

# **LAPORAN KEGIATAN PENELITIAN**

## **Prediksi Keausan Pahat Milling pada Proses Pemesinan**



**OLEH:**

**ACHMAD ZAKI RAHMAN, ST, MT  
NIDN : 8800720016**

**Infrastruktur dan Lingkungan atau Integrasi Semua Bidang  
Periode (Semester Ganjil) 2020 – 2021**

## LEMBAR PENGESAHAN

Judul Penelitian : Prediksi Keausan Pahat Milling pada proses pemesinan  
Daftar Mitra : BT MEPPPO -BPPT  
Pengusul  
Nama Lengkap : Achmad Zaki Rahman, ST, MT  
NIDK : 8800720016  
Program Studi : Teknik Mesin  
Perguruan Tinggi : Institut Teknologi Indonesia  
Lokasi Kegiatan/Mitra  
Wilayah Mitra : PUSPIPTEK  
Kabupaten/Kota/Prop: Tangerang Selatan / Banten  
Jarak PT ke Lokasi : -  
Luaran Yang Dihasilkan : Laporan kegiatan  
Jangka Waktu Pelaksanaan : 6 Bulan  
Biaya Total (RAB) : Rp. 3,000,000

Tangerang Selatan, 23 Februari 2023

Mengetahui

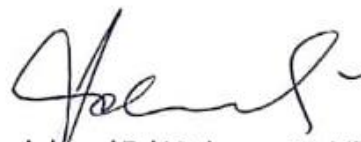
Kepala Prodi Teknik Mesin



J. Victor Tuapetel ST, MT, Ph.D  
NIDN 0322096803



Pengusul



Achmad Zaki Rahman, ST, MT  
NIDK 8800720016



Mengetahui Kepala PRPM ITI

Dr. Ir. Joefianingsih, MT.  
NIDN 0310076406

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa. atas rahmat dan ridhoNyalah kami dapat melaksanakan kegiatan dan menyelesaikan laporan penelitian ini dengan judul kegiatan “**Prediksi Keausan Pahat Milling pada Proses Pemesinan**”.

Rasa terimakasih kami sampaikan kepada Kepala Program Studi Teknik Mesin ITI, Bapak J. Victor Tuapetel ST, MT, Ph.D, serta Kepala Pusat Riset Dan Pengabdian Masyarakat ITI, Ibu Dr. Ir. Joelianingsih, MT., yang telah memberikan dukungan dan pengarahan dalam penyusunan laporan kegiatan ini.

Kami menyadari bahwa kegiatan pengabdian ini masih jauh dari sempurna dan masih banyak kendala yang dijumpai di lapangan. Oleh karena itu, perlu dilanjutkan kegiatan-kegiatan serupa dengan program ini agar manfaatnya dapat dirasakan lebih luas oleh seluruh lapisan masyarakat.

Tangerang Selatan, 23 Februari 2023



Achmad Zaki Rahman, ST, MT

## **Daftar Isi**

KATA PENGANTAR .....	iii
Daftar Isi .....	iv
Daftar Gambar .....	v
Daftar Tabel .....	v
BAB I PENDAHULUAN.....	6
1.2. Perumusan Masalah.....	9
1.3. Tujuan Penelitian .....	9
1.4. Manfaat Penelitian .....	9
BAB II. LANDASAN TEORI.....	10
2.1. Mesin CNC Milling .....	10
1. Up Milling.....	11
2. Down Milling .....	11
2.2. Wear/Aus Cutter .....	12
2.3. Kerusakan dan Keausan Pahat.....	12
2.4. Kriteria Keausan Pahat .....	14
BAB III. METODA PENELITIAN.....	15
3.1. Alat dan Bahan .....	15
3.2. Persiapan Eksperimen.....	15
3.3. Persiapan Eksperimen.....	16
BAB III HASIL KEGIATAN DAN PEMBAHASAN .....	19
BAB IV KESIMPULAN .....	23
DAFTAR PUSTAKA.....	24

## ***Daftar Gambar***

<b>Gambar 1.</b> Konsep lima dimensi pada digital twin .....	7
<b>Gambar 2.</b> Final gear yang menggunakan hypoid gear .....	10
<b>Gambar 3.</b> Gerak makan cutter .....	11
<b>Gambar 4.</b> Citra garis berjarak 1mm sebagai referensi jarak.....	17
<b>Gambar 5.</b> Hasil pengukuran keausan melalui aplikasi .....	18
<b>Gambar 6.</b> Grafik aus cutter pada step 1 .....	20
<b>Gambar 7.</b> Grafik aus cutter pada step 2 .....	20
<b>Gambar 8.</b> Grafik aus cutter pada step 3 .....	21
<b>Gambar 9.</b> Grafik aus cutter pada step 4 .....	21
<b>Gambar 10.</b> Grafik aus cutter pada step 5 .....	22
<b>Gambar 11.</b> Grafik aus cutter pada step 6 .....	22

