

## OPTIMASI LAJU Pengerjaan Bahan dan Kekasaran Permukaan Proses End Milling ASSAB XW-42 Menggunakan Metode Taguchi

Nuraini Lusi<sup>1)</sup>, Anggra Fiveriati<sup>2)</sup>, Dian Ridlo Pamuji<sup>3)</sup>, dan Akhmad Afandi<sup>4)</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Teknik Mesin, Politeknik Negeri Banyuwangi, Jalan Raya Jember Km 13 Kabat  
E-mail: nurainilusi@poliwangi.ac.id

### Abstract

*The quality characteristics of the end mill machining process are determined by the surface finish of the workpiece and the productivity of the machining process. In this study, the Taguchi method was used as the design of experiment to obtain the process variable setting which resulted in the optimum response variable. Based on the results of the study, the maximum material removal rate was obtained with vegetable oil coolant, cutting speed of 9.7 m / min, feeding speed of 111.9 mm / rev, and axial cutting depth of 0.125 mm. Minimum surface roughness was obtained with vegetable oil coolant, cutting speed of 17.9 m / min, feeding speed of 33.5 mm/rev, and axial cutting depth of 0.5 mm.*

**Keywords:** ASSAB XW-42, end mill, Taguchi, material removal rate, and surfac roughness

### Abstrak

Karakteristik kualitas dari proses pemesinan *end mill* ditentukan oleh hasil akhir permukaan benda kerja dan produktivitas dari proses pemesinan. Pada penelitian ini, digunakan Metode Taguchi sebagai *design of experiment* untuk mendapatkan *setting* variabel proses yang menghasilkan variabel respon yang optimum. Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan bahwa laju pengerjaan bahan yang maksimum didapatkan dengan cairan pendingin *vegetable oil*, kecepatan potong 9,7 m/min, kecepatan makan 111,9 mm/put, dan kedalaman potong aksial 0,125 mm. Kekasaran permukaan yang minimum didapatkan dengan cairan pendingin *vegetable oil*, kecepatan potong 17,9 m/min, kecepatan makan 33,5 mm/put, dan kedalaman potong aksial 0,5 mm.

**Kata Kunci:** ASSAB XW 42, end mill, Taguchi, LPB, dan kekasaran permukaan.

## PENDAHULUAN

Salah satu jenis baja perkakas (*tool steel*) yang memiliki tingkat kekerasan yang tinggi adalah baja ASSAB XW-42, kekerasan dari baja tersebut adalah 30-60 HRC, Karakteristiknya baja ASSAB XW-42 ini ketahanan korosi yang sangat baik, sehingga baja ini banyak digunakan di industri manufaktur seperti pada proses *bending*, *blanking*, dan *forming* (Pamuji & Lusi, 2020). Aplikasinya banyak digunakan untuk proses pembuatan produk pahat benda kerja atau *cutting tool*, dan digunakan dalam pembuatan *punch* dan *dies* (Norcahyo & Soepangkat, 2017).

Proses *end mill* adalah salah satu pemesinan yang paling banyak digunakan untuk meratakan permukaan beda kerja, membuat profil dan kontur, slot, radius dan alur. Proses *end mill* juga sering digunakan untuk perakitan benda kerja dengan bagian lain. Selama perakitan, kekasaran permukaan akhir menjadi ukuran kualitas yang sangat penting dari permukaan yang diproses. Permukaan akhir merupakan ukuran penting karena dapat meningkatkan ketahanan gesekan, kekuatan lelah atau umur mulur (Patel, Batish, & Bhattacharya, 2009). Selain itu, permukaan akhir hasil *end milling* yang berkualitas tinggi, dapat mengurangi atau sepenuhnya dapat menghilangkan kebutuhan untuk proses *finishing* lanjut. Kekasaran permukaan juga mempengaruhi beberapa atribut fungsional seperti transmisi panas, kemampuan menahan pelumas, gesekan permukaan, keausan dll. Oleh karena itu, untuk mencapai kualitas hasil permukaan akhir yang bagus diperlukan pemilihan dan kontrol yang tepat dari parameter proses.

