

Spindle Speed and Feeding Rate Analysis of AC2B Aluminum Surface Roughness on Special Purpose Machine

Rheza Mahesa^{*1}

¹ Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana, Indonesia

Article Info

Article history

Received October 10, 2022
Revised November 16, 2022
Accepted January 3, 2023

Keywords

Surface roughness;
BTA Tongtai special purpose machine;
Spindle speed;
Feed rate
Alumunium AC2B;

ABSTRACT

Many industries use conventional machines to create surface roughness during the machining process, but as technology and market demand evolve, many processes are no longer feasible. This is due to the limitations of traditional machines. In this case, the industry employs Special Purpose Machines to carry out processes that conventional machines cannot, such as in the shock breaker manufacturing industry. However, the cutting process parameters, namely spindle speed and feed rate, must be considered during the process. This will have an effect on the value of the surface roughness generated. Surface roughness is very important in the shock breaker. Aside from that, cutting time is an important consideration in manufacturing. The effect of spindle speed and feed rate on the surface roughness produced by the BTA Tongtai Special Purpose Machine with AC2B aluminum material with a specimen size of 25 x 241 mm will be tested in this study. The experimental method is employed. The spindle speed and feed rate on the BTA Tongtai special purpose machine can affect the AC2B aluminum roughness results, according to the findings of this study. The results of surface roughness, spindle speed and feed rate on the BTA Tongtai special purpose machine can affect the AC2B aluminum roughness results, according to the findings of this study. The results of surface roughness produced with variations of spindle speeds of 1200, 2450, and 3600 rpm that were tested using a surface tester revealed that spindle speed parameters of 1200 and 3600 rpm were used to produce a small surface roughness.

This is an open-access article under the [CC BY-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



*Corresponding Author

Rheza Mahesa,
Jurusan Teknik Mesin,
Fakultas Teknik,
Universitas Mercu Buana,
Jl. Meruya Selatan No. 1, Kembangan, Jakarta Barat 11650, Indonesia
Email: rheza.mahesa@rocketmail.com

1. PENDAHULUAN

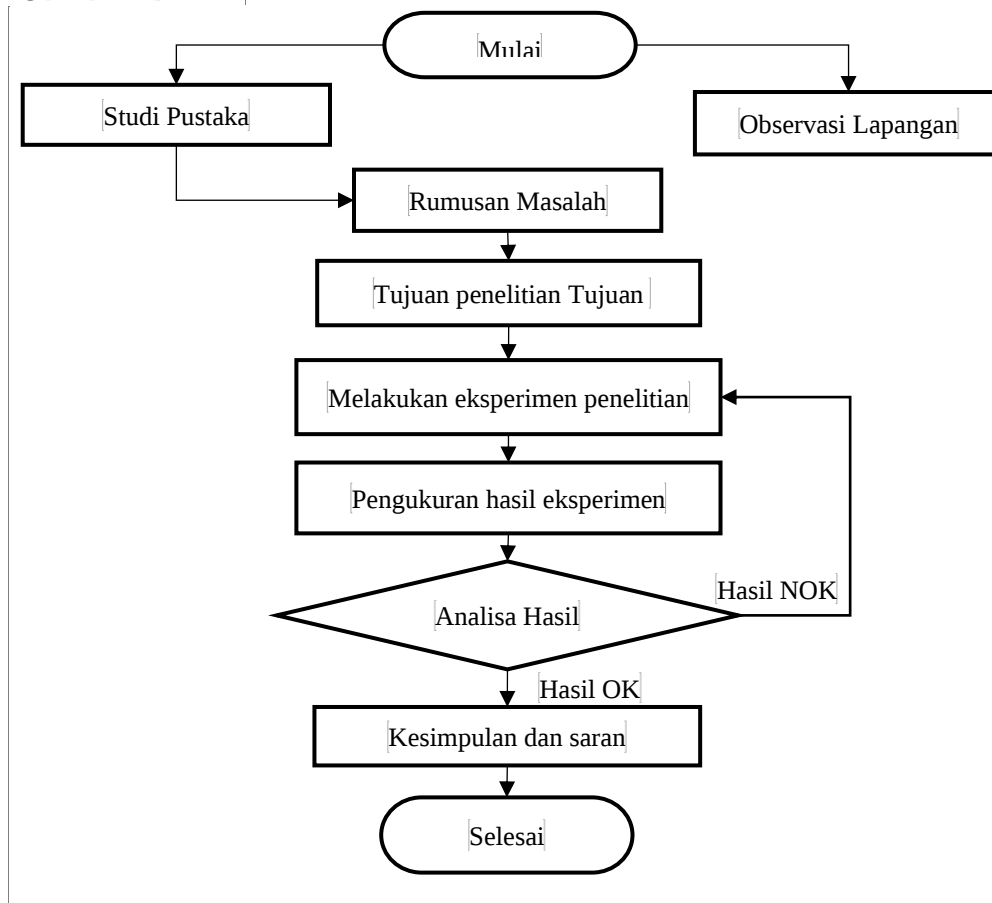
Seiring dengan meningkatnya persaingan dalam dunia industri otomotif dan mengikuti minat permintaan pasar, para produsen berlomba-lomba dalam melakukan inovasi produk baik secara *design* maupun fungsional, dimana produk yang dihasilkan memiliki tingkat kesulitan yang tinggi yang sulit dikerjakan dengan mesin-mesin konvensional (*Turning*, *Miling*, *Bubut*). Contoh penggunaan mesin ini adalah dalam industri *shock breaker*, dimana dibutuhkan sebuah mesin khusus untuk melakukan proses *depth boring* produk *outertube*

