

**OPTIMASI VARIABEL PEMESINAN *VIBRATION ASSISTED TURNING*
(VAT) UNTUK MEMINIMALKAN KEKASARAN PERMUKAAN
DENGAN METODE TAGUCHI**

*OPTIMIZATION OF VIBRATION ASSISTED TURNING (VAT) MACHINE TO
MINIMIZE SURFACE ROUGHNESS WITH TAGUCHI METHOD*

Anggit Pratama¹, Haris Rachmat, ST., M.T.², and Denny Sukma Eka Atmaja, ST., M.Sc³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Universitas Telkom

¹anggitpratama.spt@gmail.com, ²Harisrachmat@telkomuniversity.ac.id,

³dennysukma@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Potensi industri manufaktur berdasarkan pada produk industri dalam bentuk barang yang dipasarkan ini akan mampu menggerakkan rantai nilai produsen kepada konsumen akhir. Implikasinya adalah lebih banyak lapangan pekerjaan dan dampak ekonomi yang telah tercipta oleh industri manufaktur. Tantangan industri modern terutama berfokus pada pencapaian kualitas yang tinggi, dalam hal pekerjaan dimensi akurasi, permukaan akhir, tingkat produksi yang tinggi, umur pada alat pemotongan dan meningkatkan kinerja produk dengan berkurangnya dampak pada lingkungan sekitar. Dalam beberapa tahun terakhir, permintaan untuk kualitas permukaan dan presisi dalam produk permesinan sangat meningkat terutama didalam industri manufaktur. Di jaman modern seperti saat ini, penerapan teknologi baru di berbagai sektor sangat dibutuhkan. *Ultrasonic vibration* merupakan salah satu dari teknologi yang baru dikembangkan dalam berbagai manufaktur seperti *ultrasonic welding*, *ultrasonic assisted turning*, *ultrasonic assisted drilling*, *ultrasonic assisted milling* dan juga digunakan dalam pengaplikasian alat medis. Pada studi ini proses optimasi dilakukan terhadap parameter permesinan VAT menggunakan metode Taguchi. Taguchi dipilih untuk mengetahui variabel serta kombinasi variabel yang memiliki pengaruh paling signifikan untuk menghasilkan data kekasaran permukaan yang optimal. Berdasarkan hasil kekasaran permukaan metode taguchi yaitu orthogonal array menghasilkan kombinasi $L_{27}(3^4)$. Selanjutnya, hasil analisis S/N ratio taguchi, kombinasi variabel *spindle speed* = 1350 rpm, *depth of cut* = 0,15 mm, *feed rate* = 0,17 mm/min dan frekuensi = 18.000 Hz menghasilkan nilai kekasaran permukaan yang minimum ($R_a = 1,620$ (μm)). Berdasarkan uji statistik didapatkan masing-masing parameter yang memberikan kontribusi pada *spindle speed* sebesar 0,94%, *feed rate* sebesar 93,71%, *depth of cut* sebesar 0,46% dan frekuensi sebesar 0,40%.

Kata kunci : *Vibration Assisted Turning (VAT), Surface roughness, Taguchi*

Abstract

ABSTRACT

The potential of the manufacturing industry based on industrial products in the form of marketed goods will be able to move the producer value chain to the final consumer. The implication is that there are more jobs and the economic impact created by the manufacturing industry. The challenges of the modern industry mainly focus on achieving high quality, in terms of work dimensions of accuracy, surface finish, high production rates, lifespan on cutting tools, and improving product performance with reduced impact on the surrounding environment. In recent years, the demand for surface quality and precision in machining products has greatly increased especially in the manufacturing industry. In modern times like today, the application of new technology in various sectors needed. Ultrasonic vibration is one of the newly developed technologies in various manufacturing such as ultrasonic welding, ultrasonic-assisted turning, ultrasonic-assisted drilling, ultrasonic-assisted milling, and is also used in the application of medical devices. In this study, the optimization process is carried out on the VAT machining parameters using the Taguchi method. Taguchi was chosen to find out which variables and combinations of variables had the most significant influence to produce optimal surface roughness data. Based on the surface roughness of the Taguchi method, orthogonal array produces a combination of L27 (34). Furthermore, the results of the Taguchi S/N ratio analysis, a combination of spindle speed variables = 1350 rpm, depth of cut = 0.15 mm, feed rate = 0.17 mm / min and frequency = 18,000 Hz produce a minimum surface roughness value ($R_a = 1,620 \mu\text{m}$). Based on statistical tests obtained each parameter that contributed to the spindle speed of 0.94%, a feed rate of 93.71%, depth of cut of 0.46%, and a frequency of 0.40%.

