



---

---

## **Analisa Pengaruh Media Cooling Terhadap Umur Pahat Pada End Mill Cutter**

**Akhmad Khoiri<sup>1</sup>, Akhmad Farid<sup>2</sup>, Gatot Soebiyakto<sup>3</sup>✉**

<sup>1,2,3</sup> Prodi Magister Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Widya Gama  
Jl. Taman Borobudur Indah No.1, Malang, Indonesia  
✉ *Corresponding author:* gatot@widyagama.ac.id

Diterima Redaksi : 20 Desember 2022  
Selesai Revisi : 5 April 2023  
Diterbitkan Online : 22 Mei 2023

### **Abstract**

*The process of cutting metal or scraping metal using a tool on a machine tool is one type of manufacturing process. In the process of working with machine tools itself, several processes are known such as turning, freis, drilling, grinding and scraping. The difference between these processes is the way of working and the products produced. While this test is about the turning process which is one of the metal scraping processes. The fixed variables used include lathe rotation (RPM) and depth of cut while the independent variable is the coolant used to cool the tool during the scraping process, namely synthetic coolant and seluble oil. By comparing the two coolants, it can be concluded that synthetic coolants have better performance when viewed from tool wear with a standard reference to the critical wear limit of 0.3-0.8 mm. The best performance is using Synthetic Fluid at RPM 650 with a depth of cut of 0.5 mm with a value of 0.05955 mm while the largest wear rate when using Seluble Oil liquid with RPM 1300 with a depth of cut of 1.5 with a value of 0.50495 mm. So it is highly recommended to use synthetic coolant with RPM.*

**Keywords:** end mill cutter; cooling media; synthetic; oil; rpm.

### **Abstrak**

Proses pemotongan logam atau pengikisan logam dengan menggunakan pahat pada mesin perkakas merupakan salah satu jenis proses manufaktur. Dalam proses pengerjaan dengan mesin perkakas itu sendiri dikenal beberapa proses seperti proses pembubutan, freis, pengeboran, gerinda dan sekrap. Letak perbedaan dari proses tersebut adalah cara kerja dan produk yang dihasilkan. Sedangkan pengujian ini mengenai proses pembubutan yang merupakan salah satu dari proses pengikisan logam. Variabel tetap yang digunakan antara lain putaran mesin bubut (RPM) dan kedalaman potong sedangkan variabel bebasnya adalah cairan pendingin yang digunakan untuk mendinginkan pahat saat proses pengikisan yaitu cairan pendingin sintetik dan seluble oil. Dengan membandingkan kedua cairan pendingin tersebut dapat disimpulkan bahwa cairan pendingin sintetik memiliki performa yang lebih baik jika dilihat dari keausan pahat dengan acuan standar batas keausan kritis yaitu sebesar 0,3-0,8 mm. Performa terbaik yaitu menggunakan Cairan Sintetik pada RPM 650 dengan kedalaman potong 0.5 mm dengan nilai 0.05955 mm sedangkan tingkat keausan terbesar saat menggunakan cairan seluble Oil dengan RPM 1300 dengan kedalaman potong 1.5 dengan nilai 0.50495 mm. Jadi sangat dianjurkan menggunakan cairan pendingin Sintetik dengan RPM.

**Kata kunci:** end mill cutter; media pendingin; sintetik; oil; rpm.

## 1. Pendahuluan

Proses pembuatan komponen-komponen mesin yang berbahan dasar dari logam sangat penting di dunia industri manufaktur saat ini [1]. Mesin milling atau mesin frais adalah mesin yang digunakan untuk membuat komponen-komponen tersebut. Mesin ini mampu mengerjakan suatu benda kerja dalam permukaan datar, sisi tegak, miring, bahkan alur roda gigi dengan menggunakan pisau milling (cutter) [2]. Selain fleksibilitas dalam bentuk pemotongan, mesin milling juga mampu bekerja dengan berbagai jenis material logam, mulai dari aluminium yang ringan hingga baja tahan karat yang keras. Oleh karena itu, mesin ini menjadi pilihan utama dalam proses pembuatan komponen yang memerlukan presisi dimensi dan kekasaran permukaan tertentu. Proses milling dapat dilakukan secara manual menggunakan mesin milling konvensional, atau secara otomatis menggunakan CNC (Computer Numerical Control) milling, yang mampu meningkatkan produktivitas, akurasi, serta mengurangi kesalahan manusia.

