

## Pengaruh Laju Pemakanan Pada Proses Milling Baja SKD 61 Terhadap Keausan Pahat Endmill Karbida 2 Flute

### *The Influence of Feed Rate in the Milling Process of SKD 61 Steel on Wear of 2-Flute Carbide Endmill*

Arthasasta Sharon Rumbiak<sup>1\*</sup>, Hardy Sari Putra<sup>1</sup>, M. Sobron Yamin Lubis<sup>1</sup>, Erwin Siahaan<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tarumanagara, Jakarta 11440, Indonesia

\*Corresponding author: arthasastasharon1105@gmail.com

Diterima: 07-03-2025

Disetujui: 21-04-2025

Dipublikasikan: 30-04-2025

IRAJTMA is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.



#### Abstrak

Proses pemotongan material logam pada operasi manufaktur merupakan sebuah hal yang penting untuk mencapai dimensi, ukuran, dan bentuk yang diperlukan dari sebuah produk. Baja SKD 61 banyak digunakan dalam industri pembuatan cetakan karena memiliki tingkat kekerasan yang tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dampak variasi laju pemakanan terhadap keausan pahat selama proses milling kering menggunakan pahat end mill karbida 2 flute. Eksperimen dilakukan menggunakan mesin milling manual untuk menyelidiki pengaruh variasi laju pemakanan terhadap umur pahat. Variasi laju pemakanannya adalah: 42 mm/menit, 98 mm/menit, dan 230 mm/menit, Parameter lainnya dibuat konstan, yaitu kecepatan spindle 1320 r/menit, kedalaman potong 0.5 mm, dan diameter pahat 10 mm. Hasil pengujian menunjukkan bahwa peningkatan laju pemakanan mempercepat keausan pahat. Keausan maksimum sebesar 0,6 mm tercapai pada waktu yang berbeda, yaitu 115 menit (42 mm/menit), 95 menit (98 mm/menit), dan 80 menit (230 mm/menit). Temuan ini memberikan kontribusi penting dalam menentukan parameter pemesinan yang optimal guna memperpanjang umur pahat dan meningkatkan efisiensi proses pemesinan komponen Baja SKD 61.

**Kata Kunci:** Milling, laju pemakanan, pemesinan kering, baja SKD 61, keausan pahat.

#### Abstract

*The metal-cutting process in manufacturing operations plays a crucial role in achieving a product's desired dimensions, sizes, and shapes; SKD 61 steel is widely used in the mold-making industry due to its excellent hardness properties. This study evaluates the effect of varying feed rates on tool wear during dry milling using a 2-flute carbide end mill cutter. A series of experimental tests were conducted using a manual milling machine to investigate the influence of feed rate variation on tool life. The feed rate variations used were 42 mm/min, 98 mm/min, and 230 mm/min. Other machining parameters were kept constant: spindle speed at 1320 rpm, cutting depth of 0.5 mm, and a tool diameter of 10 mm. The results showed that increasing the feed rate directly accelerated tool wear. The maximum tool wear, 0.6 mm, was reached at different times for each feed rate: 115 minutes (42 mm/min), 95 minutes (98 mm/min), and 80 minutes (230 mm/min). These findings provide valuable insights for optimizing cutting parameters to extend tool life and improve machining efficiency when working with SKD 61 steel components.*

**Keywords:** Milling, feed rate, dry machining, SKD 61 steel, tool wear.

## 1. Pendahuluan

Dalam perkembangan industri manufaktur saat ini, pembentukan sebuah kontur pada permukaan benda kerja pada umumnya dilakukan dengan menggunakan mesin perkakas, proses

ini lebih dikenal dengan proses pemesinan. Proses pemesinan pada industri logam, pada umumnya dikerjakan menggunakan mesin bubut untuk benda kerja yang berbentuk silinder, dan mesin milling untuk benda kerja yang berbentuk persegi empat (Lubis dkk, 2023). Pemotongan logam merupakan salah satu proses pemesinan yang dilakukan untuk menghasilkan berbagai macam produk benda kerja dengan bentuk serta dimensi yang kompleks (Tolosi dkk, 2013).

