

**PENGARUH VARIASI PENGGUNAAN COOLANT DAN JUMLAH FLUTE ENDMILL TERHADAP KONSUMSI ENERGI DAN KEKASARAN PERMUKAAN ALUMINIUM A1100 DALAM PROSES ROUTING MENGGUNAKAN CNC ROUTER**

**Ahmad Rohmat Bastomi<sup>1</sup>, Rino Imanda<sup>2</sup>, Suasih,<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Wahidiyah Kediri.

<sup>2,3</sup> Dosen Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Wahidiyah  
([rino.imanda@gmail.com](mailto:rino.imanda@gmail.com))

**ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besar pengaruh jumlah flute endmill serta jenis cairan pendingin emulsi yang digunakan terhadap kekasaran permukaan, sekaligus mencari pengganti cairan pendingin dromus yang terbuat dari mineral oil yang tidak dapat diperbaharui, dengan minyak nabati yang dapat diperbaharui. Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimental. Penelitian ini menggunakan variasi jumlah flute endmill yaitu 3 dan 4 flute dan variasi jenis cairan pendingin emulsi minyak jarak, minyak kelapa dan minyak dromus dengan perbandingan 1:20 terhadap air. Material specimen yang digunakan pada penelitian adalah aluminium alloy 1100 dengan ukuran 225x155x5mm. Pada penelitian ini dihasilkan nilai kekasaran permukaan terendah pada penggunaan endmill 4 flute dan jenis cairan pendingin emulsi minyak jarak dengan nilai kekasaran permukaan (Ra) sebesar 2,476  $\mu\text{m}$  dan nilai kekasaran permukaan tertinggi sebesar 6,342 $\mu\text{m}$  dengan penggunaan cairan dromus dan endmill 3 flute.

**Kata kunci:** *kekasaran permukaan, cairan pendingin, flute endmill, rotting.*

**PENDAHULUAN**

Kemajuan akan ilmu teknologi membuat industri kecil menengah (IKM) atau home industry yang bergerak di sektor industri manufaktur harus mampu bersaing utamanya dalam meningkatkan produksi dan kualitas produk (Indrayani, 2012). Beberapa faktor penting untuk mendorong industri manufaktur dalam persaingan yaitu produksi yang aman dan ramah lingkungan, kecepatan proses, dan penurunan biaya produksi (Ujan Nugroho, 2012) (Firmansyah, 2014).

Suatu cara untuk tetap menjaga kualitas produk dengan ukuran yang sesuai dan akurat, namun dengan waktu pengerjaan yang singkat, diperlukan penggunaan mesin CNC dalam proses produksi yang dilakukan. Mesin CNC

merupakan mesin perkakas yang sudah dilengkapi dengan sistem kontrol pemrograman berbasis numerik (Computer Numerically Controlled) (Jufrizaldy et al., 2020). Sehingga dapat berjalan otomatis sesuai perintah pemrograman. Mesin CNC lebih dapat diandalkan karena mempunyai produktivitas dan kualitas yang baik (Suharto et al., 2019).

Salah satu parameter yang menentukan kualitas produk dalam proses manufaktur adalah kekasaran permukaan (Seprianto, 2013) (Firmansyah, 2014). Kekasaran permukaan dipengaruhi oleh kondisi pemesinan, bahan pahat, dan keausan pahat (Urbeyni dkk., 2020). Faktor yang memengaruhi keausan pahat yaitu penggunaan pendingin (coolant).

Sebagaimana dijelaskan oleh (Widarto, 2008) bawasannya penambahan cairan pendingin dalam proses pemesinan mampu meningkatkan kualitas produk dengan efek meningkatkan kualitas tingkat kekasaran permukaan. Jumlah flute dari pisau endmill yang digunakan pada proses pemesinan juga berpengaruh pada kualitas dari produk yang dihasilkan (Bintarto et al., 2018). Fungsi dari coolant selain menjaga umur pahat dari keausan, juga sebagai pelumas untuk mengurangi gaya potong dan memeperhalus permukaan (Rahmat & Haripriadi, 2019).

Cairan pendingin yang sering digunakan pada proses pemesinan dalam berbagai kegiatan produksi adalah dromus, dimana cairan ini terbuat dari mineral yang tidak dapat diperbarui (Junaidi Ilham, 2019). Guna pemenuhan permintaan akan produk, membuat permintaan akan cairan pendingin dromus ini makin meningkat. Sehingga dikhawatirkan akan terjadinya kelangkaan dari dromus ini, mengingat bahannya yang tidak dapat diperbaharui. Sehingga diperlukan solusi untuk menemukan cairan pendingin yang efektif sebagai alternatif pengganti dromus.

