

Optimasi Parameter Untuk Meningkatkan Produktivitas Milling Berdasarkan Nilai Kekasaran Permukaan Dengan Menggunakan Metode Taguchi

Rifky Aria Irmawan^a, Anis Siti Nurrohkatyati^a, Andi Nugroho^a, Agus Mujianto^a

^aJurusan Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur
Jl. Ir. H. Juanda No.15, Sidodadi, Kec. Samarinda Ulu, Kota Samarinda, Kalimantan Timur 75124
Telp (0541)748511
e-mail: asn826@umkt.ac.id

Abstract

A milling machine is a machine that is capable of working on workpieces with flat, inclined surfaces, vertical sides and gear grooves. Each milling machining process has certain characteristics on the surface of the workpiece produced, one of which is surface roughness. There are several cutting parameters that affect the surface roughness value during the milling machining process including (spindle speed), (deflt of cuts), (feed rate), (cutting speed) and blade. The purpose of this study was to determine the parameters that most influence the value of surface roughness resulting from the milling machining process. The material used is Aluminum 5052 and the type of blade used is 8HSS End-mill. The method used is the Taguchi method using the Orthogonal Array L₉(3⁴) design. From the results of the research process, the roughness test process was carried out using Surface roughness in order to determine the roughness value. Then analyzed using Analysis of Variance (ANOVA) to find out the parameters that most influence the value of surface roughness resulting from the milling machining process. The results of the analysis show that (coolant) is the parameter that has the most influence on the surface roughness value with an SS value of 2.20 with the highest contribution percentage of 31%. Next is (deflt of cuts) with an SS value of 1.58 with a contribution percentage of 22%. Then (spindle speed) with an SS value of 1.36 with a contribution percentage of 19% and (feed rate) with an SS value of 0.95 with a contribution percentage of 13%.

Keywords: milling machine; Taguchi method; Surface roughness; Orthogonal Arrays, ANOVA.

Abstrak

Mesin milling adalah mesin yang mampu melakukan pengerjaan terhadap benda kerja dengan permukaan datar, miring, sisi tegak dan alur roda gigi. Setiap proses pemesinan milling memiliki karakteristik tertentu pada permukaan benda kerja yang dihasilkan, salah satunya adalah kekasaran permukaan. Terdapat beberapa parameter pemotongan yang mempengaruhi nilai kekasaran permukaan selama proses pemesinan milling termasuk (spindle speed), (deflt of cuts), (feed rate), (cutting speed) dan mata pisau. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui parameter yang paling mempengaruhi nilai kekasaran permukaan dari proses pemesinan milling. Material yang digunakan adalah Aluminium 5052 dan jenis mata pisau yang digunakan End-mill 8HSS. Metode yang digunakan adalah Metode Taguchi dengan menggunakan rancangan Orthogonal Array L₉(3⁴). Dari hasil proses penelitian dilakukannya proses uji kekasaran menggunakan Surface roughness agar dapat mengetahui nilai kekasarannya. Kemudian di analisa menggunakan Analysis of Varian (ANOVA) untuk mengetahui parameter yang paling berpengaruh terhadap nilai kekasaran permukaan hasil dari proses pemesinan milling. Hasil analisa diperoleh bahwa (pendingin) adalah parameter yang paling berpengaruh terhadap nilai kekasaran permukaan dengan nilai SS 2,20 dengan presentase kontribusi tertinggi yaitu

31%. Selanjutnya adalah (*deft of cuts*) dengan nilai SS 1,58 dengan persentase kontribusi 22%. Kemudian (*spindle speed*) dengan nilai SS 1,36 dengan persentase kontribusi sebesar 19% dan (*feed rate*) dengan nilai SS 0,95 dengan persentase kontribusi sebesar 13%.

