

# Pengaruh variasi baja terhadap keausan *end mill cutter* HSS pada proses permesinan CNC milling

Friska Ari Yessika<sup>1</sup>, Heri Yudiono<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang

<sup>2</sup>Staf Pengajar, Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang  
Kampus Sekaran Gunungpati, Semarang 50229  
Email korespondensi: ari36102@gmail.com

---

## Abstrak

Kajian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi baja terhadap keausan *Cutter End Mill HSS* pada proses permesinan CNC Milling. Kajian ini menggunakan desain *Pre-Eksperimental*. Design dengan menggunakan tipe *intac-group comparison*, terdapat dua kelompok pada kajian ini yaitu kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Variasi bahan uji yang digunakan dalam kajian ini adalah baja ST 37, baja ST 60, dan baja ST 90, sedangkan spesimen uji menggunakan *end mill cutter HSS* dengan diameter 12 mm. Hasil pengujian pengaruh variasi bahan terhadap keausan *end mill cutter* menunjukkan bahwa semakin tinggi karbon pada bahan yang digunakan, maka semakin cepat *end mill cutter* mengalami keausan. Dalam kajian ini ciri-ciri yang menggambarkan *end mill cutter* mengalami aus adalah adanya kenaikan suhu, pengurangan berat, perbedaan nilai keausan, dan jenis keausannya, terdapat juga jenis keausan yang diperoleh pada setiap spesimennya seperti *flank wear*, *chipping*, *deformasi plastis*, *nose wear*, dan *cracking*. Hasil tersebut menunjukkan bahwa jenis bahan mempunyai pengaruh yang sangat besar dalam menentukan jenis produksi yang akan dibuat dalam proses permesinan.

**Kata kunci:** variasi bahan, CNC milling, *end mill cutter*.

## Abstract

This study aims to determine the effect of variations in steel on the wear of *Cutter End Mill HSS* on the CNC Milling machining process. This study uses a *Pre-Experimental Design* using the type of *intac-group comparison*, there are two groups in the study, namely the experimental group and the control group. Variations in the test material used in this study were ST 37 steel, ST 60 steel ST 90 steel, test specimens using *HSS end mill cutter* with a diameter of 12 mm. The results of research testing the effect of variations in the material on *end mill cutter* wear shows the high carbon content of the material used, the faster the *end mill cutter* wears. In this study the characteristics that describe *end mill cutter* wear are the increase in temperature, weight reduction, and differences in wear value, and the type of wear, there are also types of wear obtained in each specimen such as *flank wear*, *chipping*, *plastic deformation*, *nose wear*, and *cracking*. These results indicate that the type of material has a very large influence in determining the type of production we will make in the machining process.

**Keywords:** material variation, CNC milling, *end mill cutter*.

---

## 1. Pendahuluan

Perkembangan dan kemajuan proses permesinan dalam industri manufaktur saat ini berlangsung sangat pesat. Kebutuhan manusia yang semakin meningkat dan beraneka ragam memicu berkembangnya teknologi, salah satunya di bidang industri pemesinan. Salah satu cara untuk memenuhi kebutuhan itu adalah membuat suatu produk dengan proses permesinan sesuai dengan bentuk produk yang akan dibuat, yang salah satu diantaranya menggunakan proses *milling*. Hasil pengerjaan mesin CNC *milling* sangat bergantung pada parameter permesinan yang digunakan, seperti kecepatan potong (*cutting speed*), kecepatan pemakanan (*feedrate*), kedalaman pemotongan (*depth of cut*), jenis bahan, karakteristik pahat atau pisau potong, pendinginan dan lainnya (kajian oleh Widiarto: 2008).

