



STUDI EKSPERIMENTAL DAMPAK DARI PROSES PEMOTONGAN PADA *SIDE MILLING* DAN *FACE MILLING* TERHADAP TINGKAT KEKERASAN PADA PERMUKAAN LOGAM

Sahrin Lubis^{a*}

^aProgram Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jl. Kapt. Mukhtar Basri No.3, Medan dan 20238, Indonesia

*Corresponding authors at: E-mail: sahrinlbs.2001@gmail.com (S. Lubis) Tel.: +62813-7796-3764

INFO ARTIKEL

Riwayat artikel:

Diajukan pada 15 Januari 2024

Direvisi pada 11 Februari 2024

Disetujui pada 21 Februari 2024

Tersedia daring pada 02 Maret 2024

Kata kunci:

Side Milling, Face Milling, Parameter Pemotongan, Kekasaran Permukaan.

Keywords:

Side Milling, Face Milling, Cutting Parameters, Surface Roughness

ABSTRAK

Berbagai jenis peralatan mesin digunakan dalam proses pembentukan peralatan mesin. Mesin milling adalah suatu peralatan mesin yang membentuk permukaan logam dengan cara menghilangkan serpihan dari benda kerja. Benda kerja yang digunakan menentukan pemilihan kombinasi parameter pemotongan. Berdasarkan hal tersebut maka penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh parameter pemotongan terhadap kekasaran permukaan logam baja pada proses side milling dan face milling. Tujuannya adalah untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi kekasaran permukaan yang dihasilkan dan mendapatkan kecepatan potong yang sesuai untuk proses penggilingan logam baja menggunakan mata bor karbida. Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen menggunakan mesin milling CNC, memvariasikan kecepatan potong dalam lima tahap selama proses pemesinan, dan mengukur kekasaran permukaan benda kerja dengan alat ukur Mitutoyo pada setiap akhir proses pemesinan. "Mesin pengukur uji permukaan". Dari penelitian yang telah dilakukan diketahui bahwa kecepatan potong mempengaruhi variasi nilai kekasaran permukaan benda kerja logam. Semakin tinggi kecepatan potong yang digunakan maka nilai kekasaran permukaan yang diperoleh akan semakin rendah, artinya semakin halus permukaan benda kerja. Kecepatan potong yang digunakan pada side milling adalah 80 m/min, 90 m/min, 100 m/min, 110 m/min, 120 m/min secara berurutan, dan nilai kekasaran permukaannya masing-masing 4,39 μm , 4,10 μm , 4,09 mikron, 3,60 μm dan 3,26 μm . Dan untuk face milling nilai kekasaran permukaannya adalah 4,10 μm , 4,05 μm , 4,01 μm , 3,91 μm , 3,81 μm .

ABSTRACT

There are many different kinds of machine tools that are utilised in the process of machine tool shaping. In the process of removing chips from the workpiece, a milling machine is a type of machine tool that is used to create a surface made of metal. The selection of the different combinations of cutting settings is determined by the workpiece that is being used. The purpose of this research was to investigate the impact that cutting parameters have on the surface roughness of steel metal during the side milling and face milling operations. This findings were based on the previous information. For the purpose of the steel metal milling process, the objective is to determine the factors that have an effect on the surface roughness that is produced and to find a cutting speed that is appropriate for the process utilising carbide drill bits. This investigation was carried out by means of an experimental approach that involved the utilisation of a CNC milling machine. The cutting speed was altered in five steps throughout the machining process, and the surface roughness of the workpiece was measured with a Mitutoyo measuring instrument at the conclusion of each machining phase. "Machine for measuring the surface of the object. Through the research that has been conducted, it has been established that the cutting speed of metal workpieces has an effect on the fluctuations in the surface roughness value of the workpieces. The surface roughness value obtained is lower as the cutting speed is increased, which means that the surface of the workpiece is smoother when the cutting speed is increased. While the cutting speeds employed in side milling are 80 metres per minute, 90 metres per minute, 100 metres per minute, 110 metres per minute, and 120 metres per minute, respectively, the surface roughness values are 4.39 micrometres, 4.10 micrometres, 4.09 microns, 3.60 micrometres, and 3.26 micrometres. Aside from that, the surface roughness parameters for face milling are as follows: 4.10 μm , 4.05 μm , 4.01 μm , 3.91 μm , and 3.81 μm .