front shock breaker yang berbahan alumunium AC2B. Banyak hal yang harus diperhatikan dalam penggunaan mesin ini, dimana kesalahan dalam pemilihan parameter tiga gerakan utama dalam pemotongan yaitu *spindle speed (main motion)*, *feed rate (feed motion)* dan kedalaman potong (*adjusting motion*) [1], akan berpengaruh terhadap kekasaran permukaan yang dihasilkan, yang kemudian akan berpengaruh terhadap fungsi dari *outertube* itu sendiri. Dalam pembuatan *outertube front shock breaker* dibutuhkan tingkat kekasaran permukaan yang kecil dengan standart minimal 3,2 Ra, hal ini di karenakan hasil dari proses ini akan dipasangkan dengan *innertube* yang akan menyebabkan masalah fungsional jika bagian permukaan *inner outertube* kasar. Namun selain kekasaran yang dihasilkan harus sesuai dengan yang diinginkan, waktu pemotongan juga menjadi perhatian, dibutuhkan waktu yang efektif dalam proses manufaktur.

Special purpose machine merupakan solusi dari ketidakmampuan mesin konvensional pada industri. Namun ada beberapa factor yang harus diperhatikan dalam penggunaan mesin ini. Beberapa faktor tersebut adalah *variable* proses permesinan seperti *spindle speed*, *feeding rate*, jenis pendingin yang digunakan, *depth of cut*, jenis *tool*, dan hal lainnya [2]. Pada penelitian sebelumnya menjelaskan, kedalaman pemakanan terbaik (*depth of cut*) untuk mendapatkan nilai kekasaran yang kecil (halus) adalah kedalaman pemakanan 0,5 mm [3].

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan di atas, maka dari itu di butuhkan sebuah penelitian lanjutan terhadap hubungan parameter *spindle speed* dan juga *feed rate* guna mendapatkan nilai kekasaran permukaan yang lebih optimal pada *Special Purpose Machine (SPM)*, dimana penelitian ini berfokus pada proses penghalusan (*Finishing*). *Spindle speed* dan *feed rate* ditentukan sebagai *variable* bebas dan kekasaran permukaan *inner outertube* yang berbahan alumunium AC2B merupakan *variable* terikat. Hasil dan kesimpulan penelitian ini adalah analisa terhadap pengaruh parameter kecepatan putar (*spindle speed*) dan gerak makan (*feed rate*) di *Special Purpose Machine* terhadap kekasaran permukaan yang di hasilkan guna mendapatkan hasil yang optimal. Secara garis besar proses penelitian ini ditunjukan oleh Gambar 1.

2. METODE DAN BAHAN



Gambar 1: Alur Penelitian

Pada penelitian ini, digunakan persamaan-persamaan dalam menentukan parameter *cutting* untuk mendapatkan nilai kekasaran yang diinginkan.