## ***Daftar Tabel***

**No table of figures entries found.**

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

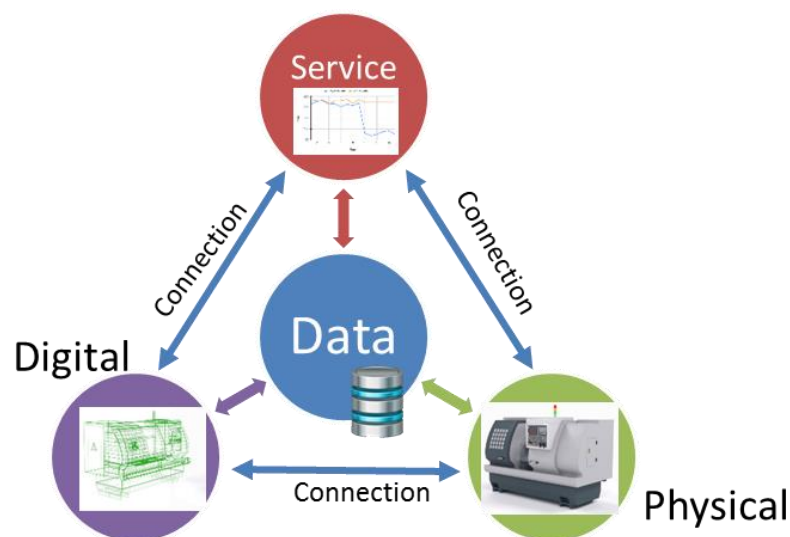
*Intelligent manufacturing* atau manufaktur cerdas secara bertahap muncul dalam perkembangan teknologi saat ini, yang telah mengubah produksi massal menjadi produksi yang disesuaikan (*customized production*). Manufaktur cerdas adalah paradigma manufaktur (Monostori,dkk., 2016) yang mengoptimalkan alokasi sumber daya, dengan karakteristik analisis real-time, memiliki kecerdasan, penyempurnaan kesinambungan, dan persepsi tangkas tentang status real-time pasar dan pelanggan.

Empat tujuan inti dari manufaktur maju modern secara umum dapat diringkas sebagai berikut (Kusiak, 2017):

1. kualitas yang lebih baik
2. efisiensi yang lebih tinggi
3. konsumsi energi yang lebih rendah
4. dan polusi yang lebih sedikit

Seiring dengan keempat tujuan dari manufaktur modern tersebut, digitalisasi manufaktur yang terus meningkat membuka banyak peluang untuk meningkatkan produktivitas dan efektivitas secara signifikan. Untuk memastikan perilaku yang tepat dari sistem produksi yang kompleks, teknik modern menggunakan simulasi berbasis model dan analitik data di semua tahap, tidak hanya pada tahap desain awal, tetapi juga selama proses produksi itu sendiri, untuk memprediksi hasil, mengoptimalkan, memperbaiki, dan mengevaluasi. Pengumpulan data yang sedang berlangsung, simulasi atau model produksi virtual, yang diperlukan oleh persyaratan lingkungan industri modern yang kompetitif, biasanya disebut dengan *digital twin* atau "kembar digital" (Rosen, dkk. 2015; Schleich, dkk. 2017; Tao, dkk., 2018; Botkina, dkk., 2018).

*Digital twin* adalah metode yang muncul dan efektif untuk interaksi *real-time* dan konvergensi lebih lanjut antara ruang fisik dan ruang informasi, sebagaimana yang diusulkan oleh Tao mengenai konsep 5D dari digital twin yang secara sistematis diperlihatkan pada Gambar 1.1. (Tao, dkk., 2019). Kembar digital pada teknologi manufaktur cerdas mencakup dua aspek: pemrosesan data pemesanan dan analisis data (Ji, dkk. 2019; Jain dkk. 2017). Tujuan pemrosesan data adalah untuk mewujudkan pemantauan komprehensif terhadap proses pemesinan pada fisik mesin perkakas secara digital (Tong, 2020)



**Gambar 1.** Konsep lima dimensi pada digital twin

Penerapan digital twin pada proses pemesinan adalah hal yang penting karena pemesinan adalah proses material removal yang sangat krusial dalam industri manufaktur dan membutuhkan perhatian maksimal karena melibatkan waktu dan uang. Saat ini, sebagian besar industri telah beralih ke mesin CNC (Monharaj, dkk. 2020). Dengan semakin meluasnya aplikasi mesin-mesin ini, suatu metode untuk memantau keausan pahat menjadi suatu keharusan. Sistem Pemantauan Kondisi Alat atau *Tool Condition Monitoring* (TCM) adalah teknik penting yang digunakan dalam proses manufaktur otomatis karena meningkatkan produktivitas dengan meminimalkan waktu henti, mencegah kerusakan pada alat pemesinan, bekerja, dan mempertahankan kualitas produk (Shankar, dkk. 2019).

TCM membantu dalam pendeteksian yang akurat dari kondisi alat dan deteksi *real-time* dari kerusakan alat atau chipping. Kondisi abnormal pahat berkisar dari toleransi tertentu untuk suatu produk hingga kegagalan pahat hingga dapat merusak benda kerja yang mahal (Kuljanic & Sortino, 2005). Kontak antara cutter, benda kerja, dan chip menyebabkan tekanan pada sisi potong cutter dan mengubah bentuknya, menyebabkannya aus atau patah (Kaya, dkk. 2012). Pahat yang rusak menyebabkan kerusakan permanen pada permukaan benda kerja. Keausan pahat mempengaruhi umur pahat, kualitas permukaan, akurasi dimensi, dan biaya operasi (Byrne, dkk. 1995; Wang & Wang, 2012).

