

PENGARUH ARAH PEMAKANAN DAN VARIASI KECEPATAN SPINDEL TERHADAP KUALITAS PERMUKAAN BENDA KERJA PADA MESIN FREIS HERCUS CF7264

Carol Jason Refo Mintje, Rudy Poeng, Romels C. A. Lumintang

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado

ABSTRAK

Mesin freis adalah mesin yang membuat perubahan atau memperbaharui permukaan benda kerja dengan menggunakan alat potong (*Milling cutter*) yang berputar tegak lurus pada sumbunya. Proses freis merupakan mesin perkakas yang menghasilkan geram sama dengan mesin perkakas potong lainnya, sehingga berhubungan erat dengan hasil pemotongan kualitas permukaan benda kerja. Proses freis ada beberapa parameter pemesinan yang mempengaruhi kualitas permukaan adalah sudut potong utama dan gerak makan benda kerja atau feeding dan arah gerak makan

Penelitian ini adalah penelitian eksperimen, yaitu dengan melakukan pengujian pada mesin freis dengan bervariasi 12 putaran mesin freis untuk mendapatkan kualitas permukaan benda kerja setiap putaran. Jenis metode penelitian ini metode kuantitatif yang digunakan untuk mendapatkan pengaruh variabel bebas satu variabel berupa kecepatan spindel terhadap variabel terikat berupa kualitas permukaan benda kerja hasil pemotongan pada mesin freis HERCUS 7264 dengan arah pemakanan *up milling* dan *down milling*.

Hasil analisis yang diperoleh dari penelitian ini menunjukkan bahwa secara aktual kualitas permukaan benda kerja yang baik untuk arah pemakanan *up milling* pada kecepatan spindel 112,312 m/menit atau pada putaran mesin freis 715 rpm menghasilkan kualitas permukaan 0,824 μm , sedangkan arah pemakanan *down milling* pada kecepatan spindel 72,257 rpm atau putaran mesin freis 480 rpm menghasilkan kualitas permukaan 1,104 μm .

Kata kunci: Kecepatan Spindel, Kualitas Permukaan Benda Uji, Mesin Freis HERCUSCF 7264

ABSTRACT

A milling machine is a machine that changes or renews the surface of a workpiece using a cutting tool (*Milling cutter*) which rotates perpendicular to its axis. The milling process is a machine tool that produces the same chips as other cutting machine tools, so it is closely related to the cutting results on the surface quality of the workpiece. In the milling process there are several machining parameters that influence the quality of the surface quality, namely the main cutting angle and the workpiece feed motion or feeding and the direction of the feed motion.

This research is experimental research, namely by carrying out tests on a milling machine by varying 12 rotations of the milling machine to obtain the surface quality of the workpiece for each rotation. This type of research method is a quantitative method used to obtain the influence of one independent variable in the form of spindle speed on the dependent variable in the form of surface quality of the workpiece resulting from cutting on the HERCUS 7264 milling machine in the feed direction *up milling* and *down milling*.

The analysis results obtained from this research show that the actual surface quality of the workpiece is good for the *up milling* feed direction at a spindle speed of 112.312 m/minute or at a milling machine rotation of 715 rpm resulting in a surface quality of 0.824 μm , while the direction of *down milling* at a spindle speed of 72.257 rpm or a milling machine rotation of 480 rpm produces a surface quality of 1.104 μm .

Keywords: Spindle Speed, Surface Quality of Test Objects, Freis HERCUS CF 7264 Machine

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Mesin freis adalah mesin yang membuat perubahan atau memperbaharui permukaan benda kerja dengan menggunakan alat potong (*Milling cutter*) yang berputar tegak lurus pada sumbunya. Proses freis juga merupakan mesin perkakas yang menghasilkan geram sama dengan mesin perkakas potong lainnya, sehingga berhubungan erat dengan hasil pemotongan kualitas permukaan benda kerja.

