

Pengaruh Kecepatan Potong terhadap Kekasaran Permukaan Benda Kerja Aluminium dengan Menggunakan Mesin Frais Vertikal

Wiwin Prastiyo¹, Julian², Supriono³

^{1,2,3} Teknik Mesin, Universitas Al Washliyah (UNIVA) Medan

e-mail: wiwinprastiyo9@gmail.com

Abstrak

Proses pengurangan material untuk membentuk suatu produk dengan cara pahat (*cutter end mill*) berputar dan tiap giginya melakukan pemotongan oleh pahat menggunakan mesin frais vertikal. Dalam penelitian (proses) ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh hasil nilai kekasaran permukaan benda kerja aluminium akibat dari penyayatan itu dengan variasi kecepatan potong. Metode yang dilakukan secara eksperimental menggunakan mesin frais vertikal dengan benda kerja tipe aluminium dan pahat HSS. Dengan memvariasikan kecepatan potong 23,8 m/min, 30,2 m/min, dan 37,7 m/min. kecepatan putaran mesin 630 Rpm, 800 Rpm, 1000 Rpm dan kedalaman pemakanan konstan 1 mm akan di dapatkan masing- masing nilai Ra. Dari hasil penelitian ini maka kekasaran permukaan benda uji yang telah di frais untuk semua bahan yang di gunakan pada pengujian dengan menggunakan *cutter end mill* HSS. Dapat di simpulkan data kekasaran permukaan dari hasil pengujian di peroleh nilai kekasaran permukaan terendah pada kecepatan potong 23,8 m/menit yaitu 1.896 μm . Dan nilai kekasaran permukaan tertinggi pada kecepatan potong 37,7 m/menit yaitu 2.586 μm .

Kata Kunci : Kecepatan Potong, Kekasaran, HSS End Mill.

Abstract

The process of reducing material to form a product by means of a rotating tool (end mill cutter) and each tooth cut by a tool using a vertical milling machine. In this research (process) aims to determine the effect of the results of the surface roughness value of aluminum workpieces as a result of cutting them with variations in cutting speed. The method is carried out experimentally using a vertical milling machine with aluminum type workpieces and HSS chisels. By varying the cutting speeds of 23.8 m/min, 30.2 m/min, and 37.7 m/min, the motor speeds of 630 rpm, 800 rpm, 1000 rpm, and a constant feed depth of 1 mm, each Ra value is obtained. From the results of this study, the surface roughness of the test specimens machined with an HSS end mill was obtained for all the materials used in the test. It can be concluded that the surface roughness data from the test results obtained the lowest surface roughness value at a cutting speed of 23.8 m/min, which is 1,896 μm . And the highest surface roughness value at a cutting speed of 37.7 m/min, which is 2,586 μm .

Keywords: Cutting Speed, Roughness, HSS End Mill.

PENDAHULUAN

Saat ini era globalisasi menuntut industri manufaktur untuk bersaing di pasar regional maupun internasional. Kualitas produk manufaktur dari hasil proses pemesinan selalu di kaitkan dengan ketepatan dan akurasi dimensi maupun toleransi yang di izinkan dan nilai kekasaran permukaan (*surface roughness test*). Oleh karena itu kekasaran permukaan menjadi salah satu standar kualitas dan keakuratan sebuah produk (Wahyudi, 2011). Salah satu mesin perkakas yang sering di gunakan di industri adalah mesin frais.

Mesin ini adalah terutama sebuah mesin perkakas yang di kontruksi untuk pekerjaan yang sangat teliti. Ada beberapa faktor yang membuat mengambil penelitian menggunakan mesin frais vertikal yaitu Mesin frais vertikal lebih umum dan serbaguna terutama ketika pemesinan akan dilakukan pada satu bidang, mesin frais vertikal lebih ringan dan cocok untuk area yang lebih kecil,

dari segi biaya mesin frais vertikal lebih murah, berguna untuk tugas yang tidak terlalu rumit, dan dapat menggiling dengan detail sehingga bagus untuk usaha kecil.

