

Analysis of the Effect of Endmill Material and Spindle Speed on Surface Roughness Test in the CNC Milling Process for Aluminum Alloy 6061 **[Analisa Pengaruh Material Endmill Dan Kecepatan Spindle Terhadap Uji Kekasaran Permukaan Pada Proses CNC Milling Aluminium Alloy 6061]**

Andri Kurniawan¹⁾, A'rasy Fahrudin^{2)*}

^{1),2)} Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: arasyfaruddin@umsida.ac.id

Abstract. *The development of the world's manufacturing industry is followed by the birth of the idea of the industrial revolution 4.0 which is considered the fourth delivery in the new industrial revolution. The manufacturing industry as an important sector to drive economic growth and open up employment opportunities. The use of CNC (Computer Numerical Control) machines is more supportive of the production process than manual machines because the machine productivity is greater, efficiency. This study focuses on analyzing the effect of endmill material parameters and spindle speed on surface roughness tests in the CNC milling process. The purpose of this study is to provide valuable guidance for the industrial world in optimizing the CNC Milling process to achieve increasingly efficient work results and with high accuracy. The research method used is by carrying out the CNC Milling process on aluminum 6061 and then testing the surface roughness. The conclusion of the surface roughness test results is that the largest roughness value is on the K4 specimen with variations in the type of carbide endmill and a spindle speed of 2000 rpm, while the smallest roughness result is on the K6 specimen with variations in the type of carbide endmill and a spindle speed of 3000 rpm and the CNC process using high RPM is considered efficient than low RPM because it helps reduce heat buildup on the cutting surface so that the endmill cutting results are smooth and cause the roughness test results to be low.*

Keywords – Endmill, Roughness, CNC Milling, Aluminum Alloy 6061.

Abstrak. *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. Penggunaan mesin CNC (Computer Numerical Control) lebih mendukung proses produksi dibandingkan mesin manual karena produktifitas mesin lebih besar, efisiensi. Penelitian ini fokus pada menganalisa pengaruh parameter material endmill dan kecepatan spindle terhadap uji kekasaran permukaan pada proses CNC milling. Tujuan penelitian ini adalah dapat memberikan panduan berharga bagi dunia industri dalam pengoptimalan proses CNC Milling untuk mencapai hasil pengerjaan yang semakin efisien serta dengan ketelitian yang tinggi. Metode penelitian yang digunakan yaitu dengan melakukan proses CNC Milling pada aluminium 6061 kemudian dilakukan pengujian kekasaran permukaan. Kesimpulan dari hasil pengujian kekasaran permukaan adalah nilai kekasaran terbesar adalah 1,371 µm pada spesimen K4 dengan variasi jenis endmill karbida dan kecepatan spindle 2000 rpm, sedangkan hasil kekasaran terkecil adalah 0,539 µm pada spesimen K6 dengan variasi jenis endmill karbida dan kecepatan spindle 3000 rpm dan proses CNC dengan menggunakan RPM tinggi dinilai efisien dari pada RPM rendah karena membantu mengurangi penumpukan panas pada permukaan sayatan sehingga menjadikan hasil sayatan endmill halus dan menyebabkan hasil uji kekasarannya kecil.*

Kata Kunci – Endmill, Kekasaran, CNC Milling, Aluminium Alloy 6061.

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 [1]. Industri manufaktur di Indonesia mengalami peningkatan diikuti dengan peningkatan kebutuhan manusia yang semakin bervariasi dengan memicu perkembangan teknologi pada proses permesinan salah satunya [2]. Industri manufaktur khususnya permesinan banyak mengalami permasalahan, yaitu bagaimana menghasilkan produk yang berkualitas dan bagaimana memprediksi biaya pemesinan [3]. Oleh karena itu, dibutuhkan mesin yang dapat menghasilkan produk dengan kualitas terbaik, sehingga teknologi terus berkembang dan 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 [4].

Aluminium 6061 termasuk dalam seri 6xxx, yang menandakan bahwa magnesium dan silikon adalah elemen paduan utama. Aluminium 6061 memiliki sifat mekanis yang baik, termasuk kekuatan, ketangguhan, dan kemampuan mesin. Aluminium 6061 diaplikasikan pada industri dirgantara, otomotif, kelautan, konstruksi dan kelautan karena aluminium memiliki sifat kekuatan, ringan, dan ketahanan korosi yang baik [1].

