

## KOMBINASI OPTIMUM KONDISI PEMOTONGAN BUBUT CNC DENGAN MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI

### *OPTIMUM COMBINATION OF CNC LATHE CUTTING CONDITIONS USING THE TAGUCHI METHOD*

Aditya Bernaldo<sup>1</sup>, Rifelino<sup>2</sup>, Yufrizal A<sup>3</sup> dan Febri Prasetya<sup>4</sup>  
Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang  
Kampus Air Tawar, Padang 25131, Indonesia

[adityabernaldo7@gmail.com](mailto:adityabernaldo7@gmail.com)

[riefel@ft.unp.ac.id](mailto:riefel@ft.unp.ac.id)

[yufrizal\\_y@yahoo.com](mailto:yufrizal_y@yahoo.com)

[febriprasetya13@gmail.com](mailto:febriprasetya13@gmail.com)

#### **Abstrak**

Kekasaran permukaan merupakan suatu ukuran kualitas yang dihasilkan dari proses pemesinan. Nilai dari kekasaran permukaan dipengaruhi oleh beberapa faktor proses pemesinan, yaitu kondisi pemotongan, temperatur lingkungan, kondisi pahat, pemasangan benda kerja pada sistem pemegangnya, gaya-gaya pemotongan dan kualitas geometri mesin yang digunakan. Aplikasi metode Taguchi dapat membantu dalam mendesain kombinasi dari kondisi pemotongan dan membuat produk kualitas tinggi serta biaya produksi yang kecil. Tujuan dalam penelitian ini adalah untuk memperoleh nilai kekasaran permukaan yang kecil dari kombinasi kondisi pemotongan bubut CNC dan memperoleh persentase kontribusi dari masing-masing faktornya. Metode yang dipakai dalam penelitian adalah metode eksperimen Taguchi dengan memakai 4 faktor dan 3 level pada setiap faktornya. Mesin yang dioperasikan adalah mesin bubut CNC CKE6140Z dan menggunakan pahat *insert* karbida. Spesimen yang digunakan adalah baja karbon menengah S45C dengan diameter 20 mm. Hasil pada penelitian ini menunjukkan kombinasi dari kondisi pemotongan yang menghasilkan nilai kekasaran permukaan yang baik yaitu kecepatan potong di level 120 m/menit, kedalaman pemotongan di level 1 mm, gerak pemakanan di level 0.05 mm/rev dan panjang pemesinan di level 140 mm. Untuk persentase kontribusi dari masing-masing faktor yang dianalisis yaitu kecepatan potong sebesar 17.6%, kedalaman pemotongan sebesar 23,25%, gerak pemakanan sebesar 52.93% dan panjang pemesinan sebesar 6.22%.

**Kata kunci :** Taguchi, Bubut, Kondisi Pemotongan, CNC, Kekasaran Permukaan

#### **Abstract**

*Surface roughness is a measure of quality resulting from machining processes. The value of surface roughness is influenced by several factors of the machining process, namely cutting conditions, environmental temperature, chisel conditions, installation of workpieces, cutting styles and quality of the geometry machine. The application of taguchi method can help in designing combinations of cutting conditions and making high quality products as well as low production costs. The purpose of the study was to obtain a good surface roughness value from combination of cutting conditions and obtain percentage contribution from each factor. The method used in this study is taguchi's experimental method using 4 factors and 3 levels at each factor. The machine used is CNC CKE6140Z lathe and uses carbide insert chisels. The specimen used is medium carbon steel S45C with a diameter of 20 mm. The results of this study showed a combination of parameters that produce good surface roughness values, cutting speed at level 120 m/minute, depth of cut at level 1 mm, feeding at level 0.05 mm/rev and machining length at level 140 mm. For the percentage of contributions from each factor analyzed, cutting speed 17.6%, depth of cut 23.25%, feeding 52.93% and machining length 6.22%.*

