

## **STUDI KUALITAS PERMUKAAN PEMBUBUTAN KERING PADA BAJA AISI 4340 MENGGUNAKAN PAHAT PVD DAN CVD BERLAPIS**

**Yulfitra**

Fakultas Teknik dan Komputer Universitas Harapan Medan, Jalan H. M. Jhoni No. 70 C, yuvitura@yahoo.com

**Junaidi**

Fakultas Teknik dan Komputer Universitas Harapan Medan, Jalan H. M. Jhoni No. 70 C, junaidi413@yahoo.com

---

### **Abstract**

In order to manufacture a component of high quality, surface quality is the most important requirement for users. An understanding of the chip removal process in metal cutting is essential for material selection and tool design, and also for ensuring consistent dimensional accuracy and surface integrity of the finished product. Friction in metal cutting affects cutting power, machining quality, tool life and production costs. The most important measure of surface quality during the machining process is the average surface roughness (Ra). When the tool wear reaches a certain value, the cutting force, vibration and cutting temperature increase, causing the dimensional error to be larger than the tolerance and the surface integrity to deteriorate. This tool wear is one of the most important aspects of hard turning. Usually abrasion, adhesion and diffusion are considered the main tool wear mechanisms in hard machining. However, the individual effect of each mechanism depends on the tool geometry, tool grade or class, cutting parameters, and workpiece hardness. Tool wear increases linearly with increasing cutting parameters. This indicates that the increased tool wear at higher cutting conditions may be due to abrasion especially at the rake and flank during machining. The selection of dry machining is carried out with environmental efforts to minimize or eliminate the use of cutting fluid waste.

### **Keywords:**

*Component; machining; Layered Chisels; Dry Turning; CVD and PVD chisels*

---

### **Abstrak**

Untuk memproduksi suatu komponen yang memiliki kualitas yang tinggi, kualitas permukaan adalah persyaratan yang paling penting untuk pengguna. Pemahaman dalam proses pembuangan geram di pemotongan logam adalah penting untuk pemilihan material dan desain pahat, dan juga untuk memastikan akurasi dimensi yang konsisten dan integritas permukaan produk jadi. Gesekan dalam pemotongan logam mempengaruhi daya pemotongan (cutting power), kualitas pemesinan, umur pahat, dan ongkos produksi. Langkah yang paling penting dari kualitas permukaan selama proses pemesinan adalah kekasaran permukaan rata – rata (Ra). Ketika aus pahat mencapai nilai tertentu, meningkatnya gaya pemotongan, getaran, dan temperatur pemotongan, hal itu menyebabkan kesalahan dimensi lebih besar dari toleransi dan integritas permukaan menjadi memburuk. Keausan pahat ini adalah salah satu aspek terpenting dalam pembubutan keras. Biasanya abrasi, adhesi dan difusi dianggap mekanisme keausan pahat utama dalam pemesinan keras. Namun, efek individual masing – masing mekanisme tergantung pada geometri pahat, tingkat atau kelas pahat, parameter pemotongan, dan kekerasan benda kerja. Keausan pahat meningkat secara linear terhadap peningkatan parameter pemotongan. Ini menunjukkan bahwa peningkatan aus pahat pada kondisi pemotongan yang lebih tinggi mungkin karena abrasi terutama pada ujung pahat (rake) dan tepi pahat (flank) pada saat pemesinan. Pemilihan pemesinan kering dilakukan dengan upaya lingkungan untuk meminimalisir atau menghilangkan penggunaan limbah cairan pemotongan.

### **Kata Kunci:**

*Komponen; Pemesinan; Pahat Berlapis; Pembubutan Kering; Pahat CVD dan PVD .*

---

## 1. PENDAHULUAN/INTRODUCTION

Pendahuluan harus mengandung (sigkat dan berurutan) tinjauan latar belakang secara umum dan tinjauan literatur (state of the art) usahakan minimum 5 literatur yang dikutip yang dapat menjustifikasi kebaruan atau novelty penelitian ini atau keunikan penelitian ini dibandingkan penelitian sebelumnya (biasanya 2-3 paragraf). Selain itu pada bagian pendahuluan juga perlu diuraikan masalah penelitian dan metode penelitian. Pada paragraf akhir pendahuluan tujuan penulisan artikel harus dinyatakan, huruf times new roman ukuran font 10.