Cairan pendingin yang memungkinkan untuk dijadikan sebagai pengganti dari dromus yaitu emulsi (campuran minyak nabati dengan air) karena sifatnya yang memiliki kekentalan yang tinggi, serta mampu mempertahankan viskositasnya pada suhu pemakanan yang tinggi (Ibrahim dkk., 2016). Emulsi juga terbuat dari bahan nabati yang dapat diperbaharui. Namun cairan ini perlu dikaji kembali apakah kualitasnya dalam pengaplikasian dapat menggantikan dromus atau paling tidak

bisa setara kualitasnya terhadap hasil akhir produk dan mampu menurunkan biaya produksi.

Dari berbagai macam teori dan permasalahan di atas, maka perlu diteliti pengaruh dari variasi penggunaan jenis cairan pendingin emulsi dan jumlah flute endmill terhadap kekasaran permukaan dalam proses routing material aluminium tipe AA 1100.

Jenis material aluminium dipilih karena sifatnya yang ringan, ketahanan korosi dan konduktor yang baik, serta kekuatan mekaniknya yang mampu ditingkatkan dengan memadukan unsur lain di dalamnya (Mukhamad Khumaidi Usman, 2019). Pengaplikasian dari aluminium AA1100 juga luas mulai dari peralatan rumah tangga, material dasar cetakan (molding), konstruksi, mobil, pesawat dan banyak digunakan di industri manufaktur.

## **DASAR TEORI**

### **1. Proses Permesinan**

Proses permesinan merupakan proses pembentukan produk dengan menggunakan pahat yang bergerak relatif terhadap benda kerja. Secara global proses pemesinan dikelompokkan dalam dua kelompok besar, yaitu proses pemesinan untuk membentuk produk silindris dengan benda kerja berputar dalam prosesnya dan proses pemesinan untuk membentuk produk dengan permukaan datar tanpa memutar benda kerja. Pahat pada proses pemesinan bekerja dengan cara menyayat permukaan benda kerja secara perlahan yang akan membentuk material, menjadi komponen atau bentuk yang dikehendaki. Pada proses penyayatan juga menghasilkan tatal/geram sebagai material buang. Dalam proses pemesinan

tool yang digunakan disesuaikan dengan jenis pemotongan.

## 2. CNC Router

CNC Router merupakan alat yang fungsinya menyerupai bahkan sama dengan mesin mililing konvensional 3 axis. Perbedaannya dengan mesin milling mesin ini tidak hanya dipakai untuk keperluan pembuatan material atau komponen pada industri saja, namun juga bisa digunakan untuk pembuatan jenis kerajinan seperti kerajinan ukir dan grafir. Fungsinya untuk memotong berbagai material keras seperti kayu, akrilik, aluminium, dan berbagai jenis logam lainnya.

Parameter yang digunakan pada proses routing sama halnya dengan parameter pemesinan pada proses milling, seperti deep of cut, feedrate, kecepatan spindle, kecepatan pemotongan dll. Jenis pahat yang digunakan juga relatif sama yaitu dapat menggunakan pahat jenis endmill, ballnose, dll.

## 3. Coolant

Coolant merupakan fluida cair yang memiliki fungsi untuk menjaga temperatur pemotongan yang disebabkan gesekan antara pahat dengan benda kerja (Ghazi dkk., 2019). Sehingga mampu memperpanjang usia pakai pahat. Selain itu cairan pendingin dalam beberapa kasus dapat meminimalisir gaya potong dan menurunkan tingkat kekasaran permukaan produk hasil pemesinan. Cairan pendingin bekerja pada daerah kontak antara benda kerja dengan pahat. Secara umum fungsi utama cairan pendingin adalah untuk mendinginkan dan melumasi (Rochim, 2007).

Coolant sendiri terdiri dari berbagai jenis salah satunya cairan emulsi.

Cairan emulsi adalah cairan pendingin berupa campuran air dan minyak. Komposisinya dengan melakukan penambahan unsur pengemulsi kedalam minyak yang kemudian dilarutkan dalam air.

