

**PENGARUH KEDALAMAN PEMAKANAN PROSES *FINISHING* ALUMINIUM 5052  
TERHADAP AKURASI PRODUK MESIN CNC ROUTER MENGGUNAKAN ALAT  
UKUR *COORDINATE MEASURING MACHINE* (CMM)**

**Faiz Hisyam Nashrulloh; Ir. H. Bambang Waluyo Febriantoko, S.T., M.T.**

**Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik**

**Universitas Muhammadiyah Surakarta**

**Abstrak**

Proses permesinan dapat dikatakan tepat dan benar apabila ada kesinambungan antara desain, parameter permesinan, dan material yang digunakan, dengan tujuan agar benda kerja atau produk yang dihasilkan memiliki kualitas yang sesuai dengan standart baik dari segi kekasaran permukaan (*surface*), ketelitian (*accurate*), dan ketepatan (*precision*). Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki tingkat akurasi produk dan kekasaran permukaan produk setelah dilakukan proses permesinan menggunakan mesin CNC Router 3 Axis dari variasi perbedaan kedalaman pemakanan proses *finishing* material Aluminium 5052. Proses pengujian tingkat akurasi produk dilakukan menggunakan alat ukur *Coordinate Measuring Machine* (CMM) *Hexagon Portable Arm 6 Axis* dan pengujian kekasaran permukaan menggunakan alat uji Mitutoyo SurfTest SJ – 210 *Surface Roughness Tester*. Hasil pengujian tingkat akurasi produk menunjukkan variasi kedalaman pemakanan proses *finishing* 0,1 mm menghasilkan nilai selisih/penyimpangan ukuran paling rendah, kemudian hasil pengujian kekasaran permukaan menunjukkan variasi kedalaman pemakanan proses *finishing* 0,1 mm menghasilkan rata – rata nilai kekasaran paling rendah yaitu Ra 0,697  $\mu\text{m}$ , Rq 0,854  $\mu\text{m}$ , dan Rz 4,200  $\mu\text{m}$  jika dibandingkan dengan variasi kedalaman pemakanan proses *finishing* 0,2 mm dan 0,3 mm.

**Kata Kunci:** Aluminium 5052, CNC Router 3 Axis, Akurasi Produk, Kekasaran Permukaan

**Abstract**

*The machining process can be said to be precise and correct if there is continuity between the design, machining parameters, and materials, with the aim that the workpiece or product produced has a quality that is in accordance with the standard both in terms of surface roughness, accuracy, and precision. This study aims to investigate the level of product accuracy and product surface roughness after the machining process using a 3 Axis CNC Router machine from variations in the difference in depth of cut of the finishing process of Aluminium 5052 material. The product accuracy testing process was carried out using the Hexagon Portable Arm 6 Axis Coordinate Measuring Machine (CMM) and surface roughness test using the Mitutoyo SurfTest SJ – 210 Surface Roughness Tester. The test results of the product accuracy level show that the variation of the depth of the finishing process of 0,1 mm produces the lowest average roughness value of Ra 0,697  $\mu\text{m}$ , Rq 0,854  $\mu\text{m}$ , and Rz*

4,200  $\mu\text{m}$  when compared to the variation of the depth finishing process of 0,2 mm and 0,3 mm.

