

PENGARUH KECEPATAN PEMAKANAN DAN KECEPATAN PUTARAN SPINDEL TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN MATERIAL ASSAB 760 DENGAN METODE *DRY MACHINING* *PROCESS*

Damar Kurnia Salam dan Etik Puspitasari

Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang

E-mail : damarsalam0@gmail.com, etik.puspitasari@polinema.ac.id

ABSTRACT

The purpose of this study is to determine the effect of variations in feed rate and spindle speed on the surface roughness of ASSAB 760 material using the dry machining process method. The machining process was carried out using a DAHLIH CNC milling machine, model MCV 1020BA, with the dry machining process method. This study was conducted experimentally using 9 specimens of ASSAB 760 material, with variations in feed rate of 50 mm/min, 100 mm/min, and 150 mm/min, and spindle speed of 1750 rpm, 2000 rpm, and 2250 rpm. The results of the study indicate that variations in feed rate and spindle speed significantly affect surface roughness, as proven by $\alpha = 0.5$ through the calculation of f-value and p-value. The test results also show that the feed rate variable contributes 65% to the variation in surface roughness values. The combination of a 150 mm/min feed rate and 1750 rpm spindle speed resulted in the lowest average surface roughness value of 1.706 μm . However, the highest surface roughness value, at 1.681 μm , was obtained at point 1 with parameters of a 150 mm/min feed rate and 2250 rpm spindle speed.

Keywords: ASSAB 760, dry machining process, feedrate, surface roughness, spindle speed.

1. PENDAHULUAN

Dalam perkembangan teknologi di sektor manufaktur, mesin frais otomatis atau biasa dikenal dengan istilah *Computer Numeric Control (CNC)* merupakan salah satu bukti perkembangan penting. Mesin CNC *milling* dikenal memiliki tingkat akurasi yang tinggi, ketelitian dimensi yang presisi, efisiensi waktu produksi yang optimal, serta produktivitas yang tinggi. Dengan performa dari mesin CNC sangat dipengaruhi oleh berbagai parameter pemesinan, antara lain laju pemakanan, kedalaman potong, jenis material benda kerja, karakteristik pahat potong, sistem pendinginan yang digunakan. (Henry Carles & Muhammad Yusuf, 2019). Metode pendinginan basah dapat menambah biaya produksi sebesar 7% hingga 17% dari total biaya pembuatan benda kerja, dan juga menyebabkan lingkungan kerja menjadi kotor. (Pape et al., 2023). *Dry machining* menjadi solusi efektif dalam mengurangi risiko kesehatan dan pencemaran lingkungan. Hal ini menarik perhatian para peneliti industri karena proses ini menghilangkan kebutuhan akan cairan pendingin, sehingga mendukung terciptanya kondisi kerja yang lebih ramah lingkungan (Sifa et al., 2023). Pemilihan material yang umum dan mudah untuk dibentuk berperan sebagai faktor yang berdampak terhadap proses produksi hingga ke kualitas produk tersebut. Diproduksi oleh Associated Swedish Steels AB, ASSAB

760 termasuk baja menengah yang sering diaplikasikan pada pembuatan perkakas, poros engkol, baut, dan roda gigi dalam industri otomotif dan permesinan (Lesmanah & Robbi, 2017). Salah satu aplikasinya adalah penggunaan atau pembuatan punch holder. punch holder merupakan salah satu komponen mesin produksi yang memiliki fungsi sebagai penahan atau penjepit komponen mesin lainnya (Anggraini, 2017). Penelitian oleh Suhardi, dkk.(2022) meneliti dampak variasi parameter pemotongan terhadap tingkat kekasaran permukaan dalam proses bubut kering baja S45C dengan pahat karbida. Hasil penelitian menunjukkan bahwa feed rate rendah (0,15 mm/rev) dan kecepatan potong rendah (105,5 m/min) memberikan nilai kekasaran permukaan terbaik sebesar $Ra = 1,602 \mu m$ (Napid et al., 2022). Penelitian terdahulu dengan menggunakan material *SS AISI 304* hanya dengan metode pendinginan udara (*dry machining process*) mampu menghasilkan nilai kekasaran permukaan hingga $0,296 \mu m$ dengan kedalaman pemakanan 0,5 mm (Jati et al., 2024). Penelitian ini ditujukan untuk meneliti besarnya pengaruh parameter kecepatan pemakanan dan putaran spindel terhadap tingkat kekasaran permukaan material *ASSAB 760* dengan metode *dry machining process*. Dalam penelitian ini faktor keausan dari pahat (*endmill*) diabaikan. Khususnya, diameter pahat dan kedalaman pemakanan dirubah menjadi variabel terkontrol. Panjang *cut-off* pada saat proses *CNC Milling* berlangsung sesuai dengan standar ISO 4288 sepanjang minimal 0,8 mm.