Dalam proses freis, kualitas permukaan merupakan salah satu sifat yang penting dari permukaan suatu benda karena menentukan dapat tidaknya elemen-elemen mesin yang berfungsi dengan baik. Hal ini menjadi kendala di industri khususnya di manufaktur karena harus mampu menghasilkan produk dengan kualitas permukaan yang baik. Dalam kondisi seperti ini, sangat di butuhkan pemilihan parameter pemesinan yang tepat. Beberapa parameter pemesinan yang mempengaruhi kualitas permukaan adalah sudut potong utama dan gerak makan benda kerja atau *feeding* dan arah gerak makan. Oleh karena itu, kualitas permukaan menjadi tolak ukur keakuratan

dan kualitas permukaan suatu produk industri manufaktur. (Husein, 2015)

Penelitian yang berhubungan dengan kualitas permukaan sudah pernah dilakukan peneliti sebelumnya yaitu:

1. Husein, 2015 tentang Pengaruh Sudut Potong Terhadap Getaran Pahat dan Kekasaran Permukaan Pada Proses Bubut *Mild Steel* ST42. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa nilai kekasaran terendah terdapat pada sudut potong utama 65° dengan nilai kekasaran permukaan $2.4568 \mu\text{m}$, sedangkan nilai tertinggi terdapat pada sudut potong utama 85° dengan nilai kekasaran permukaan $3.2776 \mu\text{m}$.
2. Sung Li, 2022. Pengaruh Kecepatan Pemakanan Terhadap Kekasaran Permukaan Benda Kerja Pada Mesin Bubut KENT USA RML-1640T . Hasilnya menunjukkan bahwa kecepatan pemakanan bertambah, maka kekasaran permukaan bertambah yang memprediksikan setiap bertambahnya kecepatan pemakanan 1 mm/menit, maka kekasaran permukaan pada mesin bubut untuk kecepatan pemakanan 114 sampai 380 mm/menit akan bertambah sebesar $0,030 \mu\text{m}$. Dan dari hasil uji signifikan diperoleh kecepatan pemakanan berpengaruh signifikan terhadap kekasaran permukaan pada mesin bubut.

Sedangkan dalam penelitian ini berbeda dengan kedua peneliti sebelumnya,

dalam hal ini membahas tentang Pengaruh Arah Pemakanan dan Variasi Kecepatan Spindel Terhadap Kualitas Permukaan Benda Kerja Pada Mesin Freis HERCUS CF 7264.

1.1 Perumusan Masalah

Masalah yang diangkat dalam penelitian ini adalah bagaimana mengetahui pengaruh arah pemakanan dan variasi kecepatan spindel terhadap kualitas permukaan benda kerja pada mesin freis HERCUS CF 7264.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh arah pemakanan dan variasi kecepatan spindel terhadap kualitas permukaan benda kerja pada mesin freis HERCUS CF 7264.

1.3 Batasan Masalah

1. Mesin freis yang dijadikan objek dalam penelitian ini yaitu jenis mesin freis datar yang ada di Laboratorium Teknik Mesin Unsrat.
2. Bahan yang digunakan sebagai benda uji dalam proses pemesinan freis, yaitu baja poros karbon rendah.
3. Kondisi pemotongan mesin freis yaitu dengan memvariasikan putaran, kedalaman potong konstan dan gerak makan konstan.
4. Proses freis tanpa menggunakan cairan pendingin.
5. Alat ukur kualitas permukaan menggunakan *Surface Roughness Tester type Marsurf* PS 10.
6. Analisis statistik yang digunakan yaitu analisis regresi linear untuk memprediksi pengaruh variasi kecepatan spindel terhadap kualitas permukaan benda kerja.
7. Asumsi pahat freis sangat tajam sehingga tidak menggosok atau menggaruk benda kerja dan keausan pahat freis tidak diteliti.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Sebagai masukan serta informasi dalam meningkatkan kualitas produk dari proses freis terkait dengan kualitas permukaan.
2. Mengetahui prosedur pengukuran kualitas permukaan benda kerja hasil proses freis.
3. Memberikan masukan kondisi mesin freis HERCUS CF 7264 yang ada di Laboratorium Teknik Mesin Unsrat sehingga dapat dilakukan tindakan pemeliharaan dan pemeliharaan yang sesuai.