Penggunaan mesin CNC (*Computer Numerical Control*) 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. Hasil pengerjaan mesin CNC bergantung pada parameter pemesinan, seperti *cutting speed*, *feedrate*, *depth of cut*, material benda, karakteristik pahat, pendinginan dan lainnya. Keberadaan mesin perkakas produksi, menjadikan pengerjaan logam akan semakin efisien serta dengan ketelitian yang tinggi [5].

Proses milling adalah suatu proses permesinan yang menghasilkan bentuk bidang datar, dimana proses penyayatan atau pengurangan material benda kerja terjadi karena adanya kontak antara mata pahat yang berputar pada spindle dengan benda kerja yang tercekam pada meja mesin [6]. Terdapat beberapa parameter pemesinan yang wajib diperhitungkan pada proses milling 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 milling serta mutu permukaan yang dikerjakan [7]. 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 [8].

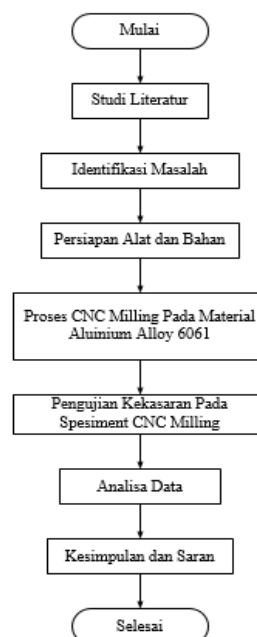
Faktor lain yang mempengaruhi nilai kekasaran permukaan seperti jenis pemotongan, endmill yang digunakan, kualitas mesin yang digunakan, jenis pengerjaan dan pemilihan jenis material yang akan digunskn [9]. Pemilihan parameter pemesinan dan jenis endmill harus disesuaikan juga seperti pengerjaan proses CNC milling. Pemilihan tipe endmill yang digunakan dalam proses finishing juga dapat menciptakan nilai kekasaran yang bermacam- macam [10]. Pemilihan jenis endmill harus disesuaikan dengan jenis material, jenis pengerjaan yang akan dilakukan dan menggunakan parameter pemesinan yang optimal guna menghasilkan nilai kekasaran permukaan yang baik [11].

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh parameter proses dengan variasi kecepatan spindle dan jenis material endmill terhadap pengujian kekasaran permukaan pada proses CNC Milling. Melalui analisis mendalam terhadap hasil pengujian, diharapkan dapat ditemukan hubungan yang jelas antara parameter proses dengan karakteristik material yang dihasilkan nilai kekasaran yang sesuai. Hasil dari studi ini dapat memberikan panduan berharga bagi praktisi industri dalam pengoptimalan proses CNC Milling untuk mencapai hasil pengerjaan yang semakin efisien serta dengan ketelitian yang tinggi.

II. METODE

A. Diagram Alur Penelitian

Diagram alir ini dibuat supaya penelitian ini dapat terlaksana sesuai dengan tahapan dan menghindari kekeliruan pada saat melakukan penelitian. Oleh karena itu dibuat sebuah diagram alur pada penelitian ini sebagai berikut.



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

B. Studi Literatur

Studi literatur ini dilakukan sebagai tahap awal dan juga sebagai landasan materi dengan mempelajari beberapa referensi dari jurnal, artikel, buku, tugas akhir yang berkaitan, pengamatan secara langsung di lapangan, juga dari media internet, dan diskusi dengan dosen pembimbing yang ada kaitannya dengan besar perencanaan analisa terhadap parameter CNC Milling terhadap nilai kekasaran permukaannya [12].

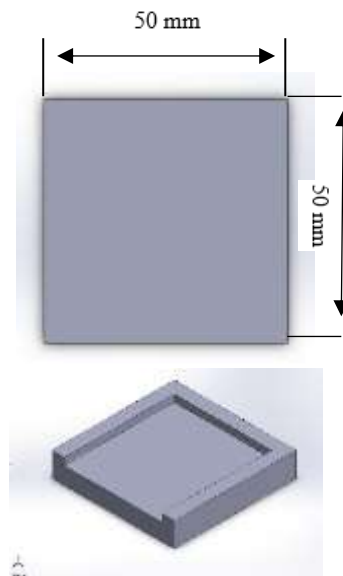
C. Variabel Penelitian

Variabel penelitian yaitu salah satu hal penting dalam membuat sebuah penelitian guna mendapatkan hasil penelitian yang baik dan sesuai dengan hasil yang diinginkan. Berikut variabel yang digunakan dalam penelitian ini.

