

Pengaruh Parameter Pemmesinan Terhadap Kekasaran Permukaan Dan Keausan Insert Pada Material Baja Aisi 4340

Wisnu Prakosa Adhitama^{1*}, Bambang Margono²

¹ Sekolah Tinggi Teknologi "Warga" Surakarta ; email : adhitamaprakosa@gmail.com

² Sekolah Tinggi Teknologi "Warga" Surakarta ; email : mcjik80@gmail.com

* Penulis : Wisnu Prakosa Adhitama

Abstract: The development of modern manufacturing technology demands a fast and quality production process. CNC lathes are the main choice, and in machining AISI 4340 steel material which is widely used in industry because of its strength and durability. This study analyzes the effect of spindle speed, cutting speed and depth of cut on surface roughness and wear of DCMT11T304 carbide inserts, using a Mori Seike CL 200 CNC lathe. surface roughness testing is carried out with a surface roughness tester, and insert wear testing using a microscope test (magnified 50x), as well as monitoring vibration and temperature in the cutting process. The method used in this study uses statistical methods to determine experimental data. The results showed that the optimal combination of spindle speed (2000 Rpm), depth of cut (0.4 mm), cutting speed (100 m/min) and feed rate (0.05 mm/rev) produced the lowest roughness (0.427 μ m) and minimal wear (0.001 g), while decreasing the depth of cut (0.3 mm) also increased the roughness abnormally. Vibration (RMS) and temperature are also strongly correlated with variations in machining parameters. Spindle speed (2000 Rpm) shows low vibration and temperature (0.01-0.035 mm/s and 34.5-36.2°C). Conversely, increasing spindle speed causes a surge in vibration (0.35-0.75 mm/s), which contributes to an increase in surface roughness. The findings in this study confirm a strong correlation between machining parameters with surface quality, insert wear, and vibration and temperature during the cutting process.

Keywords: AISI 4340 Steel; CNC Lathe; Carbide Insert Wear; Machining Parameters; Vibration and Temperature.

Abstrak: Perkembangan teknologi manufaktur modern menuntut proses produksi yang cepat dan berkualitas. Mesin bubut CNC menjadi pilihan utama, dan dalam pemmesinan material baja AISI 4340 yang banyak digunakan di industri karena kekuatan dan ketahanannya. Penelitian ini menganalisis pengaruh kecepatan spindel, kecepatan potong dan kedalaman potong terhadap kekasaran permukaan dan keausan insert carbida DCMT11T304, menggunakan mesin bubut CNC Mori Seike CL 200. Pengujian kekasaran permukaan dilakukan dengan surface roughness tester, dan uji keausan insert menggunakan uji mikroskop (diperbesar 50x), serta pemantauan getaran dan temperatur pada proses pemotongan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini dengan menggunakan metode statistik menentukan data eksperimen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi optimal pada kecepatan spindel (2000 Rpm), kedalaman potong (0,4 mm), kecepatan potong (100 m/min) dan laju pemakanan (0,05 mm/rev) menghasilkan kekasaran terendah (0,427 μ m) dan keausan minimal (0,001 g), sementara penurunan kedalaman potong (0,3 mm) juga meningkatkan kekasaran secara tidak normal. Getaran (RMS) dan temperatur juga berkorelasi kuat dengan variasi parameter pemmesinan kecepatan spindel (2000 Rpm) menunjukkan getaran dan temperatur rendah (0,01-0,035 mm/s dan 34,5-36,2°C). Sebaliknya, peningkatan kecepatan spindel menyebabkan lonjakan getaran (0,35-0,75 mm/s), yang berkontribusi pada peningkatan kekasaran permukaan. Temuan dalam penelitian ini mengonfirmasi korelasi kuat antara parameter pemmesinan dengan kualitas permukaan, keausan insert, serta getaran dan temperatur pada saat proses pemotongan.

Kata kunci: Baja AISI 4340; Mesin Bubut CNC; Keausan Insert Carbida; Parameter Pemmesinan; Getaran dan Temperatur.

1. Pendahuluan

Era manufaktur modern menuntut proses produksi yang tidak hanya cepat tetapi juga berkualitas tinggi dan efisien biaya. Teknologi *Computer Numerical Control* (CNC) telah menjadi pilar utama dalam memenuhi tuntutan ini, dimana mesin bubut CNC menawarkan keunggulan dalam hal akurasi, presisi, fleksibilitas, dan konsistensi untuk produksi volume

Diterima: Oktober 20, 2025

Direvisi: Oktober 28, 2025

Diterima: Oktober 29, 2025

Diterbitkan: November 20, 2025

Versi sekarang: November 20, 2025



Hak cipta: © 2025 oleh penulis.
Diserahkan untuk kemungkinan
publikasi akses terbuka berdasarkan
syarat dan ketentuan lisensi Creative
Commons Attribution (CC BY SA) (
<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)

tinggi dibandingkan dengan mesin konvensional [1]. Penerapan teknologi ini menjadi penentu dalam meningkatkan kapasitas produksi dan daya saing industri.

Pemilihan material workpiece yang tepat merupakan faktor kritis lainnya. Baja AISI 4340, yang tergolong dalam *High-Strength Low-Alloy* (HSLA) steel, banyak digunakan pada komponen-komponen kritis di industri aerospace, otomotif, dan permesinan karena kekuatan luluh (*yield strength*) dan ketangguhan (*toughness*) yang tinggi yang diperoleh dari komposisi paduan alloy-nya (Ni, Cr, Mo) dan responsnya terhadap perlakuan panas [2]. Namun, sifat unggul ini justru menghadirkan tantangan dalam proses pemesinannya. Material ini cenderung menyebabkan keausan tool yang lebih cepat dan dapat mempengaruhi integritas permukaan hasil penyayatan jika parameter pemesinan tidak dipilih dengan optimal.

