

Optimasi Parameter Proses Mesin 3 Axis (*Milling*) Dengan Aplikasi (*Dry Dan MQL Cold Fluid Cooling*) Terhadap Kualitas Permesinan Baja ST 60

Bambang Sugiantoro¹, Renu Adialfin², Khanif Setiawan³

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

Jl. Semangir No. 1 Purwokerto

email : bmb.stt2@gmail.com

Abstrak

Media pendingin yang dipakai pada proses pemesinan berfungsi dominan dalam proses permesinan, pada era sekarang penggunaan fluida pendingin diarahkan untuk menggunakan bahan alami sesuai dengan arah permesinan ramah lingkungan. Fluida yang dipakai diindustri secara umum masih mengandung zat-zat yang berbahaya bagi kesehatan operator dan tidak ramah lingkungan. Oleh sebab itu diperlukan media pendingin alternatif yang aman, ramah lingkungan, dan efisien dalam penggunaannya. Beberapa solusi yang dapat diterapkan adalah dengan menggunakan udara dingin, neat oil dan minyak goreng. Penelitian ini bertujuan adalah untuk mengetahui efek penggunaan pendingin udara dingin, minyak goreng (MQL), dromus neat oil (MQL) pada proses permesinan dan mengoptimisasi parameter-parameter sehingga diperoleh temperatur pahat, kekasaran permukaan, dan daya permesinan yang minimum. Parameter yang digunakan yaitu spindle speed, feed rate, dept of cut dan cutting condition. Proses permesinan yang digunakan adalah proses milling dengan matrial ST 60. Metode penelitian menggunakan metode taguchi. Dari hasil penelitian diperoleh kesimpulan bahwa kondisi permesinan yang optimal untuk menghasilkan kekasaran permukaan paling halus pada spindle speed 1500 rpm, feed rate 36 mm/menit, depth of cut 1 mm, dan cutting condition minyak goreng. Kondisi permesinan yang optimal untuk menghasilkan temperatur pahat paling rendah pada spindle speed 565 rpm, feed rate 36 mm/menit, depth of cut 0.5 mm, dan cutting condition udara dingin. Sedangkan kondisi permesinan yang membutuhkan daya permesinan paling kecil pada spindle speed 565 rpm, feed rate 36 mm/menit, depth of cut 0.5 mm, dan cutting condition udara dingin.

Kata Kunci : Optimum, Milling, Kekasaran Permukaan, ST 60

1. Pendahuluan

Proses pemesinan merupakan suatu proses untuk menciptakan produk melalui tahapan-tahapan dari bahan baku untuk diubah menjadi sebuah komponen. Komponen itu sendiri dibuat dengan spesifikasi dan bentuk khusus sesuai dengan kebutuhan teknik^[1]. Dari berbagai macam material yang terdiri dari material yang lunak dan keras. Salah satunya baja karbon yang dibagi 3 berdasarkan karbon yang terkandung dalam baja tersebut, yaitu : Baja karbon rendah, baja karbon sedang, baja karbon tinggi. Kualitas dari kekasaran permukaan sangat berpengaruh terhadap karakteristik dari komponen atau produk yang dihasilkan dari proses permesinan, diantaranya: koefisien gesek, toleransi, dan proses permesinan itu sendiri. Sehingga kekasaran permukaan menjadi tuntutan yang harus dipenuhi oleh benda hasil permesinan. Selain kekasaran permukaan dan toleransi, gaya potong penting untuk diteliti karena gaya potong memiliki pengaruh terhadap daya pemotongan pada mesin bubut. Semakin besar gaya potong yang terjadi mengakibatkan semakin besar juga daya pemotongan dan energi yang dibutuhkan. Parameter-parameter proses pemesinan yang mempengaruhi gaya potong adalah kecepatan potong, kedalaman potong, gerak makan, sudut geram (*rake angle*) dan radius pojok^[2].