Proses ini melibatkan interaksi antara gerak makan pahat potong dengan benda kerja sehingga pemilihan pahat menjadi krusial dan harus disesuaikan dengan karakteristik material yang akan dipotong. Selama proses pemotongan logam ini berlangsung, gesekan antara permukaan benda kerja dan pahat menghasilkan geram yang menyebabkan keausan. Hal ini diakibatkan oleh geram yang dihasilkan selama proses pemotongan berlangsung (Lubis dkk, 2023). Keausan yang terjadi pada mata pahat akan terus bertambah hingga mencapai batas titik tertentu atau telah mengalami kerusakan, sehingga mata pahat tidak dapat digunakan kembali. Kombinasi parameter pemotongan sangat berpengaruh terhadap tingkat keausan dan umur pahat (Hidayat dkk, 2022).

Pahat endmill merupakan salah satu jenis alat potong pada proses milling, dengan bentuk ujung silinder dan gigi pemotong di sekelilingnya. Desain gigi yang bervariasi, pahat endmill memungkinkan untuk pengerjaan pemotongan dengan akurasi yang tinggi terhadap berbagai jenis material seperti logam, plastik dan kayu (Rohman dkk, 2023). Proses pemesinan selalu saling berkaitan dengan keausan atau kerusakan mata pahat. Pada beberapa penelitian yang telah ada, diketahui bahwa sistem alat pada mesin sering kali mempengaruhi getaran pada proses pemesinan (Nguyen dkk, 2019). Telah banyak upaya dan penelitian dilakukan untuk mengukur keausan pahat dengan berbagai metode, mengingat keausan sangat memengaruhi kualitas produk dan waktu pemesinan.

Keausan dari mata pahat akan terus bertumbuh dengan bertambahnya waktu pemotongan sampai pahat yang digunakan dianggap tidak dapat digunakan kembali. Berdasarkan studi Taufic Rochim (Rochim 1993) keausan kritis pada pahat karbida untuk pemotongan baja berkisar antara 0,2-0,6 mm. Dari data tersebut maka dalam penelitian ini digunakan nilai keausan maksimum 0,6 mm sebagai batas kondisi pahat yang tidak layak digunakan kembali. Material benda kerja berupa baja SKD 61 berukuran 100 × 100 × 50 mm, disesuaikan dengan standarisasi (ISO 8688-2).

Berdasarkan kajian di atas sehingga penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi laju pemakanan (feed rate) terhadap keausan pahat selama proses pemesinan finishing baja SKD 61 dengan tingkat kekerasan 50-52 HRC menggunakan pahat endmill karbida 2 flute. Pertanyaan utama yang diangkat dalam penelitian ini adalah: Bagaimana pengaruh perubahan laju pemakanan terhadap laju keausan dan umur pahat selama proses milling kering baja SKD 61. Pengukuran keausan dilakukan dengan menggunakan mikroskop digital untuk memperoleh data akurat setelah proses pemesinan.

## 2. Metode

Penelitian ini diawali dengan studi literatur terkait keausan pahat endmill dari berbagai sumber akademik yang relevan. Metode pengambilan data dilakukan secara eksperimental menggunakan mesin milling konvensional model X6328B dengan proses pengerjaan kering (dry machining). Variabel utama yang diuji adalah laju pemakanan yang divariasikan menjadi tiga tingkat: 42 mm/min, 98 mm/min, dan 230 mm/min. Pengujian dilakukan di Laboratorium Proses Manufaktur Universitas Tarumanagara, Jakarta. Parameter pemotongan yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Parameter pemotongan