TCM untuk proses end-mill sulit untuk dilakukan dikarenakan jalur pemotongannya yang rumit, kondisi yang bervariasi, dan geometri pahat yang kompleks. Untuk keausan pada pahat dan *cutter* umumnya dapat diukur baik secara langsung (mikroskop pembuat perkakas, sistem penglihatan (Kim & Klamecki, 1997) atau secara tidak langsung (melalui sensor). Pengukuran langsung mengakibatkan mesin yang harus dihentikan di mana pahat harus dilepas dan diperiksa keausannya secara manual. Meskipun tampaknya cara tersebut dapat diandalkan dan sangat akurat, ini meningkatkan waktu henti mesin (*downtime*) yang pada gilirannya mempengaruhi produktivitas. Karenanya, TCM menyediakan cara tidak langsung untuk memeriksa keausan pahat dan meningkatkan produktivitas. *Flank wear* merupakan kegagalan utama dalam keausan pahat dalam kondisi pemesinan normal (Alonso & Salgado, 2008).

Kekasaran permukaan merupakan aspek kualitas yang dipengaruhi oleh keausan pahat. Pahat tumpul akan menghasilkan permukaan akhir yang lebih buruk dibandingkan pahat yang baik (Diei & Dornfield, 1987). Sinyal gaya potong juga efisien dalam mendeteksi kondisi pahat pada proses *milling* (Wang, dkk. 2014; Wang, dkk. 2019). Adalah penting untuk mendeteksi titik transisi percepatan keausan sisi atau *flank wear*, karena untuk memastikan pemanfaatan maksimum umur pahat yang diinginkan (Alonso & Solgado, 2008). Sinyal getaran juga memiliki pengaruh yang signifikan terhadap keausan pahat (Rangwala & Dornfeld, 1990), sinyal getaran akan meningkat



## **1.2. Perumusan Masalah**

Dari latar belakang yang telah dipaparkan sebelumnya, dapat dirumuskan masalah yang akan diteliti adalah bagaimana membangun sistem *Tool Condition Monitoring* (TCM) yang mampu mendeteksi fenomena *chatter* dan keausan pahat pada proses pemesinan.

## **1.3. Tujuan Penelitian**

Maksud dan tujuan dari penelitian pembuatan permodelan sistem mekanik melalui pendekatan konsep digital twin adalah untuk mempersiapkan peralatan untuk eksperimen Tool Condition Monitoring (TCM)

## **1.4. Manfaat Penelitian**

Desain awal yang dihasilkan pada penelitian ini dapat digunakan untuk pembuatan komponen solid bearing. Karena informasi yang dapat diperoleh, dapat digunakan sebagai acuan pemilihan :

1. Proses manufaktur yang diperlukan
2. Kapasitas mesin yang dibutuhkan
3. Toleransi yang dibutuhkan
4. Metoda material handling yang akan digunakan

## BAB II. LANDASAN TEORI

### 2.1. Mesin CNC Milling

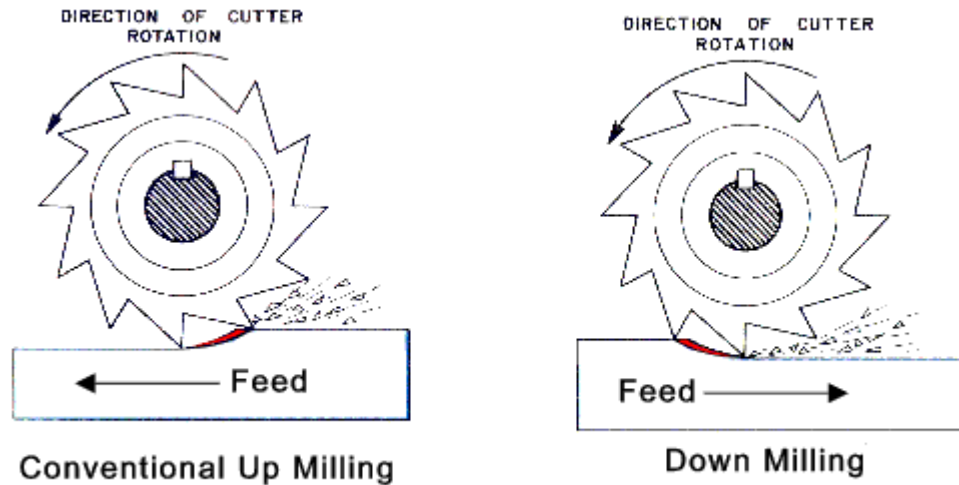
Mesin CNC (Computer Numerically Control) adalah mesin yang pergerakan mesin (sumbu X dan Y), serta spindle (sumbu Z dan rumah cutter) dikendalikan oleh suatu program, program tersebut berisi langkah perintah yang harus dijalankan oleh mesin CNC yang hasil programnya disebut dengan program NC (Numerically Control). Mesin CNC milling dikontrol oleh computer, sehingga semua gerakan akan berjalan secara otomatis sesuai dengan perintah program yang diberikan.

