

## PENGARUH PENYAYATAN *UP MILLING* DAN *DOWN MILLING* TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN BENDA KERJA BAJA S45C PADA PROSES PEKERJAAN MESIN FRAIS VERTIKAL

### *THE EFFECT OF UP MILLING AND DOWN MILLING SLICES ON SURFACE ROUGHNESS OF S45C STEEL WORKS ON THE WORK PROCESS OF VERTICAL MILLING MACHINES*

Ogif Pradinata Putra<sup>(1)</sup>, Hendri Nurdin<sup>(2)</sup>, Rifelino<sup>(3)</sup>

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

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

[hens2tm@ft.unp.ac.id](mailto:hens2tm@ft.unp.ac.id)

[rifel2sya@yahoo.com](mailto:rifel2sya@yahoo.com)

#### Abstrak

Proses pekerjaan yang dapat menghasilkan produk berkualitas harus membuat perencanaan yang efektif dan efisien. Begitupun pada bidang pemesinan harus membutuhkan perencanaan untuk menghasilkan produk yang berkualitas. Dalam proses pengefraisan kualitas produk tersebut bisa dilihat dari kekasaran permukaan sehingga semakin halus permukaan benda semakin baik kualitas produk tersebut. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penyayatan *up milling* dan *down milling* terhadap baja S45C untuk mendapatkan nilai kekasaran permukaan yang maksimal menggunakan mesin frais vertikal. Penelitian ini menggunakan jenis penelitian eksperimen dengan membandingkan tingkat kekasaran permukaan baja S45C hasil fraisan yang menggunakan pisau frais HSS kedalaman pemakanan (*depth of cut*) 1 mm. Hasil penelitian diketahui bahwa kekasaran spesimen pada *up milling* berada pada kelas N7 sedangkan pada nilai rata-rata kekasaran pada *down milling* berada pada kelas N8. Spesimen yang memiliki nilai kekasaran yang tertinggi adalah spesimen *down milling*, yang pengambilan datanya No. 2 dengan rata-rata  $\Sigma Ra_s = 3,24 \mu m$  yaitu pada kelas kekasaran N8. Dan Spesimen yang memiliki nilai kekasaran yang terendah adalah spesimen *up milling*, yang pengambilan datanya No. 1 dengan rata-rata  $\Sigma Ra_s = 1,01 \mu m$  yaitu pada kelas kekasaran N7. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa gerak makan atau penyayatan *up milling* dan *down milling* memberikan dampak terhadap hasil produk pengefraisan pada baja S45C. Hal ini dibuktikan dengan bervariasinya nilai kekasaran permukaan baja S45C yang difrais menggunakan kedalaman pemakanan yang sama.

**Kata Kunci :** Pengaruh, Kekasaran, *Up* dan *Down Milling*, Baja S45C, Mesin Frais Vertikal

#### Abstract

*I Work processes that can produce quality products must make effective and efficient planning. Likewise in the field of machining must require planning to produce quality products. In the milling process, the quality of the product can be seen from the surface roughness so that the smoother the surface of the object the better the quality of the product. This study uses an experimental type of research by comparing the level of surface roughness of milled S45C steel using an HSS milling knife with a depth of cut of 1 mm. The results showed that the roughness of the specimen in up milling was in class N7 while the average value for roughness in down milling was in class N8. The specimen that has the highest roughness value is the down milling specimen, whose data collection is No. 2 with an average of  $Ra_s = 3.24 \mu m$ , which is in the N8 roughness class. And the specimen that has the lowest roughness value is the up milling specimen, whose data collection is No. 1 with an average of  $Ra_s = 1.01 \mu m$ , which is in the roughness class N7. Based on the results of the study, it can be concluded that the feeding motion or cutting up milling and down milling has an impact on the results of milling products on S45C steel. This is evidenced by the variation in the surface roughness of S45C steel milling using the same feeding..*