Dengan perkembangan teknologi manufaktur yang semakin maju, mesin milling juga terus mengalami berbagai inovasi, baik dari sisi desain mekanik, sistem kontrol, maupun teknologi pemotongan. Inovasi ini mencakup pengembangan mesin CNC (Computer Numerical Control) yang mampu menjalankan perintah pemesinan secara otomatis berdasarkan program digital, hingga penerapan sistem smart manufacturing yang terintegrasi dengan Internet of Things (IoT), sensor, dan perangkat lunak analisis data.

Mesin milling modern kini telah dilengkapi dengan fitur-fitur canggih seperti sistem umpan balik otomatis (feedback system), pemantauan kondisi pemotongan secara real-time, serta pengaturan parameter pemotongan berbasis kecerdasan buatan (AI). Hal ini memungkinkan peningkatan efisiensi produksi, penurunan tingkat kerusakan alat potong, serta pengendalian kualitas produk yang lebih konsisten. Desain mesin yang lebih ergonomis dan modular juga membuat pengoperasian dan pemeliharaan menjadi lebih mudah dan aman. Didalam proses pemesinan mesin frais sering digunakan untuk pembuatan dies [3]. Hal ini dikarenakan proses pemesinan menggunakan frais dapat menjangkau beberapa bentuk pengerjaan dan dapat menghasilkan ketelitian yang baik. Salah satu proses yang digunakan dalam pembuatan dies adalah proses end milling.

End milling adalah proses pengerjaan pada mesin frais di mana pahat diletakkan tegak lurus benda kerja [4]. Pada proses ini, gigi pahat bagian samping melakukan proses pemotongan dan gigi bagian bawah pahat melakukan proses pemerataan. Untuk pembuatan dies, ketelitiannya harus dijaga agar dies yang dihasilkan sempurna dan biaya produksi dapat ditekan seefisien mungkin. Salah satu cara untuk menjaga ketelitian dalam proses tersebut adalah dengan menyesuaikan pahat yang digunakan dengan material benda kerja dan cairan pendingin yang digunakan.

Penggunaan cairan pendingin secara efektif dapat memperpanjang umur pahat secara signifikan. Hal ini disebabkan oleh kemampuannya dalam mengurangi gesekan dan panas berlebih pada zona potong antara pahat dan benda kerja. Suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan keausan pahat lebih cepat, retakan mikro pada ujung potong, hingga kerusakan termal permanen. Dengan pendinginan yang optimal, suhu kerja tetap terjaga dalam batas aman, sehingga umur pakai pahat menjadi lebih lama dan frekuensi penggantian alat berkurang, yang pada akhirnya dapat menurunkan biaya produksi.

Selain itu, cairan pendingin berperan penting dalam mengurangi deformasi termal pada benda kerja. Selama proses pemesinan, panas yang ditimbulkan oleh gesekan dan pemotongan dapat menyebabkan ekspansi termal yang tidak merata pada benda kerja, sehingga memicu deformasi dimensi. Jika tidak dikendalikan, hal ini akan mengganggu presisi hasil akhir. Dengan mengalirkan cairan pendingin secara kontinu, panas dapat diserap dan dibuang secara

efisien, menjaga stabilitas termal benda kerja dan menghindari perubahan bentuk akibat pemuaiian lokal.

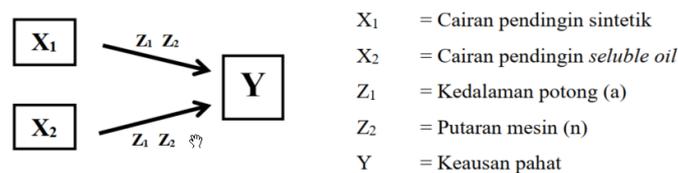
Dari segi hasil akhir, cairan pendingin juga berkontribusi pada peningkatan kualitas permukaan hasil pemesinan. Dengan mengurangi gesekan antara pahat dan benda kerja serta menjaga kestabilan temperatur, permukaan hasil potongan menjadi lebih halus, bebas dari goresan, burning, atau bekas pemotongan kasar. Hal ini sangat penting untuk komponen-komponen presisi yang memiliki toleransi ketat, seperti dalam industri otomotif, dirgantara, dan peralatan medis [5].

Selain ketiga fungsi utama tersebut, cairan pendingin juga membantu dalam membersihkan beram (chip) dari area pemotongan. Beram yang menumpuk di sekitar pahat dapat menyebabkan chip re-cutting, yaitu proses di mana beram yang telah terpotong kembali tergiling oleh alat potong, yang dapat merusak permukaan dan mempercepat keausan pahat. Dengan adanya aliran cairan pendingin yang cukup, beram dapat segera terangkat dan dialirkan keluar dari zona pemotongan, menjaga kebersihan area kerja dan menghindari interferensi dalam proses pemotongan [6].