Mesin CNC milling menggunakan system persumbuhan dengan dasar system koordinat kartesius. System persumbuhan pada mesin CNC sudah diatur berdasarkan standar ISO. Prinsip kerja mesin milling adalah dengan gerak utama berputar dilakukan oleh alat potong atau cutter sedangkan gerak makannya dilakukan oleh benda kerja yang terpasang pada meja kerja. Arah gerakan persumbuhan mesin CNC milling diantaranya sumbu X untuk arah memanjang meja, sumbu Y untuk arah melintang meja, dan sumbu Z untuk arah tegak atau vertical spindle.



**Gambar 2.** Final gear yang menggunakan hypoid gear

Metode proses frais ditentukan berdasarkan arah relative gerak makan meja mesin terhadap putaran pahat



**Gambar 3.** Gerak makan cutter

### 1. Up Milling

Up milling adalah gerakan dari putaran pahat berlawanan arah terhadap gerak makan meja mesin milling. proses milling naik apabila pahat berputar searah jarum jam, benda kerja disayat kearah kanan. Penampang melintang bentuk chips untuk proses milling naik adalah seperti koma diawali dengan ketebalan minimal kemudian menebal.

### 2. Down Milling

Down Milling adalah arah putaran pahat sama dengan arah gerak makan meja mesin milling. jika pahat berputar berlawanan arah jarum jam, benda kerja disayat kekanan. Penampang melintang bentuk chips untuk proses down milling adalah seperti koma diawali dengan ketebalan maksimal kemudian menipis.

Parameter mesin CNC milling

- Rumus kecepatan potong

$$V_c = \frac{\pi \times d \times n}{1000} \text{ m/menit}$$

- Rumus putaran spindel

$$n = \frac{V_c \times 1000}{\pi d} \text{ put/menit}$$

- Rumus pemakanan

$$V = f \cdot N$$

- Rumus kedalaman pemakanan

$$a = \frac{d_o + d_m}{2}$$

## 2.2. Wear/Aus Cutter

Berdasarkan definisi ASTM, keausan sebagai kerusakan permukaan benda kerja yang secara umum berhubungan dengan peningkatan hilangnya material yang disebabkan oleh pergerakan relatif benda dan sebuah substansi kontak. Karena tekanan yang besar akibat gaya pemotongan serta temperature yang tinggi maka permukaan aktif dari pahat akan mengalami keausan. Jika mata pahat digunakan pada kecepatan tinggi untuk menghasilkan waktu pemotongan yang pendek, maka dapat mengakibatkan keausan pada mata pahat lebih awal sehingga hal ini dapat berdampak pada umur pahat dan permukaan benda kerja menjadi kasar.

## 2.3. Kerusakan dan Keausan Pahat

Dalam proses permesinan umur pahat tidak hanya dipengaruhi oleh geometri pahat saja melainkan oleh semua factor yang berkaitan dengan proses permesinan, yaitu :

- a. Jenis material benda kerja dan pahat

- b. Kondisi pemotongan (kecepatan potong, kedalaman potong, dan gerak makan
- c. Jenis proses permesinan

Proses permesinan tidak akan berlangsung terus menerus sebagaimana yang dikehendaki karena semakin lama pahat akan menunjukkan tanda-tanda yang menjurus pada kegagalan proses permesinan. Kerusakan atau keausan pahat akan terjadi dan penyebabnya harus diketahui untuk menentukan tindakan koreksi sehingga dalam proses permesinan selanjutnya umur pahat diharapkan menjadi lebih tinggi.

Berikut jenis keausan yang terjadi pada pahat :

1. Aus tepi (*flank wear*)

Aus tepi adalah keausan yang terjadi pada bidang mayor atau utama, aus tepi dapat diukur menggunakan mikroskop dengan mengatur bidang mata potong, sehingga tegak lurus dengan bidang optic, besarnya keausan tepi dapat diketahui dengan mengukur panjang VB (mm) yaitu jarak antara mata potong sebelum terjadi keausan sampai ke garis rata-rata bekas keausan bidang utama.

2. Aus kawah (*crater wear*)

Keausan pada bidang geram disebut keausan geram, keausan ini dapat diukur dengan menggunakan alat kekerasan permukaan. dalam hal ini sensor alat ukur digeserkan pada bidang geram.

3. Deformasi plastis

Aus pahat ini disebabkan tekanan temperatur yang tinggi pada bidang aktif pahat, dimana kekerasan dan kekuatan material pahat akan turun bersama dengan naiknya temperature.

4. Pengelupasan (*flaking*)

Pengelupasan merupakan bentuk aus pahat yang letaknya sama dengan tepi (*flank wear*), tapi bentuknya lebih kecil atau halus

5. Penyerpihan (*chipping*)

Penyerpihan merupakan bentuk cacat kecil pada pahat yang teletak pada sisi mata pahat (*cutting edge*)

## 6. *Built up edge*

*Built up edge* terjadi karena material benda kerja menyatu dengan mata pahat

### **2.4. Kriteria Keausan Pahat**

Semakin besar keausan pahat maka kondisi pahat semakin kritis, jika pahat yang sudah mengalami kerusakan tetap digunakan maka pertumbuhan keausan akan semakin cepat. Kerusakan fatal pada pahat tidak boleh terjadi karena gaya pemotongan akan sangat tinggi sehingga dapat memaksakan seluruh pahat, mesin perkakas, dan benda kerja. Hal tersebut dapat dihindari dengan penetapan suatu batas harga keausan yang dianggap sebagai batas kritis dimana pahat tidak boleh digunakan. Pada suatu kecepatan makan tertentu dimulai dengan kecepatan potong yang rendah, keausan tepi mencapai harga yang besar, kemudian mengecil dan selanjutnya membesar terus dengan naiknya kecepatan potong. Pada saat keausan tepi terus membesar, keausan kawah mulai membesar dimana sebelumnya hampir terjadi keausan kawah.