Secara umum, mesin frais dapat di definisikan mesin perkakas yang berfungsi untuk pengerjaan datar atau perataan permukaan benda kerja. Kualitas barang produksi bisa di anggap baik biasanya di tandai dengan kualitas permukaan komponen yang baik. Mesin frais (*milling*) merupakan mesin perkakas yang di gunakan untuk mengerjakan permukaan suatu benda kerja dengan menggunakan pahat frais dengan poros utama sebagai pemutar dengan pemegang alat potong dengan posisi tegak. Mesin frais sering di gunakan untuk membuat komponen yang mempunyai fitur berupa suatu profil. Sebagai contoh, proses pemesinan frais sering di gunakan dalam pembuatan cetakan (*mould*), untuk pekerjaan perataan permukaan, pembentukan roda gigi, dan pembentukan pola permukaan (Sugiantoro and Setiyawan, 2015).

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kekasaran permukaan pada pengerjaan alumunium dengan menggunakan mesin frais, antara lain kecepatan potong, kedalaman pemakanan, gerak makan, bahan benda kerja, bentuk pahat potong, *cutting fluids* dan operator (Rahdiyanta, 2010). Maka untuk itu perlu di kaji lebih dalam lagi parameter pemotongan yang mempengaruhi tingkat kekasaran permukaan agar dapat meningkatkan kualitas produksi. Dalam penelitian ini di harapkan dapat memperoleh kekasaran terkecil.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen yang dilaksanakan di P4TK Jln. Setia Budi Kecamatan Medan Helvetia serta dilakukannya pengukuran tingkat kekasaran di lingkungan Universitas Al Washliyah (UNIVA) Medan.

Alat dan Bahan

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain;

1. Mesin Frais



Gambar 1.1. Mesin Frais

Tabel 1.1. Spesifikasi Mesin Frais

Merk	UNIVERSAL X8 140 A
Kecepatan Spindel	18 langkah/40-2000 rpm
Kekuatan Motor	3 Kw/1,5 Kw
Maks,beban meja	400 kg/500 kg
Langkah/jangkauan	18 langkah/10-500 mnt

2. Mesin Gergaji Horizontal Bandsaw



Gambar 1.2. Mesin Gergaji *Horizontal Bandsaw*

Tabel 1.2. Spesifikasi Mesin Gergaji *Horizontal Bandsaw*

Merk	Bandsaw
Ukuran pisau	27 x 0.9 x 3280 mm
Kekuatan Motor	1.5 kw 2 HP(3PH)
Drive type	V-belt

3. Jangka Sorong



Gambar 1.3. jangka sorong

4. *Milling Cutter*



Gambar 1.4. Endmill HSS Nachi 12 mm

Tabel 1.3. Spesifikasi End Mill HSS

Merk	Nachi 4SE
Diameter	12 mm
Panjang plute	30 mm

5. *Surface Roughness Test*



Gambar 1.5. Surface Roughness Test Merk Mitutoyo

Tabel 1.4. Spesifikasi Surface Roughness Test

Merk	: Mitutoyo
Model Number	: SJ-210 0.75 MN
Weight (G)	Approx. 500 (Calculation Display, Drive, Standart Detector)
Filter	Gaussian, 2CR75, PC75

Bahan Penelitian

Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan alumunium dengan nomor atom 13, dengan jumlah sebanyak 3 batang dan berdiameter masing-masing 31,5 mm dan panjangnya 30 mm. Alumunium merupakan konduktor listrik yang baik juga konduktor panas yang baik karena tahan korosi, termasuk bahan ringan juga kuat (Sugiantoro, 2014). Hal ini menjadikannya banyak di gunakan sebagai bahan kabel bertegangan tinggi, badan pesawat terbang dan juga berbagai alat rumah tangga seperti panci, botol minum dan banyak lainnya.



Gambar 1.6. alumunium batangan

Bagan Alur Penelitian



Gambar 1.7. Bagan Alur Penelitian

Rancangan Penelitian

Dalam penelitian ini, peneliti menganalisa kekasaran permukaan aluminium, dimana dimensi benda kerja yang di gunakan terdapat 3 batang aluminium masing-masingnya memiliki panjang 30 mm dan lebar 31,5 mm pengujian kekasaran dilakukan di bagian sisi atas pada benda kerja aluminium.