Kualitas permukaan suatu produk mesin, yang sering diukur melalui nilai kekasaran permukaan (*surface roughness*), merupakan indikator performa yang sangat penting. Kekasaran permukaan yang tidak memenuhi spesifikasi dapat menyebabkan kegagalan fatik, mengurangi umur pakai komponen, dan meningkatkan biaya produksi akibat tingginya tingkat penolakan [3]. Salah satu faktor utama yang mempengaruhi kekasaran permukaan adalah keausan insert pahat. Insert carbida seperti DCMT11T304, meskipun memiliki kekerasan dan ketahanan aus yang baik, tetap akan mengalami degradasi selama proses pemotongan. Keausan ini secara langsung mengubah geometri dan kondisi pemotongan, yang pada akhirnya merusak kualitas permukaan benda kerja.

Oleh karena itu, pemilihan parameter pemesinan yang efektif—seperti kecepatan spindel (*spindle speed*), kecepatan potong (*cutting speed*), dan kedalaman potong (*depth of cut*)—merupakan langkah yang sangat krusial. Seperti yang disampaikan Liang dalam [4], optimalisasi parameter pemesinan tidak hanya penting untuk menjamin kualitas produk dan memperpanjang masa pakai alat, tetapi juga untuk mengurangi biaya produksi dan meningkatkan efisiensi secara keseluruhan. Selain parameter tersebut, fenomena dinamik selama pemotongan seperti getaran (*vibration*) dan kenaikan temperatur (*temperature*) juga merupakan faktor yang tidak dapat diabaikan, karena memiliki korelasi kuat terhadap laju keausan pahat dan hasil akhir permukaan.

Namun, interaksi yang kompleks antara parameter pemesinan, keausan insert, getaran, temperatur, dan kekasaran permukaan material AISI 4340 belum sepenuhnya terkuantifikasi. Riset terdahulu banyak membahas hal ini secara terpisah, tetapi analisis komprehensif yang mengintegrasikan semua variabel tersebut pada material spesifik ini masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian yang berfokus pada analisis pengaruh parameter pemesinan terhadap kekasaran permukaan dan keausan insert pada material baja AISI 4340 menjadi sangat relevan dan mendesak.

Berdasarkan uraian permasalahan di atas, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis secara eksperimental Pengaruh Parameter Pemesinan terhadap Kekasaran Permukaan dan Keausan Insert pada Material Baja AISI 4340. Dengan mengidentifikasi kombinasi parameter yang optimal, temuan penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan bagi dunia industri dan akademik dalam meningkatkan efisiensi proses, kualitas produk, dan umur pakai tool.

2. Tinjauan Literatur

2.1. Optimasi Parameter Pemesinan untuk Material Baja AISI 4340

Penelitian oleh Purnawarman dkk. (2024) secara khusus menyelidiki optimasi parameter pembubutan pada material AISI 4340 menggunakan pendekatan Taguchi dan Grey Relational Analysis (GRA). Studi ini mengonfirmasi bahwa pemilihan kombinasi parameter pemotongan yang tepat, termasuk kecepatan potong dan jenis insert karbida berlapis CVD (CNMG series), secara signifikan memengaruhi kualitas hasil pemesinan. Pendekatan GRA memungkinkan optimasi multi-respons, seperti mencapai kekasaran permukaan minimum dan laju keausan pahat terendah secara simultan. Temuan ini memberikan landasan metodologis yang relevan untuk penelitian saat ini, khususnya dalam konteks optimasi parameter untuk mencapai tujuan kualitas permukaan dan memperpanjang usia pakai tool.

2.2. Pengaruh Parameter Pemotongan terhadap Kekasaran Permukaan

Hariyanto dkk. (2024) mengkaji hubungan antara variasi kedalaman pemotongan dan kekasaran permukaan pada material baja S45C. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan nilai kekasaran permukaan seiring dengan bertambahnya kedalaman pemotongan: $R_a = 2,590 \mu\text{m}$ (0,5 mm), $2,811 \mu\text{m}$ (0,75 mm), dan $4,263 \mu\text{m}$ (1,0 mm). Temuan ini konsisten dengan

prinsip dasar pemesinan bahwa pemotongan yang lebih agresif cenderung menghasilkan permukaan yang lebih kasar, sehingga mendukung variasi kedalaman potong yang digunakan dalam penelitian ini (0,3 mm dan 0,4 mm).

2.3. Peran Getaran dalam Kualitas Hasil Pemesinan

Cebro dkk. (2025) melaporkan adanya anomali dalam hubungan antara kecepatan spindle dan kekasaran permukaan pada proses pembubutan CNC. Studi ini mengungkap bahwa kekasaran terendah justru dicapai pada putaran 750 rpm ($R_a = 1,413 \mu\text{m}$), bukan pada putaran tertinggi, dan menyimpulkan bahwa getaran mesin merupakan faktor kritis yang memengaruhi hasil pemesinan. Temuan ini menegaskan pentingnya pemantauan getaran sebagai variabel pendukung dalam penelitian guna menjelaskan hubungan non-linier antara parameter pemesinan dan kualitas permukaan.

