

## PENGARUH PARAMETER PEMESINAN BUBUT TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN PADA BAJA AISI 4340

Erlan Adha Mahendra<sup>1</sup>, Yuni Hermawan<sup>2</sup>, Agus Triono<sup>2</sup>, M. Fahrur Rozi Hentihu<sup>2</sup>,  
Rahma Rei Sakura<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Teknik Mesin Universitas Jember.

<sup>2</sup>Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember  
Jl. Kalimantan 37 Jember 68121, e-mail: erlian746@gmail.com

### ABSTRACT

*This research evaluates the influence of lathe machining parameters, such as spindle speed, cutting speed, and feed depth, on the surface roughness (Ra) on the wheel axle of an electric car made from AISI 4340 steel. Measurements were carried out using a TR220 surface roughness tester machine, which recorded the highest roughness of 10.107  $\mu\text{m}$  and the lowest was 4.041  $\mu\text{m}$ . The results showed that feed speed contributed 51.24%, spindle speed 35.82%, and cutting depth 12.94% to surface roughness.*

*The optimal combination of machining parameters to produce a surface with low roughness is a spindle speed of 770 m/min, a cutting depth of 0.5 mm, and a feed speed of 120 mm/s. Small infeed depths are ideal for producing smooth surfaces, but compromises may be necessary for production efficiency. In addition, high cutting speeds provide optimal results if heat and tool wear can be controlled. Optimizing these parameters is critical to improving product quality, performance and lifetime. Keywords: Kekasaran Permukaan, Baja AISI 4340, Pemesinan Bubut*

*Keywords: Surface Roughness, AISI 4340 Steel, Lathe Machining*

### PENDAHULUAN

Sejalan dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, manufaktur merupakan metode pengolahan material menjadi suatu produk siap pakai. Dengan evolusi waktu, teknologi dalam berbagai sektor, termasuk produksi, terus berkembang. Permintaan akan produk-produk yang memenuhi standar internasional, baik dalam profil, akurasi dimensi, kehalusan permukaan, serta aspek lainnya, semakin meningkat. Ini memacu perkembangan dalam ilmu produksi, yang mencakup desain, bahan, dan proses manufaktur (Arsana et al., 2019). Kehadiran teknologi mesin membantu menyederhanakan dan mengurangi beban kerja manusia, terutama dalam pembuatan komponen mesin. Beberapa contoh mesin teknologi tersebut meliputi mesin bubut, mesin frais, mesin bor, mesin skrap, mesin las, mesin gerinda, CNC, dan sejenisnya. Adanya mesin-mesin ini mempermudah manusia untuk menciptakan produk dengan efisiensi dan presisi tinggi, serta tingkat akurasi yang juga tinggi (R. A. Mahendra et al., 2020). Salah satu jenis proses pembuatan komponen mesin yang paling banyak digunakan dalam industri adalah pemesinan bubut.

Proses pembubutan merupakan suatu proses permesinan yang dilakukan untuk menghasilkan material yang berbentuk silinder.

Salah satu komponen mesin yang dapat dikerjakan mesin bubut yaitu poros. Kualitas produk hasil pemesinan bubut selalu dikaitkan dengan nilai kekasaran permukaan. Sehingga kekasaran permukaan perlu diperhatikan dan diminimalisir untuk menghasilkan produk yang berkualitas. Namun, pada kenyataannya kekasaran permukaan masih sering diabaikan dan tidak diperhatikan secara detail, sebagai contoh kasus pada poros roda mobil listrik TITEN EV sering terjadi keausan pada bearing roda dikarenakan poros roda memiliki kekasaran permukaan yang tinggi hal tersebut menyebabkan terjadinya gesekan yang besar antara poros roda dengan bearing sehingga menyebabkan bearing lebih cepat aus. Penggunaan bearing dengan umur pakai yang rendah otomatis akan menyebabkan biaya perawatan dan penggantian menjadi lebih besar. Disisi lain kerugian yang dapat dialami yaitu kehilangan efisiensi energi karena gesekan yang tinggi sehingga mengurangi efisiensi sistem secara keseluruhan, terutama pada sistem mekanik yang bergantung pada pergerakan relatif antara komponen. Peningkatan resiko kegagalan struktural karena permukaan kasar dapat mengurangi integritas permukaan. Ini bisa menjadi masalah serius terutama pada komponen yang terkena beban

