

**PERBANDINGAN NILAI KEKASARAN PERMUKAAN PROSES FRAIS BAHAN  
ALUMINIUM 6061 MENGGUNAKAN *ENDMILL* DAN *FLY CUTTER* DENGAN  
VARIASI *SPINDLE SPEED* PADA PROSES *FINISHING***

***COMPARISON OF SURFACE ROUGHNESS VALUE ON MILLING PROCESS ALUMINUM 6061  
MATERIAL USING ENDMILL AND FLY CUTTER WITH SPINDLE SPEED VARIATION IN  
FINISHING PROCESS***

Arif Rahman Syam<sup>(1)</sup>, Yufrizal A<sup>(2)</sup>, Abd Aziz<sup>(3)</sup>, Budi Syahri<sup>(4)</sup>, Royhan Restu Aliafi<sup>(5)</sup>

<sup>(1), (2), (3), (4)</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang  
Kampus Air Tawar, Padang 25131, Indonesia

<sup>(5)</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang  
Kampus Sekaran Gn. Pati, Semarang 50229, Indonesia

[arifrahmansyam1998@gmail.com](mailto:arifrahmansyam1998@gmail.com)

[yufrizal@ft.unp.ac.id](mailto:yufrizal@ft.unp.ac.id)

[azizyet@gmail.com](mailto:azizyet@gmail.com)

[budisyahri.90@gmail.com](mailto:budisyahri.90@gmail.com)

[royhan.restu@students.unnes.ac.id](mailto:royhan.restu@students.unnes.ac.id)

### Abstrak

Proses *finishing* merupakan proses terakhir dari proses pengerjaan suatu benda kerja. Proses *finishing* bertujuan untuk menghasilkan permukaan yang lebih halus setelah dilakukan beberapa kali proses *roughing*. Proses *finishing* dengan tuntutan kualitas dan ketelitian yang tinggi baik secara geometri maupun nilai/tingkat kekasaran permukaannya. Ketika proses produksinya seperti *finishing* operator seringkali mengganti jenis pisau frais seperti *endmill* dan *fly cutter* yang berdampak kepada nilai/tingkat kekasaran yang dihasilkan tidak optimal antar benda kerja yang di produksi dengan jenis pisau yang berbeda. Perbedaan nilai kekasaran dapat dilihat dari pengujian dengan penggunaan *spindle speed* yang berbeda. Metode yang dilaksanakan pada penelitian ini yaitu metode eksperimen. Metode eksperimen dapat dilakukan untuk menguji dan mencari pengaruh tertentu terhadap objek lain dalam keadaan yang dikendalikan. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan nilai kekasaran permukaan menggunakan *endmill* dan *fly cutter*. Variasi putaran spindel yang digunakan adalah 1200 rpm, 1500 rpm dan 1700 rpm dengan *feed rate* 350 mm/menit. Berdasarkan hasil penelitian didapat bahwa nilai kekasaran permukaan paling rendah menggunakan *fly cutter* pada *spindle speed* 1700 rpm dengan *feed rate* 350 mm/menit diperoleh nilai rata-rata Ra sebesar 0,24  $\mu\text{m}$ , sedangkan penggunaan *endmill* nilai kekasaran terendah diperoleh pada *spindle speed* 1700 rpm dengan *feed rate* 350 diperoleh nilai rata-rata Ra sebesar 1,95  $\mu\text{m}$ . Dari hasil penelitian disimpulkan bahwa penggunaan *fly cutter* lebih baik dibandingkan menggunakan *endmill* pada proses *finishing*.

**Kata Kunci :** Proses *Finishing*, *Endmill*, *Fly Cutter*, Kekasaran Permukaan, Kecepatan Spindel.

### Abstract

*The finishing process is the last process of working on a workpiece. The finishing process strives to produce a smoother surface after several roughing processes. finishing with high demands for quality and accuracy both in terms of geometry and value/level of surface roughness. When the production process is like finishing, operators often change the type of milling knife such as endmill and fly cutter which has an impact on the value/level of roughness produced which is not optimal between workpieces produced with different types of blades. The difference in the level of roughness can be seen from testing with the use of different spindle speeds. The method used in this research is the experiment method. Appropriate experimental methods are used to test and look for certain effects on others under controlled conditions. This study aims to compare the value of surface roughness using an endmill and a fly cutter. Spindle speed rotation variations used are 1200 rpm, 1500 rpm, and 1700 rpm with a feed rate of 350 mm/minute. based on the results of the study, it was found that the lowest surface roughness value using a fly cutter at a spindle speed of 1700 rpm with a feed rate of 350 mm/minute obtained an average value of 0.24  $\mu\text{m}$ , while the lowest roughness value was obtained at a spindle speed of 1700 rpm with a feed rate 350 obtained an average value of 1.95  $\mu\text{m}$ . This results of the study concluded that use a fly cutter is better than using an endmill in the finishing process.*