- **Spindle Speed**

Berdasarkan kecepatan potong kita dapat menentukan putaran *spindle* (*spindle speed*) [4] dan digunakan persamaan sebagai berikut:

$$V_c = \frac{\pi \times d \times n}{1000} [5]$$

Dimana:

V_c = Kecepatan potong (m/menit)

π = 3,14

d = Diameter pisau (mm)

n = *Spindle speed* (rpm)

Untuk menentukan kecepatan potong, dapat mengacu pada Tabel 1.

Tabel 1. Tabel Kecepatan Potong (V_c) [6]

Material	Kecepatan Potong (m/min)				
	Turning		Drilling	Milling	
	HSS	Carbide	HSS	HSS	Carbide
Mild Steel	20-30	90-135	20-30	20-35	75-130
Aluminium	150-180	100-300	30-120	150-180	100-300
Cast Iron	35	135	30	130	30
Wood/Plastic	60-150	150-450	20-90	120	180-450
Stainless steel	20-35	70-120	15-25	15-30	60-115
Free Mach	90-105	180-200	50-55	90-105	180-200
Brass					

Spindle speed yang digunakan adalah 1200, 2450 dan 3600 rpm.

- **Feed Rate**

Rumus untuk mencari kecepatan pemakanan (*feed rate*) dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$V_f = n \cdot f_z \cdot z_n [7]$$

Dimana:

V_f = *Feed rate*

n = *Spindle speed*

f_z = Kecepatan makan per gigi (mm/tooth)

z_n = Jumlah gigi pada pahat

Feed rate yang digunakan adalah 120, 245 dan 360 mm/menit.

- **Kedalaman pemakanan**

Pada penelitian sebelumnya menjelaskan, kedalaman pemakanan terbaik (*depth of cut*) untuk mendapatkan nilai kekasaran yang kecil (halus) adalah kedalaman pemakanan 0,5 mm [3].

Ketiga parameter di atas digunakan dalam penelitian ini untuk mencapai kualitas geometri, dimana sebuah benda dinyatakan mencapai kualitas geometri jika memenuhi aspek ukuran/dimensi (*dimension*), bentuk (*form*), dan kekasaran permukaan (*Surface Roughness*) [8].

Angka yang ada pada simbol kekasaran permukaan merupakan nilai dari kekasaran permukaan aritmatik (R_a). Toleransi harga kekasaran rata-rata suatu permukaan tergantung pada proses pengerjaannya. Hasil dari pengerjaan dengan mesin *frais* tentu lebih kasar jika dibandingkan dengan hasil pengerjaan pada mesin gerinda. Dan hal ini juga bergantung kepada parameter permesinan yang di pilih pada saat proses pengerjaan. Parameter yang akan di pilih dalam proses pengerjaan dapat mengacu pada tabel 2 yang menunjukkan kelas nilai kekasaran huruf A yang dituliskan dari N1 sampai N12.

Tabel 2. Harga Kekasaran Permukaan [9]

Kelas Kekasaran	Harga Ra (μm)	Toleransi (μm)	Panjang Sample (mm)
N1	0,025	0,02 – 0,04	0,08
N2	0,05	0,05 – 0,08	
N3	0,1	0,08 – 0,15	0,25
N4	0,2	0,15 – 0,3	
N5	0,4	0,3 – 0,6	
N6	0,8	0,6 – 1,2	0,8
N7	1,6	1,2 – 2,4	
N8	3,2	2,4 – 4,8	
N9	6,3	4,8 – 9,6	2,5
N10	12,5	9,6 – 18,75	
N11	25	18,5 – 37,5	8
N12	50	37,5 – 75,0	

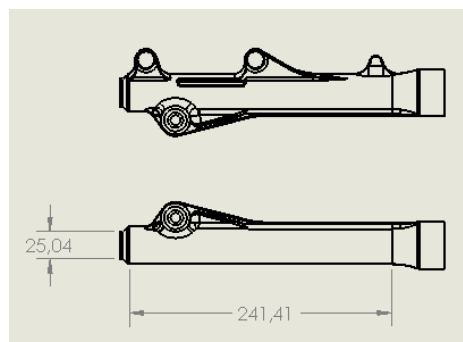
Setiap proses permesinan memberikan *range* harga kekasaran yang berbeda-beda. Pada Tabel 3 memberikan contoh nilai harga kekasaran rata-rata menurut proses pengerjaannya.

