

APLIKASI HASIL RANCANG BANGUN MESIN BUBUT MINI TERHADAP PROSES PEMOTONGAN (KOMPARASI SUHU PEMOTONGAN SECARA EKSPERIMENTAL DAN NUMERIK 2D)

Rinaldi Alghi Fari¹⁾, Irawan Malik²⁾, Ahmad Junaidi³⁾

^{1,2,3)}Teknik mesin, Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang, Indonesia

Jl. Srijaya Negara, Bukit Besar, Palembang, Sumatera Selatan 30139, Indonesia

Email: r4fr1n4ld1@gmail.com

ABSTRAK

Tujuan utama dari aplikasi hasil rancang bangun mesin bubut mini terhadap proses pemotongan (komparasi suhu pemotongan secara eksperimental dan numerik) ini adalah untuk Melihat perbandingan suhu yang terjadi di mesin bubut mini dengan cara numerik lalu di Analisa secara eksperimental agar bisa dibandingkan apakah Analisa numerik tersebut sama dengan aplikasi dilapangan dan mengetahui suhu dari pahat bubut tersebut. Alat ini dirancang untuk membuat pekerjaan yang di lakukan di mesin bubut agar lebih mudah dan fleksibel. Alat ini menggunakan aplikasi numerik AdvantEdge™ untuk menghitung berapa suhu yang terjadi dan membandingkan dengan cara eksperimental menggunakan Infrared Thermometer.

Kata kunci : Aplikasi hasil rancang bangun, Suhu, Eksperimental dan Numerik 2D

1. PENDAHULUAN

Didalam dunia industri saat ini tidak akan pernah terlepas dari penggunaan mesin perkakas baik itu industri berskala besar maupun kecil. Mesin perkakas berfungsi sebagai mesin yang dapat memotong suatu material menjadi produk jadi maupun setengah jadi dalam bentuk dan ukuran tertentu.

Salah satu mesin perkakas itu ialah mesin bubut, yang didefinisikan sebagai mesin perkakas untuk memotong benda yang diputar. Bubut sendiri merupakan suatu proses pemakanan benda kerja yang sayatannya dilakukan dengan cara memutar benda kerja kemudian dikenakan pada pahat yang digerakkan secara translasi sejajar dengan sumbu putar dari benda kerja.

Didalam proses pembubutan itu sendiri terdapat gesekan antara pahat dengan permukaan benda kerja. Gesekan tersebut menyebabkan kenaikan suhu pada pahat, yang dapat mempengaruhi keausan pada pahat. Pahat yang mengalami keausan dapat mempengaruhi ketelitian produk yang dihasilkan.

Dengan latar belakang tersebut penulis melakukan eksperimen untuk mencari tahu nilai kenaikan suhu pada pahat, dan faktor apa saja yang mempengaruhi kenaikan paha suhu pahat, lalu membandingkan hasil eksperimen dengan menggunakan software *AdvantEdge*™.

Tujuan penelitian ini adalah:

1.1 Mencari tahu suhu pada pahat pada saat proses pembubutan.

1.2 Mencari tahu faktor apa saja yang mempengaruhi naiknya suhu pada pahat.

1.3 Membandingkan hasil eksperimen dengan software *AdvantEdge*™.

Manfaat penelitian ini adalah

1.1 Dapat mengetahui nilai dari suhu pada pahat saat proses pembubutan.

1.2 Membantu dunia industri untuk mencegah terjadinya keausan pada pahat yang diakibatkan naiknya suhu pada pahat.

Dalam penelitian ini penulis membatasi masalah yaitu:

1.1 Cutting speed = 59 m/mm, 94m/mm, 169 m/mm.

1.2 Depth of cut = 1,5 mm, 2 mm, 2.5 mm.

1.3 Length of cut = 0,5 mm, 1mm, 1,5mm.

1.4 Bahan yang digunakan adalah baja AISI 1045.

1.5 Pahat yang digunakan HSS (*High Speed Steel*).

2. BAHAN DAN METODA

Besar daya motor yang digunakan untuk menggerakkan peralatan mesin bubut dapat dihitung dengan rumus:

$$P = \frac{2 \cdot \pi \cdot n \cdot T}{60} \quad (1)$$

Rumus perhitungan Sabuk dan Puli

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{d_1}{d_2} \quad (2)$$

Dengan :

- n_1 = putaran motor penggerak (rpm)
- n_2 = putaran puli yang digerakkan (rpm)
- d_1 = diameter *pitch* puli yang digerakkan (mm)
- d_2 = diameter *pitch* puli penggerak (mm).