Kekasaran permukaan merupakan karakteristik kualitas proses pemesinan. Nilai kekasaran permukaan yang semakin rendah menunjukkan kualitas kekasaran permukaan yang tinggi, untuk produktivitas dari proses pemesinan ditunjukkan oleh laju pengerjaan bahan (LPB). Semakin tinggi LPB, maka semakin tinggi produktivitasnya. Setiap proses produksi akan selalu dituntut untuk menghasilkan kualitas yang tinggi dengan produktivitas yang tinggi. Pada proses pemesinan seperti proses *end milling*, kualitas seperti kekasaran permukaan dan produktivitas seperti LPB memiliki karakteristik yang berbeda. Untuk itu, penentuan kombinasi parameter proses *end milling* sangat penting dilakukan untuk mendapatkan hasil yang optimal. Karakteristik respon optimal yang digunakan pada penelitian ini adalah semakin kecil semakin baik (*smaller is better*) dan semakin besar semakin baik (*larger is better*). Karakteristik semakin kecil semakin baik digunakan untuk respon kekasaran permukaan, sedangkan laju pengerjaan material memiliki karakteristik semakin besar semakin baik.

Metode Taguchi pada dasarnya adalah metode yang memungkinkan untuk membuat pilihan cerdas di bidang eksperimental subset parameter eksperimental, yang memungkinkan untuk mempelajari seluruh ruang eksperimental dengan jumlah penentuan eksperimental yang minimum (Titu, 2016). Taguchi mengusulkan metode

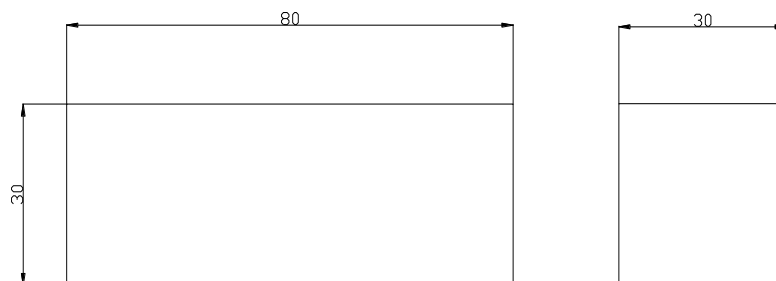
yang sistematis dan efektif untuk melakukan percobaan, metode yang mengarah pada solusi yang tepat dalam hal kinerja dan biaya (Pop & Bianca, 2015). Pada penelitian ini akan digunakan metode Taguchi untuk mencari parameter proses yang menghasilkan respon yang optimal yaitu kekasaran permukaan yang minimum dan LPB yang maksimum. Dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan konstibusi terhadap industry manufaktur dalam meningkatkan produktifitas proses pemesinan dan mendapatkan permukaan hasil (*surface finish*) yang sesuai dengan kriteria tingkat kepresisian benda kerja.

## METODE PENELITIAN

### A. Bahan dan Peralatan

#### 1. Benda Kerja

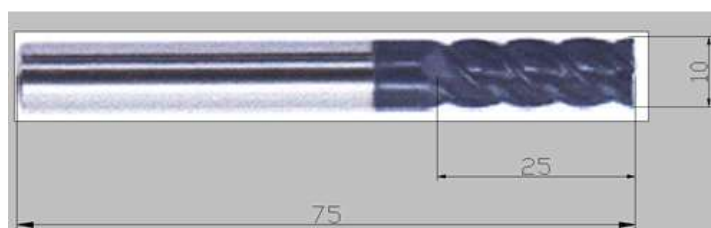
Material baja perkakas ASSAB XW-42 dengan dimensi (30 x 30 x 80) mm dan kekerasan 45 HRC digunakan sebagai benda kerja ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Dimensi benda kerja

#### 2. Pahat

Pahat yang digunakan dalam penelitian ini adalah pahat *end mill solid carbide* dengan empat mata potong seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 dengan diameter pahat *end mill* adalah 10 mm dengan *overall length* 75 mm.



Gambar 2. Dimensi pahat *end mill*

### 3. Surface Roughness Tester

Kekasaran permukaan diukur dengan menggunakan Mitutoyo *surf test* SJ 310 dengan kecermatan sebesar 0,1  $\mu\text{m}$  seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Mitutoyo surf test SJ 310

## B. Variabel Penelitian

### 1. Variabel proses

Variabel proses yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 1. Masing-masing variabel proses memiliki 3 (tiga) level. Seperti ditunjukkan pada tabel, pada penelitian ini terdapat 4 (empat) variabel proses, 3 (tiga) variabel proses terdiri dari 3 (tiga) level dan 1 (satu) variabel proses terdiri dari 2 (dua) level.