**Keywords :** Effect, Roughness, *Up* and *Down Milling*, S45C Steel, Vertical Milling Machine

## I. Pendahuluan

Proses pemesinan adalah suatu proses dengan bantuan mesin perkakas yang dilakukan dengan membuang bagian material menjadi suatu produk (Sastal et al., 2018). Proses pemesinan menjadi salah satu bagian dari pemotongan logam yang merupakan proses pembentukan suatu produk dengan memotong, memisah bagian material (Nasution & Damanik, 2021). Proses pemesinan yakni aktivitas pembentukan suatu produk yang diinginkan dengan bantuan mesin (Husein, 2015).

Proses pekerjaan yang dapat menghasilkan produk yang berkualitas harus membuat perencanaan yang efektif dan efisien (Putra et al., 2022). Begitupun pada bidang pemesinan harus membutuhkan perencanaan untuk menghasilkan produk yang berkualitas. Kecepatan putaran alat potong (*spindle*), *cutting speed*, *feeding*, dan kedalaman pemotongan (*depth of cut*) menjadi faktor penting pekerjaan bidang pemesinan (Salam, 2014). Akan tetapi di lapangan masih banyak yang melupakan faktor ini yang berdampak langsung kepada hasil produk.

Pemotongan logam ialah kegiatan untuk mengubah suatu produk yang berbahan logam (komponen mesin), dengan cara memotong (Nasution et al., 2021). Pekerjaan ini banyak ditemukan di bengkel-bengkel kecil maupun di industri peralatan besar. Mesin perkakas yang digunakan dalam pembuatan peralatan mesin dan peralatan teknik tersebut, seperti mesin bubut, frais, sekrup, gerinda, gurdi, dan lain sebagainya. Proses frais merupakan salah satu proses permesinan yang digunakan pada pembuatan komponen produksi (Suteja et al., 2008).

Proses frais memiliki peran pengolahan logam dengan bantuan mesin. Proses pemesinan yang banyak diterapkan pada dunia industri yaitu frais (*milling*). Proses frais ialah kegiatan permesinan untuk menghasilkan suatu produk dengan cepat (Syam et al., 2021). Proses frais yaitu kegiatan pemesinan yang menghasilkan produk dengan permukaan halus maupun kasar (Hari Cahyono et al., 2017). Sehingga dalam proses frais. Di proses frais kualitas produk tersebut bisa dilihat dari kekasaran permukaan sehingga semakin halus permukaan benda semakin baik kualitas produk tersebut (Prayoga et al., 2020). Kekasaran permukaan yaitu penyimpangan yang di sebabkan oleh kondisi potongan (Yanuar & Syarief, 2015). Kekasaran penting karena berkaitan dengan gaya gesek, sistem pelumasan dan aus (Novrialdy et al., 2021). Oleh sebab itu dalam menghasilkan produk yang berkualitas dibutuhkan tingkat presisi dan proses pemesinan yang tinggi. Di era globalisasi ini dibutuhkan mesin yang membantu proses kerja manusia (Yufrizal et al., 2019).

Mesin frais merupakan mesin yang paling banyak digunakan di dunia industri, sekolah dan tempat

pelatihan (Rikosa et al., 2018). Mesin frais adalah mesin dengan gerak berputar dalam proses pengerjaan suatu produk yang mana dalam proses pengerjaan pisau frais yang melakukan gerak potong memutar dan bahan kerja melakukan gerak lurus. (Amriansyah & A, 2022). Mesin frais ialah mesin konvensional yang dalam proses pengerjaan dapat menghasilkan produk dengan permukaan menjadi rata (Andinnandhan, 2015). Mesin frais menjadi salah satu mesin yang berkembang cepat yang membuat mesin ini dapat membentuk, meratakan, membuat alur, membuat roda gigi dan ulir. Mesin frais terbagi atas penggunaan dan bentuk diantaranya frais universal dan khusus (Fitriyah & Sakti, 2014). Mesin frais khusus juga terbagi atas mesin frais *horizontal*, *vertical*, dan *konvensional*. Dalam pekerjaan mesin frais produk yang dihasilkan harus memenuhi tingkat kualitas permukaan (Syahri et al., 2018). Ukuran dan tingkat kekasaran benda kerja menjadi patokan keberhasilan proses pengefraisan, sehingga dalam pengerjaan proses frais dibutuhkan sebuah skema yang matang untuk mencapai produk yang berkualitas.

