

OPTIMALISASI *FEED RATE* DAN *DEPTH OF CUT* CNC TURNING LEADWELL LTC-200 TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN ALUMINIUM SERI 6061

(OPTIMIZATION OF FEED RATE AND DEPTH OF CUT OF CNC TURNING LEADWELL LTC-200 AGAINST SURFACE ROUGHNESS OF 6061 SERIES ALUMINUM)

Muhammad Thoifur⁽¹⁾, Agus Hardjito⁽²⁾

^(1,2)Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang
Jalan Soekarno Hatta 09 Malang Jawa Timur

Email: thoifur2403@gmail.com

ABSTRAK

Seiring dengan perkembangan zaman yang mulai pesat. Banyak teknologi yang memudahkan manusia dalam kehidupan sehari-hari maupun dalam pekerjaan. Salah satunya yaitu dalam industri manufaktur, proses pemesinan menjadi sangat penting untuk proses produksi. Untuk menghasilkan kualitas produk yang baik proses pemesinan menggunakan CNC bubut menjadi solusi untuk pengerjaan dengan ketelitian tinggi dan efisien khususnya untuk proses produksi yang menggunakan mesin bubut. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi nilai kekasaran pada suatu hasil produksi seperti kecepatan potong (*cutting speed*), kecepatan pemakanan (*feed rate*), kedalaman pemakanan (*depth of cut*). Proses pengambilan data dilakukan dengan metode DOE faktorial untuk menentukan kombinasi faktor dan levelnya. Setelah pemesinan selesai dilanjutkan mengukur kekasaran permukaan spesimen aluminium 6061 menggunakan alat *surface roughness tester*. Hasil dari penelitian menunjukkan Kombinasi feed rate dan depth of cut yang optimal pada proses pembubutan CNC turning Leadwell LTC-200 dalam menghasilkan kekasaran permukaan yang rendah yaitu pada feed rate 0.05 mm/rev dan depth of cut 0.2 mm dengan nilai rata-rata kekasaran permukaan 0.352 μm . atau setara dengan N5.

Kata Kunci: aluminium 6061, CNC *turning*, optimalisasi, faktorial

ABSTRACT

Along with the rapid development of the times. Many technologies make it easier for humans in daily life and work. One of them is in the manufacturing industry, the machining process is very important for the production process. To produce good product quality, the machining process using CNC lathe is a solution for high accuracy and efficient workmanship, especially for production processes that use lathes. There are several factors that affect the roughness value of a production result such as cutting speed, feed rate, depth of cut. The data collection process is carried out using the factorial DOE method to determine the combination of factors and levels. After machining is completed, the surface roughness of the 6061 aluminum specimen is measured using a surface roughness tester. The results of the study showed that the optimal combination of feed rate and depth of cut in the Leadwell LTC-200 CNC turning process in producing low surface roughness was at a feed rate of 0.05 mm/rev and a depth of cut of 0.2 mm with an average surface roughness value of 0.352 μm . or equivalent to N5.

Keywords: 6061 aluminum, CNC turning, optimization, factorial

PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan zaman yang mulai pesat. Banyak teknologi yang memudahkan manusia dalam kehidupan sehari-hari maupun dalam pekerjaan. Salah satunya yaitu dalam industri manufaktur, proses pemesinan menjadi sangat penting untuk proses produksi. Untuk menghasilkan kualitas produk yang baik, proses pemesinan menggunakan CNC menjadi solusi untuk pengerjaan dengan ketelitian tinggi dan efisien khususnya untuk proses produksi yang menggunakan mesin bubut. Pada proses pembubutan, pemilihan parameter pemotongan merupakan hal yang sangat penting untuk menghasilkan produk yang optimal. Pemilihan parameter pemotongan yang baik berhubungan dengan nilai kekasaran permukaan yang dihasilkan, semakin kecil nilai kekasaran permukaan benda kerja maka semakin halus permukaan benda tersebut. Kekasaran permukaan merupakan standar yang paling penting karena mempengaruhi fungsi produk seperti gesekan yang terjadi pada permukaan yang halus semakin kecil dan juga meningkatkan estetika produk. Dalam proses pemesinan nilai suatu produk dipengaruhi kekasaran permukaannya. Kepresisian produk dipengaruhi oleh tingkat kekasaran permukaannya.

