

OPTIMASI WAKTU & BIAYA PADA PROSES PENGUJIAN *CUTTING TEMPERATURE* PADA *TOOL HOLDER ULTRASONIC VIBRATION ASSISTED TURNING* DENGAN MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA

TIME & COST OPTIMIZATION OF *CUTTING TEMPERATURE TEST ON ULTRASONIC VIBRATION ASSISTED TURNING TOOL HOLDER* WITH FINITE ELEMENT METHOD

Dhiazaki¹, Rino Andias Anugraha², Agus Kusnayat³

¹Prodi S1 Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Telkom

²Prodi S1 Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Telkom

³Prodi S1 Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Telkom

¹dhiazaki09597@gmail.com, ²rino.andias@gmail.com, ³guskus@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Salah satu teknologi baru dalam proses bubut yaitu UVAT (*Ultrasonic Vibration Assisted Turning*). UVAT adalah teknologi dimana *Tool Holder* pada mesin bubut diberikan getaran berbentuk elliptical dimana input getaran tersebut adalah Frekuensi Getaran serta Amplitudo Getaran. UVAT dikatakan secara signifikan mengurangi gaya potong, lalu menghasilkan penyelesaian permukaan yang baik, serta memperpanjang umur pahat potong. UVAT juga dapat membuat permukaan benda kerja lebih halus, serta menambahkan umur pahat potong, mengurangi gaya potongan, meningkatkan kualitas permukaan benda kerja.

Pengujian dilakukan dengan merancang simulasi dengan *Finite Element Method* menggunakan *software ABAQUS CAE*. Pengujian ini dilakukan untuk membandingkan suhu pemotongan pada tiga *Tool Holder* yang berbeda. Pemilihan *Tool Holder* berdasarkan rata-rata suhu pemotongan Toolholder yang paling kecil, dengan *Cutting Speed* 350 RPM, *Feed Rate* 105 mm/min, *Depth of Cut* 1 mm, Frekuensi Getaran 18000 Hz, Amplitudo X 4 μm , Amplitudo Y 6 μm sebagai parameternya

Kata kunci : *Ultrasonic Vibration Assisted Turning, Finite Element Method, Cutting Temperature*

Abstract

One of the new technologies in the lathe process is UVAT (*Ultrasonic Vibration Assisted Turning*). UVAT is a technology where *Tool Holder* on the machine provides elliptical movement where is Vibration Frequency and Vibration Amplitude are the input. UVAT is very influential on cutting force, while producing good, and extend the life of cutting tool. UVAT can also create better surface roughness for workpieces, and add age, reduce cutting style, improve the workpiece surface quality.

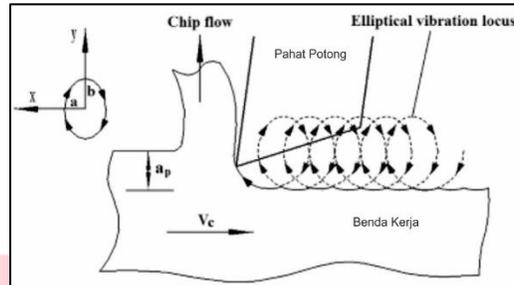
The test is set by designing a simulation with *Finite Element Method* using *ABAQUS CAE software*. This test is performed to compare the cutting temperature on three different *Tool Holder*. Selection of *Tool Holder* is based on the lowest average Toolholder cutting average. with 350 RPM *Cutting Speed*, 105 mm/min *Feed Rate*, 1 mm *Depth of Cut*, *Vibration Frequencies* 18000 Hz, 4 μm X *Amplitude*, 6 μm Y *Amplitude* as its paramters

Keywords: *Ultrasonic Vibration Assisted Turning, Finite Element Method, Cutting Temperature*