1. PENGANTAR

Pemesinan logam merupakan salah satu proses pembentukan logam yang umum digunakan dalam industry manufaktur. Proses pemotongan logam merupakan suatu proses yang digunakan untuk merubah bentuk logam sehingga menjadi bentuk yang diinginkan. Proses pememesinan logam tidak dapat dipisahkan terhadap penggunaan mata pahat potong (Budiyanto & Yuono, 2021). Sifat-sifat dan geometri mata pahat potong memberi spesifikasi tersendiri dalam pemilihan parameter pemotongan yang hendak digunakan. Sedangkan parameter pemotongan memberikan spesifikasi tersendiri pada proses pememesinan yang akan memberi efek terhadap perubahan kondisi permukaan benda kerja, umur pahat, waktu pememesinan, gaya dan daya pemotongan. Dari dahulu hingga kini, teknologi pembentukan logam mengalami perkembangan yang pesat. Dalam dunia manufaktur khususnya industry pemotongan logam juga mengalami perkembangan yang sangat pesat, baik itu mesin-mesin, metode dan system maupun mekanisme pemotongan yang digunakan. Seperti pada mesin perkakas konvensional yang penggunaan mesin ini mengalami perkembangan menjadi mesin dikontrol secara otomatis yang dikendalikan oleh komputer, sehingga ini banyak memberikan keuntungan, seperti mempersingkat waktu hasil pengerjaan, menghasikan produk yang presisi dan tidak membutuhkan banyak operator, meningkatkan laju produksi Dengan kata lain, perkembangan ini memberi kontribusi positif bagi dunia Perindustrian seperti mesin CNC (computer numerically control), sangat praktis dalam proses produksi. Tuntutan yang tinggi untuk menghasilkan produk dengan jumlah massal dengan kualitas produk yang seragam sangat memerlukan mesin-mesin produksi modern CNC. Proses pemotongan dapat dilakukan dengan menggunakan mesin-mesin perkakas 2 axis (turning) atau 3 axis (milling) (Pracipto, 2021). Untuk benda kerja logam yang memiliki bentuk round bar (silinder) digunakan mesin 2 axis, sedangkan benda kerja logam berbentuk *square* dilakukan dengan menggunakan mesin 3 axis. Pada proses pengerjaan dengan menggunakan mesin 3 axis terdapat dua cara pemotongan yaitu pemotongan muka (*face milling*) dan pemotongan tepi (*side milling*). Dalam melakukan pemotongan untuk pembuatan sebuah mold menggunakan jenis mata pahat yang sama (*end mill*) diharapkan dapat menghasilkan nilai kekasaran permukaan yang seragam pada bahagian permukaan atas dan tepi benda kerja. Untuk itu perlu diketahui suatu kombinasi parameter pemotongan yang sesuai agar dapat dihasilkan kondisi permukaan yang baik (halus) baik pada bahagian muka maupun bahagian tepi permukaan benda kerja. Oleh karenanya maka perlu dilakukan penelitian pengaruh parameter pemotongan pada posisi *side milling* dan *face milling* terhadap kualitas permukaan benda kerja logam yang dihasilkan.

Pada penelitian yang dilakukan menggunakan *genetic programming* untuk memprediksi pengaruh dari beberapa parameter pememesinan seperti kecepatan potong, kecepatan pemakanan, kedalaman pemotongan dengan menggunakan strategi pememesinan type *zigzag* terhadap kekasaran permukaan menyatakan bahwa selain parameter pememesinan di atas, pergeseran pahat juga mempengaruhi kekasaran permukaan dari pememesinan *milling* (Yeganefer, Niknam, & Asadi, 2019).

Pengaruh geometri pahat (*radial rake angle* dan *nose radius*) dan kondisi pemotongan (kecepatan potong dan kecepatan makan) terhadap kekasaran permukaan pada cutting *end mill* dari baja karbon medium dan kemudian mengolah data tersebut untuk mendapatkan kekasaran permukaan paling rendah dan laju pemakanan material paling besar menggunakan *response surface methodology* dan *genetic algorithms* di dapatkan kekasaran permukaan yang paling kecil, kecepatan pemakanan 202,17 mm/menit, *rake angle* sebesar $4,40^\circ$, *nose radius* sebesar $0,43\text{ mm}$ dan laju pemakanan material sebesar $67,58\text{ mm}^3/\text{detik}$ (HARTANTO, 2019).

Penelitian menggunakan software Anova menyimpulkan bahwa antara perpindahan pahat dan kedalaman penetrasi mempunyai pengaruh yang sangat signifikan terhadap kekasaran permukaan. Dari kedua tipe yaitu tipe spiral potong dan tipe sekali pakai, tipe spiral mempunyai nilai Ra yang lebih kecil sehingga kekasaran permukaannya lebih halus dibandingkan dengan tipe sekali pakai Tipe sekali pakai.