Apabila gaya tegang tarik efektif, $F_e = (F_{kc} - F_{kd})$ maka torsi (T) pada puli dan poros penggerak (*driver*) dan yang digerakkan (*driven*) dapat dihitung dengan rumus:

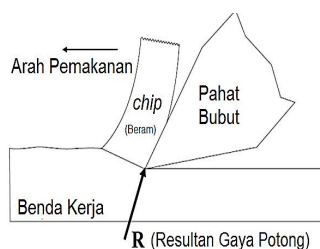
$$T_1 = F_e \frac{d_1}{2} = \frac{T_2}{\eta} \cdot \frac{d_1}{d_2} \quad (3)$$

dari hubungan daya motor, besarnya torsi dan putaran sudut, $P = T \cdot \omega$ maka

$$T_1 = \frac{P_2 \cdot d_1}{\omega_2 \cdot \eta \cdot d_2} = \frac{P_2}{\omega_1 \cdot \eta} \quad (4)$$

Rumus Perhitungan gaya

Menurut Kutlu (2016), komponen-komponen gaya potong diproses pembubutan terlihat pada gambar. Dalam kenyataannya, adalah sulit untuk menganalisis gaya-gaya tersebut dan mekanika di operasi pemotongan karena kerumitan geometri alat potong (*cutting tool*) dan benda kerja (*workpiece*). Untuk menyederhanakan proses dan membuat estimasi lebih mudah untuk perhitungan gaya dan daya, operasi pembubutan akan diasumsikan sebagai pemotongan *orthogonal*, yaitu sisi pemotongan dari *tool* tegak lurus terhadap arah pemakanan (*feed*). Dengan demikian tidak ada gaya potong pada arah radial yang ditimbulkan oleh *tool*, sehingga operasi pemotongan hanya dalam dua dimensional.



Gambar 1. Gaya-gaya potong saat proses pembubutan[7]

bc adalah lebar pemotongan arah radial dan ϕ sudut yang didefinisikan sebagai sudut pemotongan, yang merupakan sudut antara bidang potong dan arah pemotongan. Dari geometri lingkaran *Merchant*, komponen-komponen R dihitung dari.

$$F_t = tb\tau_s \cos(\beta - \alpha) / \sin\phi \cos(\phi + \beta - \alpha) \quad (5)$$

$$F_f = tb\tau_s \sin(\beta - \alpha) / \sin\phi \cos(\phi + \beta - \alpha) \quad (6)$$

Daripersamaan-persamaan diatas, untuk meminimumkan energi potong total, didapat dengan mendifferensialkan $d\tau_s d\phi = 0$ sehingga

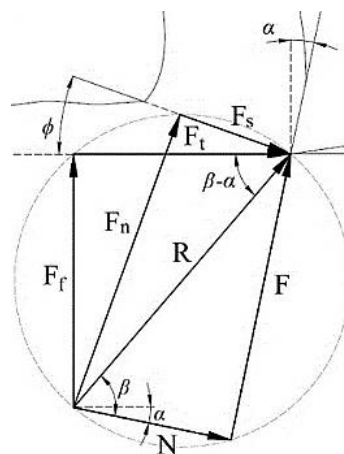
$$\phi = \pi/4 - \beta/2 + \alpha/2 \quad (7)$$

gaya-gaya potong akan didapat melalui parameter di rumus-rumus tersebut. Namun, prediksi dan mendapatkan parameter-parameter spesifik pembubutan, khususnya sudut gesek, adalah sulit, oleh karena itu digunakan rumus-rumus aplikasi praktis yang berbeda. Parameter-parameter baru K_t and K_f , disebut sebagai faktor-faktor gaya potong dan tangensial digunakan yaitu;

$$K_t = \tau_s \cos(\beta - \alpha) / \sin\phi \cos(\phi + \beta - \alpha) \quad (8)$$

$$K_f = \tau_s \sin(\beta - \alpha) / \sin\phi \cos(\phi + \beta - \alpha) \quad (9)$$