1. Variabel Bebas : jenis pahat dan kecepatan putaran *spindle*. jenis endmill yang digunakan adalah Karbida dan HSS, pada proses CNC dengan menggunakan satu endmill pada pembuatan satu spesimennya dan kecepatan putaran spindle yang digunakan adalah 2000 rpm, 2500 rpm, 3000 rpm.
2. Variabel Terikat : Kekasaran Permukaan diukur dengan parameter R_a (*average roughness*) dengan menggunakan satuan micrometer (μm).
3. Variabel Terkontrol : Depth Of Cuts atau Maksimal Pemakanannya adalah 2 mm dan Feed rate atau kecepatan pemakanan adalah 500 mm/menit.

Tabel 1. Tabel Variabel Pengujian Kekasaran Permukaan

No. Spc	Jenis Endmill	Kec. Spindel (Rpm)	Depth Of Cuts atau Mak. Pemakanan (mm)	Feed rate atau Kec. Pemakanan (mm/menit)	Nilai Kekasaran Surface Roughness Tester (μm)
1.	HSS	2000	2	500	-
2.	HSS	2500	2	500	-
3.	HSS	3000	2	500	-
4.	Karbida	2000	2	500	-
5.	Karbida	2500	2	500	-
6.	Karbida	3000	2	500	-



Gambar 2. Dimensi Spesimen CNC Milling

D. Persiapan Alat dan Bahan

Persiapan yang diperlukan untuk melakukan penelitian dan pengujian adalah sebagai berikut :

1. Mesin CNC Milling

Mesin CNC milling adalah mesin yang digunakan untuk memotong, membentuk, dan menghasilkan benda kerja dengan presisi tinggi. Mesin ini juga dikenal sebagai mesin frais (*milling machine*). Penggunaan mesin CNC milling harus memiliki program atau NC yang telah dibuat sebelumnya di aplikasi Solidwork. [12]. Pada penelitian ini digunakan tool endmill pada proses CNC dengan menggunakan satu endmill pada pembuatan satu spesimennya. Dalam penelitian kali ini menggunakan mesin CNC Milling dengan spesifikasi sebagai berikut.

Tabel 2. Spesifikasi Mesin CNC Milling

Item	Spesifikasi
Jenis Mesin	Mesin CNC Milling
Type	Weidamc VMC-640
Kecepatan Max Spindel	6000 Rpm
Dimensi keseluruhan (P x L x t)	2000 mm x 1800 mm x 2250 mm
Ukuran Table (P x L)	800 mm x 320 mm
Max. Beban Table	350 Kg
Torsi Servo Tiga Sumbu	6 Nm / 6 Nm / 10 Nm
Berat Bersih	2000 Kg

**Gambar 3.** Mesin CNC Milling Weidamc VMC-640

2. Endmill HSS (*High Speed Steel*)

Endmill HSS (*High Speed Steel*) adalah jenis endmill yang terbuat dari baja paduan tinggi yang memiliki kemampuan tahan terhadap suhu tinggi dan keausan. Baja ini mengandung unsur paduan seperti krom, tungsten, molibdenum, dan vanadium yang meningkatkan kekerasan dan ketahanan terhadap panas. Endmill HSS menjadi bahan pilihan untuk aplikasi industri yang canggih. Ini memiliki ketahanan korosi yang lebih baik daripada baja konvensional, dan memiliki ketahanan aus yang lebih baik daripada baja tahan karat [13]. Pada proses CNC dengan endmill HSS digunakan satu endmill pada pembuatan per satu spesimennya.