berat seperti poros. Permukaan yang kasar juga dapat meningkatkan risiko korosi karena memiliki lebih banyak area untuk menangkap dan menyimpan partikel-partikel yang memicu korosi. Komponen yang mengalami korosi akan mengalami degradasi struktural dan berpotensi menyebabkan kegagalan sistem secara keseluruhan. Dengan memperhatikan kekasaran permukaan komponen dan memastikan bahwa kekasaran tersebut sesuai dengan standar atau kebutuhan aplikasi, sehingga dapat membantu mencegah atau mengurangi dampak negatif yang disebabkan oleh permukaan kasar. Hal tersebut penting dalam meningkatkan umur pakai, kinerja, dan keandalan produk. Dari masalah yang sering terjadi yaitu kekasaran permukaan, penyebabnya adalah parameter-parameter yang digunakan pada saat proses pembubutan poros tidak sesuai, sehingga perlu dilakukan optimasi terhadap parameter pemesinan bubut untuk menghasilkan nilai kekasaran permukaan poros roda yang kecil.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh (A. Mahendra et al., 2023), faktor yang paling berkontribusi pada tingkat kekasaran permukaan adalah kecepatan spindle dengan nilai kontribusi sebesar 55,620%. Faktor berikutnya yang memiliki pengaruh terhadap kekasaran permukaan adalah kecepatan potong dengan kontribusi sebesar 13,011%, kedalaman pemakanan memiliki pengaruh pada kekasaran permukaan sebesar 27,387%. Hasil penelitian (Thomas et al., 2023) menunjukkan bahwa kecepatan potong ( $V_c$ ) yang tinggi mengakibatkan proses pengerjaan yang lebih cepat dan memberikan kekasaran permukaan yang lebih halus. (Fauzi & Sumbodo, 2021) melakukan penelitian juga yang berfokus pada kekasaran permukaan material ST 40 yang digunakan dalam pembuatan poros roda mobil listrik. Penelitian ini mengeksplorasi berbagai parameter pemakanan, termasuk kecepatan potong sebesar 90, 120, dan 150 meter per menit, laju umpan sebesar 0,15, 0,2, dan 0,25 mm/rev, kedalaman pemotongan sebesar 0,25, 0,5, dan 0,75 mm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi optimal untuk mencapai kekasaran permukaan rata-rata terendah, diukur sebesar 1.034  $\mu\text{m}$ , melibatkan kecepatan potong sebesar 150 m/menit, laju umpan sebesar 0,15 mm/rev, dan kedalaman pemotongan sebesar 0,25 mm. Sebaliknya, kekasaran permukaan tertinggi, mencapai 10.594  $\mu\text{m}$ , terjadi pada kecepatan potong 90 m/menit, laju umpan 0,25 mm/rev, dan kedalaman pemotongan 0,75 mm.

Berdasarkan studi literatur di atas dan pemahaman akan parameter-parameter yang memengaruhi kualitas hasil proses bubut. Penelitian ini bertujuan Untuk mengetahui

pengaruh parameter pemesinan dan variasi yang optimal dari parameter kecepatan putaran spindle, kecepatan pemakanan dan kedalaman pemotongan terhadap tingkat kekasaran permukaan menggunakan metode taguchi pada poros roda mobil listrik TITEN EV dengan material Baja AISI 4340 pada proses bubut.

## METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini mengaplikasikan pendekatan eksperimental dengan fokus pada evaluasi hasil kekasaran permukaan yang diinginkan adalah nilai kekasaran permukaan yang kecil (*smaller the better*) dari proses pembubutan dikombinasikan dengan metode taguchi menggunakan *matrik ortogonal array*  $L_9 (3^3)$  untuk mengetahui kombinasi parameter yang optimal untuk mendapatkan hasil nilai kekasaran permukaan yang kecil. Pada penelitian ini variabel bebas yang digunakan adalah kecepatan spindle, kedalaman pemotongan, dan kecepatan pemotongan.