Untuk memproduksi suatu komponen yang memiliki kualitas yang tinggi, kualitas permukaan adalah persyaratan yang paling penting untuk pengguna. Menurut Ezugwu dan Okeke menyimpulkan dalam penelitian mereka bahwa pemotongan dan kecepatan memiliki pengaruh yang lebih signifikan daripada kedalaman pemotongan pada umur pahat selama pemesinan baja AISI 4340 yang menggunakan pahat PVD berlapis dan dalam studi terpisah juga dilaporkan bahwa parameter pakan lebih dominan daripada kecepatan potong yang divariasikan[1].

Pemahaman dalam proses pembuangan geram di pemotongan logam adalah penting untuk pemilihan material dan desain pahat, dan juga untuk memastikan akurasi dimensi yang konsisten dan integritas permukaan produk jadi. Gesekan dalam pemotongan logam mempengaruhi daya pemotongan (cutting power), kualitas pemesinan, umur pahat, dan ongkos produksi. Langkah yang paling penting dari kualitas permukaan selama proses pemesinan adalah kekasaran permukaan rata – rata (Ra). Ketika aus pahat mencapai nilai tertentu, meningkatnya gaya pemotongan, getaran, dan temperatur pemotongan, hal itu menyebabkan kesalahan dimensi lebih besar dari toleransi dan integritas permukaan menjadi memburuk. Keausan pahat ini adalah salah satu aspek terpenting dalam pembubutan keras. Biasanya abrasi, adhesi dan difusi dianggap mekanisme keausan pahat utama dalam pemesinan keras. Namun, efek individual masing – masing mekanisme tergantung pada geometri pahat, tingkat atau kelas pahat, parameter pemotongan, dan kekerasan benda kerja. Keausan pahat meningkat secara linear terhadap peningkatan parameter pemotongan. Ini menunjukkan bahwa peningkatan aus pahat pada kondisi pemotongan yang lebih tinggi mungkin karena abrasi terutama pada ujung pahat (rake) dan tepi pahat (flank) pada saat pemesinan.

Dari tinjauan literatur yang berkaitan dengan pemesinan baja AISI 4340, terbukti bahwa pemodelan dan optimalisasi karakteristik pemesinan yang berbeda seperti *flank wear*, kekasaran permukaan dan gaya potong menjadi fokus utama. Hampir tidak ada informasi terkait tentang karakteristik chip yang berbeda serta efek lapisan pahat pada keausan pahat saat mekanisme pemesinan baja AISI 4340. Apalagi pahatnya dilapisi CVD menunjukkan hasil yang baik dalam pengerjaan berbagai grade lain dari super alloy berbasis baja AISI 4340. Oleh karena itu, dilakukan studi banding tentang kinerja baik CVD dan perkakas lapis PVD yg sangat penting untuk merekomendasikan pahat yang sesuai untuk pemesinan baja AISI 4340. Karena peraturan lingkungan yang lebih ketat, maka fokus penelitian terbaru bergeser ke arah pemotongan mesin kering atau hampir kering menggunakan lanjutan pahat berlapis. Pada penelitian ini menggunakan pahat berlapis yaitu Pahat CVD dan pahat PVD berlapis yang digunakan secara bergantian pada proses pembubutan kering baja AISI 4340 dengan kecepatan potong yang berbeda.

## 2. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 2.1 Desain Percobaan

Pada desain percobaan ada tiga final yang dilakukan, pertama menemukan 5 (lima) kondisi pemotongan potensial sebagai rekomendasi ISO 3685 di bawah kriteria daya pemotongan yang rendah lebih diharapkan dan permukaan akhir dari putaran halus ( $Ra < 3,2$  mikron). Ketika eksperimen dijalankan dalam pembubutan, kondisi pemotongan ( $v$ ,  $f$ ,  $a$ ) menjadi variabel independen, sedangkan keausan sisi ( $VB$ ) dan kekasaran permukaan (dalam parameter  $Ra$ ) akan menjadi variabel respons.

