

**SKRIPSI**

**ANALISIS KEKASARAN PERMUKAAN DAN  
KEAUSAN PAHAT PADA PROSES *MILLING*  
MENGUNAKAN METODOLOGI PERMUKAAN  
RESPON**



**ROMI AKBAR**

**03051281924128**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

**JURUSAN TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2023**



**SKRIPSI**

**ANALISIS KEKASARAN PERMUKAAN DAN  
KEAUSAN PAHAT PADA PROSES *MILLING*  
MENGUNAKAN METODOLOGI PERMUKAAN  
RESPON**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana  
Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**



**OLEH:**

**ROMI AKBAR**

**03051281924128**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

**JURUSAN TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2023**



## HALAMAN PENGESAHAN

# ANALISIS KEKASARAN PERMUKAAN DAN KEAUSAN PAHAT PADA PROSES *MILLING* MENGUNAKAN METODOLOGI PERMUKAAN RESPON

## SKRIPSI

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin  
Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Oleh:

**ROMI AKBAR**  
03051281924128

Palembang, Juni 2023  
Pembimbing I

Pembimbing II

Prof. Dipl-Ing. Ir. Amrifan S M, Ph.D  
NIP. 196409111999031002

Arie Yudha Budiman S.T. M.T  
NIP. 1671090705750004

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Mesin




Irsyadi Yani, S.T, M.Eng, Ph.D., IPM  
NIP. 197112251997021001



JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

Agenda No.  
Diterima Tanggal  
Paraf

: 018/111/AF/2023  
: 21-07-2022  
: 

## SKRIPSI

NAMA : ROMI AKBAR  
NIM : 03051281924128  
JURUSAN : TEKNIK MESIN  
JUDUL SKRIPSI : ANALISIS KEKASARAN PERMUKAAN  
DAN KEAUSAN PAHAT PADA PROSES  
*MILLING* MENGGUNAKAN METODOLOGI  
PERMUKAAN RESPON

DIBUAT TANGGAL : 15 JULI 2022

SELESAI TANGGAL : 27 JUNI 2023

Palembang, Juli 2023

Diperiksa dan disetujui oleh:

Pembimbing Skripsi

Mengetahui,

 Ketua Jurusan Teknik Mesin



Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM  
NIP. 197112251997021001

Prof. Dipl-Ing. Ir. Amrifan S M, Ph.D  
NIP. 196409111999031002







## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi ini dengan judul “ANALISIS KEKASARAN PERMUKAAN DAN KEAUSAN PAHAT PADA PROSES MILLING MENGGUNAKAN METODOLOGI PERMUKAAN RESPON” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Sriwijaya pada tanggal 27 Juni 2023.




Palembang, Juli 2023

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Berupa Skripsi:

Pembimbing:

1. Prof. Dipl-Ing. Ir. Amrifan S M, Ph.D (.....)  
NIP. 196409111999031002
2. Arie Yudha Budiman S.T., M.T. (.....)  
NIP. 1671090705750004

Tim Pembahas:

- Ketua: 1. Dr. Muhammad Yanis, S.T., M.T. (.....)  
NIP. 197002281994121001
- Anggota: 2. M. A. Ade Saputra S.T., M.T. (.....)  
NIP. 198711302019031006
3. Arie Yudha Budiman S.T., M.T. (.....)  
NIP. 1671090705750004

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Mesin



Irsyadi Yani, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM  
NIP. 197112251997021001



## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas segala rahmat, karunia, dan petunjuk-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan baik. Skripsi yang berjudul “Analisis Kekasaran Permukaan dan Keausan Pahat pada Proses *Milling* Menggunakan Metodologi Permukaan Respon”, skripsi ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Pada kesempatan ini penulis juga ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, bantuan, dan motivasi selama proses penyusunan skripsi ini. Terima kasih kepada Kedua Orang Tua penulis, Junaidi dan Indrawati yang selalu memberikan doa dan dukungan penuh lahir dan batin. Terima kasih kepada Dipl-Ing. Ir. Amrifan Saladin Mohruni, Ph.D dan Arie Yudha Budiman S.T.,M.T. selaku pembimbing skripsi penulis yang telah memberikan arahan, bimbingan, serta masukan yang berharga sepanjang penulis menjalankan penelitian ini. Terima kasih kepada Ir. Hj. Marwani, M.T., selaku pembimbing akademik penulis yang telah memberikan saran dan bimbingan selama perkuliahan, dan terima kasih kepada seluruh civitas akademika jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya atas bantuan dan ilmu yang bermanfaat.

