

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri manufaktur yang semakin pesat menuntut proses produksi yang efektif, efisien, dan mampu menghasilkan produk dengan kualitas serta ketelitian yang baik. Dalam memenuhi kebutuhan tersebut, proses pemesinan menjadi salah satu bagian penting dalam kegiatan manufaktur karena digunakan untuk menghasilkan berbagai komponen dengan bentuk, ukuran, dan tingkat ketelitian tertentu. Salah satu proses pemesinan yang banyak digunakan adalah proses milling atau frais. Proses milling merupakan proses pemotongan material dengan menggunakan pahat yang berputar untuk menghilangkan sebagian material dari benda kerja sehingga diperoleh bentuk dan dimensi yang sesuai dengan kebutuhan. Kualitas dan keberhasilan proses milling dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain jenis material benda kerja, jenis pahat, putaran spindle, kecepatan potong, laju pemakanan (feed rate), kedalaman potong, kondisi mesin, serta penggunaan cairan pendingin.

Pahat potong merupakan salah satu komponen penting dalam proses pemesinan karena berinteraksi secara langsung dengan benda kerja selama proses pemotongan berlangsung. Kontak antara pahat dan benda kerja menimbulkan gaya pemotongan serta gesekan yang dapat menyebabkan perubahan kondisi dan geometri pahat. Kondisi tersebut secara bertahap dapat menimbulkan keausan pahat. Keausan pahat merupakan salah satu permasalahan yang perlu diperhatikan karena dapat memengaruhi kualitas hasil pemesinan, ketelitian dimensi benda kerja, umur pakai pahat, dan efisiensi proses produksi. Penelitian (Wicaksono dan Bintoro (2023)) mengenai keausan alat potong pada pemesinan material S50C menunjukkan bahwa karakteristik keausan pahat merupakan salah satu aspek penting yang perlu diperhatikan dalam proses pemesinan material S50C. Meskipun penelitian tersebut dilakukan pada proses pembubutan dan menggunakan pendekatan Persamaan Taylor, hasilnya dapat menjadi dasar bahwa

material S50C perlu dikaji dari aspek umur dan keausan alat potong pada kondisi pemesinan tertentu.

Salah satu bentuk keausan yang umum diamati pada pahat potong adalah keausan sisi atau flank wear (VB). Keausan flank terjadi pada bagian sisi pahat yang berdekatan atau bersentuhan dengan permukaan benda kerja hasil pemotongan. Keausan tersebut dapat dipengaruhi oleh berbagai kondisi selama proses pemesinan, seperti gaya pemotongan, temperatur pada daerah pemotongan, gesekan antara pahat dan benda kerja, jenis material benda kerja, material pahat, serta parameter pemotongan yang digunakan. Oleh karena itu, pengamatan terhadap keausan flank (VB) dapat digunakan untuk mengevaluasi perubahan kondisi pahat setelah digunakan dalam proses pemesinan. Penelitian (Thopo Adi S., Diratama, dan Daniswara (2024)) juga menggunakan parameter keausan flank untuk menganalisis hubungan antara parameter pemesinan dan keausan pahat pada proses milling menggunakan cutter Endmill HSS. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa variasi parameter seperti cutting speed, feed rate, dan depth of cut dapat digunakan untuk mengkaji perubahan keausan pahat melalui pengujian eksperimental dan analisis regresi.

Salah satu parameter pemotongan yang berperan penting dalam proses milling adalah laju pemakanan atau feed rate (V_f). Feed rate menunjukkan kecepatan gerak relatif antara pahat dan benda kerja selama proses pemotongan. Perubahan nilai feed rate dapat memengaruhi jumlah material yang disayat dalam satuan waktu, ketebalan geram, gaya pemotongan, dan kondisi termal pada daerah pemotongan. Peningkatan feed rate pada kondisi pemesinan tertentu dapat menyebabkan beban pemotongan yang diterima pahat menjadi lebih besar sehingga berpotensi meningkatkan keausan. Namun, penggunaan feed rate yang lebih tinggi juga dapat meningkatkan produktivitas karena waktu pemesinan menjadi lebih singkat. Sebaliknya, feed rate yang lebih rendah cenderung dapat mengurangi beban pemotongan, tetapi dapat menyebabkan waktu proses menjadi lebih lama.