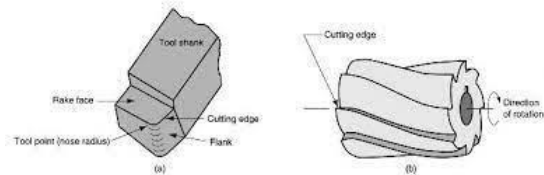
2. Landasan Teori

2.1 Pemotongan Logam

Proses pemotongan logam merupakan suatu proses yang digunakan untuk mengubah bentuk suatu produk dari logam (komponen

mesin) dengan cara memotong. Selain itu Proses pemotongan logam merupakan kegiatan terbesar yang dilakukan pada industri manufaktur, proses ini mampu menghasilkan komponen yang memiliki bentuk yang kompleks dengan akurasi geometri dan dimensi tinggi. Prinsip pemotongan logam dapat didefinisikan sebagai sebuah aksi dari sebuah alat potong yang dikontakkan dengan sebuah benda kerja untuk membuang permukaan benda kerja tersebut dalam bentuk geram. Meskipun definisinya sederhana akan tetapi proses pemotongan logam adalah sangat kompleks. Proses pemotongan logam dengan menggunakan mesin perkakas dinamakan proses pemesinan (*machining process*). (Rochim, 2007)

Pahat yang dipasangkan pada suatu jenis mesin perkakas memiliki mata pahat yang berbeda-beda. Jenis pahat/perkakas potong disesuaikan dengan cara pemotongan dan bentuk akhir dari produk. Adapun pahat dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis pahat yaitu pahat bermata potong tunggal (*single point cutting tools*) dan pahat bermata potong jamak (*multiple point cuttings tools*), diperlihatkan pada Gambar 2.1. (Rochim, 2007)



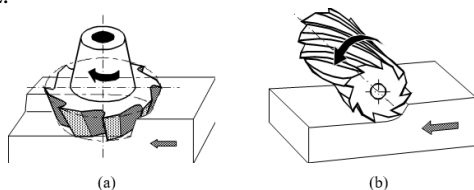
Gambar 2.1 Proses Pemesinan Berdasarkan Jumlah Mata Pahat

Gerak relatif pahat terhadap benda kerja dapat dipisahkan menjadi dua macam komponen gerakan yaitu gerak potong (cutting movement) dan gerak makan (feeding movement). Menurut jenis kombinasi dari gerak potong dan gerak makan maka proses pemesinan dikelompokkan menjadi tujuh macam proses yang berlainan yaitu (lihat tabel 2.1): (Rochim, 2007)

Tabel 2.1 Klasifikasi Proses Pemesinan (Rochim, 2007)

2.2 Proses Freis

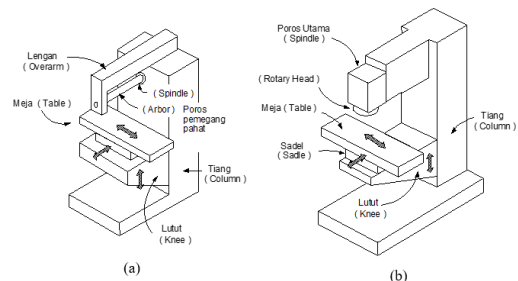
Dua jenis utama pahat freis (*milling cutter*) adalah pahat freis selubung/mantel (*slab milling cutter*) dan pahat freis muka (*face milling cutter*), lihat gambar 2.2.



Gambar 2.2 Proses freis (a) Tegak (b) Datar (Rochim, 2007)

Pahat freis termasuk pahat bermata potong jamak dengan jumlah mata potong sama dengan jumlah gigi freis (z). Sesuai dengan jenis pahat yang digunakan dikenal dua macam cara yaitu mengefreis datar (*slab milling*) dengan sumbu putaran pahat freis selubung sejajar permukaan benda kerja, dan mengefreis tegak (*face milling*) dengan sumbu putaran pahat freis muka tegak lurus permukaan benda kerja. (Rochim, 2007)