Pengukuran dimensi keausan secara langsung memerlukan penghentian proses permesinan, pengambilan gambar dengan microscope dan mengukur keausan menggunakan software CorelDraw X8, keausan pahat akan menimbulkan efek samping seperti kenaikan gaya potong, getaran/chatter, penurunan kehalusan permukaan hasil permesinan, dan perubahan dimensi/geometri produk.

## **BAB III. METODA PENELITIAN**

### **3.1. Alat dan Bahan**

Pada tahap ini, proses permesinan dilakukan dengan menggunakan Mesin CNC Milling Leadwell-V30 dan menggunakan cutter end mill G8B0812010110 4F. Proses milling dilakukan dengan menggunakan parameter permesinan 1500 rpm dengan kedalaman pemakanan 2 mm, benda kerja yang digunakan pada pengujian ini adalah baja st42 berbentuk persegi. sedangkan untuk proses pengambilan data keausan pahat menggunakan alat microscope digital yang dihubungkan dengan labtop/PC. Percobaan dilakukan sampai cutter mengalami keausan, metode pengambilan data yaitu dengan mengambil gambar cutter setiap selesai melakukan melakukan satu kali permesinan.

### **3.2. Persiapan Eksperimen**

Sebelum melakukan pengambilan data, tim melakukan cross check pada mesin dan menyiapkan material yang akan digunakan agar saat permesinan semua berjalan sesuai dengan prosedur pengambilan data.

Berikut adalah langkah-langkah dalam pengambilan data :

1. Membuat program pada mesin CNC milling. pada penelitian ini jenis mesin yang digunakan adalah Mesin CNC Milling Ledwell-V30 dengan menggunakan cutter end mill HSS jenis carbide dengan diameter 12 mm
2. Menyiapkan microscope digital yang sebelumnya telah di kalibrasi dan diletakkan di atas meja mesin. Kalibrasi bertujuan untuk memfokuskan jarak microscope dengan cutter end mill.
3. Melakukan permesinan. Pada permesinan telah dilakukan penyetingan dengan menggunakan parameter permesinan 1500 rpm dengan kedalaman pemakanan 2 mm
4. Membersihkan cutter. Pembersihan ini bertujuan agar aus/wear pada pahat dapat terlihat jelas saat proses pengambilan gambar.
5. Pengambilan gambar cutter menggunakan microscope yang telah dihubungkan dengan labtop/PC. Pada tahap ini microscope didekatkan

ke cutter guna untuk dilakukan pengambilan gambar keausan/ wear yang terjadi pada tiap mata cutter.

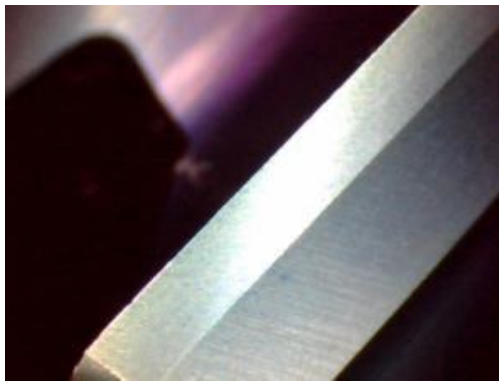
Selama proses pengambilan data berlangsung tim peneliti didampingi oleh pembimbing dari departemen LT MEPPPO yang akan memastikan dan memberikan arahan pada saat melakukan pengambilan data agar sesuai dengan prosedur pengambilan data.

### 3.3. Persiapan Eksperimen

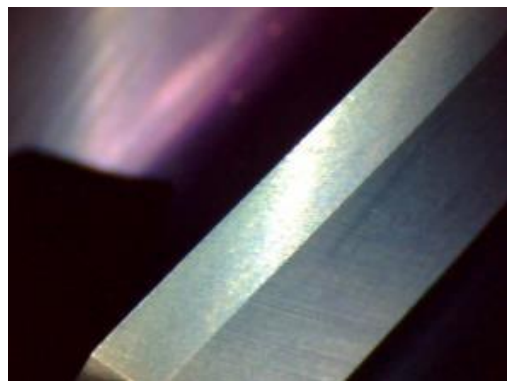
Pengambilan data ini bertujuan untuk mengetahui kondisi atau keausan yang terjadi pada pahat setelah proses milling.