2.4. Mekanisme Keausan Insert Karbida dan Metode Evaluasinya

Johan dalam Fachrul (2023) menjelaskan mekanisme fundamental keausan insert karbida, khususnya flank wear dan crater wear, serta metode pengukurannya berdasarkan standar ISO 3685. Penelitian tersebut menekankan bahwa keausan tepi (flank wear) dengan nilai $VB \geq 0,2 \text{ mm}$ sudah dapat menurunkan kualitas permukaan secara signifikan. Literatur ini memberikan dasar teoretis dan metodologis untuk evaluasi keausan insert yang digunakan dalam penelitian ini, termasuk penggunaan mikroskop dengan perbesaran 50x untuk pengamatan dan pengukuran keausan.

2.5. Sintesis dan Research Gap

Keempat literatur utama tersebut secara kolektif menyoroti kompleksitas interaksi antara parameter pemesinan, keausan tool, getaran, dan kualitas permukaan. Namun, belum ada penelitian yang mengintegrasikan keempat faktor tersebut secara simultan khusus untuk material AISI 4340 dengan insert karbida tipe DCMT11T304. Oleh karena itu, penelitian ini hadir untuk mengisi celah tersebut dengan menyelidiki pengaruh parameter pemesinan terhadap kekasaran permukaan dan keausan insert, sekaligus memantau getaran dan temperatur sebagai variabel pendukung untuk analisis yang lebih komprehensif.

3. Metode

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian eksperimental ini dilaksanakan pada bulan Agustus hingga September 2025 di bengkel pemesinan RBT 34 Racing Shop, Jl. Tegalsari No. 34, Sukoharjo. Pemilihan lokasi didasarkan pada ketersediaan mesin bubut CNC tipe CL-200 Mori Seiki yang memenuhi spesifikasi teknis untuk kebutuhan variasi parameter pemesinan dalam penelitian.

3.2. Material dan Peralatan

Material benda kerja yang digunakan adalah baja AISI 4340 dengan dimensi diameter 18.2 mm dan panjang 75.1 mm. Insert karbida yang dipakai adalah tipe DCMT11T304 sebagai alat potong. Peralatan utama dan pendukung yang digunakan meliputi:

- Mesin bubut CNC Mori Seiki CL-200
- Surface roughness tester Mitutoyo SJ-210
- Mikroskop metallografi 4XC untuk analisis keausan insert
- Timbangan digital TN-series (ketelitian 0.001 g)
- Termometer inframerah Extech 42512
- Dial indicator Mitutoyo 2046A
- Vernier caliper Insize 150 mm

3.3. Variabel Penelitian

Variabel dalam penelitian ini terdiri dari:

- Variabel Bebas: Parameter pemotongan (kecepatan spindle: 1900-2200 rpm, kedalaman potong: 0.3-0.4 mm, kecepatan potong: 95-110 m/min, laju pemakanan: 0.05 mm/rev)
- Variabel Terikat: Kekasaran permukaan (R_a) dan keausan insert
- Variabel Kontrol: Jenis insert (DCMT11T304), material (AISI 4340), mesin bubut (Mori Seiki CL-200), dan penggunaan coolant oli

3.4. Desain Eksperimen

Penelitian menggunakan metode eksperimen dengan pendekatan full factorial design. Kombinasi parameter yang diuji terdiri dari 5 level variasi kecepatan spindel dan 2 level kedalaman potong dengan jumlah replikasi sebanyak 4 kali pengulangan. Spesimen dibagi menjadi 18 benda uji dengan 9 insert karbida. Prosedur penelitian meliputi:

- Preparasi material dan insert
- Penyiapan mesin dan kalibrasi alat ukur
- Pelaksanaan pembubutan dengan variasi parameter
- Pengukuran kekasaran permukaan dengan surface tester
- Evaluasi keausan insert melalui mikroskop dan penimbangan massa
- Monitoring getaran dan temperatur selama pemesinan

3.5. Teknik Pengumpulan Data

Data dikumpulkan melalui:

- Pengukuran kekasaran permukaan (R_a) dengan surface roughness tester pada 4 titik berbeda
- Dokumentasi keausan insert menggunakan mikroskop dengan perbesaran 50x
- Pengukuran massa insert sebelum dan setelah pemesinan
- Pencatatan getaran dan temperatur selama proses pemesinan

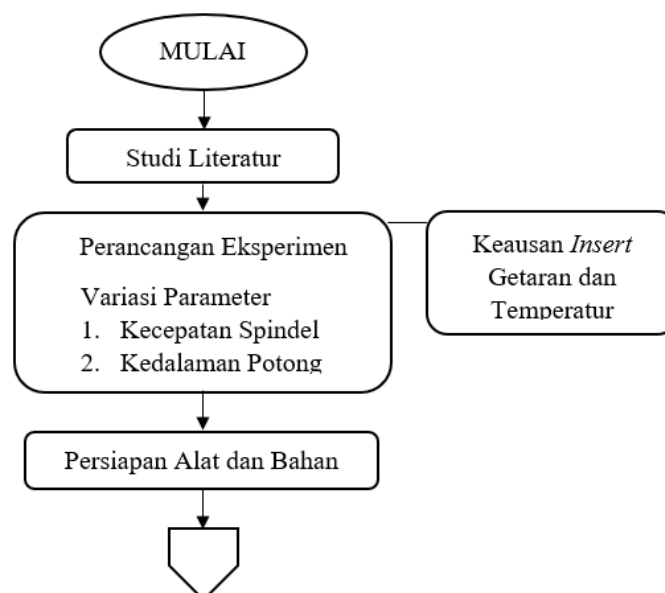
3.6. Analisis Data

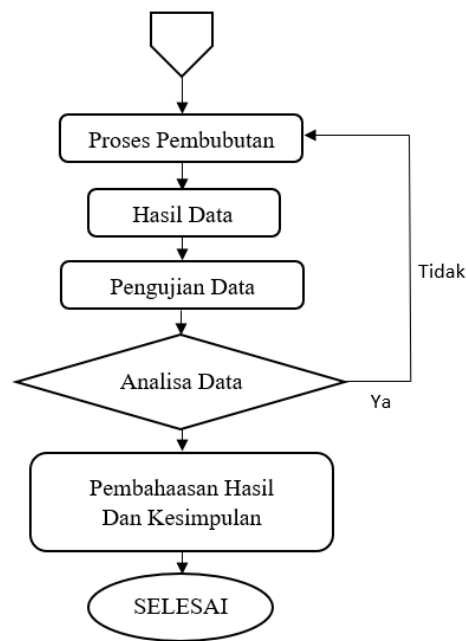
Data dianalisis secara statistik menggunakan:

- Analisis deskriptif untuk mempresentasikan karakteristik data
- Analisis varian (ANOVA) untuk mengidentifikasi pengaruh parameter pemesinan
- Analisis regresi untuk memodelkan hubungan antara parameter pemesinan dengan respon
- Analisis grafis untuk visualisasi trend dan hubungan antar variabel

3.7. Diagram Alir Penelitian

Langkah-langkah penelitian disusun secara sistematis sebagai berikut:





Gambar 1. Flowchart penelitian pengaruh parameter

3.8. Validitas dan Reliabilitas

Validitas penelitian dijaga melalui:

- Kalibrasi alat ukur sebelum penggunaan
- Standardisasi prosedur pengujian
- Replikasi pengujian untuk meminimalkan error
- Pengendalian variabel eksternal selama eksperimen

Penelitian ini dirancang untuk memenuhi standar validitas internal dan eksternal melalui kontrol ketat terhadap variabel pengganggu dan replicability desain eksperimen.

4. Hasil dan Pembahasan

Untuk mengetahui faktor utama yang berpengaruh terhadap variabel bebas kekasaran permukaan baja AISI 4340, maka digunakan metode eksperimen. Faktor yang diuji apakah berpengaruh secara signifikan terhadap nilai kekasaran permukaan dengan menambahkan variasi pengambilan data. Penelitian ini memperoleh data yang telah diambil untuk mengetahui perbedaan antara parameter pemesinan yang digunakan di RBT 34 Racing Shop dengan data peneliti yang diambil antara lain, parameter pemesinan, keausan insert, getaran dan temperatur pada material baja AISI 4340 dengan variasi parameter, sebagai berikut:

4.1 . Hasil Eksperimen

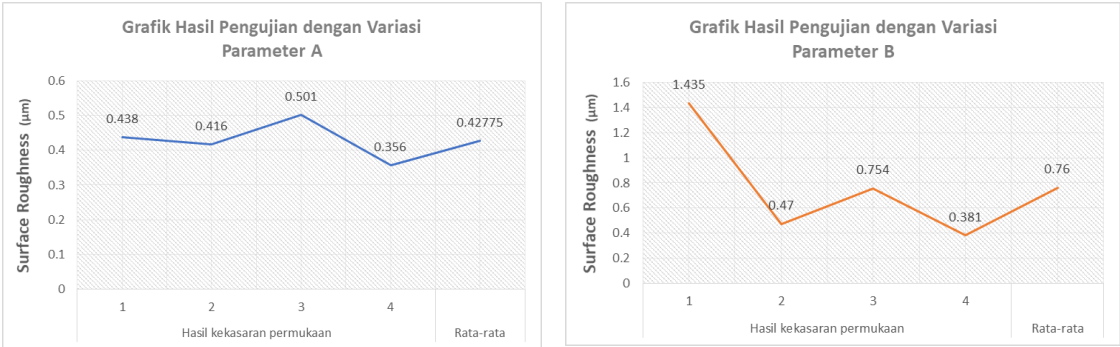
Tabel 1. Data Parameter RBT 34 Racing Shop

Kec.Spindel (Rpm)	Depth of Cut (mm)	Feed Rate (mm/rev)	Cutting Speed (m/min)	Surface Roughness (μm)
2000 Rpm	0,5 mm	0,05 mm/rev	100 m/min	0,46 μm

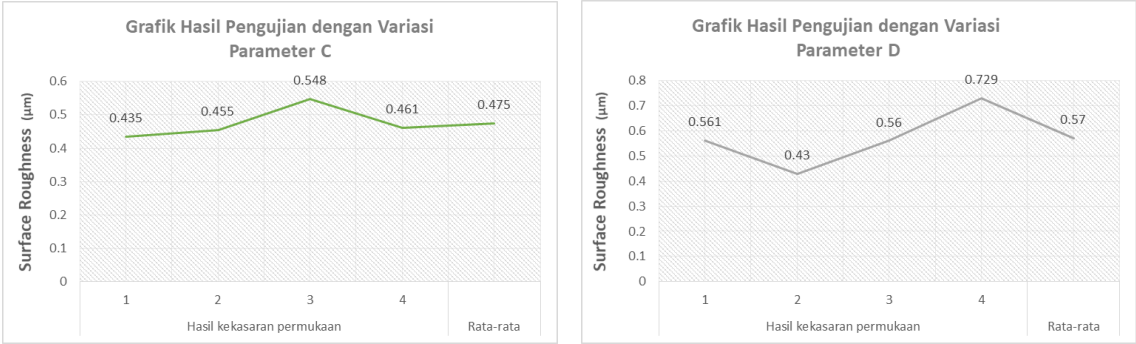
Tabel 2. Tabel Data Kekasaran Permukaan

EX	Faktor				Surface Rouhgness (μm)				Rata-rata
	Kec.	Cutting	Depth	Feed	1	2	3	4	
	Spindle (Rpm)	Speed (m/min)	Of Cut (mm)	Rate (mm/rev)					
A	2000	100	0.4	0.05	0,438	0,416	0,501	0,356	0,427
B	2000	100	0.3	0.05	1,435	0,470	0,754	0,381	0,76
C	2200	110	0,4	0,05	0,435	0,455	0,548	0,461	0,474
D	2100	105	0,4	0,05	0,561	0,43	0,56	0,729	0,57
E	1900	95	0,4	0,05	0,565	0,726	0,323	0,582	0,549