Diantara parameter-parameter tersebut yang mempunyai peran penting dalam permesinan adalah karakteristik pahat dalam bekerja [1]. Selain itu, pahat juga menentukan kualitas produk yang dihasilkan, seperti tingkat kekasaran, ketelitian, dan kepresisian produk. Penggunaan pahat yang tepat dapat meningkatkan efektifitas dan efisiensi proses permesinan terutama dalam hal waktu dan biaya produksi. Kajian oleh Dolinsek dan Kopac (2006: 13–16) tentang mekanisme dan jenis keausan pahat, kekhasan dalam pemotongan lanjutan bahan, bahwa kecepatan potong tidak lagi menjadi faktor utama yang berpengaruh pakai, tetapi lebih cenderung pada kecepatan tinggi pergerakan alat (laju umpan).

Kajian yang dilakukan oleh Jae Lee, dkk (2007) sistem pemantauan keausan pahat sangat diperlukan untuk produktifitas permesinan yang lebih baik, dengan jaminan pemberian waktu keselamatan yang

akan datang saat proses permesinan [2]. Suhu didaerah kontak antara pahat dan benda kerja akan meningkat hingga melebihi batas tingkat ketahanan material pahat, karena peneliti mempunyai tiga jenis bahan yang berbeda komposisi karbonnya, yang akan menghasilkan peningkatan keausan kawah (*craterwear*), penyerpihan (*chipping*) pada mata sayat pahat atau bahkan kerusakan pahat. Semakin tinggi suhu *end mill cutter*, maka akan semakin mudah mengalami keausan [3].

Secara umum mekanisme keausan pahat berupa *Abrasion, Diffusion, Attrition, Thermal Fatigue, Deformasi Plastis*. (Trent dan Moor: 2013). Kajian mengenai variasi baja terhadap keausan pahat pada proses permesinan *milling* masih jarang diteliti makaakandilakukan kajian yang bertujuan untuk mengetahui Pengaruh Variasi Baja Terhadap Keausan *End Mill Cutter* HSS Pada Proses Permesinan CNC *Milling* [4]. Kajian ini melakukan pengujian permesinan *milling* dengan variasi bahan yaitu baja ST 37, baja ST 60 dan baja ST 90. Kajian ini hanya bahan yang divariasikan sedangkan variabel proses yang lain tetap [5].

## 2. Metode

Metode yang digunakan dalam kajian ini adalah metode eksperimen, desain yang digunakan dalam kajian ini adalah *Pre-Eksperimental Design* dengan menggunakan tipe *intac-group comparison*, yaitu didalamnya ada salah satu kelompok percobaan/eksperimen dibagi menjadi dua kelompok, kelompok satu untuk eksperimen (yang diberi perlakuan) dan kelompok kedua kelompok kontrol (yang tidak diberi perlakuan). (Sugiyono, 2014: 75) Pengambilan data nilai keausan umur pahat pada hasil benda kerja proses CNC *milling* dengan variasi 3 bahan yaitu baja, baja ST 37, baja ST 60 dan baja ST 90. Untuk melakukan pengukuran nilai keausan *end mill cutter* menggunakan *Microscope Metalografi Infinity 2*. Pada setiap kombinasi parameter variasi bahan, eksperimen akan dilakukan sampai mata *end mill cutter* mengalami aus.

## 3. Hasil dan Pembahasan

Metode kuantitatif pada jenis eksperimen yang melibatkan dua faktor. Data diperoleh dari 3 kelompok pengujian, masing-masing kelompok menggunakan tiga spesimen pengujian yaitu spesimen *end mill cutter* HSS. Untuk mengetahui data yang diperoleh dalam menentukan keausan yang terjadi, ditunjukkan pada Tabel 1 dan Tabel 2 berikut.

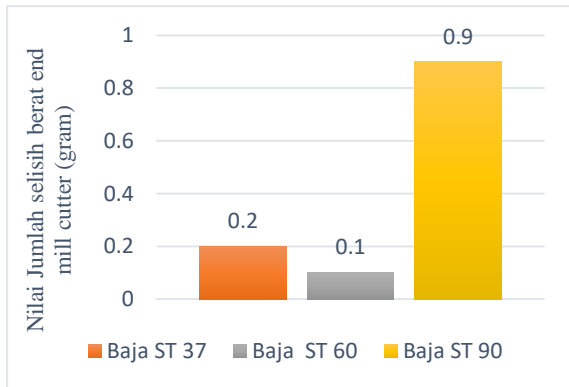
**Tabel 1.** Nilai berat end mill cutter sebelum dan sesudah proses permesinan CNC milling.