Tabel 1. Desain Paramater Dan Level

No	Faktor	Level 1	Level 2
1	V(laju pemotongan)(m/min)	120	180
2	F(laju pemakanan)(mm/rev)	0,2	0,4
3	A(kedalaman potong)(mm)	0,2	0,2
4	CT(jenis pahat)	ISCR	KYC
5	CF(jenis pemotongan)	MQL	DRY

Tabel 2. Skema Pengumpulan Data

No	V	F	CT	CF
1	120	0,2	ISCR	MLQ
2	120	0,4	ISCR	DRY
3	120	0,4	KYC	MLQ
4	120	0,2	KYC	DRY
5	180	0,2	KYC	MLQ
6	180	0,4	KYC	DRY
7	180	0,4	ISCR	MLQ
8	180	0,2	ISCR	DRY

## 2.2 Data Hasil Pengamatan

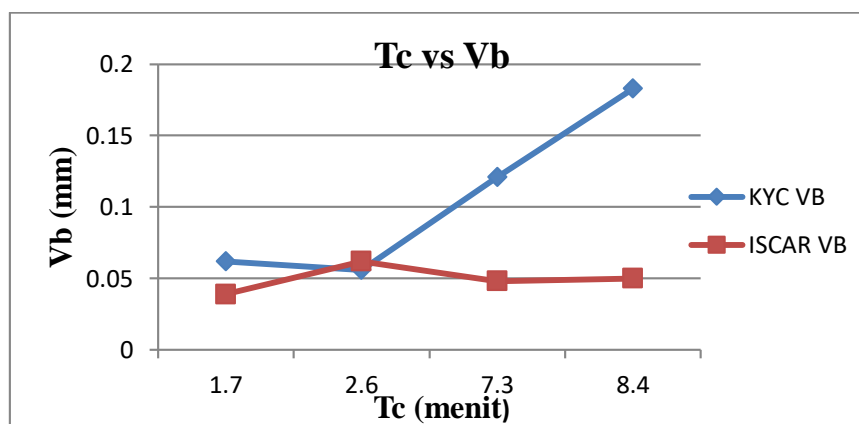
Pada penelitian ini dilakukan proses pembubutan pada tanggal 9 April 2022 dengan 8 kondisi pemotongan sesuai dengan urutan tabel 2, maka diperoleh data hasil penelitian yang terlihat pada tabel 3.

Tabel 3. Data Hasil Pengamatan Di SMKN 2 MEDAN

Run No	cut speed	feed	depth of cut	Cutting Tools	Jenis Pahat	MQL	Bar Dia	Cut Time	Roughness	Temperatur	Spindle	Flank Wear
	v	f	a			ml/jam	Do	Tc	Ra		n	vb
	m/min	mm/rev	mm				mm	min	micron		°C	rpm
1	120	0.2	0.2	ISCAR	PVD	MLQ	67,00	1,7	2,772	208	570	0,039
2	120	0.4	0.2	ISCAR	PVD	DRY	66,00	2,6	7,356	292	574	0,062
3	120	0.4	0.2	KYC	CVD	MLQ	66,20	3,4	8,308	415	577	0,062
4	120	0.2	0.2	KYC	CVD	DRY	65,80	5,1	2,652	366	581	0,056
5	180	0.2	0.2	KYC	CVD	MLQ	65,40	6,2	2,178	220	876	0,121
6	180	0,4	0,2	KYC	CVD	DRY	65,00	6,7	6,399	404	881	0,183
7	180	0,4	0,2	ISCAR	PVD	MLQ	64,60	7,3	6,647	235	887	0,048
8	180	0,2	0,2	ISCAR	PVD	DRY	64,20	8,4	2,178	319	892	0,050

Terlihat pada tabel bahwa nilai Ra yang paling besar adalah pada kondisi pemotongan 3 ( $v = 120$  m/min,  $f = 0.2$  mm/rev,  $a = 0,2$  mm) dan nilai Ra yang paling kecil adalah pada kondisi pemotongan 8 ( $v = 180$  m/min,  $f = 0,2$  mm/rev,  $a = 0,2$  mm).