Data sampel kekasaran permukaan yang diperoleh melalui proses pembubutan. Pengujian kekasaran permukaan menggunakan mesin *surface roughness tester TR220*. Setelah didapatkan data hasil pengujian menggunakan *surface roughness tester* akan diungkapkan dalam bentuk perbandingan pengaruh dua variabel penelitian terhadap nilai kekasaran permukaan ( $R_a$ ) dalam sebuah tabel pengumpulan data

Metode analisis data penelitian ini menggunakan beberapa metode, diantaranya:

1. Studi Literatur Penelitian
2. Pengambilan Data
3. Menganalisis data yang didapatkan dari percobaan :
  - a. Rasio S/N
  - b. Analisis Varians (ANOVA)
  - c. Uji F ( $\alpha = 5 \%$ )
4. Interpretasi Hasil Eksperimen
  - a. Persen Kontribusi
  - b. Interval kepercayaan
5. Eksperimen Konfirmasi

Metode Taguchi merupakan metode yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas dan proses dari suatu produk sehingga biaya dan sumber daya dapat di tekan seminimal mungkin. Metode Taguchi menjadikan produk Robust terhadap noise, atau yang biasa disebut dengan *Robust Design* (Soejanto, 2009). Pada Metode Taguchi ada tiga tahapan yang harus dilalui yaitu tahap perencanaan, pelaksanaan, dan analisa.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Hasil Penelitian**

Kombinasi dari faktor-faktor yang merupakan parameter pemesinan pada proses bubut digunakan untuk melaksanakan eksperimen. Faktor-faktor tersebut adalah kecepatan spindel, kedalaman pemakanan, kecepatan pemotongan. Respon yang didapatkan sebagai data eksperimen pada penelitian ini adalah kekasaran permukaan (Ra). Data gaya potong dan gaya makan diambil pada saat proses bubut berlangsung, dan dilanjutkan dengan pengambilan data kekasaran permukaan. Pengambilan data untuk respon kekasaran permukaan dilakukan masing-masing sebanyak 3 replikasi.



Gambar 1. Hasil Pembubutan

Pengujian kekasaran permukaan pada penelitian ini dilakukan menggunakan mesin *surface roughness tester* TR220, yang berfungsi untuk mengukur tingkat kekasaran permukaan dari sisi benda kerja yang mengalami proses pembubutan. Mesin ini dipilih karena kemampuannya memberikan hasil pengukuran yang akurat dan konsisten, sehingga dapat mendukung validitas data yang diperoleh. Pengujian ini penting dilakukan untuk mengevaluasi kualitas hasil pembubutan, yang dapat dipengaruhi oleh berbagai parameter seperti kecepatan pemotongan, kecepatan spindel, dan kedalaman potong.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa kekasaran permukaan tertinggi pada penelitian ini adalah sebesar 10,107  $\mu\text{m}$ , sementara kekasaran permukaan terendah tercatat sebesar 4,041  $\mu\text{m}$ . Variasi hasil ini mencerminkan perbedaan kondisi pemrosesan yang diterapkan pada setiap sampel. Untuk memahami pola dan tren yang dihasilkan dari pengujian ini, data kekasaran permukaan untuk keseluruhan sampel dirangkum dalam Tabel 4.1 di bawah ini. Tabel tersebut memberikan gambaran lengkap mengenai distribusi kekasaran permukaan, yang dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut terkait parameter pembubutan yang optimal.

Tabel 1. Data Hasil Pengujian

No	Kecepatan Spindel (rpm)	Kecepatan Pemotongan (mm/s)	Kedalaman Pemakanan (mm)	Kekasaran Permukaan ( $\mu\text{m}$ )			Rata-rata
				1	2	3	
1	385	80	0,25	6,056	6,059	6,051	6,067
2	385	100	0,5	7,084	7,073	7,060	7,097
3	385	120	0,75	7,073	7,069	7,072	7,076
4	585	100	0,25	10,093	10,107	10,052	10,090
5	585	120	0,5	5,051	5,052	5,058	5,063
6	585	80	0,75	5,041	5,045	5,041	5,048
7	770	120	0,25	4,041	4,046	4,048	4,060
8	770	80	0,5	9,095	9,073	9,062	9,083
9	770	100	0,75	6,062	6,068	6,064	6,080
Rata-Rata							6,629

**S/N Ratio**

Rasio Sinyal ke Kebisingan (S/N) digunakan untuk menentukan elemen-elemen yang memengaruhi respons suatu sistem. Taguchi menciptakan suatu metode transformasi yang mengubah data berulang menjadi nilai lain sebagai indikator variasi yang ada. Berikut adalah karakteristik kualitas yang digunakan dalam penelitian ini:

1. *Smaller the better* yaitu semakin kecil hasil S/N ratio masing – masing faktor, maka data variabel terikat suatu penelitian memiliki kualitas yang semakin baik. Rumus respon *smaller is better* adalah sebagai berikut:

$$= -10\log\left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^r Y_i^2\right) \dots\dots\dots(2.6)$$