1. Pendahuluan

Dalam dunia Industri, peranan Proses Pemesinan adalah salah satu teknologi produksi yang sangat diperlukan untuk memproduksi sebuah barang. Seiring dengan perkembangan kualitas produk pemesinan, teknologi ini senantiasa dikembangkan baik dari segi teknis (kemampuan mesin dan perkakas potong), dampak proses terhadap mutu produk, maupun dari sisi pertimbangan ekonomi [8]. Mesin Bubut adalah suatu mesin perkakas yang digunakan untuk memotong benda yang diputar. Proses pembubutan yaitu termakannya benda kerja yang pemotongannya dilakukan dengan cara memutar benda kerja kemudian dikenakan pada pahat yang digerakan secara translasi sejajar dengan sumbu putar dari benda kerja. Pahat juga merupakan bagian dari mesin bubut yang memegang peran penting dalam pemotongan logam, karena pahat adalah bagian yang berkontak langsung dengan benda kerja yang dipotong [5].

Salah satu teknologi baru dalam proses bubut yaitu UVAT (*Ultrasonic Vibration Assisted Turning*) telah berhasil digunakan untuk menghasilkan hasil permukaan pemotongan yang lebih baik [9]. *Ultrasonic Vibration* dikatakan secara signifikan mengurangi gaya potong, lalu menghasilkan penyelesaian permukaan yang baik, serta memperpanjang umur pahat potong [7]. Gambar 1 menunjukkan gambaran pergerakan pahat potong menggunakan teknologi UVAT



Gambar 1 2D UVAT

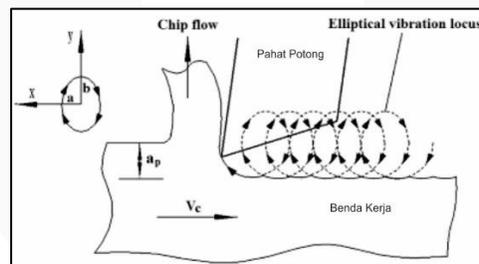
Parameter yang digunakan untuk pengujian adalah *Cutting Speed* 350 RPM, *Feed Rate* 105 mm/min, *Depth of Cut* 1 mm, *Frekuensi Getaran* 18000 Hz, *Amplitudo X* 4 μm , *Amplitudo Y* 6 μm . Batas amplitudo pada $X = 4 \mu\text{m}$, $Y = 6 \mu\text{m}$ dan frekuensi getaran hanya mencapai 18000 Hz adalah berdasarkan kemampuan *Piezo Plate*, dimana *Piezo Plate* yang digunakan memiliki gerakan maksimum hanya mencapai 1 mikron.

2. Dasar Teori

2.1 UVAT (*Ultrasonic Vibration Assited Turning*)

UVAT atau *Ultrasonic Vibration Assisted Turning* adalah salah satu metode yang berpotensi untuk mencapai permukaan yang paling efisien dalam proses pemesinan logam. Dengan menerapkan UVAT pada proses pemesinan, reaksi panas terhadap benda kerja dan pahat potong dapat diredamkan. Lalu menghasilkan benda kerja yang presisi dan pahat potong tidak mengalami keausan yang berarti [10].

Ultrasonic Vibration Assisted Turning dikatakan secara signifikan mengurangi gaya potong, lalu menghasilkan penyelesaian permukaan yang baik, serta memperpanjang umur pahat potong [9]. Perbedaan teknologi *Ultrasonic Vibration Assited Turning* ini ada pada *Tool Holder*-nya, *Tool Holder* dapat bergerak dalam dua arah secara bersamaan, ujung pada pahat potong bergerak secara elliptical.



Gambar 2 Pergerakan *Tooltip* Dengan Teknologi UVAT [9]

Dari Gambar 2 terdapat elips dengan garis putus-putus, itu merupakan pergerakan pahat potong dengan menggunakan teknologi UVAT

2.2 Termal

Pentingnya memperhatikan temperatur pada proses pemesinan sangat diperlukan, karena berhubungan langsung dengan kerusakan pahat potong serta menjadi batasan untuk produktivitas. Panas memiliki pengaruh besar pada proses pemesinan yang berhubungan langsung dengan pahat potong. Temperatur panas yang muncul dari proses pemesinan meliputi dari benda kerja (*workpiece*), pahat potong (*tool*), geram (*chip*), dan sekitarnya (*surrounding*) [1].