**Keywords :** *Finishing Process, Endmill, Fly Cutter, Surface Roughness, Spindle Speed.*

## I. Pendahuluan

Perkembangan pada dunia industri manufaktur dunia diikuti dengan lahirnya ide revolusi industri 4.0 yang dianggap sebagai antaran keempat dalam revolusi industri baru. Industri manufaktur sebagai sektor yang penting untuk mendorong pertumbuhan ekonomi serta membuka lapangan pekerjaan (Davies, 2015). Industri manufaktur di Indonesia mengalami peningkatan diikuti dengan peningkatan kebutuhan manusia yang semakin bervariasi dengan memicu perkembangan teknologi pada proses pemesinan salah satunya (Farizi Rachman, F. R., K, B. W., Setiawan, T. A. & Nurkholies, 2020).

Proses pemesinan (*metal cutting*) tidak terlepas dari suatu industri manufaktur, kisaran 70% dari total proses penciptaan industri memakai proses pemesinan. (Anshori et al., 2018). Proses frais logam merupakan proses menghilangkan sebagian logam dari permukaan benda kerja seperti proses *facing*, profil bentuk dan *finishing* sehingga diperoleh bentuk yang sesuai perencanaan (Rasum, 2006). Proses penyayatan ialah mengurangi sebagian dari produk yang dikerjakan (Carles, H., & Yusuf, 2019). Kemajuan teknologi terus berusaha membuat peralatan yang mampu membentuk permukaan komponen dengan tingkat kekasaran yang baik menurut standar ukuran yang dikemukakan oleh para ahli pengukuran geometris benda melalui pengalaman penelitian (Yufrizal et al., 2019).

Mesin menggunakan CNC lebih mendukung proses produksi dibandingkan mesin manual karena produktifitas mesin lebih besar, efisiensi waktu serta pastinya sedikit mengalami kegagalan karena operator cuma memantau dari jauh/ luar (Firdaus, Febrian Nur; Susanti, 2021).

Proses pada produksi logam untuk menghasilkan kualitas produk sangatlah identik dengan tingkat *good* atau *reject* kekasaran permukaan benda yang telah di produksi. Semakin minimum nilai dari tingkat kekasaran dari permukaan maka semakin baik kualitas permukaan benda kerja yang telah di produksi (Agus, H. C., Nely, A. mufarida, & Asmar, 2017).

Mutu permukaan yang yang dihasilkan dalam proses frais (*Output process*) diakui memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kualitas dan kinerja produk umur pakainya (Arinanda & , Hanifah Widyastuti, 2018). Penyayatan material dapat dilakukan pada produk menggunakan mata pahat yang berputar pada spindle terhadap produk yang dicekam oleh ragum (Prakoso, 2014)

Terdapat beberapa parameter pemesinan yang wajib diperhitungkan pada proses frais untuk menghasilkan nilai kekasaran yang baik/rendah ialah kecepatan putaran mesin, *cutting speed*, *feeding* serta *depth of cuts*. Kecepatan putaran, kecepatan potong, *feed rate*

serta dalamnya pemotongan memiliki pengaruh yang besar terhadap usia pisau frais serta mutu permukaan yang dikerjakan, sehingga pemilihan haruslah memperoleh atensi khusus (Syahri & Syahrial, 2018). Kekasaran permukaan dipengaruhi secara langsung oleh kecepatan putaran spindle serta laju pemakanan. Perihal ini diamati kalau nilai kekasaran permukaan bertambah dengan kenaikan laju pemakanan serta lebih besar pada kecepatan putaran spindle rendah serta kebalikannya buat seluruh *feed rate* (N..Satheesh Kumar, Ajay Shetty, Ashay Shetty, Ananth K, 2012).

Faktor lain yang mempengaruhi nilai kekasaran permukaan seperti jenis pemotongan, pisau frais yang digunakan, kualitas mesin yang digunakan, jenis pengerjaan dan pemilihan jenis material yang di akan di produksi (Indrawan et al., 2020). Pemilihan parameter pemesinan dan jenis pisau frais harus disesuaikan juga seperti pengerjaan proses *finishing*. Proses *finishing* merupakan pemotongan tingkat akhir mendapatkan hasil yang baik (Mashudi & Susanti, 2020).

