

ABSTRAK

Proses pembubutan merupakan salah satu proses pemesinan yang dipengaruhi oleh berbagai parameter, di antaranya metode pendinginan dan *feed rate*. Pemilihan parameter pemotongan yang tepat berperan penting dalam mengendalikan temperatur pahat potong serta menghasilkan kualitas geometrik benda kerja yang baik, khususnya kebulatan (*roundness*). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh metode pendinginan dan *feed rate* terhadap temperatur pahat potong dan kebulatan benda kerja, serta mengetahui kontribusi masing-masing faktor pada proses pembubutan Aluminium 6061. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan desain faktorial dua faktor, yaitu metode pendinginan yang terdiri atas *Dry Cutting*, *Minimum Quantity Lubrication* (MQL), dan *Flood Cooling*, serta variasi *feed rate* sebesar 0,15 mm/rev, 0,20 mm/rev, dan 0,25 mm/rev. Setiap kombinasi perlakuan dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan sehingga diperoleh 27 data pengamatan. Temperatur pahat potong diukur menggunakan *thermometer infrared*, sedangkan kebulatan benda kerja diukur menggunakan dial indicator. Data dianalisis menggunakan analisis deskriptif, uji normalitas, uji homogenitas, analisis varians (ANOVA), serta analisis kontribusi faktor menggunakan perangkat lunak Minitab. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode pendinginan dan *feed rate* berpengaruh signifikan terhadap temperatur pahat potong dan kebulatan benda kerja ($p\text{-value} < 0,05$). Metode *Flood Cooling* menghasilkan temperatur pahat potong paling rendah dan kebulatan benda kerja terbaik, sedangkan *Dry Cutting* menghasilkan temperatur tertinggi dan penyimpangan kebulatan terbesar. Peningkatan *feed rate* menyebabkan temperatur pahat potong meningkat dan kualitas kebulatan cenderung menurun akibat meningkatnya gaya pemotongan dan gesekan pada zona pemotongan. Analisis kontribusi faktor menunjukkan bahwa metode pendinginan merupakan faktor yang paling dominan memengaruhi temperatur pahat potong maupun kebulatan benda kerja dibandingkan *feed rate*. Dengan demikian, pemilihan metode pendinginan yang tepat berperan penting dalam meningkatkan kualitas hasil pembubutan Aluminium 6061.

Kata Kunci: Aluminium 6061, Feed Rate, Flood Cooling, Kebulatan, Minimum Quantity Lubrication (MQL), Pembubutan, Temperatur Pahat Potong.

ABSTRACT

The turning process is one of the machining processes that is influenced by various parameters, including cooling methods and feed rates. The selection of appropriate cutting parameters plays an important role in controlling the cutting tool temperature and producing good geometric quality of the workpiece, especially roundness (roundness). This study aims to analyze the effect of cooling methods and feed rates on cutting tool temperature and workpiece roundness, and to determine the contribution of each factor to the turning process of Aluminum 6061. This study uses an experimental method with a two-factor factorial design, namely the printing method consisting of Dry Cutting, Minimum Quantity Lubrication (MQL), and Flood Cooling, and variations in feed rates of 0.15 mm/rev, 0.20 mm/rev, and 0.25 mm/rev. Each treatment combination was repeated three times to obtain 27 observation data. The tool temperature was measured using an infrared thermometer, while the roundness of the workpiece was measured using a dial indicator. Data were analyzed using descriptive analysis, normality test, homogeneity test, analysis of variance (ANOVA), and factor contribution analysis using Minitab software. The results showed that the cooling method and feed rate significantly influenced the cutting tool temperature and workpiece roundness ($p\text{-value} < 0.05$). The Flood Cooling method produced the lowest cutting tool temperature and the best workpiece roundness, while Dry Cutting produced the highest temperature and the largest roundness deviation. Increasing the feed rate caused the cutting temperature to increase and the roundness quality tended to decrease due to increasing cutting forces and damage to the cutting zone. The analysis of factor contributions showed that the cooling method was the most dominant factor affecting the cutting temperature and workpiece roundness compared to the feed rate. Thus, choosing the right cooling method plays an important role in improving the quality of Aluminum 6061 turning results.