Tak lupa, penulis juga mengucapkan terima kasih kepada seluruh keluarga, teman-teman, dan rekan-rekan yang telah memberikan dukungan moral dan semangat kepada penulis sepanjang perjalanan penulisan skripsi ini. Kata-kata penyemangat, dukungan, dan doa yang diberikan sangat berarti bagi penulis. Semoga Allah senantiasa membalas segala kebaikan yang telah diberikan.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan sumbangan ilmiah yang bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan di bidang Teknik Mesin. Penulis juga berharap bahwa skripsi ini dapat memberikan inspirasi dan pemahaman lebih dalam bagi pembaca yang tertarik untuk melanjutkan

penelitian dalam bidang yang sama. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih.

Indralaya, Juli 2023

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Romi Akbar' in a cursive style.

Romi Akbar

NIM 03051281924128

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Romi Akbar

NIM : 03051281924128

Judul : Analisis Kekasaran Permukaan dan Keausan Pahat pada Proses  
*Milling* Menggunakan Metodologi Permukaan Respon

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan Pembimbing sebagai penulis korespondensi (*corresponding author*).

Demikian pernyataan saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari pihak manapun.

Palembang, Juli 2023



Romi Akbar

NIM. 03051281924128



## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Romi Akbar

NIM : 03051281924128

Judul : Analisis Kekasaran Permukaan dan Keausan Pahat pada Proses  
*Milling* Menggunakan Metodologi Permukaan Respon

Menyatakan bahwa skripsi saya merupakan hasil karya saya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari pihak manapun.



Palembang, Juli 2023



Romi Akbar

NIM. 03051281924128





## RINGKASAN

ANALISIS KEKASARAN PERMUKAAN DAN KEAUSAN PAHAT PADA PROSES *MILLING* MENGGUNAKAN METODOLOGI PERMUKAAN RESPON

Karya tulis ilmiah berupa skripsi, Juli 2023

Romi Akbar, dibimbing oleh Prof. Dipl-Ing. Ir. Amrifan S M, Ph.D dan Arie Yudha Budiman ST. MT.

xxix+ 78 Halaman, 14 Tabel, 27 Gambar, 6 Lampiran

### RINGKASAN

Dalam dunia manufaktur saat ini, pemesinan adalah bidang yang paling penting karena produk yang berkualitas baik dan produktivitas yang tinggi. Untuk mencapai produktivitas yang tinggi, parameter pemesinan (kedalaman potong, pemakanan, dan kecepatan potong) secara signifikan lebih tinggi sehingga menghasilkan panas dalam jumlah besar, yang menghasilkan suhu pemesinan yang lebih tinggi. Untuk mengurangi suhu pemesinan serta meningkatkan integritas permukaan produk dan umur pahat, cairan pemotongan diperlukan selama operasi pemesinan. Secara tradisional, cairan pemotongan yang digunakan dalam proses pemesinan diaplikasikan dengan sistem aliran banjir; namun, proses ini membutuhkan cairan dalam jumlah yang sangat banyak, mahal, dan dapat menimbulkan dampak negatif, seperti kontaminasi air dan air tanah, polusi udara, dan kontaminasi tanah. Untuk menghindari risiko pemotongan cairan dan untuk mencapai produksi yang lebih bersih dan sehat, MQL (*Minimum Quantity Lubrication*) telah diciptakan. Seperti namanya, sistem pelumasan ini menggunakan cairan pemotongan dalam jumlah yang sangat sedikit. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh parameter pemesinan seperti kecepatan potong dan gerak makan terhadap kekasaran permukaan Aluminium 6061 dan keausan pahat *endmill High Speed Steel*. Pengujian dilakukan dengan proses *milling* menggunakan sistem *minimum quantity lubrication* (MQL) dan minyak nabati yang digunakan berupa minyak

