

**OPTIMASI PARAMETER PROSES MILLING
TERHADAP KUALITAS HASIL PERMESINAN ALUMINIUM
DENGAN METODE TAGUCHI**

Bambang Sugiantoro¹, Rusnaldy², Susilo Adi Widyanto³

Abstrak

Perkembangan teknologi pendinginan proses permesinan terbaru yang dikembangkan adalah penggunaan bahan alami sebagai fluida pengganti dromus atau pendingin berbasis minyak. Jenis fluida alami yang diterapkan pada penelitian ini adalah penggunaan udara, minyak alami dan nitrogen. Kondisi optimum dapat dicapai jika waktu yang dibutuhkan membuat komponen seminimal mungkin untuk mencapai kapasitas produksi yang tinggi dan berkualitas. Salah satu parameter yang berpengaruh terhadap optimasi adalah suhu fluida pendingin. Untuk meningkatkan gradien suhu yang tinggi digunakan alat penukar kalor yang didesain untuk menyerap panas fluida untuk menghasilkan suhu fluida dibawah 10°C. Metode sebaran dan penentuan level menggunakan metode taguchi. Penentuan parameter dan level didasarkan pada rekomendasi pahat dan spesifikasi mesin milling. Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah aluminium AC4B dan pahat HSS-Superhard End Milling 5 mm. Dari hasil pengujian proses permesinan pada material aluminium dengan variasi pendingin didapatkan untuk kondisi permesinan menghasilkan kekasaran permukaan paling halus pada *spindle speed* 1500 rpm, *feed rate* 98 mm/min, *depth of cut* 1 mm, dan *cutting condition* udara dingin. Kondisi permesinan yang menghasilkan temperatur pahat paling rendah pada *spindle speed* 565 rpm, *feed rate* 132 mm/min, *depth of cut* 0.75 mm, dan *cutting condition* udara dingin. Kondisi permesinan yang membutuhkan daya permesinan paling kecil pada *spindle speed* 565 rpm, *feed rate* 98 mm/min, *depth of cut* 0,5 mm, dan *cutting condition* neat oil. Semakin rendah feed rate akan menghasilkan kekasaran permukaan yang semakin halus, berbanding lurus dengan suhu pendinginan. Pendinginan dengan udara dingin menjadi faktor dominan pada optimasi permesinan milling.

Kata Kunci: *Optimasi Milling, Surface Raughness, Aluminium AC4B, Metode Taguchi*

PENDAHULUAN

Proses pembentukan komponen melalui permesinan dilakukan dengan cara membuang bagian benda kerja yang tidak dipergunakan (*geram/chips*), sehingga terbentuk benda kerja. Proses pemotongan dengan menggunakan mesin perkakas adalah proses yang

¹ Magister Teknik Mesin Universitas Diponegoro Semarang

² Magister Teknik Mesin Universitas Diponegoro Semarang

³ Magister Teknik Mesin Universitas Diponegoro Semarang

paling banyak dilakukan untuk menghasilkan sebuah produk yang berbahan baku dari logam. Diperkirakan sekitar 60% sampai dengan 80% dari seluruh proses pembuatan komponen mesin yang komplit dilakukan dengan proses pemesinan (**Rochim, 2007**). Kualitas barang produksi yang dianggap baik biasanya ditandai dengan kualitas permukaan komponen yang baik. Untuk mendapatkan hasil kualitas permukaan yang sesuai dengan tuntutan perancangan bukanlah hal yang mudah, karena banyak faktor yang harus diperhatikan. Seorang operator mesin harus memiliki pengetahuan yang benar tentang penggunaan alat ukur dan mesin supaya dapat memenuhi permintaan penyelesaian permukaan (*surface finish*) yang sesuai dengan perancangan.

Parameter pemesinan yang terdiri dari kecepatan putaran spindle (*spindle speed*), kecepatan pemakanan (*feed rate*), kedalaman pemakanan (*depth of cut*) dan penggunaan cairan pendingin (kondisi pemotongan) sangat mempengaruhi dari hasil produksi. Penelitian ini bertujuan mencari optimasi permesinan *milling* pada material dengan kekerasan tinggi seperti *stainless steel* dengan metode taguchi. Metode ini digunakan dengan tujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses dalam waktu yang bersamaan sehingga diperoleh kondisi yang optimal.

Menurut **Wang M.Y. (2004)**, yang melakukan analisis pengaruh kecepatan potong, kecepatan pemakanan, kedalaman pemakanan dan geometri pahat terhadap kekasaran permukaan ketika melakukan *slot end milling* pada material Al 2014-T6. Hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa untuk kondisi tanpa cairan pendingin, kekasaran permukaan sangat dipengaruhi oleh kecepatan potong, kecepatan pemakanan dan geometri pahat. Sedangkan untuk kondisi dengan cairan pendingin, faktor yang sangat berpengaruh terhadap kekasaran permukaan adalah kecepatan pemakanan dan geometri pahat.

Bernardos P.G. dan Vosniakos G.C. (2003) memprediksi hubungan antara kedalaman pemakanan, kecepatan makan per gigi, kecepatan potong, pahat, cairan pendingin dan gaya potong dengan kekasaran permukaan pada pemesinan *milling* paduan aluminium. Penelitian yang dilakukan menggunakan *Taguchi design of experimental* dan *Artificial Neural Networks*. Parameter pemesinan memiliki pengaruh signifikan terhadap kekasaran permukaan adalah kecepatan putaran spindle dan kondisi pemotongan. Bertambahnya kedalaman pemakanan ataupun kecepatan potong tidak meningkatkan hasil kekasaran pada benda uji (**Widodo, 2010**). Parameter yang mempengaruhi hasil kualitas permukaan

suatu komponen diketahui bahwa parameter yang memiliki pengaruh signifikan terhadap kekasaran permukaan adalah kecepatan potong, kedalaman pemakanan, dan kecepatan pemakanan (**Sunaryo, 2010**). Kondisi optimal kekasaran terendah permukaan dapat dicapai pada kedalaman pemakanan level 3 (1.5 mm), *kecepatan potong* pada level 1 (20 m/min), *gerak makan* pada level 2 (0.33 mm/rev) dengan kombinasi tersebut dihasilkan harga kekasaran terendah 1,52 μm .

