

Pengaruh variasi kecepatan putaran spindle frais milling terhadap sifat kekasaran alumunium 6061

Mochammad Firmansyah^a, Dian Anisa Rokhmah Wati^b, Retno Eka Pramitasari^c,
Nadia Parwaty Wijanarko^d

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Hasyim Asy'ari
Tebuireng, Jl. Irian Jaya No.55, Cukir, Kec. Diwek, Kabupaten Jombang, Jawa Timur

^aEmail: temoks_21@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.23969/ksjme.v1i2.30720>

Abstract

This research aims to determine the roughness level of a 6061 aluminium workpiece by varying the spindle rotation speed in the milling machine. The results of this study are data on surface roughness obtained through variations in spindle rotation speed during milling. This research uses experimental research methods. Methods that aim to test the effect of a variable on other variables or test the causal relationship between one variable and other variables. The results of this study are presented as roughness test results. The test results using spindle rotation $n_1 = 410$ rpm; $n_2 = 570$ rpm; $n_3 = 660$ rpm. The lowest roughness value occurs at spindle rotation $n_3 = 660$ rpm, producing an average roughness value of $0.697 \mu\text{m}$. The highest roughness value occurs at a spindle rotation of $n_1 = 410$ rpm, yielding an average roughness of $2.164 \mu\text{m}$. Testing at 660 rpm yields smoother results than at 570 rpm and 410 rpm.

Keywords: Aluminium 6061, Fracture Milling, Roughness

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kekasaran suatu benda kerja alumunium 6061 menggunakan variasi kecepatan putaran spindle di mesin frais milling. Hasil yang diperoleh penelitian ini ialah data dari tingkat kekasaran permukaan dengan menggunakan variasi kecepatan putaran spindle mesin frais milling. Pada penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimental. Metode yang bertujuan untuk menguji bagaimana hubungan sebab akibat antara variabel yang satu dengan variable kedua. Parameter pengerjaan frais milling yang mana berpengaruh pada nilai kekasaran pada specimen. Hasil penelitian ini adalah berupa hasil pengujian kekasaran. Hasil pengujian menggunakan putaran spindle $n_1 = 410$ rpm; $n_2 = 570$ rpm; $n_3 = 660$ rpm. Nilai kekasaran terendah terjadi pada putaran spindle $n_3 = 660$ rpm dengan menghasilkan rata-rata nilai kekasaran sebesar $0,697 \mu\text{m}$. Sedangkan nilai kekasaran tertinggi terjadi pada putaran spindle $n_1 = 410$ rpm menghasilkan nilai kekasaran sebesar $2,164 \mu\text{m}$. Hasil pengujian kecepatan 660 rpm mendapatkan hasil yang lebih halus dibandingkan dengan menggunakan kecepatan spindle 570 rpm dan 410 rpm.

Kata Kunci: Aluminium 6061, Frais milling, Kekasaran

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi saat ini mengakibatkan banyaknya produk jika dikerjakan dengan mesin yang masih konvensional akan terasa semakin sulit untuk dikerjakan. Dikarenakan terdapat banyak nilai-nilai yang harus diperhatikan diantaranya adalah visual dari produk, kualitas kekasaran permukaan dari suatu produk, tingkat keakuratan ukuran produk yang tinggi, serta bentuk dari benda kerja semakin hari semakin kompleks menjadi permasalahan yang harus dipecahkan (Dewangga, 2017).

Dalam proses manufaktur, pemesinan merupakan salah satu teknik utama yang digunakan untuk membentuk suatu material sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Salah satu metode pemesinan yang umum digunakan adalah proses frais (*milling*), yang memiliki keunggulan dalam menghasilkan permukaan dengan tingkat kekasaran yang dapat dikontrol melalui berbagai parameter pemesinan (Sugiantoro and Setiyawan, 2015).

Proses frais merupakan metode pemesinan yang menggunakan alat potong berputar untuk menghilangkan material dari benda kerja. Dalam proses ini, terdapat beberapa parameter utama yang

berpengaruh terhadap hasil akhir, di antaranya adalah kecepatan putaran spindle (*rotational speed*) dan kecepatan pemakanan (*feed rate*). Kedua parameter ini sangat mempengaruhi sifat mekanik dari hasil pemesinan, seperti kekerasan, kekasaran permukaan, dan ketahanan terhadap beban mekanik (Pamuji, 2015).

Variasi dalam kecepatan putaran dapat menyebabkan perbedaan dalam struktur mikro material serta menghasilkan tingkat tegangan sisa yang berbeda. Oleh karena itu, pemilihan parameter yang tepat sangat penting untuk mendapatkan kualitas produk yang optimal. Penelitian mengenai pengaruh variasi kecepatan putaran terhadap sifat kekasaran Aluminium 6061 menjadi relevan dalam upaya meningkatkan efisiensi dan kualitas produksi dalam industri manufaktur.