**Keywords:** Aluminium 5052, CNC Router 3 Axis, Product Accuracy, Surface Roughness

## 1. PENDAHULUAN

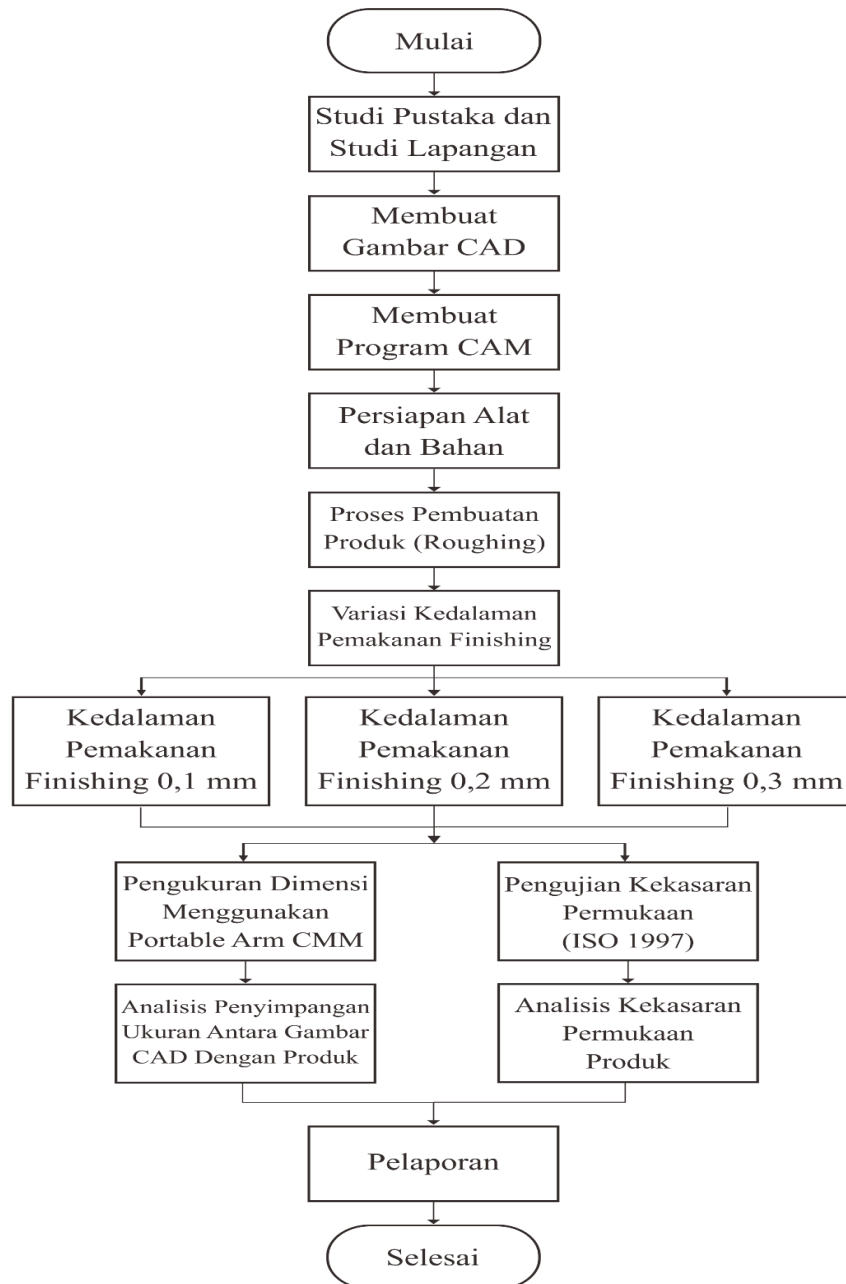
Mesin CNC (*Computer Numerically Controlled*) adalah sebuah mesin yang dikendalikan dengan menggunakan kontrol komputer dan pengoperasiannya menggunakan bahasa numerik (huruf dan angka) dimana dapat memberikan tingkat efisiensi, akurasi, dan konsistensi yang tidak mungkin bisa dicapai melalui proses manual. Dengan melakukan proses permesinan menggunakan mesin CNC, industri manufaktur dapat memproduksi benda kerja atau sparepart dalam waktu yang lebih singkat dan mengurangi pemborosan tanpa adanya resiko kesalahan dari operator (*human error*). Jika dibandingkan dengan mesin perkakas konvensional yang sejenis, mesin perkakas CNC dinilai lebih unggul baik dari segi ketelitian (*accurate*), ketepatan (*precision*), fleksibilitas, dan kapasitas produksi. Sehingga di era modern seperti saat ini banyak industri – industri manufaktur yang mulai meninggalkan mesin perkakas konvensional dan beralih menggunakan mesin perkakas CNC. Ada beberapa jenis – jenis mesin CNC yang biasa digunakan dalam dunia industri, diantaranya yaitu mesin CNC Turning, CNC Milling, CNC Router, CNC Plasma, CNC Laser, dan sebagainya.