**Keywords :** Taguchi, Lathe, Cutting Condition, CNC, Surface Roughness

## I. Pendahuluan

Proses pemesinan ialah proses produksi yang mengoperasikan mesin perkakas dengan mempergunakan gerak relatif antara alat potong dan material untuk menghasilkan suatu barang dan dicirikan dengan menghasilkan material sisa berupa geram (Kencanawati, 2017). Dalam proses pemesinan tingkat kualitas umumnya ditentukan dari nilai kekasaran permukaan (Hidayat & Hasyim, 2015). Proses pemesinan sendiri tentu dituntut untuk menghasilkan produk yang berkualitas dan memiliki karakteristik geometri yang baik serta waktu produksi yang kecil (Wibolo & Wahyudi, 2011). Dalam proses pemesinan suatu produk dapat menyebabkan penyimpangan dalam geometri yang telah dirancang (Andika & Pane, 2021). Tinggi rendahnya tingkat kekasaran permukaan dari sebuah proses pemesinan yang dipilih akan berpengaruh terhadap timbulnya konsentrasi tegangan. Apabila dikenai pembebanan yang tinggi akan memicuterjadinya keretakan. Pada produk/komponen yang permukaannya kasar akan lebih cepat mengalami kegagalan dibanding komponen yang permukaannya halus (Mujiono, 2016).

Kekasaran permukaan produk hasil proses pembubutan menjadi suatu hal yang harus dipertimbangkan dari setiap operator, karena kekasaran permukaan bagian mesin mempunyai dampak pada suatu mesin seperti masalah keausan, tahanan dari kelelahan dan lainnya. (A et al., 2019). Dalam mendapatkan kekasaran permukaan yang cocok dengan yang ditentukan maka dalam suatu proses produksi pemesinan, diperlukan pengendalian faktor-faktor yang berdampak pada tingkat kekasaran permukaan sebelum suatu proses produksi pemesinan (Setiyo et al., 2018). Salah satu faktor yang berdampak adalah kondisi geometri mesin seperti ketelitian permukaan referensi, ketelitian gerak linear, ketelitian putaran spindel dan ketelitian gerak perpindahan (Indrawan et al., 2020).

Metrologi yang biasa dikenal dengan ilmu pengukuran adalah disiplin ilmu yang mendalami jenis-jenis alat ukur keteknikan, metode pengukuran, kalibrasi dan akurasi di bidang industri, ilmu pengetahuan dan teknologi (Indrawan, 2014). Kekasaran permukaan hasil permbubutan yang sesuai dengan kebutuhan harus dipertimbangkan oleh operator mesin bubut (Yufrizal et al., 2019).

Banyak faktor yang mempengaruhi nilai kekasaran permukaan suatu produk seperti antara lain kondisi pemesinan, material benda kerja, karakteristik pahat, cairan pendingin dan lain-lain. Diantara faktor-faktor tersebut umumnya nilai kekasaran suatu produk dipengaruhi oleh pemilihan kondisi pemotongan pada proses pemesinan dan geometri pahat yang sesuai. Apabila pahat yang dipergunakan memiliki geometri yang telah

terdefinisi oleh pabrik pembuatnya maka kondisi pemotongan pemesinanlah yang harus diatur. Berdasarkan pengalaman Mukti Bawono, kecepatan pemakanan dan kedalaman pemakanan sangat berdampak terhadap nilai kekasaran permukaan yang dihasilkan dari sebuah proses pemesinan (Hidayat & Hasyim, 2015). Sedangkan menurut Syamsir kualitas permukaan yang dipotong juga ditentukan oleh pemilihan dari gerak pemakan selain kecepatan potong, dan kedalaman pemakanan (Lesmono & Yunus, 2013).

Proses membubut adalah proses pemesinan yang paling populer diantara proses pemesinan lainnya. Hal ini disebabkan karena kebanyakan komponen mesin berupa poros. Poros yang dibuat dengan proses membubut akan berputar selama proses pemotongan berlangsung. Benda yang berputar akan cenderung mengalami masa tidak seimbang (*unbalance mass*) apalagi kalau material poros yang berputar yang berputar tidak seutuhnya homogeny (Alfianto & Wulandari, 2018). Ditambah lagi dengan adanya gaya pemotongan yang diberikan oleh pahat (gaya luar-*excitation forces*) akan memicu terjadinya getaran pada mesin perkakas. Getaran yang terjadinya akan memicu pergerakan pahat yang tidak konsisten dan menghasilkan profil mikro permukaan yang tidak beraturan. Terpengaruhnya sistem pemotongan ini akan berpotensi untuk memicu terjadinya getaran mesin perkakas yang berdampak terhadap penurunan kualitas permukaan yang dihasilkan (Zubaidi et al., 2012).