Kecepatan pemotongan, pemakanan dan kedalaman pemotongan berperan dalam ketahanan pisau frais yang membuat pemilihannya harus diperhatikan (Indrawan et al., 2020). Selain kecepatan pemotongan, penyayatan mata potong juga berperan dalam kekasaran permukaan produk (Saputra, 2022). Pada proses frais terdiri atas dua macam penyayatan yakni penyayatan belawan arah jarum jam (*up milling*), dan penyayatan searah jarum jam (*down milling*). Metode proses frais terbagi dua yakni *up milling* dan *down milling* yang mana perbedaannya berdasarkan arah gerak meja terhadap putaran pisau (Rahdiyanta, 2010).

Kekasaran permukaan pada proses pengefraisan sangat diperlukan untuk mendapatkan tingkat harga kekasaran pada benda kerja yang ditentukan, sehingga banyak operator mesin frais yang menggunakan amplas untuk mendapatkan tingkat harga kekasaran benda kerja yang ditentukan. Padahal di dalam proses pengefraisan proses pengamplasan tidak ada di prosedur pengefraisan.

Tujuan melakukan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh penyayatan *up milling* dan *down milling* terhadap baja S45C untuk mendapatkan nilai kekasaran permukaan yang maksimal menggunakan mesin frais vertikal.

## II. Metode Penelitian

### A. Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian eksperimen dengan membandingkan tingkat kekasaran permukaan baja S45C hasil fraisan yang menggunakan pisau frais HSS kedalaman pemakanan (*depth of cut*) 1 mm. Maka untuk itu dalam

penelitian ini penulis memperhitungkan dalam pemakanan (*depth of cut*) dan gerak makan atau *feed*. Penulis melakukan pengujian dengan beberapa kali penyayatan dengan tujuan supaya hasil penelitian lebih efisien.

## B. Objek Penelitian

Objek penelitian yang akan diteliti adalah baja S45C. Baja S45C merupakan jenis baja "Medium Carbon Steel" (0.3-0.5% C). Hal ini dapat di buktikan dengan pengujian komposisi yang dilakukan oleh PT Globalindo Anugerah Jaya Abadi yang dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

**Tabel 1.** Komposisi Kimia Baja S45C

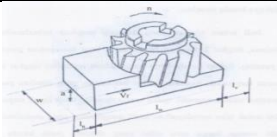
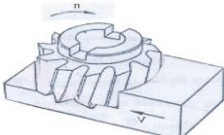
C%	Si%	Mn%	P%	S%
0,42-0,48	0,15-0,35	0,6-0,9	0,030	0,035

Objek penelitian ini berbentuk persegi panjang dengan ukuran panjang 46 mm, lebar 40 mm, tinggi 40 mm. Objek penelitian tersebut akan dikerjakan pada mesin frais vertikal dengan menggunakan 2 buah pisau frais  $\varnothing 10$  mm dan 2 buah baja karbon S45C. Dimana 1 buah mata pisau frais untuk melakukan penyayatan *up milling*, dan 1 buah lagi penyayatan untuk *down milling*. Pada 1 spesimen dilakukan 2 kali penyayatan dengan dilakukan pengujian kekasaran sebanyak 4 kali per penyayatan. Jadi banyak pengujian kekasaran pada spesimen ini adalah sebanyak 16 kali dimana 8 kali pengujian pada *up milling* dan 8 kali pengujian pada *down milling*.