Keywords: Vibration Assisted Turning (VAT), Surface roughness, Taguchi

1. Pendahuluan

Ekonomi pada saat ini telah membawa perubahan yang berdampak luas pada perekonomian, baik ditingkat nasional maupun pada tingkat internasional. Berbicara tentang industri nasional, pemerintah tidak bisa mengabaikan sektor industri manufaktur yang memiliki kontribusi signifikan untuk seluruh industri nasional [1]. Tantangan industri modern terutama berfokus pada pencapaian kualitas yang tinggi, dalam hal pekerjaan dimensi akurasi, permukaan akhir, tingkat produksi yang tinggi, umur pada alat pemotongan dan meningkatkan kinerja produk dengan berkurangnya dampak pada lingkungan sekitar [2].

Dalam beberapa tahun terakhir, permintaan untuk kualitas permukaan dan presisi dalam produk permesinan sangat meningkat terutama didalam industri manufaktur [3]. Oleh sebab itu para produsen yang membuat sebuah produk dengan pemesinan dituntut harus selalu memaksimalkan kualitas produk dengan berbagai cara. Didalam proses bubut, kecepatan potong dan gerakan potong ditentukan dengan beberapa parameter. Parameter ini dipilih untuk setiap operasi berdasarkan material pada benda kerja, jenis *tools*, ukuran *tools*, dan lain-lain[4]. Perubahan pada parameter dapat mempengaruhi proses seperti, *cutting speed*, *spindle speed*, *feed rate*, *depth of cut*. Salah satu parameter penting dalam kualifikasi permukaan potong adalah pada kekasaran dan indeksnya. Hal ini menjadi alasan para peneliti membutuhkan waktu lama untuk menentukan indeks proses yang pada sebuah proses yang ditentukan. Beberapa prosedur dan teknik pemodelan yang pada dasarnya dapat diklasifikasikan ke dalam empat kelompok yaitu, *analytical models*, *experimental methods*, *design of experiment*, dan *artificial intelligence* [5]. Untuk menghasilkan kualitas permukaan yang baik perlu menentukan parameter proses pemesinan yang optimal dengan cara sistematis untuk

menghasilkan karakteristik berdasarkan parameter pemesinan dengan melakukan eksperimen dan uji ANOVA.

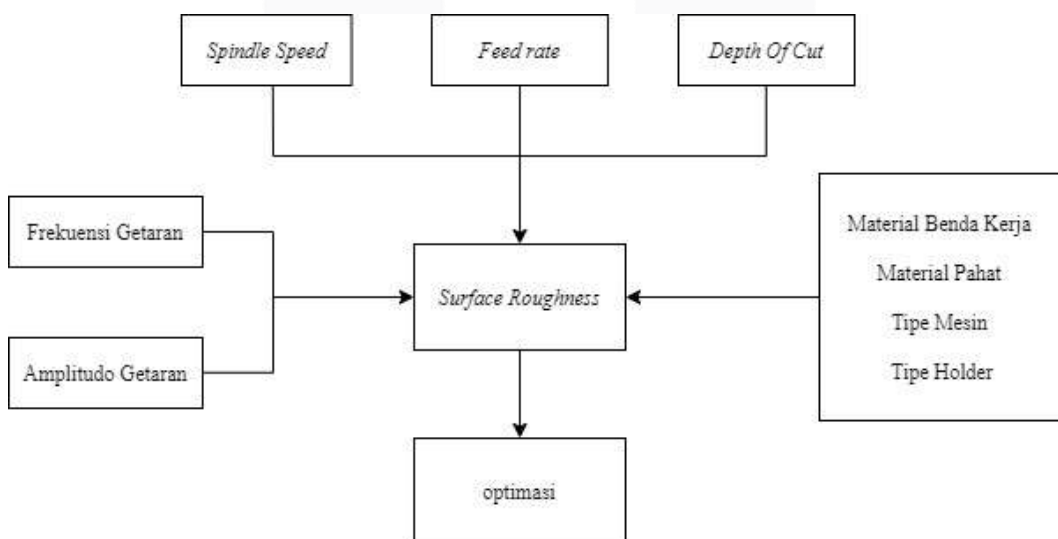
Di jaman modern seperti saat ini, penerapan teknologi baru di berbagai sektor sangat dibutuhkan. *Ultrasonic vibration* merupakan salah satu dari teknologi yang baru dikembangkan dalam berbagai manufaktur seperti *ultrasonic welding*, *ultrasonic assisted turning*, *ultrasonic assisted drilling*, *ultrasonic assisted milling* dan juga digunakan dalam pengaplikasian alat medis [6]. *Ultrasonic vibration assisted turning* telah diusulkan untuk memberikan alternatif pengurangan deformasi plastik yang berlebihan selama proses pemesinan [7]. *Ultrasonic assisted turning* merupakan teknik yang mana terdapat pada frekuensi tertentu (batas *ultrasonic*) getaran diterapkan pada alat potong atau benda kerja untuk mendapatkan hasil pemotongan yang lebih baik [8].