Berbagai jenis peralatan mesin digunakan dalam proses pembentukan peralatan mesin. Pemilihan mesin ini didasarkan pada bentuk, dimensi, dan jenis bahan baku yang digunakan. Mesin milling adalah suatu peralatan mesin yang membentuk permukaan logam dengan cara menghilangkan serpihan dari benda kerja. Pemrosesan dapat dilakukan dengan front milling atau side milling. Tentu saja, jika produk menyerupai cetakan, diperlukan kekasaran permukaan yang halus pada permukaan dan sisinya. Oleh karena itu pilihlah jenis pahat agar diperoleh nilai kehalusan permukaan yang baik. Benda kerja yang digunakan menentukan pemilihan kombinasi parameter pemotongan. Berdasarkan hal tersebut maka penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh parameter pemotongan terhadap kekasaran permukaan logam baja pada proses side milling dan face milling. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi kekasaran permukaan yang dihasilkan dan mendapatkan kecepatan potong yang sesuai untuk proses penggilingan logam baja menggunakan mata bor karbida. Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen menggunakan mesin milling CNC, memvariasikan kecepatan potong dalam lima tahap selama proses pememesinan, dan mengukur kekasaran permukaan benda kerja dengan alat ukur Mitutoyo pada setiap akhir proses pememesinan "Mesin pengukur uji permukaan". Maka dari itu peneliti focus meneliti dengan judul "Studi Eksperimental Dampak Dari Proses Pemotongan Pada Side illing Dan Face Milling Terhadap Tingkat Kekerasan Pada Permukaan Logam "

1.1. Permesinan Frais (Milling)

Proses pememesinan frais adalah proses penyayatan benda kerja dengan alat potong dengan mata potong jamak yang berputar. Proses penyayatan dengan gigi potong yang banyak yang mengitari pahat ini bisa menghasilkan proses pememesinan lebih cepat. Permukaan yang disayat bisa berbentuk datar, menyudut, atau melengkung. Permukaan benda kerja bisa juga berbentuk kombinasi dari beberapa bentuk (Rahmatullah, Umurani, & Siregar, 2021).

1.2. Klasifikasi Properti Frais

Proses frais dapat diklasifikasikan dalam tiga jenis. Klasifikasi ini berdasarkan jenis pahat, arah penyayatan, dan posisi relatif pahat terhadap benda kerja, Frais Periperhal (*Peripheral Milling*) adalah Proses frais yang disebut juga *slab milling*, permukaan yang difrais dihasilkan oleh gigi pahat yang terletak pada permukaan luar badan alat potongnya. Sumbu dari putaran pahat biasanya pada bidang yang sejajar dengan permukaan benda kerja yang disayat. Frais Muka ketika pahat dipasang pada spindel yang memiliki sumbu putar tegak lurus terhadap permukaan benda kerja. Permukaan hasil proses frais dihasilkan dari hasil penyayatan oleh ujung dan selubung pahat. Pahat pada proses frais ujung biasanya berputar pada sumbu yang tegak lurus permukaan benda kerja. Pahat dapat digerakkan menyudut untuk menghasilkan permukaan menyudut. Gigi potong pada pahat terletak pada selubung pahat dan ujung badan pahat (Pracipto, 2021).

1.3. Metode Proses Frais

Metode proses frais ditentukan berdasarkan arah relative gerak makan meja mesin frais terhadap putaran pahat (Gambar 3.4). Metode proses frais ada dua yaitu frais naik dan frais turun.

Frais naik biasanya disebut frais konvensional (*conventional milling*). Gerak dari putaran pahat berlawanan arah terhadap gerak makan meja mesin frais. Sebagai contoh, pada proses frais naik apabila pahat berputar searah jarum jam, benda kerja disayat ke arah kanan. Penampang melintang bentuk beram (*chips*) untuk proses frais naik adalah seperti koma diawali dengan ketebalan minimal kemudian menebal. Proses frais ini sesuai untuk mesin frais konvensional/ manual, karena pada mesin konvensional *backlash* ulir transportirnya relatif besar dan tidak dilengkapi *backlash compensation* (Sulistyarini, Novareza, & Darmawan, 2018).

Proses frais turun dinamakan juga *climb milling*. Arah dari putaran pahat sama dengan arah gerak makan meja mesin frais. Sebagai contoh jika pahat berputar berlawanan arah jarum jam, benda kerja disayat kekanan. Penampang melintang bentuk beram (*chips*) untuk proses frais naik adalah seperti koma diawali dengan ketebalan maksimal kemudian menipis. Proses frais ini sesuai untuk mesin frais CNC, karena pada mesin CNC gerakan meja dipandu oleh ulir dari bola baja, dan dilengkapi *backlash compensation*. Untuk mesin frais konvensional tidak direkomendasikan melaksanakan proses frais turun, karena meja mesin frais akan tertekan dan ditarik oleh pahat. Proses pemesinan dengan mesin frais merupakan proses penyayatan benda kerja yang sangat efektif, karena pahat frais memiliki sisi potong jamak. Apabila dibandingkan dengan pahat bubut, maka pahat frais analog dengan beberapa buah pahat bubut. Pahat frais dapat melakukan penyayatan berbagai bentuk benda kerja, sesuai dengan pahat yang digunakan. Proses meratakan bidang, membuat alur lebar sampai dengan membentuk alur tipis bisa dilakukan dengan mesin frais (Kasim, 2018).

