

## PENGARUH PARAMETER PEMOTONGAN PADA PROSES FRAIS TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN MATERIAL ALUMINIUM 6061

Muhammad Akhlis Rizza<sup>1)</sup>, Indra Pratama<sup>\*2)</sup>

<sup>1, 2)</sup>Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang, Jalan Soekarno-Hatta No. 9 Malang

<sup>\*</sup>ipratama0909@gmail.com

### Abstrak

Proses pemesinan yang biasanya digunakan dalam proses produksi membutuhkan ketelitian yang tinggi untuk mendapatkan hasil yang baik. Ketelitian, kepresisian dan kualitas permukaan menjadi prioritas utama yang menjadi acuan dalam pengerjaan proses pemesinan. Hasil permukaan benda kerja yang baik salah satu yang diharapkan dari setiap pengerjaan. Tingkat kepresisian dan kekasaran permukaan benda kerja yang dihasilkan harus sesuai dengan kebutuhan. Menyadari bahwa permukaan yang dikerjakan pada proses pemesinan selalu timbul kekasaran, gelombang dan kerataan pada permukaan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh kecepatan putaran spindle dan kedalaman pemakanan terhadap tingkat kekasaran permukaan material aluminium 6061 menggunakan mesin frais CNC dengan tipe VMC 1000B. Metode penelitian ini adalah eksperimen menggunakan mesin frais CNC tipe VMC 1000B dengan material Aluminium 6061. Variasi pemotongan berupa kecepatan putaran spindle (1700 rpm, 1800 rpm, 1900 rpm) dan kedalaman pemakanan (0,1 mm, 0,2 mm, 0,3 mm). Proses pengefraisan dengan melakukan penyayatan permukaan benda kerja, setelah itu dilakukan uji kekasaran permukaan menggunakan 2 alat, yang pertama menggunakan alat surface roughness tester dan yang kedua menggunakan mikroskop digital guna mengetahui hasil kekasaran permukaan material Aluminium 6061. Hasil penelitian pengaruh variasi kecepatan spindle dan kedalaman pemakanan pada proses frais terhadap kekasaran permukaan material Aluminium 6061 diperoleh, hasil uji statistik dari pengujian eksperimen faktorial menggunakan software Minitab 19 maka yang berpengaruh paling signifikan adalah tingkat kekasaran benda kerja berdasarkan kecepatan putaran spindle. Hal ini dibuktikan nilai P-Value 0.000 dengan  $\alpha = 0.05$ . Kecepatan putaran spindle dengan nilai kekasaran permukaan terendah adalah kecepatan putaran spindle yang terbesar, karena menghasilkan kekasaran permukaan aluminium 6061 paling rendah dengan nilai uji kekasaran permukaan 0.17  $\mu\text{m}$ .

**Kata Kunci:** kedalaman potong, kekasaran permukaan, putaran spindle.

### Abstract

The machining process that is usually used in the production process requires high accuracy to get good results. Accuracy, precision and surface quality are the main priorities as a reference in machining process work. The result of a good workpiece surface is one that is expected from every workmanship. The level of precision and surface roughness of the resulting workpiece must be in accordance with the needs. Realize that the surface being machined in the machining process always results in roughness, waves and flatness on the surface. The purpose of the study was to determine the effect of spindle rotation speed and feed depth on the surface roughness of 6061 aluminum material using a CNC milling machine with type VMC 1000B. The method of the study is experiment using a CNC milling machine type VMC 1000B with 6061 Aluminum material. The cutting variations are spindle speed (1700 rpm, 1800 rpm, 1900 rpm) and depth of cut (0.1 mm, 0.2 mm, 0.3mm). The milling process is done by slicing the surface of the workpiece, after that the surface roughness test is carried out using 2 tools, the first using a surface roughness tester and the second using a digital microscope to determine the surface roughness of the Aluminum 6061 material. The results of the study on the effect of variations in spindle speed and depth of cut in the milling process on the surface roughness of the Aluminum 6061 material were obtained, the results of statistical tests from factorial experiments using Minitab 19 software, the most significant effect was the level of workpiece roughness based on the spindle speed. This is evidenced by the P-Value 0.000 with  $\alpha = 0.05$ . The spindle rotation speed with the lowest surface roughness value is the largest spindle rotation speed, because it produces the lowest 6061 aluminum surface roughness with a surface roughness test value of 0.17  $\mu\text{m}$ .

**Keywords:** depth of cut, spindle speed, surface roughness

### 1. PENDAHULUAN

Proses pemesinan yang biasanya digunakan dalam proses produksi membutuhkan ketelitian yang tinggi untuk mendapatkan hasil yang baik. Ketelitian, kepresisian dan kualitas permukaan

menjadi prioritas utama yang menjadi acuan dalam pengerjaan proses pemesinan. Hasil permukaan benda kerja yang baik salah satu yang diharapkan dari setiap pengerjaan. Tingkat kepresisian dan kekasaran permukaan benda kerja yang dihasilkan harus sesuai dengan kebutuhan. Menyadari bahwa

permukaan yang dikerjakan pada proses pemesinan selalu timbul kekasaran, gelombang dan kerataan pada permukaan [1]. Kualitas permukaan yang halus tidak hanya berkaitan terhadap toleransi dan istitika produk tetapi juga dapat memperpanjang umur pakai (service life) terutama untuk permukaan kontak dan saling bergesekan, hal ini menyebabkan para operator mesin memberikan perhatian yang lebih terhadap kualitas permukaan [2]. Banyak cara dan proses yang dapat diterapkan pada pemrosesan akhir permukaan benda kerja, misalnya dengan mesin ataupun alat/ perkakas, masing-masing akan menghasilkan kualitas permukaan produk yang berbeda-beda sesuai dengan batas kemampuan mesin ataupun alat/ perkakas tersebut [2] – [7].