Pendinginan menggunakan udara-dingin pada proses pemesinan logam diharapkan menjadi nilai tambah pada usaha pemesinan logam, karena secara ekonomis mampu mengurangi biaya yang seharusnya digunakan untuk: membeli cairan pendingin, membeli pahat akibat rendahnya umur pahat, serta biaya pengiriman dan pengolahan limbah. Dari beberapa literatur yang telah disebutkan diatas, pada proses pemesinan *milling* terdapat beberapa parameter yang berpengaruh pada kekasaran permukaan komponen diantaranya adalah kecepatan pemotongan atau kecepatan putaran spindel, kedalaman pemakanan, geometri pahat, kecepatan pemakanan, dan penggunaan cairan pendingin.

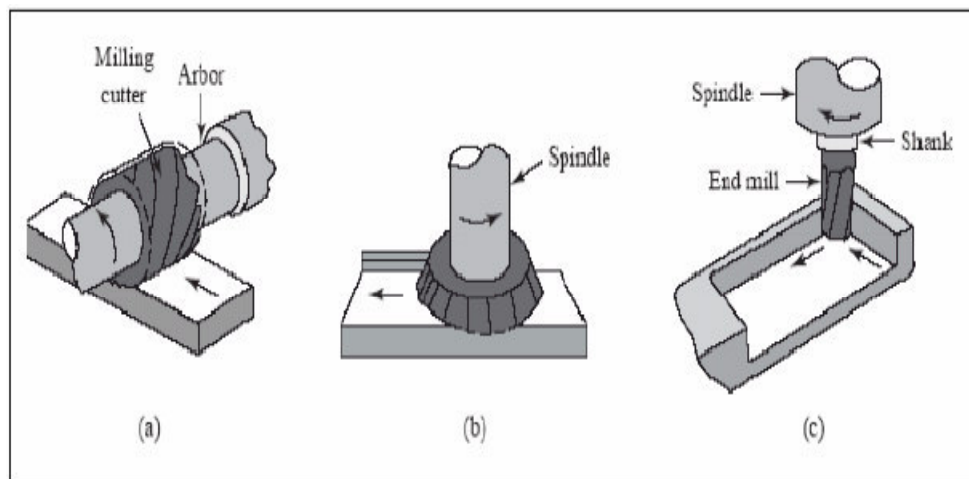
Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan kondisi optimal dari parameter pemesinan terhadap hasil kekasaran permukaan komponen. Bahan yang digunakan adalah material Aluminium AC4B. Untuk proses optimasi, metode eksperimen yang digunakan adalah metode *Taguchi*. Metode *Taguchi* adalah metode eksperimen yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses dalam waktu yang bersamaan menekan biaya dan sumber daya seminimal mungkin sehingga dicapai kondisi yang optimal dan efisien (**Soejanto dan Irwan, 2009**). Solusi yang dapat dilakukan untuk meningkatkan optimasi pemesinan *milling* dengan meningkatkan efektifitas pendinginan udara dengan menggunakan udara yang lebih dingin untuk meningkatkan fungsi udara sebagai media pendingin. Dalam eksperimen ini peneliti mencoba meningkatkan gradien suhu dengan mendinginkan udara melalui penukar kalor. Alat di desain untuk menyerap panas fluida agar dapat di atur pada kondisi suhu fluida pada (8-10) °C.

LANDASAN TEORI

Proses pemesinan dilakukan dengan cara memotong bagian benda kerja yang tidak digunakan dengan menggunakan pahat (*cuttingtool*) sehingga terbentuk permukaan benda kerja menjadi komponen yang dikehendaki. Pahat yang digunakan pada satu jenis mesin perkakas akan bergerak dengan gerakan yang relatif tertentu (berputar atau bergeser) dis-

esuaikan dengan bentuk benda kerja yang akan dibuat. Pahat dapat diklasifikasikan sebagai pahat bermata potong tunggal (*single point cutting tool*) dan pahat bermata potong jamak (*multiple point cutting tool*). Pahat dapat melakukan gerak potong (*cutting*) dan gerak makan (*feeding*). Proses *Miling* dapat diklasifikasikan dalam tiga jenis. Klasifikasi ini berdasarkan jenis pahat, arah penyayatan, dan posisi relatif pahat terhadap benda kerja.

Proses pemesinan *milling* sering digunakan dalam pembuatan cetakan (*mould*), untuk pekerjaan perataan permukaan, pembentukan roda gigi, pembentukan pola permukaan, dan pekerjaan bor. Pada proses pemesinan *milling* terdapat beberapa parameter yang berpengaruh terhadap kekasaran permukaan komponen diantaranya adalah kecepatan pemotongan atau kecepatan putaran spindel, kedalaman pemakanan, geometri pahat, kecepatan pemakanan, dan penggunaan cairan pendingin. Proses terbentuknya geram telah diteliti untuk menemukan bentuk yang mendekati ideal, berapa kecepatan (*speed*), gerak makan (*feed*), dan parameter yang lain, yang di masa yang lalu diperoleh dengan perkiraan oleh para ahli dan operator proses pemesinan.