Dalam penelitian ini, penulis melakukan studi kasus pada analisa ukuran terbaik benda kerja hasil dari proses permesinan, dimana penulis mencari akurasi dan kepresisian optimum antara desain awal gambar kerja dengan hasil proses *machining* menggunakan variasi berupa perbedaan kedalaman pemakanan proses *finishing* dengan menggunakan mesin CNC Router 3 Axis sebagai alat untuk pengambilan data, kemudian dilakukan pengukuran tingkat akurasi benda kerja menggunakan alat ukur *Coordinate Measuring Machine* (CMM).

Metode pengukuran menggunakan alat *Coordinate Measuring Machine* (CMM) adalah dengan menyentuh secara langsung atau *touching* pada permukaan atau bidang pada benda kerja yang akan diukur. Selanjutnya dilakukan pengukuran kekasaran permukaan benda menggunakan alat SurfTest SJ – 210 *Surface Roughness Tester*. Kedua pengukuran tersebut saling berkaitan dan sangat berpengaruh terhadap tingkat akurasi dan presisi produk hasil permesinan menggunakan mesin CNC Router 3 Axis.

## 2. METODE

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah eksperimen yang bertujuan untuk mengetahui sebuah pengaruh kedalaman pemakanan proses *finishing* Aluminium 5052 terhadap tingkat akurasi produk dan kekasaran permukaan dari hasil proses permesinan menggunakan mesin CNC Router 3 Axis dengan variasi kedalaman pemakanan 0,1 mm, 0,2 mm, dan 0,3 mm menggunakan alat ukur *Coordinate Measuring Machine* (CMM) dan Surface Roughness. Adapun prosedur penelitian yang akan dilakukan dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses pengujian dilakukan pada Bracket Honda CBR 125 hasil proses permesinan menggunakan mesin CNC Router 3 Axis dengan variasi kedalaman pemakanan proses *finishing* 0,1 mm, 0,2 mm, dan 0,3 mm.

#### 3.1 Hasil Pengujian Tingkat Akurasi Produk

Hasil pengujian tingkat akurasi produk dapat dilihat pada tabel berikut, untuk tabel 1 menunjukkan rekapitulasi rata – rata tingkat akurasi produk dengan kedalaman pemakanan proses *finishing* 0,1 mm, tabel 2 menunjukkan rekapitulasi rata – rata tingkat akurasi produk dengan kedalaman pemakanan proses *finishing* 0,2 mm, dan tabel 3 menunjukkan rekapitulasi rata – rata tingkat akurasi produk dengan kedalaman pemakanan proses *finishing* 0,3 mm.

Tabel 1. Rata – rata Tingkat Akurasi Produk Kedalaman Pemakanan Proses *Finishing* 0,1 mm

Criteria	Kedalaman Pemakanan 0,1 mm			Rata – rata (mm)	
	A0,1	B0,1	C0,1		
Circle	Circle 1	-0,04	0,027	0,026	0,004
	Circle 2	-0,008	0,004	0,017	0,004
	Circle 3	0,08	0,03	0,009	0,039
Length Slot	Slot 1	0,024	0,044	-0,02	0,016
	Slot 2	0,015	-0,017	-0,005	0,002
Width Slot	Slot 1	0,02	0,076	0,043	0,046
	Slot 2	0,038	0,046	0,075	0,053