$$Q_w + Q_t + Q_c + Q_s$$

Keterangan:

Q_w : Panas *Workpiece*

Q_t : Panas *Tools*

Q_c : Panas *Chips*

Q_s : Panas *Surrounding* (sekitar)

Dampak dari temperatur pemotongan yang tinggi dapat merugikan untuk pahat potong serta benda kerja. Sebagian besar panas yang terjadi terbawa oleh geram yang dihasilkan oleh proses pemotongan, tapi tidak berarti jika geram terbuang panas tidak ada pada benda kerja [2]. Jadi diperlukan bahwa geram mengambil lebih banyak panas yang dihasilkan dibandingkan pahat potong serta benda kerjanya, karena dapat merugikan pahat potong seperti:

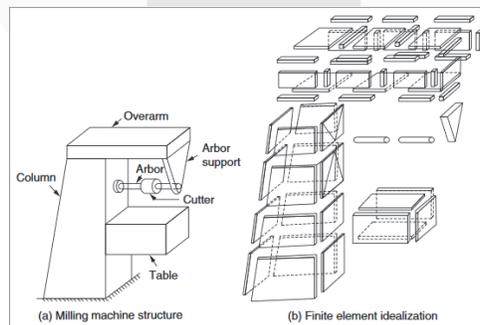
1. Cepat aus nya pahat potong, yang mengurangi umur pemakaian pahat potong.
2. Deformasi plastis dari ujung pahat potong jika bahan pahat potong tidak kuat dan keras.

Kemudian adapun kemungkinan kerugian untuk benda kerja itu sendiri, seperti:

1. Terjadinya ketidaktepatan dimensi hasil pengerjaan dikarenakan distorsi termal.
2. Permukaan cacat oleh oksidasi, korosi cepat, dan kebakaran.

2.3 Finite Element Method

Finite Element Method (FEM) adalah teknik numerik yang paling sering dipakai pada pemesinan logam. Pada dasarnya, FEM itu melakukan pergantian suatu kontinum oleh *Finite Element* agar menjadi *mesh*, setiap mesh menghasilkan elemen kecil yang saling berhubungan yang membuat sebuah model lebih mudah untuk dianalisis [4]. Dan dari sudut pandang teknik, metode ini berguna untuk memecahkan sebuah masalah besar dengan memecahnya menjadi bagian-bagian kecil terlebih dahulu [3]. Untuk lebih jelasnya digambarkan pada Gambar 3:



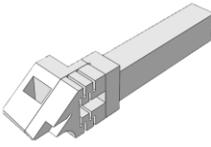
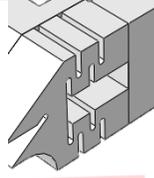
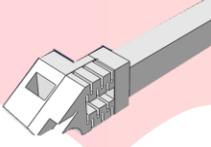
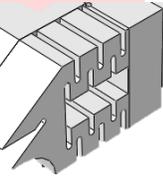
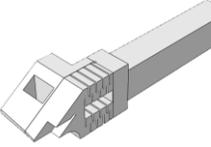
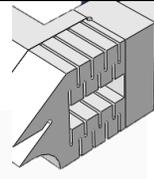
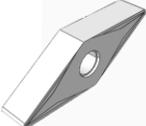
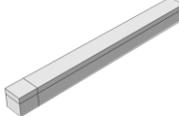
Gambar 3 Sketsa *Finite Element Method* (S. Rao, 2011)

Jika peneliti ingin meneliti sesuatu dari mesin frais tersebut, maka langkah baiknya mesin dipecah menjadi bagian-bagian kecil lalu dianalisis untuk setiap bagiannya

3. Pembahasan

Desain CAD yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1:

Tabel 1 Tabel CAD Part

	Desain	Detail
<i>Tool Holder 2 Hinge</i>		
<i>Tool Holder 3 Hinge</i>		
<i>Tool Holder 4 Hinge</i>		
<i>Insert</i>		
<i>Workpiece</i>		