## C. Instrumen Pengumpulan Data Waktu dan Tempat Penelitian

Instrumen pengumpulan data pada penelitian dilakukan dengan menyiapkan tabel untuk data penelitian, mengumpulkan data dari hasil penelitian,

**Tabel 2.** Nilai Kekasaran

No	Penyayatan	Harga Kekasaran( $\mu\text{m}$ )					Kelas Kekasaran	
		T1	T2	T3	T4	$\Sigma R_a_s$		
1	 Up Milling	1	1,03	1,02	1,00	1,00	<b>1,01</b>	N7
		2	1,15	1,51	1,26	1,09	<b>1,25</b>	
2	 Down Milling	1	2,71	2,79	3,30	3,11	2,97	N8
		2	2,91	2,90	3,65	3,53	3,24	

dan melakukan analisis dari data yang diperoleh melalui penelitian.

## D. Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian ini selama 4 bulan (Juli-Oktober 2022). Mulai dari pengajuan proposal, pembuatan spesimen, pengujian sampai ke pembuatan laporan. Penelitian uji kekasaran benda uji dilaksanakan di Workshop Permesinan dan Labor Metalurgi dan Metrologi Departemen Teknik Mesin FT UNP.

## III. Hasil dan Pembahasan

### A. Hasil Penelitian

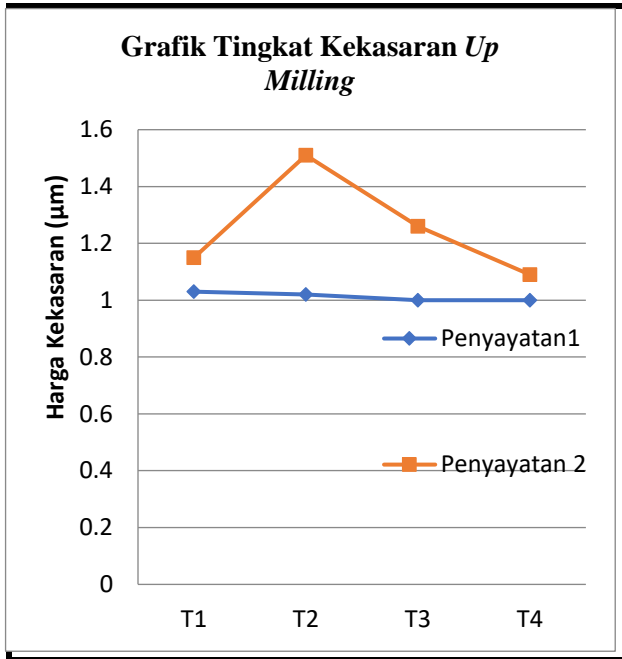
Pengujian kekasaran permukaan hasil pengefraisan baja karbon S45C ini dilakukan dengan dua macam spesimen, yakni *up milling* dan *down milling*. Dari satu spesimen dilakukan pengumpulan data sebanyak dua kali dan pengujian kekasaran dilakukan sebanyak empat kali.

Uji kekasaran permukaan spesimen yang memakai alat *Surface Terster* Mitutoyo SJ 201P, dan sudah dilakukan analisis didapatkan data hasil yang di jabarkan dengan tabel dan grafik. Berikut tabel 2 nilai kekasaran dari hasil penelitian.

Nilai rata-rata kekasaran spesimen pada *up milling* berada pada kelas N7 sedangkan pada nilai rata-rata kekasaran pada *down milling* berada pada kelas N8. Spesimen yang memiliki nilai kekasaran yang tertinggi adalah spesimen *down milling*, yang pengambilan datanya No. 2 dengan rata-rata  $\Sigma R_a_s = 3,24 \mu\text{m}$  yaitu pada kelas kekasaran N8. Dan Spesimen yang memiliki nilai kekasaran yang terendah adalah spesimen *up milling*, yang pengambilan datanya No. 1 dengan rata-rata  $\Sigma R_a_s = 1,01 \mu\text{m}$  yaitu pada kelas kekasaran N7.