Tabel 3. Tingkat Kekasaran Rata-rata (Ra) Menurut Proses Pengerjaannya [10]

Proses Pengerjaan	Kelas kekasaran	Harga Ra (μm)
<i>Flat and cylindrical lapping,</i>	N1 – N4	0,025-0,2
<i>Diamond turning</i>	N1 - N6	0,025-0,8
<i>Flat and cylindrical grinding</i>	N1 - N8	0,025-3,2
<i>Finishing</i>	N4 – N8	0,1-3,2
<i>Face and cylindrical turning, milling and reaming</i>	N5 – N12	0,4-50,0
<i>Drilling</i>	N7 - N10	1,6-12,5

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Alat:**
Special Purpose Machine Tongtai 2W-2S NC
Tool type carbide $\phi 26$ (non-coated)
Roughness tester Surfcom 480A seri KA4802 MP
- Bahan:**
 Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah *Outertube front shock breaker* $\phi 25\text{mm}$ x Panjang 241 mm berbahan dasar alumunium AC2B. Alumunium ini memiliki sifat yang sama seperti alumunium murni, tetapi hanya mendapatkan penambahan Cu, Mg, Si, Mn, Zn, Ni untuk menambah kekuatan mekaniknya [11]. Dimensi bahan dapat dilihat pada Gambar 2.

**Gambar 2.** Dimensi benda kerja 2D

3. HASIL DAN DISKUSI

Pada dasarnya pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi *spindle speed* dan *feed rate* terhadap kekasaran permukaan. Pengujian ini menggunakan *Roughness tester* Surfcom 480A seri KA4802 MP.

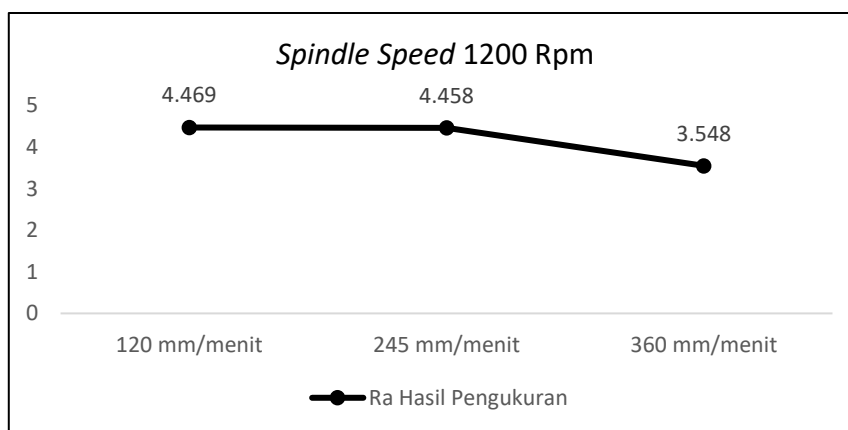
Pengujian kekasaran ini dilakukan sebanyak 1 (satu) titik pada setiap *specimen* ujinya dengan panjang pengujian 1,25 mm. Hasil uji kekasaran pada material uji dapat lihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengukuran Kekasaran Permukaan

<i>Spindle Speed</i>	<i>Feed Rate</i>	<i>Ra</i>
1200	120	3,548
	245	4,469
	360	4,458
2450	120	5,232
	245	6,463
	360	7,276
3600	120	4,385
	245	5,010
	360	2,537

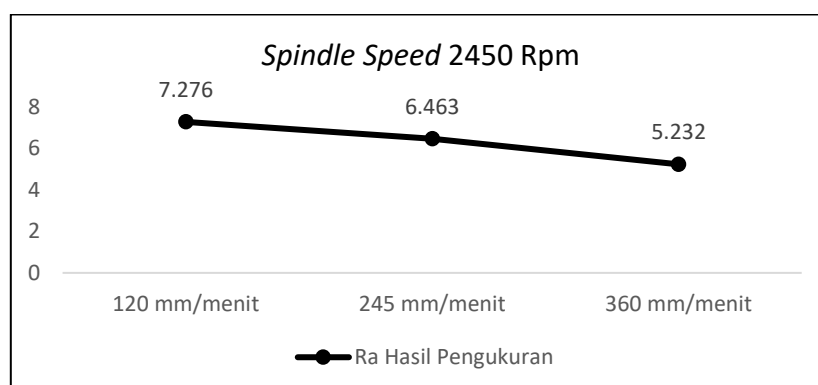
3.1. Pengaruh *Feed Rate* Terhadap Kekasaran Permukaan