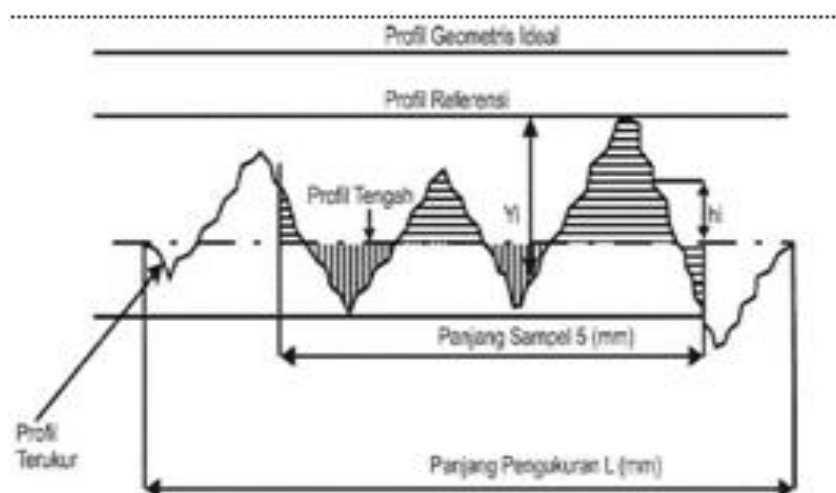
Proses pemesinan dengan menggunakan pendinginan udara dan MQL merupakan salah satu alternatif yang dapat digunakan untuk mengurangi biaya produksi dan menerapkan proses pemesinan yang ramah lingkungan. Dalam rangka memperbesar efektivitas proses pendinginan, udara yang digunakan harus bersuhu rendah. Hal ini dimaksudkan untuk memperbesar margin temperatur antara udara pendingin dan permukaan pahat/benda kerja, sehingga laju pendinginan

ITEKS

Intuisi Teknologi Dan Seni

menjadi lebih besar. untuk membentuk komponen dan kebutuhan teknik secara umum dapat dilakukan dengan menggunakan mesin bubut, mesin gurdi (*drilling machine*), mesin frais (*milling machine*), mesin gerinda (*grinding machine*). Klasifikasi kedua meliputi proses sekrap (*shaping, planing*), proses slot (*slotting*), proses menggergaji (*sawing*), dan proses pemotongan roda gigi (*gear cutting*)^[2]. Sedangkan untuk pekerjaan pembentukan dapat diklasifikasikan dalam dua klasifikasi besar yaitu proses pemesinan untuk membentuk benda kerja silindris atau konis dengan benda kerja/pahat berputar, dan proses pemesinan untuk membentuk benda kerja permukaan datar tanpa memutar benda kerja

Cairan pendingin adalah cairan yang digunakan dalam proses pemotongan logam. Fungsi utama dari cairan ini adalah untuk mengatur temperatur pemotongan dan membersihkan permukaan benda hasil pemotongan dari sisa geram yang dapat merusak permukaan hasil pemotongan. Dalam proses permesinan dikenal adanya dua macam kondisi pemotongan yaitu kondisi kering (*dry machining*) dan kondisi basah (*wet machining*)^[4]. Pada proses kering proses pemotongan benda dilakukan tanpa menggunakan penambahan atau pemberian cairan pendingin pada permukaan benda kerja dan pahat. Sedangkan pada proses basah proses pemotongan dilakukan dengan penambahan cairan pendingin pada permukaan pahat dan benda kerja. Menurut istilah keteknikan, permukaan adalah suatu batas yang memisahkan benda padat dengan sekitarnya. Kadang-kadang ada pula istilah lain yang berkaitan dengan permukaan yaitu profil. Istilah profil sering disebut dengan istilah lain yaitu bentuk. Profil atau bentuk yang dikaitkan dengan istilah permukaan mempunyai arti tersendiri yaitu garis hasil pemotongan secara normal atau serong dari suatu penampang permukaan. profil dasar, dan profil tengah, dapat dilihat Gambar di bawah.