Gambar 1. (a) Frais periperal (*slab milling*), (b) Frais muka (*face milling*)
(c) Frais jari (*end milling*) (Widarto, 2008)

Frais Periperal (*Peripheral Milling*) seringkali disebut juga dengan *slab milling*, permukaan yang difrais dihasilkan oleh gigi pahat yang terletak pada permukaan luar badan alat potongnya. Sumbu dari putaran pahat biasanya pada bidang yang sejajar dengan permukaan benda kerja yang disayat. Frais muka (*Face Milling*) Pada frais muka, pahat dipasang pada spindel yang memiliki sumbu putar tegak lurus terhadap permukaan benda

kerja. Permukaan hasil proses frais dihasilkan dari hasil penyayatan oleh ujung dan selubung pahat. Frais jari (*End Milling*) Pahat pada proses frais ujung biasanya berputar pada sumbu yang tegak lurus permukaan benda kerja.

Dalam proses pemesinan dikenal adanya dua macam kondisi pemotongan yaitu kondisi kering (*dry machining*) dan kondisi basah (*wet machining*). Pada proses kering proses pemotongan benda kerja dilakukan dengan tanpa menggunakan cairan pendingin. Sedangkan pada proses basah proses pemotongan dilakukan dengan penambahan cairan pendingin pada permukaan pahat dan benda kerja. Fungsi cairan pendingin adalah melumasi proses pemotongan khususnya pada kecepatan potong rendah, mendinginkan benda kerja khususnya pada kecepatan potong tinggi dan membuang geram dari daerah pemotongan (**Widarto, 2008**). Pada proses pemotongan logam, temperatur pahat dan benda kerja akan naik yang disebabkan karena adanya gesekan diantara keduanya.

Cooling Sistem

Dalam proses pemesinan dikenal adanya dua macam kondisi pemotongan yaitu kondisi kering (*dry machining*) dan kondisi basah (*wet machining*). Pada proses kering proses pemotongan benda kerja dilakukan dengan tanpa menggunakan cairan pendingin. Cairan pendingin pada proses pemesinan memiliki beberapa fungsi, yaitu fungsi utama dan fungsi kedua. Fungsi utama adalah fungsi yang dikehendaki oleh perencana proses pemesinan dan operator mesin perkakas. Fungsi kedua adalah fungsi tak langsung yang menguntungkan dengan adanya penerapan cairan pendingin tersebut. Fungsi utama dari cairan pendingin pada proses pemesinan adalah melumasi proses pemotongan khususnya pada kecepatan potong rendah, mendinginkan benda kerja khususnya pada kecepatan potong tinggi dan membuang geram dari daerah pemotongan (**Widarto, 2008**).

Temperatur Pemotongan Logam

Pada proses pemotongan logam, temperatur pahat dan benda kerja akan naik yang disebabkan karena adanya gesekan diantara keduanya. Jika tidak didinginkan hal ini akan menaikkan laju keausan pahat dan menimbulkan kerusakan pada benda kerja. Pada proses pemotongan logam, temperatur pahat dan benda kerja akan naik yang disebabkan karena adanya gesekan diantara keduanya. Jika tidak didinginkan hal ini akan menaikkan laju keausan pahat dan menimbulkan kerusakan pada benda kerja.

Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan dengan menggunakan pendinginan metode MQL/MQC diperoleh hasil yang hampir sama dengan menggunakan pendinginan *dromus*, tetapi metode MQL/MQC ini memiliki kekurangan yaitu timbulnya *aerosol coolant* di daerah pemotongan logam, hal ini jelas akan membahayakan kesehatan operator.

Aluminium AC4B

Benda kerja yang digunakan adalah aluminium AC4B mengandung unsur silikon dalam paduan tersebut dapat meningkatkan ketahanan korosi dan aus, meningkatkan karakteristik *casting* dan *machining* pada paduan. Berdasarkan komposisi silikon dalam paduan, AC4B memiliki mikrostruktur hipoeutektik.

Kekasaran Permukaan Benda Kerja

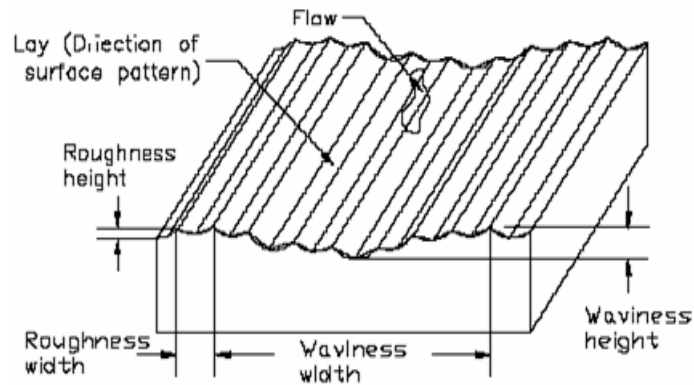
Fokus utama pada industri permesinan modern saat ini adalah pencapaian kualitas terbaik, akurasi dimensi atau kepresisian hasil permesinan, hasil akhir permukaan, produktivitas yang tinggi, laju keausan pahat yang rendah, permesinan yang ekonomis dan peningkatan performansi produk dengan masih mempertimbangkan dampak lingkungan. Saat ini, beberapa segmen konsumen menuntut komponen hasil permesinan dengan kriteria kekasaran tertentu, selain itu menuntut juga agar komponen tersebut diproses atau dikerjakan dalam waktu yang cepat.

Kekasaran Permukaan, menurut istilah keteknikan, permukaan adalah suatu batas yang memisahkan benda padat dengan sekitarnya. Istilah profil sering disebut dengan istilah lain yaitu permukaan mempunyai arti tersendiri yaitu garis hasil pemotongan secara normal atau serong dari suatu penampang permukaan. Menurut **(Vorburger, T.V. dan J. Raja, 1990)** kekasaran terdiri dari ketidakraturan dari tekstur permukaan, yang pada umumnya mencakup ketidakraturan yang diakibatkan oleh perlakuan selama proses produksi. Contoh bentuk taktur permukaan benda kerja dapat dilihat pada Gambar 2.