Di sebuah perusahaan yang bergerak di bidang engineering menawarkan mesin-mesin untuk digunakan dalam proses produksi yang dapat berfungsi baik secara manual maupun melalui CNC (Computer Numerical Control). Bidang engineering memiliki tuntutan yang harus dipenuhi, seperti dimensi dengan toleransi yang sangat kritis. Alhasil, banyak perusahaan yang memilih mesin CNC karena memiliki keunggulan dibanding mesin manual atau konvensional yaitu lebih akurat dan cepat dalam proses pemesinan baik dari segi kuantitas maupun kualitas. Ini telah menyebabkan adopsi mesin CNC di banyak industri yang berbeda.

Berdasarkan pembahasan di atas, dilakukan analisis mengenai pengaruh variasi kecepatan putaran *spindle* pada proses frais milling terhadap sifat kekasaran Aluminium 6061. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi penting bagi industri dalam memilih parameter pemesinan yang tepat untuk mendapatkan hasil yang optimal pada Aluminium 6061. Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah “Bagaimana pengaruh variasi kecepatan putaran *spindle* terhadap sifat kekasaran Aluminium 6061?”. Tujuan penelitian adalah untuk menentukan pengaruh variasi kecepatan putaran *spindle* terhadap sifat kekasaran Aluminium 6061.

Alumunium 6061

Alumunium 6061 adalah salah satu jenis paduan Alumunium yang sering digunakan dalam aplikasi teknik karena memiliki kombinasi yang baik antara kekuatan, ketahanan terhadap korosi, dan kemudahan dalam pemesinan. Komposisi kimia dari Alumunium 6061 meliputi paduan magnesium dan silikon yang meningkatkan kekuatannya. Alumunium 6061 juga memiliki sifat weldability

yang baik, sehingga sering digunakan dalam komponen struktural (Sanders, 2001).

Mesin Frais

Mesin frais merupakan salah satu jenis mesin perkakas yang menggunakan alat potong berputar untuk menghilangkan material dari benda kerja. Mesin frais bekerja dengan memotong material benda kerja secara bertahap menggunakan pahat pemotong (*milling cutter*) yang diputar pada kecepatan tinggi. Proses pemesinan ini dapat dilakukan secara horizontal atau vertikal, bergantung pada orientasi sumbu putar alat potong. Ada dua kategori utama yang dapat digunakan untuk mengkategorikan mesin CNC Milling, yaitu sebagai berikut:

1. Mesin CNC *Milling Training Unit*
2. Mesin CNC *Milling Production Unit*



Gambar 1. CNC Milling

Kedua mesin tersebut berfungsi sesuai dengan prinsip dasar yang sama, tetapi yang membedakan kedua kategori peralatan yang berbeda ini adalah cara penggunaannya di lapangan. Mesin milling unit pelatihan CNC adalah pengaturan ruang kelas untuk mempelajari dasar-dasar pemrograman dan operasi CNC. Mesin tersebut dilengkapi dengan EPS (Sistem Pemrograman Eksternal). Variasi Unit Pelatihan mesin CNC hanya dapat digunakan untuk aktivitas yang membutuhkan tenaga minimal dan bekerja dengan bahan yang umumnya lunak (Widarto, 2008).

Prinsip Dasar Mesin CNC Milling:

Kecepatan Putaran Spindle

Kecepatan putaran *spindle* (rpm) ditentukan berdasarkan kecepatan potong (Rahdiyanta, 2010). Kecepatan potong berfungsi sebagai penentu utama

putaran *spindle*, dilambangkan dengan n . Bahan pahat dan bahan benda kerja berkontribusi pada penentuan kecepatan potong secara keseluruhan. Istilah "kecepatan potong" mengacu pada jarak, dalam meter, yang ditempuh satu titik oleh pahat dalam satu menit (Widarto, 2008).

Kekasaran Permukaan

Salah satu munculnya kerataan pada suatu permukaan dikarenakan suatu proses penyayatan atau pemotongan dalam proses pembuatan benda kerja pada permesinan. Menurut Sumardi (2017) permukaan sendiri ialah bagian terluar dari suatu benda sebagai pemisah antara benda dan lingkungan sekelilingnya. Karakteristik dalam permukaan dapat ditimbulkan dalam beberapa hal yang berkaitan dengan, pelumasan, keausan, ketahanan dan gesekan. Ada beberapa faktor yang bisa mempengaruhi, seperti faktor dari mesin itu sendiri dan faktor manusia (operator).

METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan penelitian metode eksperimental, untuk menguji pengaruh suatu variabel terhadap variabel lain atau menguji bagaimana hubungan sebab akibat antara variabel yang satu dengan variabel yang lainnya. Metode penelitian eksperimen memiliki perbedaan yang jelas dibanding dengan metode penelitian lainnya, yaitu adanya pengontrolan terhadap variabel penelitian dan adanya pemberian perlakuan terhadap kelompok eksperimen (Sukmadinata, 2008).