Dengan demikian maka gaya potong dan tangensial menjadi



$$F_t = tb\alpha K_t \quad (10)$$

$$F_f = tb\alpha K_f$$

Faktor-faktor K_t dan K_f tergantung pada kedua material (tegangan geser τ_s) dan parameter-parameter spesifik proses (tebal dan sudut beram t dan α , sudut potong ϕ , sudut kemiringan λ , keausan *tool*). Sehingga K_t dan K_f dirumuskan.

$$K_t = k_{tt} k_{\alpha} k_{\phi} k_{\lambda} k_{T} k_a \quad (11)$$

$$K_f = k_{ft} k_{\alpha} k_{\phi} k_{\lambda} k_{T} k_a \quad (12)$$

Tabel 1. Parameter-parameter yang mempengaruhi K_t dan K_f

k_{tt}	tebal beram tergantung pada faktor gaya potong spesifik
k_{ft}	tebal beram tergantung pada faktor gaya tangensial spesifik
k_{α}	faktor sudut beram
k_{λ}	faktor sudut kemiringan (<i>slope</i>)
k_T	material <i>tool</i> potong dan faktor metode pemotongan
k_a	faktor keausan <i>tool</i>

K_t dan K_f didapat melalui metode eksperimen untuk material khusus, geometri tool dan kondisi-kondisi pemotongan khusus.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

$$V = \pi D S n_s = 3,14159 \cdot 0,020 \cdot 318 = 19,97 \text{ m/men}$$

Nilai spesifik material K_t dan K_f ada pada tabel yang didapat secara eksperimental untuk baja AISI 1045.

Tabel 2. Parameter pemotongan *Orthogonal* AISI 1045 dan 4340

	1045 (f = 80 $\mu\text{m/put}$)	4340
Sudut Gesek	23,18	$\beta = 20,6 + 0,12 \alpha$
Sudut Geser (Shear)	14,56	$\phi = \tan^{-1} \left(\frac{r_c \cos \alpha}{1 - r_c \sin \alpha} \right)$ $r_c = C_0 t^{C_1}$ $C_0 = 0,8477 - 0,0048 \alpha$ $C_1 = 0,2775 - 0,0047 \alpha$
Tegangan Geser	$\tau_s = 574 \text{ Mpa}$	$\tau_s = 650 \text{ Mpa}$

Diasumsikan $\alpha = 5^\circ$ sebagai sudut *rake* pahat potong, yang merupakan nilai umum pahat potong, dengan menggunakan rumus-rumus 2.6 – 2.13 di bab 2 dan $t = 0,35 \text{ mm}$, maka diperoleh untuk bahan AISI 4340:

$$\beta = 20,6 + 0,12\alpha = 20,6 + 0,12 \cdot 5 = 21,2^\circ$$

$$C_0 = 0,8477 - 0,0048 \alpha = 0,8237$$

$$C_1 = 0,2775 - 0,0047 \alpha = 0,254$$

$$r_c = C_0 t^{C_1} = 0,631$$

$$\phi = \tan^{-1} \left(\frac{r_c \cos \alpha}{1 - r_c \sin \alpha} \right) = 33,63^\circ$$

$$K_t = \tau_s \cos(\beta - \alpha) / \sin \phi \cos(\phi + \beta - \alpha) = 1742,2 \text{ N/mm}^2$$

$$K_f = \tau_s \sin(\beta - \alpha) / \sin \phi \cos(\phi + \beta - \alpha) = 507,6 \text{ N/mm}^2$$

$$F_t = t b K_t = 0,35 \cdot 6 \cdot 1742,2 = 3658,52 \text{ N}$$

$$F_f = t b K_f = 0,35 \cdot 6 \cdot 507,6 = 1065,96 \text{ N}$$

$$R = \sqrt{F_f^2 + F_t^2} = \sqrt{3658,2^2 + 1065,96^2} = 3810,33 \text{ N}$$

Untuk bahan AISI 1045 dengan cara perhitungan yang sama dengan di atas diperoleh:

$$K_t = \tau_s \cos(\beta - \alpha) / \sin \phi \cos(\phi + \beta - \alpha) = 1343,24 \text{ N/mm}^2$$

$$K_f = \tau_s \sin(\beta - \alpha) / \sin \phi \cos(\phi + \beta - \alpha) = 485,41 \text{ N/mm}^2$$