**Gambar 4.** Endmill HSS (*High Speed Steel*)

3. Endmill Karbida

Endmill karbida adalah jenis endmill yang terbuat dari karbida tungsten yang diperkuat dengan sebuah binder seperti kobalt atau nikel. Endmill ini memiliki kekerasan yang sangat tinggi dan tahan terhadap panas, membuatnya cocok untuk pemotongan material yang sangat keras seperti baja yang diperlakukan panas, paduan nirkarat, dan bahan keramik. Endmill karbida umumnya digunakan dalam proses pemesinan yang membutuhkan ketahanan yang luar biasa terhadap aus dan suhu tinggi, serta untuk meningkatkan produktivitas dan presisi dalam pembubutan [14]. Pada proses CNC dengan endmill Karbida digunakan satu endmill pada pembuatan per satu spesimennya.

**Gambar 5.** Endmill Karbida

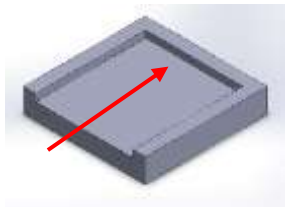
4. Surface Roughness Tester

Surface Roughness Tester adalah sebuah alat atau perangkat yang digunakan untuk mengukur kekasaran permukaan suatu benda atau material. Alat ini biasanya digunakan dalam industri untuk memastikan bahwa permukaan suatu produk atau bahan memenuhi standar yang ditentukan, baik untuk tujuan estetika maupun fungsionalitas [15].



Gambar 6. *Surface Roughness Tester*

Cara menggunakan *Surface Roughness Tester* adalah dial indicator (berupa jarum) diatur sehingga ujung dari dial indicator beradadalam posisi stabil di tengah skala pada pembacaan skala tekanan terhadap permukaan objek pengukuran atau spesimen. Sebelum alat dijalankan terlebih dahulu memasukkan faktor-faktor seperti panjang (length) dari permukaan objek yang ingin diperiksa, standar yang ingin digunakan (Ra). Arah pengukuran adalah lurus dari sisi luar ke sisi dalam permukaan spesimen CNC, seperti pada **Gambar 7**.



Gambar 7. Arah Pengukuran *Surface Roughness Tester*

5. Plat Aluminium Alloy 6061

Pada penelitian kali ini menggunakan bahan Plat Aluminium Alloy 6061, yaitu jenis paduan aluminium yang terkenal karena kekuatan tinggi, kekakuan, dan ketahanan baik terhadap korosi. Paduan ini sering digunakan dalam aplikasi struktural seperti pesawat terbang, kendaraan, dan manufaktur umum karena kombinasi sifat-sifatnya yang menguntungkan. Pada penelitian ini plat aluminium 6061 dipotong dengan dimensi 50 x 50 x 5 mm



Gambar 8. Aluminium Alloy 6061

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Proses CNC Plat Aluminium Alloy 6061

Plat Aluminium Alloy 6061 yang telah dipotong sesuai dimensi yang ditentukan yaitu 50 x 50 x 5 mm, kemudian dilakukan proses CNC Milling dengan beberapa langkah-langkah sesuai parameter yang sudah ditentukan dan menjadi acuan variasi yaitu variasi material endmill dan variasi pendinginan setelah pengelasan. jenis endmill yang digunakan adalah Karbida dan HSS dan kecepatan putaran spindle yang digunakan adalah 2000 rpm, 2500 rpm, 3000 rpm.

Langkah - Langkah Melakukan Penelitian Proses CNC Miling :

1. Langkah Persiapan
 - a. Menyiapkan material plat aluminium alloy 6061.
 - b. Menyiapkan mesin CNC milling.
 - c. Menyiapkan Endmill yang akan digunakan.
 - d. Menyiapkan Coolant yang akan dipakai.
 - e. Menyiapkan table data untuk mencatat hasil pengukuran.

2. Langkah Facing Spesimen

- Menghidupkan Mesin CNC milling Weidamc VMC-640.
- Memasang benda kerja pada ragum.
- Pasang tool facing pada CNC.
- Kemudian setting tool facing pada benda kerja dan pada mesin CNC.
- Masukan program facing pada mesin CNC dan pastikan kembali program tersebut sudah sesuai dengan program facing.
- Jalankan mesin CNC dan pastikan collant tetap mengalir.
- Apabila sudah selesai di lakukan facing permukaan specimen kemudian lakukan pengukuran apakah sudah sesuai dengan dimensi yang di inginkan atau belum.
- Lakukan sebanyak specimen yang akan dilakukan facing.



