

## **Pengaruh Variasi Kecepatan Putaran *Spindle* Frais Milling Terhadap Sifat Kekasaran Alumunium 6061**

**Mochammad Firmansyah<sup>1</sup>, Dian Anisa Rokhmah Wati<sup>2</sup>, Retno Eka Pramitasari<sup>3</sup>,  
Nadia Parwaty Wijanarko<sup>4</sup>**

*<sup>1,2,3,4</sup> Universitas Hasyim Asy'ari, Indonesia*

Received : 5 Agustus 2025, Revised : 7 September 2025, Published : 12 September 2025

### **Corresponding Author**

Nama Penulis: Mochammad Firmansyah

E-mail: [Temoks\\_21@gmail.com](mailto:Temoks_21@gmail.com)

### **Abstrak**

Tujuan dari studi ini adalah untuk mengetahui seberapa kasar benda kerja aluminium 6061 dengan bereksperimen dengan kecepatan putaran spindle mesin frais yang berbeda. Data kekasaran permukaan yang dikumpulkan dari mesin frais dengan kecepatan putaran spindle variabel membentuk sebagian besar temuan studi ini. Studi ini menggunakan teknik penelitian eksperimental, yang berusaha untuk menentukan dampak dari satu variabel pada variabel lain atau kekuatan hubungan sebab akibat antara dua variabel. Temuan studi disajikan sebagai hasil dari uji kekasaran. Hasil uji diperoleh dengan memutar spindle pada kecepatan 410 Rpm, 570 Rpm, dan 660 Rpm, berturut-turut. Nilai kekasaran rata-rata 0,697  $\mu\text{m}$  dihasilkan pada putaran spindle  $n_3 = 660$  Rpm, yang merupakan nilai kekasaran terendah. Pada putaran spindle  $n_1 = 410$  Rpm, nilai kekasaran mencapai puncaknya, dengan kekasaran rata-rata 2,164  $\mu\text{m}$ . Menggunakan kecepatan spindle 570 Rpm dan 410 Rpm menghasilkan hasil yang kurang halus dibandingkan pengujian pada 660 Rpm.

**Kata Kunci** - aluminium 6061, frais milling, kekasaran

### **Abstract**

The purpose of this study is to find out how rough a 6061 aluminum workpiece is by experimenting with different milling machine spindle rotation speeds. Surface roughness data collected from milling machines with variable spindle rotation speeds make up the bulk of this study's findings. This study makes use of experimental research techniques, which seek to determine the impact of one variable on another or the strength of a causal link between two variables. The study's findings are presented as the outcomes of roughness tests. The results of the test were obtained by rotating the spindle at speeds of 410 Rpm, 570 Rpm, and 660 Rpm, respectively. The average roughness value of 0.697  $\mu\text{m}$  is produced at spindle rotation  $n_3 = 660$  Rpm, which is the lowest roughness value. At a spindle rotation  $n_1 = 410$  Rpm, the roughness value reaches its peak, with an average roughness of 2.164  $\mu\text{m}$ . Using spindle speeds of 570 Rpm and 410 Rpm produces less smooth results as compared to testing at 660 Rpm.

**Keywords** - aluminium 6061, fracture milling, roughness

**How to Cite** : Firmansyah, M., Wati, D. A. R., Pramitasari, R. E., & Wijanarko, N. P. (2025). Pengaruh Variasi Kecepatan Putaran Spindle Frais Milling Terhadap Sifat Kekasaran Alumunium 6061. Jurnal Penelitian Multidisiplin Bangsa, 2(4), 766–772. <https://doi.org/10.59837/jpnmb.v2i4.552>

**Copyright** ©2025 Mochammad Firmansyah, Dian Anisa Rokhmah Wati, Retno Eka Pramitasari, Nadia Parwaty Wijanarko

## 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). Salah satu metode utama yang digunakan untuk membentuk material sesuai spesifikasi dalam produksi adalah permesinan. 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). Sebagai salah satu jenis pemesinan, penggilingan melibatkan pemotongan material dari benda kerja menggunakan alat potong yang berputar. Kecepatan putar spindle dan laju umpan merupakan dua karakteristik penting yang memengaruhi produk akhir. 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 Alumunium 6061 menjadi relevan dalam upaya meningkatkan efisiensi dan kualitas produksi dalam industri manufaktur.