Jenis Material	Spesimen Uji	Berat Sebelum (gram)	Berat Sesudah (gram)	Selisih Berat End Mill Cutter
	1	62,2	62,2	0
	2	61,2	61,1	0,1
	3	61,1	61	0,1
	Jumlah	184,5	184,3	0,2
	Rata - rata	61,5	61,4	0,067
	1	62,6	62,6	0
	2	62,6	62,5	0,1
	3	63,5	63,5	0
	Jumlah	188,7	188,6	0,1
	Rata - rata	62,9	62,8	0,033
	1	64	62	0,4
	2	62,8	62,3	0,5
	3	63,6	63,6	0
	Jumlah	190,4	187,9	0,9
	Rata - rata	63,4	62,6	0,3

**Tabel 2.** Nilai suhu end mill cutter sebelum dan sesudah proses permesinan CNC milling.

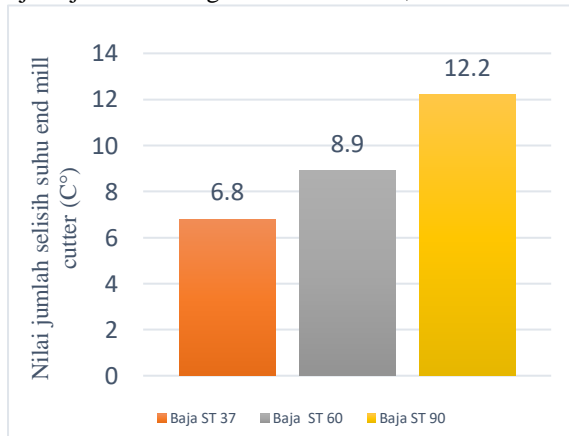
Jenis Material	Spesimen Uji	Suhu Sebelum (C°)	Suhu Sesudah (C°)	Selisih Suhu End Mill Cutter (C°)
	1	27,1	29	1,9
	2	27	29,4	2,4
	3	27,3	29,8	2,5
	Jumlah	81,4	88,2	6,8
	Rata - rata	27,1	29,4	2,27
	1	26,9	29,3	2,4
	2	26,6	29,9	3,3
	3	26,3	29,5	3,2
	Jumlah	79,8	88,7	8,9
	Rata - rata	26,6	29,57	2,96
	1	25,5	30,1	4,6
	2	26	30,4	4,4
	3	26,2	29,4	3,2
	Jumlah	77,7	89,9	12,2
	Rata - rata	25,9	29,97	4,07

Gambar 1 berikut menunjukkan bahwa pada jenis bahan baja ST 37 mempunyai jumlah selisih berat *end mill cutter* sebesar 0,2 gram, baja ST 60 sebesar 0,1 gram dan baja ST 90 sebesar 0,9 gram. Untuk jumlah selisih berat *end mill cutter* yang paling sedikit terdapat pada spesimen uji dengan bahan baja ST 60 dan jumlah selisih yang paling banyak terdapat pada spesimen uji dengan bahan baja ST 90.



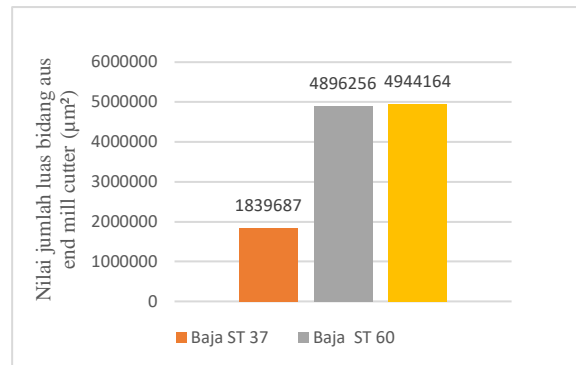
**Gambar 1.** Grafik jumlah selisih berat end mill cutter sebelum dan sesudah proses CNC milling.