Lebih lanjut, pemilihan jenis cairan pendingin juga mempengaruhi performa pemesinan. Terdapat berbagai jenis coolant, seperti emulsi berbasis air, minyak murni, dan pendingin sintetis, masing-masing dengan karakteristik viskositas, daya hantar panas, dan sifat pelumas yang berbeda. Penggunaan sistem pendingin juga dapat bervariasi, mulai dari pendinginan konvensional (flood coolant), minimum quantity lubrication (MQL), hingga cryogenic cooling menggunakan nitrogen cair untuk proses pemotongan material superkeras. [7]. Cairan pendingin yang digunakan dapat dikategorikan menjadi empat jenis: minyak murni, soluble oils, cairan semi sintetis, dan synthetic fluids [8]. Cairan pendingin Minyak sintetis (synthetic fluids) tidak mengandung minyak bumi atau minyak mineral dan sebagai gantinya dibuat dari campuran organik dan anorganik alkaline bersama-sama dengan bahan penambah (additive) untuk penangkal korosi serta penyerapan panas yang sangat baik diantara jenis pendingin [9]. Cairan pendingin soluble oil memiliki keunggulan daya lumas yang tinggi, melindungi dari karat, dan memperbaiki umur pahat [10]. Namun, dari segi penyerapan panas, cairan pendingin soluble oil kurang baik dibandingkan dengan cairan pendingin sintetis.

## 2. Metode Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan paradigma ganda dengan dua variabel independen dan juga dua variabel moderator. Paradigma penelitian dalam eksperimen ini dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 1. Paradigma penelitian

Tabel 1. Rancangan penelitian

Cairan pendingin	Putaran spindle (n)	Kedalaman potong			Kecepatan potong (Vf)
		0,5 mm	1 mm	1,5 mm	
Sintetik	650 rpm	A11	A12	A13	50 mm/min
	920 rpm	A21	A22	A23	
	1300 rpm	A31	A32	A33	

---

Seluble oil	650 rpm	B11	B12	B13
	920 rpm	B21	B22	B23
	1300 rpm	B31	B32	B33

---

Obyek dalam penelitian ini adalah pahat HSS end mill. Kemudian dilakukan proses pengefreisan pahat HSS end mill menggunakan cairan pendingin jenis sintetik dan seluble oil dengan variasi putaran mesin dan kedalaman potong. Pahat HSS (High Speed Steel) yang digunakan adalah pahat yang memiliki 4 flute (empat mata potong) berjumlah 18 buah. Setiap mata potong pahat diamati keausan yang terjadi dan diambil dua nilai keausan yang terbesar. Kemudian diambil rata-rata dari setiap variasi yang digunakan.

Instrumen penelitian yang digunakan adalah lembar observasi yang berisi nilai keausan pahat HSS end mill menggunakan cairan pendingin jenis sintetik dan seluble oil dengan variasi putaran mesin 650 rpm, 920 rpm, 1300 rpm dan kedalaman potong 0,5 mm, 1 mm dan 1,5 mm.



Gambar 1. Soluble oil



Gambar 2. Sintetik oil

### **Prosedur penelitian:**

Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji pengaruh jenis cairan pendingin, variasi putaran spindle, dan kedalaman potong terhadap hasil proses pemesinan. Dua jenis cairan pendingin yang digunakan dalam penelitian ini adalah cairan pendingin sintetik dan soluble oil, yang masing-masing diuji dalam kondisi pemesinan dengan parameter yang sama untuk memastikan perbandingan yang objektif.

Proses dimulai dengan persiapan alat dan bahan, termasuk mesin frais, benda kerja dari material logam tertentu (misalnya baja karbon rendah), serta pisau frais yang seragam untuk seluruh pengujian. Selain itu, disiapkan pula dua jenis cairan pendingin yang akan diuji, serta

alat ukur seperti surface roughness tester untuk mengukur kekasaran permukaan, termometer infra merah untuk mengamati suhu potong, dan alat bantu lainnya.

Setiap pengujian dilakukan dengan kecepatan pemakanan tetap sebesar 50 mm/menit, sementara parameter yang divariasikan adalah putaran spindle (650 rpm, 920 rpm, dan 1300 rpm) dan kedalaman potong (0,5 mm, 1 mm, dan 1,5 mm). Dengan kombinasi ini, masing-masing jenis cairan pendingin menghasilkan sembilan kondisi pemesinan yang berbeda, sehingga total terdapat 18 kondisi pengujian.