Perbedaan *feed rate* berdasarkan data yang telah di ambil, memiliki pengaruh terhadap kekasaran permukaan benda kerja. Pengaruh *spindle speed* terhadap kekasaran permukaan benda kerja dapat dilihat pada grafik Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Interaksi Antara Perubahan *Feed Rate* Dengan *Spindle Speed* 1200 Rpm Terhadap Kekasaran Permukaan

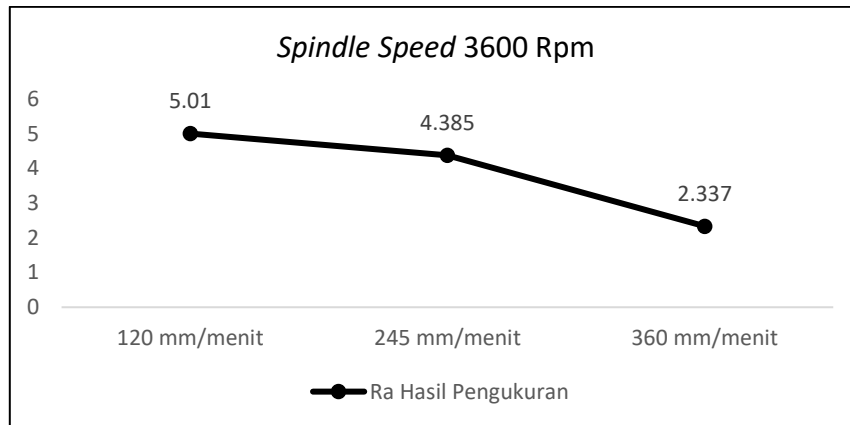
Ketika proses *cutting* menggunakan parameter *spindle speed* 1200 Rpm dengan *feed rate* 120 mm/menit, nilai kekasaran permukaan yang di dapat adalah 4,469 μm . Ketika parameter *feed rate* di naikan menjadi 245 mm/menit dengan parameter *spindle speed* yang tetap, di dapatkan hasil nilai kekasaran sebesar 4,458 μm .



Gambar 4. Grafik Interaksi Antara Perubahan *Feed Rate* Dengan *Spindle Speed* 2450 Rpm Terhadap Kekasaran Permukaan

Ketika parameter feed rate kembali di naikan menjadi 360 mm/menit dengan parameter spindle speed tetap, di dapatkan hasil 3,548 μm . Hasil nilai kekasaran proses cutting menggunakan parameter spindle speed 1200 Rpm dengan feed rate 120 mm/menit, dapat dilihat pada Gambar 4.

Ketika proses *cutting* menggunakan parameter *spindle speed* 2450 Rpm dengan *feed rate* 120 mm/menit, nilai kekasaran permukaan yang di dapat adalah 7,276 μm . Ketika parameter *feed rate* di naikan menjadi 245 mm/menit dengan parameter *spindle speed* yang tetap, di dapatkan hasil nilai kekasaran sebesar 6,463 μm . Dan ketika parameter *feed rate* kembali di naikan menjadi 360 mm/menit dengan parameter *spindle speed* tetap, di dapatkan hasil 5,232 μm . Hasil dari proses *cutting* menggunakan parameter *spindle speed* 2450 Rpm dengan *feed rate* 120 mm/menit dapat dilihat pada Gambar 5.