2. TINJAUAN PUSTAKA

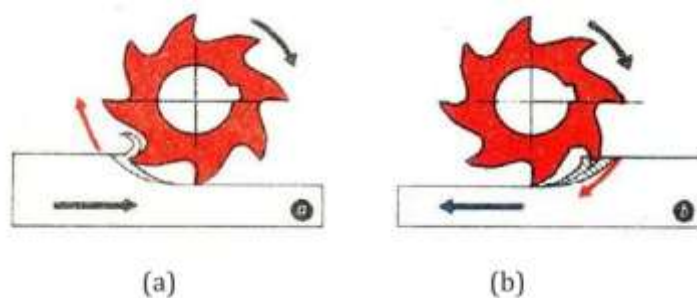
2.1 Dry Machining Process

Secara konvensional, cairan pemotong (*cutting fluid*) digunakan untuk mendinginkan dan melumasi proses pemotongan, sehingga mampu mengurangi keausan pahat dan memperpanjang umur pakainya. Metode permesinan kering (*dry machining*) memiliki sejumlah keunggulan, antara lain tidak menghasilkan polusi udara, tidak meninggalkan residu yang mencemari lingkungan kerja, serta relatif aman bagi kesehatan karena tidak menimbulkan iritasi kulit maupun reaksi alergi (Goindi & Sarkar, 2017). Dengan menghilangkan penggunaan cairan pendingin, metode *dry machining* dipandang sebagai pendekatan yang ideal dalam mengurangi dampak negatif terhadap kesehatan dan lingkungan. Oleh karena itu, konsep ini menarik perhatian banyak peneliti di sektor industri yang berupaya menciptakan sistem pemesinan yang lebih bersih dan sehat. Meskipun demikian, meskipun *dry machining* dikenal sebagai metode yang ramah lingkungan, terdapat beberapa keterbatasan dalam penerapannya. Salah satu kelemahan utama adalah peningkatan suhu selama proses pemesinan, yang dapat mempercepat laju keausan pada pahat potong (Sifa et al., 2023) .

2.2 Proses Frais (*Milling*)

Penggunaan mesin perkakas yang salah satunya yaitu mesin frais, berfungsi untuk melakukan proses permesinan pada benda kerja melalui mekanisme pemotongan material menggunakan alat potong berbentuk pisau frais, sehingga menghasilkan pengurangan volume material secara terkendali. Proses pemesinan dilakukan melalui prinsip kerja pemutaran alat potong yang dipasang pada sumbu utama mesin. Pisau frais dipasang pada sumbu mesin dengan bantuan komponen pendukung yang disebut arbor. Saat arbor diputar oleh motor listrik, cutter yang terpasang padanya juga ikut berputar. Pada mesin frais, arbor memiliki kemampuan berputar searah atau berlawanan jarum jam, dengan kecepatan yang dapat diatur sesuai jenis pekerjaan yang dilakukan (Aditiya & Mudjijanto, 2021).

Berdasarkan arah gerak pahat terhadap umpan benda kerja, proses frais terbagi menjadi dua jenis. Pertama up-milling (*conventional milling*), arah putaran pahat berlawanan dengan gerak pemakanan benda kerja. Kemudian yang kedua down-milling (*climb milling*), arah putaran pahat searah dengan gerak pemakanan sebagaimana dijelaskan pada Gambar 1. (Sutanto, 2024:56).