Pengujian pertama dilakukan menggunakan cairan pendingin sintetik. Mesin dijalankan pada tiga tingkat putaran spindle dengan masing-masing tiga variasi kedalaman potong, menghasilkan kombinasi A11 hingga A33. Selama proses, cairan pendingin dialirkan secara konstan untuk menjaga kestabilan suhu dan pelumasan. Setelah setiap pemotongan, data seperti kekasaran permukaan, suhu, dan kondisi beram dicatat.

Setelah selesai dengan sintetik, dilakukan pengujian ulang dengan cairan pendingin soluble oil. Kondisi pemotongan yang sama diulang kembali, menghasilkan kombinasi pengujian B11 hingga B33. Sama seperti sebelumnya, pendingin soluble oil digunakan secara konstan, dan semua parameter hasil proses dicatat untuk dianalisis.

Seluruh data yang diperoleh dari masing-masing kombinasi perlakuan kemudian direkap dan dianalisis. Perbandingan dilakukan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh jenis cairan pendingin terhadap hasil pemesinan dalam berbagai kondisi putaran dan kedalaman potong. Dari analisis ini, ditentukan kombinasi terbaik yang mampu memberikan hasil pemesinan paling optimal, ditinjau dari aspek kekasaran permukaan, kestabilan suhu, dan kemungkinan keausan pahat.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Tabel 2. menyajikan data mengenai keausan tepi pahat (VB) yang terjadi selama proses pemesinan dengan variasi parameter putaran mesin (rpm) dan kedalaman potong (mm). Keausan diukur pada dua sisi pahat, yaitu  $VB_1$  dan  $VB_2$ , kemudian dirata-ratakan untuk memperoleh nilai keausan rata-rata dalam satuan mikrometer ( $\mu\text{m}$ ) dan dikonversi ke dalam satuan milimeter (mm).

Dari data terlihat bahwa semakin tinggi putaran mesin dan semakin besar kedalaman potong, maka nilai keausan tepi pahat cenderung meningkat secara signifikan. Hal ini sejalan dengan teori bahwa peningkatan parameter pemotongan akan meningkatkan beban termal dan mekanik pada ujung pahat, sehingga mempercepat laju keausan.

Pada putaran mesin 650 rpm, keausan terendah terjadi pada pahat dengan kedalaman potong 0,5 mm, yaitu sebesar  $59,55 \mu\text{m}$  atau  $0,05955 \text{ mm}$ . Sementara itu, pada kedalaman potong 1,5 mm, keausan meningkat menjadi  $69,0 \mu\text{m}$  atau  $0,069 \text{ mm}$ . Ini menunjukkan bahwa pada kecepatan rendah, meskipun terjadi peningkatan kedalaman potong, laju keausan masih berada dalam batas moderat.

Ketika putaran mesin ditingkatkan menjadi 920 rpm, terjadi lonjakan keausan. Pada kedalaman potong 1,5 mm, nilai keausan rata-rata mencapai  $109,15 \mu\text{m}$  atau  $0,10915 \text{ mm}$ . Ini menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan spindle meningkatkan friksi dan panas pada area kontak, sehingga mempercepat ausnya ujung pahat.

Tren ini semakin jelas pada putaran mesin tertinggi yaitu 1300 rpm. Pada kedalaman potong paling kecil sekalipun (0,5 mm), keausan telah mencapai  $123,55 \mu\text{m}$  ( $0,12355 \text{ mm}$ ), dan terus meningkat hingga mencapai nilai tertinggi  $134,65 \mu\text{m}$  ( $0,13465 \text{ mm}$ ) pada kedalaman potong 1,5 mm. Ini menandakan bahwa pada kecepatan tinggi, kondisi kerja pahat menjadi sangat ekstrem dan mempercepat degradasi alat potong.

Secara keseluruhan, data ini menunjukkan bahwa keausan pahat dipengaruhi secara langsung

oleh parameter pemotongan, terutama oleh putaran mesin dan kedalaman potong. Kombinasi kedua parameter tersebut menentukan beban kerja yang diterima oleh pahat. Oleh karena itu, dalam praktik manufaktur, pemilihan parameter pemotongan yang tepat sangat penting untuk menjaga umur pahat dan efisiensi proses pemesinan.