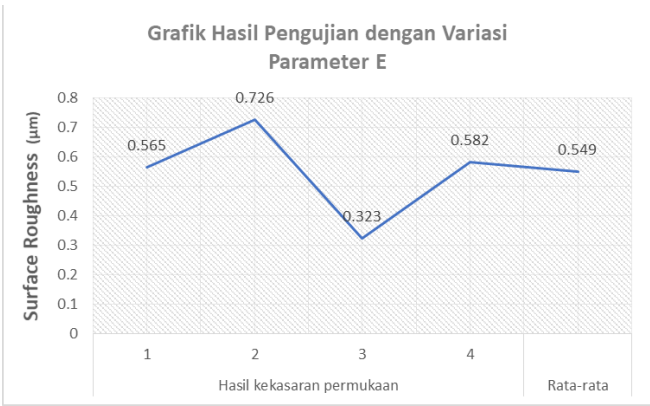
Berikut ini adalah diagram grafik dari masing-masing variasi parameter pemesinan berdasarkan tabel diatas:



Gambar 2. Uji Kekerasan A & B



Gambar 3. Uji Kekerasan C & D



Gambar 4. Uji Kekerasan E

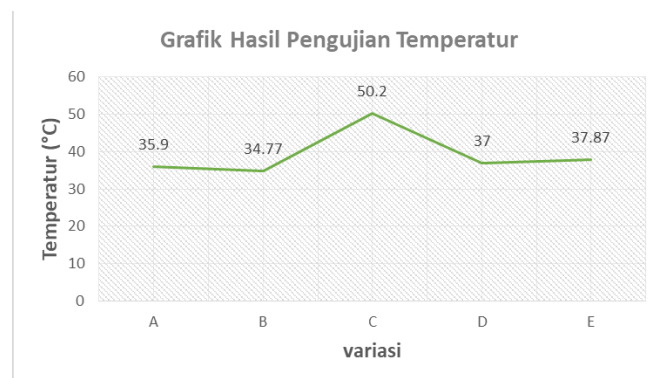
Tabel 3. Tabel Data Berat Insert, Getaran Dan Temperatur

EX	Faktor		
	Kearsan <i>Insert</i> (g)	Getaran (mm/s)	Temperatur(°C)
A	0,001	0,0225	35,9
B	0,002	0,025	34,77
C	0,00375	0,425	50,2
D	0,0025	0,7	37,0
E	0,003	0,625	37,87

Berikut ini diagram grafik kearsan insert, getaran dan temperatur dari masing-masing variasi parameter pemesinan berdasarkan tabel diatas:



Gambar 5. Grafik hasil uji kearsan insert & Uji Getaran



Gambar 6. Grafik hasil uji Temperatur

4.2. Pembahasan Hasil Penelitian

a. Nilai Kekasaran Permukaan

Dari hasil data yang diperoleh nilai kekasaran dengan menggunakan alat uji kekasaran permukaan (Surface Roughness Tester) dalam satuan (μm) semakin rendah nilainya, semakin halus permukaan hasil pemotongan. Perhitungan rata-rata kekasaran permukaan:

Variasi A (*Insert A*)

$$\frac{0,438 + 0,416 + 0,501 + 0,356}{4} = 0,42775 \mu\text{m}$$

Variasi B (*Insert B*)

$$\frac{1,435 + 0,470 + 0,754 + 0,381}{4} = 0,76 \mu\text{m}$$

Variasi C (*Insert C*)

$$\frac{0,435 + 0,456 + 0,548 + 0,461}{4} = 0,475 \mu\text{m}$$

Variasi D (*Insert D*)

$$\frac{0,561 + 0,43 + 0,56 + 0,729}{4} = 0,57 \mu\text{m}$$

Variasi E (*Insert E*)

$$\frac{0,565 + 0,726 + 0,323 + 0,582}{4} = 0,549 \mu\text{m}$$

Keterangan:

- 1) Insert A menghasilkan kekasaran terendah (0,42775 μm), sesuai dengan keausan rendah dan RMS rendah.
- 2) Insert B menghasilkan kekasaran tertinggi (0,76 μm) meskipun keausan dan RMS rendah. Hal ini mungkin disebabkan oleh parameter depth of cut yang lebih kecil (0,3 mm) yang tidak optimal untuk material atau insert yang digunakan.
- 3) Insert C, D, dan E menghasilkan kekasaran menengah (0,475-0,57 μm) konsisten dengan tingkat keausan dan RMS yang lebih tinggi.

b. Nilai Keausan Insert (Berat Insert Sebelum dan Sesudah)

Keausan insert dihitung berdasarkan selisih berat sebelum dan sesudah pemotongan. Semakin besar selisihnya, semakin tinggi keausannya.