Keperluan akan proses pemesinan untuk bahan sangat keras, produk yang tipis, sulit dan lentur, akurat serta presisi mengharuskan penggunaan mesin non-konvensional (Mulyo Sugeng, 2019). Proses pemesinan non-konvensional sebagai solusi pengerjaan ketika proses pengerjaan tidak dapat dioperasikan dengan mesin-mesin konvensional (Efendi et al., 2018). Pada proses pemesinan, waktu yang dibutuhkan dalam membuat produk harus sesingkat mungkin supaya mencapai kapasitas hasil yang banyak (Umurani, 2017). Dalam memperoleh hasil yang berkualitas terhadap produk yang dikerjakan pada mesin CNC terutama dalam menggapai tingkat yang ditentukan, biasanya operator mesin hanya mengkondisikan mesin menurut pengalamannya atau berdasarkan *manual book* yang terkadang kurang memuaskan hasilnya dan harus mengulangi proses untuk mendekati ketelitian ukuran yang diharapkan (Rifelino et al., 2020).

Metode Taguchi merupakan sebuah metodologi untuk memperbaiki produktivitas dalam penelitian dan pengembangan supaya produk-produk berkualitas tinggi dapat dihasilkan dengan cepat dan dengan biaya rendah. Sasaran metode Taguchi adalah menjadikan produk *robust* terhadap *noise*, karena itu sering disebut sebagai *Robust Design* (Ishak, 2002).

Metode Taguchi merupakan metode perancangan yang berprinsip pada perbaikan mutu dengan memperkecil akibat dari variasi tanpa menghilangkan penyebabnya. Hal ini dapat diperoleh dengan optimasi produk dan perancangan proses dalam membuat unjuk kerja kebal pada berbagai penyebab variasi sebuah proses yang disebut perancangan kondisi pemotongan (Wahjudi et al., 2004). Aplikasi metode Taguchi terbukti sangat ampuh dalam meningkatkan performansi proses, mengurangi variabilitas proses dan meningkatkan kemampuan produksi produk dan proses (Montgomery, 2013). Dengan begitu banyaknya faktor yang dapat mempengaruhi kekasaran permukaan hasil bubut, maka operator perlu mempertimbangkan kondisi pemotongan pemesinan untuk mendapatkan hasil yang optimum. Optimalisasi kondisi pemotongan proses bubut terhadap hasil produk dapat menggunakan metode Taguchi ini.

## II. Metode Penelitian

Metode yang digunakan untuk penelitian ini adalah metode eksperimen Taguchi *Smaller the Better*. Eksperimen pada pembubutan ini dilakukan dengan menggunakan mesin bubut CNC tipe CKE6140Z dan menggunakan pahat *insert* karbida pada material baja karbon menengah S45C tanpa cairan pendingin (*coolant*). Objek penelitian yang digunakan adalah hasil pembubutan silindris baja karbon menengah S45C. Eksperimen ini dilakukan sebanyak sembilan kali dan satu kali eksperimen konfirmasi. Setiap eksperimen menggunakan kombinasi kondisi pemotongan pemesinan yang berbeda-beda. Eksperimen ini dirancang dengan menggunakan metode Taguchi. Setelah itu, dilakukan pengukuran terhadap tingkat kekasaran permukaan hasil pembubutan.

Penelitian ini dilakukan beberapa tahapan rancangan eksperimen, yaitu sebagai berikut:

### 1. Pemilihan Level dari Variabel Bebas

**Tabel 2.1** Variabel Bebas Penelitian

Variabel Bebas	Jumlah Level	Nilai Variabel		
Kecepatan Potong (V)	3	80 m/menit	100 m/menit	120 m/menit
Kedalaman Pemotongan (a)	3	0.5 mm	1 mm	1.5 mm
Gerak Pemakanan (f)	3	0.05 mm/rev	0.1 mm/rev	0.2 mm/rev
Panjang Pemesinan (Lc)	3	60 mm	100 mm	140 mm

Penelitian ini memiliki nilai variabel untuk kecepatan potong adalah 80 m/menit, 100 m/menit dan 120 m/menit. Untuk nilai variabel kedalaman pemotongan yaitu 0.5 mm, 1 mm dan 1.5 mm. Untuk nilai variabel gerak pemakanan ialah 0.05 mm/rev, 0.1 mm/rev dan 0.2 mm/rev. Dan untuk panjang pemesinan adalah 60 mm, 100 mm dan 140 mm.