Kata kunci: Mesin milling; Metode Taguchi; Kekasaran permukaan; Orthogonal Array, ANOVA

1. Pendahuluan

Teknologi yang terus berkembang di dunia industri manufaktur yang semakin maju meningkatkan kebutuhan alat yang lebih efisien dan efektif. Peningkatan alat yang canggih akan mendorong pelaku industri dalam membentuk suatu produk yang sesuai dengan perencanaan [1]. Proses produksi pembuatan suatu produk manufaktur yang ada di dunia industri hampir seluruhnya memerlukan proses pemesinan, salah satunya pada proses pemesinan mesin milling, mesin milling ini merupakan salah satu jenis mesin yang sangat umum digunakan dengan kemampuannya dalam melakukan berbagai jenis pekerjaan dengan menggunakan satu mesin. Menurut penelitian Sakti (2014) mesin milling adalah mesin yang mampu melakukan pengerjaan terhadap benda kerja dengan permukaan datar, miring, sisi tegak dan alur roda gigi [2]. Selain itu, mesin ini juga dapat mempermudah proses pembuatan komponen-komponen mesin dengan presisi dan efisien yang tinggi [3].

Setiap proses pemesinan milling memiliki karakteristik tertentu pada permukaan benda kerja yang dihasilkan, salah satunya adalah kekasaran permukaan. Hal ini terjadi karena dalam proses pemesinan sering terjadi penyimpangan akibat kondisi pemotongan. Kekasaran permukaan yang terjadi dipengaruhi dari beberapa parameter [4].

Ada beberapa parameter pemotongan yang mempengaruhi nilai kekasaran permukaan selama proses pemesinan milling termasuk spindle speed, *deft of cuts*, feed rate, cutting speed dan mata pisau [5]. Dari proses pemotongan terdapat pengaruh besar terhadap usia mata pisau milling dengan kekasaran permukaan, sehingga pemilihan mata pisau harus dipertimbangkan dengan khusus [6].

Berdasarkan latar belakang permasalahan tersebut, munculnya ide-ide dalam mengoptimasi parameter untuk meningkatkan produktivitas milling berdasarkan nilai kekasaran permukaan pada proses milling dengan menggunakan metode Taguchi [7]. Metode Taguchi merupakan salah satu metode yang paling banyak digunakan dalam menentukan kombinasi optimal parameter pemotongan pada suatu mesin perkakas. Metode Taguchi bertujuan untuk mengetahui kombinasi parameter yang optimal dan membuat kinerja terhadap berbagai sumber variasi [8]. Penelitian yang dilakukan oleh I. R. Putra et al. (2022) Menggunakan metode taguchi untuk meningkatkan kualitas dengan menentukan parameter optimal agar diperoleh kekasaran sesuai dengan standar atau nilai yang di tentukan.

Berdasarkan hal tersebut, parameter pada pemesinan yang mempengaruhi perubahan benda kerja dianalisis dengan melakukan eksperimen pemesinan dengan pendekatan Metode Taguchi (L9 orthogonal array) dan uji ANOVA untuk mendapatkan parameter pemesinan yang optimum dengan meminimasi perubahan yang terjadi.

2. Metodologi

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Mesin Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur, Kota Samarinda. Berlokasi di Universitas

Muhammadiyah Kalimantan Timur di jalan Ir. H. Juanda No.15, Sidodadi, Kec. Samarinda Ulu, Kota Samarinda, Kalimantan Timur 75124.

Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan Agustus – Desember 2022 dimulai dengan pengajuan judul proposal, studi literatur, penyusunan proposal, pemilihan alat dan bahan, melakukan proses pemesinan milling, pengujian kekasaran, pengolahan data dan hasil pengujian sampai dengan penyusunan laporan tugas akhir.

Pada rancangan penelitian ini dengan menggunakan metode penelitian eksperimen yang dipakai adalah Metode Taguchi. Metode Taguchi diperkenalkan oleh Dr. Genichi Taghuci (1940) yang merupakan metode baru dalam bidang manufaktur dengan tujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses serta dapat menekan biaya dan resources sekecil mungkin. Metode taguchi adalah upaya peningkatan kualitas yang berfokus pada peningkatan rancangan dan proses [9]. Sasaran dari metode taguchi adalah untuk meningkatkan kualitas produk, dengan menentukan faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas, kemudian memisahkannya menjadi faktor yang dapat dikendalikan (kontrol) dan tidak dapat dikendalikan (noise).