bunga matahari sebagai media pelumasan dengan variasi kecepatan potong 8.7868 m/min, 15 m/min, 30 m/min, 45 m/min, 51.2132 m/min dan variasi gerak makan 0.0098 mm/tooth, 0.015 mm/tooth, 0.0275 mm/tooth, 0.04 mm/tooth, 0.0452 mm/tooth. Hasil pengujian didapatkan bahwa percobaan ke-1 dengan kecepatan pemotongan ( $V_c$ ) sebesar 15 m/min dan gerak makan ( $f_z$ ) sebesar 0.015 mm/tooth memiliki tingkat kekasaran dan keausan pahat yang paling rendah, yaitu 0.272  $\mu\text{m}$  dan 0.0476 mm. Pada percobaan ke-8 dengan kecepatan pemotongan ( $V_c$ ) sebesar 30 m/min dan gerak makan ( $f_z$ ) sebesar 0.0452 mm/tooth memiliki tingkat kekasaran permukaan dan keausan pahat yang paling tinggi, yaitu 1.427  $\mu\text{m}$  dan 0.0953 mm. *Response Surface Methodology* digunakan untuk melakukan perhitungan nilai kekasaran permukaan dan melihat perbandingan pengaruh antara kecepatan potong dan gerak makan. Dalam pemodelan *Response Surface Methodology*, dilakukan analisis ANOVA untuk menentukan signifikansi statistik dari parameter pemesinan terhadap model respons. Sehingga dengan menggunakan metode *Mean Square Error*, dapat memperoleh gambaran mengenai sejauh mana nilai kesalahan pada prediksi, dan hasil tersebut memberikan informasi bahwa model *quadratic* memiliki tingkat kesalahan yang sangat kecil dibandingkan model *linear* dengan persentase *error* sebesar 0,0068% dan nilai *mean square error* sebesar 0,014088%.

Kata kunci : *minimum quantity lubrication*, kekasaran permukaan, keausan pahat, *response surface methodology*

Kepustakaan : 31 (1989 – 2022)

## SUMMARY

### ANALYSIS OF SURFACE ROUGHNESS AND TOOL WEAR IN MILLING PROCESS USING RESPONSE SURFACE METHODOLOGY

Scientific paper in the form of a thesis, July 2023

Romi Akbar, supervised by Prof. Dipl-Ing. Ir. Amrifan S M, Ph.D and Arie Yudha Budiman ST. MT.

xxix+ 78 Pages, 14 Tables, 27 Figures, 6 Appendices

#### SUMMARY

In today's manufacturing industry, machining is the most crucial field due to the production of high-quality products and high productivity. To achieve high productivity, machining parameters such as cutting depth, feed rate, and cutting speed are significantly increased, resulting in a large amount of heat generation and higher machining temperatures. To reduce machining temperature and improve surface integrity and tool life, cutting fluids are required during machining operations. Traditionally, flood coolant systems have been used for applying cutting fluids in machining processes. However, this process requires a large volume of fluids, is expensive, and can have negative impacts such as water and soil contamination, air pollution, and soil contamination. To avoid the risks associated with cutting fluids and achieve cleaner and healthier production, Minimum Quantity Lubrication (MQL) has been developed. As the name suggests, this lubrication system uses a very small quantity of cutting fluid. The objective of this research is to analyze the influence of machining parameters, such as cutting speed and feed rate, on the surface roughness of Aluminium 6061 and the wear of High-Speed Steel endmill. The testing was conducted using milling processes with the Minimum Quantity Lubrication (MQL) system and vegetable oil, specifically sunflower oil, as the lubricant medium. The cutting speed was varied at 8.7868 m/min, 15 m/min, 30 m/min, 45 m/min, and 51.2132

m/min, while the feed rate was varied at 0.0098 mm/tooth, 0.015 mm/tooth, 0.0275 mm/tooth, 0.04 mm/tooth, and 0.0452 mm/tooth. The test results showed that the first experiment with a cutting speed ( $V_c$ ) of 15 m/min and a feed rate ( $f_z$ ) of 0.015 mm/tooth had the lowest surface roughness and tool wear, measuring 0.272  $\mu\text{m}$  and 0.0476 mm, respectively. On the other hand, the eighth experiment with a cutting speed ( $V_c$ ) of 30 m/min and a feed rate ( $f_z$ ) of 0.0452 mm/tooth had the highest surface roughness and tool wear, measuring 1.427  $\mu\text{m}$  and 0.0953 mm, respectively. Response Surface Methodology was used to calculate the surface roughness value and examine the comparison of the effects of cutting speed and feed rate. In the Response Surface Methodology modeling, ANOVA analysis was performed to determine the statistical significance of the machining parameters on the response model. By using the Mean Square Error method, an understanding of the extent of prediction errors can be obtained. The results indicated that the quadratic model had a very small error rate compared to the linear model, with a percentage error of 0.0068% and a mean square error value of 0.014088%.