$$F_t = t b K_t = 0,35 \cdot 6 \cdot 1343,24 = 2820,80 \text{ N}$$

$$F_f = t b K_f = 0,35 \cdot 6 \cdot 485,41 = 873,74 \text{ N}$$

$$R = \sqrt{F_f^2 + F_t^2} = \sqrt{2820,8^2 + 873,74^2} = 2953,02 \text{ N}$$

Gaya geser F_s , antara *workpiece* dan geseran material selama pemotongan dapat dihitung dari lingkaran *Merchant* yaitu

$$F_s = R \cos(\phi + \beta - \alpha) = 3810,33 \cdot \cos(33,63 + 21,2 - 5) = 2457,88 \text{ N (AISI 4340)}$$

$$= 2953,02 \cdot \cos(14,56 + 23,2 - 5) = 2483,33 \text{ N (AISI 1045)}$$

Hasil perhitungan kecepatan dan daya geser V_{sh} dan P_s antara kedua bahan ternyata tidak berbeda secara signifikan sebagai berikut.

$$V_{sh} = V \frac{\cos \alpha}{\cos(\phi - \alpha)} = 19,97 \frac{\cos 5^\circ}{\cos(33,63 - 5)} = 22,67 \text{ m/men} = 0,378 \text{ m/det}$$

$$P_s = F_s V_{sh} = 929,08 \text{ W} = 1,25 \text{ hp (AISI 4340)}$$

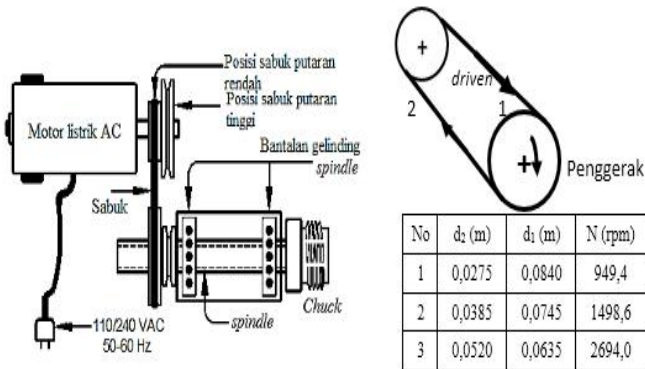
$$P_s = F_s V_{sh} = 938,70 \text{ W} = 1,26 \text{ hp (AISI 1045)}$$

Gaya gesek ditimbulkan oleh beram mengalir ke *tool*, $F = R \sin \beta = 1377,91 \text{ N}$.

Kecepatan beram, $V_c = r d' = 12,557 \text{ m/men} = 0,21 \text{ m/det}$, untuk ketebalan beram rata-rata 0,63 mm, sehingga

$$\text{Daya gesek, } P_f = F V_c = 3810,33 \cdot 0,21 = 1356,477 \text{ W}$$

Daya pemotongan total diperlukan di ujung *tool*,
 $P_t = P_f + P_s = 1356,477 + 938,70 = 2295,177 W = 2,3 kW$



Gambar 2. Skematik rangkaian motor listrik dan transmisi sabuk

Dari gambar 2 torsi pada puli digerakkan (*driven*), yang berhubungan langsung dengan daya pemotongan total, dapat dihitung dengan rumus

$$T_2 = F_e \frac{d_2}{2} = \frac{T_1}{\eta} \cdot \frac{d_2}{d_1} \text{ atau } T_2 = \frac{P_1 \cdot d_2}{\omega_1 \cdot \eta \cdot d_1} = \frac{P_2}{\omega_2 \cdot \eta}$$

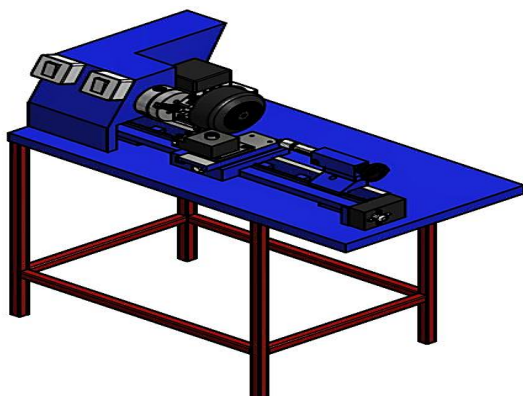
dengan $P_2 = P_t = 2,3 kW$, $\omega_2 = \frac{V}{r_2} = \frac{19,97/60}{0,052/2} =$