Pada rancangan penelitian ini adalah menentukan faktor kontrol, noise faktor dan memilih matriks orthogonal array. Adapun faktor kontrol, noise faktor, dan matriks orthogonal array dapat dilihat sebagai berikut:

Faktor kontrol terdiri dari 4 parameter dengan masing-masing parameter terdiri dari 3 level. Adapun parameter dan level dapat dilihat pada tabel 1 berikut:

Tabel 1. Faktor kontrol

| Kode | Control Factors | Level | | |
|------|---------------------|------------|---------------|-------------|
| | | 1 (Low) | 2 (Medium) | 3 (High) |
| A | Spindle Speed (rpm) | 312 Rpm | 468 Rpm | 552 Rpm |
| B | Deft Of Cuts (mm) | 0,5 mm | 1 mm | 1,5 mm |
| C | Feed Rate | 22 mm/mnt | 36 mm/mnt | 63 mm/mnt |
| D | Pendingin | Kering | Oli | Dromus |

Noise faktor terdiri dari 3 faktor dan masing-masing faktor terdiri dari 2 level. Adapun noise faktor dan level dapat dilihat pada tabel 2 berikut:

Tabel 2. Noise faktor

| Noise Faktor | Level | |
|-----------------|----------|----------------|
| | 1 | 2 |
| Suhu Ruangan | Normal | Panas |
| Operator | Kompeten | Tidak Kompeten |
| Ketajaman Pahat | Tajam | Tidak |

Rancangan penelitian ini menggunakan matriks orthogonal $L_9(3^4)$ dengan melakukan 9 kali percobaan dan 4 kali pengulangan dengan menggunakan 3 level dan terdiri 4 faktor. Adapun desain penelitian dengan susunan orthogonal dan nilai kekasaran permukaannya dapat dilihat pada tabel 3 berikut:

Tabel 3. Rancangan eksperimen penelitian

| Ekperimen | A | B | C | D | Data | Total | Rata-rata |
|-----------|---|---|---|---|------|-------|-----------|
| | | | | | | | |

| | | | | | r1 | r2 | r3 | r4 | | |
|---|---|---|---|---|----|----|----|----|--|--|
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | |
| 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | | | | | | |
| 3 | 1 | 3 | 3 | 3 | | | | | | |
| 4 | 2 | 1 | 2 | 3 | | | | | | |
| 5 | 2 | 2 | 3 | 1 | | | | | | |
| 6 | 2 | 3 | 1 | 2 | | | | | | |
| 7 | 3 | 1 | 3 | 2 | | | | | | |
| 8 | 3 | 2 | 1 | 3 | | | | | | |
| 9 | 3 | 3 | 2 | 1 | | | | | | |

Adapun alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah: 1) Mesin milling yang merupakan mesin perkakas yang dilakukan dengan proses penyayatan benda kerja dengan alat potong dan dilengkapi beberapa mata pisau pemotong yang berputar. 2) Surface roughness digunakan untuk mengukur tingkat kekasaran permukaan benda kerja. 3) Pahat End-Mill 8 HSS yang merupakan mata pisau yang digunakan untuk menyayat benda kerja selama proses milling. 4) Jangka sorong yaitu alat yang digunakan untuk mengukur diameter benda kerja. 5) Aluminium 5052 yang merupakan benda kerja yang digunakan selama proses milling. 6) Dromus digunakan sebagai media pendingin selama proses milling. 7) Oli digunakan sebagai media pendingin selama proses milling.

Langkah-langkah dalam melakukan penelitian adalah: 1) Mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan. 2) Memasang dan menyeting mata pisau milling pada mesin konvensional. 3) Memasang benda kerja pada ragum mesin milling konvensional dan kemudian kencangkan ragum. 4) Setting pengaturan pada mesin milling dengan benda kerja yang akan dikerjakan sesuai dengan ketentuan yang sudah divariasikan. 5) Hidupkan mesin milling. 6) Melakukan proses pemesinan milling. 7) Matikan mesin milling. 8) Lepaskan benda kerja dari ragum pada mesin milling. 9) Menghitung nilai kekasaran pada benda kerja menggunakan roughness tester.