1.4. Parameter Frais

Maksud dari parameter yang dapat diatur adalah parameter yang dapat langsung diatur oleh operator mesin ketika sedang mengoperasikan mesin frais. Seperti pada mesin bubut, maka parameter yang dimaksud adalah putaran spindel (n), gerak makan (f), dan kedalaman potong (a). Putaran spindel bisa langsung diatur dengan cara mengubah posisi handel pengatur putaran mesin. Gerak makan bisa diatur dengan cara mengatur handel gerak makan sesuai dengan tabel f yang ada di mesin. Gerak makan ini pada proses frais ada dua macam yaitu gerak makan per gigi (mm/gigi), dan gerak makan per putaran (mm/putaran). Kedalaman potong diatur dengan cara menaikkan benda kerja, atau dengan cara menurunkan pahat. Putaran spindel (n) ditentukan berdasarkan kecepatan potong (Mataram, Saputra, & Setiyawan, 2020). Kecepatan potong ditentukan oleh kombinasi material pahat dan material benda kerja. Kecepatan potong adalah jarak yang ditempuh oleh satu titik (dalam satuan meter) pada selubung pahat dalam waktu satu menit. Rumus kecepatan potong identik dengan rumus kecepatan potong pada mesin bubut. Pada proses frais besarnya diameter yang digunakan adalah diameter pahat. Rumus kecepatan potong :

$$V = \frac{\pi dn}{1000} \quad (1)$$

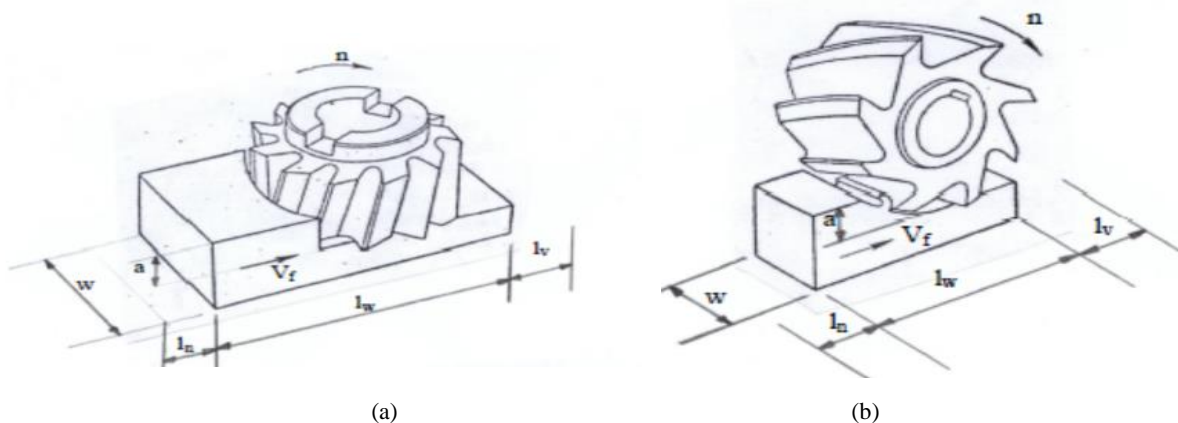
Dimana :

V = kecepatan potong; m/menit

d = diameter pahat ;mm

n = putaran benda kerja; putaran/menit

Setelah kecepatan potong diketahui, maka gerak makan harus ditentukan. Gerak makan (f) adalah jarak lurus yang ditempuh pahat dengan laju konstan relatif terhadap benda kerja dalam satuan waktu, biasanya satuan gerak makan yang digunakan adalah mm/menit. Kedalaman potong (a) ditentukan berdasarkan selisih tebal benda kerja awal terhadap tebal benda kerja akhir. Untuk kedalaman potong yang relatif besar diperlukan perhitungan daya potong yang diperlukan untuk proses penyayatan.