Keywords: *Aluminum 6061, Feed Rate, Flood Cooling, Roundness, Minimum Quantity Lubrication (MQL), Turning, Cutting Tool Temperature.*

DAFTAR ISI

PERNYATAAN	ii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	iv
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiii
LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Disiplin Ilmu Pendukung.....	6
2.1.1 Proses Manufaktur.....	6
2.1.2 Material Teknik.....	6
2.2 Teori Dasar	7
2.2.1 Sejarah Mesin Bubut	7
2.2.2 Mesin CNC	7
2.2.3 Proses Pembubutan.....	11
2.2.4 Pendinginan Mesin Bubut	16
2.2.5 <i>Feed rate</i>	22
2.2.6 <i>Roundness</i>	22
2.2.7 Pahat Potong.....	24
2.2.8 Fenomena Lubrikasi	26
2.2.9 Aluminium 6061.....	28
2.3 <i>Design of Experiments (DOE)</i>	29
2.3.1 Desain Faktorial.....	29
2.3.2 Anova General Linear Model	33
2.4 Penelitian Terdahulu	35

2.5	Kebaruan Penelitian.....	42
BAB III METODE PENELITIAN		44
3.1	Jenis Penelitian	44
3.2	Variabel Penelitian.....	44
3.2.1	Variabel bebas.....	44
3.2.2	Variabel terikat.....	45
3.2.3	Variabel control.....	45
3.3	Alur Penelitian.....	45
3.4	Alat dan Bahan Pengujian	49
3.4.1	Alat	49
3.4.2	Bahan.....	52
3.5	Prosedur Pengambilan Data	52
3.5.1	Pengukuran temperatur pahat potong	52
3.5.2	Pengujian kebulatan.....	53
3.6	Desain Eksperimen	53
3.6.1	Faktor dan Level Variabel.....	54
3.6.2	<i>Coded Variable</i>	54
3.6.3	Matriks Desain Eksperimen Faktorial	55
3.6.4	Respon Penelitian	56
3.6.5	Model Matematis DOE Faktorial	56
3.7	Teknik Pengolahan Data	57
3.7.1	Pengacakan.....	59
3.8	Replikasi	60
3.9	Analisis ANOVA	61
3.10	Analisis Data	62
3.11	Tempat dan Waktu penelitian	62
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		64
4.1	Data Hasil Penelitian	64
4.1.1	Hasil Pengujian Temperatur Pahat Potong	65
4.1.2	Hasil pengujian Kebulatan.....	66
4.2	Analisis Deskriptif.....	67
4.2.1	Analisis Deskriptif Temperatur Pahat Potong	68
4.2.2	Analisis Deskriptif Kebulatan	72
4.3	Uji Asumsi	76
4.3.1	Uji Normalitas	76

4.3.2	Uji Homogenitas.....	78
4.4	Analisis ANOVA	80
4.4.1	Analisis ANOVA Temperatur Pahat Potong	80
4.4.2	Analisis ANOVA Kebulatan benda kerja.....	81
4.5	Kontribusi Faktor.....	82
4.5.1	Kontribusi Faktor terhadap Temperatur Pahat Potong	82
4.5.2	Kontribusi Faktor terhadap kebulatan benda kerja.....	84
4.6	Pembahasan	85
4.6.1	Pengaruh Metode Pendinginan Terhadap Temperatur Pahat Potong.....	85
4.6.2	Pengaruh <i>Feed rate</i> Terhadap Temperatur Pahat Potong	87
4.6.3	Pengaruh Metode Pendinginan terhadap Kebulatan Benda Kerja.....	89
4.6.4	Pengaruh <i>Feed rate</i> terhadap Kebulatan Benda Kerja	92
4.6.5	Pembahasan Kontribusi Faktor.....	94
BAB V PENUTUP		97
5.1	Kesimpulan.....	97
5.2	Saran	98
DAFTAR PUSTAKA		99
LAMPIRAN		103