Gambar 1. (a) *up-milling*, (b) *down-milling*

2.3 Parameter Pemotongan

Dalam melakukan proses frais, ada 3 (tiga) parameter utama yang dapat diatur pada mesin yaitu:

- Putaran spindel (n) = rpm
- Gerak makan (f) = mm/gigi atau mm/putaran
- Kedalaman potong (a) = mm

Mesin frais memungkinkan pengaturan tiga parameter dasar, dimana dari parameter-parameter ini dapat diturunkan besaran proses seperti: kecepatan penyayatan, kecepatan potong, waktu pengerjaan, serta kecepatan pembuangan total (Sutanto, 2024:61). Dengan acuan persamaan kecepatan potong (*cutting speed*) :

$$V_c = \frac{\pi \times d \times n}{1000}$$

Dimana:

n : *Spindle Speed* (rpm)

V_c : *Cutting Speed* (m/min)

D : Diameter *endmill* (mm)

π : 3,14

Proses frais melibatkan kecepatan potong (V_c) - nilai yang telah distandarkan untuk tiap material, serta kecepatan pemakanan. V_c merepresentasikan kecepatan potong maksimum yang direkomendasikan untuk material tertentu. Oleh karena itu, rumus kecepatan pemakanan (feed rate) dapat ditulis dengan persamaan:

$$V_f = z \times F_z \times n$$

Dimana:

V_f : Kecepatan Pemakanan (mm/min)

z : Jumlah gigi / *flute*

F_z : Pemakanan per gigi (mm/tooth)

n : *Spindle Speed* (rpm)

2.4 Kekasaran Permukaan

Dalam proses manufaktur, tingkat keakurasian sangat penting dan saling terkait. Apabila sebuah mesin akurat dalam mengerjakan benda kerja, keterlambatan produksi dapat diminimalisasi sehingga produktivitas akan meningkat (Muflikhun, 2022:14). Parameter yang dapat mewakili kekasaran permukaan antara lain:

1. *Height Average Value (Rz)*

R_z dapat diartikan sebagai rata rata ketinggian dari puncak tertinggi ke lembah terendah

2. *Root Mean Square Value (Rq)*

R_q atau RMS adalah nilai akar kuadrat dari rata-rata geometrik sepanjang profil yang dievaluasi

3. *Centre Line Average Value (Ra)*

R_a adalah pengukuran kuantitatif yang umum digunakan dalam menentukan nilai kekasaran permukaan. R_a dapat diartikan nilai rata rata yang didapatkan sepanjang profil yang dievaluasi

3. METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Proses pengujian ini dikembangkan dengan metode penelitian eksperimental. Dengan pertimbangan jenis penelitian yang paling akurat yang digunakan untuk penelitian yang

terfokus pada pengaruh antara variasi kecepatan pemakanan dan putaran spindel terhadap nilai kekasaran permukaan material *ASSAB 760* dengan metode *dry machining process*.

3.2 Diagram Alir Penelitian

Terdapat diagram alir yang digunakan untuk mempermudah penelitian sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

3.3 Metode Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan guna memperoleh nilai kekasaran permukaan (*surface roughness, Ra*) benda kerja hasil dari pemesinan menggunakan mesin CNC milling. Proses pengambilan nilai *Ra* menggunakan alat ukur *surface roughness tester*. Adapun tahapan pengambilan data dilakukan melalui langkah-langkah berikut:

1. Persiapan Benda Kerja

Pada penelitian kali ini digunakan benda kerja dengan material padanan dari *ASSAB 760* (*Associated Swedish Steels AB*) yaitu material baja paduan S45C berstandar JIS. Dengan pertimbangan dari komposisi kimia dari baja S45C setelah

dilakukan Uji Spektrometer. Adapun dimensi material yang digunakan adalah 100 mm × 25 mm x 25 mm. sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Benda Kerja S45C