Gambar 9. Gambar Proses CNC Spesimen

3. Langkah Programing

- Desain bentuk specimen sesuai dengan dimensiya pada aplikasi solidworks.
- Kemudian masuk pada program CAM pada SolidCAM.
- Masukan desain yang telah disave.
- Kemudian pilih parameter program sesuai dengan parameter yang telah ditentukan.
- Kemudian cek kembali program apakah sudah sesuai apa belum.
- Lalu save dan masukkan pada mesin CNC dan beri nama program yang mudah untuk ditemukan.



Gambar 10. Program CNC Spesimen

4. Langkah pengoperasian Mesin CNC Milling

- Menghidupkan mesin CNC milling Weidamc VMC-640.
- Memasang benda kerja pada ragum.
- Pasang tool atau endmill yang telah ditentukan sesuai dengan parameter proses pada mesin CNC milling.
- Kemudian setting masing-masing tool pada benda kerja dan pada mesin CNC milling.
- Masukan program yang telah dibuat pada mesin CNC dan pastikan kembali program tersebut sudah sesuai.
- Jalankan mesin CNC dan pastikan collant tetap mengalir.
- Jika sudah selesai lakukan pengukuran pada specimen apakah sudah sesuai dengan ukuran apa belum.
- Lakukan sebanyak jumlah specimen yang dilakukan proses CNC Milling.



Gambar 11. Hasil Spesimen CNC Milling

B. Hasil Uji Kekasaran Permukaan

Berdasarkan pengujian kekasaran didapatkan hasil dari variabel penelitian pengujian kekasaran permukaan pada aluminium alloy 6061 menggunakan alat *surface roughness tester* menunjukkan hasil dimana nilai kekasarannya.

Langkah-langkah pengujian kekasaran permukaan dengan alat *surface roughness tester* :

1. Siapkan Spesimen dan alat pengujian pada permukaan yang datar.
2. Lakukan kalibrasi pada alat uji kekasaran.
3. Dial indicator (berupa jarum) diatur sehingga ujung dari dial indicator beradadalam posisi stabil di tengah skala pada pembacaan skala tekanan terhadap permukaan objek pengukuran atau spesimen.
4. Sebelum alat dijalankan terlebih dahulu memasukkan faktor-faktor seperti panjang (length) dari permukaan objek yang ingin diperiksa, standar yang ingin digunakan (Ra, Rq, Rz, Rmax, dan parameter lainnya).
5. Pada saat pengambilan data, posisi dial indicator bergerak dengan konstan sesuai dengan sumbu horizontal dan sejaja benda uji berada pada garis lurus.
6. Kemudian bila kita telah puas dengan hasil yang didapat maka kita dapat mencetak hasil pengukuran dengan printer yang ada pada alat ukur. Dengan ketelitian sebesar 0,02 μm alat ini menghasilkan suatu grafik dengan menunjukkan besaran Ra, Rz, Rq, Rmax.
7. Lakukan dokumentasi pada proses pengujian.
8. Lakukan pembersihan apabila sudah selesai melakukan pengujian.

Tabel 3. Tabel Hasil Pengujian Kekasaran Permukaan

No. Spc	Nama Spc	Kec. Spindel (Rpm)	Ra 1	Ra 2	Rata-Rata
1.	H1	2000	1.045	0.962	1.035
2.	H2	2500	0.959	0.964	0.961
3.	H3	3000	0.927	0.894	0.910
4.	K4	2000	1.359	1.371	1.365
5.	K5	2500	0.570	0.570	0.570
6.	K6	3000	0.547	0.532	0.539

Berdasarkan pada **Tabel 3.** Hasil dari uji kekerasan pada permukaan aluminium alloy 6061 didapatkan nilai kekasaran dengan endmill HSS terbesar adalah pada spesimen H1 dengan variasi jenis endmill HSS dan kecepatan spindle 2000 rpm, sedangkan hasil kekasaran dengan endmill karbida terkecil adalah pada spesimen H3 dengan variasi jenis endmill HSS dan kecepatan spindle 3000 rpm. nilai kekasaran dengan endmill karbida terbesar adalah pada spesimen K4 dengan variasi jenis endmill karbida dan kecepatan spindle 2000 rpm, sedangkan hasil kekasaran dengan endmill karbida terkecil adalah pada spesimen K6 dengan variasi jenis endmill karbida dan kecepatan spindle 3000 rpm.