Hubungan antara feed rate dan keausan pahat telah menjadi perhatian

dalam berbagai penelitian pemesinan. (Shahrudin et al. (2023)) meneliti pengaruh feed rate terhadap keausan pahat dan kondisi permukaan selama proses milling CFRP. Penelitian tersebut menggunakan beberapa variasi feed rate dengan cutting speed dan depth of cut yang dikondisikan tetap. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan feed rate memberikan pengaruh terhadap kondisi keausan dan hasil permukaan benda kerja, meskipun karakteristik pengaruhnya dipengaruhi oleh material benda kerja dan jenis pahat yang digunakan. Penelitian tersebut memperlihatkan pentingnya pengujian feed rate secara eksperimental karena respons keausan pahat dapat berbeda sesuai dengan pasangan material benda kerja dan pahat.

Penelitian (Orak dan Kalyon (2024)) mengenai keausan pahat pada proses milling material GGG50 juga menunjukkan pentingnya parameter pemesinan dalam menganalisis keausan alat potong. Penelitian tersebut mengkaji pengaruh cutting speed, coolant, dan feed rate terhadap keausan pahat pada proses milling menggunakan pahat karbida berlapis. Metode Taguchi dan analisis ANOVA digunakan untuk mengevaluasi pengaruh parameter proses terhadap keausan pahat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi pemesinan tertentu dapat menghasilkan tingkat keausan yang berbeda dan bahwa pengaturan parameter proses perlu diperhatikan untuk memperoleh kondisi pemotongan yang sesuai. Temuan tersebut memperkuat bahwa penelitian mengenai pengaruh parameter pemotongan, khususnya feed rate, terhadap keausan pahat perlu dilakukan dengan mempertimbangkan material benda kerja dan jenis pahat yang digunakan.

Penelitian terbaru oleh (Rizqulloh dan Mas'ud (2025)) secara khusus membahas pengaruh variasi feed rate terhadap keausan pahat Endmill HSS pada proses CNC milling. Penelitian tersebut mengkaji hubungan antara variasi feed rate, temperatur pemotongan, dan keausan pahat dengan menggunakan pengujian eksperimental dan simulasi Finite Element Method (FEM). Hasil penelitian ini relevan dengan penelitian yang akan dilakukan karena sama-sama mengkaji penggunaan pahat Endmill HSS dan variasi feed rate sebagai parameter utama. Perbedaananya terletak pada material benda kerja, metode pengujian, serta kondisi

pemesinan yang digunakan. Penelitian Rizqulloh dan Mas'ud menggunakan material Aluminium 5052, sedangkan penelitian ini menggunakan baja S50C dengan pahat Endmill HSS-Al M2. Perbedaan material tersebut menjadi salah satu alasan penting dilakukannya penelitian lebih lanjut untuk mengetahui karakteristik keausan pahat pada kondisi pemesinan baja S50C.

Baja S50C merupakan salah satu material yang banyak digunakan dalam bidang manufaktur dan pembuatan komponen mesin karena memiliki sifat mekanik yang cukup baik. Dalam proses pemesinan baja S50C, pemilihan parameter pemotongan yang tepat diperlukan agar proses penyayatan dapat berlangsung secara stabil dan keausan pahat dapat dikendalikan. Penelitian (Wicaksono dan Bintoro (2023)) mengenai pemesinan S50C menunjukkan bahwa material tersebut dapat dikaji dari sisi karakteristik keausan dan umur alat potong. Namun, penelitian tersebut dilakukan pada proses pembubutan, sehingga masih terdapat peluang untuk mengembangkan penelitian pada proses milling dengan variasi feed rate dan penggunaan pahat Endmill HSS-Al M2.