Prosedur Penelitian

Adapun prosedur penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut (Yanuar, 2014):

1. Mempersiapkan perlengkapan seperti mesi frais, mesin gergaji *horizontal bandsaw*, bahan aluminium, *milling cutter* dan jangka sorong.
2. Bahan aluminium yang di gunakan ada tiga batang yang masing-masingnya memiliki panjang 30 mm dan lebar 31,5 mm.
3. Cek kondisi atau kesiapan mesin frais dan letakan ragum di atas meja kerja mesin frais lalu setting kelurusan posisi ragum.
4. Ikat atau jepit plat aluminium pada ragum.
5. Kemudian atur kecepatan mesin frais dengan putaran mesin yang bervariasi 630 Rpm, 800 Rpm, 1000 Rpm. Kedalaman pemakanan 1 mm dan kecepatan potong 23,8 m/min, 30,2 m/min, 37,7 m/min. Dan pasang *milling cutter* yang di gunakan lalu hidupkan mesin.
6. Mulailah proses pengerjaan frais dengan teliti dan hati-hati.
7. Bila proses pengerjaan dan pengukuran sudah selesai maka bersihkanlah kembali mesin-mesin yang telah di gunakan dan kembalikan kembali alat-alat yang telah di gunakan.
8. Kemudian melakukan uji kekasaran di Labratorium Teknik Mesin Universitas Harapan Medan.

Prosedur Pengukuran Uji Kekasaran

1. Siapkan spesimen aluminium yang akan di uji, bersihkan dan tentukan lokasi yang akan dilakukan pengujian.

2. Siapkan alat uji kekasaran dan setting alat uji sesuai dengan kebutuhan pengujian. Lalu tekan tombol power pada alat uji hingga angka pada alat uji muncul.
3. Letakan spesimen yang akan di uji dengan posisi rata.
4. Tempelkan jarum sensor di atas spesimen uji dan diamkan, lalu tekan tombol start jarum sensor akan bergerak dengan sendirinya sampai proses selesai.
5. Kemudian akan keluar nilai hasil pengukuran pada monitor alat uji kekasaran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pembuatan

1. Mempersiapkan spesimen alumunium untuk pengujian kekasaran permukaan dan memiliki ukuran panjang 30 mm, diameter 31,5 mm



Gambar 4. 1 Bahan Penelitian

2. Melakukan pemotongan material alumunium menggunakan mesin gergaji *horizontal bandsaw* dengan ukuran untuk masing-masing bagian panjang 30mm dan diameter 31,5 mm.



Gambar 1.9. Proses Pemotongan Material Alumunium

3. Proses frais spesimen alumunium menggunakan *milling cutter* HSS (*High speed steel*) dengan variasi kecepatan putaran mesin 630Rpm, 800Rpm, 1000Rpm. Kedalaman pemakanan 1mm dan kecepatan potong 23,8 m/min, 30,2m/min, 37,7 m/min. pasang *milling cutter* yang di gunakan lalu hidupkan mesin.



Gambar 1.10. Proses Frais

4. Pengujian spesimen aluminium yang telah selesai proses frais dengan menggunakan alat *surface roughnes test* untuk mendapat nilai kekasaran.



Gambar 1.11. Pengujian Spesimen

Pembahasan

Waktu Pengefraisan

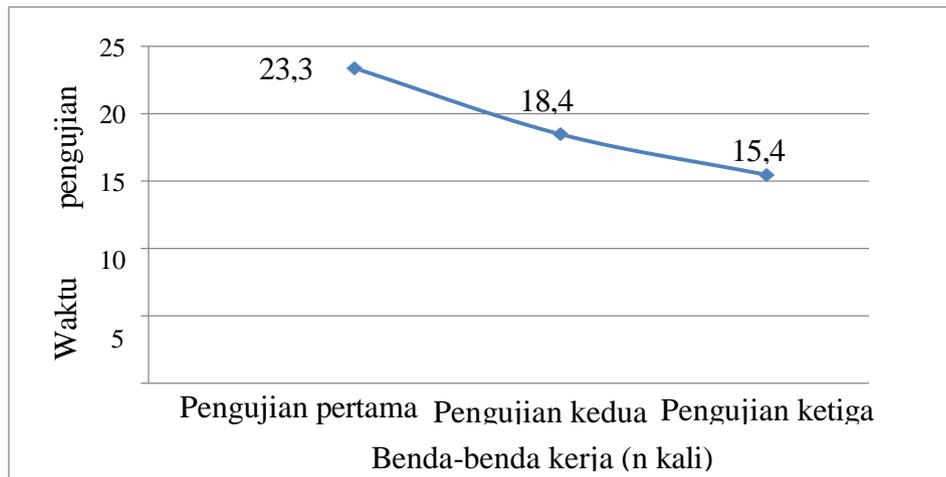
Perhitungan waktu proses pengefraisan dilakukan menggunakan stopwatch handphone secara manual. Pada penelitian ini menggunakan kecepatan putaran mesin dan kecepatan potong yang bervariasi dengan kedalaman pemotongan yang sama. Maka berdasarkan hasil yang di dapat pada penelitian ini dapat di lihat pada tabel berikut ini.