Gambar 1. Skematis proses frais *vertical* dan frais *horizontal*

Lalu untuk parameter lanjutannya :

Gerak makan per gigi

$$f_z = \frac{v_f}{z} \cdot n \quad (\text{mm/min}) \quad (2)$$

Waktu Pemotongan

$$t_c = \frac{l_t}{v_f}; (min) \quad (3)$$

Kecepatan Penghasilan Geram

$$Z = \frac{v_f \cdot a \cdot w}{1000}; cm^3/min \quad (4)$$

Keterangan:

Benda kerja:

w = lebar pemotongan; mm

lw = panjang pemotongan ; mm

lt = lv+lw+ln ; mm

a = kedalaman potong, mm

Pahat Frais:

d = diameter luar ; mm

z = jumlah gigi (mata potong)

γ_r = sudut potong utama (90o) untuk pahat frais selubung)

Mesin frais:

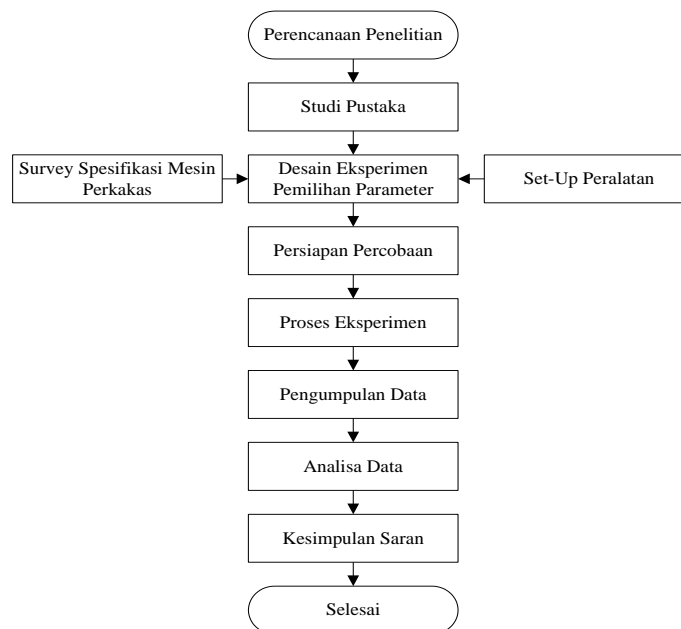
n = putaran poros utama ; rpm

vf = kecepatan makan ; mm/putaran

Rumus-rumus tersebut di atas digunakan untuk perencanaan proses frais. Proses frais bisa dilakukan dengan banyak cara menurut jenis pahat yang digunakan dan bentuk benda kerjanya. Selain itu jenis mesin frais yang bervariasi menyebabkan analisa proses frais menjadi rumit.

2. METODE

2.1. Diagram Alir Penelitian



Gambar 2. Diagram alir penelitian

2.2. Prosedur Penelitian

Pengambilan data dilakukan dengan metode eksperimen menggunakan mesin milling CNC dan pengukuran kekasaran permukaan dilakukan dengan alat ukur uji kekasaran permukaan “*surface tester*”. Prosedur eksperimen yang dilakukan meliputi: Persiapan alat dan bahan. Menentukan 5 alat yang digunakan untuk setiap satu proses pemesinan. Input program *G-code*. Input parameter pemesinan yang digunakan untuk *side milling* dan *face milling*, seperti *Feeding* (f) 0,05 mm/putaran, variasi kecepatan potong (Vc) 80 – 120 m/min, kecepatan pemakanan (Vf) 300 mm/min, putaran *spindel* disesuaikan dengan kecepatan potong, kedalaman potong *side milling* 12 mm, kedalaman potong *face milling* 0,05 mm. setelah itu, meletakkan benda kerja Baja AISI 4340 pada ragam mesin *milling*. Terjadi proses

pemesinan. Menghentikan mesin dan melakukan pengukuran kekasaran pada 5 titik dipermukaan benda kerja. Pencatatan dan tabulasi nilai kekasaran permukaan (setiap parameter pemesinan dilakukan pengujian 5 kali). Kembali proses 3 untuk variasi kecepatan potong (Vc). Lakukan proses pemesinan tersebut berulang hingga *tools* ke-5. Selesai.

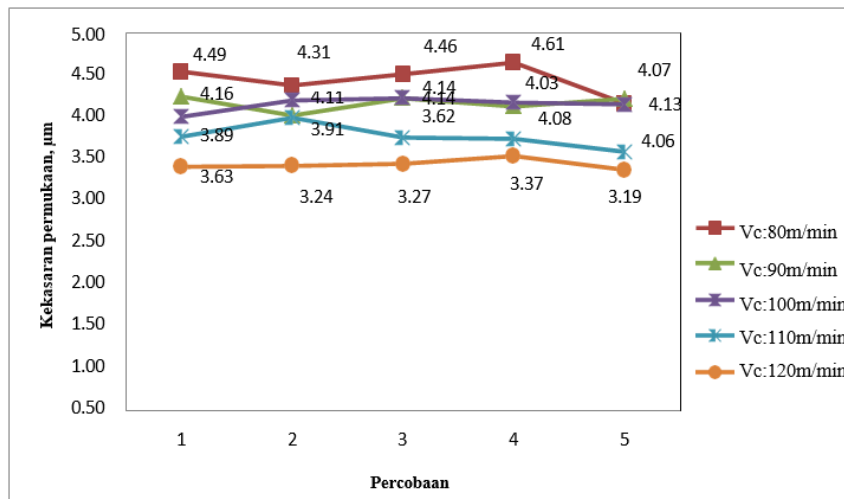
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Penelitian