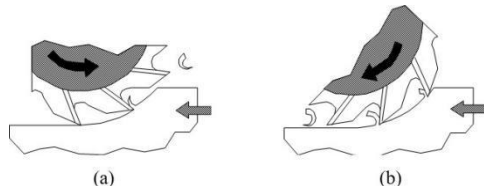
Proses freis turun akan menyebabkan benda kerja lebih tertekan ke meja dan meja terdorong oleh pahat yang mungkin suatu saat (secara periodik) gaya dorongnya akan melebihi gaya dorong ulir/roda gigi penggerak meja. Apabila sistem kompensasi “keterlambatan gerak balik” (*back lash compensator*) tidak begitu baik maka mengefreis turun dapat menimbulkan getaran bahkan kerusakan. Proses freis naik lebih banyak dipilih karena alasan di atas sehingga dinamakan cara konvensional. Akan tetapi, mengefreis naik akan mempercepat keausan pahat karena mata potong lebih banyak menggesek benda kerja yaitu pada saat mulai memotong (dimulai dengan ketebalan geram nol) dan selain itu permukaan benda akan lebih kasar.



Gambar 2.3 Mesin freis (a) Datar (b) Tegak (Rochim, 2007)

Selanjutnya mengefreis datar dibedakan menjadi dua macam cara yaitu, mengefreis naik (*up milling/conventional milling*) dan mengefreis turun (*down milling*).

No	Jenis proses	Gerak potong	Gerak makan	Jenis Pahat
1	Bubut	Benda Kerja (Rotasi)	Pahat (Translasi)	Tunggal
2	Gurdi	Pahat (Translasi)	Pahat (Translasi)	Jamak
3	Freis	Pahat (Rotasi)	Benda Kerja (Translasi)	Jamak
4	Mesin Sekrap Sekrap Meja	Pahat (Translasi) Benda Kerja (Translasi)	Benda Kerja (Translasi) Pahat (Translasi)	Tunggal
5	Gergaji	Pahat (Translasi)	-	Jamak



Gambar 2.4 (a) Mengefreis naik (b) Mengefreis turun (Rochim, 2007)

Berbeda dengan proses pemesinan yang lain, proses freis tidak menghasilkan geram dengan tebal yang tetap melainkan berbentuk koma. Tebal geram tersebut dipengaruhi gerak makan pergigi (f_z) dan sudut posisi yang pada setiap saat berubah

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}$$

dimana,

d = diameter pahat freis (mm)

n_z = putaran mesin freis (rpm).

- Kecepatan makan

$$V_f = f_z \cdot z \cdot n_z \left(\frac{\text{mm}}{\text{menit}} \right) \quad (2.2)$$

dimana,

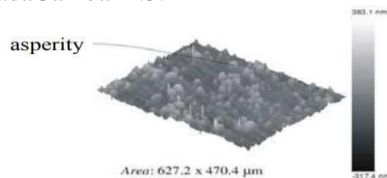
f_z = gerak makan (mm/r)

z = jumlah mata potong (gigi)

2.3 Kualitas Permukaan

2.3.1 Permukaan dan Profil

Permukaan sebuah benda jika diamati dengan mikroskop dengan pembesaran lebih dari 1000 kali, maka akan tampak bahwa permukaan sebuah benda mempunyai profil seperti pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Profil Kualitas Permukaan

2.3.2 Parameter Kualitas Permukaan Pada

Gambar 2.6

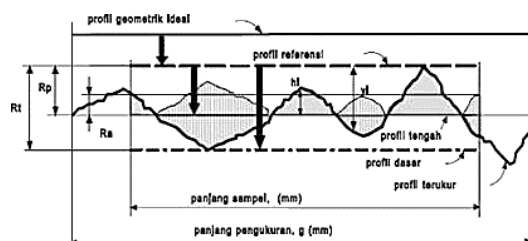
dengan

penambahan

keterangan

mengenai beberapa istilah

profil yang penting yaitu,



Gambar 2.6 Posisi profil referensi/Acuan/Puncak, Profil Tengah Dan Profil Akar/Alas Terhadap Profil Terukur, Untuk Satu Panjang Sampel

harganya karena perubahan posisi mata potong (gigi pahat freis). Untuk menentukan kecepatan spindle dan kecepatan pemakanan pada proses freis, dapat digunakan persamaan berikut ini: (Rochim, 2007)

- Kecepatan Spindel
 1. Profil geometrik ideal (*geometrically ideal profile*)
 2. Profil terukur (*measured profile*)
 3. Profil referensi/ acuan/ puncak (*reference profile*) Profil akar/ alas

$$(m/menit) \quad (2.1)$$

(*root profile*).