Pemilihan tipe pisau frais yang digunakan dalam proses *finishing* juga dapat menciptakan nilai kekasaran yang bermacam- macam (Suliastyanto, 2018). Pemilihan jenis pisau frais harus disesuaikan dengan jenis material dan jenis pengerjaan yang akan dilakukan. Pada proses *finishing* haruslah menggunakan jenis pisau frais yang sesuai dalam proses pengerjaan *finishing* dengan menggunakan parameter pemesinan yang optimal guna menghasilkan nilai kekasaran permukaan yang baik. Nilai kekasaran permukaan yang baik juga dapat menambah estetika dan umur dari benda kerja yang telah selesai di produksi.

Penelitian ini menggunakan pisau frais *endmill* dan *fly cutter* pada proses *finishing* dengan parameter pemesinan sebagai variasi seperti *spindle speed* (Ramadhana, 2015). Sehingga menghasilkan perbandingan nilai kekasaran dan didapatkan jenis pisau frais yang baik pada proses *finishing* Sehingga didapatkan jenis. Berdasarkan data hasil pengujian dan analisis akan menghasilkan nilai kekasaran permukaan ( $R_a$ ) terbaik berdasarkan variasi *spindle speed* dengan menggunakan jenis pisau frais yang berbeda.

## II. Metode Penelitian

### A. Jenis Penelitian

Metode penelitian ini dilakukan dengan jenis penelitian eksperimen. Penelitian ini digunakan untuk mengetahui pengaruh perlakuan tertentu terhadap perlakuan lain dalam kondisi terkendali (Sugiyono, 2012). Penelitian ini merupakan penelitian yang membandingkan nilai kekasaran permukaan proses frais bahan aluminium 6061 dengan menggunakan

pisau frais *endmill HSS 4 flute* dan *fly cutter HSS 1 flute* pada proses finishing dengan kedalaman pemakanan 0,2 mm.

## B. Waktu dan Tempat Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan pada bulan Juni sampai dengan Juli 2021, bertempat di SMK N 1 Padang dan Laboratorium Metrologi dan Metalurgi Teknik Mesin, FT-UNP.

## C. Alat dan Bahan Yang Digunakan

Pada proses penelitian dibutuhkan beberapa alat dan juga bahan yang membantu dalam pembuatan spesimen yang akan diuji, di antara nya sebagai berikut :

### 1. Mesin Frais

Mesin CNC *milling* yang digunakan yaitu *milling* yang memiliki tiga *axis* yang menggunakan jenis kontrol dari GSK.



**Gambar 1.** Mesin CNC Milling

### 2. Endmill HSS

*Endmill* adalah satu dari banyak jenis pisau frais pada mesin CNC *milling* yang sering digunakan (Suharyadi, n.d.). Penggunaan *endmill* ini dipilih dikarenakan fungsinya yang banyak seperti proses *roughing* dan *finishing process*. Jenis *endmill* yang dipilih yaitu *Endmill HSS Asahi 4 flute*. *Endmill HSS* dipilih karena material yang akan di lakukan proses frais yaitu jenis bahan alumunium type 6061. Diameter *endmil* yang digunakan pada penelitian yaitu *endmill* Ø20.

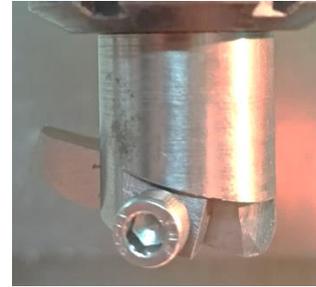


**Gambar 2.** Endmill HSS

### 3. Fly Cutter

*Fly cutter* merupakan sebuah *tool* yang memiliki mata tunggal dimana pisau yang digunakan adalah pahat bubut/insert yang dijepit pada holdernya. Kelebihan dari *fly cutter* adalah: lebih fleksibel untuk fabrikasi permukaan bentuk bebas dan mikro /

nano-struktural, seperti proses *finishing*. *Fly cutter* menghasilkan kualitas kekasaran permukaan tinggi. (Zhang, S. J., To, S., Zhu, Z. W., & Zhang, 2016). Untuk jenis bahan dari *fly cutter* sama dengan *endmill* yaitu HSS dengan diameter layang 20 mm. Jenis pisau frais ini di produksi sendiri dengan menggunakan mesin perkakas yang ada di workshop pemesinan.