## 4. Endmill

Pisau jari (endmill) merupakan salah satu jenis cutter mesin CNC router yang banyak digunakan. Biasanya endmill terbuat dari baja kecepatan tinggi (HSS) atau karbida, dan memiliki satu atau lebih alur (flute). Fungsi dari flute adalah sebagai jalur lewatnya geram dan fluida pendingin (coolant) (Mukhlis, 2020). Fungsi dari endmill untuk membuat alur pada bidang yang flat, hingga untuk meratakan permukaan. Penggunaan umumnya diletakkan pada posisi tegak terhadap benda kerja (Suharyadi, 2014).

## 5. Kecepatan Putar Endmill

Kecepatan putar endmill dalam proses routing adalah kemampuan endmill memotong benda kerja dengan kecepatan yang dihitung dari perkalian keliling dari diameter endmill dengan jumlah putaran dalam satu menit. Besar nilai cutting speed (CS) pada berbagai jenis material telah ditentukan oleh (Widarto, 2008) pada bukunya, dimana harga Cutting speed untuk material aluminium berkisar antara 90-150m/min. Dari cutting speed maka putaran spindle mesin dapat diperoleh dari:

$$N=1000.CS/\pi \dots \dots \dots (1)$$

Ket:

n = putaran spindle (putaran/menit)

D = Diameter Endmill (milimeter)

CS = Cutting Speed (meter/menit)

Catatan:

Untuk endmill dari carbide Cutting Speed = 2 x CS Cutter HSS. feeding dalam proses routing adalah jarak pemakanan persatuan waktu yang nilainya diperoleh dari hasil perhitungan besarnya sayatan bergigi (Sz) dikalikan dengan jumlah flute dan dikalikan putaran endmill dalam satu menit (Widarto, 2008).

Dirumuskan:

$$S = Sz \cdot Z \cdot n \dots \dots \dots (2)$$

Ket:

S = feeding (mm/menit)

Sz = sayatan per gigi (mm/gigi)

Z = jumlah gigi

n = putaran endmill (putaran/menit)

#### 6. Alumunium 1100

Alumunium tipe AA1100 adalah salah satu jenis material aluminium yang memiliki sifat yang ringan, ketahanan korosi dan konduktor yang baik. Penggunaannya pada dunia industri untuk material alumunium terutama tipe AA1100 banyak digunakan untuk heat exchangers, pipa, pressure vessels, dan lain-lain (Sudrajat, 2012). Selain itu alumunium AA1100 dalam industri ekonomi kreatif / UKM juga banyak dimanfaatkan sebagai material dasar produknya seperti prodak cetakan/molding (jig) karet ataupun tembaga, dalam molding tembaga biasanya untuk mencetak pemberat pancing, dan pada molding karet biasa digunakan untuk mencetak logo-logo/sebuah emblem, dan gantungan kunci, selain itu juga bisa sebagai molding sol sepatu. Hal ini karena alumunium AA1100 memiliki sifat shear strength yang cukup rendah sehingga mudah dibentuk dalam proses pemesinan.

#### 7. Kekasaran Permukaan

Kekasaran permukaan merupakan ketidakaturan konfigurasi dan penyimpangan karakteristik permukaan berupa guratan yang nantinya akan terlihat pada profil permukaan. Adapun penyebabnya beberapa macam faktor, diantaranya yaitu; mekanisme parameter pemotongan, geometri dan dimensi pahat, cacat pada material benda kerja dan kerusakan pada aliran geram. Kualitas suatu produk yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh kekasaran permukaan benda kerja. Kekasaran permukaan dapat dinyatakan dengan menganggap jarak antara puncak tertinggi dan lembah terdalam sebagai ukuran dari kekasaran permukaan. Dapat juga dinyatakan dengan jarak rata-rata dari profil ke garis tengah (Rochim, 2007).

Kekasaran akhir permukaan benda bisa ditetapkan dari banyak parameter (Urbeyni dkk., 2020). Parameter yang biasa dipakai dalam proses produksi untuk mengukur kekasaran permukaan adalah kekasaran rata-rata (Ra). Parameter ini adalah juga dikenal sebagai perhitungan nilai kekasaran AA (arithmetic average) atau CLA (center line average). Ra bersifat universal dan merupakan parameter internasional kekasaran yang paling sering digunakan.

#### METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimental yang digunakan untuk menguji dengan melakukan penambahan beberapa perlakuan variasi, sehingga didapat data besarnya nilai kekasaran permukaan.