Selain material benda kerja, jenis material pahat juga menjadi faktor yang perlu diperhatikan dalam proses milling. Pahat Endmill HSS-Al M2 digunakan dalam penelitian ini karena memiliki karakteristik yang sesuai untuk proses pemesinan umum serta memiliki keseimbangan antara kekerasan, ketangguhan, dan ketahanan terhadap keausan. Meskipun demikian, penggunaan pahat Endmill HSS-Al M2 pada proses milling tetap tidak terlepas dari kemungkinan terjadinya keausan akibat kontak, gesekan, gaya pemotongan, dan temperatur yang muncul selama proses penyayatan. Tingkat keausan tersebut dapat berbeda sesuai dengan kondisi parameter pemotongan yang digunakan, termasuk variasi feed rate.

Berdasarkan penelitian terdahulu tersebut, dapat diketahui bahwa parameter pemotongan memiliki hubungan dengan karakteristik keausan pahat. Namun, penelitian yang secara khusus mengkaji pengaruh variasi feed rate terhadap keausan pahat Endmill HSS-Al M2 pada proses milling baja S50C masih perlu dikembangkan. Penelitian terdahulu yang menggunakan material dan pahat berbeda menunjukkan bahwa respons keausan terhadap perubahan feed rate tidak

selalu sama karena dipengaruhi oleh sifat material benda kerja, material pahat, geometri pahat, jenis mesin, serta kondisi pemotongan. Oleh karena itu, diperlukan pengujian eksperimental yang secara khusus menggunakan baja S50C sebagai benda kerja dan pahat Endmill HSS-Al M2 sebagai alat potong.

Berdasarkan observasi awal yang dilakukan di Bengkel Mesin Perkakas Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bengkalis, pemilihan parameter feed rate pada proses milling baja S50C masih dilakukan berdasarkan pengalaman operator. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa diperlukan data hasil pengujian eksperimental yang dapat digunakan sebagai dasar untuk mengetahui pengaruh variasi feed rate terhadap keausan pahat Endmill HSS-Al M2. Pemilihan feed rate yang kurang sesuai berpotensi menyebabkan kondisi pemotongan yang kurang optimal dan dapat mempercepat keausan pahat. Keausan pahat yang terjadi secara berlebihan dapat menurunkan kemampuan pemotongan, memengaruhi kualitas hasil pemesinan, serta meningkatkan kebutuhan penggantian atau pengasahan pahat.

Permasalahan tersebut menunjukkan adanya kebutuhan untuk melakukan penelitian yang secara khusus menganalisis pengaruh variasi feed rate terhadap keausan pahat Endmill HSS-Al M2 pada pemesinan baja S50C. Penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan feed rate sebesar 7 mm/menit, 12 mm/menit, dan 23 mm/menit, sedangkan parameter pemotongan lainnya dikondisikan tetap. Putaran spindle yang digunakan sebesar 1100 rpm, diameter pahat Endmill HSS-Al M2 sebesar 10 mm, cutting speed sebesar 34 m/menit, dan kedalaman potong sebesar 1,5 mm. Dengan mengondisikan parameter pemotongan lainnya tetap, perubahan tingkat keausan pahat dapat diamati berdasarkan perubahan nilai feed rate yang diberikan.

Keausan pahat dalam penelitian ini diamati berdasarkan keausan flank (VB) yang diukur pada beberapa titik pengamatan setelah proses milling dilakukan. Pengukuran tersebut dilakukan untuk mengetahui perubahan kondisi keausan pahat pada setiap variasi feed rate. Data hasil pengukuran selanjutnya digunakan untuk menganalisis kecenderungan hubungan antara perubahan feed

rate dengan tingkat keausan pahat Endmill HSS-Al M2. Analisis statistik juga dilakukan untuk mengetahui apakah variasi feed rate memberikan pengaruh yang signifikan terhadap keausan pahat berdasarkan data hasil pengujian.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dilakukan dengan judul “*Analisa Pengaruh Feed Rate (V_f) terhadap Keausan Pahat Endmill HSS-Al M2 pada Pemesinan Baja S50C.*” Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan pengetahuan di bidang proses pemesinan, khususnya mengenai hubungan antara parameter laju pemakanan dan keausan pahat. Selain itu, hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi yang bermanfaat dalam menentukan parameter feed rate yang sesuai pada proses milling baja S50C menggunakan pahat Endmill HSS-Al M2.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi laju pemakanan (*feed rate*) terhadap tingkat keausan pahat endmill HSS-Al M2 pada proses milling baja S50C menggunakan mesin *Milling Machine (Mechanical Process)* 1 JTM 12?
2. Bagaimana hubungan antara peningkatan laju pemakanan dengan laju pertumbuhan keausan pahat endmill HSS-Al M2 pada kondisi parameter pemesinan lainnya yang dibuat konstan?
3. Variasi laju pemakanan manakah yang menghasilkan tingkat keausan pahat paling rendah pada proses milling baja S50C?
4. Bagaimana karakteristik keausan flank (VB) yang terjadi pada setiap variasi feed rate?

