity College Dublin, Ireland.*
- [6] <https://www.toolingsolutions.com/catalog/NACHI2011.pdf>
- [7] Rosa, Yasmendra. dkk. (2002). “*Analisa Kualitas Permukaan Benda Kerja Hasil Proses Permesinan Miling*”, Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Padang.
- [8] Irwan soejanto.(2009)“*Desain Eksperimen Dengan Metode Taguchi*”, Penerbit Graha Ilmu, Yogyakarta.
- [9] Rusnaldy, dkk (2014) “*Optimasi parameter proses milling terhadap kualitas hasil permesinan aluminium dengan metode Taguchi*” Universitas Diponegoro Semarang.