Tabel 1.5. Waktu Proses Pengefraisan

Kecepatan potong (cs)	Kecepatan putaran mesin (Rpm)	Kedalaman pemotongan (mm)	Kecepatan pemakanan (mm/gigi)	Time (s)
23,8 m/menit	630	1 mm	0,1	23,37 s
30,2 m/menit	800	1 mm	0,1	18,47 s
37,7 m/menit	1000	1 mm	0,1	15,46 s

Berdasarkan data yang telah di dapatkan di atas dapat di peroleh hasil sebagai berikut:

1. Pada pengujian pertama proses pengefraisan Alumunium dengan kecepatan potong 23,8m/menit, kecepatan putaran mesin 630rpm, kedalaman pemotongan 1 mm dan kecepatan pemakanan 0,1mm/gigi didapatkan hasil waktu 23,37s.
2. Pada pengujian kedua proses pengefraisan Alumunium dengan kecepatan potong 30,2m/menit, kecepatan putaran mesin 800rpm, kedalaman pemotongan 1mm dan kecepatan pemakanan 0,1 mm/gigi di dapatkan hasil waktu 18,47s.
3. Pada pengujian ketiga proses pengefraisan Alumunium dengan kecepatan potong 37,7m/menit, kecepatan putaran mesin 1000rpm, kedalaman pemotongan 1 mm dan kecepatan pemakanan 0,1mm/gigi di dapatkan hasil waktu 15,46s.



Gambar 1.12. Hubungan Pengujian Benda Kerja dengan Waktu Pengefraisan

Pengukuran Tingkat Kekasaran Alumunium

Hasil pengukuran tingkat kekasaran permukaan benda kerja Alumunium dengan variasi kecepatan potong 23,8 m/menit, 30,2 m/menit, 37,7 m/menit. Kecepatan putaran mesin 630 Rpm, 800 Rpm, 1000 Rpm. Dan kedalaman potong 1 mm di dapatkan hasil pengukuran sebagai berikut (Wahyudi, 2011):

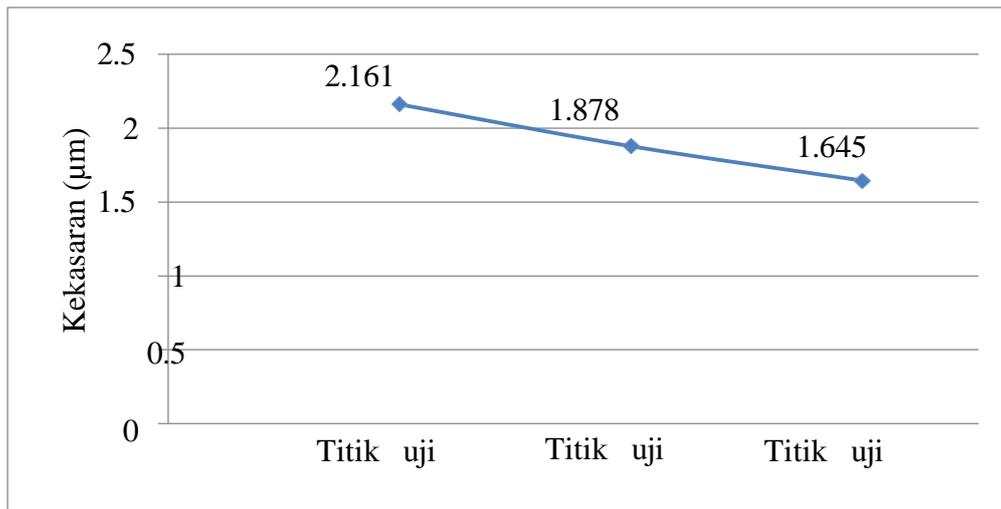
1. Pengujian Kekasaran Pada Benda Kerja Pertama