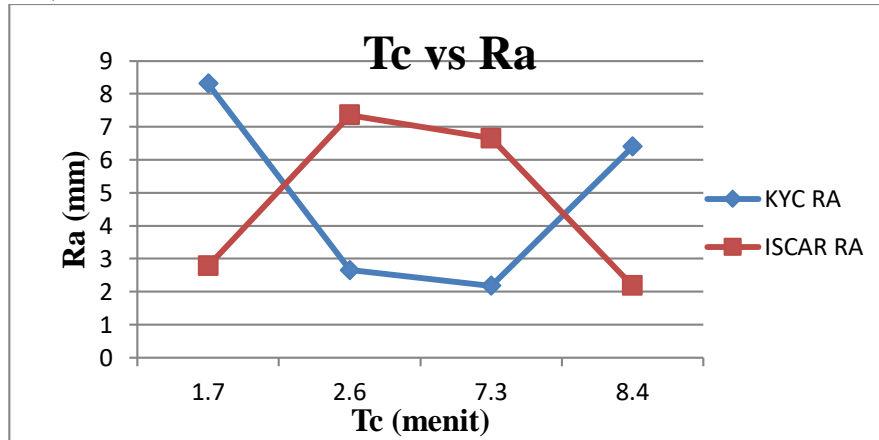
### 1. Grafik Keausan Pahat



Gambar 1. Grafik Tc vs Vb

Sumber : Dokumen pribadi

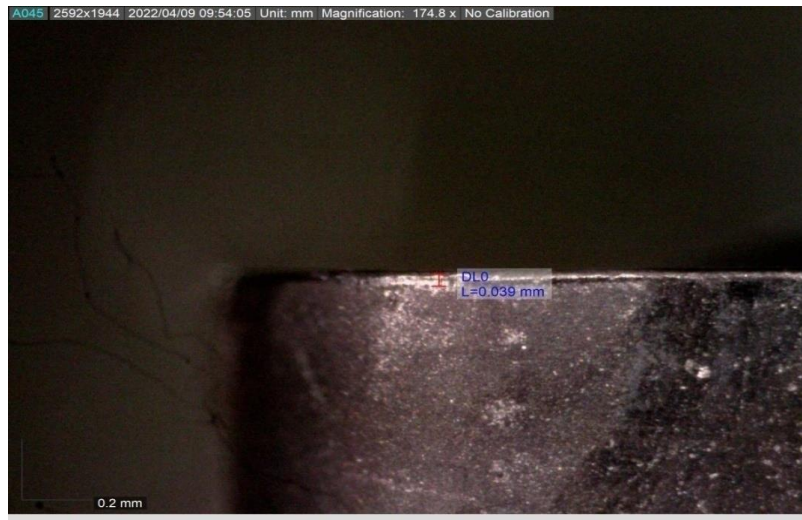
Kecepatan potong pada 120 m/min menghasilkan Vb paling kecil senilai 0,039 mm dan Vb paling besar senilai 0,062 mm sedangkan kecepatan potong pada 180 m/min menghasilkan Vb paling kecil senilai 0,048 mm dan Vb paling besar senilai 0,183 mm



Gambar 2. Grafik Tc vs Ra

Sumber : Dokumen pribadi

Kecepatan potong pada 120 m/min menghasilkan Ra paling kecil senilai 0,048 micron dan Ra paling besar senilai 8,308 micron sedangkan kecepatan potong pada 180 m/min menghasilkan Ra paling kecil senilai 2,178 micron dan Ra paling besar senilai 6,647 micron



Gambar 3. Keausan mata pahat PVD Vb 0,039 mm

Sumber : Dokumen pribadi

Gambar keausan mata pahat PVD Vb 0,039 mm dengan nilai Ra 2,772 micron menghasilkan suhu tertinggi sebesar 208°C . Nilai kekasaran permukaan (Ra) dengan nilai 2,772 micron yang dipengaruhi oleh gerak makan (f) dengan nilai 0,2 mm/rev , dan kecepatan potong (v) dengan nilai 120 m/min kemudian kedalaman potong (a) dengan nilai 0,2 mm,