Pada pembubutan konvensional, untuk mendapatkan hasil kekasaran yang diinginkan biasanya dilakukan dengan cara mengatur *spindle speed*, *feed rate* dan *depth of cut* secara manual sehingga hasilnya tidak dapat diandalkan, tergantung dari pengalaman dan kemampuan operator. Cara tersebut tidak dapat diterapkan dalam

proses pembubutan CNC, karena parameter parameter tersebut harus ditentukan pada saat pemrograman.

MATERIAL DAN METODOLOGI

Proses pengambilan data dilakukan dengan metode DOE faktorial untuk menentukan kombinasi faktor dan levelnya. Penelitian ini menggunakan 2 variabel bebas yaitu *feed rate* dan *depth of cut*, kemudian spesimen diproses pemesinan CNC *Turning*. Setelah pemesinan selesai dilanjutkan mengukur kekasaran permukaan spesimen menggunakan alat *surface roughness tester*.

Variabel penelitian

- Variabel Bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang diambil oleh peneliti untuk dilakukan penelitian. Variabel bebas dalam penelitian ini yaitu *feed rate* 0.05, 0.1 dan 0.15 mm/rev dan *depth of cut* 0.2, 0.4 dan 0.6 mm.

- Variabel Terkontrol

Variabel terkontrol yaitu jenis pahat *insert carbide*, jenis material aluminium 6061, cutting speed sebesar 150 m/menit dan jenis pendingin *soluble cutting oil*.

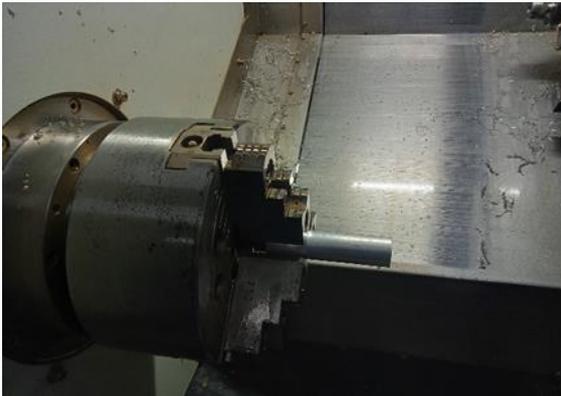
- Variabel Terikat

variabel terikat dalam penelitian ini adalah tingkat kekasaran permukaan benda kerja hasil pembubutan CNC, dinyatakan dalam roughness average (Ra) atau micrometer (μm)

Pengambilan data

Pengujian dilakukan dengan membuat program menggunakan *software CAM* sesuai parameter yang telah ditentukan kemudian pasang material pada *chuck* dengan benar. Setelah program dimasukkan ke mesin maka proses

pemesinan dilakukan sebanyak jumlah eksperimen dengan variasi *feed rate* dan *depth of cut* yang telah ditentukan. Material hasil proses pemesinan kemudian dilakukan pengukuran menggunakan *surface roughness tester*. Proses pengukuran dilakukan di meja rata dengan bantuan *v-block*. Ketika nilai kekasaran sudah didapat kemudian masukkan dalam tabel.