**Gambar 3.** Fly Cutter

### 4. Alat Uji Kekasaran

Alat uji kekasaran adalah alat untuk mengukur kekasaran yang dapat mengetahui nilai Ra pada spesimen yang telah dilakukan pemakanan permukaan. Cara kerja alat ini yakni dengan melakukan pengukuran pada permukaan datar *specimen* yang diuji. Pengujian akan dilakukan pada permukaan yang rata dengan variasi panjang pengukuran 2,5 mm.



**Gambar 4.** Surface Roughness Tester Mitutoyo SJ 201P

### 5. Vernier Caliper

*Vernier caliper* atau yang biasa disebut juga dengan *sigmat* adalah salah satu alat ukur yang di pakai didalam pengukuran keteknikan yang mampu mengukur pada tiga kondisi sekaligus seperti diameter dalam benda, diameter luar benda, dan kedalaman benda.

### 6. Alumunium 6061

Alumunium 6061 adalah bahan yang di pakai dalam penelitian ini, alumunium 6061 banyak digunakan dalam industri manufaktur karena bobotnya yang ringan, mudah dibentuk, daya hantar listrik yang baik dan tahan korosi (Surdia, Tata dan Chijiwa, 2006). Ukuran Aluminium yang akan digunakan yaitu tebal 12 mm, lebar 20 mm dan panjang 60 mm.

**D. Perancangan Penelitian**

**1. Objek Penelitian**

Objek penelitian yang akan diteliti adalah aluminium 6061 dikerjakan pada mesin *CNC Milling* pada proses *finishing* dengan menggunakan 2 buah pisau frais yaitu *endmill HSS 4 flute Ø20* dan *fly cutter satu flute Ø20* masing-masing oisau frais dilakukan Sembilan kali pengambilan data dan dilakukan tiga kali pengujian kekasaran.

**2. Parameter Pemakanan**

Pengujian *specimen* dilakukan dengan spindle speed yang digunakan yaitu 120 rpm, 1500 rpm, dan 1700 rpm sedangkan feed rate yang akan digunakan yaitu 350 mm/menit. Pemilihan feed rate *rate* ini disesuaikan dengan kemampuan mesin dan *feed* minimal dan maksimal yang didapatkan melalui perhitungan parameter diatas. Pemilihan *feed rate* ini juga disesuaikan dengan *feed rate* minimal dan maksimal yang didapatkan dari analisis *endmill* dan *fly cutter*.

**Tabel 1.** Nilai Faktor Percobaan

Faktor	1	2	3
Spindle Speed (rpm)	1200	1500	1700
Depth Of Cuts (mm)	0,2	0,2	0,2
Feed rate (mm/menit)	350	350	350

**3. Analisa Data**

Analisis data dilakukan untuk mengetahui nilai kekasaran permukaan berdasarkan variasi *spindel speed* berdasarkan pengujian yang telah ditentukan. Hasil data yang telah di dapatkan kemudian dilakukan analisa data berdasarkan masing-masing spesimen yang telah diuji. Hasil dari pengujian ditampilkan dalam bentuk grafik sehingga dapat dilihat pengaruh variasi *spindle speed* dan perbandingan kekasaran permukaan proses frais menggunakan *endmill* dan *fly cutter*. Hasil dari analisa data yang telah di dapatkan kemudian disimpulkan berdasarkan tujuan penelitian.

**III. Hasil dan Pembahasan**

**1. Hasil Nilai Kekasaran Pisau Frais Endmill**

Hasil dari pengujian kekasaran permukaan pada proses *finishing* menggunakan pisau frais *endmill*. Hasil dari *specimen 1* menggunakan parameter *spindle speed* 1200 rpm, *feed rate* 350 mm/menit, *depth of cuts* 0,2 mm dapat dilihat pada tabel 2.

**Tabel 2.** Spindle Speed 1200 rpm.

Spes	Spindle Speed	Feed rate	Tingkat Kekasaran (Ra)			Mean (Ra)
			T1	T2	T3	
1	1200	350	3,51	3,51	3,38	3,46



Hasil dari pengujian *specimen 2* menggunakan parameter *spindle speed* 1500 rpm, *feed rate* 350 mm/menit, *depth of cuts* 0,2 mm dapat dilihat pada tabel 3.