Karakteristik suatu permukaan memegang peranan penting dalam menilai kualitas hasil permesinan, kekasaran permukaan dibedakan menjadi dua bentuk, diantaranya:

- a. *Ideal Surface Roughness*, yaitu: kekasaran ideal yang dapat dicapai dalam suatu proses permesinan dengan kondisi ideal.
- b. *Natural Surface Roughness*, yaitu: kekasaran alamiah yang terbentuk dalam proses permesinan karena adanya beberapa faktor yang mempengaruhi proses permesinan di-

antaranya karena keahlian operator, getaran yang terjadi pada mesin ketidakteraturan *feed mekanisme*, adanya cacat pada material dan gesekan antara chip dan material.



Gambar 2. Tekstur permukaan benda kerja (S. Lou, Mike., dkk., 1998).

Untuk mengukur kekasaran permukaan salah satunya digunakan *Surface Roughness Tester* seperti pada Gambar 3. Penelitian tentang kekasaran permukaan sampai saat ini terus dilakukan. Pada Tabel 4 menunjukkan perkembangan penelitian mengenai kekasaran permukaan.

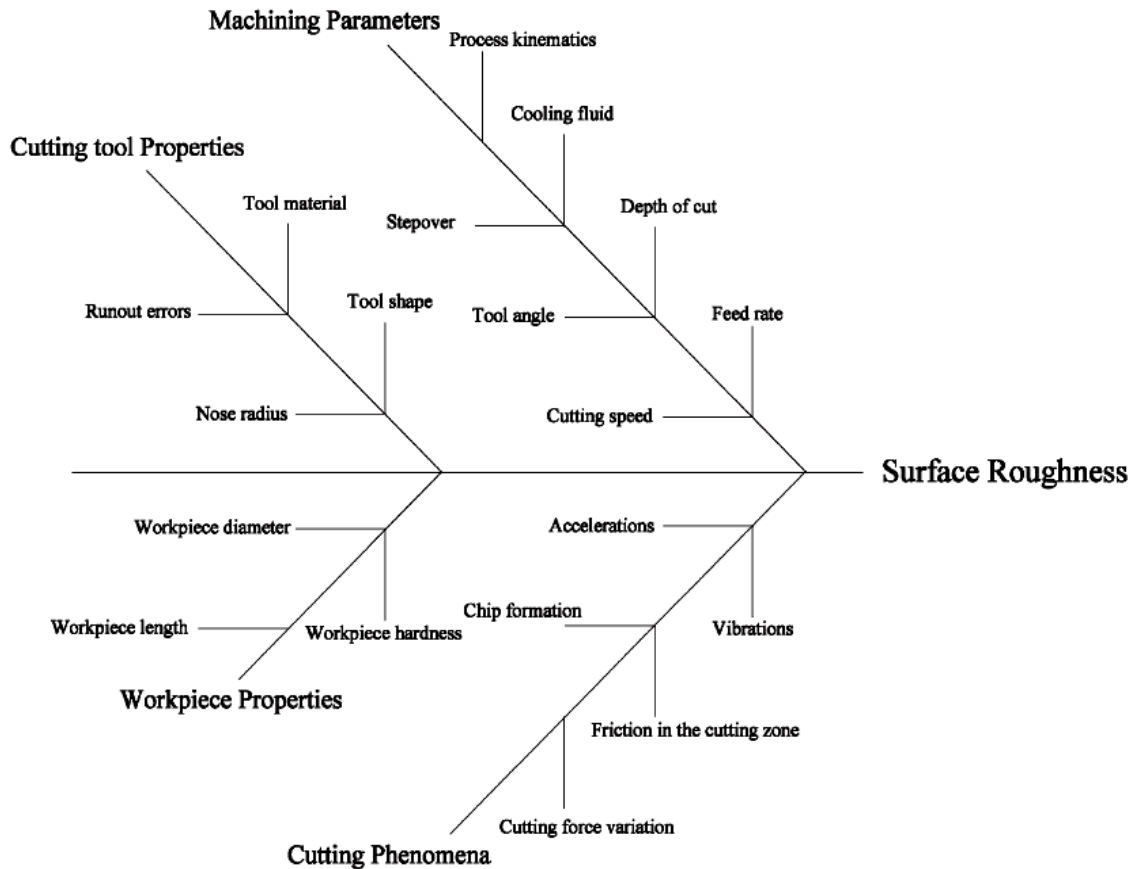


Gambar 3. *Surface Roughness Tester* Kosaka Japan

Desain Ekperimen dengan Metode Taguchi

Metode Taguchi adalah desain eksperimen adalah evaluasi secara serentak terhadap dua atau lebih faktor atau parameter terhadap kemampuannya untuk mempengaruhi rata-rata hasil atau variabilitas hasil gabungan dari karakteristik produk atau proses tertentu. Untuk mencapai hal itu secara efektif level dari kontrol harus dibuat bervariasi, hasil

dari kombinasi pengujian tertentu diamati dan dikumpulkan untuk selanjutnya dianalisa untuk menentukan faktor mana yang berpengaruh dan mengetahui hasil maksimal yang dapat diperoleh. 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*).



Gambar 4 Diagram *Fishbone* Faktor-Faktor Yang Berpengaruh Terhadap Kekasaran Permukaan (Benardos, P.G., 2003)

Filosofi Taguchi terhadap kualitas terdiri dari dari tiga buah konsep, yaitu:

- a. Kualitas harus didesain ke dalam produk dan bukan sekedar memeriksanya.
- b. Kualitas terbaik dicapai dengan meminimumkan deviasi dari target. Produk harus didesain sehingga kokoh (*robust*) terhadap faktor lingkungan yang tidak dapat dikontrol.