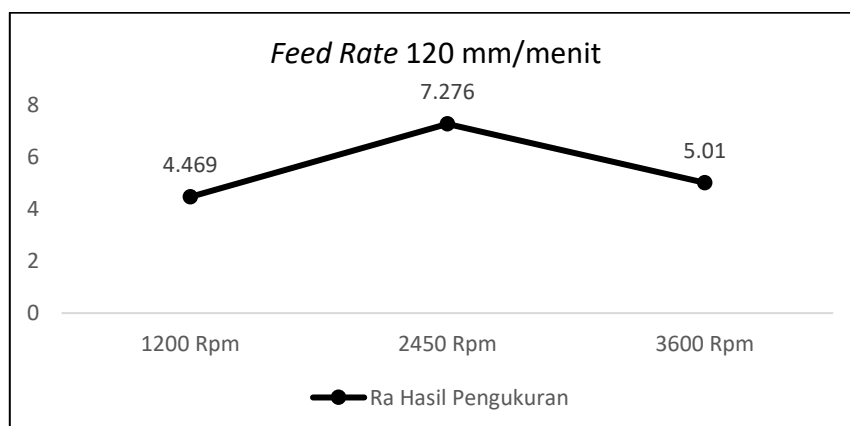
Gambar 5. Grafik Interaksi Antara Perubahan *Feed Rate* Dengan *Spindle Speed* 3600 Rpm Terhadap Kekasaran Permukaan

Ketika proses *cutting* menggunakan parameter *spindle speed* 3600 Rpm dengan *feed rate* 120 mm/menit, nilai kekasaran permukaan yang di dapat adalah 5,010 μm . Ketika parameter *feed rate* di naikan menjadi 245 mm/menit dengan parameter *spindle speed* yang tetap, di dapatkan hasil nilai kekasaran sebesar 4,385 μm . Dan ketika parameter *feed rate* kembali di naikan menjadi 360 mm/menit dengan parameter *spindle speed* tetap, di dapatkan hasil 2,337 μm .

Dari ketiga grafik tersebut, dapat diartikan bahwa semakin besar parameter *feed rate* yang digunakan pada proses *cutting*, maka nilai kekasaran permukaan yang di dapat akan semakin kecil atau semakin halus. Dengan demikian dalam penentuan proses *cutting* pada *special purpose machine*, parameter *feed rate* dapat di jadikan acuan dalam perencanaan proses *cutting* untuk mendapatkan nilai kekasaran yang di inginkan, sehingga proses *cutting* lebih efektif dan hasil yang di dapat lebih optimal.

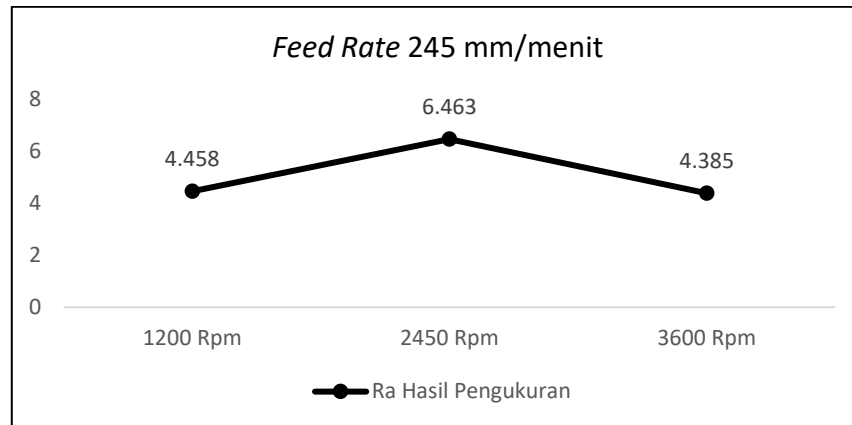
3.2. Pengaruh *Spindle Speed* Terhadap Kekasaran Permukaan

Perbedaan *spindle speed* berdasarkan data yang telah di ambil, memiliki pengaruh terhadap kekasaran permukaan benda kerja. Pengaruh *spindle speed* terhadap kekasaran permukaan benda kerja dapat mengacu pada grafik Gambar 6.