Perusahaan teknik sering kali menyediakan mesin CNC (Computer Numerical Control) dan mesin yang dioperasikan secara manual untuk digunakan dalam operasi manufaktur. Pengukuran yang presisi dengan toleransi yang ketat hanyalah salah satu contoh standar yang ketat dalam industri teknik. Oleh karena itu, mesin CNC lebih disukai oleh banyak bisnis daripada mesin manual atau tradisional karena manfaat yang ditawarkannya, seperti peningkatan kecepatan dan presisi dalam operasi pemesinan. Penggunaan mesin CNC yang meluas di berbagai sektor mungkin disebabkan oleh hal ini.

Berdasarkan pembahasan di atas, akan dilakukan analisis mengenai pengaruh variasi kecepatan putaran *spindle* pada proses frais *milling* terhadap sifat kekasaran Alumunium 6061. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi penting bagi industri dalam memilih parameter pemesinan yang tepat untuk mendapatkan hasil yang optimal pada Alumunium 6061.

## TINJAUAN PUSTAKA

### 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 menggunakan alat pemotong yang berputar untuk menghilangkan material dari benda kerja; ini adalah peralatan mesin. 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

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:



**Gambar 1.**  
CNC Milling

### **Kecepatan Putaran Spindle**

Kecepatan potong merupakan penentu kecepatan putaran spindle (Rpm) (Rahdiyanta, 2010). Salah satu faktor terpenting dalam putaran spindle, dilambangkan dengan  $n$ , adalah kecepatan potong. Kecepatan potong dipengaruhi oleh material pahat dan benda kerja. Menurut Widarto (2008), "kecepatan potong" didefinisikan sebagai jarak, dalam meter, yang dapat ditempuh pahat dalam satu menit dari satu titik.

### **Kekasaran Permukaan**

Pemotongan dan pengirisan mesin merupakan salah satu sumber kerataan permukaan yang diketahui. Sumardi (2017) menyatakan bahwa permukaan suatu benda merupakan komponen terluar yang membedakannya dari lingkungan sekitarnya. Pelumasan, keausan, daya tahan, dan gesekan merupakan beberapa faktor yang dapat memengaruhi sifat permukaan. Faktor mesin dan manusia (operator) merupakan dua dari banyak variabel yang mungkin memengaruhi hal ini.