4. Profil tengah (*center profile*)

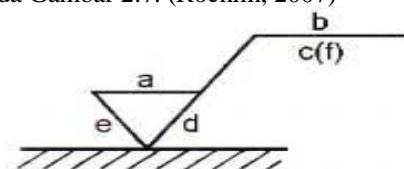
Kualitas rata-rata Ra (*Roughness average*) adalah perhitungan rata-rata nilai mutlak kualitas penampang ordinat. Kedalaman kualitas rata-rata dilambangkan dengan Rt . Nilai penyimpangan rata-rata aritmatika telah diklasifikasikan oleh ISO (*International Organization for Standardization*) menjadi 12 tingkat kualitas. Angka kualitas permukaan ini bertujuan untuk menghindari kemungkinan terjadinya kesalahan dalam menginterpretasikan satuan harga kualitas permukaan. Dengan adanya satuan harga ini, kualitas permukaan dapat dituliskan langsung dengan menyatakan harga Ra atau dengan menggunakan tingkat kualitas ISO. Tingkat kualitas ini dilambangkan dari N1

hingga N12 seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Nilai Kualitas dan Tingkat Kualitas (Rochim, 2007)

Tingkat Kualitas ISO Number	Nilai Kualitas Ra (µm)	Panjang Sampel (mm)	Keterangan
N1	0,025	0,08	Sangat halus
N2	0,050		
N3	0,100		
N4	0,200	0,25	Halus
N5	0,400		
N6	0,800		
N7	1,600		
N8	3,200		
N9	6,300	2,50	Kasar
N10	12,50		
N11	25,00		
N12	50,00	8,0	Sangat kasar

Simbol pernyataan spesifikasi permukaan terdiri dari dua kaki yang tidak sama panjangnya, dan membuat sudut kira-kira 60° dengan puncaknya menunjuk ke permukaan yang diperhatikan. Nilai kekasaran yang harus dicapai dengan proses mesin/pembuangan material/menghasilkan geram, seperti diperlihatkan pada Gambar 2.7. (Rochim, 2007)



Gambar 2.7 Simbol pernyataan spesifikasi permukaan (Takeshi Sato, 1986)

Keterangan Gambar 2.7:

- a = Nilai Kekasaran R_a dalam mikrometer atau mikroinch atau angka kelas kekasaran N1 hingga N12
- b = Cara produksi, pengerjaan atau pelapisan
- c = Panjang contoh
- d = Arah bekas pengerjaan
- e = Kelonggaran pemesinan
- f = Nilai kekasaran lain (dalam kurung)

2.4 Analisis Regresi Linear Sederhana

Dalam analisis regresi linear sederhana ini akan ditentukan persamaan yang menghubungkan dua variabel yang dapat dinyatakan sebagai bentuk persamaan pangkat satu (persamaan linear/persamaan garis lurus). Persamaan umum garis regresi untuk regresi linear

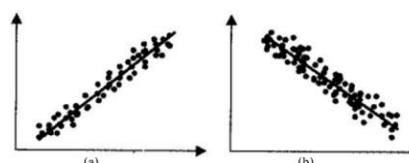
$$y' = a + bx \tag{2.4}$$

-) dimana,
- y' = nilai estimasi variabel terkait (prediksi)
- a = titik potong garis regresi pada sumbu y atau nilai estimasi y' bila $x=0$
- b = gradien garis regresi
- x = nilai variabel bebas.