Pada pengujian pertama ini dilakukan proses pengefraisan alumunium dengan variasi kecepatan potong 23,8 m/menit, kecepatan putaran mesin 630 rpm, kedalaman pemotongan 1 mm dan kecepatan pemakanan 0,1 mm/gigi di dapatkan hasil kekasaran setelah di uji menggunakan *surface roughness test* sebagai berikut;

Tabel 1.6. Hasil Pengujian Kekasaran Pada Benda Kerja Pertama

Kecepatan potong (m/menit)	Kecepatan putaran mesin (Rpm)	Kedalaman potong (mm)	Kecepatan pemakanan (mm/gigi)	R_{an}	Nilai Ra	R_{av}
23,8	630	1 mm	0,1	Ra1	2.161 μ m	1.894 μ m
				Ra2	1.878 μ m	
				Ra3	1.645 μ m	

Dari data pengujian yang telah dilakukan pada proses frais dengan variasi kecepatan potong kecepatan potong 23,8 m/menit, kecepatan putaran mesin 630 rpm, kedalaman pemotongan 1 mm dan kecepatan pemakanan 0,1 mm/gigi terhadap kekasaran permukaan seperti pada tabel 1.6 hasil pengujian kekasaran pada benda kerja pertama. Maka dapat di lihat perbedaan antara R_{a1} , R_{a2} , dan R_{a3} . Terlihat pebedaan nilainya dimana pada R_{a1} mengalami kekasaran sebesar 2.161 μ m, kemudian pada R_{a2} mengalami kekasaran sebesar 1.878 μ m dan pada R_{a3} mengalami kekasaran sebesar 1.645 μ m.



Gambar 1.13. Hubungan Benda Uji R_{an} Kali Percobaan dengan Kekasaran Permukaan Rata-Rata (R_{av}) untuk Benda Uji Pertama

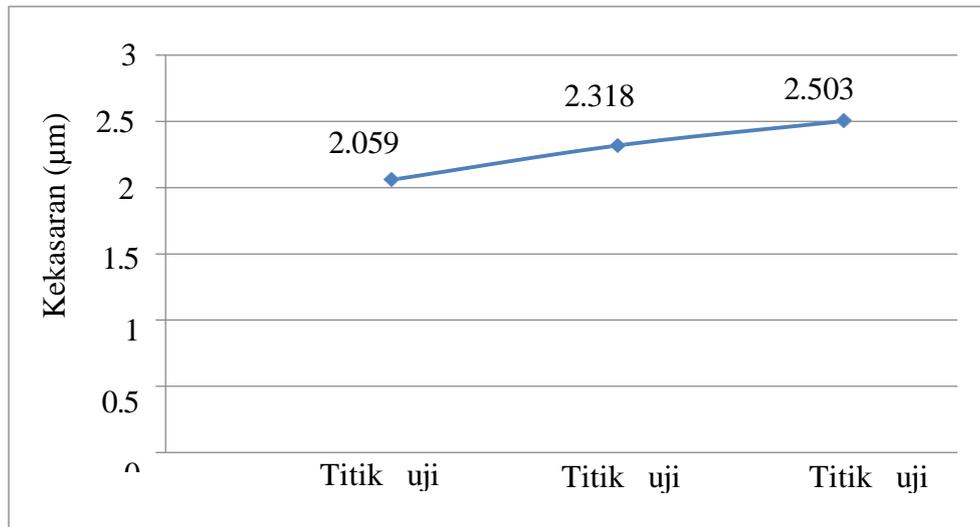
2. Pengujian Kekasaran Pada Benda Kerja Kedua

Pada pengujian kedua ini dilakukan proses pengefraisan aluminium dengan variasi kecepatan potong 30,2 m/menit, kecepatan putaran mesin 800 rpm, kedalaman pemotongan 1 mm dan kecepatan pemakanan 0,1 mm/gigi di dapatkan hasil kekasaran setelah di uji menggunakan *surface roughness test* sebagai berikut:

Tabel 1.7. Hasil Pengujian Kekasaran Pada Benda Kerja Kedua

Kecepatan potong (m/menit)	Kecepatan putaran mesin (Rpm)	Kedalaman potong (mm)	Kecepatan pemakanan (mm/gigi)	R_{an}	Nilai Ra	R_{av}
30,2	800	1 mm	0,1	R_{a1}	2.059 μm	2.293 μm
				R_{a2}	2.318 μm	
				R_{a3}	2.503 μm	

Dari data pengujian yang telah dilakukan pada proses frais dengan variasi kecepatan potong kecepatan potong 30,2 m/menit, kecepatan putaran mesin 800 rpm, kedalaman pemotongan 1 mm dan kecepatan pemakanan 0,1 mm/gigi terhadap kekasaran permukaan seperti pada tabel 1.7 hasil pengujian kekasaran pada benda kerja kedua. Maka dapat di lihat perbedaan antara R_{a1} , R_{a2} , dan R_{a3} . Terlihat perbedaan nilainya dimana pada R_{a1} mengalami kekasaran sebesar 2.059 μm , kemudian pada R_{a2} mengalami kekasaran sebesar 2.318 μm dan pada R_{a3} mengalami kekasaran sebesar 2.503 μm .



Gambar 1.14. Hubungan Benda Uji R_{an} Kali Percobaan dengan Kekasaran Permukaan Rata-Rata (R_{av}) untuk Benda Uji Kedua

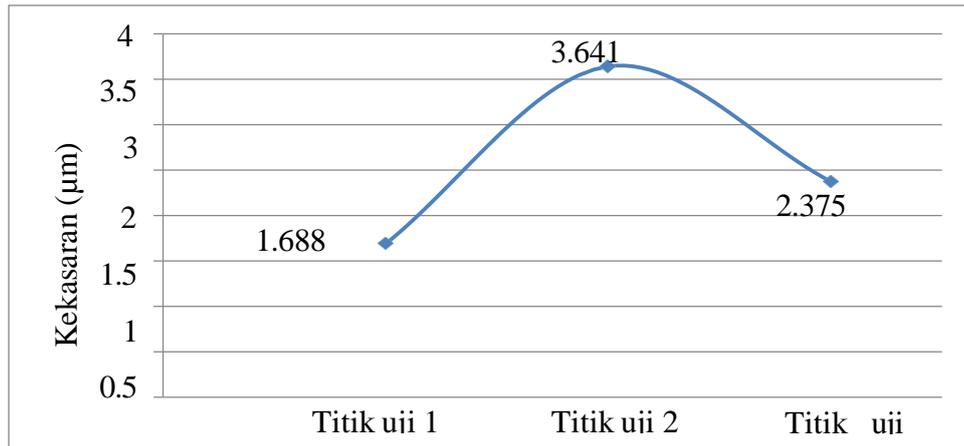
3. Pengujian Kekasaran Pada Benda Kerja Ketiga

Pada pengujian ketiga ini dilakukan proses pengfraisan alumunium dengan variasi kecepatan potong 37,7 m/menit, kecepatan putaran mesin 1000 rpm, kedalaman pemotongan 1 mm dan kecepatan pemakanan 0,1 mm/gigi di dapatkan hasil kekasaran setelah di uji menggunakan *surface roughness test* sebagai berikut:

Tabel 1.8. Hasil Pengujian Kekasaran Pada Benda Kerja Ketiga

Kecepatan potong (m/menit)	Kecepatan putaran mesin (Rpm)	Kedalaman potong (mm)	Kecepatan pemakanan (mm/gigi)	R_{an}		R_{av}
				Nilai Ra		
37,7	1000	1 mm	0,1	R_{a1}	1.688 µm	2.568 µm
				R_{a2}	3.641 µm	
				R_{a3}	2.375 µm	

Dari data pengujian yang telah dilakukan pada proses frais dengan variasi kecepatan potong 37,7 m/menit, kecepatan putaran mesin 1000 rpm, kedalaman pemotongan 1 mm dan kecepatan pemakanan 0,1 mm/gigi terhadap kekasaran permukaan seperti pada tabel 1.8 hasil pengujian kekasaran pada benda kerja ketiga. Maka dapat di lihat perbedaan antara R_{a1} , R_{a2} , dan R_{a3} . Terlihat pebedaan nilainya dimana pada R_{a1} mengalami kekasaran sebesar 1.688 µm, kemudian pada R_{a2} mengalami kekasaran sebesar 3.641 µm, dan pada R_{a3} mengalami kekasaran sebesar 2.375 µm.