Gambar 1. Proses pemesinan

Pengujian kekasaran permukaan dilakukan pada permukaan spesimen hasil pemesinan. Pengujian kekasaran permukaan dilakukan sebanyak 3 kali pada sisi yang berbeda. Alat ukur yang digunakan yaitu surface roughness tester SRT-6210 dengan panjang sampel 0.8 mm



Gambar 2. Uji kekasaran permukaan

HASIL DAN PEMBAHASAN

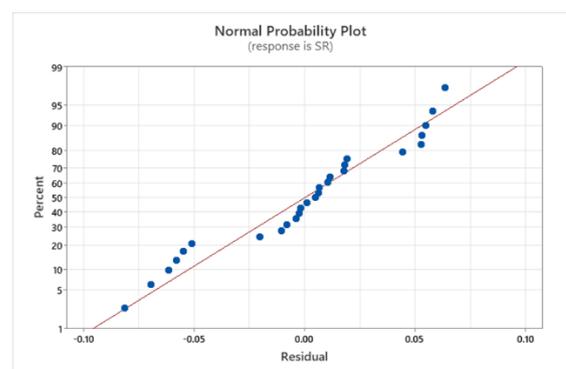
Data hasil pengukuran kekasaran permukaan aluminium 6061 hasil proses pemesinan CNC Turning LEADWELL LTC-200 dalam tabel dibawah diperoleh

dari pengukuran kekasaran permukaan menggunakan alat Surface Roughness Tester SRT-6210 di Laboratorium Pengujian Bahan Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang.

Tabel 1. Data kekasaran permukaan

Faktor A (feed rate)	Faktor B (depth of cut)		
	0.2 mm	0.4 mm	0.6 mm
0.05 mm/rev	0.344	0.380	0.394
	0.323	0.408	0.403
	0.362	0.382	0.392
Rata rata	0.343	0.390	0.396
0.1 mm/rev	0.769	0.775	0.806
	0.817	0.829	0.853
	0.701	0.725	0.725
Rata rata	0.762	0.776	0.795
0.15 mm/rev	1.394	1.405	1.456
	1.283	1.305	1.422
	1.345	1.451	1.357
Rata rata	1.341	1.387	1.412

Hasil Analisis Data



Gambar 3. Probabilitas Normal

Setelah data dimasukkan ke dalam software analisis statistik, uji normalitas dilakukan pada residual model dari hasil analisis regresi. Nilai alfa (α) memiliki batas 5% atau 0.05 dalam uji kenormalan. Gambar diatas menunjukkan grafik uji normal

probability plot, di mana titik residual mendekati garis linear, meskipun sebagian besar titik terlihat jauh dari garis linear. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa uji normalitas pada grafik tersebut telah terdistribusi secara normal dan memenuhi syarat untuk dianalisis.

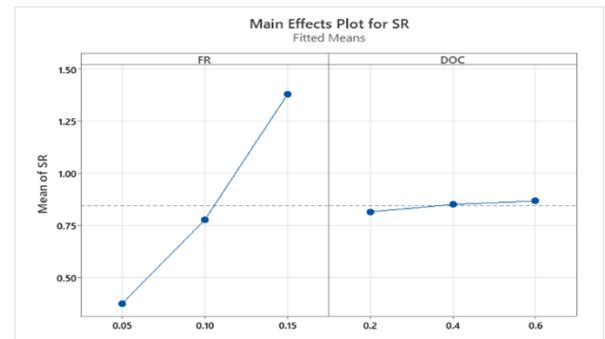
Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	8	4.60403	0.57550	234.16	0.000
Linear	4	4.60239	1.15060	468.15	0.000
FR	2	4.58956	2.29478	933.69	0.000
DOC	2	0.01283	0.00641	2.61	0.101
2-Way Interactions	4	0.00164	0.00041	0.17	0.953
FR*DOC	4	0.00164	0.00041	0.17	0.953
Error	18	0.04424	0.00246		
Total	26	4.64827			