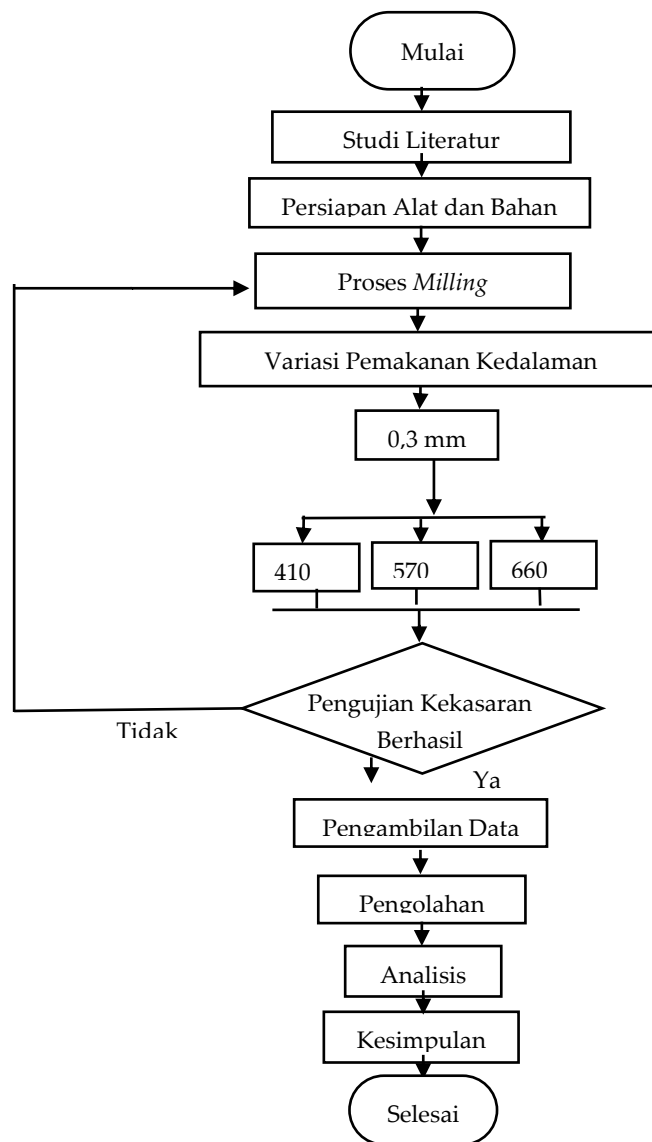
### **METODE**

Untuk menjawab rumusan masalah penelitian, penelitian ini dilakukan. Tujuan dari desain eksperimen penelitian ini adalah untuk menentukan apakah suatu variabel tertentu memiliki pengaruh tertentu terhadap variabel lain atau untuk menetapkan hubungan sebab-akibat. Karena menangani kelompok eksperimen dan mengatur variabel penelitian, teknik penelitian eksperimental cukup berbeda dari jenis penelitian lainnya (Sukmadinata, 2008). Dengan menggunakan mesin frais dengan kecepatan spindle variabel, penelitian ini bertujuan untuk mengukur tingkat kekasaran pada benda kerja aluminium 6061. 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.

### Variabel Penelitian

Menurut Sugiyono (2016) variabel bebas adalah Variabel independen berpotensi memengaruhi variabel dependen. Untuk menarik kesimpulan dari studi kasus, variabel independen perlu digunakan untuk membentuk asosiasi. Kecepatan putaran spindle 410 rpm, 570 rpm, dan 660 rpm digunakan sebagai variabel independen dalam penelitian ini. Setiap variabel yang mengalami perubahan akibat aksi variabel independen disebut variabel dependen. Dalam hal ini, kekasaran permukaan aluminium 6061 berfungsi sebagai variabel dependen. Salah satu jenis variabel yang ada selama produksi spesimen tetapi tidak berpengaruh atau dipengaruhi oleh studi kasus adalah variabel kontrol. Berikut variabelnya: Jenis mesin *Milling* CNC yang digunakan ialah mesin *milling* richon XK-7132A, Benda atau Spesimen menggunakan bahan aluminium 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.

### Diagram Alir



Gambar 2.  
Diagram Alir

### Teknik Pengumpulan Data

1. Eksperimental

Eksperimental adalah suatu penelitian pembuatan benda uji (specimen) untuk dilakukan pengujian agar mengetahui kondisi serta mendapat data yang lebih valid dari penelitian. Dalam penelitian ini pengambilan data yang dilakukan berdasarkan hasil uji kekasaran permukaan.

2. Pengamatan

Pengamatan sendiri dilakukan pada benda yang akan diteliti yaitu pada benda Alumunium 6061. Proses yang akan dilakukan ialah penulisan hasil yang diamati, penulisan harus sesuai dengan hasil yang telah dihasilkan dari penelitian benda kerja, dalam hal ini diperlukan ketelitian yang baik agar proses yang dilakukan tidak salah. Tujuannya adalah agar mendapat hasil penelitian yang dilakukan pada Alumunium 6061 terhadap kekasaran permukaannya yang dikerjakan dengan proses Milling pada mesin Milling Richon XK-7132A.

### Teknik Pengolahan Data

Di suatu metode penelitian eksperimental kuantitatif, teknik pengolahan data harus dilakukan sebelum melakukan penelitian di lapangan, baik saat melakukan ataupun sesudah melakukan penelitian (Sugiyono, 2008) Agar dapat memahami hal-hal baru yang muncul selama penelitian, para ilmuwan perlu menjadi ahli di bidangnya dan terus mengamati fenomena yang terjadi. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa isu dan topik yang diteliti dalam penelitian eksperimental seringkali tidak terstruktur dan belum valid. Dari masalah tersebut maka penelitian dilakukan untuk mendapat hasil yang dikembangkan pada saat penelitian, sehingga hasil penelitian akan menjadi valid dengan hasil sesuai yang terjadi di lapangan. Sehingga peneliti dapat menggambarkan hasil yang didapat dengan lebih mudah menggunakan tabel maupun grafik.