Berikut adalah langkah-langkah pengambilan data :

- a. Mengambil sampel foto cutter menggunakan microscope



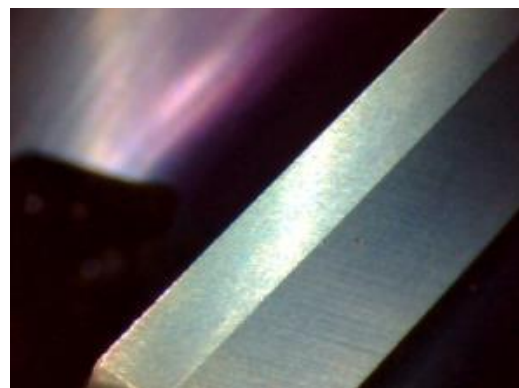
Mata Pahat 1



Mata Pahat 2



Mata Pahat 3



Mata Pahat 4



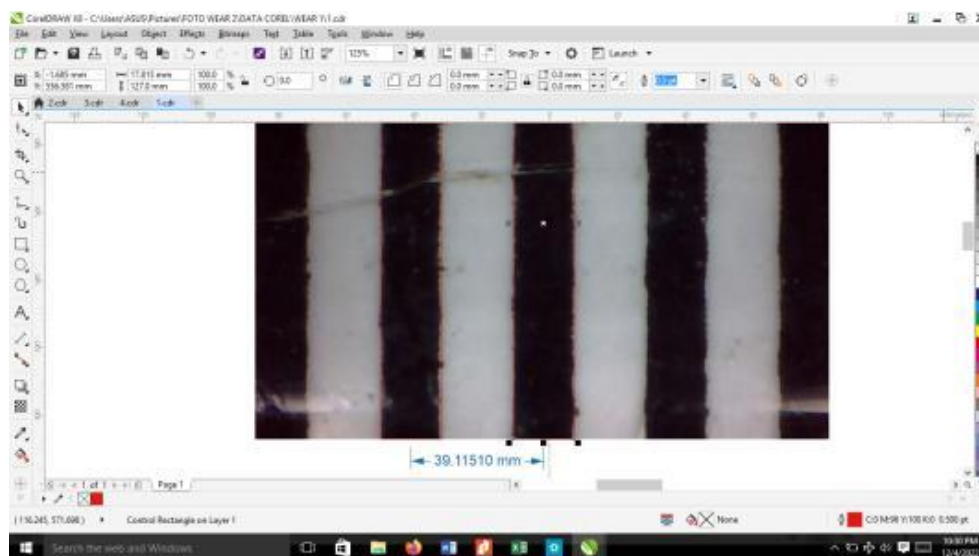
- b. Melakukan proses pengukuran menggunakan software CorelDraw X8 dengan cara membandingkan gambar ukuran spasi penggaris dengan gambar ukuran keausan. Jarak spasi penggaris diukur guna sebagai skala ukur.

Berikut langkah-langkah pengukurannya :

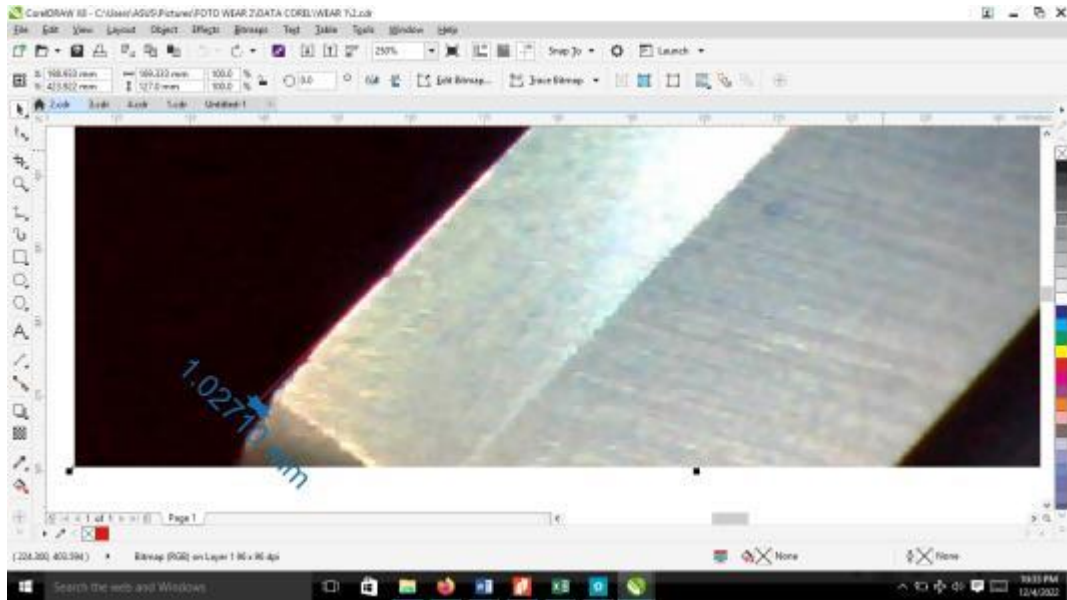
1. Buka software CorelDraw X8 lalu masukan gambar pahat dan penggaris yang akan dilakukan pengukuran
2. Untuk pengukuran spasi penggaris klik rectangle tool lalu letakkan pada dua sisi garis pada penggaris, klik parallel dimension lalu cari mid poin antara sisi garis kemudian ubah dimensi kedalam mm.
3. Untuk pengukuran keausan klik poin line lalu Tarik sambil menekan shift agar garis tetap lurus
4. Klik pick tool lalu Tarik garis dari arah pahat yang belum mengalami aus sampai pada pahat yang sudah mengalami aus.
5. Copy paste garis yang sebelumnya lalu klik rotasi, ubah menjadi 90°
6. Tarik garis ke sisi pahat yang mengalami aus
7. Klik parallel dimension lalu ukur kedalaman keausan