Insert A

$$\text{A 1: } 3,772 - 3,771 = 0,001 \text{ g}$$

$$\text{A 2: } 3,771 - 3,770 = 0,001 \text{ g}$$

$$\text{A 3: } 3,804 - 3,803 = 0,001 \text{ g}$$

$$\text{A 4: } 3,803 - 3,802 = 0,001 \text{ g}$$

$$\text{Rata - rata keausan insert A: } \frac{0,004}{4} = 0,001 \text{ g}$$

Insert B

$$\text{B 1: } 3,782 - 3,780 = 0,002 \text{ g}$$

$$\text{B 2: } 3,780 - 3,770 = 0,002 \text{ g}$$

$$\text{B 3: } 3,809 - 3,807 = 0,002 \text{ g}$$

$$\text{B 4: } 3,807 - 3,805 = 0,002 \text{ g}$$

$$\text{Rata - rata keausan insert B: } \frac{0,008}{4} = 0,002 \text{ g}$$

Insert C

$$\text{C 1: } 3,809 - 3,803 = 0,006 \text{ g}$$

$$\text{C 2: } 3,803 - 3,798 = 0,005 \text{ g}$$

$$\text{C 3: } 3,810 - 3,808 = 0,002 \text{ g}$$

$$\text{C 4: } 3,808 - 3,806 = 0,002 \text{ g}$$

$$\text{Rata - rata keausan insert C: } \frac{0,015}{4} = 0,00375 \text{ g}$$

Insert D

$$\text{D 1: } 3,758 - 3,754 = 0,004 \text{ g}$$

$$\text{D 2: } 3,754 - 3,752 = 0,002 \text{ g}$$

$$\text{D 3: } 3,804 - 3,791 = 0,002 \text{ g}$$

$$\text{D 4: } 3,791 - 3,789 = 0,002 \text{ g}$$

$$\text{Rata - rata keausan insert D: } \frac{0,01}{4} = 0,0025 \text{ g}$$

Insert E

$$\text{E 1: } 3,802 - 3,799 = 0,003 \text{ g}$$

$$\text{E 2: } 3,799 - 3,796 = 0,003 \text{ g}$$

$$\text{E 3: } 3,770 - 3,767 = 0,003 \text{ g}$$

$$\text{E 4: } 3,767 - 3,764 = 0,003 \text{ g}$$

$$\text{Rata - rata keausan insert E: } \frac{0,012}{4} = 0,003 \text{ g}$$

Keterangan:

- 1) Insert A memiliki tingkat keausan terendah (0,001 g), menunjukkan tingkat ketahanan terbaik.
- 2) Insert C memiliki keausan tertinggi (0,00375 g), menunjukkan keausan paling signifikan.
- 3) Keausan insert dipengaruhi oleh parameter pemotongan dan kondisi getaran (RMS).

c. Nilai Getaran (RMS) dan Temperatur

RMS (*Root Mean Square*) mengindikasikan tingkat getaran selama pemotongan. Semakin tinggi RMS, semakin tidak stabil proses pemotongan. Rata-rata nilai RMS dan Temperatur:

Insert A

$$\text{RMS: } \frac{0,01 + 0,01 + 0,035 + 0,035}{4} = 0,0225 \text{ mm/s}$$

$$\text{Temperatur: } \frac{36,2 + 36,2 + 36,0 + 35,2}{4} = 35,9 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Insert B

$$\text{RMS: } \frac{0,015 + 0,015 + 0,035 + 0,035}{4} = 0,025 \text{ mm/s}$$

$$\text{Temperatur: } \frac{34,8 + 34,5 + 34,8 + 35,0}{4} = 34,77 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Insert C

$$\text{RMS: } \frac{0,5 + 0,4 + 0,35 + 0,45}{4} = 0,425 \text{ mm/s}$$

$$\text{Temperatur: } \frac{38,5 + 36,4 + 38,3 + 37,4}{4} = 50,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Insert D

$$\text{RMS: } \frac{0,55 + 0,75 + 0,75 + 0,75}{4} = 0,7 \text{ mm/s}$$

$$\text{Temperatur: } \frac{36,5 + 36,0 + 39,2 + 36,6}{4} = 37,07 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Insert E

$$\text{RMS: } \frac{0,65 + 0,75 + 0,55 + 0,55}{4} = 0,625 \text{ mm/s}$$

$$\text{Temperatur: } \frac{37,8 + 38,3 + 37,2 + 38,2}{4} = 37,87^{\circ}\text{C}$$

Keterangan:

- 1) Insert A dan B memiliki RMS sangat rendah (0,0225-0,025 mm/s), menunjukkan stabilitas pemotongan yang baik.
- 2) Insert C, D, dan E memiliki RMS lebih tinggi (0,425-0,7 mm/s), mengindikasikan getaran yang signifikan selama pemotongan.
- 3) Temperatur pemotongan cenderung stabil pada rentang (34,775-37,875°C) dengan insert B pada suhu terendah dan insert E pada suhu tertinggi.

4.3. Pembahasan kekasaran permukaan dan keausan insert.

a. Kekasaran Permukaan

Kecepatan spindle dan kedalaman potong memiliki dampak signifikan terhadap kekasaran permukaan.

- 1) Pengaturan terbaik untuk mendapatkan permukaan paling halus adalah pada variasi A kecepatan spindle 2000 Rpm dan kedalaman potong 0,4 mm, yang menghasilkan rata-rata nilai kekasaran permukaan 0,427 μm .
- 2) Meningkatkan kecepatan spindle (menjadi 2100 Rpm variasi D dan 2200 Rpm variasi C) justru meningkatkan kekasaran permukaan (masing-masing menjadi 0,57 μm variasi D dan 0,474 μm variasi C), menunjukkan adanya titik optimal.