1. Spesimen H1 (Endmill HSS dan Rpm 2000)



Ra 1



Ra 2

Gambar 12. Pengujian Kekasaran Spesimen H1

Sesuai dengan **Gambar 12**. Spesimen H1 dengan parameter jenis endmill HSS dan kecepatan Spindel 2000 rpm, didapatkan hasil pengujian kekasaran Ra 1 atau pengujian pertama adalah $1,045 \mu\text{m}$ kemudian pada hasil pengujian kekasaran Ra 2 atau pengujian kedua adalah $0,962 \mu\text{m}$ dan pada rata-rata pengujian pertama dan kedua adalah $1,035 \mu\text{m}$.

2. Spesimen H3 (Endmill HSS dan Rpm 3000)



Ra 1



Ra 2

Gambar 13. Pengujian Kekasaran Spesimen H3

Sesuai dengan **Gambar 13**. Spesimen H3 dengan parameter jenis endmill HSS dan kecepatan Spindel 3000 rpm, didapatkan hasil pengujian kekasaran Ra 1 atau pengujian pertama adalah $0,927 \mu\text{m}$ kemudian pada hasil pengujian kekasaran Ra 2 atau pengujian kedua adalah $0,894 \mu\text{m}$ dan pada rata-rata pengujian pertama dan kedua adalah $0,910 \mu\text{m}$.

3. Spesimen K4 (Endmill Karbida dan Rpm 2000)



Ra 1



Ra 2

Gambar 14. Pengujian Kekasaran Spesimen K4

Sesuai dengan **Gambar 14**. Spesimen K4 dengan parameter jenis endmill karbida dan kecepatan Spindel 2000 rpm, didapatkan hasil pengujian kekasaran Ra 1 atau pengujian pertama adalah $1,359 \mu\text{m}$ kemudian pada hasil pengujian kekasaran Ra 2 atau pengujian kedua adalah $1,371 \mu\text{m}$ dan pada rata-rata pengujian pertama dan kedua adalah $1,365 \mu\text{m}$.

4. Spesimen K6 (Endmill Karbida dan Rpm 3000)



Ra 1



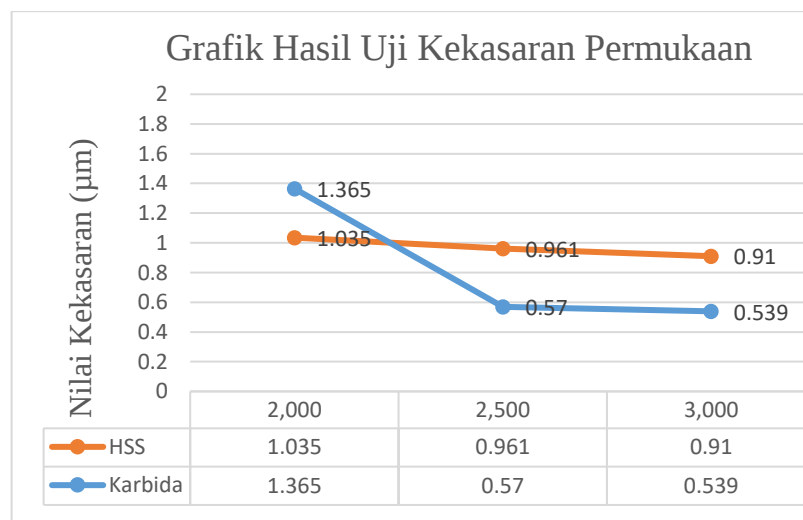
Ra 2

Gambar 15. Pengujian Kekasaran Spesimen K6

Sesuai dengan **Gambar 15**. Spesimen K6 dengan parameter jenis endmill karbida dan kecepatan Spindel 3000 rpm, didapatkan hasil pengujian kekasaran Ra 1 atau pengujian pertama adalah $0,547 \mu\text{m}$ kemudian pada hasil pengujian kekasaran Ra 2 atau pengujian kedua adalah $0,532 \mu\text{m}$ dan pada rata-rata pengujian pertama dan kedua adalah $0,539 \mu\text{m}$.