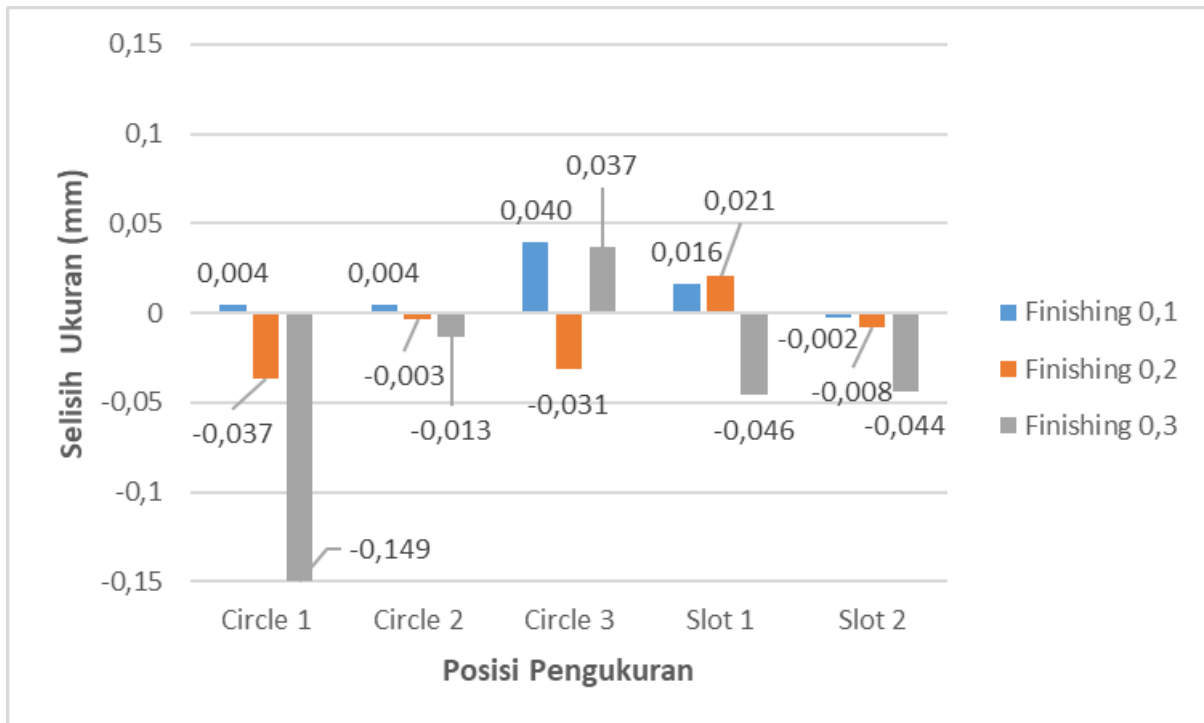
Tabel 2. Rata – rata Tingkat Akurasi Produk Kedalaman Pemakanan Proses *Finishing* 0,2 mm

Criteria	Kedalaman Pemakanan 0,2 mm			Rata – rata (mm)	
	A0,2	B0,2	C0,2		
Circle	Circle 1	-0,005	-0,058	-0,048	-0,037
	Circle 2	0,029	-0,011	-0,027	-0,003
	Circle 3	0,09	-0,081	-0,103	-0,031
Length Slot	Slot 1	0,052	0,037	-0,027	0,02
	Slot 2	0,024	-0,032	-0,017	-0,008
Width Slot	Slot 1	0,068	0,092	0,034	0,064
	Slot 2	0,076	0,018	0,077	0,057

Tabel 3. Rata – rata Tingkat Akurasi Produk Kedalaman Pemakanan Proses *Finishing* 0,3 mm