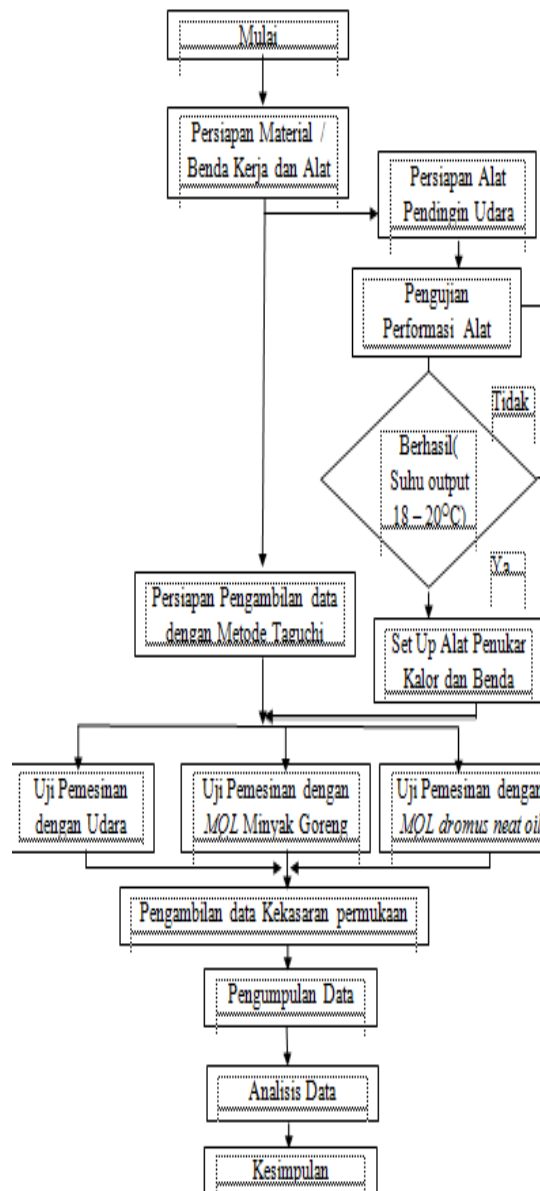
Gambar 2.1. Parameter Permukaan

Karakteristik suatu permukaan memegang peranan penting dalam perancangan komponen mesin atau peralatan. Banyak hal dimana karakteristik permukaan perlu dinyatakan dengan jelas, karena berkaitan dengan gesekan, keausan, pelumasan, ketahanan lelah, perekatan dua atau lebih komponen mesin dan sebagainya. Untuk lebih memperjelas dimana posisi dari profil geometis ideal, profil terukur, profil referensi.

Tujuan Penelitian ini mengetahui pengaruh parameter *colling* terhadap tingkat kekasaran permukaan benda hasil *milling*, pengaruh *dept of cut* terhadap kekasaran permukaan benda hasil *milling* dan mengetahui pengaruh *spindle speed* dan *feed rate* terhadap kekasaran permukaan yang optimum dalam proses *milling*, sekaligus mampu dicapai kecepatan permesinan yang terbaik.

2. Metode Penelitian

2.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 2.1. Diagram Alir Penelitian

2.2. Material (Baja ST 60)

Baja merupakan paduan, yang terdiri dari besi, karbon, dan unsur yang lainnya (Sriaji Djaprie dalam Heri Yadi, 1985). Baja dapat dibentuk melalui pengecoran atau penempaan. Karbon merupakan salah satu unsur terpenting karena dapat meningkatkan kekerasan dan kekuatan bahan baja. Baja merupakan logam yang paling banyak digunakan dalam dunia teknik, dalam bentuk plat, lembaran, pipa, batangan, profil dan lainnya. Berdasarkan unsur paduannya, klasifikasi baja mengikuti SAE (*Society of Automotive Engineers*) dan AISI (*American Iron and Steel Institute*). Baja ST 60 dengan komposisi kimia Mangan 0,73%, Karbon 0,4 % dan Belerang 0,05 %.

=====

2.3. Metode Taguchi

Metode Taguchi merupakan suatu metodologi baru dalam bidang teknik yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses dalam waktu yang bersamaan menekan biaya dan sumber seminimal mungkin. Sasaran metode Taguchi adalah menjadikan produk kokoh (*robust*) atau tidak sensitif terhadap berbagai faktor gangguan (*noise*), karena itu sering disebut sebagai desain kokoh (*Robust Design*)^[5].