**Keywords :** minimum quantity lubrication, surface roughness, tool wear,  
response surface methodology

**Citations :** 31 (1989 – 2022)

## DAFTAR ISI

|  |       |
|--|-------|
| SKRIPSI .....  | iii   |
| HALAMAN PENGESAHAN .....                               | v     |
| SKRIPSI .....  | vii   |
| HALAMAN PERSETUJUAN .....                              | ix    |
| KATA PENGANTAR.....                                    | xi    |
| HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI .....         | xiii  |
| HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS .....                    | xv    |
| RINGKASAN .....  | xvii  |
| SUMMARY .....  | xix   |
| DAFTAR ISI .....                                       | xxi   |
| DAFTAR GAMBAR .....                                    | xxv   |
| DAFTAR TABEL .....                                     | xxvii |
| DAFTAR LAMPIRAN .....                                  | xxix  |
| BAB I PENDAHULUAN .....                                | 1     |
| 1.1    Latar Belakang .....                            | 1     |
| 1.2    Rumusan Masalah .....                           | 2     |
| 1.3    Batasan Masalah.....                            | 2     |
| 1.4    Tujuan Penelitian .....                         | 3     |
| 1.5    Manfaat Penelitian .....                        | 3     |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....                          | 5     |
| 2.1    Pemotongan Logam ( <i>Metal Cutting</i> ) ..... | 5     |
| 2.2    Proses Frais ( <i>Milling</i> ).....            | 5     |
| 2.3 <i>Computer Numerical Control</i> (CNC) .....      | 8     |
| 2.4    Aluminium .....                                 | 9     |
| 2.4.1 <i>Aluminium Alloy</i> .....                     | 9     |
| 2.5 <i>Cutting Tool</i> .....                          | 9     |
| 2.5.1 <i>Tool Geometry</i> .....                       | 10    |
| 2.5.2 <i>High Speed Steel</i> .....                    | 10    |
| 2.6    Keausan Pahat ( <i>Tool Wear</i> ) .....        | 11    |

|  |   |    |
|--|---|----|
| 2.6.1                                    | Tipe Keausan Pahat.....                                   | 12 |
| 2.6.2                                    | Mekanisme Keausan Pahat.....                              | 14 |
| 2.7                                      | Kekasaran Permukaan.....                                  | 14 |
| 2.7.1                                    | Parameter Kekasaran Permukaan.....                        | 16 |
| 2.8                                      | Cairan Pemotong ( <i>Cutting Fluid</i> ).....             | 17 |
| 2.8.1                                    | Klasifikasi Cairan Pemotong ( <i>Cutting Fluid</i> )..... | 17 |
| 2.8.2                                    | Metode <i>Misting</i> .....                               | 19 |
| 2.8.3                                    | <i>Vegetable Oil</i> .....                                | 20 |
| 2.9                                      | <i>Green Machining</i> .....                              | 20 |
| 2.9.1                                    | <i>Minimum Quantity Lubrication</i> (MQL).....            | 22 |
| 2.10                                     | <i>Response Surface Methodology</i> (RSM).....            | 22 |
| 2.11                                     | <i>Central Composite Design</i> (CCD).....                | 23 |
| 2.12                                     | Ringkasan Penelitian Sebelumnya.....                      | 24 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....       |   | 27 |
| 3.1                                      | Diagram Alir.....   | 27 |
| 3.2                                      | Alat dan Bahan.....                                       | 28 |
| 3.2.1                                    | Mesin Frais.....  | 28 |
| 3.2.2                                    | Material Benda Kerja.....                                 | 29 |
| 3.2.3                                    | Pisau Frais.....  | 29 |
| 3.2.4                                    | <i>Minimum Quantity Lubrication</i> .....                 | 30 |
| 3.2.5                                    | Alat Uji Kekasaran Permukaan.....                         | 33 |
| 3.2.6                                    | Alat Ukur Keausan Pahat.....                              | 34 |
| 3.3                                      | <i>Experimental Design</i> .....                          | 34 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....         |   | 39 |
| 4.1                                      | Hasil Pengukuran Kekasaran Permukaan.....                 | 39 |
| 4.2                                      | Analisa Kekasaran Permukaan Menggunakan Metode RSM.....   | 40 |
| 4.2.1                                    | Persamaan Model <i>Linear</i> Kekasaran Permukaan.....    | 40 |
| 4.2.2                                    | Persamaan Model <i>Quadratic</i> Kekasaran Permukaan..... | 42 |
| 4.3                                      | <i>Model Graphs</i> .....                                 | 44 |
| 4.4                                      | Prediksi Kekasaran Permukaan.....                         | 46 |
| 4.5                                      | Hasil Pengukuran Keausan Pahat.....                       | 48 |
| BAB V KESIMPULAN DAN RISET LANJUTAN..... |   | 51 |
| 5.1                                      | Kesimpulan.....   | 51 |
| 5.2                                      | Riset Lanjutan.....                                       | 52 |