Pada saat ini perkembangan mesin perkakas yang semakin pesat. Terutama penggunaan mesin perkakas CNC. Tuntutan konsumen yang menghendaki kualitas benda kerja yang presisi, kualitas permukaan yang baik, selesai dalam waktu singkat dan dalam jumlah banyak, akan lebih mudah dikerjakan dengan mesin perkakas CNC. Kekasaran permukaan merupakan hal yang harus diperhatikan dalam proses pemesinan [7] – [10].

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh kecepatan putaran spindle dan kedalaman pemakanan terhadap tingkat kekasaran permukaan material Aluminium 6061 menggunakan mesin frais CNC dengan tipe VMC 1000B. Penelitian ini merupakan eksperimen, menggunakan material Aluminium 6061 dengan ukuran 50 mm x 50 mm x 16 mm berjumlah 9 spesimen yang mendapatkan perlakuan berbeda dalam proses pengerjaan yaitu variasi kecepatan putaran spindle (1700 rpm, 1800 rpm, 1900 rpm) dan kedalaman pemakanan (0,1 mm, 0,2 mm, 0,3 mm). Proses pengefraisan dengan melakukan penyayatan permukaan benda kerja, setelah itu dilakukan uji kekasaran permukaan menggunakan 2 alat, yang pertama menggunakan alat surface roughness tester dan yang kedua menggunakan mikroskop digital guna mengetahui hasil kekasaran permukaan material Aluminium 6061.

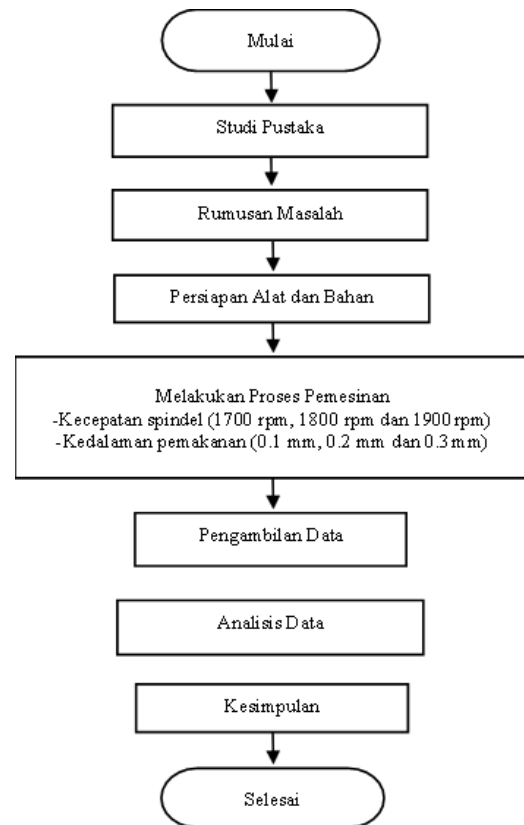
## 2. METODE

### 2.1. Rancangan penelitian

Tahap pelaksanaan kegiatan penelitian ini mengikuti diagram alir sebagaimana ditunjukkan diagram alir pada Gambar 1.

### 2.2. Tempat dan waktu penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di UPT BLK Singosari Malang untuk melakukan proses frais CNC dan uji kekasaran permukaan Aluminium 6061. Dilaksanakan pada bulan Januari-April 2021.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

### 2.3. Variabel penelitian

Dalam sebuah penelitian variabel adalah sebuah hal yang sangat penting untuk mengetahui perbedaan hasil penelitian dan untuk pengambilan data. Di dalam penelitian pengaruh variasi kecepatan spindle dan kedalaman pemakanan pada proses frais terhadap kekasaran permukaan material Aluminium 6061 terdiri dari 3 variabel yaitu :

1. Variabel bebas: Variabel bebas dalam penelitian ini adalah kecepatan putaran spindle (1700 rpm, 1800 rpm dan 1900 rpm) dan kedalaman pemakanan (0.1 mm, 0.2 mm dan 0.3 mm);
2. Variabel terkontrol: Variabel terkontrol yang dimaksud adalah semua faktor yang dapat mempengaruhi tingkat kerataan dan kekasaran permukaan hasil pengefraisan, antara lain:
  - mesin frais CNC tipe VMC 1000 B;
  - benda kerja Aluminium 6061;
  - alat ukur kekasaran permukaan (surface roughness tester dan mikroskop digital);
  - pahat HSS END MILL  $\varnothing$  16 mm;
  - feedrate 85 mm/menit.
3. Variabel terikat: Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kekasaran permukaan Aluminium 6061 hasil dari proses pengefraisan menggunakan mesin CNC VMC 1000B.