**Tabel 3.** Spindle Speed 1500 rpm.

Spes	Spindle Speed	Feed rate	Niali Kekasaran (Ra)			Mean Ra
			T1	T2	T3	
2	1500	350	2,68	2,99	2,65	2,77



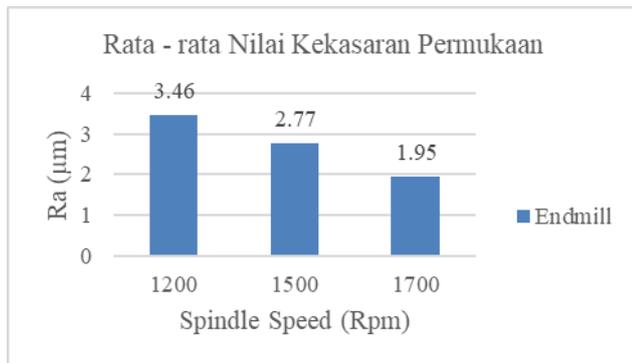
Hasil dari pengujian *specimen 3* menggunakan parameter *spindle speed* 1700 rpm, *feed rate* 350 mm/menit, *depth of cuts* 0,2 mm dapat dilihat pada tabel 4.

**Tabel 4.** Spindle Speed 1700 rpm.

Spes	Spindle Speed	Feed rate	Nilai Kekasaran (Ra)			Mean (Ra)
			T1	T2	T3	
3	1700	350	1,91	2,24	1,7	1,95



Hasil dari pengujian nilai kekasaran permukaan pada proses *finishing* menggunakan pisau *frais endmill* pada *specimen* bahan aluminium 6061 menggunakan mesin CNC *milling* dengan variasi *spindle speed* yang diukur dengan *surface roughness tester* ditunjukkan pada grafik berikut.



**Gambar 5.** Grafik Pengaruh *Spindle Speed* Pada Nilai Ra

Gambar 5 menunjukkan hasil grafik nilai kekasaran permukaan proses *finishing* menggunakan *endmill* dengan variasi *spindle speed*. Didapatkan hasil dari uji kekasaran permukaan *spindle speed* 1200 rpm pada *specimen* 1 menghasilkan rata – rata nilai Ra sebesar 3,46 µm, pada *spindle speed* 1500 menghasilkan rata-rata nilai Ra sebesar 2,77 µm, dan pada *spindle speed* 1700 menghasilkan rata-rata nilai Ra sebesar 1,95 µm.

**2. Hasil Nilai Kekasaran Pisau *Frais Fly Cutter***

Hasil dari pengujian keakasaran permukaan pada proses *finishing* menggunakan mesin CNC *milling* dengan pisau *frais fly cutter*. Hasil dari *specimen* 1 menggunakan parameter *spindle speed* 1200 rpm, *feed rate* 350 mm/menit, *depth of cuts* 0,2 mm dapat dilihat pada tabel 5.

**Tabel 5.** *Spindle Speed* 1200 rpm

Spes	Spindle Speed	Feed rate	Nilai Kakasaran (Ra)			Mean (Ra)
			T1	T2	T3	
1	1700	350	0,5	0,29	0,4	0,40



Hasil dari pengujian *specimen* 2 menggunakan parameter *spindle speed* 1500 rpm, *feed rate* 350 mm/menit, *depth of cuts* 0,2 mm dapat dilihat pada tabel 6.

**Tabel 6.** *Spindle Speed* 1500 rpm

Spes	Spindle Speed	Feed rate	Nilai Kakasaran (Ra)			Mean (Ra)
			T1	T2	T3	
2	1500	350	0,32	0,28	0,28	0,29



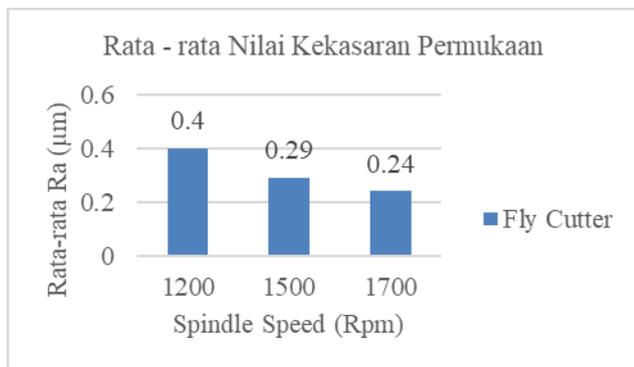
Hasil dari pengujian *specimen* 3 menggunakan parameter *spindle speed* 1700 rpm, *feed rate* 350 mm/menit, *depth of cuts* 0,2 mm dapat dilihat pada tabel 7.