|                     |    |
|---------------------|----|
| DAFTAR PUSTAKA..... | 53 |
| LAMPIRAN .....      | 57 |





## DAFTAR GAMBAR

|   |    |
|---|----|
| Gambar 2.1 (a) Frais Periperal dan (b) Frais Muka .....   | 6  |
| Gambar 2.2 (a) <i>Up Milling (Conventional Milling)</i> dan (b) <i>Down Milling (Climb Milling)</i> ..... | 6  |
| Gambar 2.3 Prinsip kerja mesin CNC .....  | 8  |
| Gambar 2.4 <i>Multiple Cutting Edge Tool Geometry</i> .....   | 10 |
| Gambar 2.5 Keausan pada pahat <i>endmill</i> .....  | 11 |
| Gambar 2.6 Tipe Keausan Pahat. ....   | 12 |
| Gambar 2.7 Bentuk Keausan Pahat pada <i>Endmill</i> .....   | 13 |
| Gambar 2.8 Mekanisme Keausan Pahat.....   | 14 |
| Gambar 2.9 Tekstur Permukaan .....  | 15 |
| Gambar 2.10 Profil Kekasaran Permukaan .....  | 16 |
| Gambar 2.11 Klasifikasi Cairan Pemotong .....   | 18 |
| Gambar 2.12 Penerapan Arah Cairan Pemotongan dalam Pemotongan Ortogonal .....                             | 19 |
| Gambar 2.13 Manfaat <i>Green Machining</i> .....  | 21 |
| Gambar 2.14 <i>Central Composite Design</i> .....   | 23 |
| Gambar 3.1 Diagram Alir.....  | 27 |
| Gambar 3.2 Mesin CNC TU-3A .....  | 28 |
| Gambar 3.3 Aluminium 6061.....  | 29 |
| Gambar 3.4 Pahat Endmill HSS .....  | 30 |
| Gambar 3.5 Alat <i>Minimum Quantity Lubrication</i> .....   | 31 |
| Gambar 3.6 Minyak Bunga Matahari.....   | 32 |
| Gambar 3.7 Kandungan Minyak Bunga Matahari .....  | 32 |
| Gambar 3.8 Alat Uji Kekasaran .....   | 33 |
| Gambar 3.9 <i>Measuring Microscope</i> .....  | 34 |
| Gambar 3.10 <i>Central Composite Design</i> .....   | 35 |
| Gambar 4.1 <i>3D Surface Graph</i> .....  | 45 |
| Gambar 4.2 Kekasaran Permukaan Aktual vs Prediksi <i>Linear</i> .....                                     | 47 |
| Gambar 4.3 Kekasaran Permukaan Aktual vs Prediksi <i>Quadratic</i> .....                                  | 48 |



## DAFTAR TABEL

|   |    |
|---|----|
| Tabel 3.1 Spesifikasi Mesin Frais .....   | 28 |
| Tabel 3.2 Komposisi Aluminium tipe 6061 .....   | 29 |
| Tabel 3.3 Spesifikasi Pahat <i>Endmill</i> .....                                      | 30 |
| Tabel 3.4 Spesifikasi Alat MQL.....   | 31 |
| Tabel 3.5 Data Hasil Pengukuran Viskositas .....                                      | 33 |
| Tabel 3.6 Input Variabel dan Kode Level pada CCD .....                                | 36 |
| Tabel 3.7 Konfigurasi Variabel Input, Data Pengujian dan Hasil Percobaan ..           | 37 |
| Tabel 4.1 Nilai Kekasaran Permukaan yang Dihasilkan.....                              | 39 |
| Tabel 4.2 <i>First-order</i> ANOVA model <i>linear</i> pada <i>Ra</i> .....           | 41 |
| Tabel 4.3 <i>Second-order</i> ANOVA model <i>Quadratic</i> pada <i>Ra</i> .....       | 43 |
| Tabel 4.4 Nilai Prediksi Kekasaran Permukaan <i>Linear</i> dan <i>Quadratic</i> ..... | 47 |
| Tabel 4.5 Nilai Keausan Pahat yang Dihasilkan .....                                   | 49 |
| Tabel 7.1 Bentuk Keausan Pahat pada <i>Endmill</i> .....                              | 71 |
| Tabel 7.2 Kode Pemrograman CNC.....   | 77 |