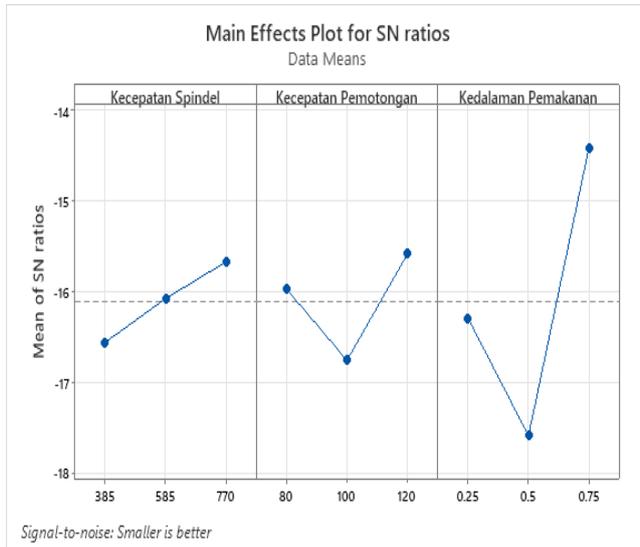
Keterangan :

- n = Jumlah pengulangan atau replikasi
- r = Jumlah data
- Yi = Data variabel respon

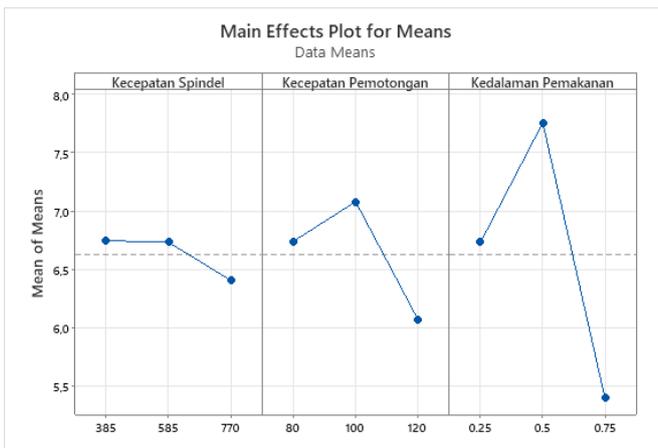
Perhitungan *Signal-to-Noise (S/N) ratio* dalam penelitian ini digunakan untuk mengevaluasi kualitas kekasaran permukaan sebagai variabel terikat. Metode ini membantu mengidentifikasi pengaruh faktor-faktor pembubutan dengan memaksimalkan kinerja yang diinginkan (sinyal) dan meminimalkan variasi yang tidak diinginkan (noise). Penelitian ini menggunakan karakteristik kualitas "semakin kecil semakin baik," karena kekasaran permukaan yang lebih kecil mencerminkan hasil pembubutan yang lebih halus dan berkualitas tinggi.

Pendekatan *S/N ratio* ini memungkinkan identifikasi kombinasi parameter pemesinan yang menghasilkan

kekasaran permukaan minimum, sekaligus meningkatkan efisiensi proses manufaktur. Dengan demikian, penelitian ini memberikan rekomendasi parameter optimal yang dapat diterapkan untuk mencapai kualitas permukaan terbaik dalam proses pembubutan.



Gambar 1. Grafik nilai S/N ratio



Gambar 2. Grafik mean to means

### Analisis Varians (ANOVA)

Model Analisis Variansi merupakan teknik perhitungan kuantitatif yang memperkirakan kontribusi dari setiap faktor dalam mengidentifikasi pengujian kebenaran hipotesis terhadap pengaruh faktor terkendali. Tujuan Anova adalah untuk menentukan parameter permesinan yang berpengaruh signifikan terhadap karakter kualitas. Berikut beberapa persamaan yang digunakan dalam perhitungan Anova.

Setelah menentukan kombinasi parameter optimal, langkah berikutnya adalah menganalisis kontribusi masing-masing parameter terhadap variabel respon menggunakan analisis varians (ANOVA) dalam metode Taguchi. ANOVA digunakan untuk mengevaluasi sejauh mana setiap

parameter dan levelnya memengaruhi hasil respon, sehingga memungkinkan identifikasi faktor yang memberikan kontribusi paling signifikan terhadap kekasaran permukaan.