Gambar 4. Analisa varian

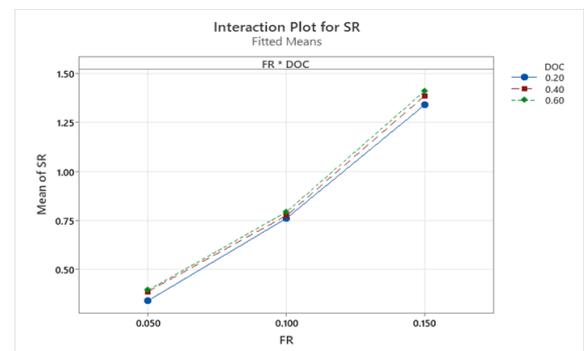
Pada penelitian ini, digunakan nilai alfa sebesar 5% atau 0,05 dalam bentuk desimal. Nilai 0,05 adalah batas maksimum kesalahan yang dapat diterima. Nilai F-value sebesar 234.16 mengimplikasikan bahwa model ini signifikan. Hanya ada 0,01% kemungkinan bahwa F-value sebesar ini dapat terjadi karena adanya *noise*. Nilai P-value kurang dari 0.05 mengindikasikan bahwa model signifikan. Model summary digunakan untuk menghitung seberapa besar keterlibatan dari variabel feed rate dan depth of cut terhadap kekasaran permukaan, diperlukan nilai koefisien determinasi (R-square) yang ditunjukkan pada tabel model summary pada gambar diatas. Hasil analisis menunjukkan bahwa pengaruh feed rate dan depth of cut terhadap kekasaran permukaan adalah 99,05 persen. Nilai koefisien determinasi (R-square) yang tersisa adalah 0,95 persen merupakan pengaruh dari faktor yang belum diamati atau faktor kesalahan dalam melakukan proses

pemesinan dan proses pengukuran kekasaran permukaan. Predicted R-sq sebesar 97.86% memiliki kesesuaian yang wajar dengan Adjusted R-sq sebesar 98.63% dengan kata lain, perbedaannya kurang dari 2%.



Gambar 5. Main Effect

Pada gambar grafik diatas terdiri dari garis horizontal dan vertikal. Garis horizontal merupakan tingkatan level dari variabel bebas (feed rate dan depth of cut) sedangkan untuk garis vertikal merupakan nilai dari variabel terikat (kekasaran permukaan). Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan rata-rata kekasaran permukaan yang signifikan seiring dengan kenaikan level dari feed rate. Pada variabel depth of cut juga terjadi peningkatan rata-rata kekasaran permukaan seiring dengan kenaikan levelnya, namun nilainya yang sangat rendah.

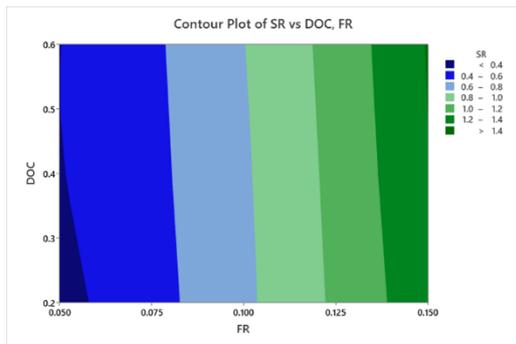


Gambar 6. Kurva Interaksi

Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa garis vertikal menunjukkan nilai rata-rata kekasaran permukaan. Garis horizontal menunjukkan variasi dari *feed*

rate sementara terdapat tiga warna yaitu hijau, merah dan biru yang menunjukkan variasi dari *depth of cut*.

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa ketiga garis tersebut sejajar. Maka dapat dikatakan bahwa tidak ada interaksi antar variabel dalam mempengaruhi respon.



Gambar 5. Kontur SR dan DOC.FR

Pada grafik *contour plot* diatas dapat dilihat bahwa sumbu Y menunjukkan tingkatan dari variabel *depth of cut* (DOC), sumbu X menunjukkan tingkatan dari variabel feed rate (FR). Sedangkan untuk nilai dari kekasaran permukaan (SR) ditunjukkan dari variasi warna. Untuk warna biru tua bernilai $< 0.4 \mu\text{m}$ sampai warna hijau tua $> 1.4 \mu\text{m}$.