$12,8 \frac{\text{rad}}{\text{det}^2}$, $\omega_1 = \frac{r_2}{r_1} \omega_2 = \frac{0,052}{0,0635} 12,8 = 10,48 \frac{\text{rad}}{\text{det}^2}$, maka

$$P_1 = \frac{P_2 \cdot \omega_1 \cdot d_1}{\omega_2 \cdot d_2} = \frac{2,3 \cdot 10,48 \cdot 0,0635}{12,8 \cdot 0,052} = 2,3 kW$$

Dengan demikian daya pembubutan total yang diperlukan mampu didukung oleh motor penggerak untuk mesin bubut mini adalah

$$P_m = \frac{P_1}{\eta} = \frac{2,3}{0,95} = 2,42 kW = 3,24 hp$$

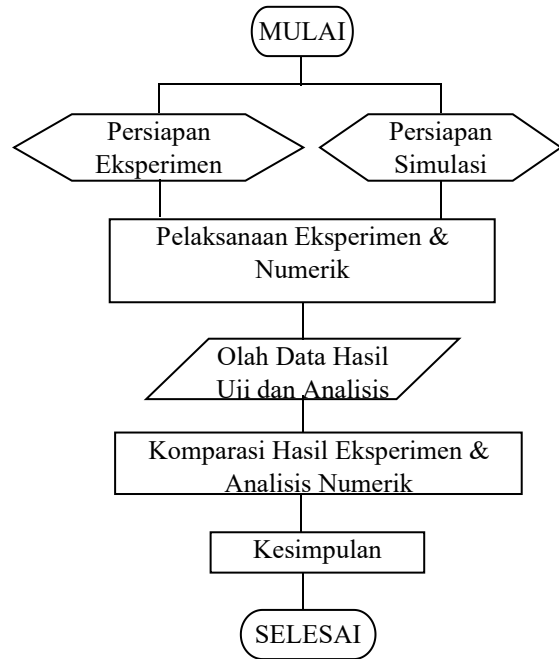


Gambar 3. Mesin bubut

Proses Pengambilan Data

Pada bagian ini akan ditelaah pengaruh beberapa parameter proses pembubutan terhadap suhu di ujung mata pahat bubut secara eksperimen dibandingkan dengan analisis numerik menggunakan *software* AdvantEdge™.

Metodologi Penelitian



Gambar 4. Diagram alir metodologi penelitian.

Parameter-parameter pemotongan

Tabel 3. Parameter pemotongan

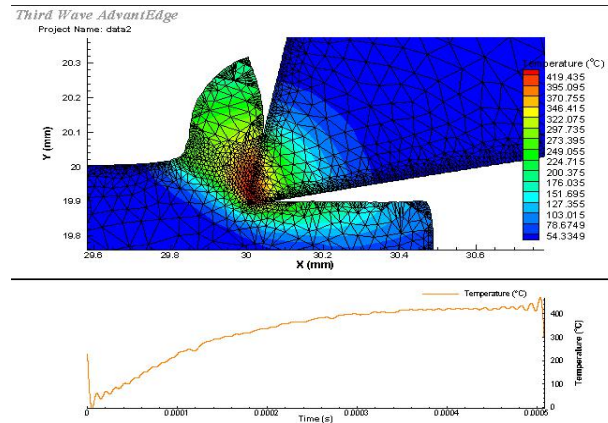
Cutting speed, V (m/men)	59	94	169
Depth of cut (Doc), (mm)	0,5	1	1,5
Length of cut (Loc), (mm)	0,5	1	1,5
feed (mm/rev)	0,1		

Pahat bubut (*cutting tool*) dan Benda kerja (*workpiece*)

Proses pembubutan dilaksanakan dengan material kerja dan pemakaian pahat bubut ditampilkan pada tabel berikut ini.