2. Proses Permesinan

Proses permesinan menggunakan mesin *CNC milling* DAHLIH dengan tipe MCV 1020BA dengan metode *dry machining process*. Penelitian dilakukan dengan metode eksperimental menggunakan 9 spesimen *ASSAB 760* dengan menggunakan variasi kecepatan pemakanan 50 mm/menit, 100 mm/menit dan 150 mm/menit serta kecepatan putaran spindel 1750 rpm, 2000 rpm dan 2250 rpm. Adapun mesin *CNC milling* DAHLIH dengan tipe MCV 1020BA yang digunakan pada penelitian ini. Adapun mesin *CNC milling* DAHLIH dengan tipe MCV 1020BA yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. *CNC Milling* DAHLIH MCV 1020BA

3. Pengukuran Hasil Kekasaran Permukaan

Sebelum dilakukan pengambilan nilai kekasaran permukaan, benda kerja diberi tanda pada setiap titik yang telah diukur jaraknya. Pengambilan data dilakukan menggunakan *surface roughness tester* dengan meletakkan benda kerja sejajar dengan

meja perata (*base*). Kemudian letakkan sensor (*probe*) pada titik yang sejajar pada penanda, tepat di bagian permukaan yang menghasilkan jalur akibat pemakanan zigzag. Alat uji kekasaran permukaan (*Surface Roughness Tester*) digunakan untuk mengukur nilai kekasaran permukaan setelah proses permesinan dilakukan. Jenis alat uji kekasaran yang digunakan pada penelitian ini adalah *profilometer* LANDTEK SRT-6210 seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. *Surface Roughness Tester* LANDTEK SRT-6210

3.4 Metode Pengolahan Data

Metode pengolahan data pada penelitian ini menggunakan metode analisis deskriptif kuantitatif digunakan untuk menyajikan data kuantitatif berupa nilai rata-rata kekasaran permukaan yang dijelaskan secara deskriptif menggunakan analisis *Two-Way ANOVA*. Data yang di analisis adalah hasil pengujian nilai kekasaran permukaan dari ketiga replikasi yang dilakukan pada material S45C. Parameter utama yang diamati meliputi kecepatan pemakanan (*feedrate*) dan kecepatan putaran spindel (*spindle speed*) terhadap nilai kekasaran permukaan rata-rata (R_a) yang dihasilkan pada proses *CNC milling* terhadap material baja S45C.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Pengujian kekasaran permukaan material S45C dilakukan setelah proses permesinan menggunakan *CNC Milling* DAHLIH tipe MCV 1020BA dengan variasi putaran spindel yang telah ditentukan yaitu 1750 rpm, 2000 rpm, dan 2250 rpm serta variasi kecepatan pemakanan 50 mm/min, 100 mm/min, dan 150 mm/min. Dengan *facing* secara menyeluruh pada permukaan spesimen benda kerja. Pengambilan data dilakukan pada 3 titik yang berjarak 25 mm pada setiap titiknya dengan panjang total spesimen 100 mm.

Tabel 1 Hasil Uji Kekasaran *Permukaan*

No	Vf	n	Nilai Kekasaran Permukaan (μm)				Simbol
			T1	T2	T3	ΣT	
1	50	1750	2,475	2,629	2,543	2,549	N7
		2000	2,543	2,594	2,748	2,628	N7
		2250	2,663	2,543	2,663	2,623	N7
2	100	1750	2,142	2,185	2,031	2,119	N7
		2000	2,116	2,27	2,176	2,187	N7
		2250	2,355	2,236	2,176	2,256	N7
3	150	1750	1,724	1,647	1,749	1,706	N7
		2000	2,475	2,372	2,236	2,361	N7
		2250	1,681	1,783	1,843	1,769	N7

Berdasarkan Tabel 1, nilai kekasaran permukaan minimum 1,647 μm diperoleh pada parameter pemesian dengan kecepatan pemakanan 150 mm/menit dengan kombinasi putaran spindel 1750 rpm serta didapatkan juga rata rata nilai kekasaran permukaan paling kecil pada variasi tersebut. Didapatkan pula bahwa semua data hasil pengujian memiliki tingkat kekasaran N7 yang sesuai dengan tabel hubungan antara nilai kekasaran permukaan dengan simbol tingkat kekasaran permukaan.