## DAFTAR LAMPIRAN

|  |    |
|--|----|
| Lampiran 1 Parameter Proses Frais .....                                    | 57 |
| Lampiran 2 Turunan Variabel <i>Input</i> dan Nilai <i>Level Code</i> ..... | 59 |
| Lampiran 3 Persamaan Model <i>Linear</i> .....                             | 61 |
| Lampiran 4 Persamaan Model <i>Quadratic</i> .....                          | 63 |
| Lampiran 5 Hasil Pengukuran Keausan Pahat .....                            | 67 |
| Lampiran 6 Gambar .....  | 73 |



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dalam dunia manufaktur saat ini, pemesinan adalah bidang yang paling penting karena produk yang berkualitas baik dan produktivitas yang tinggi. Untuk mencapai produktivitas yang tinggi, parameter pemesinan (kedalaman potong, pemakanan, dan kecepatan potong) secara signifikan lebih tinggi sehingga menghasilkan panas dalam jumlah besar, yang menghasilkan suhu pemesinan yang lebih tinggi. Selanjutnya, integritas permukaan, umur pahat, dan akurasi dimensi produk memburuk. Produk dengan integritas permukaan yang lebih baik memiliki kemampuan untuk meningkatkan ketahanan terhadap korosi, kekuatan fatik, dan sifat tribologi. Oleh karena itu, kualitas permukaan produk yang lebih baik sangat diinginkan dan juga merupakan indikator kualitas pemesinan. Untuk mengurangi suhu pemesinan serta meningkatkan integritas permukaan produk dan umur pahat, cairan pemotongan diperlukan selama operasi pemesinan (Gajrani dan Sankar, 2020).

Secara tradisional, cairan pemotongan yang digunakan dalam proses pemesinan diaplikasikan dengan sistem aliran banjir; namun, proses ini membutuhkan cairan dalam jumlah yang sangat banyak, mahal, dan dapat menimbulkan dampak negatif, seperti kontaminasi air dan air tanah, polusi udara, dan kontaminasi tanah. Untuk menghindari risiko pemotongan cairan dan untuk mencapai produksi yang lebih bersih dan sehat, MQL (*Minimum Quantity Lubrication*) telah diciptakan. Seperti namanya, sistem pelumasan ini menggunakan cairan pemotongan dalam jumlah yang sangat sedikit. Oleh karena itu, MQL dapat memberikan alternatif untuk pemesinan banjir dan pemesinan kering, dengan menggunakan udara bertekanan pada kecepatan tinggi. Sejumlah kecil *cutting fluid* diinjeksikan ke dalam zona pemotongan dalam bentuk tetesan yang sangat halus, sebuah proses yang telah diterima

sebagai bentuk pelumasan yang bersih dalam konteks produksi yang berkelanjutan (Afonso dkk., 2022).

Berdasarkan penjelasan diatas, untuk mencapai hasil yang optimal dalam hal kekasaran permukaan dan keausan pahat diperlukan penerapan sistem *minimum quantity lubrication* dengan variasi kecepatan potong dan gerak makan yang berbeda. Sehingga penelitian yang akan dilakukan berjudul “Analisis Kekasaran Permukaan dan Keausan Pahat pada Proses *Milling* Menggunakan Metodologi Permukaan Respon”.

## 1.2 Rumusan Masalah

Masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah penggunaan minyak nabati berbahan dasar minyak bunga matahari dengan sistem *minimum quantity lubrication* proses pemesinan frais pada benda kerja aluminium 6061 untuk mendapatkan hasil pemesinan optimum.

## 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mesin yang digunakan adalah CNC TU 3A.
2. Proses pemesinan yang dilakukan adalah proses *milling*.
3. Material benda kerja menggunakan Aluminium 6061.
4. Menggunakan pahat *endmill 4 flute* berdiameter 10 mm.
5. Menganalisis kekasaran permukaan dan keausan pahat.
6. Variasi variabel input yaitu, kecepatan potong ( $V_c$ ) dan gerak makan ( $f_z$ ) dengan kedalaman potong axial ( $a_x$ ) dan radial ( $a_r$ ) secara konstan
7. Menggunakan sistem MQL sebagai metode penyemprotan cairan pemotongan menggunakan minyak bunga matahari.
8. Nilai kekasaran permukaan ( $R_a$ ) dan keausan pahat (VB) dianalisis.
9. Menggunakan perhitungan matematika RSM.
10. Menggunakan aplikasi *Design Expert 13*.



#### 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat menganalisis nilai kekasaran permukaan ( $R_a$ ) dan keausan pahat ( $V_B$ ).
2. Mendapatkan hasil kekasaran permukaan ( $R_a$ ) dan keausan pahat ( $V_B$ ) optimum yang dihasilkan dari variasi variabel input seperti kecepatan potong ( $V_c$ ) dan kecepatan gerak pemakanan ( $f_z$ ).
3. Dapat membandingkan kontribusi variabel input terhadap kekasaran permukaan ( $R_a$ ).
4. Mendapatkan persamaan kekasaran permukaan ( $R_a$ ) prediksi dengan menggunakan RSM.