Tabel 1.  
Variabel Proses Penelitian

Variabel Proses	Level 1	Level 2	Level 3
Kecepatan potong (Cs)	5,6 m/min	9,7 m/min	17,9 m/min
Kecepatan makan (f)	33,5 m/min	59,4 m/min	111,9 m/min
Kedalaman potong aksial (Ar)	0,25 mm	0,5 mm	0,125 mm
Cairan pendingin	Soluble oil	Vegetable oil	-

### 2. Variabel respon

Variabel respon merupakan variabel yang nilainya akan dipengaruhi oleh variabel proses dan perlakuan yang diberikan. Variabel respon yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai kekasaran permukaan ( $R_a$ ,  $\mu\text{m}$ ) dan laju pengerjaan bahan ( $\text{mm}^3/\text{menit}$ ).

### 3. Variabel konstan

Variabel konstan merupakan variabel yang nilainya dijaga selalu konstan agar tidak berubah selama percobaan, sehingga tidak mempengaruhi hasil penelitian secara signifikan. Variabel konstan pada penelitian ini adalah kedalaman potong radial, diameter *end mill*, jenis operasi freis (freis naik), pahat *end mill solide carbide 4 flute*.

### C. Design of Exeperiment (DOE)

Metode optimasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Taguchi, yaitu menggunakan rancangan percobaan berdasarkan matriks orthogonal dengan tujuan untuk mengefisiensikan dan meminimalkan biaya eksperimen serta memperhatikan faktor gangguan (*noise*). Penentuan matriks ortogonal berdasarkan pada jumlah variabel proses dan levelnya. Dalam penelitian ini, didapatkan perhitungan derajat kebebasan /*degree of freedom* (DoF) dari variable respon seperti ditunjukkan pada Tabel 2. Dari perhitungan tabel didapatkan derajat kebebasan adalah 7, sehingga matriks ortogonal yang akan digunakan harus memiliki derajat kebebasan yang sama atau lebih besar daripada total derajat kebebasan faktor dan level yang telah ditetapkan.

Tabel 2. Derajat Kebebasan Variabel Proses

Variabel Proses	Jumlah Level (k)	DoF (k-1)
Kecepatan potong	3	2
Kecepatan makan	3	2
Kedalaman potong aksial	3	2
Cairan pendingin	2	1
<b>Total Derajat Kebebasan</b>		<b>7</b>

Berdasarkan matriks orthogonal yang tersedia pada DOE, matriks orthogonal L<sub>18</sub> dipilih sebagai rancangan percobaan seperti ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3.  
Rancangan Percobaan Matriks Orthogonal L<sub>18</sub>

No.	Cairan pendingin	Kecepatan potong (m/menit)	Kecepatan makan (mm/put)	Kedalaman potong (mm)
1	Soluble oil	5,6	33,5	0,25
2	Soluble oil	5,6	59,4	0,5
3	Soluble oil	5,6	111,9	0,125
4	Soluble oil	9,7	33,5	0,25
5	Soluble oil	9,7	59,4	0,5
6	Soluble oil	9,7	111,9	0,125
7	Soluble oil	17,9	33,5	0,5
8	Soluble oil	17,9	59,4	0,125

No.	Cairan pendingin	Kecepatan potong (m/menit)	Kecepatan makan (mm/put)	Kedalaman potong (mm)
9	Soluble oil	17,9	111,9	0,25
10	Vegetable oil	5,6	33,5	0,125
11	Vegetable oil	5,6	59,4	0,25
12	Vegetable oil	5,6	111,9	0,5
13	Vegetable oil	9,7	33,5	0,5
14	Vegetable oil	9,7	59,4	0,125
15	Vegetable oil	9,7	111,9	0,25
16	Vegetable oil	17,9	33,5	0,125
17	Vegetable oil	17,9	59,4	0,25
18	Vegetable oil	17,9	111,9	0,5