- c. Biaya kualitas harus diukur dengan fungsi deviasi standar tertentu dan kerugian harus diukur pada seluruh sistem.

METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penelitian ini yang digunakan adalah desain eksperimen dengan empat faktor dan tiga level sesuai dengan pola orthogonal L9 seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Orthogonal Array L9.

Kondisi Percobaan	A	B	C	D
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	3	3	3
4	2	1	2	3
5	2	2	3	1
6	2	3	1	2
7	3	1	3	2
8	3	2	1	3
9	3	3	2	1

Tabel 2. Perencanaan Data Ekperimen Taguchi Aluminium AC4B

Parameter	Faktor	Level 1	Level 2	Level 3
<i>Spindel speed</i>	A	565	950	1500
<i>Feed rate</i>	B	98	132	200
<i>Depth of cut</i>	C	0.5	0.75	1
<i>Cutting Condition</i>	D	Neat Oil (MQL)	Udara Dingin	Nitrogen

**Tabel 3. Hasil Pengujian Kekerasan Spesimen Aluminium
Penetrator Brale Beban 60 Kg**

NO	JENIS MATERIAL	TITIK	KEKERASAN (HRA)
1	Aluminium AC4B	1	48
		2	48
		3	48
		Rata-Rata	48,00

Langkah – langkah pelaksanaan penelitian adaah sebagai berikut:

1. Persiapan, yaitu menyiapkan mesin skrap, mesin potong, spesimen uji, kompresor udara, *air cooling system* dan *adjustable spot cooler*.
2. Merangkai alat pendingin berupa kompresor udara, *air cooling system*, perangkat ukur suhu dan tekanan fluida pada penurun suhu udara dan nosel yang digunakan/ *adjustable spot cooler*.
3. Membuat Pembuatan Specimen, yang akan digunakan terlebih dahulu dipotong dengan mesin potong listrik, kemudian diskrap untuk meratakan permukaan dan pada sudut – sudut yang tajam dikikir, dimensi specimen adalah aluminium dengan panjang 50 mm, lebar 50 mm dan tebal 40 mm
4. Memberi jarak pada spesimen uji untuk setiap jarak pengambilan data dengan pahat 5 mm, masing – masing permukaan digunakan untuk 3 alur.
5. Penerapan permesinan milling dengan menggunakan udara dingin, nitrogen dan neat oil dengan melalui penukar kalor.
6. Dengan menggunakan table taguchi sesuai faktor dan level pengaruh level terhadap rata-rata kekasaran permukaan daerah hasil proses milling pada material aluminium AC4B.
7. Interpretasi hasil didasarkan smaller the better, dengan analisis ini maka kekasaran terkecil merupakan hasil yang paling optimum.
8. Parameter dan level dianalisis dengan ANOVA.

Prinsip kerja system pendinginan yang digunakan adalah dengan memanfaatkan udara pendingin yang telah diatur agar mencapai suhu yang rendah dengan dilewatkan pada ruang pendingin.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil eksperimen dan perhitungan dilakukan analisa dengan menggunakan analisa varian sesuai parameter, level dan pengolahan data dengan menggunakan analisis ANOVA (Analisis Varian) Taguchi. ANOVA untuk matrik ortogonal dilakukan berdasarkan perhitungan jumlah kuadrat untuk masing-masing kolom seperti tampak pada Tabel 1 sampai dengan Tabel 3. Tabel 1 dapat dilihat *feed rate* menempati peringkat pertama untuk respon kekasaran permukaan daerah hasil proses milling, ini menunjukkan bahwa *feed rate* memiliki pengaruh paling besar terhadap hasil kekasaran permukaan hasil proses mil-

ling. Sedangkan Tabel 2 menunjukkan *cutting condition* menempati peringkat pertama untuk respon temperatur pahat, ini berarti bahwa *cutting condition* memiliki pengaruh paling besar terhadap hasil temperatur pahat. Tabel 3 menunjukkan *cutting condition* menempati peringkat pertama untuk respon konsumsi daya listrik mesin milling, ini berarti *cutting condition* memiliki pengaruh paling besar terhadap konsumsi daya listrik mesin milling.

Tabel 1. Respon Pengaruh Level Terhadap Rata-Rata Kekasaran Permukaan Hasil Proses *Milling* Pada Material Aluminium

Faktor	Level			Selisih (maks - min)	Ranking
	1	2	3		
<i>Spindel speed</i>	2.2749	1.2570	1.5468	1.0179	3
<i>Feed rate</i>	1.0500	2.6284	1.4003	1.5783	1
<i>Depth of cut</i>	1.4042	2.4852	1.1893	1.2959	2
<i>Cutting condition</i>	1.8188	1.7340	1.5259	0.2929	4

Tabel 2 Respon Pengaruh Level Terhadap Rata-Rata Temperatur Pahat Pada Material Aluminium

Faktor	Level			Selisih (maks - min)	Ranking
	1	2	3		
<i>Spindel speed</i>	25.50	25.57	25.21	0.36	4
<i>Feed rate</i>	25.61	25.19	25.48	0.42	3
<i>Depth of cut</i>	25.49	25.18	25.61	0.43	2
<i>Cutting condition</i>	27.04	22.18	27.06	4.88	1