Penelitian ini dilaksanakan di workshop Teknik Mesin Universitas Wahidiyah, Kediri. Pengambilan data

nilai kekasaran permukaan dilaksanakan di Lab Bahan Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang. Penelitian ini dimulai pada tanggal 20 Oktober 2021 sampai selesai.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: Mesin CNC Router, Endmill 3 dan 4 flute, Alat Ukur Kekasaran Permukaan (Surface Roughness Tester SRT-6210), Komputer/Laptop. Bahan yang digunakan adalah material plat aluminium a1100, detergent cair sebagai zat pengemulsi, cairan pendingin emulsi minyak jarak, kelapa dan dromus dengan konsentrasi sebesar 1:20 terhadap air pada seluruh jenis cairan pendingin.

Prosedur penelitian yang akan dilakukan sebagai berikut:

#### 1. Pembuatan Desain Dan G-code

Pembuatan desain benda kerja dan g-code menggunakan software Cam Vetric Aspire dengan parameter pemesinan sebagai berikut:

- Putaran spindle : 5000 RPM
- Kecepatan potong : 90 m/men
- Kecepatan pemakanan : 350mm/min
- Kedalaman pemakanan : 0,2mm

#### 2. Penyiapan Cairan Pendingin

Cairan pendingin yang digunakan terdiri dari 3 jenis cairan pendingin yang akan dipakai yakni cairan dromus + air, minyak jarak +air, dan minyak kelapa + air, dengan masing masing perbandingan 1:20 (1000mL : 50mL). Pada jenis cairan minyak jarak dan minyak kelapa ditambahkan bahan pengemulsi dalam penelitian ini dipakai detergent cair sebanyak 5mL pada tiap cairan.

#### 3. Melaksanakan proses Routing

Proses routing dilakukan menggunakan mesin CNC router 3 axis, dan dilakukan satu persatu pada tiap jenis variasi dan metode pendinginan yang digunakan dengan cara dikucurkan. Pada tiap percobaan dilakukan pengulangan 3 kali dengan jenis perlakuan yang sama.

#### 4. Pengujian Kekasaran permukaan

Pengujian kekasaran permukaan dilakukan dengan alat surface roughness tester SRT-6210, dengan meletakkan hasil routing dengan rata dengan arah horizontal mengikuti arah stylus, dan diposisikan sampai menyentuh benda kerja pada permukaan yang akan di uji dan posisi pickup holder sejajar dengan benda kerja ditandai dengan garis setrip (tanda panah) pada monitor surface roughness berada di tengah pada skalanya. Kemudian dilakukan start measuring untuk mengetahui nilai kekasaran awal sebagai penentu nilai cutoff yang digunakan (0,8 : 2,5 : 8) dan dilakukan pengukuran ulang setelah mengetahui dan menyetel cutoff sesuai table yang ditentukan alat tersebut, untuk mengetahui nilai kekasaran yang lebih valid.

#### 5. Penyimpanan Data

Pengambilan data dilakukan dengan percobaan variasi 3 jenis cairan pendingin yakni cairan dromus, emulsi minyak kelapa, dan emulsi minyak jarak dengan nilai perbandingan antara minyak dan air sebesar 1:20 dan variasi jumlah flute (endmill) 3 dan 4 flute. Data yang diperoleh pada tiap kombinasi variasi akan disajikan dalam table seperti di bawah ini:

NO	Jenis Cairan	Flute Pahat	Rata-rata Konsumsi daya (W)			
			data 1	data 2	data 3	Rata-rata
1	Dromus+air	4 flute				
2	Minyak kelapa+air	4 flute				
3	Minyak Jarak+air	4 flute				
4	Dromus+air	3 flute				
5	Minyak kelapa+air	3 flute				
6	Minyak Jarak+air	3 flute				

Gambar 1. Tabel Teknik Penyimpanan Data.

## PENGELOLAAN DAN ANALISIS DATA

Analisis data dilakukan setelah pengambilan data dalam pengujian pada variasi coolant dan variasi jumlah flute endmill terhadap konsumsi energi dan pengaruhnya pada kekasaran permukaan. Analisis data pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh dari variasi jumlah flute terhadap konsumsi energi mesin CNC dan kekasaran permukaan pada material plat aluminium dalam proses routing.\

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian kekasaran permukaan ini dilakukan dengan pengambilan data sebanyak 3 kali pengukuran dalam satu perlakuan variasi yang diterapkan. Seluruh data yang diperoleh dari satu jenis perlakuan dirata-rata sehingga didapat nilai rata-rata kekasaran permukaan pada tiap jenis variasi yang telah ditetapkan. Penentuan panjang sampel dalam pengukuran kekasaran disesuaikan dengan tingkat kekasaran yang dimiliki oleh suatu permukaan. Pada penelitian ini panjang sampel pengukuran yang dipakai sebesar 0,8 mm dengan rentang nilai kekasaran permukaan sebesar 0,2-6,3  $\mu\text{m}$ . Data hasil pengujian kekasaran ditampilkan pada gambar di bawah ini:.