Criteria	Kedalaman Pemakanan 0,3 mm			Rata – rata (mm)	
	A0,3	B0,3	C0,3		
Circle	Circle 1	-0,138	-0,192	-0,118	-0,149
	Circle 2	0,037	-0,027	-0,05	-0,013
	Circle 3	0,098	-0,085	0,097	0,036
Length Slot	Slot 1	-0,066	-0,011	-0,061	-0,046
	Slot 2	-0,012	-0,048	-0,071	-0,043
Width Slot	Slot 1	0,089	0,082	0,027	0,066
	Slot 2	0,05	0,059	0,077	0,062

Berdasarkan tabel 1, 2, dan 3 hasil pengujian tingkat akurasi produk dapat diperoleh nilai deviasi atau selisih ukuran geometri antara desain gambar CAD dengan produk hasil proses permesinan ketika dilakukan pengukuran dengan menggunakan alat ukur *Coordinate Measuring Machine* (CMM), ditampilkan pada gambar 2 sebagai berikut:



Gambar 2 Diagram Perbandingan Tingkat Akurasi Produk

Data pengujian tingkat akurasi produk menggunakan alat ukur *Coordinate Measuring Machine* (CMM) *Hexagon Portable Arm 6 Axis* menunjukkan selisih/penyimpangan ukuran pada variasi kedalaman pemakanan proses *finishing* 0,1 dengan nilai *circle* 1 sebesar 0,004 mm, *circle* 2 sebesar 0,004 mm, *circle* 3 sebesar 0,039 mm, *slot* 1 sebesar 0,016 mm, dan *slot* 2 sebesar -0,002 mm, kemudian variasi kedalaman pemakanan proses *finishing* 0,2 mm dengan nilai *circle* 1 sebesar -0,037 mm, *circle* 2 sebesar -0,003 mm, *circle* 3 sebesar -0,031 mm, *slot* 1 sebesar 0,02 mm, dan *slot* 2 sebesar -0,008 mm, kemudian variasi kedalaman pemakanan proses *finishing* 0,3 mm dengan nilai *circle* 1 sebesar -0,149 mm, *circle* 2 sebesar -0,013 mm, *circle* 3 sebesar 0,036 mm, *slot* 1 sebesar -0,046 mm, dan *slot* 2 sebesar -0,043 mm. Dari hasil yang diperoleh maka dapat diambil kesimpulan bahwa selisih/penyimpangan ukuran terkecil terdapat pada variasi kedalaman pemakanan proses *finishing* 0,1 mm dan selisih/penyimpangan ukuran terbesar terdapat pada variasi kedalaman pemakanan proses *finishing* 0,3 mm. Jika ditinjau dari bentuk geometrinya maka *feature circle* 2 yang memiliki selisih/penyimpangan ukuran paling kecil dibandingkan dengan *feature* yang lainnya.