## 2.4. Alat dan bahan

Untuk mendukung penelitian ini, adapun alat dan bahan yang diperlukan sebagai berikut:

1. Alat
  - a. Mesin frais CNC.
  - b. Surface roughness tester dan mikroskop digital.
  - c. Pahat HSS END MILL Ø 16 mm.
  - d. Dial Indicator.
  - e. Jangka sorong.
2. Bahan
  - a. Benda kerja aluminium seri 6061
  - b. G-Code

## 2.5. Metode pengumpulan data

Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Metode eksperimen digunakan dalam penelitian ini karena dapat memberikan data yang valid dan dapat dipertanggung jawabkan. Dalam penelitian ini dilakukan eksperimen pengefraisan material uji dengan variasi kecepatan putaran spindle dan kedalaman pemakanan.

## 2.6. Prosedur penelitian

Adapun prosedur pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian sebagai berikut:

1. Memotong benda kerja aluminium 6061 menjadikan dimensi 50mmx50mmx16mm;
2. Stamping benda kerja untuk membedakan variasi kecepatan spindle dan kedalaman pemakanan;
3. Melakukan penckaman benda kerja di ragum mesin CNC tipe VMC 1000B. Lalu di lakukan pengukuran kerataan permukaan benda kerja terhadap *table* mesin CNC tipe VMC 1000B menggunakan *dial indicator* supaya benda kerja pemakanannya rata saat proses pengefraisan;
4. Melakukan desain menggunakan aplikasi Mastercam X5 untuk memperoleh *G-Code*, *setting* pahat Ø16 mm, kecepatan putaran spindle dengan variasi 1700 rpm, 1800 rpm, 1900 rpm, kedalaman pemakanan dengan variasi 0.1 mm, 0.2 mm, 0.3 mm, dan kecepatan pemakanan 85 mm/menit. Sebagaimana Menentukan Parameter Di *Software* Mastercam X5;
5. Setelah *G-Code* diperoleh selanjutnya *setting zero point offset* pada mesin CNC tipe VMC 1000B.
6. Melakukan proses pengefraisan benda kerja atau *running* mesin CNC tipe VMC 1000B;
7. Selanjutnya melakukan pengujian yaitu kekasaran permukaan menggunakan alat *surface roughness tester* dan melihat kekasaran permukaan dengan mikroskop digital. Berikut cara menjalankan alat pengujian kekasaran

benda kerja menggunakan alat *surface roughness tester*:

- Menyiapkan benda kerja yang akan diukur.
- Menghidupkan alat ukur dengan menekan tombol ON.
- Menyentuhkan stylus pada permukaan benda kerja.
- Menekan tombol start.
- Pengukuran berlangsung dan akan muncul nilai nominal hasil pengukuran yang terlihat pada layar monitor lalu mencatat atau mengklik tombol print hasilnya.
- Melakukan hal yang sama pada benda kerja selanjutnya sampai benda kerja ke-9.

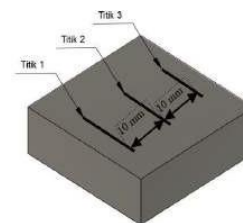
## 2.7. Metode pengolahan dan analisis data

Metode pengolahan data dalam penelitian ini dari hasil pengukuran kekasaran permukaan aluminium 6061, selanjutnya dilakukan analisis data menggunakan metode deskripsi kuantitatif, hasil penelitian ditafsirkan dengan metode kualitatif. Data yang di analisis adalah hasil pengujian I, II dan III tingkat kekasaran permukaan aluminium 6061. Hasil penelitian dilakukan pengolahan data menggunakan *spreadsheets* guna menampilkan grafik hasil uji kekasaran permukaan benda kerja aluminium 6061, Melakukan pengujian analisa varian guna mengetahui variabel mana yang memberikan dampak yang signifikan terhadap kekasaran permukaan.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Data hasil penelitian



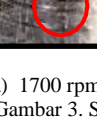

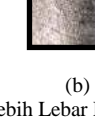
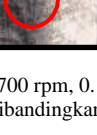
Pengujian kekasaran permukaan aluminium 6061 dilakukan setelah benda kerja melalui proses pemesinan menggunakan mesin frais CNC tipe VMC 1000B yang telah direncanakan yaitu dengan variasi kecepatan putaran spindle dan variasi kedalaman pemakanan 0.1 mm, 0.2 mm dan 0.3 mm. Pengerjaan benda kerja dilakukan dengan mengefrais rata permukaannya, kemudian diambil 3 titik untuk pengujian. Pengukuran pertama dilakukan pada sisi saat pertama kali pisau menyayat benda kerja, pengukuran kedua dilakukan di tengah-tengah penyayatan permukaan benda kerja, dan pengukuran ketiga dilakukan pada sisi akhir penyayatan benda kerja. Berikut benda kerja beserta titik-titik pengujian yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Titik-titik pengujian kekasaran