Parameter	Nilai
Diameter mata pahat $\varnothing$ (mm)	10
Kecepatan spindle (r/min)	1320
Kecepatan pemotongan (m/min)	41,469
Laju pemakanan (mm/min)	42, 98, 230
Kedalaman pemotongan	0,5

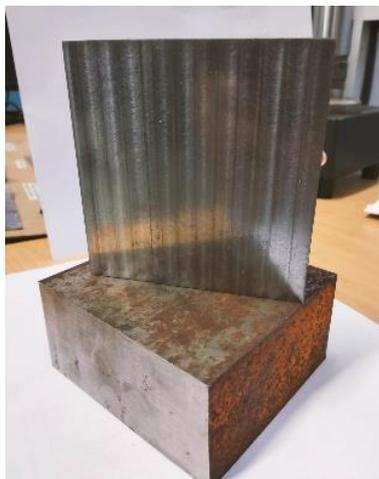
Adapun beberapa peralatan dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini yang disajikan seperti pada Gambar 1, 2, 3, dan 4, Peralatan dan bahan tersebut antara lain:

1. Mesin milling konvensional model X6328B



**Gambar 1.** Mesin Milling

2. Baja SKD 61 (panjang 100mm, lebar 100mm, tinggi 50mm)



**Gambar 2.** Baja SKD 61

### 3. Mata pahat Endmill Karbida



**Gambar 3.** Mata pahat endmill 2 flute

### 4. Mikroskop digital



**Gambar 4.** Mikroskop digital

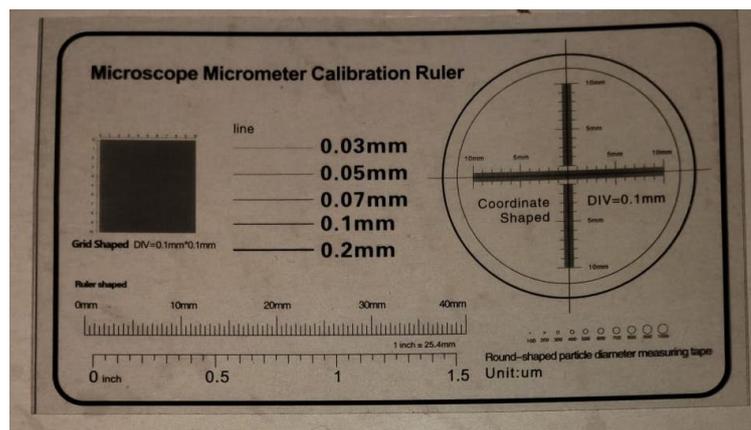
Sebelum pengujian dijalankan, material baja SKD 61 disiapkan berdasarkan spesifikasi yang telah ditentukan. Setelah itu mesin milling disiapkan sesuai parameter pada Tabel 1, kemudian benda kerja diletakan pada ragum dan mata pahat dikencangkan pada spindle, seperti yang terperinci pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Persiapan pemesinan

Proses milling dilakukan menggunakan tiga variabel laju pemakanan yang berbeda, yaitu 42 mm/min, 98 mm/min dan 230 mm/min. Proses milling dilakukan secara face milling dengan proses finisihing. Dimana kecepatan spindle dan kedalam potong (*deep of cut*) untuk setiap variabel tetap konstan yaitu dengan kecepatan 1320 RPM dan kedalaman potong 0,5 mm. Pengamatan keausan dilakukan setiap interval waktu 5 menit menggunakan mikroskop digital. Setiap sebelum dilakukan pengamatan keausan dari mata pahat, mikroskop digital perlu dilakukan kalibrasi dengan menggunakan *Microscope Micrometer Calibration Ruler* seperti terlihat pada Gambar 6 untuk menjamin keakurasian. Pengukuran dilakukan oleh satu operator guna menjaga konsistensi dan menghindari bias dalam proses pengamatan.