#### 1.5 Manfaat Penelitian

1. Sebagai kontribusi untuk ilmu pengetahuan di bidang Teknik Mesin.
2. Upaya terhadap pengembangan ilmu pemesinan yang lebih ramah lingkungan.
3. Penelitian ini diharapkan dapat dijadikan referensi untuk penelitian berikutnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Afonso, I. S., Pereira, J., Ribeiro, A. E., Amaral, J. S., Rodrigues, N., Gomes, J. R., Lima, R., & Ribeiro, J. (2022). Analysis of a Vegetable Oil Performance in a Milling Process by MQL Lubrication. *Micromachines*, 13(8), 1–20. <https://doi.org/10.3390/mi13081254>
- Arifin, A., & Ahmad, M. (2016). Analisis Pengaruh Variabel Pemotongan Terhadap Tingkat Kekasaran Permukaan Aluminium dengan Mesin Bubut Konvensional. 1–7.
- Benardos, P. G., & Vosniakos, G. C. (2002). Prediction of Surface Roughness in CNC Face Milling using Neural Networks and Taguchi's Design of Experiments. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 18(5–6), 343–354. [https://doi.org/10.1016/S0736-5845\(02\)00005-4](https://doi.org/10.1016/S0736-5845(02)00005-4)
- Byrne, G., Dornfeld, D., Denkena, B., & Dornfeld, D. (2003). Advancing Cutting Technology. <https://escholarship.org/uc/item/7hd8r1ft>
- Danish, M., Gupta, M. K., Rubaiee, S., Ahmed, A., & Sarikaya, M. (2021). Influence of Graphene Reinforced Sunflower Oil on Thermo-physical, Tribological and Machining Characteristics of Inconel 718. *Journal of Materials Research and Technology*, 15, 135–150. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2021.07.161>
- Du, F., He, L., Zhou, T., Tian, P., Zou, Z., & Zhou, X. (2022). Analysis of droplet characteristics and cooling lubrication effects in MQL milling of 316L stainless steel. *Journal of Materials Research and Technology*, 19, 4832–4856. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2022.06.132>
- Gadelmawla, E. S., Koura, M. M., Maksoud, T. M. A., Elewa, I. M., & Soliman, H. H. (2002). Roughness Parameters. *Journal of Materials Processing Technology*, 123(1), 133–145. [https://doi.org/10.1016/S0924-0136\(02\)00060-2](https://doi.org/10.1016/S0924-0136(02)00060-2)
- Gajrani, K. K., & Sankar, M. R. (2020). Role of Eco-friendly Cutting Fluids and Cooling Techniques in Machining. 159–181. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-18854-2\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-030-18854-2_7)
- Girsang, I. P., & Dhupia, J. S. (2015). Machine Tools for Machining. In *HandBook of Manufacturing Engineering and Technology* (Nomor

September). <https://doi.org/10.1007/978-1-4471-4670-4>

- Hasan, M. A. (2015). Computer Numerical Control Machines: An Account of Programming Methods and Techniques. *Journal of Material Science and Mechanical Engineering*, December.
- Hazrati, H., Jahanbakhshi, N., & Rostamizadeh, M. (2018). Hydrophilic Polypropylene Microporous Membrane for Using in a Membrane Bioreactor System and Optimization of Preparation Conditions by Response Surface Methodology. *5(2)*. <https://doi.org/10.22063/poj.2017.1945.1104>
- Husni, T., Pusvyta, Y., & Hidayat, T. (2019). Pengaruh Jenis Pahat Dan Kedalaman Pemakanan Pada Proses Pembubutan Terhadap Kekasaran Permukaan AISI 4340. *Teknika*, *6(2)*, 119–133.
- ISO 8688-2. (1989). Tool Life Testing In Milling – Part 2: End Milling. International Organization for Standardization.
- Iyappan, S. K., & Ghosh, A. (2020). Small Quantity Lubrication Assisted End Milling of Aluminium Using Sunflower Oil. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing - Green Technology*, *7(2)*, 337–345. <https://doi.org/10.1007/s40684-019-00081-w>
- Jain, A., & Kansal, H. (2017). Green Machining – Machining Of The Future. March.
- Khleif, A. A., & Abdullah, M. A. (2017). Effect of Cutting Parameters on Wear and Surface Roughness of Stainless Steel (316L) Using Milling Process. *Al-Nahrain Journal for Engineering Sciences*, *19(2)*, 286–292.
- Koushik, V., S, N. S., & C, R. (2014). Vegetable Oil Based Metal Working Fluids a Review. June 2012.
- Kuram, E., Ozcelik, B., & Demirbas, E. (2012). Environmentally Friendly Machining: Vegetable Based Cutting Fluids. *Green Manufacturing Processes and Systems. Materials Forming, Machining and Tribology*, 1–21. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-33792-5>
- Li, B. (2012). A Review of Tool Wear Estimation Using Theoretical Analysis and Numerical Simulation Technologies. *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*, *35(November 2012)*, 143–151. <https://doi.org/10.1016/j.ijrmhm.2012.05.006>
- Li, B., Zhang, S., Du, J., & Sun, Y. (2022). State of the art in Cutting