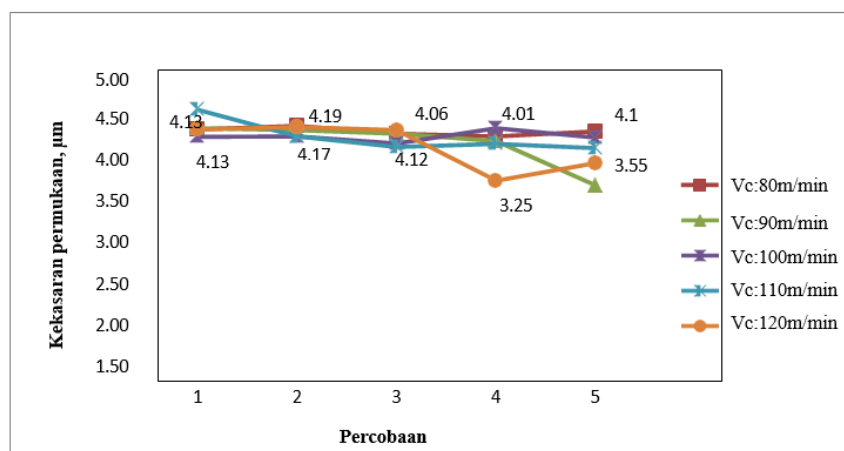
Dari Gambar 3. terlihat bahwa percobaan yang dilakukan untuk pemesinan benda kerja baja AISI 4340 dengan metode side milling dari percobaan 1 hingga percobaan 5 menunjukkan bahwa nilai kekasaran permukaan benda kerja yang diproduksi berbeda-beda pada setiap proses milling. dapat dilihat bahwa hal tersebut menunjukkan bahwa hal tersebut sama pada setiap permukaan benda kerja. Untuk kecepatan pemotongan. Terlihat bahwa pada kecepatan potong 80 m/menit nilai kekasaran permukaannya lebih besar dibandingkan dengan kecepatan potong 90–120 m/menit. Terlihat tren pada grafik menunjukkan nilai kekasaran permukaan semakin menurun seiring bertambahnya kecepatan potong.

Hal ini karena kecepatan potong meningkat pesat pada disk milling, sehingga menimbulkan gesekan pada permukaan benda kerja dan menyebabkan goresan kecil pada permukaan benda kerja. Secara spesifik, sudut mata pahat yang bersentuhan langsung dengan benda kerja mempengaruhi kekasaran permukaan. Namun karena efek peningkatan kecepatan potong, serpihan yang dihasilkan cenderung lebih cepat terlepas dari benda kerja dan sudut bilah, dan serpihan yang dihasilkan tidak menempel pada permukaan benda kerja, yang tentu saja tidak menimbulkan masalah. Hal ini menyebabkan peningkatan kekasaran permukaan. Pahat dengan sudut penajaman yang baik menggores permukaan dengan cepat dan kecepatan tinggi sehingga menghasilkan kekasaran permukaan yang rendah.

Terlihat pada Gambar 4, pada percobaan face milling benda kerja baja AISI 4340, kondisi setiap permukaan benda kerja memperoleh nilai kekasaran yang lebih seragam setelah dilakukan lima kali percobaan pada setiap kecepatan potong. Nilai kekasaran permukaan terendah diperoleh pada kecepatan potong 120 m/menit dan nilai kekasaran permukaan tertinggi diperoleh pada kecepatan potong 80 m/menit. Perhitungan penurunan kualitas permukaan dapat dilakukan dengan mengacu pada kisaran nilai kekasaran permukaan pada milling (tabel nilai kekasaran permukaan), yaitu nilai tertinggi 6,3 μm .