- Diagram Pencar
Langkah pertama dalam menganalisis relasi antar variabel adalah dengan membuat diagram pencar yang menggambarkan titik-titik plot dari data yang diperoleh. Diagram pencar ini berguna untuk: (Harinaldi, 2002)

 1. Membantu melihat apakah ada relasi yang berguna antar variabel.
 2. Membantu menentukan jenis persamaan yang akan digunakan untuk menentukan hubungan tersebut.

Gambar 2.8 menunjukkan beberapa diagram pencar linear positif dan linear negatif.



Gambar 2.8 Diagram pencar (a) Linear Positif (b) Linear negatif (Harinaldi, 2002)

- Sifat-sifat Garis Regresi Linear Terdapat dua sifat yang harus dipenuhi sebuah garis lurus untuk dapat menjadigaris regresi linear yang cocok dengantitik-titik data pada diagram pencaryaitu: (Harinaldi, 2002)

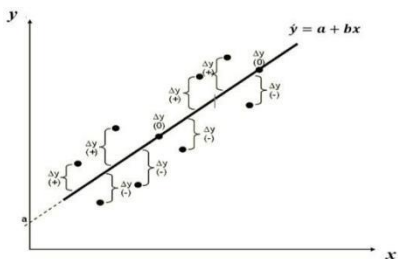
 1. Jumlah simpangan (deviasi) positif dari titik-titik yang tersebar diatas garis sama dengan (saling menghilangkan) jumlah simpangan negatif dari titik-titik yang tersebar
 2. Kuadrat simpangan-simpangan mencapai nilai minimum. Jadi: Dengan sifat kedua, metode regresi ini sering juga disebut sebagai metode *least square*.

Dengan menggunakan kedua sifat diatas dan menggabungkannya dengan prinsip-prinsip kalkulus diferensial untuk menentukan nilai ekstrim sebuah fungsi, maka dapat diturunkan hubungan-hubungan untuk mendapatkan nilai-nilai konstanta a dan b pada persamaan garis regresi, yang hasilnya sebagai berikut: (Harinaldi, 2002)

$$b = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \tag{2.3}$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} \tag{2.4}$$

- dimana,
- n = jumlah titik pasangan pengamatan
- \bar{x} = nilai rata-rata dari variabel x
- \bar{y} = nilai rata-rata dari variabel y .



Gambar 2.9 Garis regresi linear pada diagram pencar

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

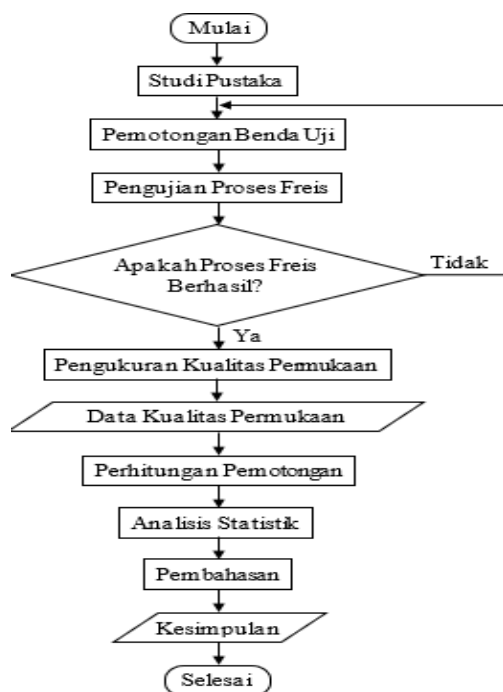
Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Unsrat, dibagian ruangan Kelompok Dosen Keahlian (KDK) Manufaktur dan Otomasi. Dan waktu pelaksanaan bulan Januari sampai April 2023.