Adapun rumus perhitungan untuk mendapatkan rata-rata aus yaitu :

$$\text{Luas bidang aus cutter} = \frac{\text{luas bidang aus cutter}}{\text{hasil pengukuran penggaris}}$$



**Gambar 4.** Citra garis berjarak 1mm sebagai referensi jarak



**Gambar 5.** Hasil pengukuran keausan melalui aplikasi

### BAB III HASIL KEGIATAN DAN PEMBAHASAN

Dari pengamatan yang telah dilakukan dimana pengaruh kecepatan potong pada proses milling sangat berpengaruh pada aus tepi yang dialami oleh cutter. Selanjutnya akan dilakukan analisa pada data hasil pengujian yang diperoleh dari kondisi pemotongan. Pengamatan data dari hasil pengujian ini dilakukan untuk mengetahui mekanisme aus/wear pada cutter menggunakan microscope digital.

**Tabel 1.** Data hasil pengukuran wear

No	cutting speed	Depth of Cut	pahat			
			1	2	3	4
1	1500	2	0.0432	0.0215	0.0397	0.0399
2	1500	2	0.0588	0.0315	0.0480	0.0469
3	1500	2	0.0767	0.0436	0.0612	0.0633
4	1500	2	0.0830	0.0572	0.0693	0.0771
5	1500	2	0.0949	0.0789	0.0913	0.0956
6	1500	2	0.1051	0.0885	0.1061	0.1083

Pada saat cutter mulai digunakan pada permesinan kausan tepi akan mulai tumbuh secara bertahap, kausan meningkat seiring dengan besar kecepatan potong yang digunakan. Dapat di lihat pada table 1 bahwa tingkat keausan pada setiap mata cutter berbeda seperti pada step pertama dapat dilihat mata 1 mengalami keausan sebesar 0.0432 mm, mata 2 mengalami keausan sebesar 0.0215 mm, mata ke 3 mengalami keausan sebesar 0.0397 mm dan mata ke 4 mengalami keausan sebesar 0.0399 mm sedangkan pada step ke 7 mengalami peningkatan keausan pada mata 1 sebesar 0.1175 mm , mata 2 mengalami keausan sebesar 0.1098 mm, mata ke 3 mengalami keausan sebesar 0.4150 mm dan mata keempat mengalami keausan sebesar 0.1350 mm, sehingga dapat disimpulkan bahwa tingkat keausan pada setiap mata cutter mengalami kenaikan hal ini disebabkan karena kecepatan potong, besarnya gaya pemotongan akan memberikan tekanan yang besar pada cutter sehingga temperature pemotongan meningkat karena energy pada pemotongan diubah panas melalui geram dengan cutter dan antara cutter dan benda kerja.

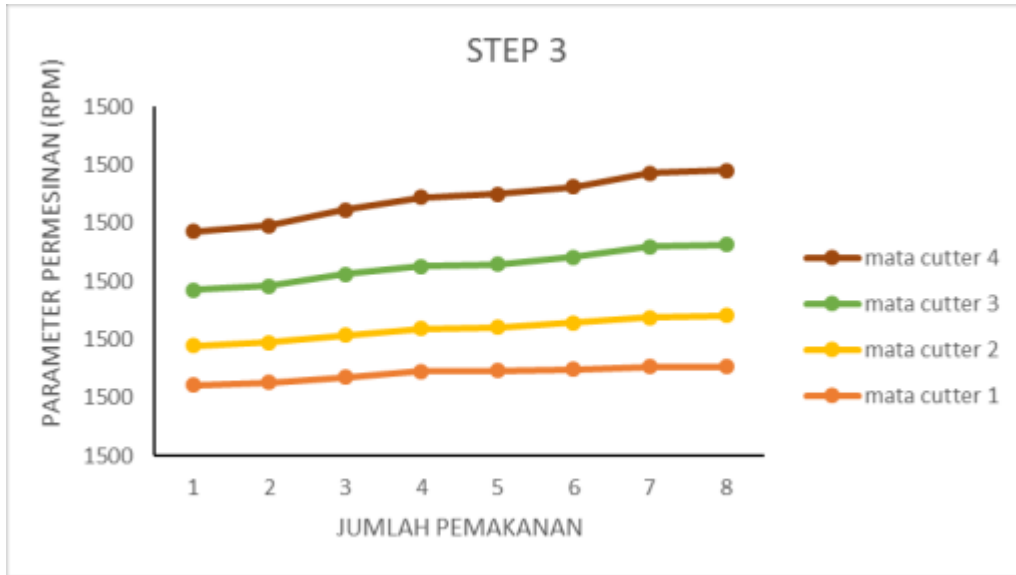
Berikut grafik tingkat keausan yang terjadi pada setiap mata cutter end mill dengan menggunakan parameter permesinan 1500 rpm dan kedalaman pemakanan 2 mm.