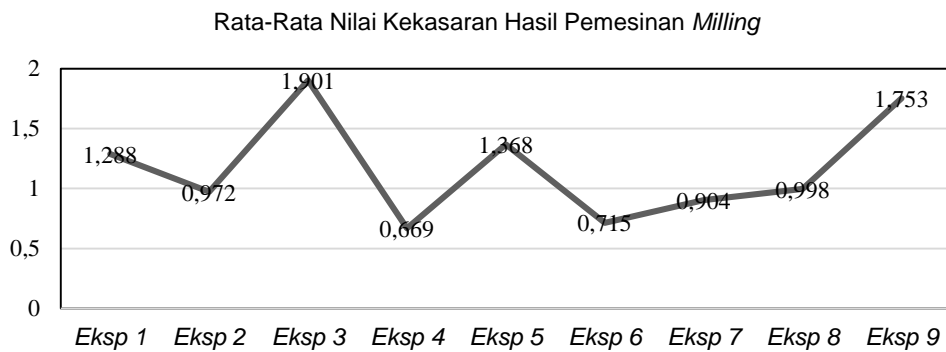
3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Uji Kekasaran

Setelah dilakukannya proses pemesinan milling, Selanjutnya dilakukan uji kekasaran menggunakan Surface Roughness untuk mendapatkan nilai kekasaran permukaan pada material. Adapun hasil uji kekasaran dapat dilihat pada tabel 4 berikut:

Tabel 4. Hasil uji kekasaran

| Eksperimen | A | B | C | D | Data | | | | Total | Rata-rata |
|------------|---|---|---|---|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|
| | | | | | r1 | r2 | r3 | r4 | | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1,154 | 1,196 | 1,311 | 1,489 | 5,150 | 1,288 |
| 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 0,859 | 1,164 | 0,670 | 1,196 | 3,889 | 0,972 |
| 3 | 1 | 3 | 3 | 3 | 1,761 | 1,984 | 1,823 | 2,037 | 7,605 | 1,901 |
| 4 | 2 | 1 | 2 | 3 | 0,549 | 0,784 | 0,564 | 0,780 | 2,677 | 0,669 |
| 5 | 2 | 2 | 3 | 1 | 1,443 | 1,413 | 1,304 | 1,311 | 5,471 | 1,368 |
| 6 | 2 | 3 | 1 | 2 | 0,612 | 0,725 | 0,789 | 0,734 | 2,860 | 0,715 |
| 7 | 3 | 1 | 3 | 2 | 0,705 | 0,997 | 0,755 | 1,158 | 3,615 | 0,904 |
| 8 | 3 | 2 | 1 | 3 | 1,084 | 0,927 | 1,045 | 0,935 | 3,991 | 0,998 |
| 9 | 3 | 3 | 2 | 1 | 1,391 | 1,973 | 1,569 | 2,077 | 7,010 | 1,753 |



Gambar 1. Grafik nilai kekasaran hasil milling

Hasil dari uji kekasaran terdapat nilai kekasaran terendah dibuktikan pada eksperimen 4 dengan nilai kekasaran 0,669 µm dan nilai kekasaran tertinggi di buktikan pada eksperimen 3 dengan nilai kekasaran 1,901 µm. berdasarkan penelitian ini terdapat standar kualitas nilai kekasaran manufaktur yaitu pada proses pemesinan milling dengan range of roughness 1-6 µm dengan kategori bagus. Hasil penelitian yang di buktikan terdapat beberapa eksperimen yang tidak memenuhi standar kualitas nilai kekasaran pemesinan milling, yaitu kombinasi eksperimen 2 (0,972 µm), eksperimen 4 (0,669 µm), eksperimen 6 (0,715 µm), eksperimen 7 (0,904 µm), dan di eksperimen 8 (0,998 µm). Sedangkan kombinasi eksperimen 1 (1,288 µm), eksperimen 3 (1,901 µm), eksperimen 5 (1,368 µm), dan di eksperimen 9 (1,753 µm) masuk memenuhi standar kualitas nilai kekasaran pemesinan milling.

Hasil dari uji kekasaran yang didapat selanjutnya dilakukannya analisa untuk mengetahui faktor dan level yang paling berpengaruh terhadap nilai kekasaran permukaan hasil dari proses pemesinan milling.

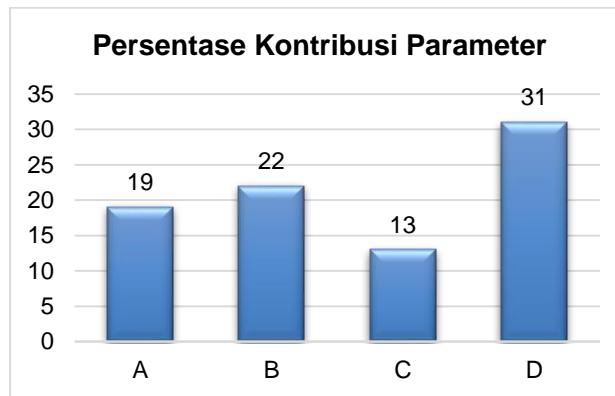
3.2 Analisa dengan Metode Taguchi

Berdasarkan hasil penelitian ini selanjutnya dilakukannya analisa untuk mengetahui faktor dan level yang paling berpengaruh terhadap nilai kekasaran permukaan. Adapun analisa yang digunakan yaitu analysis of variance (ANOVA) sebagai berikut:

Hasil Analysis of Varian (ANOVA)

Tabel 5. Hasil ANOVA

| Sumber | SS | dB | MS | Rasio-F | SS' | % |
|---------|-------|----|------|---------|------|------|
| A | 1.36 | 1 | 1.36 | 48.74 | 1.33 | 19% |
| B | 1.58 | 1 | 1.58 | 56.87 | 1.56 | 22% |
| C | 0.95 | 1 | 0.95 | 34.07 | 0.92 | 13% |
| D | 2.20 | 1 | 2.20 | 79.12 | 2.18 | 31% |
| e | 0.86 | 31 | 0.03 | 1.00 | 0.86 | 12% |
| SSt | 6.96 | 35 | | | 6.96 | 100% |
| Mean | 49.63 | 1 | | | | |
| SSTotal | 56.59 | 36 | | | | |



Gambar 2. Presentase kontribusi parameter

Berdasarkan hasil perhitungan ANOVA diperoleh nilai SS total yaitu 56.59. Hasil dari perhitungan tersebut dibuktikan bahwa nilai SS dapat diketahui faktor yang paling berpengaruh terhadap nilai kekasaran permukaan. Berdasarkan perhitungan tersebut di buktikan bahwa faktor D (pendingin) pada penelitian ini adalah parameter yang paling berpengaruh terhadap nilai kekasaran permukaan dengan nilai SS 2,20 dengan presentase kontsribusi sebesar 31%. Sedangkan faktor C (Feed rate) memiliki pengaruh paling kecil terhadap nilai kekasaran permukaan dengan nilai SS 0,95 dengan presentase kontribusi sebesar 13%. Adapun susunan pengaruh faktor terhadap nilai kekasaran permukaan adalah: 1) Faktor D (pendingin) dengan nilai SS 2,20 dengan presentase kontribusi sebesar 31%. 2) Faktor B (deft of cuts) dengan nilai SS 1,58 dengan presentase kontribusi sebesar 22%. 3) Faktor A (spindle speed) dengan nilai SS 1,36 dengan presentase kontribusi sebesar 19%. 4) Faktor C (feed rate) dengan nilai SS 0,95 dengan presentase kontribusi sebesar 13%.

Hipotesis

Berdasarkan analisa ANOVA menggunakan analisa statistik uji F, dimana F_{hitung} harus lebih besar dibandingkan dengan F_{tabel} untuk mengetahui faktor yang paling berpengaruh terhadap nilai kekasaran permukaan. Apabila F_{hitung} lebih besar dibanding F_{tabel} maka H_1 diterima dan H_0 ditolak, dimana H_1 terdapat pengaruh faktor terhadap nilai kekasaran permukaan, dan untuk H_0 tidak terdapat pengaruh faktor terhadap nilai kekasaran permukaan hasil proses pemesinan milling.

Tabel 6. Analisis statistik F hitung

| Faktor | F_{hitung} | Keterangan | F_{tabel} | Hasil |
|--------|--------------|------------|-------------|-------|
| A | 48,74 | > | 4,16 | H_1 |
| B | 56,87 | > | 4,16 | H_1 |
| C | 34,07 | > | 4,16 | H_1 |
| D | 79,12 | > | 4,16 | H_1 |

Berdasarkan tabel 6 dari hasil 4 faktor tersebut terdapat pengaruh faktor terhadap nilai kekasaran permukaan yaitu faktor A (spindle speed) dengan nilai F_{hitung} 48,74, di faktor B (deft of cuts) dengan nilai F_{hitung} 56,87, di faktor C (feed rate) dengan nilai F_{hitung} 34,07, dan di faktor D (pendingin) adalah faktor yang paling berpengaruh terhadap nilai kekasaran permukaan dengan nilai F_{hitung} 79,12.