Gambar 3. Grafik nilai kekasaran permukaan logam pada tiap percobaan pada proses proses *sidemilling*



Gambar 4. Grafik nilai kekasaran permukaan logam pada tiap percobaan pada proses proses *face milling*

Untuk menghitung persentase penurunan nilai kekasaran permukaan dapat menggunakan Persentase = (Nilai Kekasaran Permukaan Hasil Pengukuran)/(Nilai Kekasaran Permukaan Tertinggi pada Proses Milling (berdasarkan tabel, 6,3 μm)) x 100% *Side milling*:

Setelah dilakukan proses eksperimen, diperoleh nilai kekasaran permukaan sebagaimana yang ada dalam grafik berikut:

Nilai kekasaran 4,40 μm

$$\begin{aligned} \text{Persentase} &= 4.40/6.3 \times 100\% \\ &= 67\% \end{aligned}$$

Dari perhitungan yang dilakukan persentase penurunan nilai kekasaran dan perubahannya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Persentase Nilai Kekasaran Permukaan Pada Proses Milling

Proses Side Milling		
Kecepatan Potong, V_c , m/min	Nilai Kekasaran Permukaan, $R_a(\mu\text{m})$	Persentase Penurunan R_a (%)
80	4,40	67
90	4,10	65.07
100	3,60	57.14
110	4,09	64.92
120	3,26	51.74
Proses Face Milling		
80	4,09	65.07
90	4,05	64.28
100	4,01	63.65
110	3,91	62.06
120	3,81	60.47



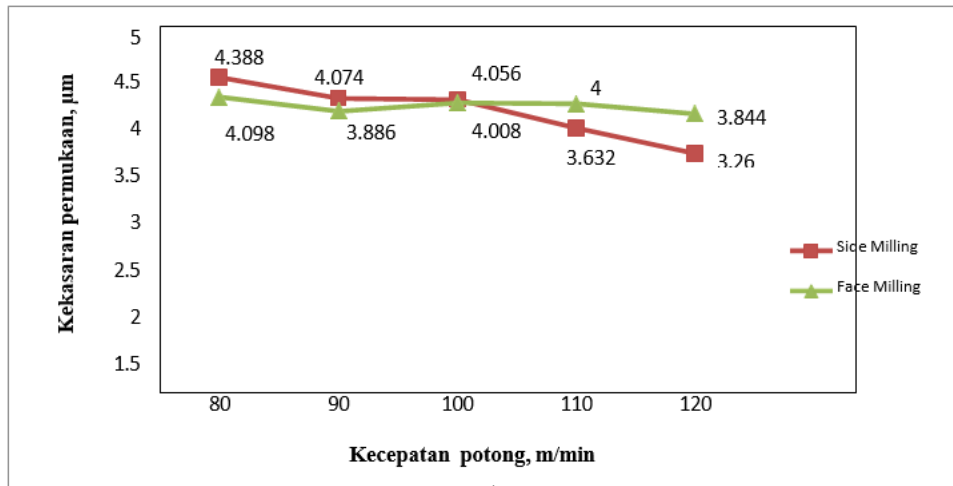
Gambar 5. Bahan benda kerja baja AISI 4340

Persentase pengurangan kekasaran permukaan pada kecepatan potong awal - Persentase pengurangan kekasaran permukaan pada kecepatan potong berikutnya.

1. Pada kecepatan 80 m/min ke 90 m/min $69.68 - 65.07 = 4.61 \%$
2. Pada kecepatan 90 m/min ke 100 m/min $65.07 - 64.92 = 0.15 \%$
3. Pada kecepatan 100 m/min ke 110 m/min $65.07 - 57.14 = 7.78 \%$
4. Pada kecepatan 110 m/min ke 120 m/min $57.14 - 51.74 = 5.4 \%$

Persentase penurunan nilai kekasaran permukaan Face milling adalah

1. Pada kecepatan 80 m/min ke 90 m/min $65.07 - 64.28 = 0.79\%$
2. Pada kecepatan 90 m/min ke 100 m/min $64.28 - 63.65 = 0.63\%$
3. Pada kecepatan 100 m/min ke 110 m/min $63.65 - 62.06 = 1.59\%$
4. Pada kecepatan 110 m/min ke 120 m/min $62.06 - 60.47 = 1.59\%$



Gambar 6. Grafik perbandingan nilai kekasaran permukaan pada proses side dan *facemilling* untuk tiap kecepatan potong

Dari Gambar 6. terlihat nilai kekasaran permukaan berbanding terbalik dengan kecepatan potong. Peningkatan kecepatan potong membuat permukaan logam menjadi lebih halus (nilai kekasaran permukaan menurun). Untuk *side milling* nilai kekasaran permukaan tertinggi sebesar 4,39 μm dan nilai terendah sebesar 3,26 μm , sedangkan untuk *face milling* nilai kekasaran permukaan tertinggi sebesar 4,10 μm dan nilai terendah sebesar 3,81 μm . Kedua proses yang menggunakan parameter yang sama akan menghasilkan garis tren grafis yang sama. Artinya, kedua nilai kekasaran permukaan tersebut mengalami penurunan, namun nilai kekasaran permukaan yang dihasilkan berbeda. Perbedaan nilai kekasaran antara *side milling* dan *face milling* disebabkan oleh kebulatan mesin. Kesalahan konsentrisitas terletak pada bantalan tengah mesin CNC dan menyebabkan pahat tidak berputar berbentuk silinder.