Jenis keausan yang diamati adalah keausan sisi (*flank wear/Vb*). Keausan pahat dikategorikan aus jika nilai  $V_b$  mencapai 0,6 mm. Jika belum mencapai nilai tersebut, pemesinan dilanjutkan kembali sampai batas keausan tersebut tercapai. Untuk setiap variasi laju pemakanan, digunakan pahat baru yang belum pernah digunakan sebelumnya untuk menjaga konsistensi data.



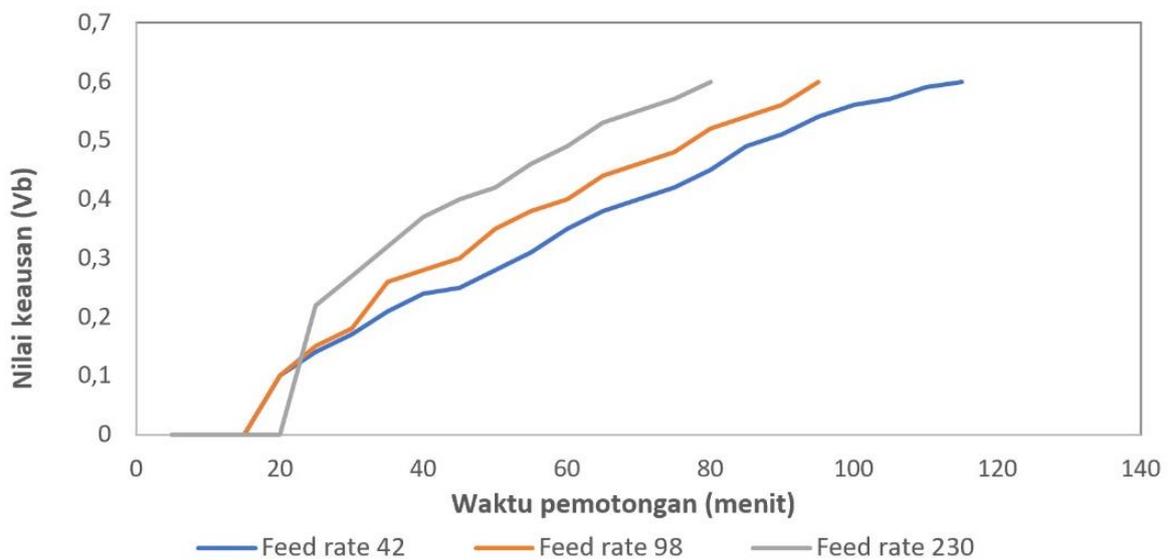
Gambar 6. Penggaris kalibrasi

### 3. Hasil dan Pembahasan

Hasil pengukuran nilai keausan mata pahat menggunakan mikroskop digital disajikan pada Gambar 7. Berdasarkan Gambar 7, terlihat bahwa pertumbuhan nilai keausan ( $V_b$ ) untuk mencapai nilai 0,6 mm untuk setiap variasi laju pemakanan membutuhkan waktu yang berbeda-beda. Dapat dilihat bahwa proses milling dengan laju pemakanan 42 mm/min menunjukkan keausan mencapai nilai 0,6 mm dalam waktu 115 menit, sedangkan dengan laju pemakanan 230 mm/min untuk mencapai nilai keausan 0,6 mm membutuhkan waktu yang lebih singkat yaitu 80 menit. Fenomena ini menunjukkan bahwa semakin tinggi laju pemakanan maka beban mekanis, gaya gesek, dan temperatur pemotongan meningkat, sehingga keausan pahat lebih cepat terjadi.