**B. Perbandingan Tingkat Kekasaran berdasarkan Penyayatan**

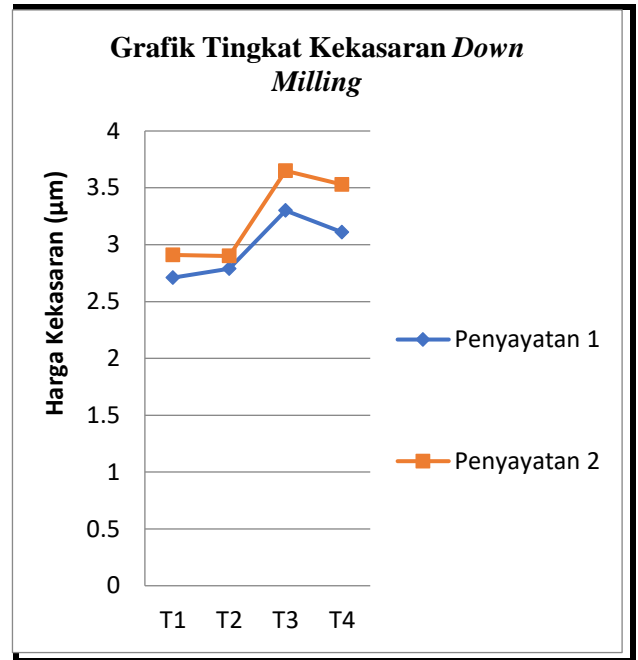
Gerak pemakanan atau penyayatan memberikan dampak kepada tingkat kekasaran produk. Oleh karena itu pada penelitian ini dilakukan penyayatan dengan dua cara yakni penyayatan *up milling* dan penyayatan *down milling*. Dengan tujuan untuk mengetahui penyayatan mana yang lebih baik dalam melakukan pekerjaan untuk mendapatkan hasil yang lebih baik. Hal ini, pada penelitian diperoleh bahwa, penyayatan *up milling* lebih halus dibandingkan penyayatan secara *down milling*. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat melalui grafik dibawah ini.



**Gambar 1. Grafik Tingkat Kekasaran Up Milling**

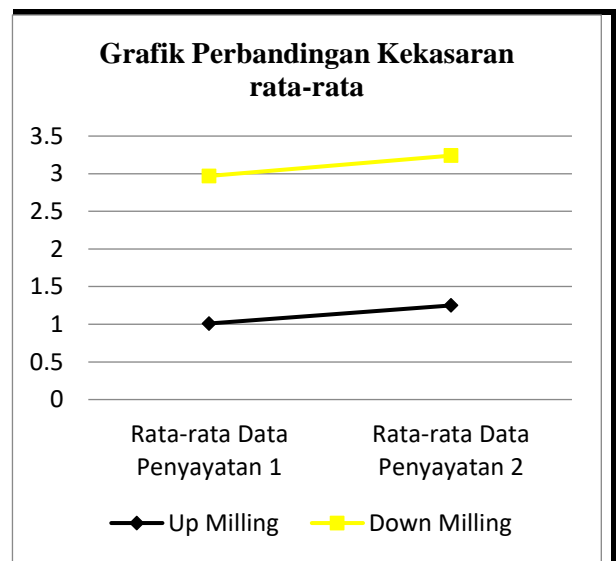
Tingkat kekasaran pada penyayatan *up milling* bervariasi, itu disebabkan karena putaran tool pada mesin terjadi getaran yang mengakibatkan benda bergetar ataupun terjadi penekanan. Oleh karena itu untuk memperoleh hasil yang lebih akurat pada saat penelitian dilakukanlah beberapa kali pengulangan pengambilan data. Pada Penyayatan 1 dilakukan 4 kali pengambilan data. Adapun keempat data tersebut adalah T1 = 1,03  $\mu\text{m}$ , T2 = 1,02  $\mu\text{m}$ , T3 = 1,00  $\mu\text{m}$ , dan T4 = 1,00  $\mu\text{m}$ . Pada penyayatan 2 dilakukan juga 4 kali pengambilan data. Dimana keempat data tersebut adalah T1 = 1,15  $\mu\text{m}$ , T2 = 1,51  $\mu\text{m}$ , T3 = 1,26  $\mu\text{m}$ , dan T4 = 1,09  $\mu\text{m}$ . Tingkat kekasaran paling rendah terdapat pada pengumpulan data penyayatan 1 pada titik pengujian ketiga dan keempat terdapat Ra=1,00  $\mu\text{m}$ .