Gambar 2 berikut menjelaskan pada bahan ST 37 memiliki jumlah selisih suhu sebesar 6,8 °C, baja ST 60 sebesar 8,9 °C, dan baja ST 90 sebesar 12,2 °C. Dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa jumlah selisih suhu terbesar pada *end mill cutter* yaitu terjadi pada spesimen uji Baja ST 90 dengan nilai sebesar 12,2 °C. Dan jumlah selisih suhu terkecil terjadi pada spesimen uji Baja ST 37 dengan nilai sebesar 6,8 °C.



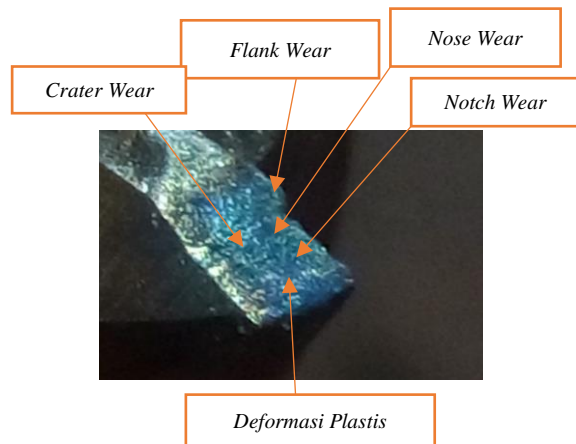
**Gambar 2.** Grafik jumlah selisih suhu end mill cutter sebelum dan sesudah proses CNC milling.

Gambar 3 berikut menunjukkan bahwa jumlah keseluruhan nilai luas bidang aus terbesar pada *end mill cutter* yaitu terjadi pada spesimen uji baja ST 90 dengan nilai sebesar 4944164 ( $\mu\text{m}^2$ ) dan jumlah selisih suhu terkecil terjadi pada spesimen uji baja ST 37 dengan nilai sebesar 1839687 ( $\mu\text{m}^2$ ). Jadi dapat disimpulkan bahwa jenis bahan mempengaruhi jumlah nilai aus yang telah diteliti.



**Gambar 3.** Grafik jumlah luas bidang aus end mill cutter.

Terdapat beberapa jenis keausan yang terjadi seperti keausan tepi (*flank wear*), keausan kawah (*crater wear*), deformasi plastis (deformasi plastis), aus ujung pahat (*nose wear*), penyerpihan (*chipping*), dan retak (*cracking*) atau pahat mengalami patah, pada *end mill cutter* dengan baja ST 37 menunjukkan jenis keausan meliputi *Flank Wear* dan *Chipping*, baja ST 60 meliputi *Flank Wear*, *Crate Wear*, Deformasi Plastis, *Nose Wear*, baja ST 90 meliputi *Flank Wear*, *Crate Wear*, Deformasi Plastis, *Nose Wear*, *Cracking*. Gambar 4 berikut merupakan jenis *end mill cutter* yang mewakili keseluruhan mengalami keausan.



**Gambar 4.** Jenis keausan end mill cutter setelah proses permesinan CNC milling.

Data di atas menunjukkan bahwa *end mill cutter* mengalami keausan dengan bahan yang berbeda-beda jenisnya. Data di atas menunjukkan bahwa yang menunjukkan keausan yang paling besar adalah dengan menggunakan bahan yang mempunyai karakteristik paling keras dan berkarbon tinggi dapat dilihat pada kenaikan suhunya. Berdasarkan kajian yang dilakukan oleh Waluyo (2010) penyebab keausan lebih disebabkan oleh proses difusi, oksidasi dan deformasi plasik dalam kecepatan potong yang tinggi, sama dengan yang peneliti alami keausan juga disebabkan pada proses pemotongan yang tinggi timbul panas akibat gesekan antara pahat dan benda kerja. Selain itu keausan tidak selalu berperilaku dengan cara yang sama, juga tidak selalu mempengaruhi keausan pada tingkat yang sama dalam kondisi pemotongan yang sama. Pada teori