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Eksperimen pada penelitian ini dilakukan dengan 2 (dua) kali replikasi dan dilakukan secara acak (random) berdasarkan kombinasi variabel proses pada matriks ortghogonal L<sub>18</sub>. Data laju pengerjaan bahan didapat berdasarakan rumus:

$$LPB = \text{Volume Benda kerja yang terbang} (\text{mm}^3) / \text{waktu pemotongan (menit)} \quad (1)$$

Tahapan selanjutnya, untuk mengoptimalkan karakteristik kualitas dari setiap respon pada eksperimen adalah menghitung Rasio S/N seperti pada Tabel 5 yang digunakan untuk memilih nilai level dari variable proses terbesar sesuai dengan karakteristik dari respon kekasaran permukaan dan LPB, dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

- a. LPB dengan karektirstik semakin besar semakin baik,

$$S/N = -10 \log \left[ \frac{\sum_{i=1}^n y_i^2}{n} \right] \quad (2)$$

- b. Kekasaran permukaan dengan karakteristik semakin kecil semakin baik,

$$S/N = -10 \log \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (1/y_i^2)}{n} \right] \quad (3)$$

Tabel 5.

## Data Hasil Eksperimen dan Nilai Rasio S/N

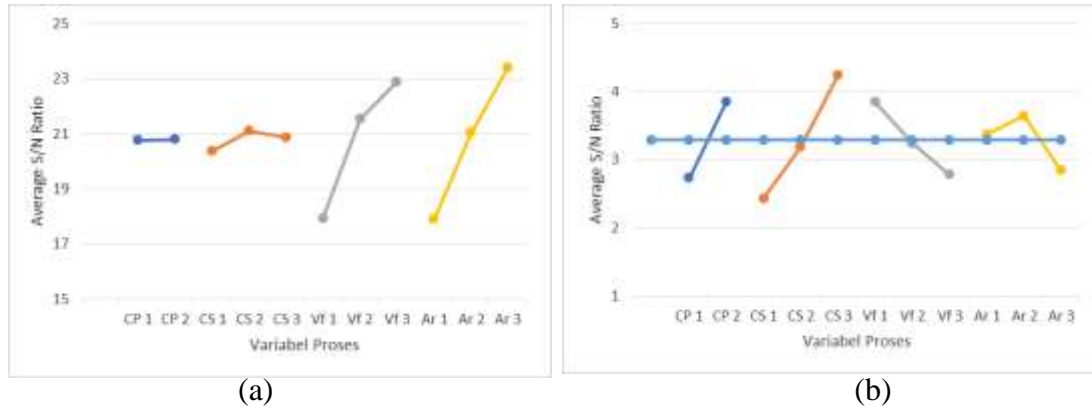
No.	Cairan pendingin	Kecepatan potong (m/menit)	Kecepatan makan (mm/put)	Kedalaman potong (mm)	LPB (m <sup>3</sup> /menit)	Ra (μm)	S/N LPB	S/N Ra
1	Soluble oil	5,6	33,5	0,25	33,187	0,714	15,210	2,929
2	Soluble oil	5,6	59,4	0,5	114,049	0,806	20,571	1,879
3	Soluble oil	5,6	111,9	0,125	275,845	0,855	24,407	1,361
4	Soluble oil	9,7	33,5	0,25	33,323	0,654	15,227	3,685
5	Soluble oil	9,7	59,4	0,5	281,472	0,726	24,494	2,781
6	Soluble oil	9,7	111,9	0,125	280,441	0,807	24,478	1,863
7	Soluble oil	17,9	33,5	0,5	32,463	0,606	15,114	4,351
8	Soluble oil	17,9	59,4	0,125	332,760	0,687	25,221	3,267
9	Soluble oil	17,9	111,9	0,25	171,318	0,749	22,338	2,510
10	Vegetable oil	5,6	33,5	0,125	131,332	0,658	21,184	3,639
11	Vegetable oil	5,6	59,4	0,25	57,370	0,723	17,587	2,823
12	Vegetable oil	5,6	111,9	0,5	217,949	0,794	23,384	2,001
13	Vegetable oil	9,7	33,5	0,5	87,335	0,577	19,412	4,776
14	Vegetable oil	9,7	59,4	0,125	234,483	0,690	23,701	3,229
15	Vegetable oil	9,7	111,9	0,25	87,606	0,720	19,425	2,859
16	Vegetable oil	17,9	33,5	0,125	144,053	0,650	21,585	3,745
17	Vegetable oil	17,9	59,4	0,25	58,621	0,532	17,681	5,478
18	Vegetable oil	17,9	111,9	0,5	218,670	0,494	23,398	6,125