Gambar 4. Keausan mata pahat PVD Vb 0,062 mm

*Sumber : Dokumen pribadi*

Gambar keausan mata pahat PVD Vb 0,062 mm dengan nilai Ra 7,356666667 micron menghasilkan suhu tertinggi sebesar 292°C. Nilai kekasaran permukaan (Ra) dengan nilai 7,356666667 micron yang dipengaruhi oleh gerak makan (f) dengan nilai 0,4 mm/rev, dan kecepatan potong (v) dengan nilai 120 m/min kemudian kedalaman potong (a) dengan nilai 0,2 mm



Gambar 5. Keausan mata pahat CVD Vb 0,062 mm

*Sumber : Dokumen pribadi*

Gambar keausan mata pahat CVD Vb 0,062 mm dengan nilai Ra 8,308 micron menghasilkan suhu tertinggi sebesar 415°C. Nilai kekasaran permukaan (Ra) dengan nilai 8,308 micron yang dipengaruhi oleh gerak makan (f) 0,4 mm/rev, dan kecepatan potong (v) dengan nilai 120 m/min kemudian kedalaman potong (a) 0,2 mm.

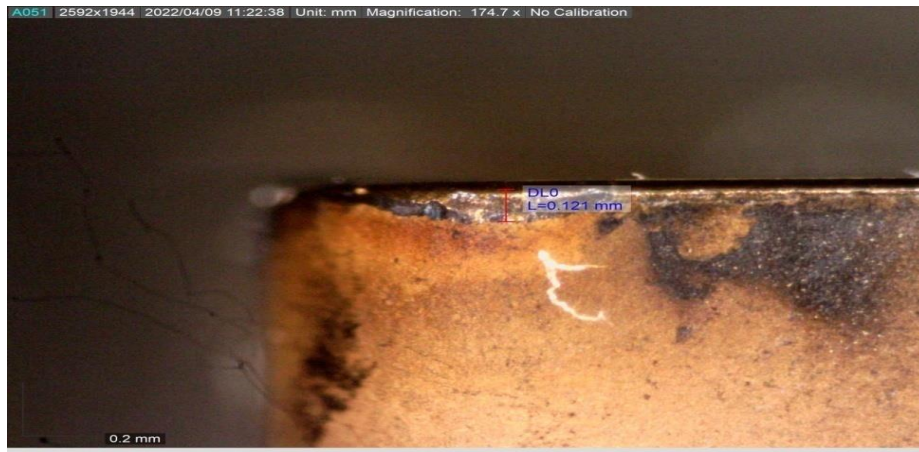


Gambar 6. Keausan mata pahat CVD Vb 0,056 mm

*Sumber : Dokumen pribadi*

Gambar keausan mata pahat CVD Vb 0,056 mm dengan nilai Ra 2,652333333 micron menghasilkan suhu tertinggi sebesar 366 °C. Nilai kekasaran permukaan (Ra) dengan nilai 2,652333333 micron yang dipengaruhi oleh gerak makan (f) 0,2 mm/rev, dan kecepatan potong (v) dengan nilai 120 m/min kemudian kedalaman potong (a) 0,2 mm





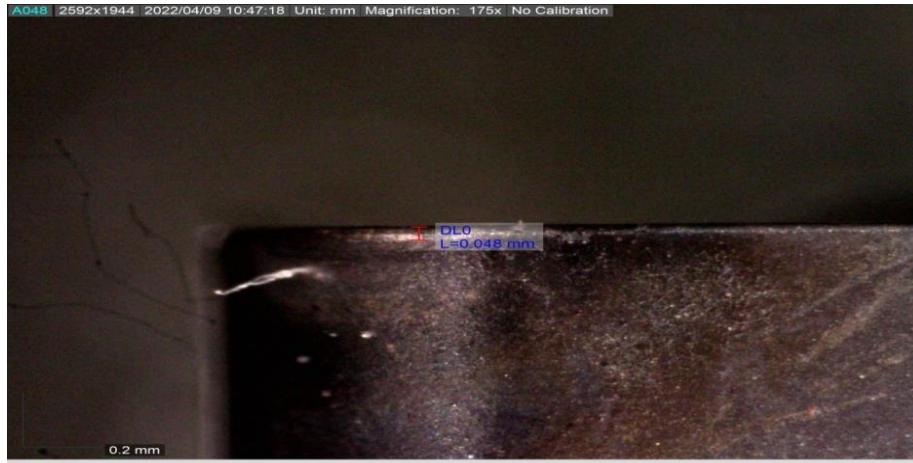
Gambar 7 Keausan mata pahat CVD Vb 0,121 mm  
*Sumber : Dokumen pribadi*