yang disampaikan oleh Li, H.Z., dkk. (2006) bahwa keausan sisi yang signifikan adalah mode kegagalan utama yang mempengaruhi kinerja pahat dan umur pahat. Sebagian besar kajian setuju bahwa penyebab paling penting adalah pemotongan suhu, investigasi juga telah dilakukan pada kemungkinan penyebab lain seperti oksidasi dan reaksi elektrokimia di zona kontak kerja alat.

#### 4. Kesimpulan

Data yang telah dilakukan dengan tujuan mengetahui pengaruh variasi baja terhadap keausan *end mill cutter* HSS pada proses permesinan CNC *milling* yang mengacu pada rumusan masalah dapat ditarik kesimpulan, pengaruh variasi baja terhadap keausan *end mill cutter* HSS pada proses permesinan CNC *milling* yaitu semakin tinggi karbon pada bahan yang digunakan maka semakin cepat *end mill cutter* mengalami keausan. Dengan kecepatan potong, kedalaman pemakanan, dan kecepatan pemakanan yang sama dalam mengaplikasikannya pada bahan yang digunakan berbeda karbonnya berbeda juga jenis keausan yang terjadi dan nilai keausan yang didapat. Dalam kajian ini ciri-ciri yang menggambarkan *end mill cutter* mengalami keausan adalah adanya kenaikan suhu, pengurangan berat, dan perbedaan nilai keausan, dan jenis keausannya. Terdapat jenis keausan *end mill cutter* yang diperoleh dari 9 spesimen uji pada variasi bahan yang berbeda, diantaranya *Flank Wear*, *Chipping*, *Crate Wear*, Deformasi Plastis, *Nose Wear*, *Cracking*.

#### Daftar Pustaka

- [1] Dolinsek, S., dan Kopac. J. 2006. Mechanism and Types of Tool Wear; Particularities in Advanced Cutting Materials. Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering Vol. 19 issue 1.
- [2] G.L Huyet. 2014. Engginering Handbook. USA : P.O.Box 232, Minneapolis, Kansas.
- [3] Jae Lee, Kang., dkk. 2007. Tool Wear Monitoring System for CNC End Milling Using a Hybrid Approach to Cutting Force Regulation. Int J Adv Manuf Technol (32) 8 : 17.
- [4] Sugiyono. 2014. Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D. Cetakan Keduapuluhsatu. Bandung: CV. Alfabeta.
- [5] Sivasakthivel, V. Vel Murugan, R. Sudhakran. 2010. Prediction Of Tool Wear From Machining Parameters By Response Surface Methodology In End Milling. International Journal of Engineering Science and Technology Vol. 2(6), 2010, 1780-1789.
- [6] Svetlik Jozef, Demec Peter, Kral Jan. 2017. CNC Milling Machine Precision Analysis Through Numerical Modelling. Advances in Science and Technology Research Journal Volume 11, Issue 2, June 2017: (212–219).
- [7] Trent, Edward Moor. 2013. Metal Cutting. London : Butterworth.
- [8] Waluyo, Joko. 2010. Pengaruh Putaran Spindel Utama Mesin Bor Terhadap Keausan Pahat Bor dan Parameter Pengeboran Pada Proses Pengeboran Dengan Bahan Baja. Jurnal Teknologi, Volume 3 Nomor 2, Desember 2010 : (138-144).
- [9] Yudiono, H., 2009. Karakterisasi Ketahanan Lelah Ulir Metris Akibat Pembebanan Puntir Lentur Pada Material Baja Karbon Rendah. Momentum, Vol. 5, No. 2, Oktober 2009 : 37 – 40