**Tabel 6.** *Spindle Speed* 1500 rpm

Spes.	Spindle Speed	Feed rate	Nilai Kakasaran (Ra)			Mean (Ra)
			T1	T2	T3	
3	1500	350	0,27	0,23	0,25	0,24



Hasil dari pengujian kekasaran permukaan pada proses *finishing* menggunakan pisau *frais fly cutter* pada *specimen* uji bahan aluminium 6061 menggunakan mesin CNC *milling* dengan variasi *spindle speed* yang diukur dengan *surface roughness tester* ditunjukkan pada grafik berikut :

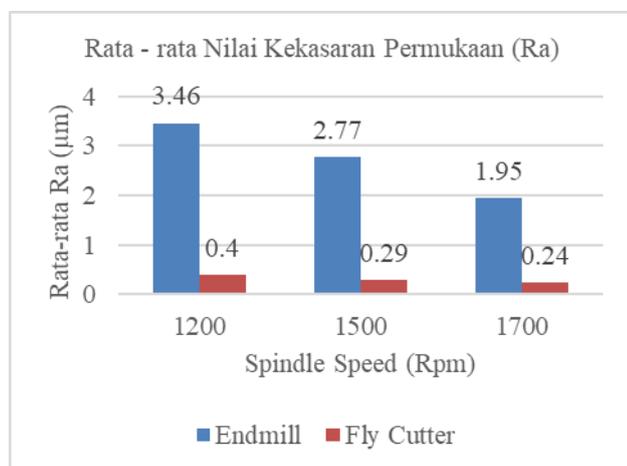


**Gambar 6.** Grafik Pengaruh *Spindle Speed* Pada Nilai Ra

Gambar 6 menunjukkan hasil grafik nilai kekasaran permukaan proses *finishing* menggunakan *fly cutter* dengan variasi *spindle speed*. Didapatkan hasil dari uji kekasaran permukaan *spindle speed* 1200 rpm pada *specimen* 1 menghasilkan rata-rata nilai Ra sebesar 0,4  $\mu\text{m}$ , pada *spindle speed* 1500 menghasilkan rata-rata nilai Ra sebesar 0,29  $\mu\text{m}$ , dan pada *spindle speed* 1700 menghasilkan rata-rata nilai Ra sebesar 0,24  $\mu\text{m}$ .

### 3. Signifikan Perbandingan Nilai Kekasaran Permukaan Proses *Finishing* Menggunakan *Endmill* Dan *Fly Cutter*

Hasil perbandingan nilai kekasaran permukaan proses *finishing* menggunakan pisau frais *endmill* dan *fly cutter* dengan variasi *spindle speed* dapat dilihat pada gambar 7.



**Gambar 7.** Perbandingan Nilai Kekasaran Permukaan

Hasil pengujian *specimen* aluminium 6061 di dapatkan hasil nilai kekasaran permukaan proses *finishing* menggunakan pisau frais *endmill* dan *fly cutter* variasi *spindle speed* dapat dilihat pada gambar 7. Dari data diatas dapat dilihat bahwa nilai kekasaran permukaan pada proses *finishing* menggunakan pisau frais *endmill* memiliki nilai Ra yang lebih tinggi dengan *spindle speed* 1200 rpm dengan rata – rata Ra sebesar 3,46  $\mu\text{m}$ , *spindle speed* 1500 rpm dengan rata – rata Ra sebesar 2,77  $\mu\text{m}$ , dan *spindle speed* 1700 rpm dengan rata – rata Ra

sebesar 1,95  $\mu\text{m}$ , sedangkan nilai kekasaran permukaan pada proses *finishing* menggunakan *fly cutter* memiliki nilai Ra yang di dapat cenderung lebih rendah dengan *Spindle speed* 1200 rpm dengan rata – rata Ra sebesar 0,4  $\mu\text{m}$ , *spindle speed* 1500 rpm dengan rata – rata Ra sebesar 0,29  $\mu\text{m}$ , dan *spindle speed* 1700 rpm dengan rata – rata Ra sebesar 0,24  $\mu\text{m}$ . Untuk menganalisa signifikan perbandingan nilai Ra ketika proses *finishing* menggunakan nilai *endmill* dan *fly cutter* dilakukan dengan menggunakan uji t atau *t-tes*. Selanjutnya t<sub>hitung</sub> tersebut dibandingkan dengan t<sub>tabel</sub> dengan taraf keasalahan 5 %. Dalam hal ini berlaku bahwa bila t<sub>hitung</sub> lebih besar dari t<sub>tabel</sub> maka terdapat perbedaan yang signifikan antara penggunaan kedua pisau frais yang dipilih ketika proses *finishing*. Setelah dilakukan analisis dengan menggunakan persamaan rumus uji t didapatkan nilai t<sub>hitung</sub> sebesar 4,55, lalu dibandingkan dengan t<sub>tabel</sub> sebesar 2,306, maka didapatkan t<sub>hitung</sub> lebih besar daripada t<sub>tabel</sub> 4,55 > 2,306, maka bisa dikatakan perbandingan penggunaan *endmill* dan *fly cutter* pada proses *finishing* signifikan.