Performance and Surface Integrity Considering Tool Edge Micro Geometry in Metal Cutting Process. *Journal of Manufacturing Processes*, 77(March), 380–411. <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2022.03.037>

Myers, R. H., Montgomery, D. C., & Anderson-Cook, C. M. (2016). *Response Surface Methodology Process and Product Optimization Using Designed Experiments (Fourth)*. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey.

O'Hara, J., & Fang, F. (2019). Advances in Micro Cutting Tool Design and Fabrication. *International Journal of Extreme Manufacturing*, 1(3). <https://doi.org/10.1088/2631-7990/ab3e7f>

Purbosari, D., Saputro, H., & Wijayanto, D. S. (2015). Karakterisasi Tingkat Kekasaran Permukaan Baja St 40 Hasil Pemesinan Cnc Milling ZK 7040 Efek Dari Kecepatan Pemakanan (Feed Rate) Dan Awal Waktu Pemberian Pendingin. Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Rajesh, S., Suresh, S., Nithyananth, S. B., Sivakumar, S., & Prabhusubramaniam, S. (2018). Influence and Wear Characteristics of TiC Particle in Al6061 Metal Matrix Composites. *International Journal of Applied Engineering Research*, 13(9), 6514–6517. <http://www.ripublication.com>

Ramesh Mamilla, V., M, S., & Prasad, M. N. (2016). Study on Computer Numerical Control (CNC) Machines. *International Journal of Advanced Scientific Research International Journal of Advanced Scientific Research* [www.newresearchjournal.com/scientific](http://www.newresearchjournal.com/scientific), 1(May), 21–25. [www.newresearchjournal.com/scientific](http://www.newresearchjournal.com/scientific)

Sales, W., Becker, M., Barcellos, C. S., Landre, J., Bonney, J., & Ezugwu, E. O. (2009). Tribological Behaviour when Face Milling AISI 4140 Steel with Minimum Quantity Fluid Application. *Industrial Lubrication and Tribology*, 61(2), 84–90. <https://doi.org/10.1108/00368790910940400>

Shukla, A., Kotwani, A., & Unune, D. R. (2020). Performance Comparison of Dry, Flood and Vegetable Oil Based Minimum Quantity Lubrication Environments During CNC Milling of Aluminium 6061. *Materials Today: Proceedings*, 21, 1483–1488. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.11.060>

Stephenson, D. A., & Agapiou, J. S. (2018). *Metal Cutting Theory and Practice Third Edition (Third)*. CRC Press.

Tang, L., Zhang, Y., Li, C., Zhou, Z., Nie, X., Chen, Y., Cao, H., Liu, B., Zhang, N., Said, Z., Debnath, S., Jamil, M., Ali, H. M., & Sharma, S. (2022).

Biological Stability of Water-Based Cutting Fluids: Progress and Application. *Chinese Journal of Mechanical Engineering (English Edition)*, 35(1). <https://doi.org/10.1186/s10033-021-00667-z>

Tarage, F. P. O., & Van Harling, V. N. (2020). Analisis Perbandingan Kecepatan Dan Hasil Pemotongan Baja Lunak Jenis St-37 Dengan Menggunakan Pisau Pahat Hss Dan Carbida. *Soscied*, 3(1), 14–19. <https://doi.org/10.32531/jsoscied.v3i1.181>

Yanuar, H., Syarief, A., & Kusairi, A. (2014). Pengaruh Variasi Kecepatan Potong dan Kedalaman Pemakanan Terhadap Kekasaran Permukaan dengan Berbagai Media Pendingin pada Proses Frais Konvensional. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Unlam*, 03(1), 27–33.