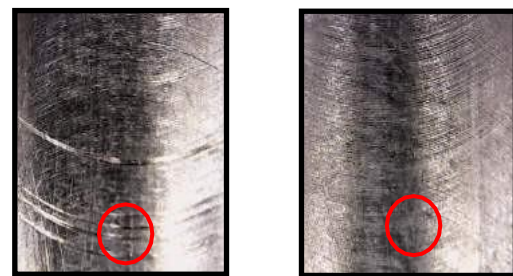
Pengujian kekasaran permukaan menghasilkan data berupa angka (nilai) kekasaran permukaan rata-rata (Ra). Data tersebut diperoleh dari alat ukur kekasaran permukaan (Surface Roughness Tester) dengan merek Mitutoyo type SJ-310 terhadap permukaan hasil dari proses frais dengan menggunakan mesin CNC tipe VMC 1000B. Pengukuran tersebut dilakukan setelah benda kerja melalui proses frais rata permukaannya dengan variasi kecepatan putaran spindle yaitu 1700 rpm, 1800 rpm, dan 1900 rpm dan kedalaman pemakanan yaitu 0.1 mm, 0.2 mm, 0.3 mm. Menggunakan kecepatan putaran sekian mengacu pada tabel standar kekuatan pahat yang ada. Hasil pengujian kekasaran permukaan dan kondisi kekasaran permukaan yang dilihat dari mikroskop digital benda kerja aluminium 6061 dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

TABEL 1. HASIL PENGUKURAN KEKASARAN PERMUKAAN ALUMINIUM 6061

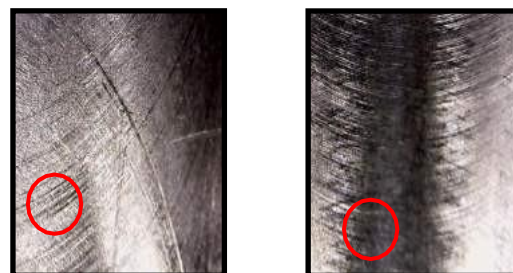
No	Putaran Spindel (rpm)	Kedalaman (mm)	Hasil Pengukuran Kekasaran Permukaan <i>surface roughness tester</i> ( $\mu\text{m}$ )			Hasil Uji Foto mikro
			T1	T2	T3	
1	1700	0.1	0.21	0.21	0.22	
		0.2	0.23	0.22	0.22	
		0.3	0.29	0.24	0.21	
2	1800	0.1	0.19	0.18	0.21	
		0.2	0.21	0.20	0.20	
		0.3	0.24	0.22	0.20	

Gambar pada Tabel 1 yang diambil melalui mikroskop digital dengan perbesaran 1000x merupakan hasil nilai kekasaran permukaan dari penggunaan variasi kecepatan spindle dan

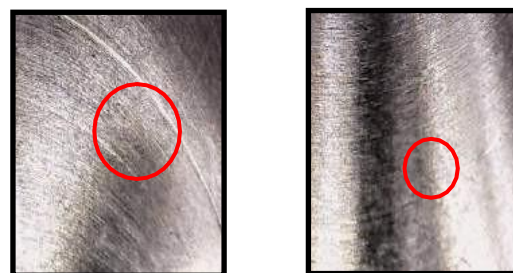
kedalaman pemakanan agar dapat dibandingkan secara visual perbedaan yang cukup signifikan dari kesembilan gambar atau sembilan pengujian. Pada hasil pengujian mikroskop digital pada tabel 1 dapat diketahui bahwa benda kerja yang memiliki tingkat kekasaran permukaan (Ra) lebih tinggi menghasilkan jarak sayatan yang lebih lebar dibandingkan benda kerja yang memiliki nilai kekasaran (Ra) yang lebih rendah. Sebagaimana hasil sayatan ditunjukkan pada Gambar 3 hasil sayatan 1700 rpm dengan kedalaman pemakanan 0.1 mm dan 0.3 mm, Gambar 4 hasil sayatan 1800 rpm dengan kedalaman pemakanan 0.1 mm dan 0.3 mm, dan gambar 5 hasil sayatan 1800 rpm dengan kedalaman pemakanan 0.1 mm dan 0.3 mm.



(a) 1700 rpm, 0.3 mm (b) 1700 rpm, 0.1 mm  
Gambar 3. Sayatan (a) Lebih Lebar Dibandingkan (b)



(a) 1800 rpm, 0.3 mm (b) 1800 rpm, 0.1 mm  
Gambar 4. Sayatan (a) Lebih Lebar Dibandingkan Sayatan (b)



(a) 1900 rpm, 0.3 mm (b) 1900 rpm, 0.1 mm  
Gambar 5. Sayatan (a) Lebih Lebar Dibandingkan Sayatan (b)

Hasil sayatan disetiap kecepatan spindle dan kedalaman pemakanan yang berbeda juga menghasilkan kekasaran permukaan yang berbeda pula. Semakin tinggi angka kekasaran permukaan (Ra) maka jarak antara lembah dan bukit dari hasil mikroskop digital menunjukkan jarak semakin jauh sehingga menyebabkan permukaan menjadi lebih kasar dan garis sayatan menjadi lebih lebar.