Dalam penelitian ini, perhitungan ANOVA dilakukan menggunakan perangkat lunak Minitab. Analisis ini memisahkan variabilitas total menjadi variabilitas antar faktor dan variabilitas residual, yang kemudian dihitung signifikansinya melalui p-value. Faktor dengan kontribusi terbesar menunjukkan pengaruh dominan terhadap kekasaran permukaan. Hasil ANOVA tidak hanya mendukung validasi hasil optimasi tetapi juga memberikan wawasan mendalam tentang parameter-parameter yang harus difokuskan untuk meningkatkan proses pembubutan. Rincian kontribusi faktor-faktor tersebut ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Analisis Varians Awal

Source	DOF	Sum Square (SS)	Mean Square (MS)	Fhitung
KS	2	0,01702	0,008511	-
CS	2	0,02899	0,014494	-
KP	2	0,11677	0,058385	-
Error	0	-	-	-
Total	6	0,33436		

Pada tabel sebelumnya, nilai F hitung untuk ketiga faktor tidak dapat dihitung karena nilai *Sum of Squares* (SS) pada error bernilai 0. Oleh karena itu, dilakukan *pooling up* dengan menambahkan nilai SS dari faktor dengan kontribusi terendah ke baris error. Dalam tabel tersebut, faktor kecepatan pemotongan memiliki nilai SS terendah sebesar 0,01773.

Setelah proses *pooling up*, perhitungan persentase kontribusi untuk setiap faktor dan uji F dapat dilakukan. Hasil analisis ANOVA setelah *pooling up* disajikan pada Tabel 3, yang memberikan informasi lebih akurat mengenai kontribusi relatif masing-masing faktor terhadap respon kekasaran permukaan serta validasi hasil optimasi.

Tabel 3. Analisis Varians Akhir (*Pooling Up*)

Source	DOF	Sum Square (SS)	Mean Square (MS)	Fhitung
KS	2	0,01702	0,008511	-
CS	2	0,02899	0,014494	-
KP	2	0,11677	0,058385	-
Error	0	-	-	-
Total	6	0,33436		

### Uji F Hipotesa

Pada Uji Hipotesa F hitung dibandingkan dengan nilai pada tabel F pada harga  $\alpha$  tertentu dengan derajat kebebasan  $[(k-1).(N-k)]$ . Jika nilai F hitung melebihi nilai pada tabel F, kesimpulannya adalah menerima hipotesis alternatif (H1) sementara menolak hipotesis nol (H0), yang mengindikasikan adanya perbedaan signifikan dalam rata-rata di antara semua kelompok.

$$F_{\text{sumber}} = \frac{\text{Variansi karena perlakuan} + \text{Variansi karena error}}{\text{Variansi karena error}}$$

H<sub>0</sub> : Tidak ada pengaruh dari variasi penelitian yang digunakan.

H<sub>1</sub> : Ada pengaruh dari variasi penelitian yang digunakan, setidaknya ada  $\mu_i$  yang tidak sama.

Nilai *Fhitung* yang lebih besar daripada *Ftabel* menunjukkan bahwa variabel tersebut memiliki pengaruh signifikan terhadap respon atau variabel terikat yang diteliti. Dalam penelitian ini, taraf signifikansi yang digunakan adalah sebesar  $\alpha=0,05$ . Penentuan taraf signifikansi ini dilakukan dengan mempertimbangkan beberapa faktor, di antaranya:

1. Tingkat kemampuan memotong mesin bubut
2. Tingkat ketelitian alat ukur yang digunakan
3. Human error

Setelah dilakukan perhitungan *Fhitung* maka dilakukan Uji hipotesa sebagai berikut :

#### a. Kecepatan Spindel

H<sub>0</sub> : Tidak ada pengaruh faktor KS terhadap kekasaran permukaan.

H<sub>1</sub> : Ada pengaruh faktor KS terhadap kekasaran permukaan.

Kesimpulan

$$F_{\text{hitung}} = 1,70 < F(0,05; 2 : 6) = 5,41;$$

Maka H<sub>0</sub> diterima, artinya tidak ada pengaruh faktor KS terhadap kekasaran permukaan.

#### b. Kecepatan Pemotongan

H<sub>0</sub> : Tidak ada pengaruh faktor CS terhadap kekasaran permukaan.

H<sub>1</sub> : Ada pengaruh faktor CS terhadap kekasaran permukaan.