Tabel 4. Properti material

Objek	Material	Densitas, ρ (kg/m ³)	Elastisitas (MPa)	Dimensi (mm)
Pahat Bubut	HSS	$\pm 7900,00$	± 225	100 x 6 x 6
Benda Kerja	Mild Steel	$\pm 7850,0$	± 210	ϕ 20 x 30



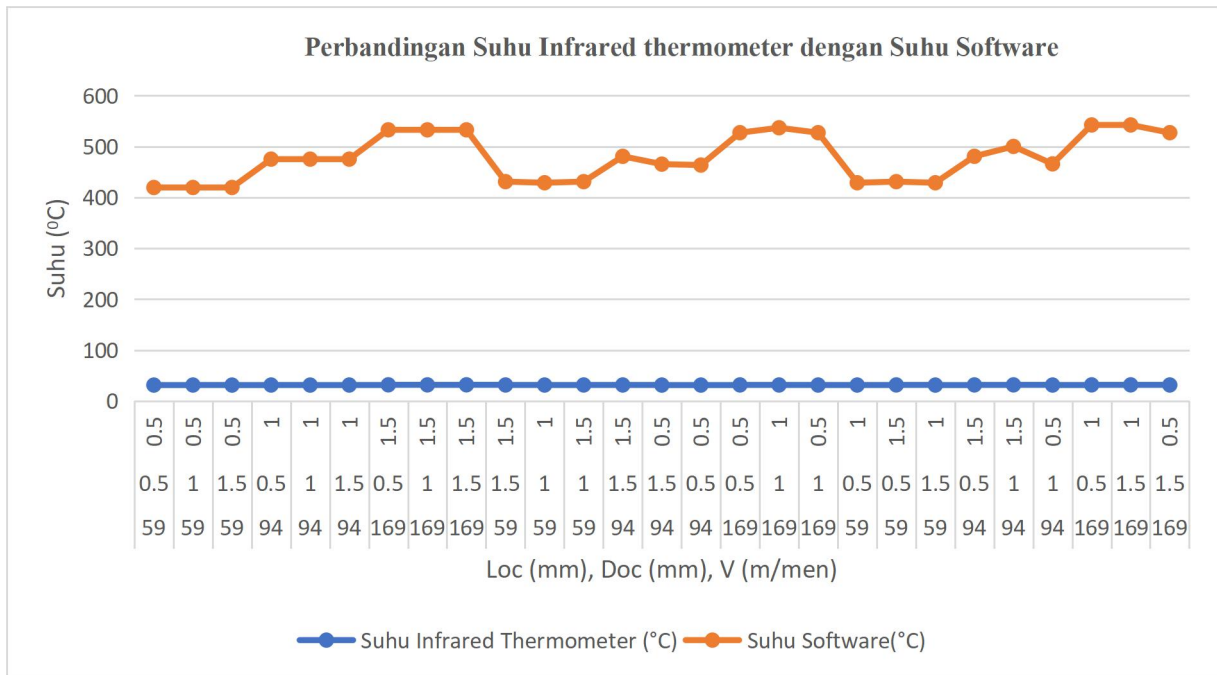
Gambar 5. Hasil suhu pada *software*

Results and Discussion

Tabel 5. Hasil eksperimental dengan hasil *software*

No	Tingkat Pulley	V (m/men)	Doc (mm)	Loc (mm)	Suhu Infrared Thermometer (°C)	Suhu Software(°C)
1		59	0,5	0,5	31,2	419,435
2	I	59	1	0,5	31,3	419,435
3		59	1,5	0,5	31,2	419,435
4		94	0,5	1	31,3	475,124
5	II	94	1	1	31,2	475,124
6		94	1,5	1	31,3	475,124
7		169	0,5	1,5	31,7	542,713
8	III	169	1	1,5	31,6	542,713
9		169	1,5	1,5	31,7	542,713
10		59	1,5	1,5	31,4	430,928
11	I	59	1	1	31,3	428,754
12		59	1	1,5	31,4	430,928

13		94	1,5	1,5	31,4	480,649
14	II	94	1,5	0,5	31,2	465,310
15		94	0,5	0,5	31,2	463,516
16		169	0,5	0,5	31,5	527,144
17	III	169	1	1	31,4	536,779
18		169	1	0,5	31,3	527,144
19		59	0,5	1	31,3	428,754
20	I	59	0,5	1,5	31,5	430,928
21		59	1,5	1	31,2	428,754
22		94	0,5	1,5	31,5	480,694
23	II	94	1	1,5	31,6	500,104
24		94	1	0,5	31,3	465,810
25		169	0,5	1	31,6	532,305
26	III	169	1,5	1	31,6	532,305
27		169	1,5	0,5	31,4	527,144



Gambar 6. Grafik Perbandingan Suhu

4. KESIMPULAN

Dari hasil pengambilan data secara eksperimental dan numerik ada beberapa kesimpulan yang bisa diambil.