No	Jenis Cairan	flute Pahat	Nilai Kekasaran permukaan (Ra)			
			Ra 1	Ra 2	Ra 3	Ra Rata2
1	Dromus+air	4 flute	4,848	4,249	4,335	4,477
2	Minyak kelapa+air	4 flute	3,525	3,018	3,516	3,353
3	Minyak Jarak+air	4 flute	2,861	2,426	2,142	2,476
4	Dromus+air	3 flute	6,423	6,664	5,940	6,342
5	Minyak kelapa+air	3 flute	4,214	4,177	4,273	4,221
6	Minyak Jarak+air	3 flute	3,823	3,653	3,742	3,739

Gambar 2. Tabel Nilai Kekasaran Permukaan (Ra).

### 1. Pengaruh cairan pendingin terhadap kekasaran permukaan

Berdasarkan hasil data pada gambar 2. dapat kita diketahui hubungan antara variasi campuran cairan pendingin terhadap tingkat kekasaran permukaan (Ra), sehingga diperoleh grafik sebagai



berikut:

Gambar 3. Grafik grafik hubungan variasi jenis cairan pendingin terhadap kekasaran permukaan (Ra).

Gambar 3 menunjukkan grafik hubungan variasi jenis cairan pendingin terhadap kekasaran permukaan (Ra), dapat diketahui bahwa nilai kekasaran terendah (pada penggunaan endmill 4 flute) terdapat pada jenis cairan pendingin minyak jarak+air dengan nilai kekasaran permukaan (Ra) sebesar 2,476 $\mu\text{m}$ . Nilai

kekasaran permukaan yang lebih tinggi sebesar  $3,353\mu\text{m}$  didapat pada penggunaan cairan minyak kelapa+air. Nilai kekasaran tertinggi dengan nilai kekasaran permukaan sebesar  $4,477\mu\text{m}$  didapat dengan jenis cairan pendingin dromus+air.

Hasil yang sama juga terjadi pada penggunaan endmill 3 flute dimana nilai kekasaran permukaan tertinggi terjadi pada penggunaan cairan pendingin dromus, dan nilai yang lebih rendah didapat dengan cairan minyak kelapa. Kekasaran permukaan terendah didapat dengan menggunakan cairan pendingin minyak jarak. Besaran nilai kekasaran permukaan secara berturut-turut pada cairan pendingin dromus, minyak kelapa, dan minyak jarak sebesar  $6,342\mu\text{m}$ ,  $4,221\mu\text{m}$ , dan  $3,379\mu\text{m}$ .

Hasil eksperimen di atas menunjukkan variasi jenis cairan pendingin dengan tingkat viskositas terbesar yaitu pada cairan minyak jarak memiliki tingkat kekasaran terendah. Hal ini karena cairan yang memiliki viskositas yang paling tinggi dapat meningkatkan koefisien pelumasan dengan efek pengurangan gaya gesek dan perlindungan dari keausan. Hal ini juga disampaikan (Rahmat & Haripriadi, 2019) yang menyatakan bahwa parameter yang signifikan atau berpengaruh dalam keausan pahat adalah cairan pendingin. Semakin kecil tingkat keausan pahat yang terjadi maka, hasil surface finish (kekasaran permukaan) juga semakin halus (nilai kekasaran semakin rendah).

Selain viskositas dari cairan pendingin, fenomena pada gambar grafik 3 menunjukkan cairan minyak kelapa memiliki hasil kekasaran lebih rendah di

banding dromus meski nilai viskositas minyak kelapa lebih rendah dibanding dromus. Hal ini menunjukkan adanya faktor lain yang memengaruhi kekasaran permukaan yakni stabilitas dari cairan emulsi minyak kelapa dan minyak jarak yang di buat. Berdasarkan analisis yang dilakukan hal ini bisa terjadi karena nilai stabilitas dari cairan emulsi minyak kelapa dan juga minyak jarak jauh lebih rendah dibandingkan emulsi dromus. Kesimpulan ini diambil setelah melakukan pengamatan visual terhadap cairan emulsi setelah 8 jam di diamkan.