Ketidakteraturan permukaan juga disebabkan oleh sisa geram pemotongan yang menempel pada pahat atau mata potong yang menyebabkan luka sayatan yang tidak teratur.

### 3.2. Analisa Hasil Kekasaran Permukaan

Data hasil penelitian atau eksperimen diuji secara statistik untuk mengetahui variabel proses mana yang paling berpengaruh secara signifikan terhadap kekasaran permukaan aluminium 6061 pada proses pengerjaan mesin frais CNC VMC 1000B. Analisa varian untuk kekasaran ditunjukkan pada tabel 2 dan interaksi interaksi dari 2 variabel bebas ditunjukkan pada Gambar 6 interaksi factorial plot.

TABEL 2. ANALISA VARIAN KEKASARAN PERMUKAAN

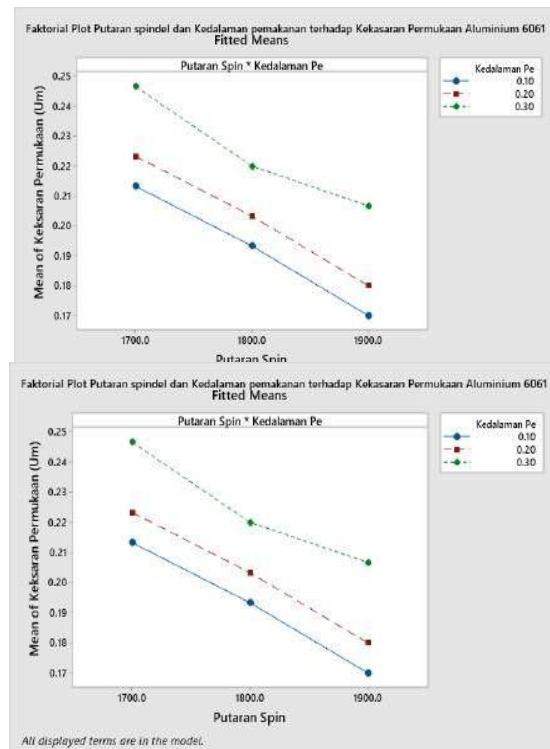
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-value	P-value
Model	8	0.013030	0.001629	5.24	0.002
Linear	4	0.012926	0.003231	10.39	0.000
Putaran Spindel (rpm)	2	0.008030	0.004015	12.90	0.000
Kedalaman pemakanan (mm)	2	0.004896	0.002448	7.87	0.004
2-Way Interactions	4	0.000104	0.000026	0.08	0.986
Putaran spindle x kedalaman pemakanan	4	0.000104	0.000026	0.08	
Error	18	0.005600	0.000311		
Total	26	0.018630			

Dengan menggunakan analisa varian yang hasilnya ditunjukkan pada Tabel 2, dapat diketahui bahwa kecepatan putaran spindel dan kedalaman pemakanan mempunyai pengaruh terhadap kekasaran permukaan aluminium 6061 pada proses pengerjaan mesin frais CNC VMC 1000B. Dimana pada kecepatan putaran spindel memperoleh nilai P-Value 0.000, yang berarti kecepatan putaran spindel memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kekasaran permukaan aluminium 6061 pada proses pengerjaan mesin frais CNC VMC 1000B dan pada kedalaman pemakanan memperoleh nilai P-Value 0.004, yang berarti kedalaman pemakanan memiliki pengaruh terhadap kekasaran permukaan aluminium 6061 tetapi tidak signifikan.

Gambar 6 merupakan grafik interaksi factorial plot adalah grafik yang menunjukkan interaksi antara setiap 2 variabel bebas. Pada penggunaan 2 variabel bebas terdapat grafik yang dihasilkan yaitu putaran spindel dan kedalaman pemakanan terhadap kekasaran permukaan aluminium 6061.

Gambar 7 merupakan grafik interaksi antara kecepatan putaran spindel dan kedalaman pemakanan terhadap kekasaran permukaan aluminium 6061. Pada grafik antara kecepatan putaran spindel dan kedalaman pemakanan tersebut terdapat garis horizontal yang menunjukkan variabel bebas yaitu kecepatan putaran spindel pada garis

vertikal menunjukkan variabel terikat yaitu hasil kekasaran permukaan aluminium 6061.



Gambar 6 Grafik interaksi factorial plot

Sedangkan variabel bebas kedalaman pemakanan ditunjukkan oleh 3 garis dengan warna yang berbeda sesuai dengan level dari kedalaman pemakanan yaitu:

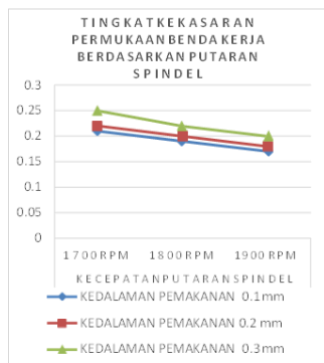
1. Garis warna biru
  - Kedalaman pemakanan 0.1 mm, dengan kecepatan putaran spindel 1700 rpm menghasilkan kekasaran permukaan 0.21 µm.
  - Kedalaman pemakanan 0.1 mm, dengan kecepatan putaran spindel 1800 rpm menghasilkan kekasaran permukaan 0.19 µm.
  - Kedalaman pemakanan 0.1 mm, dengan kecepatan putaran spindel 1900 rpm menghasilkan kekasaran permukaan 0.17 µm.
2. Garis warna merah
  - Kedalaman pemakanan 0.2 mm, dengan kecepatan putaran spindel 1700 rpm menghasilkan kekasaran permukaan 0.22 µm.
  - Kedalaman pemakanan 0.2 mm, dengan kecepatan putaran spindel 1800 rpm menghasilkan kekasaran permukaan 0.20 µm.
  - Kedalaman pemakanan 0.2 mm, dengan kecepatan putaran spindel 1900 rpm menghasilkan kekasaran permukaan 0.18 µm.

menghasilkan kekasaran permukaan 0.18  $\mu\text{m}$ .

3. Garis warna hijau

- Kedalaman pemakanan 0.3 mm, dengan kecepatan putaran spindle 1700 rpm menghasilkan kekasaran permukaan 0.25  $\mu\text{m}$ .
- Kedalaman pemakanan 0.3 mm, dengan kecepatan putaran spindle 1800 rpm menghasilkan kekasaran permukaan 0.22  $\mu\text{m}$ .
- Kedalaman pemakanan 0.3 mm, dengan kecepatan putaran spindle 1900 rpm menghasilkan kekasaran permukaan 0.20  $\mu\text{m}$ .

Jadi dapat diartikan dari grafik tersebut bahwa kecepatan putaran spindle dan kedalaman pemakanan berpengaruh signifikan terhadap kekasaran permukaan aluminium 6061.



Gambar 7. Grafik Nilai Rata-Rata Tingkat Kekasaran Permukaan Berdasarkan Kecepatan Putaran Spindel

3.3. Analisa Hasil Kekasaran Berupa Grafik

Pada gambar 7 adalah penyajian data berupa grafik kekasaran permukaan berdasarkan kecepatan putaran spindle. Pada gambar 7 adalah penyajian data berupa grafik kekasaran permukaan dengan penjelasan secara distributif dari setiap pengujian benda kerja berdasarkan kecepatan putaran spindle. Pada pengerjaan benda kerja berdasarkan kecepatan putaran spindle, didapatkan hasil pengukuran tingkat kekasaran permukaan benda kerja sebagai berikut :

1. Kedalaman pemakanan 0.1 mm

- Kecepatan putaran spindle 1700 rpm diperoleh tingkat kekasaran permukaan 0.21  $\mu\text{m}$ .
- Kecepatan putaran spindle 1800 rpm diperoleh tingkat kekasaran permukaan 0.19  $\mu\text{m}$ .
- Kecepatan putaran spindle 1900 rpm diperoleh tingkat kekasaran permukaan 0.17  $\mu\text{m}$ .

2. Kedalaman pemakanan 0.2 mm

- Kecepatan putaran spindle 1700 rpm diperoleh tingkat kekasaran permukaan 0.22  $\mu\text{m}$ .
- Kecepatan putaran spindle 1800 rpm diperoleh tingkat kekasaran permukaan 0.20  $\mu\text{m}$ .
- Kecepatan putaran spindle 1900 rpm diperoleh tingkat kekasaran permukaan 0.18  $\mu\text{m}$ .

3. Kedalaman pemakanan 0.3 mm

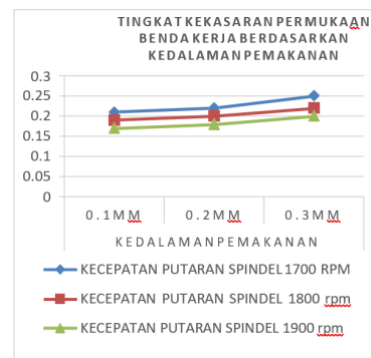
- Kecepatan putaran spindle 1700 rpm diperoleh tingkat kekasaran permukaan 0.25  $\mu\text{m}$ .
- Kecepatan putaran spindle 1800 rpm diperoleh tingkat kekasaran permukaan 0.22  $\mu\text{m}$ .
- Kecepatan putaran spindle 1900 rpm diperoleh tingkat kekasaran permukaan 0.20  $\mu\text{m}$ .

Kecepatan putaran spindle berpengaruh terhadap kekasaran permukaan. Hal ini dapat dilihat pada gambar 7. Gambar tersebut menunjukkan bahwa perbedaan kecepatan putaran spindle menghasilkan kekasaran yang berbeda pula. Kekasaran permukaan benda kerja yang terbaik adalah yang nilainya terendah yang dihasilkan masing – masing kecepatan putaran spindle sebagai berikut :

- Kecepatan putaran spindle 1700 rpm diperoleh tingkat kekasaran permukaan 0.21  $\mu\text{m}$ .
- Kecepatan putaran spindle 1800 rpm diperoleh tingkat kekasaran permukaan 0.19  $\mu\text{m}$ .
- Kecepatan putaran spindle 1900 rpm diperoleh tingkat kekasaran permukaan 0.17  $\mu\text{m}$ .