Pada 3 desain *Tool Holder*, yang membedakan desain satu dengan desain lainnya adalah bagian lubang pada bagian badan *Tool Holder* yang berbentuk kotak. Fungsi *Tool Holder* sendiri adalah sebagai tempat untuk Insert pada proses pemotongan. Kemudian ada desain Insert dibuat berdasarkan desain Insert eksisting yang sudah ada. Insert dipasang pada *Tool Holder* dan sebagai part yang akan memakan Workpiece saat proses pemotongan. Dan terakhir Workpiece

merupakan part yang akan termakan saat proses pemesinan berjalan yang dimana akan menjadi produk jadi. Untuk spesifikasi material yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2:

Tabel 2 Tabel Spesifikasi Material

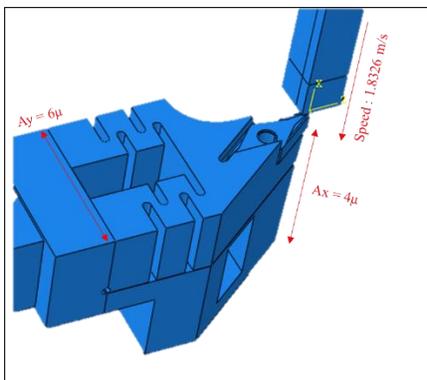
		AISI 1045	AL 1060	Carbide
Conductivity (W/mK)		5,19	234	110
JC Damage	d1	0,04	0,13	0
	d2	1,03	0,13	0,01072
	d3	1,39	-1,5	-1,669
	d4	0,002	0,011	0
	d5	0,46	0	0
	Melt Temp (K)	1623,15	922,15	3168
	Trans Temp	25	0	0
	Reference Strain Rate	1	1	1
Density (Kg/m ³)		7850	2700	15600
Elasticity	Young (Pa)	2,05E+11	8E+10	6,86E+11
	Poisson	0,29	0,33	0,22
Plasticity	A (Pa)	615	34500000	375000000
	B (Pa)	667	56500000	552000000
	n	0,255	0,183	0,457
	m	1,078	0	0
	Melt Temp (K)	1623,15	922,15	3168
	Trans Temp	1	0	0
	Specific Heat (J/Kg.K)	486	900	39,8

AISI 1045 adalah salah satu jenis *Steel* berkarbon sedang, dimana AISI 1045 akan diaplikasikan pada *Tool Holder*. AL 1060 adalah salah satu jenis *Aluminium Alloy* yang akan diaplikasikan pada *Workpiece*. Sedangkan TUNGSTEN CARBIDE adalah material dari gabungan *Tungsten* dan Atom Karbon, dimana material ini akan diaplikasikan pada *Insert*.

Tabel 3 Tabel Parameter

Jenis Parameter	Besar Parameter
<i>Cutting Speed</i>	350 RPM
<i>Feed Rate</i>	0,105 m/min
<i>Depth of Cut</i>	0,001 m
Frekuensi	18000 Hz
Amplitudo X	4 μ
Amplitudo Y	6 μ

Pada Tabel 3, adalah parameter yang digunakan untuk dijalankannya simulasi. *Cutting Speed* merupakan kecepatan putar benda kerja, *Feed Rate* merupakan seberapa jauh pahat potong memakan benda kerja, *Depth of Cut* merupakan seberapa dalam pahat potong memakan benda kerja, Frekuensi adalah jumlah getaran yang terjadi dalam satu periode. Amplitudo X dan Y adalah perpindahan *Tool Holder* terhadap sumbu X dan Y