### 2. Pemilihan Matriks *Orthogonal Array* (OA) $L_9(3^4)$

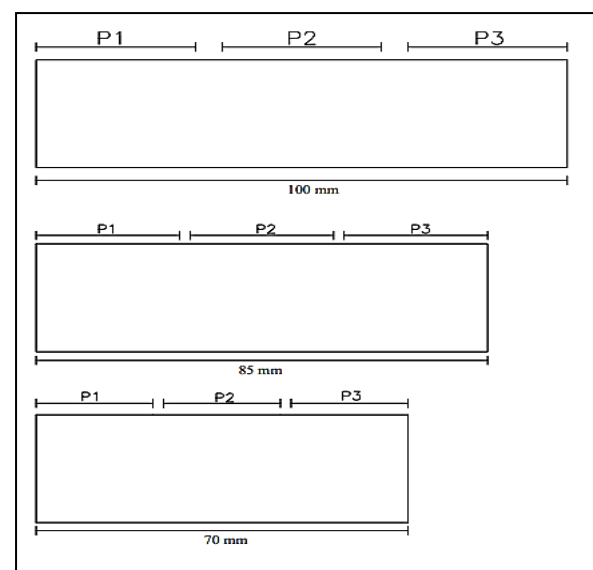
**Tabel 2.2** Matriks *Orthogonal Array*  $L_9(3^4)$

No	Faktor			
	V	a	f	Lc
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

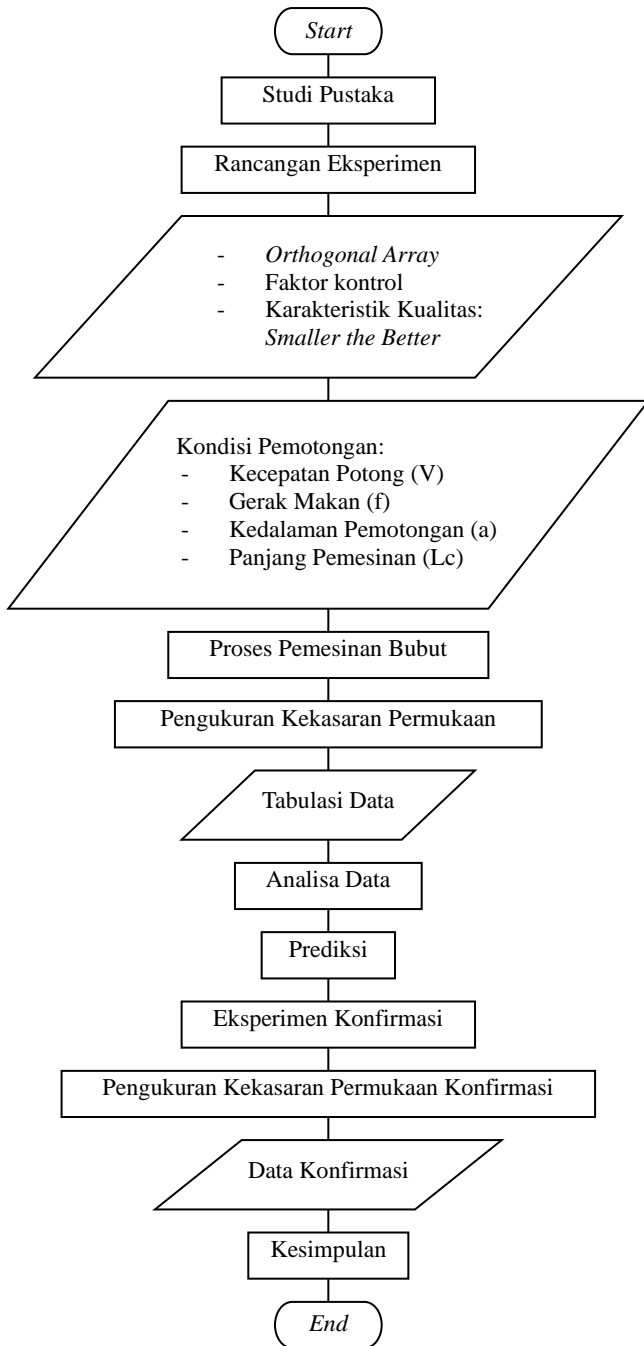
Matriks OA  $L_9(3^4)$  terdiri dari sembilan kali eksperimen dengan menggunakan empat faktor serta tiga level pada masing-masing faktornya.

### 3. Pengukuran Terhadap spesimen uji

Pengukuran dilakukan sepanjang tiga titik, yaitu awal (P1), tengah (P2) dan akhir pembubutan (P3) seperti pada gambar berikut ini.