Tabel 2. Keausan Tepi Pahat HSS End Mill menggunakan Pendingin sinteitik

Keausan Tepi Pahat						
Pahat	Putaran Mesin (rpm)	Kedalaman Potong (mm)	VB <sub>1</sub> ( $\mu$ m)	VB <sub>2</sub> ( $\mu$ m)	Rata-rata VB ( $\mu$ m)	Rata-rata (mm)
1	650	0.5	58.1	61	59.55	0.05955
2	650	1	62.5	62.9	62.7	0.0627
3	650	1.5	67.2	70.8	69	0.069
4	920	0.5	79.1	83.2	81.15	0.08115
5	920	1	85.9	90.9	88.4	0.0884
6	920	1.5	99.2	119.1	109.15	0.10915
7	1300	0.5	120.9	126.2	123.55	0.12355
8	1300	1	127.5	129.2	128.35	0.12835
9	1300	1.5	131.5	137.8	134.65	0.13465

Dari tabel 3 dapat dilihat hasil dari uji keausan tepi pada pahat HSS end mill dengan menggunakan cairan pendingin seluble oil pada proses end milling dengan variasi kedalaman potong dan putaran mesin. Dari hasil keausan tepi pahat HSS tersebut menunjukkan angka keausan masih dibawah batas keausan pahat yang kritis seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.1, dimana pahat HSS mempunyai batas keausan kritis sebesar 0,3 – 0,8 mm. Data menunjukkan angka keausan terendah terjadi pada variasi putaran mesin 650 rpm dan kedalaman potong 0,5 mm sebesar 0.1408 mm dan memiliki tingkat keausan tertinggi yang terjadi pada variasi putaran mesin 1300 rpm dan kedalaman potong 1,5 mm sebesar 0.50495 mm.

Tabel 3. Keausan tepi pahat HSS End Mill menggunakan pendingin soluble oil

Keausan Tepi Pahat						
Pahat	Putaran Mesin (rpm)	Kedalaman Potong (mm)	VB <sub>1</sub> ( $\mu$ m)	VB <sub>2</sub> ( $\mu$ m)	Rata-rata VB ( $\mu$ m)	Rata- rata (mm)
1	650	0.5	138.4	143.2	140.8	0.1408
2	650	1	149.1	154.3	151.7	0.1517
3	650	1.5	172.8	206.3	189.55	0.18955
4	920	0.5	220.1	221.4	220.75	0.22075
5	920	1	223	238.9	230.95	0.23095
6	920	1.5	245.7	258.3	252	0.252
7	1300	0.5	261.6	266.7	264.15	0.26415
8	1300	1	276.6	426.1	351.35	0.35135
9	1300	1.5	483.5	526.4	504.95	0.50495

Tabel 3. menyajikan hasil pengukuran keausan tepi pahat (VB) selama proses pemesinan yang dilakukan dengan variasi putaran mesin (rpm) dan kedalaman potong (mm). Nilai keausan diukur pada dua sisi pahat, yaitu  $VB_1$  dan  $VB_2$ , kemudian dirata-ratakan untuk memperoleh nilai keausan rata-rata dalam satuan mikrometer ( $\mu\text{m}$ ) dan milimeter (mm).

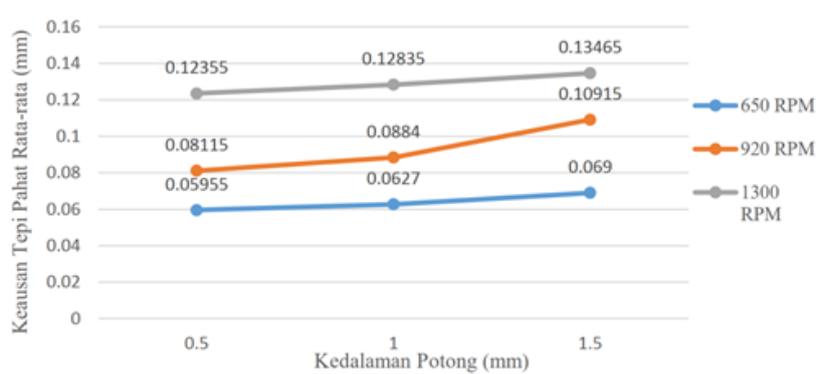
Dari data terlihat bahwa terdapat korelasi positif antara peningkatan putaran mesin dan kedalaman potong terhadap nilai keausan pahat. Keausan tertinggi terjadi pada kondisi ekstrem, yaitu putaran mesin 1300 rpm dan kedalaman potong 1,5 mm, dengan nilai keausan rata-rata mencapai 504,95  $\mu\text{m}$  atau 0,50495 mm. Sebaliknya, nilai keausan terendah ditemukan pada kondisi paling ringan, yaitu putaran 650 rpm dan kedalaman potong 0,5 mm, dengan rata-rata keausan sebesar 140,8  $\mu\text{m}$  atau 0,1408 mm.