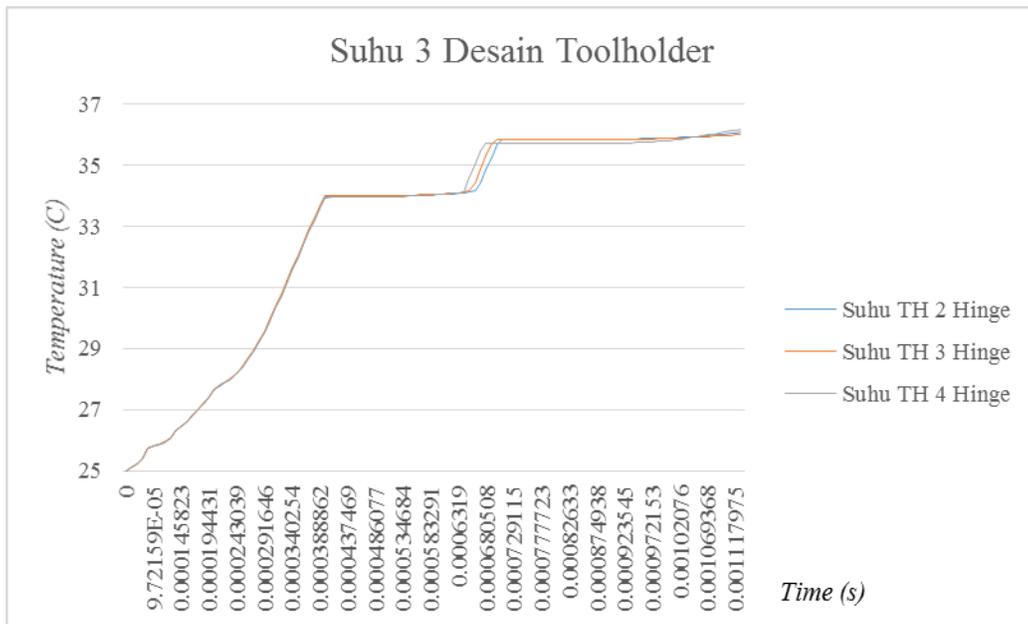
Gambar 4 Pengaturan Boundary Condition pada Simulasi

Pengujian simulasi pada *Tool Holder* ini berguna untuk mengetahui suhu pemotongan yang terjadi pada masing-masing *Tool Holder*. Lalu akan dipilih salah satu *Tool Holder* dengan rata-rata suhu paling kecil. Dimana pada *Tool Holder* diberikan amplitudo dan frekuensi getaran seperti Tabel 3. Pemasangan ujung *Workpiece* diatur menggunakan koordinat, untuk masing-masing koordinat X, Y, dan Z adalah 0.00001, 0.001, -0.0025. Y sebagai *Depth of Cut* yaitu sedalam 1 mm dan Z sebagai *Feed Rate* yaitu sebesar 105 mm/min. *Cutting Speed* yang digunakan adalah sebesar 350 RPM yang lalu di konversi menjadi 1,8326 m/s. Seperti yang dapat dilihat pada Gambar 5

Tabel 5 Hasil Suhu Pemotongan Seluruh *Tool Holder*

<i>Tool Holder 2 Hinge</i>		<i>Tool Holder 3 Hinge</i>		<i>Tool Holder 4 Hinge</i>	
Waktu (s)	Suhu (°C)	Waktu (s)	Suhu (°C)	Waktu (s)	Suhu (°C)
0	25,0000	0	25,0000	0	25,0000
0,0001069	25,8517	0,0001069	25,8635	0,0001069	25,8426
0,0001652	26,8025	0,0001652	26,8024	0,0001652	26,7927
0,0002235	27,8901	0,0002235	27,9176	0,0002235	27,8977
0,0002819	29,2161	0,0002819	29,2451	0,0002819	29,2063
0,0003402	31,5782	0,0003402	31,6373	0,0003402	31,5573
0,0003985	33,9402	0,0003985	33,9893	0,0003985	33,9137
0,0004569	33,9751	0,0004569	33,9953	0,0004569	33,9610
0,0005152	33,9818	0,0005152	34,0033	0,0005152	33,9688
0,0005735	34,0138	0,0005735	34,0331	0,0005735	34,0111
0,0006318	34,0666	0,0006319	34,0969	0,0006318	34,0934
0,0006902	35,2564	0,0006902	35,7297	0,0006902	35,7132
0,0007485	35,8459	0,0007485	35,8363	0,0007485	35,7171
0,0008068	35,8506	0,0008068	35,8404	0,0008068	35,7221
0,0008652	35,8539	0,0008652	35,8440	0,0008652	35,7257
0,0009235	35,8556	0,0009235	35,8455	0,0009235	35,7282
0,0009818	35,8702	0,0009818	35,8576	0,0009818	35,7764
0,0010402	35,9213	0,0010402	35,9050	0,0010402	35,9087
0,0010985	36,0155	0,0010985	35,9725	0,0010985	36,0772
0,0011082	36,0300	0,0011082	35,9825	0,0011082	36,1156
0,0011179	36,0513	0,0011179	35,9971	0,0011179	36,1481
0,0011276	36,0709	0,0011274	36,0114	0,0011276	36,1814