Dalam penelitian yang dilakukan bertujuan agar mengetahui tingkat kekasaran suatu benda kerja alumunium 6061 menggunakan variasi kecepatan putaran *spindle* di mesin frais milling. Hasil yang diperoleh penelitian ini ialah data dari tingkat kekasaran permukaan dengan menggunakan variasi kecepatan putaran *spindle* mesin frais milling. Alat yang digunakan dalam mengukur tingkat kekasaran permukaan ini menggunakan alat ukur Surface Roughness Tester.

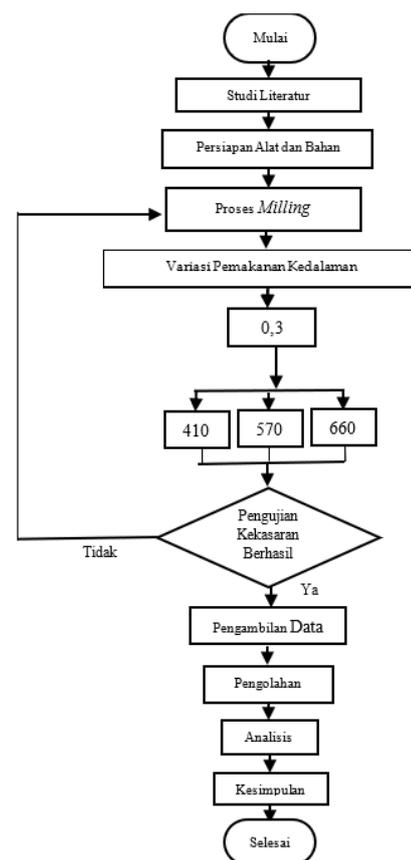
Penelitian ini dilakukan di tempat SMK Diponegoro Jombang dan untuk pengujiannya dilaksanakan di Politeknik Negeri Malang. Berikut ini adalah diagram alir dari penelitian seperti disajikan pada Gambar 2.

Variabel Penelitian

Menurut Sugiyono (2016) variabel bebas adalah variabel yang dapat memengaruhi dari variabel terikat. Variabel bebas digunakan untuk

menetapkan hubungan pada sebuah kasus yang berguna untuk observasi kembali. Variabel Bebas pada penelitian ini menggunakan variasi kecepatan putaran *spindle* 410 rpm, 570 rpm, dan 660 rpm.

Variabel terikat adalah suatu pengaruh dari variabel bebas dapat jugadisebut variabel yang memberikan suatu perubahan dikarenakan pengaruh dari variabel bebas. Dalam penelitian ini variabel terikatnya ialah kekasaran permukaan dari Alumunium 6061.



Gambar 2. Diagram Alir

Variabel kontrol adalah jenis variabel yang ada saat proses dari pembuatan hasil Spesimen namun tidak mempengaruhi ataupun dipengaruhi dari kasus yang akan diteliti. Berikut variabelnya: Jenis mesin Milling CNC yang digunakan ialah mesin milling richon XK-7132A, Benda atau Spesimen menggunakan bahan alumunium 6061, Arah putaran *spindle* searah jarum jam, Kecepatan pemakanan 37 mm/min, Jenis pahat yang digunakan

adalah EndMill diameter 12 mm, kedalaman pemakanan 0,3 mm.

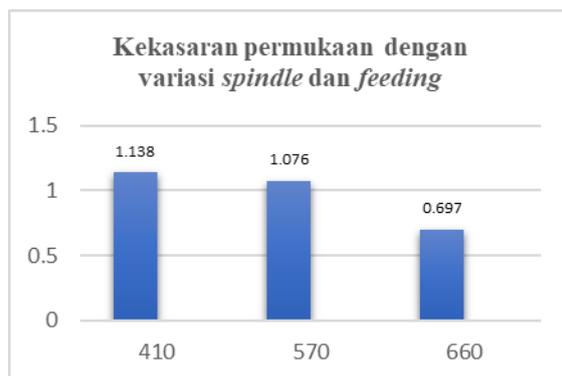
HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan dengan menguji kekasaran permukaan menggunakan alat surface roughness tester. Hasil pengujian memberikan nilai roughness average (Ra) dalam bentuk angka numerik yang menggambarkan tingkat kekasaran permukaan yang dihasilkan.