### 4. Pembahasan

.Penelitian ini dikerjakan sesuai prosedur penelitian yang telah ditentukan. Spesimen yang diuji adalah bahan aluminium 6061. Mesin yang di gunakan dalam pembuatan *specimen* yaitu CNC *milling*. Parameter dalam pengerjaan *specimen* yaitu *spindle speed* 1200 rpm, 1500 rpm, dan 1700 rpm. Nilai kekasaran rata-rata proses *finishing* yang dihasilkan menggunakan pisau frais *endmill* pada *spindle speed* 1200 rpm sebesar 3,46  $\mu\text{m}$ , *spindle speed* 1500 rpm sebesar 2,26  $\mu\text{m}$ , dan *spindle speed* 1700 rpm sebesar 1,95  $\mu\text{m}$ . Sedangkan nilai kekasaran rata-rata proses *finishing* yang dihasilkan menggunakan pisau frais *fly cutter* pada *spindle speed* 1200 rpm sebesar 0,4  $\mu\text{m}$ , *spindle speed* 1500 rpm sebesar 0,29  $\mu\text{m}$ , dan *spindle speed* 1700 rpm sebesar 0,24  $\mu\text{m}$ . Setelah dilakukan pengujian dan analisis maka didapatkan perbandingan yang signifikan dari penggunaan *endmill* dan *fly cutter* pada proses *finishing*. Didapatkan nilai Ra terendah pada penggunaan *fly cutter* dengan *spindle speed* 1700 rpm sebesar 0,24, maka penggunaan *fly cutter* pada proses *finishing* lebih baik daripada penggunaan *endmill* pada bahan aluminium 6061.

### IV. Kesimpulan

Hasil pengolahan data dapat disimpulkan bahwa nilai kekasaran yang dihasilkan pada proses *finishing* menggunakan pisau frais *endmill* memiliki nilai kekasaran yang lebih tinggi dibandingkan dengan nilai kekasaran proses *finishing* menggunakan pisau frais *fly cutter*. Didapatkan rata-rata nilai kekasaran permukaan pada penggunaan pisau frais *endmill*

tertinggi sebesar 3,46  $\mu\text{m}$  pada *spindle speed* 1200 rpm dan nilai Ra pada penggunaan pisau frais *endmill* sebesar 1,95  $\mu\text{m}$  pada *spindle speed* 1700 rpm. Proses *finishing* menggunakan pisau frais *fly cutter* memiliki rata-rata nilai Ra tertinggi sebesar 0,40  $\mu\text{m}$  pada *spindle speed* 1200 rpm dan nilai Ra sebesar 0,24 pada *spindle speed* 1700 rpm. Sehingga dibandingkan dari kedua pisau frais yang digunakan pada proses *finishing*, penggunaan *fly cutter* menggunakan bahan aluminium 6061 pada proses *finishing* lebih baik dari pada menggunakan pisau frais *endmill* dengan *spindle speed* yang lebih kencang sehingga menghasilkan nilai atau kekasaran permukaan yang lebih baik nilai Ra yang rendah.