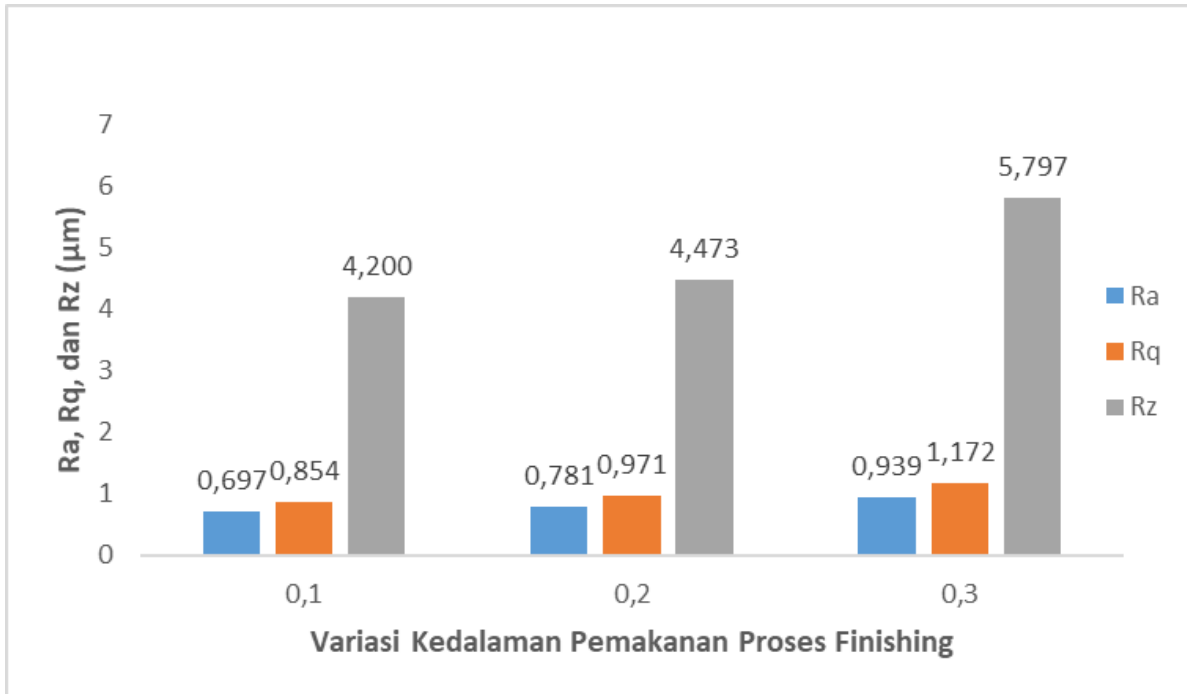
### 3.2 Hasil Pengujian Kekasaran Permukaan

Pengujian kekasaran permukaan produk dilakukan menggunakan alat *Surface Roughness Tester* Mitutoyo SJ – 210 dengan standart ISO 1997. Produk diukur pada tiga titik dengan panjang area pengukuran sebesar 15 mm di setiap titiknya untuk mendapatkan nilai rata – rata kekasaran. Hasil pengujian kekasaran permukaan dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4 Rekapitulasi Rata – rata Nilai Kekasaran Permukaan

Variasi Kedalaman Pemakanan Proses <i>Finishing</i>	Kekasaran Permukaan		
	Ra ( $\mu\text{m}$ )	Rq ( $\mu\text{m}$ )	Rz ( $\mu\text{m}$ )
0,1 mm	0,696	0,854	4,2
0,2 mm	0,78	0,971	4,473
0,3 mm	0,938	1,172	5,796

Berdasarkan tabel 4, perbedaan dari variasi kedalaman pemakanan proses *finishing* Aluminium 5052 berpengaruh terhadap hasil nilai kekasaran permukaan produk yang dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3 Diagram Perbandingan Rata – rata Kekasaran Permukaan

Data pengujian kekasaran permukaan menggunakan alat uji Mitutoyo SurfTest SJ – 210 *Surface Roughness Tester* menunjukkan proses permesinan dengan variasi kedalaman pemakanan proses *finishing* 0,1 mm menghasilkan nilai kekasaran rata – rata Ra 0,697  $\mu\text{m}$ , Rq 0,854  $\mu\text{m}$ , dan Rz 4,200  $\mu\text{m}$ , variasi kedalaman pemakanan proses *finishing* 0,2 mm menghasilkan nilai kekasaran rata – rata Ra 0,781  $\mu\text{m}$ , Rq 0,971  $\mu\text{m}$ , dan Rz 4,473  $\mu\text{m}$ , kemudian variasi kedalaman pemakanan proses *finishing* 0,3 mm menghasilkan nilai kekasaran rata – rata Ra 0,939  $\mu\text{m}$ , Rq 1,172  $\mu\text{m}$ , dan Rz 5,797  $\mu\text{m}$ . berdasarkan hasil tersebut maka dapat diambil kesimpulan bahwa variasi kedalaman pemakanan proses *finishing* 0,1 mm cenderung memiliki rata – rata nilai kekasaran paling rendah jika dibandingkan dengan variasi kedalaman pemakanan proses *finishing* 0,2 mm, sedangkan variasi kedalaman pemakanan proses *finishing* 0,3 mm memiliki rata – rata nilai kekasaran paling tinggi.