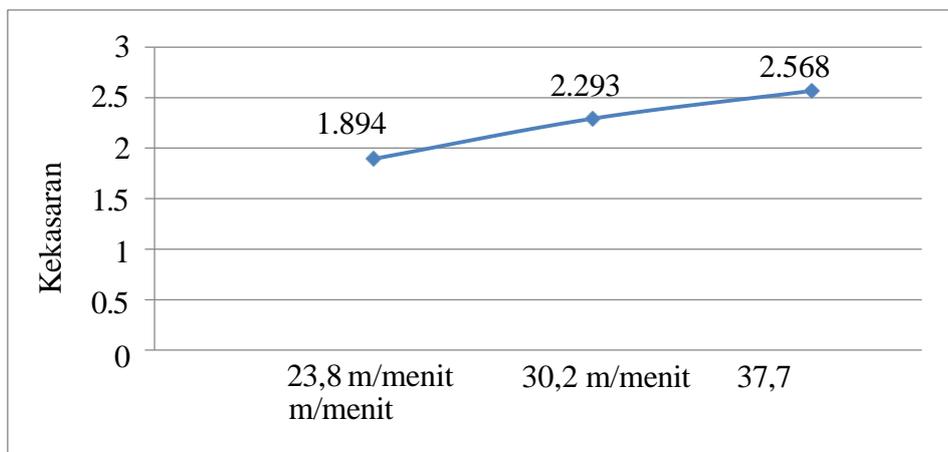
Gambar 1.15. Hubungan Benda Uji R_{an} Kali Percobaan dengan Kekasaran Permukaan Rata-Rata (R_{av}) untuk Benda Uji Ketiga

Setelah mengetahui seluruh tingkat kekasaran pada setiap benda kerja aluminium 1, 2, dan 3, dapat di rata-ratakan nilai kekasaran permukaan benda kerja sebagai berikut:

Tabel 1.9. Hasil Rata-Rata Pengujian Tingkat Kekasaran Permukaan Pada Benda Kerja 1, 2 dan 3.

Kecepatan potong (m/menit)	Kecepatan putaran mesin (Rpm)	Kedalaman potong (mm)	Kecepatan pemakanan (mm/gigi)	R_{an}	Nilai R_{av}
23,8	630	1 mm	0,1	R_{a1}	1.894 μm
30,2	800	1 mm	0,1	R_{a2}	2.293 μm
37,7	1000	1 mm	0,1	R_{a3}	1.568 μm

Dari data pengujian yang telah dilakukan pada proses frais pada benda kerja 1,2, dan 3 di dapatkan hasil rata-rata kekasaran permukaan seperti pada tabel 1.9 hasil pengujian kekasaran permukaan pada benda kerja. Maka dapat di lihat perbedaan antara R_{a1} , R_{a2} , dan R_{a3} . Terlihat pebedaan nilainya dimana pada R_{a1} mengalami kekasaran sebesar 1.894 μm , kemudian pada R_{a2} mengalami kekasaran sebesar 2.293 μm , dan pada R_{a3} mengalami kekasaran sebesar 2.568 μm .



Gambar 1.16. Hubungan Uji Benda-Benda Kerja dengan Kekasaran Permukaan Rata-Rata (R_{av})