4.2 Pembahasan

Analisis *Two-Way ANOVA* dalam penelitian ini digunakan untuk mengetahui apakah variasi kecepatan pemakanan dan variasi kecepatan spindel secara signifikan mempengaruhi nilai kekasaran permukaan benda kerja material S45C dalam proses *dry machining*.

Tabel 2 Analisis *Two-Way ANOVA*

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Feedrate	2	1,9717	0,985870	133,04	0,000
Spindle Speed	2	0,3323	0,166143	22,42	0,000
Feedrate*Spindle Speed	4	0,4899	0,122474	16,53	0,000
Error	18	0,1334	0,007410		
Total	26	2,9273			

Dari Tabel 2 hasil dari *Two-Way ANOVA* dapat diketahui nilai *p-value* dari variabel kecepatan permukaan, kecepatan putaran spindel dan interaksi keduanya bernilai 0. Dalam analisis ini, signifikansi pengaruh suatu variabel terhadap kekasaran permukaan ditentukan ketika *p-value* yang diperoleh lebih kecil dari 0,05 (nilai α). Sehingga didapatkan bahwa variabel kecepatan permukaan, kecepatan putaran spindel dan interaksi keduanya berpengaruh terhadap nilai kekasaran permukaan (H_0 ditolak).

Tabel 3 Persentase Varian

<i>Source</i>	<i>Variance</i>	<i>% of Total</i>
<i>Feedrate</i>	0,0959330	65,46%
<i>Spindle Speed</i>	0,0048522	3,31%
<i>Feedrate*Spindle</i>	0,0383545	26,17%
<i>Error</i>	0,0074102	5,06%
<i>Total</i>	0,146550	

Dari uji *Two-Way ANOVA* teridentifikasi bahwa variabel bebas memberikan pengaruh yang terhadap variabel terikat, sehingga dapat dilakukan uji lanjut terkait komparasi /perbandingan kombinasi setiap parameter. Pada uji lanjut comparisons ini tidak hanya membandingkan namun juga dapat digunakan untuk mengetahui kombinasi paling optimal dalam mendapatkan nilai kekasaran permukaan.

Tabel 4 Tabel Rata Rata Nilai Kekasaran Permukaan

Feedrate*Spindle Speed	N	Mean	Grouping
50*2000	3	2,62833	A
50*2250	3	2,62300	A
50*1750	3	2,54900	A B
150*2000	3	2,36100	B C
100*2250	3	2,25567	C
100*2000	3	2,18733	C
100*1750	3	2,11933	C
150*2250	3	1,76900	D
150*1750	3	1,70667	D

Dari data rata rata nilai kekasaran permukaan yang disajikan pada Tabel 4.5 didapatkan bahwa rata rata nilai kekasaran permukaan terbesar didapatkan dari kombinasi antara kecepatan pemakanan 50 mm/menit dan kecepatan putaran spindel 2000 rpm senilai 2,628 μm dan nilai kekasaran permukaan terkecil didapatkan dari kombinasi antara kecepatan

pemakanan 150 mm/menit dan kecepatan putaran spindel 1750 rpm senilai 1,706 μm . Oleh karena itu dari data rata rata nilai kekasaran permukaan yang disajikan, diperoleh rata rata kekasaran permukaan terendah pada parameter pemesinan dengan kecepatan pemakanan 150 mm/menit dengan kombinasi putaran spindel 1750 rpm.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang berfokus pada pengaruh kecepatan pemakanan dan putaran spindel terhadap nilai kekasaran permukaan material *ASSAB 760* dengan metode *dry machining process* dapat disimpulkan bahwa:

1. Terdapat pengaruh kecepatan pemakanan dan putaran spindel terhadap nilai kekasaran permukaan material *ASSAB 760* dengan metode *dry machining process* dibuktikan dengan $\alpha = 0,5$ didapatkan *f-value* pada setiap variabel melebihi *f-value* tabel serta *p-value* setiap variabel bernilai 0 (*p-value* = 0) yang berarti ada H_0 ditolak karena ada dampak signifikan variasi kecepatan pemakanan dan putaran spindel terhadap nilai kekasaran permukaan. Ditunjukkan pada R-Square(adj) bahwa variabel kecepatan pemakanan dan putaran spindel mempengaruhi sebesar 93,42% terhadap nilai kekasaran permukaan
2. Parameter kecepatan pemakanan mempengaruhi variasi nilai kekasaran permukaan sebesar 65,46%, dibandingkan dengan parameter putaran spindel yang hanya 3,31% dan interaksi antara kecepatan pemakanan dan putaran spindel mempengaruhi variasi nilai kekerasan permukaan sebesar 26,17%. Menjadikan variasi kecepatan pemakanan menjadi parameter dengan pengaruh terbesar terhadap nilai kekasaran permukaan material *ASSAB 760* dengan metode *dry machining process*. Melalui uji korelasi didapatkan hubungan antara variabel kecepatan pemakanan berbanding terbalik dengan nilai kekasaran permukaan, sedangkan variabel putaran spindel berbanding lurus dengan nilai kekasaran permukaan.
3. Kombinasi parameter yang menghasilkan nilai kekasaran permukaan paling kecil adalah kecepatan pemakanan 150 mm/menit dan putaran spindel 1750 rpm dengan rata rata nilai kekasaran permukaan sebesar 1,706 μm . Namun nilai satuan kekasaran permukaan tertinggi senilai 1,681 μm pada titik 1 dengan parameter kecepatan pemakanan 150 mm/menit dan putaran spindel 2250 rpm. Hasil dari interaksi antara kecepatan pemakanan dan putaran spindel terhadap nilai kekasaran permukaan, didapatkan bahwa semakin

DAFTAR PUSTAKA

- Anggraini, L. (2017). Hardenability of ASSAB 760 steel during tempering for punch holder applications. *Solid State Phenomena*, 266 SSP, 13–18. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/SSP.266.13>
- Henry Carles, & Muhammad Yusuf. (2019). Analisa Kekasaran Permukaan Terhadap Kekerasan Material Pada Proses Milling Dengan Variasi Kecepatan Feeding. *Jurnal Teknik Mesin*, 8(2), 10–16.
- Jati, U. S., Prabowo, D., & Hastuti, H. D. (2024). Pengaruh Variasi Pendinginan Terhadap Kekasaran Permukaan Hasil Proses Milling Pada Material Stainless Steel AISI 304. 15(02), 356–361. <https://doi.org/10.35970/infotekmesin.v15i2.2371>
- Lesmanah, U., & Robbi, N. (2017). Analisa Sifat Mekanis Baja Assab 760 Yang Mengalami Proses Tempering Dengan Variasi Suhu Pemanasan. *Jurnal Teknik Mesin*, 1–5. <http://riset.unisma.ac.id/index.php/jts/article/view/658%0Ahttp://riset.unisma.ac.id/index.php/jts/article/viewFile/658/643>
- Napid, S., Harahap, M. R., & Nasution, A. H. (2022). Effect of Cutting Parameters on Surface Roughness in Dry Machining of S45C Steel Using Carbide Tools. *International Journal of Research and Review*, 9(12), 669–677. <https://doi.org/https://doi.org/10.52403/ijrr.20221277>
- Pape, F., Poll, G., Ellersiek, L., Denkena, B., & Liu, H. (2023). Tribological Effects of Metalworking Fluids in Cutting Processes. *Lubricants*, 11(5). <https://doi.org/10.3390/lubricants11050224>
- Sifa, A., Endramawan, T., Sukardi, C., & Aryadi, H. (2023). Pengaruh Pelapisan Nikel pada Tool End Mill HSS Terhadap Nilai Kekerasan dan Temperature Proses Milling Alumunium 6061. *Journal of Applied Mechanical Technology*, 2(2), 41–49. <https://doi.org/10.31884/jamet.v2i2.48>

Halaman ini sengaja dikosongkan