Gambar keausan mata pahat CVD Vb 0,121 mm dengan nilai Ra 2,178666667 micron menghasilkan suhu tertinggi sebesar 220 °C. Nilai kekasaran permukaan (Ra) dengan nilai 2,178666667 micron yang dipengaruhi oleh gerak makan (f) 0,2 mm/rev, dan kecepatan potong (v) 180 m/min kemudian kedalaman potong (a) 0,2 mm



Gambar 1. Keausan mata pahat CVD Vb 0,183 mm  
*Sumber : Dokumen pribadi*

Gambar keausan mata pahat CVD Vb 0,183 mm dengan nilai Ra 6,399 micron menghasilkan suhu tertinggi sebesar 404°C. Nilai kekasaran permukaan (Ra) dengan nilai 6,399 micron yang dipengaruhi oleh gerak makan (f) 0,4 mm/rev, dan kecepatan potong (v) 180 m/min kemudian kedalaman potong (a) 0,2 mm. Pada kondisi pemotongan ini Ra meningkat karena disebabkan terjadinya *built-up edges* (BUE) pada pahat, yang dimana *built-up edges* (BUE) terjadi akibat adanya geram (*chip*) yang menempel pada pahat yang akan menyebabkan mata pahat menjadi tumpul dan pada kondisi pemotongan seperti ini bukan pahat yang memotong benda kerja tetapi geram (*chip*) yang terdapat pada permukaan pahat.



Gambar 2. Keausan mata pahat PVD Vb 0,048 mm  
Sumber : Dokumen pribadi

Gambar keausan mata pahat PVD Vb 0,048 mm dengan nilai Ra 6,647 micron menghasilkan suhu tertinggi sebesar 235 °C. Nilai kekasaran permukaan (Ra) dengan nilai 6,647 micron yang dipengaruhi oleh gerak makan (f) 0,4 mm/rev, dan kecepatan potong (v) 180 m/min kemudian kedalaman potong (a) 0,2 mm.



Gambar 3. Keausan mata pahat PVD Vb 0,05 mm  
Sumber : Dokumen pribadi

Gambar keausan mata pahat PVD Vb 0,05 mm dengan nilai Ra 2,178 micron menghasilkan suhu tertinggi sebesar 319°C. Nilai kekasaran permukaan (Ra) dengan nilai 2,178 micron yang dipengaruhi oleh gerak makan (f) 0,2 mm/rev, dan kecepatan potong (v) 180 m/min kemudian kedalaman potong (a) 0,2 mm.

### 3. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini terdapat beberapa kesimpulan, yaitu :

1. Dari pengujian masing masing kondisi pemotongan diperoleh nilai optimum yaitu kecepatan potong  $v = 180/\text{min}$ , gerak makan  $f = 0,2 \text{ mm/rev}$ , kedalaman potong  $a = 0,2 \text{ mm}$  dan menghasilkan nilai  $Ra = 2,178 \text{ micron}$ .
2. Karakteristik lapisan pahat potong PVD berlapis (TiAlN) memiliki suhu pemotongan yang lebih rendah yaitu 208°C , rendahnya gesekan, kecenderungan yang lebih rendah untuk membentuk BUE (*Built Up Edge*) dan lapisan ini juga memberikan ketahanan terhadap aus dikarenakan tingkat kekerasannya. Sedangkan karakteristik lapisan pahat CVD berlapis (TiCN+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+TiN) memiliki kecenderungan lapisan lebih mudah terkikis yang diakibatkan oleh tingkat kekerasan yang lebih tinggi, suhu pemotongan yang tinggi yaitu 415°C dan volume keausan lebih besar.
3. Dari hasil mengamati kualitas permukaan pada operasi pembubutan kering ditemukan adanya BUE (*Built Up Edge*) pada kondisi pemotongan 6 yang memiliki nilai Ra 6,399 micron, dimana BUE (*Built Up Edge*) ini terjadi karena adanya geram (*chip*) yang menempel pada permukaan pahat yang akan menyebabkan permukaan pahat menjadi tumpul