C. Grafik dan Analisa Hasil Uji Kekasaran Permukaan

Hasil data yang dikumpulkan dari pengukuran kekasaran permukaan aluminium alloy 6061 menggunakan alat *surface roughness tester* setelah proses CNC milling dengan variasi kecepatan putar spindel dan jenis material endmill akan dianalisis dengan menggunakan metode statistic dapat dijelaskan dengan grafik sebagai berikut.



Gambar 16. Grafik Hasil Uji Kekasaran Permukaan

Sesuai grafik diatas yaitu **Gambar 16**. Uji kekasaran pada permukaan spesimen CNC aluminium alloy 6061 didapatkan nilai kekasaran terbesar adalah pada spesimen K4 dengan variasi jenis endmill karbida dan kecepatan spindle 2000 rpm, pada pengujian kekasaran Ra 1 atau pengujian pertama adalah $1,359 \mu\text{m}$ kemudian pada hasil pengujian kekasaran Ra 2 atau pengujian kedua adalah $1,371 \mu\text{m}$ dan pada rata-rata pengujian pertama dan kedua adalah $1,365 \mu\text{m}$. Spesimen K4 mendapatkan nilai kesaran terbesar karena RPM yang digunakan rendah yaitu 2000 mm sedangkan material aluminium relatif jenis material lunak sehingga penyayatan endmill dengan rpm rendah kurang efisien menjadikan penumpukan panas pada permukaan sayatan sehingga menjadikan hasil sayatan endmill kasar dan menyebabkan hasil uji kekasarannya tinggi.

Hasil kekasaran terkecil adalah pada spesimen K6 dengan variasi jenis endmill karbida dan kecepatan spindle 3000 rpm, pada pengujian kekasaran Ra 1 atau pengujian pertama adalah $0,547 \mu\text{m}$ kemudian pada hasil pengujian kekasaran Ra 2 atau pengujian kedua adalah $0,532 \mu\text{m}$ dan pada rata-rata pengujian pertama dan kedua adalah $0,539 \mu\text{m}$. Spesimen K6 mendapatkan nilai kesaran terkecil karena RPM yang digunakan tinggi yaitu 3000 mm sedangkan material aluminium relatif jenis material lunak sehingga penyayatan endmill dengan rpm tinggi dinilai efisien membantu mengurangi penumpukan panas pada permukaan sayatan karena flute endmill 4 dan ketahanan aus pada endmill karbida yang tinggi sehingga menjadikan hasil sayatan endmill halus dan menyebabkan hasil uji kekasarannya kecil.

IV. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa dari “Analisa Pengaruh Material Endmill dan kecepatan Spindle Terhadap Uji Kekasaran Permukaan pada Proses CNC Milling Aluminium Alloy 6061” dengan menggunakan alat surface roughness tester maka dapat di ambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil dari uji kekerasan pada permukaan aluminium alloy 6061 didapatkan nilai kekasaran terbesar adalah pada spesimen K4 dengan variasi jenis endmill karbida dan kecepatan spindle 2000 rpm, sedangkan hasil kekasaran terkecil adalah pada spesimen K6 dengan variasi jenis endmill karbida dan kecepatan spindle 3000 rpm.
2. Proses CNC dengan menggunakan RPM tinggi dinilai efisien karena membantu mengurangi penumpukan panas pada permukaan sayatan sehingga menjadikan hasil sayatan endmill halus dan menyebabkan hasil uji kekasarannya rendah sedangkan apabila menggunakan RPM rendah kurang efisien karena menjadikan penumpukan panas pada permukaan sayatan sehingga menjadikan hasil sayatan endmill kasar dan menyebabkan hasil uji kekasarannya tinggi

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih saya ucapkan kepda Progam Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sidoarjo yang telah memberikan ilmu dan wawasan yang bermanfaat serta rekan aslab, himpunan mahasiswa dan teman-teman yang telah membantu untuk menyelesaikan penelitian ini.