Data yang digunakan untuk masing-masing *Tool Holder* hanya mencapai detik ke 0.000233317. Detik tersebut diambil berdasarkan hasil simulasi yang tercepat yaitu pada *Tool Holder* dengan 4 *Hinge*, hal tersebut agar semua *Tool Holder* dapat dibandingkan. Berikut adalah suhu masing-masing *Tool Holder* sampai detik ke 0.000233317



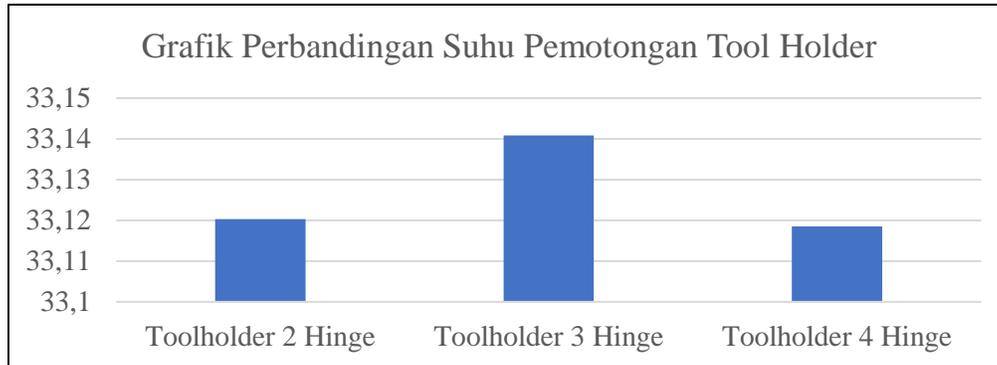
Gambar 6 Grafik Suhu Pemotongan Seluruh *Tool Holder*

Suhu awal pada *Tooltip* dipasang sebesar 25 °C dimana ini berdasarkan suhu ruangan normal. Lalu pada detik 0,000106937 sampai 0,000388862, *Tooltip* sudah mulai menyentuh *Workpiece*, sehingga terjadi peningkatan suhu rata-rata mencapai 25 – 33,613 °C. Karena pada dasarnya 2D UVAT adalah teknologi dengan menggetarkan *Tool Holder*, maka pada detik 0,000398583 sampai 0,00063189 itu adalah waktu dimana *Tooltip* menyentuh dan tidak bergesekan dengan benda kerja, dan suhunya relatif konstan yaitu dari 33,948 – 34,086 °C. Lalu pada detik ke 0,0006416 sampai 0,0008360, *Tooltip* kembali menyentuh benda kerja dan *Tooltip* mengalami kenaikan suhu mencapai 34,117 – 35,806 °C. Lalu pada detik 0,000845773 sampai 0,001127, *Tooltip* kembali tidak bersentuhan dengan *Workpiece* dan suhunya tidak mengalami peningkatan yg besar, hanya sekitar 35,8070 – 36,0879 °C

Tabel 3 Tabel Rata-Rata Suhu Pemotongan Seluruh *Tool Holder*

Desain <i>Tool Holder</i>	Suhu Rata-Rata (°C)
<i>Tool Holder 2 Hinge</i>	32.9605
<i>Tool Holder 3 Hinge</i>	32.9820
<i>Tool Holder 4 Hinge</i>	32.9586