Hasil pengukuran nilai keausan mata pahat pada Gambar 7, menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara laju pemakanan dengan keausan pahat karbida. Keausan pahat terjadi lebih cepat pada laju pemakanan yang lebih tinggi, karena volume material yang dikerjakan per satuan waktu juga meningkat, sehingga mempercepat degradasi mata pahat. Berdasarkan teori yang dikemukakan oleh Taufiq Rochim, disebutkan bahwa semakin besar keausan yang diderita pahat maka kondisi pahat akan semakin kritis (Rochim 1993). Jenis keausan yang diamati merupakan flank wear, yang ditandai dengan peningkatan lebar keausan pada sisi samping pahat. Mekanisme utama dari keausan ini diduga akibat kontak langsung antara sisi pahat dengan permukaan benda kerja selama proses pemesinan, menghasilkan gesekan konstan dan tekanan yang menyebabkan pengikisan material pada pahat secara bertahap.

Pada laju pemakanan terendah (42 mm/min), keausan pahat mencapai nilai 0,6 mm setelah proses milling selama 115 menit. Waktu pencapaian yang lebih lama ini menunjukkan bahawa laju pemakanan yang lebih rendah cenderung mengurangi tingkat keausan pahat, memungkinkan untuk pahat karbida bertahan lebih lama dalam proses milling baja SKD 61. Dengan peningkatan laju pemakanan (98 mm/min) keausan pahat mencapai nilai 0,6 mm dalam waktu yang lebih singkat, yaitu 95 menit. Hal ini menunjukkan bahawa peningkatan laju pemakanan mempercepat proses keausan pahat, yang dimana ini dapat terjadi karena disebabkan oleh peningkatan beban mekanis yang lebih tinggi pada pahat karbida. Pada laju pemakanan tertinggi (230 mm/min), keausan pahat mencapai nilai 0,6 mm hanya dalam waktu pemesinan selama 80 menit. Waktu pencapaian yang paling singkat ini mengindikasikan bahawa pada laju pemakanan yang sangat tinggi, pahat karbida mengalami keausan yang jauh lebih cepat. Peningkatan keausan yang lebih cepat ini dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti meningkatnya gesekan dan gaya pemotongan. Perbandingan tiga tingkat laju pemakanan pada proses milling terhadap nilai keausan yang terjadi dapat dilihat pada Gambar 7.



**Gambar 7.** Grafik keausan mata pahat

Bedasarkan grafik seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 7, dapat diketahui bahwa terjadi peningkatan drastis terhadap nilai keausan mata pahat dari proses milling dengan laju pemakanan 230 mm/min seiring dengan bertambahnya waktu pemotongan. Pada 10 menit pertama, keausan belum terjadi sama sekali akan tetapi tren terus meningkat setelah menit 20 dan terus meningkat hingga mencapai nilai Vb 0,6 mm pada menit ke 80. Sementara itu dengan laju pemakanan 42 mm/min terlihat bahwa peningkatan keausan cenderung lebih lambat, nilai Vb 0,6 mm baru tercapai setelah mencapai menit ke 115.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa variasi laju pemakanan memiliki pengaruh signifikan terhadap tingkat keausan pahat karbida dalam proses milling baja SKD 61. Semakin tinggi laju pemakanan yang digunakan, semakin cepat pahat mengalami keausan. Hal ini dibuktikan dengan perbedaan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai batas keausan sebesar 0,6 mm pada masing-masing variasi. Pada laju pemakanan 42 mm/min, pahat mencapai keausan tersebut dalam 115 menit, yang menunjukkan masa pakai pahat yang lebih lama. Sebaliknya pada laju pemakanan 98 mm/min dan 230 mm/min, waktu yang dibutuhkan untuk mencapai nilai keausan tersebut adalah 95 menit dan 80 menit. Dengan demikian, semakin besar laju

pemakanan, maka umur pakai pahat akan semakin singkat. Oleh karena itu, untuk proses yang memprioritaskan ketahanan pahat, penggunaan laju pemakanan rendah seperti 42 mm/min direkomendasikan, meskipun berpotensi memperpanjang waktu siklus pemotongan. Namun penentuan laju pemakanan harus disesuaikan dengan kebutuhan produksi, agar tercapai keseimbangan optimal antara umur pahat dan efisiensi proses.