Karena perlu dilakukanya optimasi, maka optimasi parameter pemesinan untuk meminimalkan *surface roughness* dilakuka dengan menggunakan metode taguchi pada penelitian ini. Metode Taguchi digunakan untuk mengefesienkan waktu dan biaya .

2. Eksperimen

2.1 Prosedur Eksperimen

Berdasarkan Gambar 1, studi ini bertujuan untuk mengetahui kombinasi variabel optimal pada proses pemesinan terhadap kekasaran permukaan. Variabel proses pemesinan merupakan variable dependen dimana faktor tersebut (*depth of cut*, *feed-rate*, dan *spindle speed*) merupakan faktor yang dijadikan sebagai variabel pengukuran, variabel bebas dapat mempengaruhi terjadinya perubahan. Selain variabel bebas terdapat juga variabel independen dimana variabel independen merupakan variabel yang dilakukan pengukuran pada eksperimen ini yang dilakukan pengukuran adalah kekasaran permukaan. Diantara variabel independen dan variabel dependen terdapat variabel kontrol yang fungsinya adalah untuk membuat hubungan antara variabel independen dan variabel dependen tetap konstan, pada eksperimen ini varabel kontrol adalah jenis material dimana jenis material yang digunakan adalah Duralumin tipe 6061, kedua adalah jenis mesin, jenis mesin yang digunakan adalah mesin Turning *high precision lathe* dengan model S530X1000, ketiga adalah jenis *tools*, *tools* yang digunakan dalam eksperimen ini adalah *insert coated carbide*. Operasi pemesinan yang digunakan adalah operasi pemesinan turning *facing*.



Gambar 1 Prosedur Eksperimen

2.2 Set Up Eksperimen

parameter yang digunakan pada penelitian ini yaitu, *feed rate*, *depth of cut* dan *spindle speed* yang bertujuan untuk optimasi parameter pada proses pemesinan turning. Pada Tabel III.1 merupakan parameter pemesinan yang akan digunakan pada penelitian ini. Sehingga faktor dan level yang digunakan untuk melakukan percobaan pada dural 6061 ini dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 1 Paramter Proses pemesinan dan level

Faktor	Deskripsi	Level		
		L	M	H
A	<i>Spindle Speed</i> (rpm)	635	855	1350
B	<i>Depth of Cut</i> (mm)	0,1	0,15	0,2
C	<i>Feed Rate</i> (mm/min)	0,17	0,21	0,24
D	<i>Frequency</i> (Hz)	18000	20000	22000

Sebelum dilaksanakan proses pemesinan *facing* pada material alumunium AL 6061 dibuat undagan seperti digambar 2 untuk mempermudah membedakan antara proses satu dengan proses lainnya.

1. Pelaksanaan eksperimen

a. Proses pemesinan

Eksperimen proses pemesinan dilakukan sebanyak 27 kali percobaan pada UVAT dan 27 percobaan pada konvensional dengan parameter input seperti *orthogonal array* yang telah di *design*



Gambar 2 Undagan pada material alumunium AL6061

61

sebelumnya. Eksperimen ini dilakukan dengan mesin *turning winho* seperti gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3 Mesin Turning Winho

Tahapan proses pemesinan dalam penelitian ini :

1. Membuat *center point* terhadap material alumunium AL6061
2. Memasangkan *tools* ke *toolpost*, untuk konvensional memasang *holder* konvensional seperti gambar 4 dan jika UVAT memasang *simplified holder* seperti gambar 5.