Dari hasil perhitungan rata-rata untuk setiap desain *Tool Holder*, perbedaan rata-rata masing-masing *Tool Holder* hanya berbeda sekitar $0.02\text{ }^{\circ}\text{C}$, dari fakta ini dapat disimpulkan bahwa *Tool Holder* yang diuji memiliki kestabilan yang sama untuk setiap desainnya. Didapatkan bahwa rata-rata suhu untuk *Tool Holder 2 Hinge* yaitu $32.9605\text{ }^{\circ}\text{C}$, untuk *Tool Holder 3 Hinge* yaitu $32.9820\text{ }^{\circ}\text{C}$, dan untuk *Tool Holder 4 Hinge* yaitu $32.9586\text{ }^{\circ}\text{C}$. Maka dari itu rata-rata terkecil adalah *Toolholder 4 Hinge*. Dapat disimpulkan bahwa *Tool Holder 4 Hinge* adalah *Tool Holder* terbaik dalam segi suhu.



Gambar 8 Grafik Perbandingan Suhu Pemotongan Seluruh *Tool Holder*

4. Kesimpulan

Dari hasil dari analisis simulasi yang dilakukan, dapat ditarik kesimpulan bahwa:

1. *Tool Holder* yang terpilih berdasarkan suhu rata-rata berdasarkan parameter pemotongannya yaitu *Depth of Cut* yaitu sedalam $0,001\text{ m}$ dan *Feed Rate* yaitu sebanyak $0,105\text{ m/min}$. *Cutting Speed* yang digunakan adalah sebesar 350 RPM adalah *Tool Holder* dengan *4 Hinge* dengan suhu rata-rata $32,9586\text{ }^{\circ}\text{C}$.
2. Didapatkan bahwa waktu pengujian simulasi menghabiskan waktu lebih lama dibandingkan pengujian secara eksperimen, dimana waktu pengujian secara simulasi menghabiskan waktu sebanyak 195 Jam sedangkan waktu pengujian secara eksperimen menghabiskan waktu sebanyak 188 Jam . Dan biaya pengujian menggunakan simulasi terbukti lebih terjangkau daripada biaya pengujian eksperimen, dimana biaya pengujian secara eksperimen menghabiskan biaya sebesar $\text{Rp } 602.743.392,88$, sedangkan biaya pengujian secara simulasi hanya menghabiskan dana sebesar $\text{Rp } 372.263.366,30$.

- [1] Augustine .C, Uzorh dan Olisaemeka .C, Nwifo. 2013. *Thermal Aspect of Machining: Evaluation of Tool and Chip Temperature during Machining Process Using Numerical Method*
- [2] C S Akhil et al. 2016. *Measurement of Cutting Temperature during Machining*.
- [3] H. Dill, Ellis. 2011. *The Finite Element Method for Mechanics of Solid ANSYS Application*. London: CRC Press.
- [4] Markopoulos, Angelos P. 2013. *Finite Element Method in Machining Processes*. Athens: National Technical University of Athens
- [5] Putu Fitrah Dewangga, Sang et al. 2017. *Pengaruh Variasi Kecepatan Putaran Mesin BUBUT terhadap Keausan pada Alat Potong Pahat HSS Tipe Bohler MO 1/2X4*
- [6] Rao, S. Singiresu. 2011. *The Finite Element Method in Engineering Fifth Edition*. Florida: ELSVIER
- [7] Qiang Wang et al. 2016. *Fundamental Machining Characteristic of the In-base-plane Ultrasonic Elliptical Vibration Assisted Turning of Inconel 718*.
- [8] Wiyono, Slamet dan Pramono, Agus. 2016. *Performa Hard Machining Pada AISI-01 Alloy Tool Steel*.
- [9] Yin, Zhen et al. 2016. *A novel single driven ultrasonic elliptical vibration cutting device*.
- [10] Zhang, J. et al. 2013. *Investigation on Machining Performance of Amplitude Control Sculpturing Method in Elliptical Vibration Cutting*.