Pada putaran 650 rpm, peningkatan kedalaman potong dari 0,5 mm hingga 1,5 mm menyebabkan kenaikan keausan pahat dari 140,8  $\mu\text{m}$  menjadi 189,55  $\mu\text{m}$ . Hal ini menunjukkan bahwa semakin dalam potongan yang dilakukan, maka semakin besar pula gaya potong dan panas yang timbul, sehingga mempercepat keausan ujung pahat.

Tren yang sama juga terlihat pada putaran mesin 920 rpm. Rata-rata keausan meningkat dari 220,75  $\mu\text{m}$  pada kedalaman 0,5 mm, menjadi 252  $\mu\text{m}$  pada kedalaman 1,5 mm. Meski peningkatannya masih tergolong sedang dibanding putaran tertinggi, hal ini menunjukkan bahwa kenaikan putaran mesin memperbesar energi potong dan mempercepat ausnya pahat.

Pada kondisi putaran 1300 rpm, keausan pahat meningkat drastis. Bahkan pada kedalaman potong terkecil sekalipun (0,5 mm), keausan telah mencapai 264,15  $\mu\text{m}$ , dan terus meningkat hingga 351,35  $\mu\text{m}$  pada kedalaman 1 mm, serta memuncak pada 504,95  $\mu\text{m}$  pada kedalaman 1,5 mm. Kenaikan ini mengindikasikan bahwa pada kecepatan tinggi, pahat bekerja dalam kondisi termal dan mekanis yang sangat berat, yang secara signifikan mempercepat degradasi permukaan pahat.

### Analisa Perbandingan Putaran Mesin dan Kedalaman Potong menggunakan Pendingin Sintetik



Gambar 4. Grafik perbandingan putaran mesin terhadap keausan tepi pahat menggunakan pendingin sintetik

Grafik di atas memperlihatkan pengaruh kedalaman potong terhadap keausan rata-rata tepi pahat (dalam mm) pada proses pemesinan dengan menggunakan cairan pendingin sintetik. Tiga tingkat putaran mesin diuji, yaitu 650 rpm, 920 rpm, dan 1300 rpm, masing-masing dengan tiga variasi kedalaman potong: 0,5 mm, 1 mm, dan 1,5 mm.

Secara umum, grafik menunjukkan tren peningkatan keausan tepi pahat seiring dengan bertambahnya kedalaman potong, yang konsisten pada semua tingkat putaran. Hal ini dapat dijelaskan karena semakin besar kedalaman potong, semakin besar pula volume material yang

dipotong dalam satu waktu, yang berarti gaya pemotongan dan friksi yang terjadi juga meningkat. Akibatnya, panas dan tekanan pada tepi pahat bertambah, sehingga keausan pun meningkat.

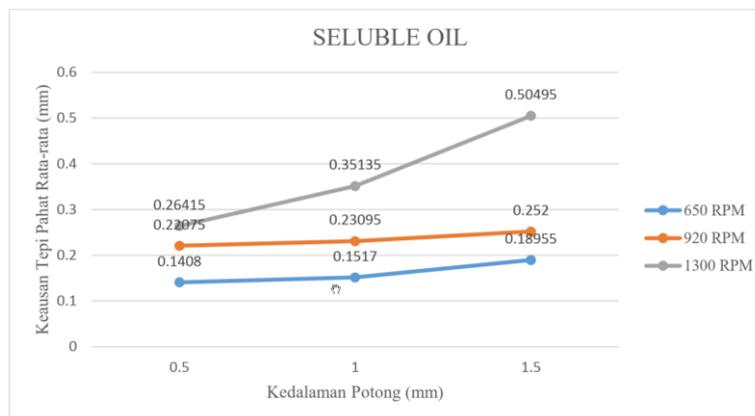
Pada putaran 650 rpm, keausan menunjukkan nilai terendah di antara ketiga kecepatan spindle. Nilai keausan rata-rata meningkat secara bertahap dari 0,05955 mm (kedalaman 0,5 mm), menjadi 0,0627 mm (1 mm), dan mencapai 0,069 mm (1,5 mm). Kenaikan ini relatif kecil dan menunjukkan bahwa pada putaran rendah, pendinginan sintetik cukup efektif dalam menjaga suhu dan mengurangi keausan.