#### 4. PENUTUP

Setelah melakukan beberapa pengujian terhadap material Aluminium 5052 menggunakan mesin CNC Router 3 Axis dengan variasi kedalaman pemakanan proses *finishing* 0,1 mm, 0,2 mm, dan 0,3 mm yang diuji melalui pengujian mekanis, diantaranya pengujian menggunakan alat ukur *Coordinate Measuring Machine* (CMM) dan *Surface Roughness Tester*, bahwa terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi dari segi tingkat akurasi produk dan kekasaran permukaan dengan ditampilkan data sebagai berikut: (1) Pengukuran produk dengan variasi kedalaman pemakanan proses *finishing* 0,1 mm cenderung memiliki penyimpangan ukuran yang lebih kecil dibandingkan dengan variasi kedalaman pemakanan proses *finishing* 0,2 mm dan 0,3 mm. Dari ketiga variasi tersebut dapat disimpulkan bahwa seiring dengan bertambahnya ukuran kedalaman pemakanan proses *finishing* maka akan ada kemungkinan terjadi selisih/penyimpangan ukuran suatu produk atau benda kerja yang juga bertambah besar. (2) nilai kekasaran permukaan yang paling baik dihasilkan pada variasi kedalaman pemakanan proses *finishing* 0,1 mm dengan hasil Ra sebesar 0,696  $\mu\text{m}$ , Rq sebesar 0,854  $\mu\text{m}$ , dan Rz sebesar 4,2  $\mu\text{m}$ . sedangkan nilai kekasaran permukaan paling kasar dihasilkan pada pada variasi kedalaman pemakanan proses *finishing* 0,3 mm dengan hasil Ra sebesar 0,938  $\mu\text{m}$ , Rq sebesar 1,172  $\mu\text{m}$ , dan Rz sebesar 5,796  $\mu\text{m}$ .

#### DAFTAR PUSTAKA

- Al-Fiansyah, D. K. (2017). Pengaruh Kedalaman dan Kecepatan Pemakanan Terhadap Tingkat Kekasaran Permukaan Baja ST 60 Menggunakan Pahat Insert. *Teknik Mesin UNNES*, 7-15.
- Ardiansyah, R. Y. (2019). Rancang Bangun Sistem Kontrol CNC 3 Axis Menggunakan Board Mach3. *Teknik Mesin Politeknik Harapan Bersama*, 6-14.
- Arifin, M. Z. (2016). Penggunaan Artsoft Mach3 Untuk Sistem Gerak Pada Simulator CNC. *Teknik Mesin ITS*, 17-20.
- Ariman, & Aprilyanto. (2019). Pembuatan Prototype Mesin Mini CNC Router 3 Axis Dengan Menggunakan Software Mach3. *FTI Institut Sains dan Teknologi Nasional*, 4-6.
- Chentsov, P. A., & Petunin, A. A. (2016). Tool Routing Problem for CNC Plate Cutting Machines. *International Federation of Automatic Control*, 645-650.
- Darmawan, M. G. (2019). Kalibrasi Mesin CNC Router 3 Axis Pada Sumbu X Y dan Z. *Teknik Mesin Politeknik Harapan Bersama*, 13-17.