2.4. Set Up Alat Pada pengambilan data



Proses pemberian pendingin saat pengefraisan

Gambar 2.2 Set Up Pengambilan Data

Tabel 2.1 Desain Sebaran Esperimen Taguchi

Kondisi Percobaan	A	B	C	D
1	565	36	0,5	Udara Dingin
2	565	63	0,75	Minyak Goreng (MQL)
3	565	98	1,0	Dromus Neat Oil (MQL)
4	950	36	0,75	Dromus Neat Oil (MQL)
5	950	63	1,0	Udara Dingin
6	950	98	0,5	Minyak Goreng (MQL)
7	1500	36	1,0	Minyak Goreng (MQL)
8	1500	63	0,5	Dromus Neat Oil (MQL)
9	1500	98	0,75	Udara Dingin

=====

Tabel 2.2. Perencanaan Data Ekperiman Taguchi Baja ST 60

Parameter	Faktor	Level 1	Level 2	Level 3
<i>Spindel speed</i>	A	565	950	150
<i>Feed rate</i>	B	36	63	98
<i>Depth of cut</i>	C	0,5	0,75	1
<i>Cutting Condition</i>	D	Udara dingin	Minyak Goreng (MQL)	Dromus (neat oil MQL)

Untuk mengetahui kualitas permesinan (milling) digunakan alat uji kekasaran permukaan sebagaimana pada gambar 2.2;



Gambar 2.2 Alat Pengambilan Data Kekasaran permukaan benda kerja

Pada tahap analisis dilakukan pengumpulan dan pengolahan data yang meliputi pengumpulan data, pengaturan data, perhitungan serta penyajian dalam bentuk layout tertentu. Tahapan ini meliputi:

2.5. Interpretasi Hasil Eksperimen

Langkah-langkah untuk menginterpretasikan hasil eksperimen dengan menggunakan Metode Taguchi dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Persen kontribusi, yang merupakan porsi masing-masing faktor dan atau interaksi faktor yang signifikan terhadap total variasi yang diamati.

2. Interval kepercayaan (*convidence interval*)

Dalam analisa hasil eksperimen Taguchi dihitung dalam kondisi:

1. Interval kepercayaan untuk level faktor (CI_I)
2. Interval kepercayaan untuk perkiraan rata-rata

Didalam Metode Taguchi terdapat tiga karakteristik kualitas yang digunakan yaitu:

a) *Smaller –the-Better* (STB)

Karakteristik kualitas dimana semakin rendah nilainya, maka kualitas semakin baik. Nilai S/N untuk jenis karakteristik STB ditunjukkan pada persamaan 3.1 :

$$S/N_{STB} = -10 \log [1/n \sum_{i=1}^n y^2] \quad (3.1)$$

dimana : n = jumlah tes di dalam percobaan (trial)

=====

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Data Hasil Pengukuran Kekasaran Permukaan, Suhu dan Daya Listrik pada ST 60.

Data eksperimen pada ST 60 meliputi suhu proses, daya listrik dan angka kekasaran permukaan. Data pengukuran rata-rata kekasaran permukaan daerah hasil proses *milling*, pada material ST60.

Tabel 3.1. Nilai Rata-Rata Kekasaran Permukaan Hasil Proses *Milling* Pada Material ST 60

Percobaan	Nilai Rata-Rata Kekasaran Permukaan Hasil Proses <i>Milling</i> (μm)
1	2,603
2	1,830
3	2,100
4	1,999
5	2,593
6	1,894
7	0,987
8	1,057
9	2,424

Tabel 3.2. Nilai Rata-Rata Temperatur Pahat Pada Material ST 60

Percobaan	Nilai Rata-Rata Temperatur Pahat ($^{\circ}\text{C}$)
1	26,47
2	27,57
3	29,50
4	27,40
5	27,73
6	27,23
7	28,57
8	27,70
9	27,07

Tabel 3.3. Nilai Rata-Rata Konsumsi Daya Listrik Mesin Pada Material ST60

Percobaan	Nilai Rata-Rata Daya Listrik Mesin <i>Milling</i> (Watt)
1	281,60
2	406,27
3	398,93
4	400,40
5	433,40
6	402,87
7	403,33
8	404,07
9	439,27

ITEKS

Intuisi Teknologi Dan Seni

=====

3.2 Pengaruh Level Dari Faktor Terhadap Kekasaran Permukaan Proses Milling, Temperatur Pahat dan Daya Listrik Mesin Milling Pada Material ST60.