- 4.1 Semakin panjang *Length of cut* maka semakin tinggi suhu yang dihasilkan, terlihat pada grafik saat *length of cut* 0,5 mm suhu yang dihasilkan pada Infrared Thermometer sebesar 31,2°C pada software sebesar 419,35°C, dengan kecepatan yang sama *Depth of cut* juga sama tetapi *Length of cut* 1 mm suhu yang dihasilkan pada *Infrared Thermometer* 31,3°C dan suhu pada software 428,754°C.
- 4.2 Semakin tinggi kecepatan semakin tinggi pula suhu yang didapat, terlihat pada grafik saat kecepatan 94 m/menit suhu yang dihasilkan pada Infrared Thermometer sebesar 31,3°C pada software sebesar 475,124°C, dengan *Depth of cut* dan *Length of cut* yang sama tetapi kecepatan 169 m/menit suhu yang dihasilkan pada *Infrared Thermometer* 31,6°C dan suhu pada software 532,305°C.
- 4.3 Terdapat perbedaan hasil dari *Infrared Thermometer* dengan *Software* tetapi memiliki grafik yang sama.

DAFTAR PUSTAKA

1. Adita, R. & Ganjar, A. A. 2014. *Rancang Bangun Mesin Bubut Kayu untuk Pembuatan Rebana*. D3 – FTI ITS: Laporan Akhir. Diunduh: 10 Juli 2017. ([Url:http://digilib.its.ac.id/ITS-paper-21021140004055/30314](http://digilib.its.ac.id/ITS-paper-21021140004055/30314))
2. Andri. T. Y. 2017. *Bagian-bagian Mesin Bubut beserta Fungsinya*. Diun-duh: 10 Juli 2017). ([url: http://andritriy.blogspot.co.id/2016/02/bagian-bagian-mesin-bubut-beserta.html](http://andritriy.blogspot.co.id/2016/02/bagian-bagian-mesin-bubut-beserta.html)).
3. Constantin, C. Dkk. 2014. *3 D FEM Analysis of Cutting Processes*, Conference Paper on Advances in Visualization, Imaging and Simulation. ISSN: 1792-6130. Pp. 41 – 46.
4. Corrax, U. 2007. *Cutting Data Recommendations*. ([url: https://us.misumi-ec.com/pdf/tech/mech/US2010_fa_p3565_3568.pdf](https://us.misumi-ec.com/pdf/tech/mech/US2010_fa_p3565_3568.pdf)).
5. Groover, M. P. 2010. *Fundamentals of modern manufacturing: materials, processes and systems*, 4th ed. USA: Jhon Wiley & Sons, Inc.
6. Kutlu, A. 2016. *Design and development of a lathe spindle*. Thesis. Stockholm: KTH Industrial Engineering and Management.
7. Sidik, M. 2017. *Jenis-jenis Motor DC/Arus Searah*. Diunduh: 11 Juli 2017. ([Url: https://msidik.wordpress.com/category/uncategorized/](https://msidik.wordpress.com/category/uncategorized/)).
8. Silva, L. R. Dkk. 2012. *Machinability Study of Steels in Precision Orthogonal Cutting*. Diunduh: 10 Juli 2017. ([Url://www.scielo.br/pdf/mr/v15n4/aop_1252_12.pdf](http://www.scielo.br/pdf/mr/v15n4/aop_1252_12.pdf))
9. Widodo & Willy, K. 2015. *Pembuatan Mesin Pencetak Dan Uji Penyerapan Air Pada Batako dengan Sistem Injak*. Poli Batam. Diunduh: 11 Juli 2017. ([Url: https://p2m.polibatam.ac.id/.../2015/.../Full-Paper-SNTT-2014-Widodo-1](https://p2m.polibatam.ac.id/.../2015/.../Full-Paper-SNTT-2014-Widodo-1))
10. __. 2006. *Timing Belt Theory*. Diunduh: 10 Juli 2017. ([url: www.gatesmectrol.com](http://www.gatesmectrol.com))