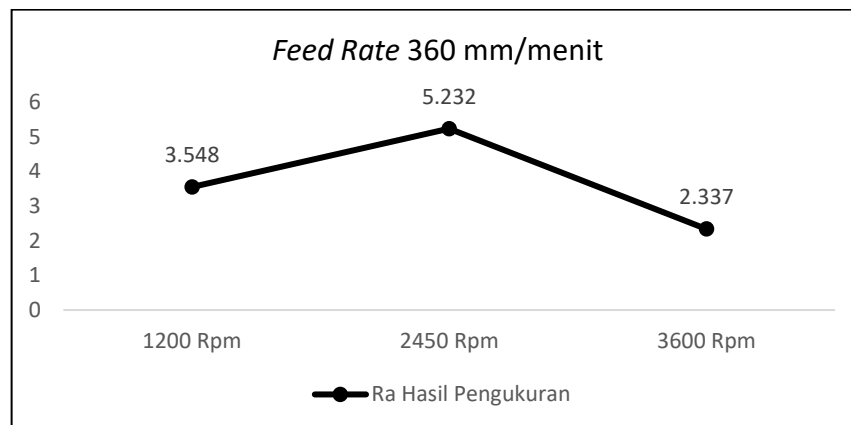
Gambar 6. Grafik Interaksi Antara Perubahan *Spindle Speed* Dengan *Feed Rate* 120 mm/menit Terhadap Kekasaran Permukaan

Ketika proses *cutting* menggunakan parameter *feed rate* 120 mm/menit dengan *spindle speed* 1200 rpm, nilai kekasaran permukaan yang di dapat adalah 4,469 μm . Ketika parameter *spindle speed* di naikan menjadi 2450 rpm dengan parameter *feed rate* yang tetap, di dapatkan hasil nilai kekasaran sebesar 7,7276 μm . Dan ketika parameter *spindle speed* kembali di naikan menjadi 3600 rpm dengan parameter *feed rate* tetap, di dapatkan hasil 5,010 μm . Hasil nilai proses *cutting* menggunakan parameter *feed rate* 120 mm/menit dengan *spindle speed* 1200 rpm, dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik Interaksi Antara Perubahan *Spindle Speed* Dengan *Feed Rate* 245 mm/menit Terhadap Kekasaran Permukaan

Ketika proses *cutting* menggunakan parameter *feed rate* 245 mm/menit dengan *spindle speed* 1200 rpm, nilai kekasaran permukaan yang di dapat adalah 4,458 μm . Ketika parameter *spindle speed* di naikan menjadi 2450 rpm dengan parameter *feed rate* yang tetap, di dapatkan hasil nilai kekasaran sebesar 6,463 μm . Dan ketika parameter *spindle speed* kembali di naikan menjadi 3600 rpm dengan parameter *feed rate* tetap, di dapatkan hasil 4,385 μm . Hasil proses *cutting* menggunakan parameter *feed rate* 245 mm/menit dengan *spindle speed* 1200 rpm, dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik Interaksi Antara Perubahan *Spindle Speed* Dengan *Feed Rate* 360 mm/menit Terhadap Kekasaran Permukaan

Ketika proses *cutting* menggunakan parameter *feed rate* 360 mm/menit dengan *spindle speed* 1200 rpm, nilai kekasaran permukaan yang di dapat adalah 3,548 μm . Ketika parameter *spindle speed* di naikan menjadi 2450 rpm dengan parameter *feed rate* yang tetap, di dapatkan hasil nilai kekasaran sebesar 5,232 μm . Dan ketika parameter *spindle speed* kembali di naikan menjadi 3600 rpm dengan parameter *feed rate* tetap, di dapatkan hasil 2,337 μm .

Dari ketiga grafik tersebut, jika kita menggunakan parameter *spindle speed* yang besar maupun yang kecil, hasil yang di dapat akan semakin halus. Sedangkan jika kita menggunakan parameter *spindle speed* pada *range middle*, nilai kekasaran yang didapat akan semakin besar atau semakin kasar.

Untuk proses pembuatan *outertube shockbreaker* sendiri parameter yang di anjurkan adalah menggunakan *feed rate* dan *spindle speed* yang paling cepat, hal ini di karenakan *outertube shockbreaker* membutuhkan hasil *cutting* yang sehalus mungkin untuk mencegah gesekan. Dilihat dari ketiga grafik di atas, hanya parameter *spindle speed* 3600 dengan *feed rate* 360 yang mencapai hasil yang di butuhkan yaitu 3,2 μm (Ra max untuk pembuatan *outertube shockbreaker*).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan untuk menguji pengaruh variasi parameter *spindle speed* dan *feed rate* pada proses *depth boring outertube front shockbreaker* dengan bahan alumunium AC2B dan menggunakan *special purpose machine* BTA Tongtai. Adanya pengaruh *spindle speed* terhadap kekasaran permukaan (Ra) alumunium AC2B pada proses *depth boring* di *special purpose machine*. Nilai kekasaran permukaan yang dihasilkan pada variasi *spindle speed* 1200 rpm, 2450 rpm dan 3600 rpm mengalami trend yang sama pada beberapa percobaan, dimana pada saat penggunaan *spindle speed* yang paling besar, hasil kekasaran yang di dapatkan paling kecil atau halus.