Tabel 3.4 Respon Pengaruh Level Terhadap Rata-Rata Kekasaran Permukaan Hasil Proses Milling Pada Material ST60

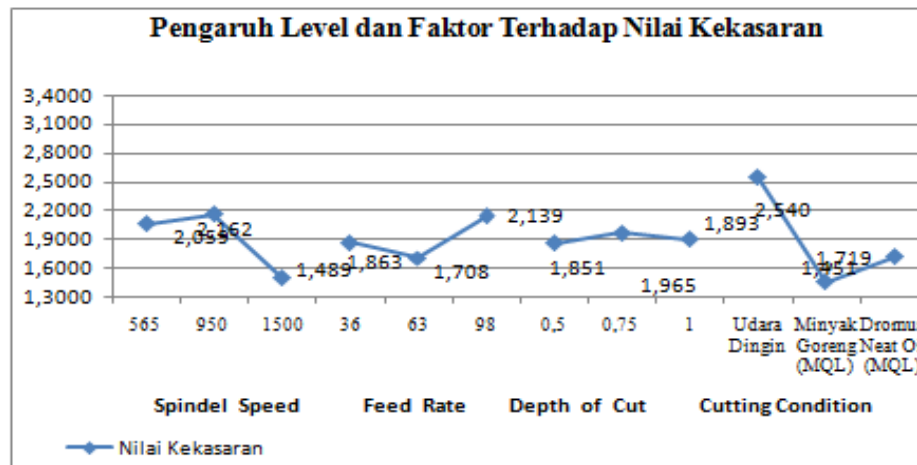
Faktor	Level			Selisih (maks - min)	Ranking
	1	2	3		
<i>Spindel speed</i>	2,508	1,902	2,008	0,606	4
<i>Feed rate</i>	1,612	1,561	3,245	1,683	2
<i>Depth of cut</i>	2,282	1,642	2,495	0,853	3
<i>Cutting condition</i>	1,499	1,664	3,256	1,756	1

Tabel 3.5. Respon Pengaruh Level Terhadap Rata-Rata Temperatur Pahat Pada Material ST60.

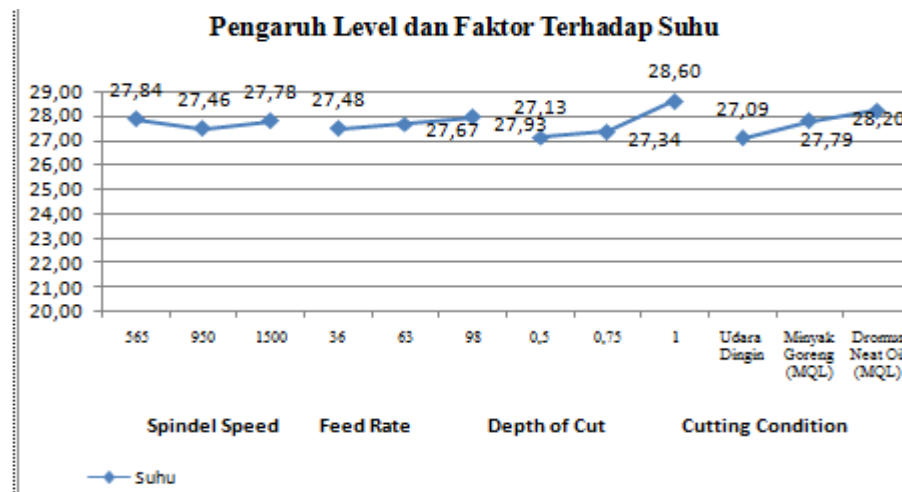
Faktor	Level			Selisih (maks - min)	Ranking
	1	2	3		
<i>Spindel speed</i>	27,84	27,46	27,78	0,32	4
<i>Feed rate</i>	27,48	27,67	27,93	0,46	2
<i>Depth of cut</i>	27,13	27,34	28,60	0,21	3
<i>Cutting condition</i>	27,09	27,79	28,20	0,41	1

Tabel 3.6. Respon Pengaruh Level Terhadap Rata-Rata Konsumsi Daya Listrik Mesin Milling Pada Material ST60.