Sementara itu, pada putaran 920 rpm, keausan pahat meningkat lebih tajam. Nilai rata-rata keausan naik dari 0,08115 mm pada kedalaman potong 0,5 mm, menjadi 0,0884 mm pada 1 mm, dan mencapai 0,10915 mm pada kedalaman 1,5 mm. Hal ini menandakan bahwa pada kecepatan menengah, friksi dan beban termal mulai memberikan pengaruh signifikan terhadap keausan alat potong.

Pada kondisi putaran tertinggi, yaitu 1300 rpm, keausan pahat berada pada posisi tertinggi di setiap tingkat kedalaman potong. Nilai keausan rata-rata meningkat dari 0,12355 mm, menjadi 0,12835 mm, dan mencapai puncaknya di 0,13465 mm. Ini menunjukkan bahwa pada kecepatan tinggi, panas yang dihasilkan sangat besar dan lebih sulit diredam oleh cairan pendingin, sehingga pahat mengalami degradasi lebih cepat.

Dari grafik ini dapat disimpulkan bahwa cairan pendingin sintetik memang berfungsi menekan laju keausan pahat, tetapi efektivitasnya cenderung menurun seiring peningkatan putaran mesin dan kedalaman potong. Oleh karena itu, pada kecepatan tinggi dan pemotongan berat, diperlukan strategi tambahan seperti pendinginan lebih intensif atau pemilihan material pahat yang lebih tahan aus untuk mempertahankan umur alat dan efisiensi proses pemesinan.

### Analisa Perbandingan Putaran Mesin dan Kedalaman Potong menggunakan Soluble Oil



Gambar5. Grafik perbandingan putaran mesin terhadap keausan tepi pahat menggunakan soluble oil

Seperti metode sebelumnya yang menggunakan Cooling Sintetik, tingkat keausan tepi pahat pada metode ini juga dipengaruhi oleh putaran mesin (RPM) dan Kedalaman potong. Melihat gambar 4.20 nilai terkecil keausan diperoleh pada RPM 650 dengan kedalaman potong 0.5 mm dengan nilai 0.1408 mm. Sedangkan nilai kedalaman tertinggi diperoleh pada RpM 1300 dengan kedalaman potong 1.5 dengan Grafik di atas memperlihatkan pengaruh kedalaman potong terhadap keausan tepi pahat rata-rata (dalam mm) pada proses pemesinan dengan menggunakan cairan pendingin soluble oil. Tiga tingkat putaran spindle diuji, yaitu 650 rpm, 920 rpm, dan 1300 rpm, dengan variasi kedalaman potong: 0,5 mm, 1 mm, dan 1,5 mm.

Secara umum, grafik menunjukkan bahwa keausan tepi pahat meningkat seiring dengan bertambahnya kedalaman potong, terutama pada putaran tinggi. Namun, efek peningkatan ini lebih tajam terlihat pada putaran 1300 rpm, sedangkan pada putaran yang lebih rendah, tren peningkatan keausan terlihat lebih landai.

Pada putaran 650 rpm, keausan dimulai dari 0,1408 mm pada kedalaman potong 0,5 mm, naik ke 0,1517 mm pada 1 mm, dan menjadi 0,18955 mm pada 1,5 mm. Peningkatan ini relatif moderat, menunjukkan bahwa pada kecepatan rendah, soluble oil cukup efektif dalam menjaga suhu potong dan mengurangi gesekan antar permukaan kerja.

Untuk putaran 920 rpm, keausan pahat cenderung lebih stabil meskipun terjadi peningkatan kedalaman potong. Nilai keausan tercatat sebesar 0,22075 mm pada 0,5 mm, sedikit naik menjadi 0,23095 mm pada 1 mm, dan meningkat ke 0,252 mm pada 1,5 mm. Hal ini mengindikasikan bahwa pada kecepatan menengah, soluble oil masih cukup mampu meredam panas dan menjaga umur pahat dari aus berlebih.

Namun, pada putaran tinggi yaitu 1300 rpm, terlihat lonjakan keausan yang sangat signifikan. Nilai keausan meningkat tajam dari 0,26415 mm pada kedalaman 0,5 mm, menjadi 0,35135 mm pada 1 mm, dan mencapai 0,50495 mm pada 1,5 mm. Lonjakan ini menandakan bahwa pada kecepatan tinggi, performa soluble oil sebagai pendingin mulai menurun, dan tidak cukup efektif dalam mencegah akumulasi panas di zona pemotongan, yang berujung pada percepatan keausan pahat.