Gambar 4 pemasangan *holder* konvensional pada *toolpost*



Gambar 5 Pemasangan *simplified Holder* pada *Toolpost*

3. Menyesuaikan parameter input sesuai dengan *orthogonal array* pada mesin *turning winho* seperti gambar 6.



Gambar 6 Penentuan Parameter Pemesinan

4. Untuk konvensional melakukan proses pemesinan *facing* sesuai undagan yang telah ditentukan.
5. Untuk UVAT, sebelum melakukan proses pemesinan, memasang *piezoo* pada *simplified holder* seperti gambar 7, lalu menyalakan amplifier dan menyesuaikan frekuensi sesuai dengan parameter input yang telah dikehendaki seperti di gambar 8.



Gambar 7 Memasang *piezoo* pada *holder*



Gambar 8 pengaturan frekuensi

6. Melakukan pengulangan pada proses 3-5 untuk kombinasi parameter selanjutnya.

Melakukan pengulangan pada proses 3-5 untuk kombinasi parameter selanjutnya.

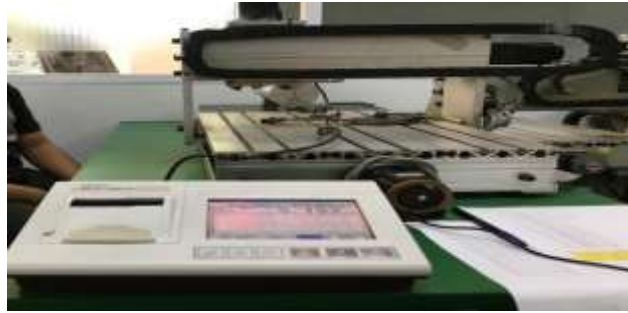
2.3 Pengukuran kekasaran permukaan

Pengukuran kekasaran permukaan pada material dilakukan terhadap tiga sisi yang berbeda dalam sekali pengukuran. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan nilai rata rata dari sisi yang berbeda pada setiap pengukuran kekasaran permukaan. pengukuran kekasaran dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9 Pengukuran kekasaran permukaan

Pengukuran kekasaran permukaan dilakukan dengan melihat dari hasil Ra pada alat mitotoyo *tester* dapat dilihat seperti gambar 10.



Gambar 10 Hasil Ra

3. Hasil dan Analisis

Tabel 2 Hasil Surface roughness tester UVAT

No	Depth of Cut	Feed Rate	Spindle Speed	frekuensi	Ra (μm)
1	635	0,17	0,1	18000	1,883
2	635	0,17	0,15	20000	1,976
3	635	0,17	0,2	22000	1,968
4	635	0,21	0,1	18000	2,745
5	635	0,21	0,15	20000	3,484
6	635	0,21	0,2	22000	3,279
7	635	0,24	0,1	18000	4,697
8	635	0,24	0,15	20000	3,961
9	635	0,24	0,2	22000	4,122
10	855	0,17	0,1	20000	2,132
11	855	0,17	0,15	22000	1,644
12	855	0,17	0,2	18000	1,988
13	855	0,21	0,1	20000	3,527
14	855	0,21	0,15	22000	2,835
15	855	0,21	0,2	18000	3,31
16	855	0,24	0,1	20000	4,292
17	855	0,24	0,15	22000	4,391
18	855	0,24	0,2	18000	3,937

19	1350	0,17	0,1	22000	1,692
20	1350	0,17	0,15	18000	1,620
21	1350	0,17	0,2	20000	1,771
22	1350	0,21	0,1	22000	3,202
23	1350	0,21	0,15	18000	2,563
24	1350	0,21	0,2	20000	2,822
25	1350	0,24	0,1	22000	4,034
26	1350	0,24	0,15	18000	4,232
27	1350	0,24	0,2	20000	4,303