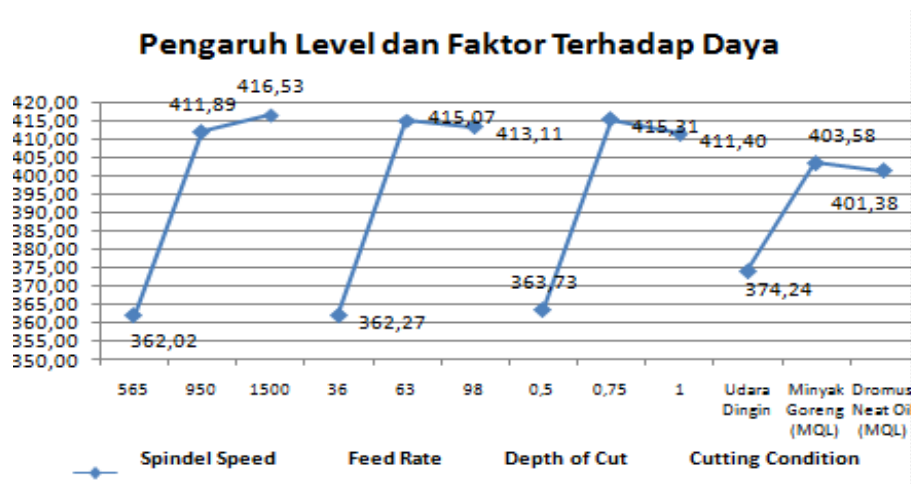
Faktor	Level			Selisih (maks - min)	Ranking
	1	2	3		
<i>Spindel speed</i>	378,64	370,58	378,16	8,07	3
<i>Feed rate</i>	367,16	374,00	386,22	19,07	2
<i>Depth of cut</i>	373,02	377,00	377,18	4,16	4
<i>Cutting condition</i>	356,89	400,89	365,93	34,96	1



Gambar 3.7. Grafik Kekasaran Permukaan Hasil Proses *Milling* Pada Material ST 60



Gambar3.8. Grafik Suhu Pahat PadaBaja ST 60



Gambar 3.9. Grafik Konsumsi Daya Listrik Permesinan Baja ST 60

3.2. Pembahasan

Hasil penelitian untuk ST60 semua proses pendinginan dengan seperti dalam tabel di atas menghasilkan kekasaran yang baik dengan nilai terkecil 0,987 ra, dan terbesar 2,603 ra, dengan suhu yang sangat rendah di angka terkecil 26,47 °C dan tertinggi 29,50 °C. Faktor yang paling berpengaruh terhadap rata-rata nilai kekasaran permukaan daerah hasil proses milling adalah *feed rate* dan kontribusi terkecil dimiliki oleh *cutting condition*.