Dalam kasus *side milling*, sisi sisipan pahat digunakan selama pengumpanan, yang cenderung mengurangi kesalahan runout mesin. Oleh karena itu, nilai konsentrisitas pada *side milling* hanya 0,5 dari diameter pahat end mill. Sedangkan pada *face milling*, pengumpanan menggunakan ujung pahat potong, sehingga pusat runout pada mesin berada pada ujung pahat potong yang sesuai dengan diameter end mill. Dalam parameter pemesinan CNC, nilai kecepatan potong sangatlah penting. Jika kecepatan potong rendah, serpihan dan serpihan akan meningkatkan nilai kekasaran dan menggores permukaan. Sebaliknya, semakin cepat kecepatan potong, maka semakin sedikit serpihan dan goresan yang terjadi pada permukaan benda kerja.

4. KESIMPULAN

Kecepatan pemotongan memberi pengaruh terhadap perubahan nilai kekasaran permukaan benda kerja logam, semakin tinggi kecepatan potong yang digunakan maka nilai kekasaran permukaan akan semakin kecil artinya permukaan benda kerja menjadi semakin halus. Secara berurutan kecepatan pemotongan yang digunakan pada proses *side milling* yakni 80 m/min, 90 m/min, 100 m/min, 110 m/min, 120 m/min menghasilkan nilai kekasaran permukaan yaitu 4,39 μm , 4,10 μm , 4,09 μm , 3,60 μm dan 3,26 μm . Dan pada proses pemesinan *face milling*, nilai kekasaran permukaan adalah 4,10 μm , 4,05 μm , 4,01 μm , 3,91 μm dan 3,81 μm . Pemotongan logam dengan proses *side* menghasilkan nilai kekasaran yang cenderung lebih rendah dibandingkan dengan proses *face milling*. Peningkatan persentase pada kecepatan potong 80 m/min, 90 m/min, 100 m/min, 110 m/min dan 120 m/min secara berturut pada proses *side milling* adalah 4.61%, 0.15%, 7.78% dan 5.4%. Sedangkan untuk *face milling* adalah 0.79%, 0.63%, 1.59% dan 1.59%. Dari penelitian didapatkan bahwa peningkatan kecepatan potong menghasilkan nilai kekasaran permukaan yang baik, namun harus ada batasan optimum penggunaan kecepatan potong tersebut agar pada proses pemotongan dapat dilakukan dengan baik dan umur pahat lebih lama.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan Terima kasih Para penulis dengan penuh rasa syukur menyampaikan penghargaan dan mengucapkan terima kasih atas dukungan finansial yang diberikan oleh Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

DAFTAR PUSTAKA

- Budiyanto, E., & Yuono, L. D. (2021). *Proses Manufaktur*: Eko Budiyanto.
- Hartanto, O. B. (2019). Karakteristik Kekasaran Permukaan Pemesinan Bubut Material Baja St-37 Dengan Variasi Parameter Pemesinan Dan Geometri Pahat.
- Kasim, L. (2018). Pengaruh Variabel Permesinan Terhadap Umur Pahat Endmill Cutter Two Flute Pada Proses Pelubangan Besi Cor. Universitas Hasanuddin,
- Mataram, N., Saputra, S. R., & Setiyawan, K. (2020). Optimasi Parameter Proses Milling dengan Pendinginan Fluida Alami (Cold Natural Fluid) terhadap Kualitas Permesinan Baja ST 42 dengan Metode Taguchi. *Paper presented at the Prosiding Seminar Nasional Teknik Tahun 2020 (SENASTIKA 2020)*.
- Pracipto, W. (2021). *Studi Pengaruh Annealing Terhadap Kekasaran Baja St42 Dan Baja St60 Pada Permesinan Frais*. Universitas Hasanuddin,

-
- Rahmatullah, R., Umurani, K., & Siregar, M. A. (2021). Pengembangan Lintasan Pahat Pada Pengefraisan “Umsu” Menggunakan Cnc Tu-3a. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 4(1), 8-15.
- Sulistyarini, D. H., Novareza, O., & Darmawan, Z. (2018). Pengantar Proses Manufaktur untuk Teknik Industri: Universitas Brawijaya Press.
- Yeganefar, A., Niknam, S. A., & Asadi, R. (2019). The Use Of Support Vector Machine, Neural Network, And Regression Analysis To Predict And Optimize Surface Roughness And Cutting Forces In Milling. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 105, 951-965.