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terarah, terfokus, dan sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan, maka diperlukan batasan masalah sebagai berikut:

1. Proses pemesinan yang diteliti dibatasi pada proses milling menggunakan mesin *Milling Machine (Mechanical Process)* 1 JTM 12.
2. Material benda kerja yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja S50C dengan dimensi dan kondisi awal yang sama untuk setiap pengujian.
3. Jenis pahat yang digunakan adalah pahat endmill HSS-Al M2 dengan

kondisi awal pahat baru atau memiliki kondisi awal yang seragam. Variabel bebas yang diteliti adalah laju pemakanan (*feed rate*), sedangkan parameter pemesinan lainnya tidak divariasikan.

4. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah keausan pahat endmill, yang diamati berdasarkan perubahan kondisi permukaan dan dimensi pahat setelah proses milling.
5. Parameter pemesinan lain seperti kecepatan putaran spindle, kedalaman potong (*depth of cut*), metode pemesinan, jenis pendinginan (*coolant*), dan metode penjepitan benda kerja dijaga tetap konstan selama penelitian berlangsung.
6. Metode pengukuran keausan pahat dilakukan menggunakan mikroskop digital dan pengukuran dimensi, tanpa melakukan analisis mikrostruktur atau komposisi kimia pahat.
7. Penelitian ini dilakukan dalam skala eksperimental laboratorium dan tidak membahas aspek ekonomi, seperti analisis biaya produksi atau efisiensi biaya secara industri.
8. Penelitian ini tidak membahas pengaruh parameter pemesinan lain seperti kekasaran permukaan, gaya potong, getaran, atau temperatur pemotongan secara mendalam.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui karakteristik keausan *flank wear* (VB) pada pahat *Endmill* HSS-Al M2 setelah proses milling Baja S50C dengan variasi *feed rate* 7 mm/menit, 12 mm/menit, dan 23 mm/menit.
2. Menganalisis perbedaan nilai rata-rata keausan *flank wear* (VB) pahat *Endmill* HSS-Al M2 pada masing-masing variasi *feed rate* 7 mm/menit, 12 mm/menit, dan 23 mm/menit.
3. Menganalisis kecenderungan hubungan antara peningkatan *feed rate* 7 mm/menit, 12 mm/menit, dan 23 mm/menit terhadap nilai keausan *flank wear* (VB) pahat *Endmill* HSS-Al M2 pada proses milling Baja S50C.
4. Mengetahui pengaruh variasi *feed rate* 7 mm/menit, 12 mm/menit, dan 23