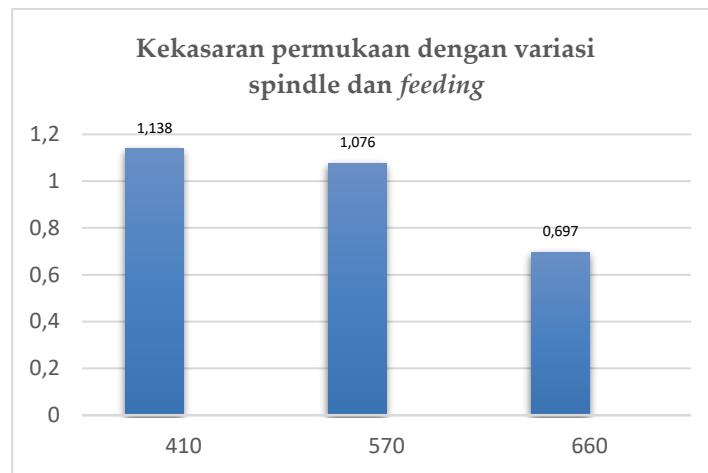
### PEMBAHASAN

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 di hasilkan.

**Tabel 1.**  
Hasil Pengujian Spesimen

Alumunium 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 kekasaran 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  $0,697 \mu\text{m}$ . Sedangkan nilai kekasaran tertinggi terjadi pada putaran *spindle*  $n_1 = 410$  Rpm Nilai kekasaran rata-rata adalah  $1,138 \mu\text{m}$ . Pengaruh laju pengumpanan terhadap kekerasan permukaan sejalan dengan pernyataan Sumbodo dkk. (2021). Permukaan yang lebih kasar dicapai dengan laju pengumpanan yang lebih cepat. Kekasaran juga dipengaruhi oleh kecepatan spindle; kekasaran yang lebih rendah dicapai dengan kecepatan spindle yang lebih tinggi.

## KESIMPULAN

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  $0,697 \mu\text{m}$  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.

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

1. Di masa mendatang, diharapkan pengukuran kecepatan spindle akan konsisten di seluruh studi. Hal ini akan menjamin hasil yang lebih presisi dan andal.
2. Agar hasil yang diperoleh di akhir pengujian tidak terlalu berbeda, bilah endmill perlu diganti setiap tiga kali dengan variasi kecepatan spindle yang sama.

## DAFTAR PUSTAKA

- Nugroho, A., & Wibowonoto, A. (2017). Kecepatan Putaran Poros Pada Mesin Pembuat Pakan Pelet Berpenggerak Kayuh Sepeda. *Teknik*, 38(1), 49-57.
- Dewangga. (2017). Perkembangan Teknologi Mufaktur. [https://eprints.amikom.ac.id/view/creators/Putra=3ARizka\\_Dewangga=3A=3A.default](https://eprints.amikom.ac.id/view/creators/Putra=3ARizka_Dewangga=3A=3A.default). Diakses pada 15 Februari 2024.

- Pamuji. 2015. Proses Frais. [http://repository.polman-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.
- Rahdiyanta, D. (2010). Buku 3 Proses Frais (Milling). Jurusan Pendidikan Teknik Mesin Universitas Negeri Yogyakarta.
- Sanders. (2001). Alumunium. <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=2238425>. Diakses pada 19 Februari 2024.
- Sugiantoro dan Setiyawan. (2015). Kekasaran Permukaan. [https://repository.unsri.ac.id/26621/3/c.%20RAMA\\_21201\\_03051181520024\\_0028027004\\_01\\_front\\_ref](https://repository.unsri.ac.id/26621/3/c.%20RAMA_21201_03051181520024_0028027004_01_front_ref). Diakses Pada 15 Februari 2024.
- Sugiyono. (2016). Metodologi Pendidikan. Bandung : Alfabeta.
- Sukmadinata, Nana Syaodih. (2008). Metode Penelitian Pendidikan. Bandung : Remaja Rosdakarya.
- Sumardi, Opi. (2017). Pengertian Kekasaran Permukaan Lengkap. <http://sweetworldcorps.blogspot.com/2017/08/pengertiankekasaranpermukaanlengkap.html?m=1> diakses 14 Februari 2025.
- Sumbodo, W. (2008). Teknik Produksi Mesin Industri Jilid 2. Departemen Pendidikan Nasional.
- Widarto. (2008). Teknik Pemesinan Jilid 1. Jakarta : Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.