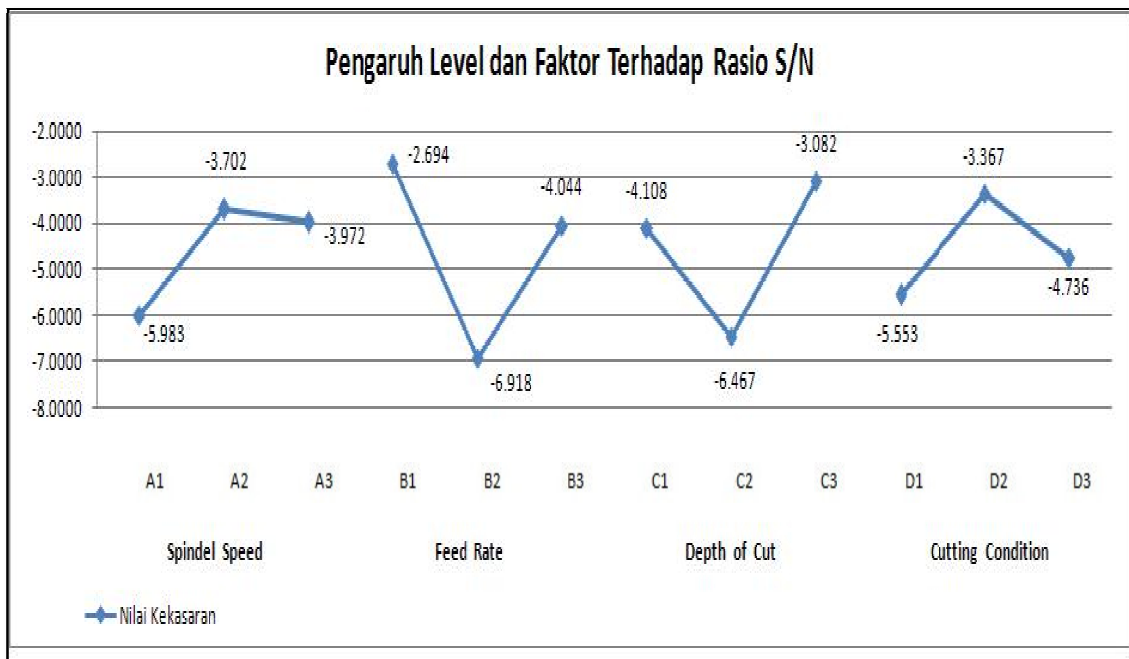
Tabel 3 Respon Pengaruh Level Terhadap Rata-Rata Konsumsi Daya Listrik Mesin *Milling* Pada Material Aluminium

Faktor	Level			Selisih (maks - min)	Ranking
	1	2	3		
<i>Spindel speed</i>	376.44	373.51	377.67	4.16	4
<i>Feed rate</i>	372.53	380.11	374.98	7.58	3
<i>Depth of cut</i>	381.58	373.51	372.53	9.04	2
<i>Cutting condition</i>	366.67	400.89	366.67	34.22	1

Pengaruh level dari faktor terhadap kekasaran permukaan daerah hasil proses milling, temperatur pahat dan daya listrik mesin milling pada material aluminium. Untuk mengidentifikasi pengaruh level dari faktor terhadap rata-rata kekasaran permukaan dae-

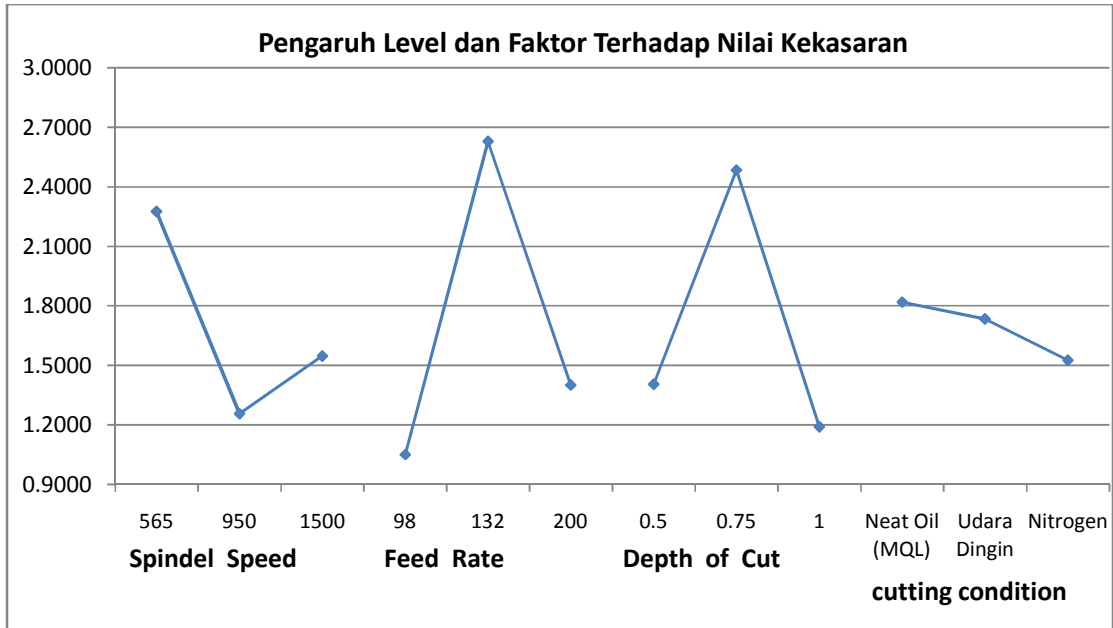
rah hasil proses milling, rata-rata temperatur pahat, dan rata-rata konsumsi daya listrik mesin milling dilakukan pengolahan data respon (data asli) yang diperoleh melalui pengujian. Angka kekasaran permukaan dan pengaruh level dan factor pada aluminium dapat di lihat pada Grafik 1, 2 dan 3.

Pada grafik kekasaran Gambar 1 dan 2 menunjukkan bahwa kekasaran permukaan paling halus pada *spindle speed* 1500 rpm, *feed rate* 98 mm/min, *depth of cut* 1 mm dan *cutting condition* udara dingin. Sedangkan nilai kekasaran paling tinggi dihasilkan pada *spindle speed* 580 rpm, *feed rate* 132 mm/min, *depth of cut* 0,75 mm dan *cutting condition* neat oil.