**Gambar 2.2** Area Pengukuran



Gambar 2.1 Diagram Alur Penelitian

III. Hasil dan Pembahasan

A. Data Hasil Eksperimen

Kombinasi dari faktor-faktor yang merupakan parameter pemesinan pada proses bubut digunakan untuk melakukan eksperimen. Faktor-faktor tersebut adalah kecepatan potong (V), kedalaman pemotongan (a), gerak pemakanan (f) dan panjang pemesinan (Lc). Respon yang didapatkan sebagai data eksperimen pada penelitian ini adalah kekasaran permukaan (Ra). Data kekasaran permukaan diambil setelah selesai proses pembubutan.

Pengambilan data untuk respon kekasaran permukaan dilakukan pengukuran sebanyak tiga titik di sepanjang area benda kerja yang telah dilakukan

pembubutan. Berikut ini adalah data hasil eksperimen pengukuran kekasaran permukaan benda kerja yang telah selesai proses pembubutan.

Tabel 3.1 Data Hasil Eksperimen

No	Faktor				Kekasaran Permukaan		
	V	a	f	Lc	I	II	III
1	80	0.5	0.05	60	2.32	2.13	2.03
2	80	1	0.1	100	1.27	1.31	1.05
3	80	1.5	0.2	140	2.76	2.52	2.49
4	100	0.5	0.1	140	1.34	1.53	1.63
5	100	1	0.2	60	1.98	2.19	2.04
6	100	1.5	0.05	100	0.65	0.82	0.72
7	120	0.5	0.2	100	2.37	2.61	2.34
8	120	1	0.05	140	0.59	0.46	0.51
9	120	1.5	0.1	60	1.18	1.09	0.97

B. Perhitungan Rasio S/N

Perhitungan nilai rasio S/N tergantung dari jenis karakteristik kualitas dari respon. Respon kekasaran permukaan memiliki karakteristik kualitas semakin kecil semakin baik (*Smaller the Better*). Respon kekasaran permukaan itu dihitung dengan menggunakan persamaan di bawah ini:

$$SNR_{stb} = -10 \log \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right)$$

Dimana:

- $SNR_{stb}$  = rasio SN *smaller the better*
- $n$  = jumlah data
- $y_i$  = data ke- $i$  ( $i=1,2,3,\dots,n$ )

Sesuai dengan dengan perhitungan yang telah dilakukan, nilai rasio S/N yang diperoleh untuk masing-masing respon yang diamati pada masing-masing kombinasi faktor ditunjukkan pada tabel berikut ini.

Tabel 3.2 Rasio S/N

No	Faktor				Rata-Rata Ra	Rasio S/N
	V	a	f	Lc		
1	80	0.5	0.05	60	2.16	-6.69
2	80	1	0.1	100	1.21	-1.66
3	80	1.5	0.2	140	2.59	-8.27
4	100	0.5	0.1	140	1.50	-3.52
5	100	1	0.2	60	2.07	-6.32
6	100	1.5	0.05	100	0.73	2.73
7	120	0.5	0.2	100	2.44	-7.75
8	120	1	0.05	140	0.52	5.68
9	120	1.5	0.1	60	1.08	-0.67

Data pengolahan nilai rasio S/N, eksperimen nomor 8 menunjukkan nilai rasio S/N yang tertinggi dan juga mendapatkan nilai rata-rata kekasaran permukaan terkecil. Maka eksperimen nomor 8 adalah kombinasi kondisi pemotongan yang optimum untuk kekasaran permukaan. Respon nilai rata-rata kekasaran permukaan dan rasio S/N kekasaran permukaan dari pengaruh faktor pada tabel berikut ini.

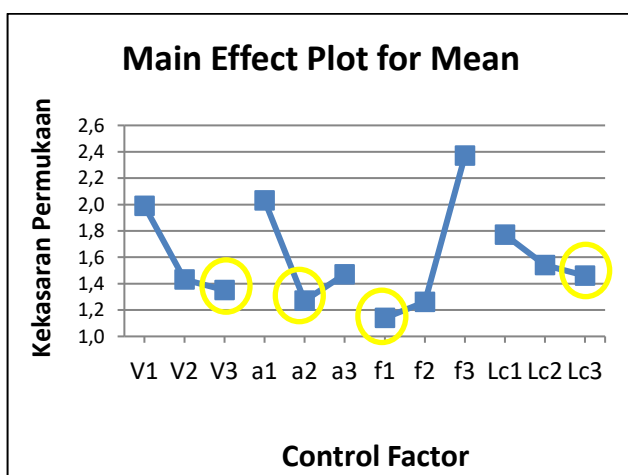
**Tabel 3.3** Respon Nilai Rata-rata Kekasaran Permukaan dari Pengaruh Faktor