Kesimpulan

$$F_{\text{hitung}} = 6,86 > F(0,05; 2 : 6) = 5,41;$$

Maka H<sub>0</sub> ditolak, artinya ada pengaruh faktor CS terhadap kekasaran permukaan

#### c. Kedalaman Pemakanan

H<sub>0</sub> : Tidak ada pengaruh faktor KP terhadap kekasaran permukaan.

H<sub>1</sub> : Ada pengaruh faktor KP terhadap kekasaran permukaan.

Kesimpulan

$$F_{\text{hitung}} = 10,08 > F(0,05; 2 : 6) =$$

$$5,41;$$

Maka H<sub>0</sub> ditolak, artinya ada pengaruh faktor KP terhadap kekasaran permukaan.

### Interpretasi Hasil Eksperimen

Interpretasi hasil eksperimen yang dilakukan pada metode taguchi menggunakan ANOVA adalah sebagai berikut:

#### a. Persen Kontribusi

Persen kontribusi digunakan untuk mengetahui besarnya kontribusi yang diberikan pada masing-masing parameter yang digunakan dalam eksperimen. Pada penelitian ini variabel bebas yang memberikan kontribusi yang paling besar terhadap kekasaran permukaan adalah kecepatan pemakanan dengan persen kontribusi sebesar 51,24 %.

#### a) Kedalaman Pemakanan

$$\rho A = \frac{SSA}{SST} \times 100 \%$$

$$\rho A = \frac{0,045673}{0,34456} \times 100 \%$$

$$\rho A = 12,94 \%$$

#### b) Kecepatan Spindel

$$\rho B = \frac{SSB}{SST} \times 100 \%$$

$$\rho B = \frac{0,11877}{0,37326} \times 100 \%$$

$$\rho B = 35,82 \%$$

#### c) Kecepatan Pemakanan

$$\rho C = \frac{SSC}{SST} \times 100 \%$$

$$\rho C = \frac{0,17162}{0,31316} \times 100 \%$$

$$\rho C = 51,24 \%$$

b. Interval Kepercayaan

Sedangkan interval kepercayaan untuk prediksi dengan tingkat kepercayaan 95 % adalah sebagai berikut:

$$neff = \frac{\text{Jumlah total eksperimen}}{1 + \text{jumlah derajat kebebasan perkiraan rata-rata}}$$

$$neff = \frac{9 \times 3}{1 + (2+2+2)} = \frac{27}{7} = 3,857$$

$$Cl = \pm \sqrt{F_{\alpha, v1, ve} \times MSe \times \frac{1}{neff}}$$

$$Cl = \pm \sqrt{F_{0,05, 2, 2} \times MSe \times \frac{1}{neff}}$$

$$Cl = \pm \sqrt{19 \times 0,008511 \times \frac{1}{3,857}}$$

$$Cl = \pm 0,0419$$

$$\mu_{prediksi} - Cl \leq \mu_{prediksi} \leq \mu_{prediksi} + Cl$$

$$19,6503 - 0,0419 \leq \mu_{prediksi} \leq 19,6503 + 0,0419$$

$$= 19,6084 \leq \mu_{prediksi} \leq 19,6922$$

**Eksperimen Konfirmasi**

Eksperimen konfirmasi dilakukan berdasarkan eksperimen yang telah dilakukan sebelumnya untuk membuktikan kombinasi yang didapatkan tersebut mampu meningkatkan kualitas produk. Eksperimen konfirmasi dilakukan sebanyak 3 kali replikasi dengan menggunakan kombinasi parameter optimum hasil analisis

Perhitungan interval kepercayaan pada eksperimen konfirmasi dilakukan dengan langkah-langkah perhitungan seperti pada eksperimen prediksi. Kemudian dilakukan perhitungan interval kepercayaan untuk eksperimen konfirmasi.