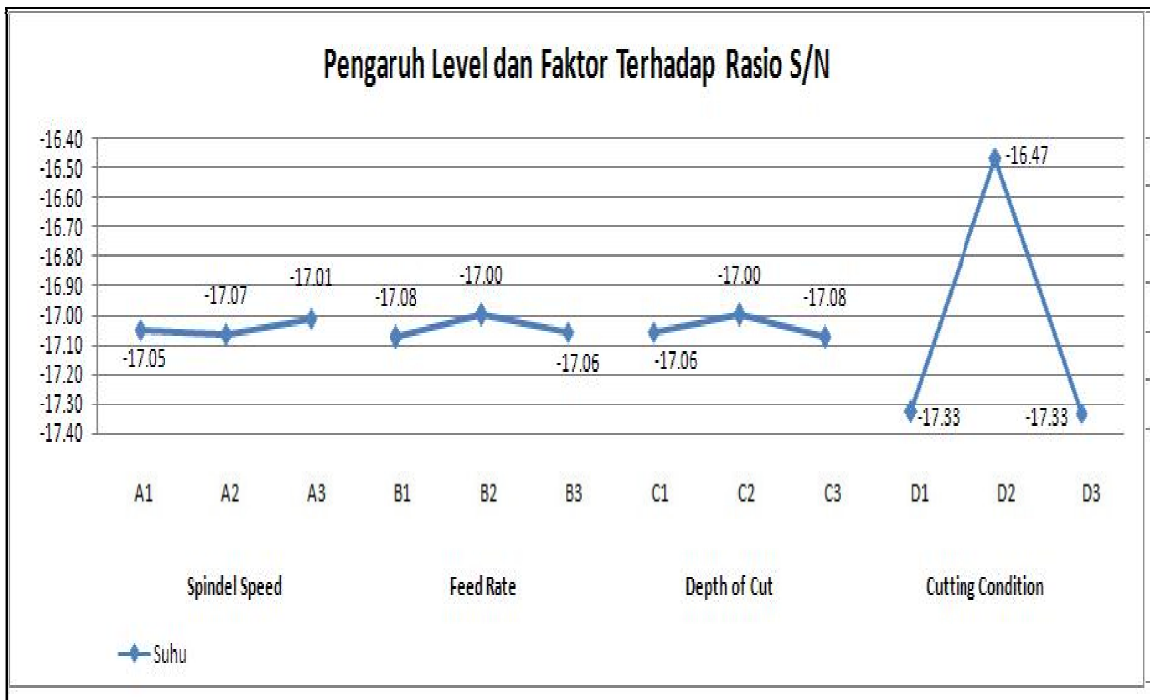


Gambar 1. Grafik Kekasaran Permukaan Hasil Proses Milling Material Aluminium

Pada Grafik 3, menunjukkan bahwa, Kondisi permesinan yang menghasilkan temperatur pahat paling rendah pada *spindle speed* 565 rpm, *feed rate* 132 mm/min, *depth of cut* 0.75 mm, dan *cutting condition* udara dingin Sedangkan temperatur pahat yang paling tinggi pada *spindle speed* 950 rpm, *feed rate* 132 mm/min, *depth of cut* 1 mm, dan *cutting condition* neat oil.



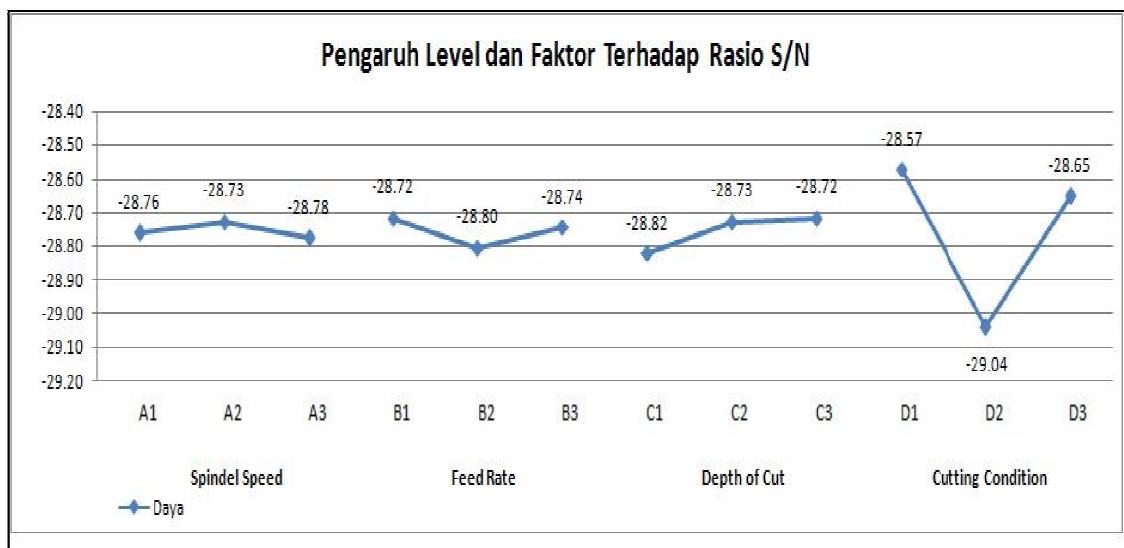
Gambar 2. Grafik Rasio S/N Kekasaran Permukaan Hasil Proses Milling Material Aluminium



Gambar 3. Grafik Rasio S/N Temperatur Pahat Pada Material Aluminium

Pada grafik 4 menunjukkan bahwa, konsumsi daya listrik yang Kondisi permesinan yang membutuhkan daya permesinan paling kecil pada *spindle speed* 565 rpm, *feed rate* 98 mm/min, *depth of cut* 0,5 mm, dan *cutting condition* *neat oil*. Sedangkan konsumsi daya listrik yang paling tinggi pada *spindle speed* 1500 rpm, *feed rate* 132 mm/min, *depth of cut* 0.25 mm, dan *cutting condition* udara dingin.