Gambar 5. Stabilitas emulsi minyak jarak dan minyak kelapa

Nilai stabilitas yang kecil dari suatu emulsi terjadi karena kurang efektifnya detergent sebagai pengemulsi untuk menurunkan tegangan permukaan dan mencegah koalesensi (penyatuan tetesan kecil menjadi tetesan besar yang pada akhirnya menjadi satu fasa tunggal yang memisah (Raihana et al., 2015)). Sehingga ketika proses penyayatan berlangsung terjadi dual layer boundary lubrication (dua lapisan batas pelumas). Hal ini bisa terjadi karena pada proses penyayatan, cairan emulsi kontak langsung dengan permukaan endmill. Pada kontak yang terjadi, ketika partikel minyak mengenai permukaan endmill partikel tersebut tidak mengalir secepat partikel air.

Fenomena ini disebabkan semakin besar densitas dan viskositas maka rata-

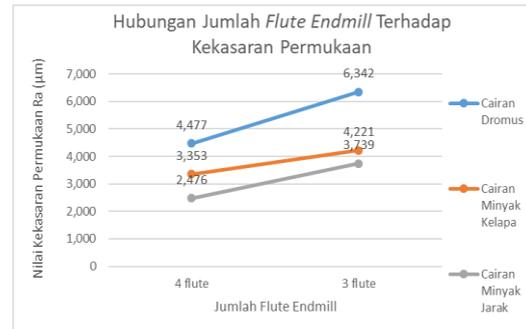
rata kecepatan fluida semakin rendah (Sena, 2009). Ketika fenomena perbedaan kecepatan alir terjadi, dalam emulsi yang tidak stabil terjadi daya kohesi (daya tarik menarik antar partikel yang sama) (Anindita, 2018). Sehingga partikel minyak yang menempel pada endmill akan menarik partikel minyak lainnya untuk menempel dan terbentuk dua fasa yang berbeda (fasa minyak dan fasa air).

Fasa minyak akan melekat pada endmill yang berfungsi menjadi pelumas untuk mengurangi gaya gesek yang terjadi dengan nilai viskositasnya yang jauh lebih tinggi dibanding air sehingga gaya potong akan turun. Fasa air berfungsi sebagai lapisan luar untuk membawa panas dan memperlancar material buang dengan nilai viskositas yang rendah. Fenomena yang sama juga terjadi pada emulsi minyak jarak, namun tidak terjadi pada cairan dromus karena stabilitas emulsi dromus yang tinggi.

Tingkat kekasaran permukaan juga dipengaruhi oleh cairan pendingin yang berfungsi sebagai pelumas. Sebagaimana tertulis dalam bukunya (Rochim, 2007) bahwa dalam beberapa kasus, cairan pendingin juga dapat berfungsi sebagai pelumas untuk mengurangi gaya potong dan memperhalus permukaan.

## 2. Pengaruh jumlah flute endmill terhadap kekasaran permukaan

Berdasarkan data pada gambar 2 dapat diketahui hubungan antara variasi jumlah flute endmill terhadap tingkat kekasaran permukaan (Ra), sehingga diperoleh grafik sebagai berikut:



Gambar 6. Hubungan jumlah flute endmill terhadap kekasaran permukaan.

Pengaruh dari jumlah flute endmill terhadap kekasaran permukaan dapat dilihat pada gambar 6, dimana terdapat 2 variasi jumlah flute endmill yang digunakan yaitu 3 flute dan 4 flute. Seluruh hasil variasi percobaan didapati bahwa nilai kekasaran permukaan yang lebih rendah didapat dengan menggunakan endmill 4 flute. Pada penggunaan cairan pendingin dromus nilai kekasaran permukaan yang didapatkan antara endmill 4 flute dan 3 flute secara berturut-turut sebesar 4,477 $\mu\text{m}$  dan 6,342 $\mu\text{m}$ , pada penggunaan cairan pendingin minyak kelapa sebesar 3,353 $\mu\text{m}$  dan 4,221 $\mu\text{m}$ , dan menggunakan cairan pendingin minyak jarak sebesar 2,476 $\mu\text{m}$  dan 3,739 $\mu\text{m}$ .