Untuk pengembangan penelitian, disarankan agar dilakukan pengujian tambahan terhadap parameter lain seperti kekasaran permukaan dan konsumsi energi pada berbagai laju pemakanan, guna memperoleh pemahaman yang lebih menyeluruh terhadap performa pemotongan secara keseluruhan.

### Ucapan Terima Kasih

Terima kasih disampaikan kepada seluruh kerabat dan keluarga yang telah terlibat baik dari segi materi maupun pikiran dalam penulisan jurnal ini. Ucapan terima kasih pula kami sampaikan kepada seluruh staff dan kepala Laboratorium Proses Manufaktur Prodi Teknik mesin Universitas Tarumanagara Jakarta yang telah memfasilitasi alat yang digunakan untuk pengambilan data dalam penelitian ini.

### Daftar Pustaka

- Hidayat, Andre, dan M. Y. Sobron Lubis. 2022. "Optimasi Pengaruh Parameter Pemotongan terhadap Umur Pahat pada Pembubutan Material AISI 4140." *Jurnal* 7 (6). International Organization for Standardization (ISO). n.d. *ISO 8688-2 Tool Life Testing in Milling – Part 2: End Milling*. <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/fcfc12ce-1d33-4e59-92a8->.
- Jufrizal, Jufrizal, Tino Hermanto, Selamat Riadi, dan Marwan Marwan. 2023. "Pelatihan Proses Milling Bagi Mahasiswa di Growth Centre LLDIKTI Wilayah - I." *IRA Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat (IRAJPKM)* 1 (1): 1–7. <https://doi.org/10.56862/irajpkm.v1i1.49>.
- Lubis, Muhammad Sobron Yamin, Abrar Riza, John Michel, dan Silvi Ariyanti. 2023. "Analisis Pertumbuhan Keausan Pahat pada Pembubutan Material Mild Steel." *IRA Jurnal Teknik Mesin dan Aplikasinya (IRAJTMA)* 2 (3): 8–14. <https://doi.org/10.56862/irajtma.v2i3.72>.
- Lubis, Muhammad Sobron Yamin, Steven D., Alfred Briantio, dan Rosehan Rosehan. 2023. "Penentuan Parameter Pemotongan Optimal Proses Milling terhadap Kekasaran Permukaan Baja SKD11 dengan Metode Taguchi." *IRA Jurnal Teknik Mesin dan Aplikasinya (IRAJTMA)* 1 (3): 44–50. <https://doi.org/10.56862/irajtma.v1i3.33>.
- Nguyen, Vinh Do, dan Vu Le. 2019. "Identification of Machining Conditions in the Hard Milling of Hardened SKD 61 Steel." Dalam *Advances in Engineering Research and Application: Proceedings of the International Conference on Engineering Research and Applications (ICERA 2019)* 104: 419–425.
- Rochim, Taufiq. 1993. *Teori & Teknologi Proses Pemesinan*. Disunting oleh Taufiq Rochim. Bandung: HEDS.
- Rohman, Taufik, Fikri, dan Haris Abizar. 2023. "Analisis Keausan Pahat Endmill HSS Flute 4 pada Proses Milling Handle Sepeda Motor." *KURVATEK* 8 (2): 181–192. <https://doi.org/10.33579/krvtk.v8i2.4054>.
- Sukkam, Chaiyakron, dan Seksan Chaijit. 2023. "The Study to Optimum Parameters for Surface Roughness (Ra) Using Ballnose Cutting Tools in SKT4 Steel Forging." Dalam *International Conference on Creative Technology*. Cham: Springer Nature Switzerland.
- Sukkam, Chaiyakron, dan Seksan Chaijit. 2024. "Investigation of Influencing Factors on Surface Quality during Low-Speed Cutting of Steels with a Hardness Exceeding 50 HRC for Forging Dies." *Engineering, Technology & Applied Science Research* 14 (3): 14056–14061.