Untuk memperoleh nilai rata-rata kekasaran permukaan yang minimum dalam menggunakan variabel yang berada dalam area warna biru tua yaitu pada feed rate 0.05 mm/rev dan depth of cut 0.2-0.4 mm sedangkan untuk memperoleh kekasaran permukaan yang maksimum dapat menggunakan variabel yang berada pada area warna hijau tua yaitu pada feed rate 0.15 mm/rev dan depth of cut 0.6 mm.

Tabel 2. FR, DoC dan SR

Number	FR	DoC	SR	Desirability	
1	0.05	0.2	0.343	1.000	Selected
2	0.1	0.2	0.762	0.623	
3	0.15	0.2	1.341	0.104	

Berdasarkan hasil pengolahan data pada *software* analisis statistik, maka dapat ditentukan prediksi untuk menentukan kombinasi parameter pemesinan optimal yang dapat menghasilkan kekasaran permukaan minimum.

Nilai *desirability* merupakan nilai tingkat kesesuaian solusi untuk tujuan optimalisasi, nilai *desirability* diatas 0.9 menunjukkan bahwa solusi tersebut cukup baik. Dapat dilihat pada tabel diatas bahwa kombinasi parameter pemesinan yang optimal yaitu feed rate 0.05 mm/rev dan depth of cut 0.2 mm dengan prediksi rata rata kekasaran permukaan $0.343 \mu\text{m}$. Eksperimen konfirmasi sangatlah perlu dilakukan untuk mengkonfirmasi apakah hasil analisis yang telah dilakukan benar atau tidak. Eksperimen konfirmasi dilakukan berdasarkan hasil dari eksperimen sebelumnya. Untuk konfirmasi diambil 5 sampel pengukuran tingkat kekasaran. Dengan tingkat *confidence* sebesar 95%, hasil dari eksperimen konfirmasi menunjukkan rata rata kekasaran permukaan $0.352 \mu\text{m}$. maka dapat dikatakan hasil dari eksperimen konfirmasi sudah sesuai karena berada pada batas toleransi.

Pembahasan

- Pengaruh feed rate terhadap kekasaran permukaan benda kerja

Berdasarkan tabel ANOVA pengaruh feed rate terhadap kekasaran permukaan sangat signifikan. Pada grafik *main effect* (gambar 4.2) terlihat bahwa terjadi peningkatan kekasaran permukaan seiring dengan peningkatan *feed rate*. Hal tersebut sejalan dengan penelitian terdahulu yang menyatakan bahwa semakin rendah kecepatan pemakanan yang digunakan maka semakin rendah kekasaran permukaan yang dihasilkan (Fauzi dan Sumbodo 2021). Berdasarkan variasi *feed rate* dapat ditunjukkan nilai rata rata kekasaran permukaan sebagai berikut:

- Feed rate* 0.05 mm/rev memiliki nilai rata-rata kekasaran permukaan 0.376 μm
- Feed rate* 0.1 mm/rev memiliki nilai rata rata kekasaran permukaan 0.777 μm
- Feed rate* 0.15 mm/rev memiliki nilai rata rata kekasaran permukaan 1.379 μm

Dari data diatas, tingkat *feed rate* yang paling optimal dalam menghasilkan kekasaran permukaan yang rendah adalah pada *feed rate* 0.05 mm/rev sebesar 0.376 μm . jadi kekasaran permukaan terendah diperoleh pada *feed rate* yang rendah. Sebab *feed rate* yang rendah membuat beban pahat dalam menyayat benda kerja semakin kecil dan getaran yang terjadi pada pahat menjadi kecil sehingga nilai kekasaran permukaan menjadi lebih rendah.