Hasil dari eksperimen variasi jumlah flute endmill dapat diketahui semakin banyak jumlah mata sayat maka, semakin rendah nilai kekasaran permukaannya. Hal ini disebabkan semakin banyak jumlah flute endmill, maka nilai kontak mata pahat terhadap benda kerja (pemotongan) akan semakin besar atau sering (Bintarto et al., 2018). Oleh karena itu geram (material buang) yang dihasilkan semakin kecil karena tiap mata sayat tidak menyayat terlalu banyak (Afrizon, 2019) (Firmansyah, 2014). Sehingga mengakibatkan tingkat

kekasaran permukaan benda kerja lebih rendah dibandingkan dengan jumlah flute endmill yang lebih sedikit (Firmansyah, 2014). Pernyataan tersebut juga sesuai dengan formula pada persamaan 2.2 dari bukunya (Widarto, 2008) tentang penghitungan nilai feeding dalam bukunya, dimana untuk mencari besar nilai pemakanan (feeding) (S) digunakan formula pada pers 2.

$$S = Sz.Z.n$$

Merujuk pada rumus pers 2 untuk mengetahui tebal sayatan pergigi (Sz) dapat di ketahui dengan nilai feeding (S) dibagi jumlah flute endmill dikali kecepatan spindle (n). Sehingga semakin besar faktor pembagi (jumlah flute endmill) maka nilai tebal sayat pergigi semakin kecil. Hal ini membuat jarak antar alur sayatan semakin dekat mengakibatkan nilai kekasaran permukaan semakin kecil.

#### D. Kesimpulan Dan Saran

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Variasi jenis cairan pendingin memiliki pengaruh pada nilai kekasaran permukaan, semakin besar nilai viskositas bahan dasar emulsi minyak nabati maka nilai kekasaran permukaan semakin rendah. Kecilnya stabilitas emulsi minyak kelapa dan minyak jarak, menurunkan nilai kekasaran permukaan.
2. Jumlah flute endmill memiliki pengaruh terhadap nilai kekasaran permukaan, semakin banyak jumlah flute endmill maka semakin halus permukaan benda kerja. Kekasaran permukaan terendah didapatkan dengan penggunaan endmill 4 flute

pada jenis cairan pendingin minyak jarak dengan nilai kekasaran permukaan (Ra) sebesar 2,476  $\mu$ m.

3. Emulsi minyak nabati (minyak kelapa dan minyak jarak) dapat digunakan sebagai pengganti cairan dromus dengan efek mengurangi tingkat kekasaran permukaan.

#### Saran

1. Perlu di uji ulang bagaimana efek penggunaan cairan pendingin pada parameter pemesinan yang lain seperti deep of cut, cutting speed, dan federate. Untuk menguji efektivitas cairan pendingin pada gaya pemotongan yang lebih besar.
2. Efek dari penggunaan cairan pendingin emulsi minyak nabati perlu dikaji keefektifannya dalam melindungi benda kerja dari korosi terutama pada logam ferro.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Indrayani, H. (2012). PENERAPAN TEKNOLOGI INFORMASI DALAM PENINGKATAN EFEKTIVITAS, EFISIENSI DAN PRODUKTIVITAS PERUSAHAAN Oleh : Henni Indrayani Abstraksi. JURNAL EL-RIYASAH, 3.
- Ujan Nugroho, T. (2012). Pengaruh Kecepatan Pemakanan Dan Waktu Pemberian Pendingin Terhadap Tingkat Keausan Cutter End Mill Hss Hasil Pemesinan Cnc Milling Pada Baja St 40. 66, 57–77.
- Firmansyah, yopi rahmad. (2014). Pengaruh Jumlah Mata Sayat Endmill Cutter Terhadap Tingkat Kekasaran Permukaan Benda Kerja Pada Mesin Milling CNC TU-3A Dengan Program G01. 03(3), 38–43.