Dari hasil perhitungan pada Tabel 5, selanjutnya menghitung rata-rata S/N rasio pada masing-masing level variabel proses. Tabel 6 menunjukkan rata-rata S/N dari LPB dan kekasaran permukaan (Ra). Grafik untuk plot nilai rata-rata dari nilai S/N rasio pada masing-masing level dari variabel proses kecepatan potong, gerak makan, kedalaman potong dan jenis cairan pendingin ditunjukkan pada Gambar 4.

Tabel 6.

## Rata-rata Rasio S/N LPB dan kekasaran permukaan (Ra)

Variabel Proses	Level 1	Level 2	Level 3	Variabel Proses	Level 1	Level 2	Level 3
CP	20,785	20,817	-	CP	2,736	3,853	-
Vc	20,390	21,123	20,889	Vc	2,439	3,199	4,246
f	17,955	21,543	22,905	f	3,854	3,243	2,787
Ar	17,911	21,062	23,429	Ar	3,381	3,652	2,851
Rata-rata		<b>20,801</b>		Rata-rata		<b>3,295</b>	



Gambar 4. Grafik Rata-rata Nilai S/N Rasio

Berdasarkan rata-rata nilai rasio S/N dan plotting nilai tersebut pada masing-masing level variabel proses, dapat ditentukan nilai level untuk kombinasi parameter proses yang menghasilkan respon LPB yang maksimum seperti ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7.

Kombinasi Level variabel Proses untuk LPB

Variabel Proses	Satuan	Tingkatan Level	Nilai Level
Cairan pendingin	-	Level 2	Vegetable oil
Kecepatan potong	m/min	Level 2	9,7
Kecepatan makan	mm/put	Level 3	111,9
Kedalaman potong aksial	mm	Level 3	0,125

level untuk kombinasi parameter proses yang menghasilkan respon kekasaran permukaan yang minimum seperti ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8.

Kombinasi Level variabel Proses untuk Kekasaran Permukaan

Variabel Proses	Satuan	Tingkatan Level	Nilai Level
Cairan pendingin	-	Level 2	Vegetable oil
Kecepatan potong	m/min	Level 3	17,9
Kecepatan makan	mm/put	Level 1	33,5
Kedalaman potong aksial	mm	Level 2	0,5

## SIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dengan metode Taguchi, dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi nilai variabel proses kecepatan potong dan kecepatan makan maka semakin tinggi laju pengerjaan bahan. Untuk kekasaran permukaan didapatkan dengan



pengaturan parameter proses kecepatan potong pada level tertinggi dan kecepatan makan pada level terendah.

## DAFTAR PUSTAKA

- Norcahyo, R., & Soepangkat, B. O. P. (2017). Optimization of multi response in end milling process of ASSAB XW-42 tool steel with liquid nitrogen cooling using Taguchi-grey relational analysis. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 1855, p. 20011). AIP Publishing LLC.
- Pamuji, D. R., & Lusi, N. (2020). Optimasi Parameter Proses Bubut Material ST 60 dengan Pendinginan Ramah Lingkungan Menggunakan Metode Taguchi-Grey. *Rekayasa Mesin, 10*(3), 245–255.
- Patel, K., Batish, A., & Bhattacharya, A. (2009). Optimization of surface roughness in an end-milling operation using nested experimental design, 361–373. <https://doi.org/10.1007/s11740-009-0177-x>
- Pop, B., & Bianca, A. (2015). Application of Taguchi's Method for Study of Machining Parameters on Surface Roughness of 7136 Aluminum Alloy in End Milling. In *Applied Mechanics and Materials* (Vol. 809, pp. 123–128). Trans Tech Publ.
- Titu, M. (2016). Contribution on Taguchi ' s Method Application on the Surface Roughness Analysis in End Milling Process on 7136 Aluminium Alloy Contribution on Taguchi ' s Method Application on the Surface Roughness Analysis in End Milling Process on 7136 Aluminium Alloy. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/161/1/012014>