Level	Faktor			
	V	a	f	Lc
Level 1	1.99	2.03	1.14	1.77
Level 2	1.43	1.27	1.26	1.54
Level 3	1.35	1.47	2.37	1.46
Difference	0.64	0.77	1.23	0.31
Rank	3	2	1	4

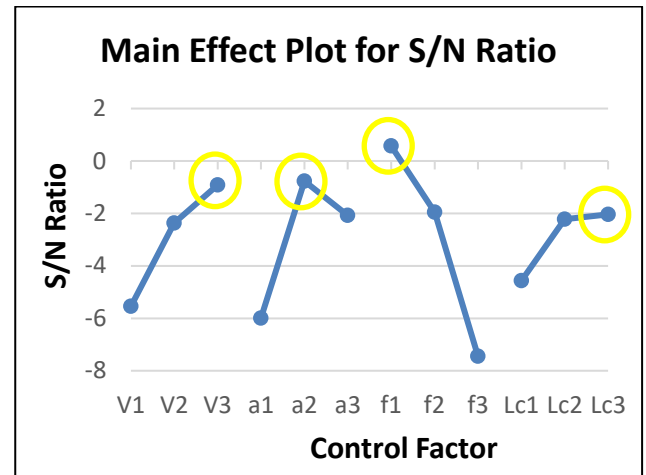
**Tabel 3.4** Respon Rasio S/N Kekasaran Pemukaan dari Pengaruh Faktor

Level	Faktor			
	V	a	f	Lc
Level 1	-5.54	-5.99	0.57	-4.56
Level 2	-2.37	-0.77	-1.95	-2.22
Level 3	-0.91	-2.07	-7.44	-2.04
Difference	4.62	5.22	8.02	2.52
Rank	3	2	1	4

Perolehan grafik respon nilai rata-rata kekasaran permukaan dan nilai rasio S/N kekasaran permukaan dari pengaruh faktor seperti pada gambar di bawah ini.



**Gambar 3.1** Grafik Respon Nilai Rata-Rata Kekasaran Permukaan dari Pengaruh Faktor



**Gambar 3.2** Grafik Respon Rasio S/N Kekasaran Permukaan dari Pengaruh Faktor

Data di atas diperoleh level optimum untuk faktor kecepatan potong adalah pada level 3. Untuk faktor kedalaman pemotongan yaitu pada level 2. Untuk faktor gerak pemakanan ialah pada level 1. Dan untuk faktor panjang pemesinan adalah pada level 3.

**C. Analysis of Variance (ANOVA)**

ANOVA digunakan untuk menganalisis data yang telah disusun dalam desain secara statistik. Analisis ini dilakukan dengan menguraikan seluruh variansi atas bagian-bagian yang diteliti. ANOVA pada matriks *orthogonal array* dilakukan berdasarkan perhitungan jumlah kuadrat untuk masing-masing kolom. ANOVA digunakan untuk menganalisis data percobaan yang terdiri dari dua faktor atau lebih dengan dua level atau lebih. Tabel ANOVA terdiri dari perhitungan derajat kebebasan (db), jumlah kuadrat (*sum of square*, SS) dan kuadrat tengah (*mean of square*, MS) seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut ini.

**Tabel 3.5** Analysis of Variance (ANOVA)

Sumber Variasi	db	SS	MS
V	2	33.55	16.77
a	2	44.32	22.16
f	2	100.88	50.44
Lc	2	11.86	
<i>error</i>			
Total	8	190.6	

Data tabel di atas terlihat bahwa nilai SS dari faktor gerak pemakanan (f) memiliki nilai yang paling tinggi, maka dari pada itu dapat diketahui bahwa faktor gerak pemakanan (f) adalah faktor yang memiliki pengaruh tertinggi terhadap nilai kekasaran permukaan. Selanjutnya kedalaman pemotongan (a), kecepatan potong (V) dan yang terakhir adalah panjang pemesinan (Lc).

#### D. Persen Kontribusi

Persen kontribusi digunakan untuk mengindikasikan kekuatan relatif sebuah faktor atau interaksi untuk mengurangi variasi yang terjadi. Perhitungan persen kontribusi padadasarnya adalah fungsi dari jumlah kuadrat dari masing-masing faktor yang signifikan.