4. Kesimpulan

Setelah dilakukan pengujian dan perhitungan dari proses pemesinan milling maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut: 1) Setelah dilakukan proses milling dan uji kekasaran didapatkan hasil bahwa faktor yang paling berpengaruh terhadap nilai kekasaran permukaan yaitu faktor D (pendingin) dengan nilai Fhitung 79,12 dengan persentase kontribusi tertinggi yaitu 31%. Selanjutnya faktor B (deflt of cuts) dengan nilai Fhitung 56,87 dengan persentase kontribusi 22 %. Kemudian faktor A (spindle speed) dengan nilai Fhitung 48,74 dengan persentase kontribusi sebesar 19% dan faktor C (feed rate) dengan nilai Fhitung 34,07 dengan persentase kontribusi sebesar 13 %. 2) Parameter yang paling berpengaruh dari hasil penelitian ini adalah faktor D (pendingin) dengan presentase kontribusi sebesar 31%.

Daftar Pustaka

- [1] D. Rizkiawan and W. Sumbodo, "Pengaruh Variasi Tekanan Udara Pada Pemotongan Plat Baja St 37 Menggunakan Cnc Plasma Cutting Terhadap Struktur Mikro, Kerf Dan Kekerasan," *J. Kompetensi Tek.*, vol. 12, no. 2, pp. 6–12, 2020, doi: 10.15294/jkomtek.v12i2.21152.
- [2] A. M. Sakti, "Pengaruh Jenis Pahat, Kedalaman Pemakanan, Dan Jenis Cairan Pendingin Terhadap Tingkat Kekasaran Dan Kerataan Permukaan Baja St. 41 Pada Proses Milling Konvensional," *JTM. Vol. 03 Nomor 01 Tahun 2014*, 40 - 48, vol. 03, pp. 40–48, 2014.
- [3] I. R. Putra, E. Indrawan, H. Nurdin, and B. Syahri, "Optimasi Parameter Pemesinan Terhadap Kekasaran Permukaan Baja Ems 45 Pada Proses Finishing Mesin Bubut Konvensional," *J. Vokasi Mek.*, vol. 4, no. 2, pp. 11–17, 2022, doi: 10.24036/vomek.v4i1.338.
- [4] F. Gayuh, U. Dewi, and F. Gapsari, "Optimasi Parameter Pembubutan Terhadap Kekasaran Permukaan Produk," vol. 4, no. 3, pp. 177–181, 2013.
- [5] H. M. Alfatih, "Studi Pengaruh Parameter Pemotongan Terhadap Kekasaran Permukaan Pada Proses Up Dan Down Milling Dengan Pendekatan Vertical Milling," *J. Tek. Mesin*, vol. 11, no. 1, pp. 37–42, 2010.
- [6] A. R. Syam, Y. A. A. Aziz, B. Syahri, and R. R. Aliafi, "Perbandingan Nilai Kekasaran Permukaan Proses Frais Bahan Aluminium 6061 Menggunakan Endmill Dan Fly Cutter Dengan Variasi Spindle Speed Pada Proses Finishing," *J. Vokasi Mek.*, vol. 3, no. 4, pp. 31–38, 2021, doi: 10.24036/vomek.v3i4.249.
- [7] S. Syach, A. S. Nurrohmayati, and S. H. Pranoto, "Optimasi parameter untuk kekasaran permukaan pada proses pembubutan baja ST 37 dengan menggunakan metode taguchi Parameter optimization for surface roughness in ST 37 steel turning process using taguchi method," *TEKNOSAINS J. Sains, Teknol. dan Inform.*, vol. 9, pp. 113–120, 2022.
- [8] Syahbuddin Santoso, Tataq, and B. Santoso, "Optimasi Parameter Pemotongan Proses Drilling Terhadap Kekasaran Permukaan Dan Laju Pelepasan Material Menggunakan Metode Taguchi," *Pros. KITT (Konferensi Ilm. Teknol. Texmaco)*, vol. 1, no. 1, pp. 117–124, 2018.
- [9] M. Setiawan, M. S. Y, Lubis, and Rosehan, "PENGARUH PARAMETER PERMESINAN MILLING TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN MATERIAL STAINLESS STEEL 304 PADA BRACKET CALIPER SEPEDA MOTOR MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI," *ץהאר*, vol. 7, no. 8.5.2017, pp. 2003–2005, 2022.