- Pengaruh depth of cut terhadap kekasaran permukaan benda kerja

Berdasarkan tabel ANOVA, pengaruh *depth of cut* terhadap kekasaran permukaan tidak signifikan. Pada grafik *main effect* terlihat bahwa terjadi peningkatan kekasaran permukaan seiring dengan meningkatnya *depth of cut*. Hal tersebut juga selaras dengan penelitian terdahulu yang menyatakan bahwa semakin rendah kedalaman pemakanan yang digunakan maka kekasaran permukaan yang dihasilkan semakin rendah (Kurniawan dan Irfa'i 2014). Berdasarkan variasi *depth of cut* dapat ditunjukkan nilai rata rata kekasaran permukaan sebagai berikut:

- Depth of cut* 0.2 mm memiliki nilai rata rata kekasaran permukaan 0.815 μm
- Depth of cut* 0.4 mm memiliki nilai rata rata kekasaran permukaan 0.851 μm
- Depth of cut* 0.6 mm memiliki nilai rata rata kekasaran permukaan 0.867 μm

Dari data diatas, tingkat *depth of cut* yang paling optimal dalam menghasilkan rata rata kekasaran permukaan yang rendah adalah pada depth of cut 0.2 mm sebesar 0.815 μm . jadi kekasaran permukaan terendah diperoleh pada *depth of cut* yang rendah. Sebab *depth of cut* yang rendah membuat beban pahat melakukan penyayatan semakin kecil dan getaran yang terjadi pada pahat kecil sehingga menghasilkan kekasaran permukaan yang rendah. Chip yang dihasilkan juga lebih halus sehingga mengurangi resiko goresan pada benda kerja.

•Pengaruh interaksi feed rate dan depth of cut terhadap kekasaran permukaan

Berdasarkan tabel ANOVA, interaksi feed rate dan depth of cut tidak berpengaruh signifikan terhadap rata rata kekasaran permukaan. Pada grafik interaksi (gambar) terlihat bahwa interaksi feed rate dan depth of cut yang menghasilkan kekasaran permukaan paling rendah yaitu pada feed rate 0.05 mm/rev dan depth of cut 0.2 mm. interaksi yang menghasilkan kekasaran permukaan yang paling tinggi yaitu pada feed rate 0.15 mm/rev dan depth of cut 0.6 mm. jadi semakin rendah feed rate dan depth of cut maka akan menghasilkan kekasaran permukaan yang rendah.

Optimalisasi feed rate dan depth of cut terhadap kekasaran permukaan

Berdasarkan grafik *contour plot*, kombinasi dari feed rate dan depth of cut yang paling optimal dalam menghasilkan kekasaran permukaan yang paling rendah yaitu pada feed rate 0.05 mm/rev dan depth of cut 0.2 mm. pada hasil analisis prediksi optimalisasi, software analisis statistik juga merekomendasikan kombinasi yang sama dengan prediksi hasil kekasaran permukaan sebesar 0.343 μm . Setelah dilakukan eksperimen konfirmasi menggunakan 5 sampel dengan toleransi rata rata kekasaran permukaan 0.266 - 0.419 μm . hasil dari konfirmasi menunjukkan rata rata kekasaran yang dihasilkan yaitu 0.352 μm . maka dapat dikatakan hasil dari konfirmasi berada dalam batas toleransi dan sesuai dengan standar proses pengerjaan bubut yaitu 0.3 – 50.0 μm (N5-N12).