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan sesuai dengan tahapan pada diagram alir penelitian tentang pengaruh variasi kecepatan potong terhadap kekasaran permukaan pada proses frais, dapat di ambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada tabel 1.6 waktu pengefraisan pengujian pertama dengan kecepatan potong 23,8 m/menit, kecepatan putaran mesin 630 rpm, kedalaman pemotongan 1 mm dan kecepatan pemakanan 0,1 mm/gigi di dapatkan hasil waktu 23,37 s. Selanjutnya pada pengujian kedua dengan kecepatan potong 30,2 m/menit, kecepatan putaran mesin 800 rpm, kedalaman pemotongan 1 mm dan kecepatan pemakanan 0,1 mm/gigi di dapatkan hasil waktu 18,47s. Dan yang terakhir pengujian ketiga dengan kecepatan potong 37,7 m/menit, kecepatan putaran mesin 1000 rpm, kedalaman pemotongan 1 mm dan kecepatan pemakanan 0,1 mm/gigi di dapatkan hasil waktu 15,46s. Pengujian pertama ini dapat di lihat hasil pada tabel 1.7 di lakukan proses pengefraisan alumunium dengan variasi kecepatan potong 23,8 m/menit, kecepatan putaran mesin 630 rpm, kedalaman pemotongan 1 mm dan kecepatan pemakanan 0,1 mm/gigi dapat di lihat perbedaan antara R_{a1} , R_{a2} , dan R_{a3} . Terlihat pebedaan nilainya dimana pada R_{a1} mengalami kekasaran sebesar 2.161 μm , kemudian pada R_{a2} mengalami kekasaran sebesar 1.878 μm dan pada R_{a3} mengalami kekasaran sebesar 1.645 μm . Maka hasil rata-rata kekasaran permukaan yang di dapat sebesar 1.894 μm .
2. Pengujian kedua dapat di lihat pada tabel 1.8 di lakukan proses pengefraisan alumunium dengan variasi kecepatan potong 30,2 m/menit, kecepatan putaran mesin 800 rpm, kedalaman pemotongan 1 mm dan kecepatan pemakanan 0,1 mm/gigi dapat di lihat perbedaan antara R_{a1} , R_{a2} dan R_{a3} . Terlihat pebedaan nilainya dimana pada R_{a1} mengalami kekasaran sebesar 2.059 μm , kemudian pada R_{a2} mengalami kekasaran sebesar 2.318 μm dan pada R_{a3} mengalami kekasaran sebesar 2.503 μm . di dapatkan hasil rata-rata kekasaran permukaan sebesar 2.293 μm .
3. Pengujian ketiga ini dapat di lihat pada tabel 1.9 di lakukan proses pengefraisan Alumunium dengan variasi kecepatan potong 37,7 m/menit, kecepatan putaran mesin 1000 rpm, kedalaman pemotongan 1 mm dan kecepatan pemakanan 0,1 mm/gigi dapat di lihat perbedaan antara R_{a1} , R_{a2} , dan R_{a3} . Terlihat pebedaan nilainya dimana pada R_{a1} mengalami kekasaran sebesar 1.688 μm , kemudian pada R_{a2} mengalami kekasaran sebesar 3.641 μm dan pada R_{a3} mengalami kekasaran sebesar 2.375 μm . di dapatkan hasil rata-rata kekasaran permukaan sebesar 2.568 μm , pada pengujian ketiga ini terjadi fluktuasi yaitu terjadi perubahan kenaikan dan penurunan tingkat kekasaran permukaan yang kemungkinan terjadi akibat pembuatan benda kerja yang tidak homogen. Pada tabel 1.10 dapat di lihat hasil rata-rata kekasaran permukaan keseluruhan benda kerja dapat di lihat perbedaan antara R_{a1} , R_{a2} , dan R_{a3} . Terlihat pebedaan nilainya dimana pada R_{a1} mengalami kekasaran sebesar 1.894 μm , kemudian pada R_{a2} mengalami kekasaran sebesar 2.293 μm dan pada R_{a3} mengalami kekasaran sebesar 2.568 μm .

DAFTAR PUSTAKA

- Wahyudi, Dian. (2011). *Studi Metode Pendingin Terhadap Kualitas Hasil End Milling*. Surakarta: UMS.
- Sugiantoro, B. and Setiyawan, K., (2015). "Pengaruh Parameter Permesinan Pada Proses Milling Dengan Pendinginan Fluida Alami (Cold Natural Fluid) Terhadap Kekasaran Permukaan Baja ST 42). *Jurnal ITEKS*, 7(2).
- Rahdiyanta, Dwi. (2010). *Proses Frais (Milling)*. Yogyakarta: FT-UNY.
- Sugiantoro, B., Dkk. (2014) "Optimasi Parameter Proses Milling Terhadap Kualitas Hasil Permesinan Alumunium Dengan Metode Taguchi". *Jurnal TRAKSI*, 14(1).