Konsumsi daya listrik yang paling rendah dihasilkan pada *spindle speed* 565 rpm, *feed rate* 36 mm/min, *depth of cut* 0,5 mm, dan *cutting condition* udara dingin. Konsumsi daya listrik yang paling tinggi pada *spindle speed* 1500 rpm, *feed rate* 63 mm/rev, *depth of cut* 0.75 mm, dan *cutting condition* minyak goreng. Dari kondisi diatas maka faktor yang paling dominan pada permesinan ST60 adalah *cutting condition* karena menempati peringkat pertama untuk respon kekasaran permukaan daerah hasil proses milling, ini berarti bahwa *cutting condition* memiliki pengaruh paling besar terhadap hasil kekasaran permukaan. *cutting condition* menempati peringkat pertama untuk respon temperatur pahat. Penelitian-penelitian sebelumnya, menganalisis kekasaran permukaan, *cutting tool forces* dan *wear* pada proses permesinan dengan material besi cor kelabu. Penelitian dilakukan dengan variasi *cutting speed* (35, 45, 100, 135) m/menit, variasi *feed* (0,08; 0,10; 0,125; 0,16) mm/put dengan kedalaman pemotongan konstan dan tanpa pendingin (*dry*). Dari hasil penelitiannya diperoleh bahwa kekasaran permukaan akan menurun pada *feed* dan *cutting speed* tinggi, pada *cutting speed* 35 m/min dan *feed* 0,08 mm/put harga kekasaran 3,93 µm sedangkan pada *cutting speed* 135 mm/put dan *feed* 0,16 mm/put harga kekasaran 2,92 µm. (Careca dkk, 2014) Proses pemesinan yang digunakan adalah proses bubut dengan material St 60. Metode penelitian yang digunakan adalah secara eksperimental.

Posisi penyemprotan *overhead* dan tekanan penyemprotan yaitu 3 bar untuk pendinginan cooled air jet cooling dan nitrogen. Berdasarkan hal tersebut, hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah diperoleh nilai kekasaran permukaan, suhu pahat, dan daya permesinan yang bagus dengan parameter pembubutan optimum hasil dari analisa percobaan metode Taguchi. Dari hasil penelitian diperoleh kesimpulan bahwa kondisi permesinan yang optimal untuk menghasilkan kekasaran permukaan paling halus pada *spindle speed* 1400 rpm, *feed rate* 0.125 mm/rev, *depth of cut* 1 mm, dan *cutting condition* dromus. Kondisi permesinan yang optimal untuk menghasilkan temperatur pahat paling rendah pada *spindle speed* 580 rpm, *feed rate* 0.113 mm/rev, *depth of cut* 0.25 mm, dan *cutting condition* nitrogen. Sedangkan kondisi permesinan yang membutuhkan daya permesinan paling kecil pada *spindle speed* 580 rpm, *feed rate* 0.136 mm/rev, *depth of cut* 0.25 mm, dan *cutting condition* dromus.

4. 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 kondisi sebagai berikut :

- Berdasarkan eksperimen untuk mendapatkan nilai kekasaran paling kecil, faktor yang dominan adalah pendingin minyak goreng hal ini dilihat dari data kekasaran permukaan pada material, maka penggunaan minyak goreng merupakan kondisi yang paling optimal.
- Depth of cut* merupakan faktor yang kurang berpengaruh terhadap proses permesinan ST 60, terbukti faktor *depth of cut* menempati rangking paling rendah.
- Feed rate* dan *Spindle speed* merupakan faktor yang berpengaruh terhadap proses permesinan St60, terbukti faktor *feed rate* dan *spindle speed* menempati rangking 2 dan 3.

=====

5. Daftar Pustaka

- [1] Rismanto. (2013). “*Karakterisasi Kekasaran Permukaan Produk Miling Dengan Variasi Tekanan Udara Dingin pada Baja St 60*”, Teknik Mesin Sekolah Tinggi Teknik Wiworotomo Purwokerto.
- [2] Rahdiyanta, Dwi. (2010). “*Proses Frais (Miling)*”, Fakultas Teknik Mesin Universitas Negri Yogyakarta.
- [3] Rosa, Yasmendra. dkk. (2002). “*Analisa Kualitas Permukaan Benda Kerja Hasil Proses Permesinan Miling*”, Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negri Padang.
- [4] Purwanto, Andi (2010). “*Pengaruh Cairan Pendingin Bertekanan Tinggi Terhadap Gaya Potong, Keausan Tepi Pahat Dan Kekasaran Permukaan Pada Proses Bubut Material Baja Aisi 4340*”, Institut Teknologi Sepuluh November, Jogjakarta.
- [5] Patricia Wahyu Haumahu, Triastuti Wuryandari. (2011). “*Optimalisasi Produk Dengan Menggunakan Metode Perancangan Toleransi Taguchi*”. Program Studi Statistika FMIPA Unuversitas Diponegoro. Semarang.