Dari hasil penelitian untuk aluminium factor yang paling dominan adalah *feed rate* menempati peringkat pertama untuk respon kekasaran permukaan daerah hasil proses milling, ini berarti bahwa *feed rate* memiliki pengaruh paling besar terhadap hasil kekasaran permukaan hasil proses milling. Grafik diatas menunjukkan *cutting condition* menempati peringkat pertama untuk respon temperatur pahat, ini berarti bahwa *cutting condition* memiliki pengaruh paling besar terhadap hasil temperatur pahat dan menempati peringkat pertama untuk respon konsumsi daya listrik mesin milling, ini berarti *cutting condition* memiliki pengaruh paling besar terhadap konsumsi daya listrik mesin milling.



Gambar 4. Grafik Rasio S/N Konsumsi Daya Listrik Mesin Material Aluminium

Dari hasil pengujian proses permesinan pada material aluminium dengan variasi pendingin menggunakan metode Taguchi di dapatkan bahwa kondisi permesinan yang menghasilkan kekasaran permukaan paling halus pada *spindle speed* 1500 rpm, *feed rate* 98 mm/min, *depth of cut* 1 mm, dan *cutting condition* udara dingin. Kondisi permesinan

yang menghasilkan temperatur pahat paling rendah pada *spindle speed* 565 rpm, *feed rate* 132 mm/min, *depth of cut* 0.75 mm, dan *cutting condition* udara dingin.

Kondisi permesinan yang membutuhkan daya permesinan paling kecil pada *spindle speed* 565 rpm, *feed rate* 98 mm/min, *depth of cut* 0,5 mm, dan *cutting condition* neat oil.

KESIMPULAN

Dari hasil pengujian proses permesinan pada material aluminium dengan variasi pendingin menggunakan metode Taguchi dapat disimpulkan bahwa kondisi permesinan yang menghasilkan kekasaran permukaan paling halus pada *spindle speed* 1500 rpm, *feed rate* 98 mm/min, *depth of cut* 1 mm, dan *cutting condition* udara dingin. Kondisi permesinan yang menghasilkan temperatur pahat paling rendah pada *spindle speed* 565 rpm, *feed rate* 132 mm/min, *depth of cut* 0.75 mm, dan *cutting condition* udara dingin.

Kondisi permesinan yang membutuhkan daya permesinan paling kecil pada *spindle speed* 565 rpm, *feed rate* 98 mm/min, *depth of cut* 0,5 mm, dan *cutting condition* neat oil. Semakin rendah feed rate, semakin cepat spindle motor akan menghasilkan kekasaran yang rendah. Faktor suhu fluida sangat dominan untuk suhu proses dengan suhu yang rendah akan mendukung proses permesinan dan kekasaran permukaan. Daya permesinan yang rendah di pengaruhi factor gesek, hal ini di buktikan dengan penggunaan minyak menjadi factor dominan untuk daya permesinan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anshu D. Jayal, A.K. Balaji, Richard Seseek, Adam Gaul dan Dean R. Liliquist, (2007), *Machining performance and health effect of cutting fluid application in drilling of A390.0 cast aluminium alloy*, Journal of Manufacturing Processes, vol. 9 (2). pp. 137-146., AK Steel Corporation, 2007
- Bernardos P.G., Vosniakos G.C. (2003), *Predicting Surface Roughness in Machining: a Review*, International Journal of Machine Tools & Manufacturing, National Technical University of Athens. Greece.
- Rochim, Taufiq. (2007). "Klasifikasi Proses, Gaya dan Daya Permesinan", Institut Teknologi Bandung.
- Seprianto, Dicky dan Rizal, Syamsul. (2009). "Analisa Pengaruh Perubahan Ketebalan Pemakanan, Kecepatan Putaran Pada Mesin, Kecepatan Pemakanan (Feeding)

- Frais Horizontal Terhadap Kekasaran Permukaan Logam*”, Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negri Sriwijaya, Palembang.
- Soejanto, Irwan. 2009. *Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi*. Bandung : Graha Ilmu.
- Sunaryo, 2010, Optimasi Parameter Pemesinan Proses Cnc Frais Terhadap Hasil Kekasaran Permukaan Dan Keausan Pahat Menggunakan Metode Taguchi
- S. Lou, Mike., dkk. (1998), Surface Roughness for CNC End Mill, Journal of Tecnolog, Kaohsiung Taiwan: Cheng Shiu College of Tecnology
- Vorburger ,T.V. dan J. Raja. (1990), Surface Finish Methodoly Tutorial, U.S.Department of Commerce National Institite of Standards on Thenology:Gaithersburg, MD 20899
- Wang M. Y., Chang H. Y. (2004), *Experimental Study of Surface roughness in Slot End Milling Al2014-T6*, International Journal of Machine Tools & Manufacturing, Vol. 8 No. 1, Tatung University, Taiwan.
- Y, Su. dkk. (2006). “*Refrigerated cooling air cutting of difficult-to-cut materials*”, College of Mechanical and Electrical Engineering, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, PR China.
- Yang, John L. et al. (2001), *A Systematic Approach for Identifying Optimum Surface Roughness Performance in End Milling Operations*, Journal Industrial Technology, Iowa State University.

PENULIS:

1. BAMBANG SUGIANTORO ST, MT,
Staf Pengajar Program Sarjana Teknik Mesin STT Wiworotomo Purwokerto.
2. RUSNALDHY, ST, MT, PH.D
MTM UNDIP Semarang
3. DR.SUSILO ADI WIDYANTO, ST, MT
MTM UNDIP Semarang