REFERENSI

- [1] M. Yusuf dan H. Carles, "Analisa Kekasaran Permukaan Terhadap Kekerasan Material Pada Proses Milling Dengan Variasi Kecepatan Feeding," *Jurnal Teknik Mesin Mercu Buana*, vol. 8, no. 2, pp. 57-63, 2019.
- [2] I. Kaisan dan R. Rusiyanto, "Pengaruh Parameter Pemotongan CNC Milling dalam Pembuatan Pocket terhadap Getaran dan Kekasaran Permukaan pada Crankcase Mesin Pemotong Rumput," *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 11, no. 1, pp. 41-49, 2020.
- [3] S. Y. Margen and S. Riyadi, "Analisa pengaruh variasi putaran mesin CNC milling MCV-1100 terhadap sifat mekanik logam aluminium AA 5052-H112," *Jurnal Ilmiah Momentum*, vol. 16, no. 2, 2020.
- [4] D. Mulyana et al., "Optimasi parameter pemotongan CNC wet milling terhadap kekasaran permukaan stainless steel AISI 304," *Steam Engineering*, vol. 4, no. 1, pp. 1-8, 2022.
- [5] S. Shafly, B. Bukhari, and S. Saifuddin, "Optimasi kekasaran permukaan material aluminium 5052 hasil proses milling mesin CNC Aciera VMC50E menggunakan metode Taguchi," *Jurnal Mesin Sains Terapan*, vol. 8, no. 2, pp. 110-117, 2024.
- [6] E. Sulfiana, M. S. Sukardin, I. P. A. Assagaf, M. Dahlan, M. N. H. Amaluddin, S. Hasan, and F. R. AR, "Analisis kekasaran permukaan hasil permesinan CNC milling menggunakan holder face mill dengan insert SEET12T3-DF," *Majamecha*, vol. 6, no. 1, pp. 129-137, 2024.
- [7] B. Kasim, A. Yunus, H. Hamdani, and A. Harmin, "Analisis kualitas permukaan benda kerja Al-6061 hasil pemesinan dengan mesin CNC milling," *Jurnal Mekanova: Mekanikal, Inovasi dan Teknologi*, vol. 10, no. 1, pp. 9-17, 2024.
- [8] H. Setiawan, "Perbedaan efektifitas penggunaan endmill tipe HSS dan carbide terhadap benda kerja bahan aluminium pada mesin CNC milling," unpublished, 2024.
- [9] A. Gilbran, "Analisis Pengaruh Parameter Terhadap MRR dan Kekasaran Permukaan pada Benda Kerja di Mesin CNC Turning dengan Metode Taguchi," disertasi, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, 2024.
- [10] S. Haryanto, S. Stefhant, and R. D. Anjani, "Studi Pengaruh Kedalaman Pemakanan Terhadap Kekasaran Permukaan dan Kekuatan Tarik Baja S45C Pada Proses Bubut Mesin CNC: Study of the Effect of Infeed Depth on the Surface Roughness and Tensile Strength of S45C Steel in the CNC Machine Lathe Process," *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, vol. 12, no. 1, pp. 43-52, Jan. 2024.
- [11] A. Fahrudin et. al., "Improved performance of polymer electrolyte membrane fuel cell using leaf-baffle flow field design," *Int. J. Ambient Energy*, vol. 43, no. 1, pp. 4782-4788, Jan. 2022.
- [12] F. Riyanto, E. T. Belo, and A. Fahrudin, "Pengaruh Variasi Bentuk Impeller Terhadap Debit dan Tekanan Air pada Prototipe Pompa," *REM (Rekayasa Energi Manufaktur)*, vol. 7, no. 1, 2022.
- [13] A. R. Fahrudin, D. Ichsani, F. Taufany, B. U. K. Widodo, dan W. A. Widodo, "Improved performance of polymer electrolyte membrane fuel cell using leaf-baffle flow field design," *International Journal of Ambient Energy*, vol. 43, no. 1, pp. 4782-4788, 2022.

- [14] F. A. H. R. U. D. D. I. N. A'RASY, D. Ichsani, F. Taufany, dan B. U. K. Widodo, "The effect of channel width on biometric flow field towards performance of polymer electrolyte membrane fuel cell," *Journal of Engineering Science and Technology*, vol. 14, no. 5, pp. 2552-2564, 2019.
- [15] I. Iswanto, P. H. Tjahjanti, M. Mulyadi, dan M. Baiturrohman, "Optimizing tool angle and feeding motion to reduce wear in lathe machining: Experimental findings," dalam *AIP Conference Proceedings*, vol. 3167, no. 1, AIP Publishing, Jul. 2024.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.