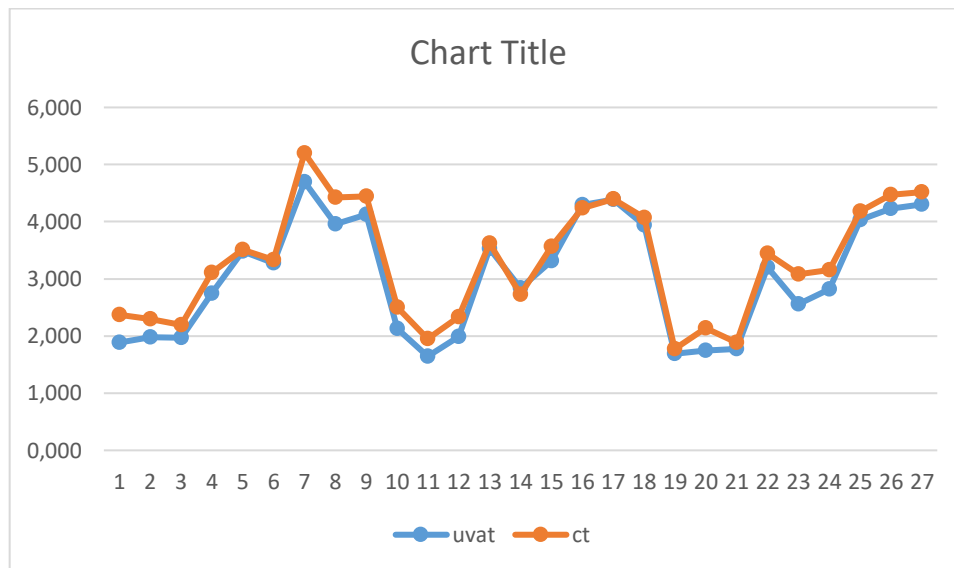
Sebagaimana ditunjukkan pada tabel ditunjukkan pada Tabel 2, nilai minimum dan maksimum Ra (μm) pada data UVAT berturut-turut yaitu, 1,620 μm dan 4,697 μm .

Tabel 3 Hasil *Surface roughness tester* konvensional

No	Depth of Cut	Feed Rate	Spindle Speed	Ra (μm)
1	635	0,17	0,1	2,367
2	635	0,17	0,15	2,297
3	635	0,17	0,2	2,197
4	635	0,21	0,1	3,107
5	635	0,21	0,15	3,508
6	635	0,21	0,2	3,333
7	635	0,24	0,1	5,202
8	635	0,24	0,15	4,427
9	635	0,24	0,2	4,44
10	855	0,17	0,1	2,498
11	855	0,17	0,15	1,951
12	855	0,17	0,2	2,331
13	855	0,21	0,1	3,623
14	855	0,21	0,15	2,727
15	855	0,21	0,2	3,563
16	855	0,24	0,1	4,238
17	855	0,24	0,15	4,392
18	855	0,24	0,2	4,069
19	1350	0,17	0,1	1,774
20	1350	0,17	0,15	2,139
21	1350	0,17	0,2	1,889

22	1350	0,21	0,1	3,449
23	1350	0,21	0,15	3,082
24	1350	0,21	0,2	3,153
25	1350	0,24	0,1	4,179
26	1350	0,24	0,15	4,47
27	1350	0,24	0,2	4,522

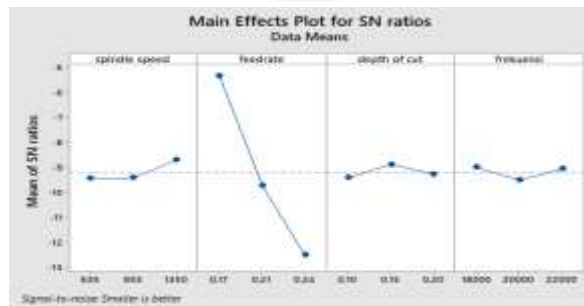
Sebagaimana ditunjukkan pada tabel ditunjukkan pada tabel 3, nilai minimum dan maksimum Ra (μm) pada data konvensional berturut turut yaitu, 1,774 μm dan 5,202 μm .



Gambar 11 perbandingan dari UVAT dan CT

Pada gambar 11 Menunjukkan bahwa hasil dari pemesinan *turning* menggunakan holder dengan UVAT dan konvensional jauh lebih baik. Tetapi masih ada percobaan eksperimen yang hasilnya sama antara UVAT dan konvensional.