Komponen-komponen yang dihitung dalam persen kontribusi adalah faktor, interaksi faktor, dan error. Persen kontribusi suatu faktor dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\rho = \frac{SS_i}{SS_T} \times 100 \%$$

Dimana:

$SS_i$ = jumlah kuadrat dari faktor yang akan dihitung

$SS_T$ = jumlah kuadrat total

Data perhitungan persen kontribusi faktor-faktor tersebut pada tabel berikut ini.

**Tabel 3.6** Persen Kontribusi

Sumber Variasi	Derajat Kebebasan (db)	Sum of Square (SS)	Mean of Squares (MS)	Persen Kontribusi
V	2	33.55	16.77	17.6 %
a	2	44.32	22.16	23.25 %
f	2	100.88	50.44	52.93 %
Lc	2	11.86		6.22 %
error				
Total	8	190.6		100 %

Faktor-faktor yang signifikan secara statistik mempengaruhi kekasaran permukaan berdasarkan data di atas adalah gerak pemakanan, kedalaman pemotongan, kecepatan potong dan panjang pemesinan. Kontribusi terbesar diberikan oleh faktor gerak pemakanan (f) sebesar 52.93%, diikuti oleh kedalaman pemotongan (a) dengan kontribusi sebesar 23.25%, kecepatan pemotongan (V) dengan kontribusi sebesar 17.6% dan kontribusi panjang pemesinan (Lc) sebesar 6.22%.

#### E. Eksperimen Konfirmasi

Eksperimen konfirmasi merupakan langkah terakhir yang harus dilakukan pada penelitian tentang optimasi proses. Eksperimen ini dilaksanakan dengan melakukan percobaan yang menggunakan kombinasi level dari faktor hasil optimasi. Tujuan dari eksperimen konfirmasi adalah untuk melakukan validasi terhadap kesimpulan yang diambil pada tahap analisa.

Eksperimen yang telah dilakukan memperoleh kombinasi faktor-faktor yang mendapatkan respon optimum terhadap nilai kekasaran permukaan benda yang telah dilakukan pembubutan, yaitu kecepatan potong (V) 120 m/menit, kedalaman pemotongan (a) 1 mm, gerak pemakanan (f) 0.05 mm/rev dan panjang pemesinan (Lc) 140 mm. Kombinasi

faktor-faktor tersebut didapatkan kecepatan potong (V) pada level 3, kedalaman pemotongan (a) pada level 2, gerak pemakanan (f) pada level 1 dan panjang pemesinan (Lc) pada level 3. Maka data hasil pengukuran kekasaran permukaan untuk eksperimen konfirmasi adalah sebagai berikut:

**Tabel 3.7** Eksperimen Konfirmasi

Faktor				Ra			Ave Ra	S/N Ratio
V	a	f	Lc	I	II	III		
120	1	0.05	140	0.63	0.52	0.66	0.6	4.44

#### IV. Kesimpulan

Penelitian yang dilakukan pada penerapan metode taguchi untuk mendapatkan kondisi optimum parameter pemesinan pada proses bubut CNC yang menggunakan bahan baja karbon menengah S45C dan pahat insert karbida serta tanpa menggunakan cairan pendingin (*coolant*), maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

Kombinasi dari faktor-faktor yang menghasilkan respon optimum kekasaran permukaan adalah kecepatan potong diatur pada 120 m/menit, kedalaman pemotongan diatur pada 1 mm, gerak pemakanan diatur pada 0.05 mm/rev, panjang pemesinan diatur pada 140 mm. Persentase kontribusi faktor-faktor yang signifikan untuk meminimumkan kekasaran permukaan adalah kecepatan potong sebesar 17.6%, kedalaman pemotongan sebesar 23.25%, gerak pemakanan sebesar 52.93%, panjang pemesinan sebesar 6.22%.

#### Referensi

- A, Y., Indrawan, E., Helmi, N., Aziz, A., & Putra, Y. A. (2019). Pengaruh Sudut Potong dan Kecepatan Putaran Spindel Terhadap Kekasaran Permukaan pada Proses Bubut Mild Steel ST 37. *INVOTEK: Jurnal Inovasi Vokasional Dan Teknologi*, 19(2), 29–36. <https://doi.org/10.24036/invotek.v19i2.582>
- Alfianto, R., & Wulandari, D. (2018). Studi Eksperimen Kecepatan Putar Spindle Dan Kedalaman Potong Terhadap Getaran Pahat Dan Tingkat Kekasaran Pada Proses Pembuatan Poros Menggunakan Mesin Bubut Rendi Alfianto Diah Wulandari. *JTM*, 6(2), 61–68.
- Andika, N., & Pane, R. (2021). PROSES PENGECORAN DAN MANUFAKTUR. *Journal of Metallurgi Engineering and Processing Technology*, 1(2).