## Referensi

- Agus, H. C., Nely, A. mufarida, & Asmar, F. (2017). *Pengaruh Variasi Kecepatan Spindel Dan Kedalaman Pemakanan Terhadap Kekasaran Permukaan Stainless Steel Aisi 304 Pada Proses Frais Konvensional Dengan Metode Taguchi. 1*, 7–12.
- Anshori, M., Hartono, P., & Lesmanah, U. (2018). Analisis Perbandingan Kekasaran Permukaan Pada Proses Turning. *Teknik Mesin*, *x(x)*, 1–5.
- Arinanda, M. I., & , Hanifah Widyastuti, and M. D. Mk. (2018). *Pengaruh Spindle Speed Terhadap Kekasaran Permukaan Aluminium 6061 Pada Proses End Milling Dengan Peredaman Magnet Permanen*.
- Carles, H., & Yusuf, M. (2019). Analisa Kekasaran Permukaan Terhadap Kekerasan Material Pada Proses Milling Dengan Variasi Kecepatan Feeding. *Jurnal Teknik Mesin*, *08(02)*, 10–16.
- Davies, R. (2015). Industry 4.0. Digitalisation for productivity and growth. *European Parliamentary Research Service*, September, 10.
- Farizi Rachman, F. R., K. B. W., Setiawan, T. A., & Nurkholies, P. (2020). Penerapan Metode Taguchi untuk Optimasi Setting Parameter CNC Milling Terhadap Kekasaran Permukaan Material. *Jurnal Teknologi Dan Rekayasa Manufaktur*, *2(2)*, 49–60. <https://doi.org/10.48182/jtrm.v2i2.70%0D>
- Firdaus, Febrian Nur; Susanti, N. A. (2021). PENGARUH KECEPATAN PUTAR DAN PENYAYATAN ENDMILL CUTTER TYPE HSS TERHADAP TINGKAT KEKASARAN ALUMINIUM PADA MESIN CNC Febrian. *Pendidikan Teknik Mesin*, *10(02)*, 103–101.
- Indrawan, E., A. Y., Rifelino, R., & Herianto, R. F. U. A. (2020). Surface Quality Comparison of Down and Up cut Technique on CNC Milling Machine toward ST-37 Steel Material. *MOTIVECTION: Journal of Mechanical, Electrical and Industrial Engineering*, *2(1)*, 11–20. <https://doi.org/10.46574/motivection.v2i1.65>
- Mashudi, A., & Susanti, N. A. (2020). Pengaruh Media Pendingin dan Kecepatan Putar Spindle Terhadap Hasil Kekasaran Permukaan Benda Kerja Pada Proses Finishing Menggunakan Mesin Bubut CNC PU. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*, *9(3)*, 57–66.
- N..Satheesh Kumar, Ajay Shetty, Ashay Shetty, Ananth K, H. S. (2012). Effect of spindle speed and feed rate on surface roughness of Carbon Steels in CNC turning. *Procedia Engineering*, *38*, 691–697.
- Prakoso, I. (2014). *Analisa Pengaruh Kecepatan Feeding Terhadap Kekasaran Permukaan Draw Bar Mesin Milling Aciera Dengan Proses CNC Turning. 03(1)*.
- Ramadhana, A. (2015). Analisa Jenis Pahat Dan Kedalaman Pemakanan Terhadap.Tingkat Kekasaran Permukaan Pada Benda Kerja Aluminium Dan.Baja St. 37 Dengan Perlakuan Mesin Frais Vertikal. *Jurnal Teknik Mesin*, *01(01)*, 23–29.
- Rasum. (2006). *Teknologi Mekanik Mesin Perkakas*. LPP dan Universitas Negeri Semarang Press.
- Sugiyono. (2012). *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&B*. Alfabeta.
- Suharyadi, K. (n.d.). *PENGARUH JUMLAH MATA SAYAT END MILL CUTTER MENGGUNAKAN KODE PROGRAM G 02 Dan G 03 TERHADAP KERATAAN ALUMINIUM 6061 PADA MESIN CNC*.
- Sulistyanto, A. (2018). *PENGARUH PEMILIHAN JENIS CUTTING TOOL TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN BENDA BERKONTUR PADA PEMESINAN MILLING 3-AXIS*. Universitas Negeri Jakarta.
- Surdia, Tata dan Chijiwa, K. (2006). *Teknik Pengecoran Logam (X)*. PT Pradnya Paramita.
- Syahri, B., & Syahrial, N. A. (2018). *Kualitas Permukaan Hasil Sayatan Metode Downcut Dengan Variasi Feeding. November*, 517–523.

Yufrizal, Indrawan, E., Helmi, N., Aziz, A., & Putra, Y. A. (2019). Pengaruh Sudut Potong dan Kecepatan Putaran *Spindel* Terhadap Kekasaran Permukaan pada Proses Bubut Mild Steel ST 37. *INVOTEK: Jurnal Inovasi Vokasional Dan Teknologi*, 19(2), 29–36. <https://doi.org/10.24036/invotek.v19i2.582>

Zhang, S. J., To, S., Zhu, Z. W., & Zhang, G. Q. (2016). A review of fly cutting applied to surface generation in ultra-precision machining. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*. <https://doi.org/10.1016/j.ijmachtools>