Kekasaran permukaan benda kerja terbaik diperoleh dengan kecepatan putaran spindle tertinggi. Hal ini dikarenakan kecepatan putaran spindle yang tinggi mengakibatkan pahat semakin berputar dengan cepat dan semakin sering melakukan penyayatan, sehingga benda kerja yang sering tersayat menyebabkan permukaan menjadi semakin halus.

Gambar 8 adalah penyajian data berupa grafik kekasaran permukaan berdasarkan kedalaman pemakanan.



Gambar 8. Grafik Nilai Rata-Rata Tingkat Kekasaran Permukaan Berdasarkan Kedalaman Pemakanan

Pada pengerjaan benda kerja berdasarkan kedalaman pemakanan, didapatkan hasil pengukuran tingkat kekasaran permukaan benda kerja sebagai berikut :

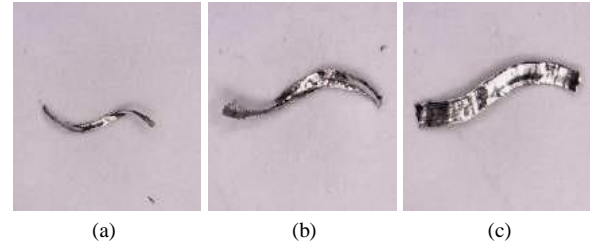
1. Kecepatan putaran spindle 1700 rpm
  - Kedalaman pemakanan 0.1 mm diperoleh tingkat kekasaran permukaan 0.21  $\mu\text{m}$ .
  - Kedalaman pemakanan 0.2 mm diperoleh tingkat kekasaran permukaan 0.22  $\mu\text{m}$ .
  - Kedalaman pemakanan 0.3 mm diperoleh tingkat kekasaran permukaan 0.25  $\mu\text{m}$ .
2. Kecepatan putaran spindle 1800 rpm
  - Kedalaman pemakanan 0.1 mm diperoleh tingkat kekasaran permukaan 0.19  $\mu\text{m}$ .
  - Kedalaman pemakanan 0.2 mm diperoleh tingkat kekasaran permukaan 0.20  $\mu\text{m}$ .
  - Kedalaman pemakanan 0.3 mm diperoleh tingkat kekasaran permukaan 0.22  $\mu\text{m}$ .
3. Kecepatan putaran spindle 1900 rpm
  - Kedalaman pemakanan 0.1 mm diperoleh tingkat kekasaran permukaan 0.17  $\mu\text{m}$ .
  - Kedalaman pemakanan 0.2 mm diperoleh tingkat kekasaran permukaan 0.18  $\mu\text{m}$ .
  - Kedalaman pemakanan 0.3 mm diperoleh tingkat kekasaran permukaan 0.20  $\mu\text{m}$ .

Kedalaman pemakanan berpengaruh terhadap kekasaran permukaan. Hal ini dapat dilihat pada gambar 8. Gambar tersebut menunjukkan bahwa perbedaan kedalaman pemakanan menghasilkan tingkat kekasaran yang berbeda pula. Kekasaran permukaan benda kerja yang terbaik adalah yang nilainya terendah yang dihasilkan, masing – masing kedalaman pemakanan sebagai berikut :

- Kedalaman pemakanan 0.1 diperoleh tingkat kekasaran permukaan 0.17  $\mu\text{m}$ .
- Kedalaman pemakanan 0.2 diperoleh tingkat kekasaran permukaan 0.18  $\mu\text{m}$ .
- Kedalaman pemakanan 0.3 diperoleh tingkat kekasaran permukaan 0.20  $\mu\text{m}$ .

Kekasaran permukaan benda kerja paling halus atau memiliki nilai (Ra) terkecil diperoleh dengan kedalaman pemakanan yang kecil. Hal ini disebabkan, kedalaman pemakanan yang kecil membuat beban pisau pahat pada saat melakukan penyayat semakin kecil, sehingga pisau pahat tidak terlalu bergetar. Menurut Romiyadi, perubahan kedalaman pemakanan pada proses frais akan menyebabkan terjadinya perubahan kekasaran permukaan produk yang dihasilkan [4]. Kekasaran produk yang terjadi diakibatkan oleh adanya getaran yang timbul pada mesin pada saat mesin itu beroperasi. Dengan semakin tinggi kedalaman pemakanan akan membuat getaran antara pisau dan benda kerja semakin besar, hal ini akan membuat permukaan benda kerja semakin kasar. Proses penyayat yang dilakukan pisau semakin besar, daya yang dibutuhkan juga akan bertambah besar.