- Efendi, D., Yufrizal, A., & Arwizet, K. (2018). Comparative Analysis of Fixed Round Speed and Fixed Cut Speed on the Surface Roughness of ST 37 Steel Level Turning on PU 2A NC Machines. *Teknomekanik, 1*(2).
- Hidayat, T., & Hasyim, B. A. (2015). Pengaruh Kedalaman Pemakanan, Jenis Pendingin dan Kecepatan Spindel Terhadap Kekasaran Permukaan Benda Kerja Pada Proses Bubut Konvensional. *Jtm, 1*(1), 62–67.
- Indrawan, E. (2014). PENINGKATAN AKTIFITAS BELAJAR MAHASISWAMELALUI PENGGUNAAN MULTIMEDIA DALAM MATA KULIAH METROLOGI INDUSTRI. *Jurnal Penelitian Pendidikan, 5*(1).
- Indrawan, E., A, Y., Aziz, A., Rifelino, R., & Tawakal, M. I. (2020). Analisis Kualitas Geometri Mesin Bubut Maximat Super 11. *INVOTEK: Jurnal Inovasi Vokasional Dan Teknologi, 20*(3), 71–80. <https://doi.org/10.24036/invotek.v20i3.636>
- Ishak, A. (2002). Rekayasa Kualitas. *Jurnal Teknik Industri, 2*, 1–24.
- Kencanawati, C. I. P. K. (2017). Proses Pemesinan. *Journal of Chemical Information and Modeling, 53*(9), 41.
- Lesmono, I., & Yunus. (2013). Pengaruh Jenis Pahat, Kecepatan Spindel, dan Kedalaman Pemakanan Terhadap Tingkat Kekasaran dan Kekerasan Permukaan Baja st. 42 pada Proses Bubut Konvensional. *Jtm, 1*(3), 48–55.
- Montgomery, D. C. (2013). *Montgomery Design and Analysis of Experiments Eighth Edition*. Arizona State University (Vol. 2009, Issue 2005).
- Mujiono. (2016). *Pengaruh Kecepatan Putaran Spindel dan Kecepatan Pemakanan terhadap Kekasaran Permukaan Baja EMS 45 pada Proses End Milling Surface*. Universitas Negeri Semarang.
- Mulyo Sugeng, U. (2019). Proses Permesinan. *Jurnal Teknik Mesin, 01*.
- Rifelino, Irzal, Hamdani, D., & Helmi, N. (2020). Conventional Lathe Processes Pengaruh Cutting Condition Terhadap Tingkat Kekasaran Permukaan Baja ST 42 Pada Proses Bubut Konvensional. *Motivection, 2*(3), 11–20.
- Setiyo, E., Zulhermanan, Z., & Harlin, H. (2018). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Flash Flip Book pada Mata Kuliah Elemen Mesin 1 di Program Studi Pendidikan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya. *INVOTEK: Jurnal Inovasi Vokasional Dan Teknologi, 18*(1), 1–6. <https://doi.org/10.24036/invotek.v18i1.171>
- Umurani, K. (2017). Rancang Bangun Instrument Untuk Mengukur Gaya Potong, Kecepatan, Dan Temperatur Spesimen Pada Mesin Bubut Instrument Design To Measure Cut Style, Speed, And Specimen Temperature On Machine Tool. *JMEMME, 1*(1), 38–47.
- Wahjudi, D., San, G. S., Fakultas, D., Industri, T., Teknik, J., Universitas, M., & Petra, K. (2004). Optimasi Proses Injeksi Dengan Metode Taguchi. *Jurnal Teknik Mesin, 3*(1), 24–28–28. <https://doi.org/10.9744/jtm.3.1.pp.24-28>
- Wibolo, A., & Wahyudi, S. (2011). Optimasi Parameter Pemotongan Mesin Bubut Cnc. *Jurnal Rekayasa Mesin, 2*(1), 55–63.
- Yufrizal, A., Indrawan, E., & Helmi, N. (2019). Analysis Comparative Feeding Variation to Quality Surface Processes Blocking Equipment of Ems Steel 45on Cnc Latheing Machine. *Journal of Physics: Conference Series, 1387*(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1387/1/012100>
- Zubaidi, A., Fcd, M., Mesin, P., & Syafa, I. (2012). Terhadap Kekasaran Permukaan. *Momentum, 8*(1), 40–47.