KESIMPULAN

feed rate memiliki pengaruh yang sangat signifikan terhadap kekasaran permukaan material aluminium seri 6061 pada proses pembubutan CNC turning Leadwell LTC-200. Hal tersebut dibuktikan dengan nilai p-value sebesar 0.000 yang berarti p-value $< \alpha$, dengan nilai α sebesar 0.05. *depth of cut* tidak memiliki pengaruh yang signifikan secara statistik terhadap kekasaran permukaan material aluminium seri 6061 pada proses pembubutan CNC turning Leadwell LTC-200. Hal tersebut dibuktikan dengan nilai P-value 0.101 yang berarti P-value $> \alpha$. interaksi dua arah feed rate dan depth of cut pada proses pembubutan CNC turning Leadwell LTC-200 terhadap kekasaran permukaan aluminium seri 6061 tidak berpengaruh signifikan secara statistik. Hal tersebut dibuktikan dengan nilai P-value sebesar 0.953 yang berarti P-value $> \alpha$. Kombinasi feed rate dan depth of cut yang optimal pada proses pembubutan CNC turning Leadwell LTC-200 dalam menghasilkan kekasaran permukaan yang rendah yaitu pada feed rate 0.05 mm/rev dan depth of cut 0.2 mm dengan nilai rata rata kekasaran permukaan 0.352 μm . atau setara dengan N5.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Allam, Tri Syamsul, and Wirawan Sumbodo. 2020. "Pengaruh Laju Pemakanan Dan Kedalaman Potong Pada Proses CNC Turning Terhadap Tingkat Kekerasan Permukaan Baja ST 60." *Jurnal Kompetensi Teknik* 12(1): 25–30.
- [2] Jondi Supriyandi, Eko Yudo, Angga Satria. 2021. "Optimasi Kekasaran Permukaan Proses Cnc Turning Baja Skd-11 Dengan Menggunakan Metode TAGUCHI." *Jurnal Syntax Admiration* 2(7): 1–10.

- [3] Kurniawan, Zaldy, Eko Yudo, and Ridho Rosmansyah. 2019. "Optimasi Kekasaran Permukaan Pada Material Amutit Dengan Proses CNC Turning Menggunakan Desain Taguchi." *Manutech : Jurnal Teknologi Manufaktur* 10(01): 45–51.
- [4] Mazzolani, F. M. 2003. Aluminium Structural Design *Design Criteria for Aluminium Structures: Technology, Codification and Applications*.
- [5] Mufarrih, A., H. Istiqlaliyah, and M. M. Ilha. 2019. "Optimization of Roundness, MRR and Surface Roughness on Turning Process Using Taguchi-GRA." *Journal of Physics: Conference Series* 1179(1): 1–7.
- [6] Permana, Diki Ismail, and Yayat Yayat. 2019. "Optimasi Parameter Permesinan Terhadap Tingkat Kekasaran Permukaan Aluminium Proses Pembubutan Dengan Metode Taguchi." *METAL: Jurnal Sistem Mekanik dan Termal* 3(1): 10.
- [7] Pribadi, Joko Setia, Yulianto Yulianto, and Bayu Aji Girawan. 2020. "Optimasi Parameter Pemesinan Menggunakan Metode Taguchi Untuk Meningkatkan Kualitas Kebulatan Pada Pembubutan Internal Material S45C." *Infotekmesin* 11(1): 31–36.
- [8] Singh, Bikram Jit, and Harsimran Singh Sodhi. 2014. *Rsm : A Key to Optimize Machining : Multi-Response Optimization of CNC Turning with Al-7020 Alloy*.
- [9] Smid, Peter. 2010. *CNC Control Setup for Milling and Turning*. ed. John Carleo. New York: Industrial Press, Inc.
- [10] Syah, choirul asyiril zanuvar. 2011. "Pengaruh Parameter Pemotongan Dan Nose Radius Pahat Insert D – Series Terhadap Kekasaran Permukaan Pada Proses Pembubutan Baja Aisi 1045." universitas brawijaya.
- [11] Verdian, Muhammad. 2023. "Analisis Kekasaran Permukaan Benda Kerja Terhadap Pemakanan Kering Dan Basah Terhadap Material Baja AISI 1045 Pada Proses Pemesinan CNC Bubut."
- [12] Yudo, Eko, and Yudi Oktriadi. 2023. "Optimasi Parameter Proses Pemesinan Terhadap Kekasaran Permukaan Material S45C Menggunakan CNC Bubut Dengan Metode Taguchi." *penelitian dan pengabdian masyarakat* 3(7): 2538–45.