penelitian ini dilakukan dua kali penyayatan untuk pengumpulan data masing-masing penyayatan dilakukan dengan empat kali titik uji pada *Surface Tester* SJ-201P. Ini bertujuan untuk memperoleh hasil yang lebih relevan. Dengan pengambilan rata-rata dari hasil pengujian yang dilakukan.



**Gambar 2. Grafik Tingkat Kekasaran Down Milling**

Kekasaran penyayatan *down milling* juga bervariasi. Oleh karena itu untuk memperoleh hasil yang lebih akurat pada saat penelitian dilakukanlah beberapa kali pengambilan data. Pada Penyayatan 1 dilakukan 4 kali pengambilan data. Adapun keempat data tersebut adalah T1 = 2,71  $\mu\text{m}$ , T2 = 2,79  $\mu\text{m}$ , T3 = 3,30  $\mu\text{m}$ , dan T4 = 3,11  $\mu\text{m}$ . Pada penyayatan 2 dilakukan juga 4 kali pengambilan data. Dimana keempat data tersebut adalah T1 = 2,91  $\mu\text{m}$ , T2 = 2,92  $\mu\text{m}$ , T3 = 3,65  $\mu\text{m}$ , dan T4 = 3,24  $\mu\text{m}$ . Tingkat kekasaran paling tinggi terdapat pada pengumpulan data penyayatan 2 pada titik pengujian ketiga terdapat Ra= 3,36  $\mu\text{m}$ . penelitian ini dilakukan dua kali penyayatan untuk pengumpulan data masing-masing penyayatan dilakukan dengan empat kali titik uji pada *Surface Tester* SJ-201P. Ini bertujuan untuk memperoleh hasil yang lebih relevan.



**Gambar 3. Grafik Perbandingan Kekasaran Rata Rata**

Penelitian ini berdasarkan gambar 3 penyayatan *up milling* memiliki nilai rata-rata dari penyayatan 1 dan penyayatan 2. Dimana rata-rata penyayatan 1 nilai kekasaran spesimen  $\Sigma R_{as} = 1,01 \mu\text{m}$  berada pada kelas N7 dan rata-rata penyayatan 2 nilai kekasaran spesimen  $\Sigma R_{as} = 1,25 \mu\text{m}$  berada pada kelas N7. Untuk penyayatan *down milling* juga memiliki nilai rata-rata dari penyayatan 1 dan penyayatan 2. Dimana rata-rata penyayatan 1 nilai kekasaran spesimen  $\Sigma R_{as} = 2,97 \mu\text{m}$  berada pada kelas N8 dan rata-rata penyayatan 2 nilai kekasaran spesimen  $\Sigma R_{as} = 3,24 \mu\text{m}$  berada pada kelas N8. penyayatan *up milling* menghasilkan kekasaran permukaan yang lebih halus dengan kelas kekasaran N7, sedangkan *down milling* menghasilkan kekasaran permukaan lebih kasar dengan kelas kekasaran N8. Sehingga dapat dirangkum bahwasanya dalam melakukan pengefraisan lebih baik menggunakan penyayatan *up milling*

### C. Pembahasan

Hasil pengukuran kekasaran dari spesimen yang dilakukan dengan memakai alat ukur *Surfece Tester Mitutoyo SJ 201P* diketahui bahwa arah gerak pemakan atau penyayatan yang dilakukan pada proses frais sangat mempengaruhi tingkat kualitas kekasaran permukaan produk. Bentuk dari penyayatan yang terbagi dua yaitu *up milling* dan *down milling*. Oleh karena itu untuk memperoleh tingkat kualitas kekasaran dari permukaan terhadap produk yang baik harus memperhatikan arah putaran pemakanan atau bentuk dari penyayan.