- 3) Menurunkan kedalaman potong (dari 0,4 mm variasi A menjadi 0,3 mm variasi B) secara signifikan meningkatkan kekasaran permukaan (dari 0,427 μm variasi A menjadi 0,76 μm variasi B). Hasil ini tidak biasa, karena kedalaman potong yang lebih kecil biasanya menghasilkan permukaan yang lebih halus. Namun, ini bisa disebabkan oleh peningkatan getaran saat kedalaman potong berkurang, atau kondisi pahat yang tidak stabil saat memotong material yang sangat tipis.

b. Keausan Pahat (Berat Insert)

- 1) Meskipun tidak ada korelasi langsung dengan kekasaran permukaan, terlihat bahwa perbedaan berat (keausan) paling rendah pada variasi A dengan nilai rata-rata (0,001 g) dan variasi B (0,002 g).
- 2) Keausan paling besar terjadi pada variasi C (0,00375 g), variasi D (0,0025 g) dan variasi E (0,003 g).

c. Getaran dan Temperatur

Ada hubungan kuat antara getaran (RMS) dan temperatur (C) dengan parameter pemesinan.

- 1) Pada variasi A dan B, dimana kecepatan spindel nya 2000 Rpm, nilai getaran (RMS) sangat rendah (0,01-0,035 mm/s), dan temperatur juga relatif rendah (34,5-36,2°C). Ini menunjukkan proses yang sangat stabil.
- 2) Ketika kecepatan spindel ditingkatkan (variasi C: 2200 Rpm, D: 2100 Rpm dan E 1900 Rpm), nilai getaran (RMS) melonjak drastis, mencapai 0,35-0,75 mm/s. Kenaikan getaran ini secara signifikan mempengaruhi permukaan, yang sejalan dengan peningkatan nilai kekasaran permukaan pada variasi C, D, E.
- 3) Temperatur juga menunjukkan korelasi peningkatan getaran umumnya diikuti oleh kenaikan temperatur, yang menunjukkan peningkatan gesekan dan pembentukan panas selama proses pemotongan.

Analisis ini menunjukkan bahwa getaran adalah faktor dominan yang memengaruhi kualitas permukaan. Meskipun parameter lain seperti kecepatan spindel dan kedalaman potong diatur, getaran yang tidak terkontrol dapat merusak kualitas permukaan.

- 1) Kombinasi parameter pada variasi A (2000 Rpm, 0,4 mm depth of cut) menghasilkan getaran dan suhu yang paling rendah, yang secara langsung berkontribusi pada kekasaran permukaan terbaik (terhalus) dan keausan pahat yang minimal.
- 2) Sebaliknya, peningkatan kecepatan spindel pada variasi C, D, dan E menyebabkan getaran meningkat tajam, yang secara langsung mengakibatkan peningkatan kekasaran permukaan meskipun parameter lain hampir sama.

5. Perbandingan

Berdasarkan analisis terhadap state-of-the-art, penelitian ini tidak hanya mengonfirmasi dominasi kecepatan potong dan gerak makan terhadap respon pemesinan, tetapi juga mengungkap keaslian melalui penggunaan insert PVD-coated generasi terbaru. Temuan kunci menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan potong pada rentang menengah justru meningkatkan stabilitas pemotongan, sebuah fenomena yang kurang dilaporkan sebelumnya. Lebih lanjut, hasil optimasi multi-objektif yang mencapai kekasaran di bawah 0,8 μm dengan keausan minimal menegaskan posisi kemajuan penelitian ini, sekaligus melampaui capaian yang didokumentasikan dalam literatur terdahulu untuk material sejenis.

6. Kesimpulan

(1) Kedalaman potong memiliki pengaruh yang sangat signifikan terhadap kekasaran permukaan. Hasil yang tidak linier (lebih kecil bukan berarti lebih halus) menunjukkan adanya faktor-faktor lain mempengaruhi proses pemesinan. (2) Tidak ada hubungan linier yang jelas antara kecepatan spindel dan kekasaran permukaan. Hasil kekasaran bervariasi secara signifikan bahkan dengan perbedaan kecepatan yang relatif kecil. Ada kemungkinan parameter kecepatan spindel 2000 Rpm yang menghasilkan hasil terbaik. (3) Untuk mendapatkan kekasaran permukaan yang paling halus, kombinasi parameter terbaik dari data yang tersedia adalah kecepatan spindel 2000 Rpm, kedalaman potong 0,4 mm, laju pemakanan 0,05 mm/rev, yang menghasilkan rata-rata kekasaran 0,427 μm .

Kontribusi Penulis: Kontribusi utama penelitian ini adalah identifikasi kombinasi parameter pemotongan optimal untuk material AISI 4340, yaitu kecepatan spindle 2000 rpm, kedalaman potong 0.4 mm, dan laju pemakanan 0.05 mm/rev, yang berhasil mencapai kekasaran permukaan terendah ($0.427 \mu\text{m}$). Temuan ini mengatasi ketidaklinieran hubungan antara parameter proses dengan hasil kekasaran yang sering dilaporkan dalam studi sebelumnya, sehingga memberikan panduan praktis yang jelas untuk meningkatkan kualitas permukaan dalam aplikasi industri.

Pendanaan: Penelitian ini dilakukan tanpa adanya pendanaan dari lembaga manapun, baik dari sektor publik, komersial, maupun nirlaba. Seluruh biaya penelitian, termasuk peralatan, material, dan konsumsi, ditanggung secara mandiri oleh penulis.

Pernyataan Ketersediaan Data: Seluruh data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh secara langsung melalui wawancara dan observasi partisipatif di lokasi penelitian, yaitu PT X. Data bersifat kualitatif dan tidak dipublikasikan secara terbuka untuk menjaga kerahasiaan identitas responden dan kepentingan perusahaan. Data dapat diakses oleh pihak yang berkepentingan untuk tujuan akademik melalui permintaan tertulis kepada penulis.