Dengan kedalaman yang kecil juga menghasilkan geram yang berukuran kecil. Jika kedalaman pemakanan besar membuat beban pisau pahat pada saat melakukan penyayat juga besar, sehingga pisau memiliki getaran. Dengan kedalaman pemakanan yang besar juga menghasilkan geram yang berukuran besar pula. Sebagaimana geram hasil pemotongan ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Geram Hasil Pemotongan Dengan Kedalaman Pemakanan (a) 0.1 mm, (b) 0.2 mm, (c) 0.3 mm

Geram pada Gambar 9 menunjukkan hasil proses pengerjaan benda dengan menggunakan parameter 1700 rpm dengan kedalaman 0.1 mm, 0.2 mm, 0.3 mm. Geram tersebut menunjukkan perbedaan, dengan pahat yang sama dan kecepatan yang sama tetapi kedalaman pemakanan yang berbeda menunjukkan perbedaan pada lebar, dan tebal dari bentuk geram tersebut, hal tersebut dapat diketahui dengan kedalaman pemakanan yang besar maka menghasilkan geram yang tebal.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian “Pengaruh Variasi Kecepatan Spindel Dan Kedalaman Pemakanan Pada Proses Frais Terhadap Kekasaran Permukaan Material Aluminium 6061”, dapat disimpulkan sebagai berikut: kecepatan putaran spindel terbesar menghasilkan nilai kekasaran permukaan terendah, karena menghasilkan kekasaran permukaan aluminium 6061 dengan nilai uji kekasaran permukaan 0.17  $\mu\text{m}$ . Hal ini dikarenakan kecepatan putaran spindel yang tinggi mengakibatkan pahat semakin berputar dengan cepat dan mata potong semakin sering melakukan penyayat, sehingga benda kerja yang sering tersayat menyebabkan permukaan menjadi semakin halus. Kedalaman pemakanan terkecil menghasilkan nilai kekasaran permukaan terendah, karena menghasilkan kekasaran permukaan aluminium 6061 dengan nilai uji kekasaran permukaan 0.17  $\mu\text{m}$ . Hal ini disebabkan, kedalaman pemakanan yang kecil juga menghasilkan geram yang kecil dan membuat beban pisau pahat pada saat melakukan penyayat semakin kecil, sehingga pisau pahat tidak terlalu bergetar dan juga pisau pahat menerima beban ringan ketika melakukan penyayat dan membuat permukaan menjadi halus. Hasil dari interaksi antara putaran spindel dan kedalaman pemakanan

terhadap kekasaran permukaan benda kerja, didapat semakin tinggi kecepatan putaran spindle dan semakin rendah kedalaman pemakanan maka menghasilkan nilai kekasaran permukaan yang kecil, dan begitu juga sebaliknya semakin rendah kecepatan putaran spindle dan semakin tinggi kedalaman pemakanan maka menghasilkan nilai kekasaran permukaan yang besar.

## REFERENSI

- [1] K. Karmin, M. Ginting, and M. Yunus, "Analisa Kekasaran Permukaan Hasil Proses Pengampelasan Terhadap Logam Dengan Perbedaan Kekerasan", AUS, vol. 5, no. 2, Oct. 2019.
- [2] Hermawan, A. W., & Sakti, A. M. : Pengaruh Kecepatan Putaran Spindle dan Kedalaman Pemakanan Terhadap Tingkat Kerataan dan Kekasaran Permukaan Aluminium 6061 pada Mesin Frais CNC Headman. Jurnal Teknik Mesin Unesa, Vol. 03(01), 147–154, 2018.
- [3] Hernadewita, Hendra, Herman. 2006: Analisis Pengaruh Kondisi Pemotongan Benda Kerja (Panjang penjurulan Terhadap Kekasaran Permukaan Pada Mesin Bubut Gallic 16N. Jurnal Teknik Mesin. 3(1):55-6, 2016.
- [4] Romiyadi, & Azriadi, E. "Pengaruh Kemiringan Spindel Dan Kecepatan Pemakanan Terhadap Getaran Mesin Frais Universal Knuth UFM 2. Kemiringan, Pengaruh Dan, Spindel Pemakanan, Kecepatan", Jurnal Mechanical, Volume 7, Nomor 2, 8(1), 31–36, September 2020.
- [5] R. Kumar, S. Kumar and S. Das, "Effect of machining parameters on surface roughness and tool wear for 7075 Al alloy SiC composite," International Journal Advance Manufacturing Technology, vol. 50, no. 5, pp. 459-469, 2017
- [6] N. Agarwal, "Surface Roughness Modeling with Machining Parameters (Speed, Feed & Depth of Cut) in CNC Milling," MIT International Journal of Mechanical Engineering, vol. 2, no. 1, pp. 55-61, 2012.
- [7] C. Natarajan, S. Muthu and P. Karuppuswamy, "Investigation of cutting parameters of surface roughness for a non-ferrous material using artificial neural network in CNC turning", Journal of Mechanical Engineering Research Vol. 3(1), pp. 1-14, January 2021
- [8] İlhan Asiltürk, Mehmet Çunkas, "Modeling and prediction of surface roughness in turning operations using artificial neural network and multiple regression method", Expert Systems with Applications, Volume 38, Issue 5, May 2011, Pages 5826–5832
- [9] Lu, X., Zhang, H., Jia, Z., Feng, Y., & Liang, S. Y. "Cutting parameters optimization for MRR under the constraints of surface roughness and cutter breakage in micro-milling process". Journal of Mechanical Science and Technology, 32(7), 3379–3388, 2018
- [10] Sredanovic, B., Lakic, G., Kramar, D., & Kopac, J. "Study on the Machinability Characteristics of Inconel 718 Super Alloy During Micro-Milling". Proceedings of 5th International Conference on Advanced Manufacturing Engineering and Technologies, 375-385, 2017