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Proses penyayatan yang lebih baik antara *up milling* dan *down milling* adalah penyayatan *upmilling*, dengan menghasilkan penyayatan yang lebih halus.
2. Tingkat kekasaran yang halus pada penyayatan baja S45C antara *up milling* dan *down milling* adalah penyayatan dengan *up milling* dengan nilai kekasaran berada pada N7.
3. Gerak makan atau penyayatan *up milling* dan *down milling* memberikan dampak terhadap hasil produk pengefraisan pada baja S45C. Hal ini dibuktikan dengan bervariasinya nilai kekasaran permukaan baja S45C yang difrais dengan dalam pemakanan sama.
4. Kualitas permukaan hasil pengefraisan *down milling* cenderung lebih kasar dibandingkan *up milling* dengan nilai kekasaran N8.
5. Spesimen yang memiliki nilai kekasaran yang tertinggi adalah spesimen *down milling*, yang pengambilan datanya pada penyayatan 2 nilai pada setiap titik yang diuji berbeda dengan rata

rata  $\Sigma R_{as} = 3,24 \mu\text{m}$  yaitu pada kelas kekasaran N8.

Spesimen yang memiliki nilai kekasaran yang terendah adalah spesimen *up milling*, yang pengambilan datanya No. 1 dengan rata-rata  $\Sigma R_{as} = 1,01 \mu\text{m}$  yaitu pada kelas kekasaran N7.

### Referensi

- Amriansyah, J., & A, M. F. (2022). *Rekondisi SLOTTING Mesin Frais Lagun FUI23 NO. FR19 Laboratorium Permesinan Dasar Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung*. Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
- Andinnandhan, R. (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 Mahasiswa Universitas Negeri Surabaya*, 1(1), 23–29.
- Fitriyah, L., & Sakti, A. M. (2014). Pengaruh Jenis Benda Kerja , Kedalaman Pemakanan Dan Kecepatan Spindel Terhadap Tingkat Kerataan Permukaan Dan Bentuk Geram Baja St . 41 Dan St . 60 Pada Proses Milling Konvensional. *Jtm*, 02, 208–216.
- Hari Cahyono, A., Ana mufarida, N., & Finali, A. (2017). Pengaruh Variasi Kecepatan Spindel Dan Kedalaman Pemakanan Terhadap Kekasaran Permukaan Stainless Steel AISI 304 Pada Proses Frais Konvensional Dengan Metode Taguchi. *J-Proteksion*, 1(2), 7–12.
- Husein, S. (2015). *Pengaruh Sudut Potong Terhadap Getaran Pahat Dan Kekasaran Permukaan Pada Proses Bubut Mild Steel St 42*. Universitas Jember.
- Indrawan, E., A, Y., Rifelino, R., & Herianto, R. F. U. A. (2020). Perbandingan Kualitas Permukaan Metode Down dan up Milling pada Mesin Frais CNC terhadap Material Baja ST-37. *MOTIVECTION: Journal of Mechanical, Electrical and Industrial Engineering*, 2(1), 11–20.  
<https://doi.org/10.46574/motivection.v2i1.65>
- Nasution, A. R., & Damanik, W. S. (2021). Analisa Gaya Potong Pada Proses Pemesinan Menggunakan Bahan Politetrafluoroetilena ( PTFE ). *Department of Mechanical Engineering University of Muhammadiyah Sumatera Utar*, 649–658.
- Nasution, A. R., Rahmatullah, R., & Harahap, J. (2021). Pengaruh Variasi Putaran Spindel Terhadap Gaya Potong Pada Proses Pemesinan.