$$Cl = \pm \sqrt{F_{\alpha, v1, ve} \times MSe \times \frac{1}{neff} + \frac{1}{r}}$$

$$Cl = \pm \sqrt{F_{0,05, 2, 2} \times MSe \times \frac{1}{neff} + \frac{1}{5}}$$

$$Cl = \pm \sqrt{19 \times 0,008511 \times \frac{1}{3,857} + \frac{1}{5}}$$

$$Cl = \pm 0,0742$$

$$\mu_{prediksi} - Cl \leq \mu_{prediksi} \leq \mu_{prediksi} + Cl$$

$$0,6371 - 0,0419 \leq \mu_{prediksi} \leq 0,6371 + 0,0419$$

$$= 0,5952 \leq \mu_{prediksi} \leq 0,679$$

Dari hasil perhitungan interval kepercayaan pada tingkat kepercayaan 95% untuk eksperimen taguchi kemudian dibandingkan dengan interval kepercayaan untuk eksperimen konfirmasi berada pada interval kepercayaan eksperimen taguchi. Berdasarkan Tabel 4 dapat dilihat terjadi peningkatan pada nilai rata-rata untuk interval kepercayaan eksperimen konfirmasi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa kombinasi optimal faktor-faktor tersebut terbukti dapat mengurangi nilai kekasaran.

Tabel 4. Perbandingan Hasil Prediksi dan Eksperimen Konfirmasi

Eksperimen	Rata-Rata	Interval Kepercayaan
Prediksi	0,549	0,549 ± 0,0419
Konfirmasi	0,637	0,637 ± 0,0742

**Pembahasan**

Berikut adalah analisis pengaruh kecepatan spindle, kedalaman pemakanan, dan kecepatan pemotongan terhadap kekasaran permukaan pada proses pembubutan, yang mencakup aspek fisik, mekanik, serta interaksi antarparameter.

- Kecepatan spindle menentukan jumlah putaran alat potong per menit, yang memengaruhi gaya pemotongan, panas yang dihasilkan, dan getaran.
  - Efek Kecepatan Rendah: Pada kecepatan rendah, gaya pemotongan yang lebih besar meningkatkan gaya tekan alat terhadap benda kerja, menghasilkan gesekan yang tinggi dan permukaan yang lebih kasar. Getaran alat yang lebih rendah dengan amplitudo meningkat juga memperburuk kekasaran permukaan.
  - Efek Kecepatan Tinggi: Kecepatan tinggi menghasilkan gaya potong yang lebih kecil, menghasilkan permukaan yang lebih halus. Namun, jika kecepatan terlalu tinggi, panas yang berlebihan dapat

menyebabkan pelepasan mikro pada permukaan dan deformasi termal, yang menambah kekasaran dan mempercepat keausan alat.

2. Kedalaman pemakanan mengacu pada ketebalan lapisan material yang diambil dalam satu lintasan alat potong. Variasi kedalaman pemakanan berpengaruh signifikan pada gaya pemotongan dan tekanan yang diterima benda kerja.

- Efek Kedalaman Pemakanan Kecil: Kedalaman kecil menghasilkan gaya potong yang lebih rendah, mengurangi tekanan pada alat dan benda kerja. Hal ini memungkinkan hasil potongan yang lebih halus dengan minimal deformasi dan getaran.
- Efek Kedalaman Pemakanan Besar: Kedalaman besar meningkatkan beban pada alat potong, memperbesar gaya pemotongan, dan meningkatkan risiko deformasi plastis pada benda kerja. Hal ini menghasilkan permukaan yang lebih kasar karena penumpukan material yang tidak terpotong sempurna, kerusakan tepi alat, dan peningkatan amplitudo getaran.

3. Kecepatan pemotongan adalah kecepatan relatif antara permukaan alat potong dan benda kerja. Parameter ini mempengaruhi jumlah panas yang dihasilkan serta kondisi gesekan saat pemotongan.

- Efek Kecepatan Pemotongan Rendah: Kecepatan rendah meningkatkan gaya potong dan mengakumulasi material pada mata potong, yang dapat menyebabkan permukaan kasar. Getaran dan gaya gesek yang lebih besar memperburuk hasil pemotongan.
- Efek Kecepatan Pemotongan Tinggi: Kecepatan tinggi mengurangi gaya gesek, menghasilkan pemotongan yang lebih bersih, namun panas berlebih dapat menyebabkan keausan alat dan menurunkan kualitas permukaan. Permukaan lebih halus tercapai, namun kekasaran dapat meningkat jika alat aus akibat panas berlebih.

Secara keseluruhan, pengaturan yang optimal dari kecepatan spindel, kedalaman pemakanan, dan kecepatan pemotongan sangat penting untuk mencapai kekasaran permukaan yang rendah dan kualitas pemotongan yang optimal.