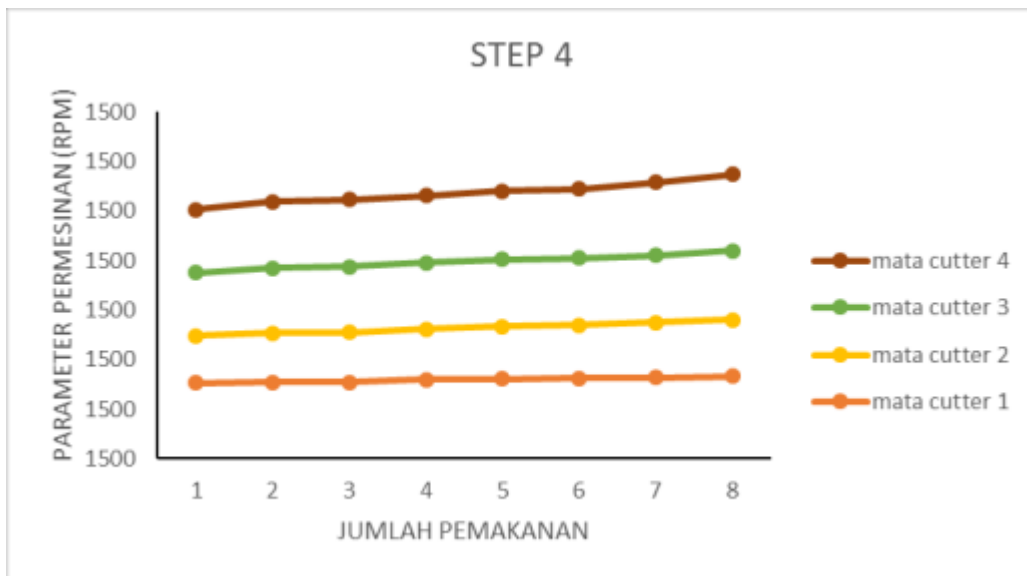
Gambar 6. Grafik aus cutter pada step 1



Gambar 7. Grafik aus cutter pada step 2



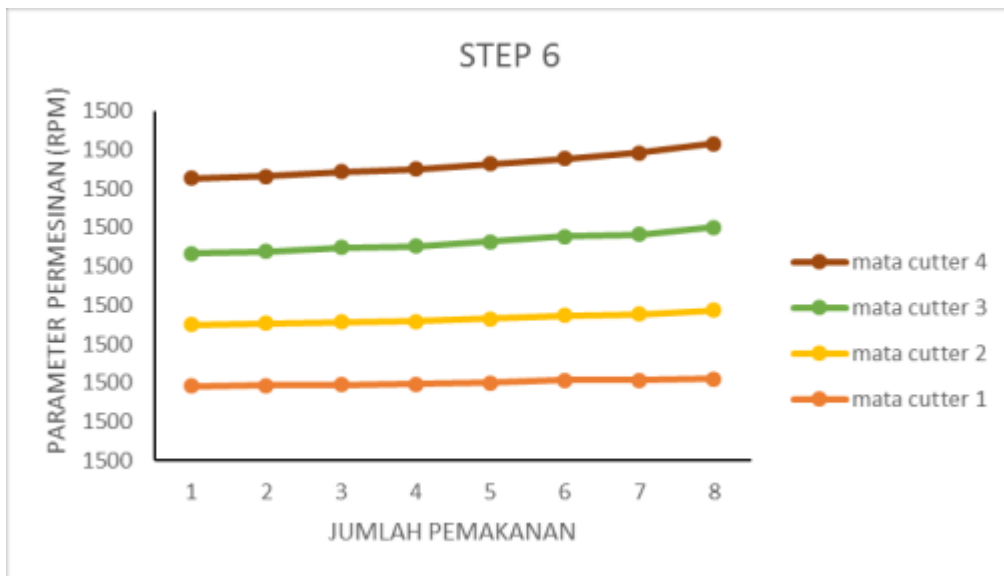
**Gambar 8.** Grafik aus cutter pada step 3



**Gambar 9.** Grafik aus cutter pada step 4



**Gambar 10.** Grafik aus cutter pada step 5



**Gambar 11.** Grafik aus cutter pada step 6

## **BAB IV KESIMPULAN**

Riset yang dilakukan berfokus pada suatu penelitian dan melakukan uji coba berbagai macam riset dan analisis, saat ini sedang berfokus melakukan riset dan analisis terjadinya wear/aus pada cutter end mill G8B0812010110 4F dengan menggunakan benda kerja besi St42 sebagai objek penelitian pembuatan Machine Learning.

Berdasarkan hasil dan pembahasan mengenai kondisi wear/aus pada cutter end mill G8B0812010110 4F, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin besar nilai kecepatan potong yang digunakan pada permesinan maka semakin meningkat juga keausan yang akan terjadi sehingga hal ini dapat menyebabkan umur pada cutter menurun.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. PA, Victor, dan J.P.Davim. Tools (Geometry and Material) and tool wear. Jurnal Machining
- [2]. Fundamentals and Recent Advance. Aveiro University. 2008
- [3]. Mujiono. (2016). Pengaruh Kecepatan Putaran Spindel dan Kecepatan Pemakanan
- [4]. terhadap Kekerasan Permukaan Baja EMS 45 pada Proses End Milling Surface
- [5]. J. Kopa, Cutting tool wear during high-speed cutting, Journal of
- [6]. Mechanical Engineering, 50 (2004) 195 205.
- [7]. S. Dolinšek, J. Kopa, Mechanism and types of tool wear; some particularities
- [8]. in using advanced cutting materials and newest machining processes, 8th Int. Conf.AMME'99, Gliwice, 1999, 185-189.