*VOCATECH: Vocational Education and Technology Journal*, 2(2), 92–99.  
<https://doi.org/10.38038/vocatech.v2i2.56>

- Novrialdy, Y., K, A., A, Y., & Prasetya, F. (2021). Pengaruh Variasi Feed Rate Terhadap Kekasaran Permukaan Polyethylene Menggunakan Mesin Cnc Milling. *Jurnal Vokasi Mekanika (VoMek)*, 3(2), 25–33.  
<https://doi.org/10.24036/vomek.v3i2.206>
- Prayoga, Y., Jufriadi, J., & Mawardi, M. (2020). Analisa Pengaruh Variasi Kedalaman Pemakanan Terhadap Kekasaran Permukaan Proses Frais. *Jurnal Mesin Sains Terapan*, 4(1), 19. <https://doi.org/10.30811/jmst.v4i1.1740>
- Putra, I. R., Indrawan, E., Nurdin, H., & Syahri, B. (2022). Optimasi Parameter Pemesinan Terhadap Kekasaran Permukaan Baja Ems 45 Pada Proses Finishing Mesin Bubut Konvensional. *Jurnal Vokasi Mekanika (VoMek)*, 4(2), 11–17.  
<https://doi.org/10.24036/vomek.v4i1.338>
- Rahdiyanta, D. (2010). *Buku 3 Proses Frais (Milling)*. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Rikosa, S. A. R., Sumiati, R., & Yetri, Y. (2018). Uji Kelayakan Mesin Frais Type Schaublin 13 Menggunakan Metoda Pengujian Ketelitian Geometrik. *Jurnal TEMAPELA*, 1(2), 48–55.  
<https://doi.org/10.25077/temapela.1.2.48-55.2018>
- Salam, A. (2014). *Pemrograman Dasar NC*. CV Budi Utama.
- Saputra, A. (2022). *Analisis Nilai Kekasaran Permukaan Material Baja AISI 4340 pada Proses Pemesinan Bubut CNC dengan Metode Taguchi*. Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
- Sastal, A. Z., Gunawan, Y., & Sudia, B. (2018). Pengaruh Kecepatan Potong Terhadap Perubahan Temperatur Pahat dan Keausan Pahat Bubut Pada Proses Pembubutan Baja Karbon Sedang. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin*, 3(1), 1–11.
- Suteja, T. J., Candra, S., & Aquarista, Y. (2008). Optimasi Proses Pemesinan Milling Fitur Pocket Material Baja Karbon Rendah Menggunakan Response Surface Methodology. *Jurnal Teknik Mesin*, 10(1), 1–7.
- Syahri, B., Primawati, Syahrial, & Andiraja, N. (2018). Kualitas Permukaan Hasil Sayatan Metode Douncut Dengan Variasi Feeding. *Seminar Nasional Teknologi Informasi, Komunikasi Dan Industri (SNTIKI-10)*, 1(1), 517–523.
- Syam, A. R., A, Y., Aziz, A., Syahri, B., & Aliafi, R. R. (2021). Perbandingan Nilai Kekasaran Permukaan Proses Frais Bahan Aluminium 6061 Menggunakan Endmill Dan Fly Cutter Dengan Variasi Spindle Speed Pada Proses Finishing. *Jurnal Vokasi Mekanika (VoMek)*, 3(4), 31–38.  
<https://doi.org/10.24036/vomek.v3i4.249>
- Yanuar, H., & Syarief, A. (2015). Pengaruh Variasi Kecepatan Potong Dan Kedalaman Pemakanan Terhadap Kekasaran Permukaan Dengan Berbagai Media Pendingin Pada Proses Frais Konvensional. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Unlam*, 3(1), 27–33.
- 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>