- Jufrizaldy, M., Ilyas, I., & Marzuki, M. (2020). Rancang Bangun Mesin Cnc Milling Menggunakan System Kontrol Grbl Untuk Pembuatan Layout Pcb. *Jurnal Mesin Sains Terapan*, 4(1), 37. <https://doi.org/10.30811/jmst.v4i1.1743>
- Suharto, Purbono, K., & Karnowahadi. (2019). Analisis Parameter Pemesinan Dan Debit Pendingin Cnc. *Seminar Nasional Edusainstek FMIPA UNIMUS*, 2013, 272–279.
- Seprianto, D. (2013). Pengaruh parameter Pemesinan Terhadap Kekasaran Permukaan Benda Kerja Pada Mesin CNC Type EDU VR1-MILL. 5(April), 1–12.
- Urbeyni, F., Haripriadi, B. D., Mesin, J. T., Bengkalis, P. N., Bathin, J., Desa, A., & Alam, S. (2020). Pengaruh Parameter Pemesinan Terhadap Burr Formation Pada Proses Milling Dengan Cnc Router Aluminium Sheet 1100. 6(1), 14–19.
- Widarto. (2008). Teknik Pemesinan. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah Departemen pendidikan nasional.
- Bintarto, R., Raharjo, R., & Widodo, T. D. (2018). Effect of Variation Number of Flutes and Cutting Parameters In Conventional Milling Process of Aluminum 6063. 10–17.
- Rahmat, M., & Haripriadi, B. D. (2019). Analisa Pengaruh Variasi Parameter Pemotongan Dan Pendingin Terhadap Tingkat Keausan Pahat End Mill HSS Hasil Pemesinan CNC Router Milling Pada Aluminium Sheet 1100 ( Effect of cutting and cooling parameters against the wear of HSS End Mill Chisel Machine. *Jurnal Polimesin*, 17, 1–8.
- Junaidi Ilham, B. D. H. (2019). Evaluasi Cairan Pendingin Terhadap Kekasaran Permukaan Pada Proses Milling CNC Router Aluminium Sheet 1100. 1–11.
- Ibrahim, G. A., Yahya, A., & Saputra, R. (2016). PERMUKAAN BENDA KERJA MAGNESIUM. 1.
- Mukhamad Khumaidi Usman, F. L. S. (2019). Analisa Pengaruh Variasi Putaran Mesin CNC Milling MCV-1100 Terhadap Sifat Mekanik Logam Aluminium AA 5052-H112. *Nozzle : Journal Mechanical Engineering*, 8(1), 5–24.
- Ghazi, M., Prasetya, R., & Mulyono, S. (2019). Analisa Pengaruh Variasi Jenis Cairan Pendingin terhadap Kekasaran Permukaan SKD 11 serta Prosedur Perawatannya pada Mesin Milling Konvensional. 696–700.
- Rochim, T. (2007). Perkakas dan Sistem Perkakas (Umur Pahat, Cairan Pendingin Pemesinan). ITB.
- Mukhlis, B. D. H. (2020). Analisa Pengaruh Variasi Parameter Gurdi (Drilling) Dan Pendingin Terhadap Burr Formation Hasil Pemesinan Cnc Routermilling Pada Aluminium Sheet 1100. *FT-UMSU Jurnal Rekayasa Material , Manufaktur Dan Energi FT-UMSU*, 3(2), 138–151. <https://doi.org/DOI:https://doi.org/10.30596/rmme.v3i2.5276>
- Suharyadi, K. (2014). Pengaruh Mata Sayat Endmill Cutter Menggunakan Kode Program G02 Dan G03 Terhadap Kerataan Aluminium 6061 Pada Mesin CNC TU-3A. *JTM*, 03(2), 1–6.
- Sudrajat, A. (2012). Analisis Sifat Mekanik Hasil Pengelasan Aluminium AA 1100

- dengan Metode Friction Stir Welding (FSW). *Jurnal Rotor*, 5, 8–17.
- Raihana, Y. N., Farmasi, P. S., Kedokteran, F., Ilmu, D. A. N., Islam, U., & Syarif, N. (2015). UJI STABILITAS FISIK DAN KOMPONEN KIMIA EMULSI MINYAK BIJI JINTEN HITAM (*Nigella sativa* L.) TIPE MINYAK DALAM AIR DENGAN PENAMBAHAN ANTIOKSIDAN  $\alpha$ -TOCOPHEROL MENGGUNAKAN GCMS.
- Sena, B. (2009). KECEPATAN PADA ALIRAN FLUIDA LAMINAR DI DALAM PIPA HORIZONTAL. 5(3), 192–201. [https://doi.org/1979 276X](https://doi.org/1979%20276X)
- Anindita, D. P. (2018). Pengaruh Kadar Air Terhadap Stabilitas Emulsi Minyak Solar-Air Dalam Tangki Berpengaduk.
- Afrizon, S. E. (2019). Pengaruh Jumlah Mata Sayat Endmill Cutter Dan Kecepatan Spindel Terhadap Kekasaran Permukaan Baja Karbon Tinggi Pada Proses Frais Konvensional. 1–6.