mm/menit terhadap keausan *flank wear* (VB) pahat *Endmill* HSS-Al M2 berdasarkan analisis statistik *One Way ANOVA*.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan acuan dan panduan teknis bagi operator mesin milling konvensional dalam menentukan laju pemakanan (*feed rate*) yang tepat pada proses milling baja S50C menggunakan pahat endmill HSS-Al M2 dengan mesin *Milling Machine (Mechanical Process)* 1 JTM 12. Dengan pemilihan laju pemakanan yang sesuai, tingkat keausan pahat dapat dikendalikan secara optimal, kualitas hasil pemesinan meningkat, umur pahat menjadi lebih panjang, serta efisiensi operasional mesin milling dapat dicapai secara maksimal sehingga berdampak pada penurunan biaya proses pemesinan.
2. Penelitian ini diharapkan mampu mengurangi tingkat keausan pahat yang berlebihan yang dapat menyebabkan kerusakan alat potong dan penurunan kualitas hasil pemesinan, seperti ketidaktepatan dimensi dan penurunan kualitas permukaan benda kerja. Dengan menurunnya tingkat kegagalan proses dan produk cacat (*reject*), produktivitas kerja dapat meningkat serta memberikan keuntungan ekonomis bagi industri manufaktur yang menerapkan proses milling, khususnya pada pengolahan material baja perkakas S50C.
3. Penelitian ini diharapkan dapat menambah referensi ilmiah mengenai pengaruh variasi laju pemakanan terhadap keausan pahat endmill HSS-Al M2 pada proses milling baja S50C. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan di bidang teknik manufaktur dan proses pemesinan, serta dapat dijadikan sebagai bahan rujukan bagi akademisi dan mahasiswa dalam penelitian lanjutan terkait optimasi parameter pemotongan dan pengaruhnya terhadap umur pahat serta kualitas hasil pemesinan.

1.6 Hipotesis Penelitian

Hipotesis merupakan dugaan sementara terhadap permasalahan penelitian

yang kebenarannya perlu dibuktikan melalui pengujian berdasarkan data hasil penelitian. Dalam penelitian ini, pengujian hipotesis dilakukan untuk mengetahui apakah variasi laju pemakanan (*feed rate*) memberikan pengaruh yang signifikan terhadap keausan pahat *Endmill HSS-Al M2* pada proses milling baja S50C. Pengujian hipotesis dilakukan menggunakan metode *One Way ANOVA* dengan tingkat signifikansi sebesar 5% ($\alpha = 0,05$).

Hipotesis yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

H₀ (*Hipotesis Nol*): Tidak terdapat pengaruh yang signifikan dari variasi laju pemakanan (*feed rate*) sebesar 7 mm/menit, 12 mm/menit, dan 23 mm/menit terhadap keausan pahat *Endmill HSS-Al M2* pada proses milling baja S50C.

H_a (*Hipotesis Alternatif*): Terdapat pengaruh yang signifikan dari variasi laju pemakanan (*feed rate*) sebesar 7 mm/menit, 12 mm/menit, dan 23 mm/menit terhadap keausan pahat *Endmill HSS-Al M2* pada proses milling baja S50C.

Kriteria pengambilan keputusan dalam pengujian hipotesis adalah sebagai berikut:

1. Jika nilai signifikansi (*Sig.*) $< 0,05$, maka *H₀* ditolak dan *H_a* diterima, sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan dari variasi *feed rate* terhadap keausan pahat *Endmill HSS-Al M2*.
2. Jika nilai signifikansi (*Sig.*) $\geq 0,05$, maka *H₀* diterima atau gagal ditolak dan *H_a* ditolak, sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat pengaruh yang signifikan dari variasi *feed rate* terhadap keausan pahat *Endmill HSS-Al M2*.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dari penelitian ini adalah untuk menjelaskan secara ringkas rencana isi dari bagian per bagian pada laporan skripsi yang disusun sebagai berikut:

BAB 1 : PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian dan sistematika penelitian.

BAB 2 : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan tinjauan pustaka dan penjelasan landasan teori pendukung yang berkaitan dengan topik penelitian yang akan digunakan sebagai acuan dalam melakukan pembahasan masalah.

BAB 3 : METODE PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang lokasi dan waktu penelitian, objek penelitian, jenis dan sumber data, teknik pengambilan sampel, teknik pengumpulan data, teknik pengolahan data, metode analisis data, teknik pengolahan data, metode analisis data, jenis penelitian yang telah digunakan dan definisi konsep dan operasional.

BAB 4 : DESKRIPSI HASIL PENELITIAN DAN ANALISA

Bab ini menjelaskan deskripsi data yang telah diperoleh dan analisis data dari penelitian yang telah dilakukan.

BAB 5 : PENUTUP

Bab ini merupakan bagian dari penelitian yang dilakukan dan menjelaskan tentang kesimpulan dari hasil penelitian dan saran dari peneliti.

DAFTAR

PUSTAKA

LAMPIRAN