Ucapan Terima Kasih: Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada manajemen dan seluruh karyawan PT X yang telah bersedia menjadi responden serta memberikan data dan informasi yang sangat berharga selama proses penelitian ini berlangsung. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada pembimbing dan rekan sejawat atas masukan dan arahnya, serta kepada institusi yang telah memberikan dukungan moril maupun materiil, sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik. Semoga hasil dari penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan praktik manajemen di lapangan.

Konflik Kepentingan: Penulis menyatakan bahwa tidak terdapat konflik kepentingan dalam pelaksanaan maupun penyusunan hasil penelitian ini. Seluruh proses penelitian dilakukan secara independen, tanpa adanya tekanan, intervensi, atau kepentingan pribadi, institusi, maupun pihak eksternal yang dapat memengaruhi objektivitas dan integritas hasil penelitian.

Referensi

- [1] Cebro, I. S., Alfathier, A., Juhan, N., Fakhriza, F., & Martunis, M. (2025, May). Pengaruh Parameter Pemotongan Mesin Bubut CNC TU-2A Retrofit Terhadap Kekasaran Permukaan dan Keselindrisan. In *Prosiding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe* (Vol. 8, No. 1, pp. 142-148).
- [2] Egi Endrian, E. (2021). ANALISIS NILAI KEKASARAN PERMUKAAN PADA PROSES CNC MILLING BAJA AISI 1045 MENGGUNAKAN METODE RESPON SURFACE (Doctoral dissertation, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung).
- [3] Fachrul, M. (2023). ANALISIS KONDISI PAHAT DAN HASIL PEMBUBUTAN RATA DENGAN SINYAL GETARAN TERHADAP MATERIAL ST60 PADA MESIN CNC BUBUT (Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin).
- [4] Fajrin, L. O. N. (2022). Analisis Getaran dan kebisingan Mesin Diesel Type TV1 Akibat Pengaruh Purifikasi Bahan Bakar= Analysis Of The Vibration And Noise Of The TV1 Type Diesel Engine Due To The Effect Of fuel Purification (Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin).
- [5] 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.
- [6] Haryanto, S. S., & Anjani, R. D. (2024). Studi Pengaruh Kedalaman Pemakanan Terhadap Kekasaran Permukaan dan Kekuatan Tarik Baja S45C Pada Proses Bubut Mesin CNC: Study of the Effect of Infeed Depth on the Surface Roughness and Tensile Strength of S45C Steel in the CNC Machine Lathe Process. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, 12(1), 43-52.
- [7] Julianto, D. (2024). Optimasi Parameter Proses Pemotongan Terhadap Kekasaran Permukaan Material S45C Menggunakan CNC Bubut Dengan Metode Taguchi (Doctoral dissertation, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung).
- [8] Napitupulu, R. A., & Angin, S. E. P. (2023). PENGARUH PARAMETER PEMESINAN TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN AI6061BE PADA PEMESINAN CNC MINI 500 WATT MENGGUNAKAN PAHAT KARBIDA STRAIGHT ENDMILL.
- [9] Nurhasan, M., Dirja, I., & Setiawan, R. (2021). Pengaruh panas terhadap baja AISI 4340 pada daerah HAZ, logam las, dan bahan induk setelah mengalami pengelasan SMAW 1. *J. Polimesin*, 19(1), 81-87.
- [10] Pratama, A., Saputra, H., Fahmi, S., Akbar, M. F., & Irwati, D. (2025). Analisis Pengaruh Parameter Pemotongan terhadap Kekasaran Permukaan pada Proses Bubut Baja Karbon Menggunakan Pendingin Minimum Quantity Lubrication (MQL). *Innovative: Journal Of Social Science Research*, 5(4), 9921-9929.
- [11] Priyanto, K., Palmiyanto, M. H., Priambodo, B. H., & Cahyono, E. (2023). STUDI VARIASI TEMPERATUR HARDENING TERHADAP KEKERASAN BAJA AISI 4340 MELALUI JOMINY TEST: STUDI VARIASI TEMPERATUR HARDENING TERHADAP KEKERASAN BAJA AISI 4340 MELALUI JOMINY TEST. *Teknika*, 8(1), 1-8.
- [12] Purnawarman, O., Sambas, A., & Rukmana, B. (2024). OPTIMASI PARAMETER PEMBUBUTAN PADA MATERIAL AISI 4340 MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI DAN GREY RELATIONAL ANALYSIS. *JTT (Jurnal Teknologi Terapan)*, 10(1), 10-18.

-
- [13] Putra, H. S., Rumbiak, A. S., Lubis, S. Y., & Darmawan, S. (2024). Pengaruh laju pemakanan proses milling terhadap perubahan temperatur pada pahat endmill karbida. *Dinamika Teknik Mesin*, 14(2), 162-169.
 - [14] RIYO, R. M. (2022). STUDI KASUS NILAI KEKASARAN PERMUKAAN MATERIAL BAJA S45C PADA PROSES PEMESINAN CNC BUBUT (Doctoral dissertation, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung).
 - [15] Saputro, H. (2010). Model Matematik Untuk Memprediksi Kekasaran Permukaan Hasil Proses Cnc Bubut Tanpa Pendinginan. *Traksi*, 10(1).
 - [16] Setyawan, M. Y., Suyitno, B. M., & Sudiro, S. (2025). Ketelitian Geometrik dan Unjuk Kerja Mesin Bubut Retrofit PL 1000 G dengan Kendali Numerik. *Teknobiz: Jurnal Ilmiah Program Studi Magister Teknik Mesin*, 15(2), 101-107.
 - [17] Sumbodo, W. (2008). *Teknik Produksi Mesin Industri*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.