- Elmiawan, P., & dkk. (2022). Akurasi Mesin CNC Router Low Budget Berbasis Mach3. *Rotor*, 15, 70-75.
- Fu, G., Zhang, L., Fu, J., Gao, H., & Jin, Y. (2018). F Test-Based Automatic Modeling of Single Geometric Error Component for Error Compensation of Five-Axis Machine Tools. *Manuf Technol*, 94:4494-4505.
- Harrizal, I. S., Syafri, & Prayitno, A. (2017). Rancang Bangun Sistem Kontrol Mesin CNC Milling 3 Axis Menggunakan Close Loop System. *Jom Fteknik*, 4, 1-8.
- Hermana, R., Setyoadi, Y., & Aza, M. F. (2022). Kaji Eksperimental Perbandingan Ketelitian Mesin CNC Milling Dengan Kontrol SMC dan Mesin CNC Milling Dengan Kontrol ESP32 Wifi. *Majalah Ilmiah Gema Maritim*, 24, 105-113.
- Ilham, J., & Haripriadi, B. D. (2019). Evaluasi Cairan Pendingin Terhadap Kekasaran Permukaan Pada Proses Milling CNC Router Aluminium Sheet 1100. *Seminar Nasional Industri dan Teknologi (SNIT)*, 191-201.
- Irawan. (2016). Pengaruh Teknik Penyayatan Pahat Milling Pada CNC Milling 3 Axis Terhadap Tingkat Kekasaran Permukaan Benda Berkontur. *JTM*, 05, 1-5.
- Iskandar, W., & Supriyono. (2016). Analisa Teoritis Kebutuhan Daya Mesin Bubut Gear Head Turreted. *Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta*, 25-30.
- Mardika, I. M., & dkk. (2021). Alat Pemotong Aluminium Berbasis CNC Router. *Engineering and Science*, 7, 379-386.
- Maryanti, B. (2016). Pengaruh Ketebalan Pemakanan Terhadap Kekasaran Permukaan Pada Material S45C. *Transmisi*, XII, 73-78.
- Munadi, & Sudji. (1980). *Dasar - dasar Metrologi Industri*. Jakarta: Proyek Pengembangan Lembaga Pendidikan Tenaga Kependidikan.
- Munandar, M. T. (2020). Efektivitas Kinerja Mesin CNC 5 Axis Portable Karya Mahasiswa Terhadap Mesin Milling Konvensional. *Teknik Mesin Universitas Pancasakti*, 8-15.
- Petunin, A. (2019). General Model of Tool Path Problem for the CNC Sheet Cutting Machines. *International Federation of Automatic Control*, 2662-2667.
- Rahmat, M., & Haripriadi, B. D. (2019). Analisa Pengaruh Variasi Parameter Pemotongan dan Pendingin Terhadap Tingkat Keausan Pahat Endmill HSS Hasil Pemesinan CNC Router Milling Pada Aluminium Sheet 1100. *Polimesin*, 17, 13-20.
- Ridwan, Utomo, W., & Yosevi, O. (2022). Perancangan Mesin CNC untuk Pengerjaan Logam Aluminium dan Carbon Steel. *Integrasi*, 14, 23-29.
- Sanusi, A. (2011). Rancang Bangun Konstruksi Mesin CNC Berbiaya Rendah. *Teknik Mesin UII*, 6-8.

- Sun, Y., Jia, J., Xu, J., Chen, M., & Niu, J. (2022). Path, Feedrate, and Trajectory Planning for Free-Form Surface Machining: A State of the Art Review. *Chinese Journal of Aeronautic*, 12-29.
- Widadi, N. (2018). Perhitungan dan Analisa Struktur Rotational Axis Pada Mesin CNC WMC 1000 5 Axis Berdasarkan Metode Perhitungan Elemen Mesin dan Elemen Hingga. *Teknik Mesin ITS*, 1-7.
- Widarto, Wijanarka, B. S., & Sutopo. (2008). *Teknik Permesinan Untuk SMK*. Jakarta: Direktorat Jendral Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah.
- Widodo, D. S., & dkk. (2019). Rancang Bangun Mesin CNC 3 Axis Berbasis Mikrokontroler Arduino. *Prosiding Semnas Mesin PNJ*, 300-308.
- Zhu, S., Ding, G., Qin, S., Lei, J., Zhuang, L., & Yan, K. (2012). Integrated Geometric Error Modeling, Identification and Compensation of CNC Machine Tools. *Machine Tools & Manufacture*, 24-29.