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] B. Koyilada, S. Gangopadhyay, and A. Thakur, "Comparative evaluation of machinability characteristics of Nimonic C-263 using CVD and PVD coated tools," *Meas. J. Int. Meas. Confed.*, vol. 85, pp. 152–163, 2016, doi: 10.1016/j.measurement.2016.02.023.
- [2] B. C. Putih, "Machinability dan surface finishing 6.1.," vol. 2, pp. 1–8.
- [3] mas'ud waqiah Nurul, "濟無No Title No Title," *Persepsi Masy. Terhadap Perawatan Ortod. Yang Dilakukan Oleh Pihak Non Prof.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2013.
- [4] M. I. Fitrianda, *Digital Digital Repository Repository Universitas Universitas Jember Jember Digital Digital Repository Repository Universitas Universitas Jember*. 2013.
- [5] K. Permukaan, G. P. Dan, and A. Soesanti, "Optimasi Parameter Pemesinan Untuk Umur Pahat Pada Proses Bubut Dengan Menggunakan Metode Taguchi-Grey-Fuzzy The Use Of Taguchi-Grey-Fuzzy To Optimize Surface Roughness , Cutting Force And Tool Life In Turning Of Skd 11," no. Tm 092501, 2012.
- [6] A. MARDIANSYAH, "Analisis Kekasaran Permukaan Benda Kerja Dengan Variasi Jenis Material Dan Pahat Potong," *Univ. Bengkulu*, 2014, [Online]. Available: <http://repository.unib.ac.id/9244/1/I%20CII%20CIII%20CII-14-cho-FT.pdf>.
- [7] Iwan Darliansyah, "Bab Ii Tinjauan Pustaka Aplikasi," *Hilos Tensados*, vol. 1, no., pp. 1–476, 2005.
- [8] C. Johan, "Karakteristik Keausan Pahat Sisipan Karbida Akibat Pembubutan Kering Stainless Steel," p. 81, 2018.
- [9] S. Sunarto. Mawarni, "Studi Pahat Karbida Berlapis (TiAlN/TiN) pada pembubutan Kering Kecepatan Potong Tinggi Bahan Paduan Aluminium 6061," *J. Inovtek Polbeng*, vol. 07, no. 2, 2017.
- [10] U. S. Utara, U. S. Utara, and U. S. Utara, "Optimasi Kondisi Pemotongan pada Pembubutan Keras Baja AISI 4340 yang Menggunakan Pahat Karbida CVD Berlapis TiN / Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> / TiCN dengan Metode Simulated Annealing," 2018.
- [11] A. Ginting, R. Skein, D. Cuaca, Herdianto, Pieter, and Z. Masyithah, "The characteristics of CVD- and PVD-coated carbide tools in hard turning of AISI 4340," *Meas. J. Int. Meas. Confed.*, vol. 129, no. 18, pp. 548–557, 2018, doi: 10.1016/j.measurement.2018.07.072.
- [12] B. Al, "Issn 2548-7574," vol. 2, no. 1, 2017.
- [13] F. Sitorus, A. Ginting, and B. Wirjosentono, "Penyelidikan Karakteristik Lapisan Diamond Film Pahat Karbida Terhadap Pembebanan Mekanik Pada Pembubutan Kering," *J. Inotera*, vol. 1, no. 1, p. 32, 2017, doi: 10.31572/inotera.voll.iss1.2016.id6.
- [14] L. Penelitian, "Pembuangan Geram Pada Proses Pembubutan Universitas Hkbp Nommensen," 2013.
- [15] A. Reza, "Studi Suhu Pemotongan pada Pahat Karbida CVD Berlapis ( Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> / TiCN ) pada Pembubutan Keras Baja AISI 4340 Secara Eksperimental dan Numerikal," 2018.
- [16] I. Butarbutar, "Optimasi Kondisi Pemotongan pada Pembubutan Baja AISI 4340 yang Dikeraskan Menggunakan Pahat Karbida PVD Berlapis AlTiN dengan Algoritma Genetika," 2018, [Online]. Available: <https://repositori.usu.ac.id/handle/123456789/9903>.  
<https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1xukz6lZVbIFOWyHUSpPvGNBOWra3kD-4>