3.2 Analisis Nilai *S/N Ratio* eksperimen



Gambar *S/n Ratio*

pada gambar IV.4 yang menunjukkan variabel optimal yang berpengaruh terhadap kekasaran permukaan berdasarkan nilai *S/n ratio* tertinggi adalah *spindle speed* 1350 rpm, *feedrate* $f = 0,17$ mm/rev, *depth of cut* $d = 0,15$ mm, frekuensi $f = 18.000$ HZ. Nilai *S/n ratio* dipilih berdasarkan titik yang paling tinggi karena nilai yang lebih tinggi dari *S/n ratio* mengidentifikasi pengaturan faktor kontrol yang meminimalkan efek dari faktor gangguan.

Selanjutnya uji ANOVA dilakukan untuk mengidentifikasi kontribusi dari masing-masing parameter dan signifikannya terhadap variable respon.

Tabel 4 Hasil uji ANOVA

Variabel	DF	Adj SS	F-Value	<i>P-value</i>	Kontribusi
<i>Spindle Speed</i>	2	0,2531	1,89	0,180	0,94%
<i>Feed rate</i>	2	25,2110	187,97	0,000	93,71%
<i>Depth Of Cut</i>	2	0,1248	0,93	0,412	0,46%
frekuensi		0,1082	0,81	0,462	0,40%
Error	18	1,2071			4,49%
Total	26				100,00%

Berdasarkan hasil pada tabel 4 diperoleh bahwa *P-value* yang dimiliki oleh *Feed rate* memiliki pengaruh paling signifikan. Jika *P-value* lebih kecil dari 0,05 maka variabel yang memiliki *P-value* tersebut memiliki pengaruh signifikan pada eksperimen yang telah dilakukan. Kontribusi yang dimiliki oleh *Spindle speed* sebesar 0,94% , *Feed rate* sebesar 93,71%, *DOC* sebesar 0,46% dan frekuensi 0,40% pada kekasaran permukaan.

4. Kesimpulan

Kombinasi parameter pemesinan yang dapat mengoptimasi nilai kekasaran permukaan pada UVAT yaitu *spindle speed* 1350 (level 3), *feedrate* 0,17 (level 1), *depth of cut* 0,15 (level 2) dan frekuensi 18.000 (level 1).

Daftar Pustaka:

- [1] Silalahi, S. A. F. (2014). Kondisi Industri Manufaktur Indonesia Dalam Menghadapi Globalisasi. *Jurnal Ekonomi Dan Kebijakan Publik*, 5(1), 1–13.
- [2] Thamizhmanii, S., & Hasan, S. (2006). Analyses of roughness, forces and wear in turning gray cast iron. *Journal of Achievements in Materials ...*, 17(1), 401–404. Retrieved from http://jamme.acmsse.h2.pl/papers_amme06/1224.pdfhttp://www.journalamme.org/papers_amme06/1224.pdf
- [3] hang, S. J., To, S., Wang, S. J., & Zhu, Z. W. (2015). A review of surface roughness generation in ultra-precision machining. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 91, 76–95. <https://doi.org/10.1016/j.ijmachtools.2015.02.001>
- [4] Krishankant, Taneja, J., Bector, M., & Kumar, R. (2012). Application of Taguchi Method for Optimizing Turning Process by the Effects of Machining Parameters. *International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)*, (2), 263. Retrieved from <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.674.7465&rep=rep1&type=pdf>
- [5] Qehaja, N., Jakupi, K., Bunjaku, A., Bruçi, M., & Osmani, H. (2015). Effect of machining parameters and machining time on surface roughness in dry turning process. *Procedia Engineering*, 100(January), 135–140.
- [6] Rachmat, H., Ibrahim, M. R., & Hasan, S. (2017). Preliminary Investigation of Parametric Optimization on Turning Process Using UVAT Tool Holder Based on Taguchi Method. *MATEC Web of Conferences*, 135. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201713500016>
- [7] Sharma, V., & Pandey, P. M. (2016). Recent advances in ultrasonic assisted turning: A step towards sustainability. *Cogent Engineering*, 3(1). <https://doi.org/10.1080/23311916.2016.1222776>
- [8] Rachmat, H., Ibrahim, M. R., & Hasan, S. (2017). Preliminary Investigation of Parametric Optimization on Turning Process Using UVAT Tool Holder Based on Taguchi Method. *MATEC Web of Conferences*, 135. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201713500016>