Dari grafik ini dapat disimpulkan bahwa soluble oil memberikan perlindungan keausan yang cukup baik pada kecepatan rendah hingga menengah, tetapi menjadi kurang efektif pada kecepatan tinggi dan kedalaman potong yang besar. Oleh karena itu, pada kondisi pemesian berat, mungkin diperlukan sistem pendinginan tambahan atau pemilihan bahan pahat yang lebih tahan aus untuk menjaga efisiensi dan umur alat potong. Nilai 0,50495 mm. Perubahan signifikan sangat terlihat pada RPM 1300 dengan kedalaman potong 1 mm dan 1,5 mm dengan nilai 0,51335 mm dan 0,50495 mm. Nilai ini menunjukkan bahwa pada RPM 1300 dengan kedalaman potong 1 mm dan 1,5 mm memasuki nilai batas keausan kritis yaitu 0,3 – 0,8 mm yang artinya tidak disarankan digunakan dalam proses pemahatan ini.

#### 4. Kesimpulan

Keausan tepi pahat HSS end mill 4 flute menggunakan cairan pendingin sintetik pada proses end milling dengan variasi kedalaman potong dan putaran mesin menunjukkan angka keausan terendah terjadi pada variasi putaran mesin 650 rpm dan kedalaman potong 0,5 mm sebesar 0,05955 mm dan memiliki tingkat keausan tertinggi yang terjadi pada variasi putaran mesin 1300 rpm dan kedalaman potong 1,5 mm sebesar 0,13465 mm. Baris pertama dari chapter tertentu.

Keausan tepi pahat HSS end mill 4 flute menggunakan cairan pendingin soluble oil pada proses end milling dengan variasi kedalaman potong dan putaran mesin menunjukkan angka keausan terendah terjadi pada variasi putaran mesin 650 rpm dan kedalaman potong 0,5 mm sebesar 0,1408 mm dan memiliki tingkat keausan tertinggi yang terjadi pada variasi putaran mesin 1300 rpm dan kedalaman potong 1,5 mm sebesar 0,50495 mm.

#### Daftar Pustaka

- [1] N. Islahudin, "Teknologi Proses Pengecatan Menggunakan Sistem Atomisasi Pada Produk Berbahan Plastik Di Industri Perakitan Sepedamotor," *SINTEK J. J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 13, no. 1, pp. 15–25, 2019.
- [2] N. A. ASSEGAF, "Pengaruh Jenis Pahat, Kedalaman Pemakanan, dan Jenis Cairan Pendingin terhadap Tingkat Kekasaran dan Kerataan Permukaan Baja ST. 41 pada

- Proses Milling Konvensional,” *J. Tek. Mesin*, vol. 3, no. 01, 2014.
- [3] C. Utomo and S. T. Patna Partono, “Perencanaan dan pembuatan dies permanent mold pengecoran logam dengan material besi cor ductile (FCD).” Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2017.
- [4] A. Fauzan, “Manufaktur Spacer Dengan Dimensi 180 X 150 X 30mm Pada Blangking Die,” *J. Tek. Inform. dan Elektro*, vol. 3, no. 2, pp. 34–48, 2021.
- [5] S. Rugayyah, “Analisis Pengaruh Cairan Pendingin Terhadap Tingkat Kekasaran Permukaan Pada Proses Pembubutan Material Baja ST 42.” UNIVERSITAS NEGERI MAKASSAR, 2020.
- [6] T. U. T. W. HANDAYANI, “TEKNIK PEMESIN TEKNIK PEMESINAN”.
- [7] J. Ilham and B. D. Haripriadi, “Evaluasi Cairan Pendingin Terhadap Kekasaran Permukaan pada Proses Milling CNC Router Aluminium Sheet 1100,” in *Seminar Nasional Industri dan Teknologi*, 2019, pp. 191–201.
- [8] M. G. R. Prasetya and R. S. Mulyono, “Analisa Pengaruh Variasi Jenis Cairan Pendingin terhadap Kekasaran Permukaan SKD 11 serta Prosedur Perawatannya pada Mesin Milling Konvensional,” in *Seminar Nasional Teknik Mesin*, 2019, pp. 696–700.
- [9] R. Siskayanti and M. E. Kosim, “Analisis pengaruh bahan dasar terhadap indeks viskositas pelumas berbagai kekentalan,” *J. Rekayasa Proses*, vol. 11, no. 2, pp. 94–100, 2017.
- [10] J. SRIYANTO, “Analisis Pengaruh Cairan Pendingin Semisintetik dan Soluble Oil terhadap Keausan Pahat High Speed Steel (HSS) pada Proses End Milling.” Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2012.