Adanya pengaruh *feed rate* terhadap kekasaran permukaan (Ra) alumunium AC2B pada proses *depth boring* di *special purpose machine*. Dimana nilai kekasaran permukaan yang dihasilkan pada variasi *feed rate* 120 mm/menit, 245 mm/menit dan 360 mm/menit mengalami trend yang sama pada beberapa percobaan, dimana semakin besar *feed rate* yang digunakan, kekasaran permukaan yang dihasilkan semakin mengecil.

Adanya interaksi antara parameter *spindle speed* dan *feed rate* terhadap nilai kekasaran permukaan alumunium AC2B. Semakin besar parameter *spindle speed* yang digunakan, parameter *feed rate* yang digunakan juga harus semakin besar untuk menciptakan hasil kekasaran yang optimal. Begitu juga ketika kita menggunakan parameter *spindle speed* yang kecil, parameter *feed rate* yang digunakan juga harus kecil agar kekasaran yang dihasilkan optimal.

Parameter *spindle speed* dan *feed rate* terbaik untuk menghasilkan kekasaran permukaan sesuai dengan yang diinginkan pada permukaan alumunium AC2B dengan *special purpose machine* adalah menggunakan *spindle speed* 3600 rpm dengan *feed rate* 360 mm/menit. Waktu yang dihasilkan dengan kedua parameter tersebut juga merupakan waktu yang paling optimal dengan hasil kekasaran yang rendah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Isya Prakoso, "Analisa Pengaruh Kecepatan Feeding Terhadap Kekasaran Permukaan Draw Bar Mesin Milling Aciera Dengan Proses CNC Turning," 2014. Accessed: Oct. 25, 2022. [Online]. Available: <https://publikasi.mercubuana.ac.id/index.php/jonem>
- [2] Dhanu Widhiantoro, "Pengaruh Spindle Speed dan Feed Rate Terhadap Kekasaran Permukaan AL 6061 Melalui Proses CNC Milling Sinumeric Type 802S," 2017.
- [3] Dika Kurnia Al-Fiansyah, "Pengaruh Kedalaman dan Kecepatan Pemakanan Terhadap Tingkat Kekasaran Permukaan Baja ST 60 Menggunakan Pahat Insert," 2017.
- [4] D. Rahdiyanta, J. Pendidikan, and T. Mesin, "Buku 3 Proses Frais (Milling)," 2010.
- [5] A. D. Ramadan, I. G. N. K. Yudhyadi, and T. Rachmanto, "Optimize of machining parameters toward the process time of programming CNC milling based with CAD/CAM."
- [6] L. Sumitomo Electric Industries, *Performance Cutting Tools*. Koyakita, 2021.
- [7] Roni Mustafik, "Pengaruh Kecepatan Pemakanan dan Kecepatan Potong Terhadap Tingkat Kekasaran Permukaan Baja VCN 150 Proses CNC Turning," 2020.
- [8] D. Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, *Teknik Permesinan Jilid 1 SMK Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan*. 2008.
- [9] B. Atedi and D. Agustono, "Standar Kekasaran Permukaan Bidang Pada Yoke Flange Menurut ISO R.1302 dan DIN 4768 Dengan Memperhatikan Nilai Ketidakpastiannya," vol. 6, no. 2, 2005, Accessed: Oct. 24, 2022. [Online]. Available: <https://journals.ums.ac.id>
- [10] Sudji Munadi, *Panduan pengajar buku dasar-dasar metrologi industri*. Jakarta: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Proyek Pengembangan Lembaga Pendidikan Tenaga Kependidikan, 1988.
- [11] Budiarto Djono Siswanto and Hernowo Widodo, "Analisis Pengaruh Penambahan Strontium Terhadap Sifat Mekanik dan Strukturmikro Pada Paduan Al90,28Si6,42Cu2,66Fe0,67," 2019.