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Proses bubut (Nasution, 2021).	12
Gambar 2. 2 Mesin bubut (Paryanto dkk, 2024).	12
Gambar 2. 3 Proses MQL pada mesin Turning (Wong dkk, 2022).	19
Gambar 2. 4 Dry cutting mesin Turning (Wong dkk, 2022)	21
Gambar 2. 5 Pendinginan flood cooling (Wong dkk, 2022)	22
Gambar 2. 6 Toleransi untuk geometrik kebulatan. (Yanis, 2010), ...	23
Gambar 2. 7 Jenis pahat CNC bubut (Ivanov & Dehtiarov, 2025).	25
Gambar 2. 8 Generalisasi kurva stribeck (Syafa'at, 2008).	28
Gambar 3. 1 Flowchart penelitian	46
Gambar 3. 2 mesin bubut CNC Turning (dokumentasi pribadi)	50
Gambar 3. 3 Pahat <i>Grove MGMN300 Insert</i> (dokumentasi pribadi)	50
Gambar 3. 4 Holder MGEHR2020-3	51
Gambar 4. 1 Grafik temperatur pahat potong.	66
Gambar 4. 2 Grafik uji kebulatan.....	67
Gambar 4. 3 Hasil pendinginan dry terhadap temperatur pahat.	68
Gambar 4. 4 Hasil pendinginan MQL terhadap temperatur pahat.	70
Gambar 4. 5 Hasil pendiginan flood terhadap temperatur pahat.	71
Gambar 4. 6 Hasil pendiginan Dry terhadap kebulatan	72
Gambar 4. 7 Hasil result pendiginan MQL terhadap kebulatan.....	74
Gambar 4. 8 Hasil pendiginan flood terhadap kebulatan.....	75
Gambar 4. 9 Hasil minitab Uji Normalitas Temperatur pahat	76
Gambar 4. 10 Hasil minitab Uji Normalitas kebulatan.....	77
Gambar 4. 11 Hasil minitab Uji Homogenitas Temperatur pahat.	79
Gambar 4. 12 Hasil minitab Uji Homogenitas Kebulatan.	79
Gambar 4. 13 Interaction plot temperatur pahat.	83
Gambar 4. 14 Interaction plot kebulatan.....	84

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	Cara input parameter pada mesin CNC Turning (Automation Haas, 2015).	9
Tabel 2.2	Contoh program G-Code (Automation Haas, 2015).	10
Tabel 2.3	Arti Program G-Code (Automation Haas, 2015).	11
Tabel 2. 4	Tahapan proses pemesinan	14
Tabel 2. 5	Tabel Parameter Pemotongan Material Aluminium 6061 dengan Pahat karbida (Kalpakjian & Schmid, 2023).	15
Tabel 2. 6	karakteristik external grooving (Kyocera Corporation, 2018).	15
Tabel 2. 10	Material alumunium 6061 diperlukan pendingin	28
Tabel 2. 11	faktor 2 Level	31
Tabel 2. 12	penelitian terdahulu	36
Tabel 3. 1	Faktor dan level variabel	54
Tabel 3.2	Tabel coding variabel doc	54
Tabel 3.3	Tabel coding variabel campuran minyak	55
Tabel 3. 4	Matriks Eksperimen	55
Tabel 3.5	Tahap pengolahan data penelitian	57
Tabel 3. 6	Matriks Desain Eksperimen	59
Tabel 3. 7	Perulangan.....	61
Tabel 3. 8	Hasil Analisis ANOVA.....	61
Tabel 3. 9	Rancang waktu penelitian	62
Tabel 4. 1	Hasil pengambilan data.	64
Tabel 4. 2	Data hasil temperatur pahat.....	65
Tabel 4. 3	Data hasil kebulatan.	67
Tabel 4. 4	Analisis Deskriptif Temperatur Pahat Pendinginan Dry	68
Tabel 4. 5	Analisis Deskriptif Temperatur Pahat Pendinginan MQL.....	69
Tabel 4. 6	Analisis Deskriptif Temperatur Pahat Pendinginan flood	71
Tabel 4. 7	Analisis Deskriptif kebulatan Pendinginan dry	72
Tabel 4. 8	Analisis Deskriptif kebulatan Pendinginan MQL	73
Tabel 4. 9	Analisis Deskriptif kebulatan Pendinginan flood.....	75
Tabel 4. 10	Hasil ANOVA GLM temperatur pahat.	80
Tabel 4. 11	hasil ANOVA GLM kebulatan benda kerja	82
Tabel 4. 13	hasil kontribusi faktor temperatur pahat	83
Tabel 4. 14	hasil kontribusi faktor kebulatan	84

LAMPIRAN

Lampiran 1 Gambar Teknik dwg	103
Lampiran 2 Material alumunium 6061 awal dan hasil	104
Lampiran 3 Proses Pemesinan	104
Lampiran 4 Pengukuran suhu dan Kebulatan	106
Lampiran 5 Dokumentasi Lapangan.....	109