### **Interaksi Parameter**

Ketiga parameter ini saling berinteraksi dalam menentukan kualitas permukaan:

1. Kecepatan Spindel dan Kedalaman Pemakanan  
Kombinasi kecepatan spindel tinggi dengan kedalaman pemakanan besar dapat menghasilkan getaran yang lebih besar, mengurangi kualitas permukaan. Sebaliknya, kecepatan spindel tinggi dengan kedalaman pemakanan kecil cenderung menghasilkan permukaan halus.
2. Kecepatan Pemotongan dan Kedalaman Pemakanan  
Kecepatan pemotongan tinggi dapat mengimbangi efek negatif dari kedalaman pemakanan besar dengan mengurangi gaya potong, tetapi hanya dalam batas tertentu sebelum panas berlebih terjadi.
3. Kecepatan Spindel dan Kecepatan Pemotongan  
Kombinasi yang optimal dari keduanya memastikan stabilitas termal dan mekanis alat, yang diperlukan untuk menghasilkan kekasaran rendah.

### **Kesimpulan**

Berdasarkan hasil eksperimen, proses optimasi, eksperimen konfirmasi dan analisis yang telah dilakukan, maka dari penelitian ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Kontribusi faktor-faktor yang signifikan untuk meminimumkan kekasaran permukaan adalah sebagai berikut:
  - a. Kecepatan pemakanan sebesar 51,24 %
  - b. Kedalaman potong sebesar 12,94 %
  - c. Kecepatan spindel sebesar 35,82 %
2. Variasi dari faktor-faktor yang menghasilkan respon yang optimal untuk kekasaran permukaan adalah:
  - a. Kecepatan spindel diatur pada 770 m/min
  - b. Kedalaman potong diatur pada 0,5 mm

- c. Kecepatan pemakanan diatur pada 120 mm/s
3. Kedalaman pemakanan kecil lebih ideal untuk menghasilkan permukaan halus, tetapi kompromi mungkin diperlukan untuk efisiensi produksi.
4. Kecepatan pemotongan tinggi yang dikontrol dengan baik memberikan hasil optimal, tetapi perlu diperhatikan pengendalian panas dan keausan alat.

### **Saran**

Adapun saran yang dapat diberikan setelah dilakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Proses bubut pada penelitian ini adalah *dry cutting*. Selanjutnya dapat dilakukan studi untuk melakukan optimasi proses dengan menggunakan cairan pendingin.
2. Kecepatan spindle disarankan menggunakan kecepatan menengah hingga tinggi, namun tetap dalam batas kemampuan alat untuk menghindari keausan berlebih.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Arsana, P., Nugraha, I. N. P., & Dantes, K. R. (2019). Pengaruh Variasi Media Pendingin Terhadap Kekasaran Permukaan Benda Kerja Hasil Pembubutan Rata Pada Baja St. 37. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, 7(1), 7–17.
- [2] Fauzi, A., & Sumbodo, W. (2021). Pengaruh Parameter Pemakanan Terhadap Kekasaran Permukaan St 40 Pada Mesin Bubut Cnc. *Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin*, 6(1), 46–57.
- [3] Mahendra, A., Yudo, E., & Kurniawan, Z. (2023). Analisis Pengaruh Nilai Parameter Proses Pemesinan Milling Terhadap Kekasaran Permukaan Aluminium 7075. *Jurnal Inovasi Teknologi Terapan*, 1(2), 345–351.
- [4] Mahendra, R. A., Anggara, M. R. A., Kapel, K. E., Mifthahudin, A. M., Pratama, K. I., & Rahmadianto, F. (2020). Analisa Efektifitas Uji Kekasaran Permukaan Baja St 42 Dengan Variabel Mekanik Mesin Dengan Metode Taguchi. *Jurnal Mesin Material Manufaktur Dan Energi*, 1(1), 5–8.
- [5] Sidi, P., Karuniawan, B. W., & Musharofah, N. (2023). Analisis Pengaruh Parameter Mesin Bubut Konvensional Terhadap Kesilindrisan Permukaan Baja St 42 Menggunakan Metode Box Behnken Design. *Jiso: Journal Of Industrial And Systems Optimization*, 6(2), 110–116.
- [6] Soejanto, I. (2009). Desain Eksperimen Dengan Metode Taguchi. *Yogyakarta: Graha Ilmu*.
- [7] Subhan, M., & Pratiwi, I. R. (2022). Analisa Nilai Kekasaran Permukaan Material Baja Aisi 4340 Pada Proses Permesinan Bubut Cnc Dengan Metode Taguchi. *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Terapan*, 2(01), 445–450.