Tabel 1. Hasil Pengujian Spesimen

Aluminium Seri 6061			
Kecepatan Putaran Spindle Kedalaman Pemakanan	$n_1 = 410$ rpm	$n_2 = 570$ rpm	$n_3 = 660$ rpm
	$F_1 = 0,3$ mm	1,195	1,098
1,146		1,038	0,721
1,074		1,092	0,667
Rata-rata	1,138	1,076	0,697

Berikut adalah hasil nilai kekasaran permukaan hasil pertama dengan variasi putaran spindle $n_1 = 410$ rpm; $n_2 = 570$ rpm; $n_3 = 660$ rpm dan kedalaman pemakanan $F_1 = 0,3$ mm/min mendapatkan hasil sebagai berikut:



Gambar 3. Grafik Hasil Pengujian

Dari grafik menunjukkan hasil pengujian nilai kekasaran permukaan Nilai tersebut diperoleh dari perhitungan dari nilai rata-rata yang dihasilkan saat pengujian kekasara pada proses pembubutan frais milling menggunakan putaran spindle $n_1 = 410$ rpm; $n_2 = 570$ rpm; $n_3 = 660$ rpm, nilai kekasaran terendah terjadi pada kedalaman pemakanan $F_1 = 0,3$ mm/min pada putaran spindle $n_3 = 660$ rpm dengan menghasilkan rata-rata nilai kekasaran sebesar 0,697 μm . Sedangkan nilai kekasaran tertinggi terjadi pada putaran spindle $n_1 = 410$ rpm menghasilkan rata-rata nilai kekasaran sebesar

1,138 μm . Hal ini selaras dengan Sumbodo dkk (2021) menyebutkan bahwa harga feeding berpengaruh pada tingkat kekerasan permukaan, Semakin besar harga feeding maka semakin besar tingkat kekasarnya. Kecepatan putar atau spindle juga mempengaruhi tingkat kekasaran, semakin cepat putaran spindle maka semakin rendah tingkat kekasarnya.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Dari hasil yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa: Pada pengaruh kecepatan spindle didapatkan hasil dari pengujian bahwa kecepatan 660 rpm mendapatkan hasil kekasaran permukaan yang lebih halus sebesar 0,697 μm dibandingkan dengan menggunakan kecepatan spindle 570 rpm. Sedangkan kecepatan spindle 570 rpm mendapatkan hasil nilai kekasaran yang lebih halus dibandingkan dengan kecepatan spindle 410 rpm. Sehingga tingkat kekasaran terendah pada pengerjaan spesimen dengan menggunakan frais milling terletak pada putaran tertinggi yaitu 660 rpm.

Saran

Berdasarkan dari hasil uji penelitian dan pembahasan di atas, maka dapat diambil beberapa saran untuk pengujian kedepannya:

- Diharapkan penentuan spindle speed tidak bervariasi terlalu jauh dari satu penelitian ke

penelitian berikutnya saat dilakukan penelitian selanjutnya. Agar hasil menjadi lebih spesifik dan akurat.

- Untuk pisau endmill yang digunakan pada setiap tiga kali penggunaan dengan

menggunakan variasi spindle speed yang sama harus dilakukan penggantian pisau endmill agar hasil data pada saat selesai pengujian tidak berselisih terlalu jauh.

DAFTAR PUSTAKA

Dewangga. 2017. Perkembangan Teknologi Mufaktur.

https://eprints.amikom.ac.id/view/creators/Putra=3ARizka_Dewangga=3A=3A.default. Diakses pada 15 Februari 2024.

Sugiantoro dan Setiyawan. 2015. Kekasaran Permukaan.

https://repository.unsri.ac.id/26621/3/c.%20RAMA_21201_03051181520024_0028027004_01_front_ref. Diakses Pada 15 Februari 2024.

Pamuji. 2015. Proses Frais. [http://repository.polman-](http://repository.polman-babel.ac.id/455/1/IVAL%20PARMADHIKA_TMM%20B_TA)

[babel.ac.id/455/1/IVAL%20PARMADHIKA_TMM%20B_TA](http://repository.polman-babel.ac.id/455/1/IVAL%20PARMADHIKA_TMM%20B_TA). Diakses pada 16 Februari 2024.

Sanders. 2001. Aluminium. <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=2238425>.

Diakses pada 19 Februari 2024.

Sukmadinata, Nana Syaodih. 2008. *Metode Penelitian Pendidikan*. Bandung : Remaja Rosdakarya.

Sumardi, Opi. 2017. *Pengertian Kekasaran Permukaan Lengkap*,

<http://sweetworldcorps.blogspot.com/2017/08/pengertiankekasaran-permukaanlengkap.html?m=1> diakses 14 Februari 2025.

Widarto. 2008. *Teknik Pemesinan Jilid 1*. Jakarta : Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.

Sumbodo, W. 2008. *Teknik Produksi Mesin Industri Jilid 2*. Departemen Pendidikan Nasional.

Rahdiyanta, D. 2010. *Buku 3 Proses Frais (Milling)*. Yogyakarta : Universitas Negeri Yogyakarta.

Sugiyono. 2016. *Metodologi Pendidikan*. Bandung : Alfabeta.