3.2 Bahan dan Peralatan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini, berupa bahan atau benda kerja yang dijadikan benda uji, yaitu baja poros S 45 C, dengan menggunakan peralatan:

1. Mesin HERCUS 7264 dan perlengkapannya.
2. Gerinda tangan dan perlengkapannya.
3. Sigmat dan mistar baja.
4. *Surface roughness tester type marsurf PS 10.*

3.3 Prosedur Penelitian



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.4 Pengolahan Data

3.4.1 Sumber Data

Sumber data yang diperoleh dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder:

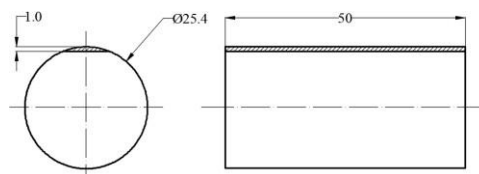
1. Data Primer
Data kualitas permukaan benda uji hasil proses bubut dengan menggunakan beberapa variasi gerak pemakanan, yang diperoleh langsung dari pelaksanaan penelitian ini, yaitu melakukan pengujian proses bubut pada mesin bubut KENT USA RML-1640T yang ada di Laboratorium Teknik Mesin Unsrat.
2. Data Sekunder
Data yang diperoleh dari referensi yang berhubungan dengan kualitas permukaan hasil proses pemesinan.

3.4.2 Pengujian Proses Freis

1. Benda Uji

Benda kerja yang dijadikan benda uji, dengan data sebagai berikut:

Bahan : Baja poros karbon rendah
 Panjang : 50 mm
 Diameter : 25,4 mm.



Gambar 3.2 Benda Uji

2. Mesin Freis

Mesin freis yang digunakan dalam pengujian ini, dengan data sebagai berikut:

Merek : HERCUS
 Tipe : CF 7264
 Jenis pahat : HSS
 Diameter pahat freis : 50 mm
 Jumlah gigi : 8 buah.



Gambar 3.3 Mesin Freis HERCUS 7264 yang Ada di Laboratorium Teknik Mesin Unsrat

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil Pengamatan

4.1.1 Tahap Pengujian

1. Pemotongan Benda Uji



Gambar 4.1 Pematangan Benda Uji

2. Proses Freis



Gambar 4.2 Kondisi Putaran Mesin Freis HERCUS CF 7264

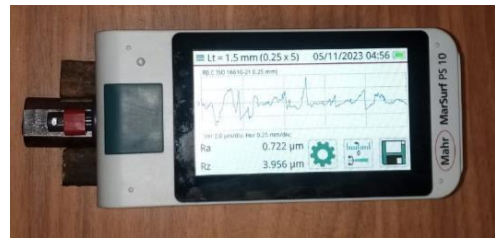


Gambar 4.3 Proses Freis

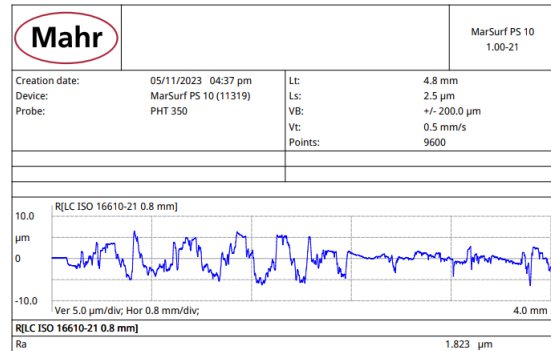


Gambar 4.4 Hasil Proses Freis pada Benda Uji

3. Pengukuran Kualitas Permukaan Benda Uji



Gambar 4.5 Proses Pengukuran Kualitas Permukaan



Gambar 4.6 Salah satu hasil pengukuran kualitas permukaan dengan putaran mesin freis 85 rpm

4.1.2 Data Pengukuran Kualitas Permukaan

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Kualitas Permukaan, Ra

No	Putaran Mesin Freis n_z (rpm)	Kualitas Permukaan R_a (μm)	
		Up milling	Down milling
1	85	1,823	1,116
2	120	1,102	1,794
3	165	1,861	1,616
4	190	1,867	2,097
5	240	1,002	1,592
6	260	0,866	2,111
7	375	3,394	1,829
8	460	0,974	1,104
9	660	0,899	1,552
10	715	0,824	1,717
11	895	1,408	1,826
12	1030	1,067	2,697

4.1.2 Nilai Kualitas dan Tingkat Kualitas

Tabel 4.2 Nilai kualitas dan tingkat kualitas ISO

No	Putaran Mesin Freis n_z (rpm)	Up Milling			Down Milling		
		Nilai kualitas R_a (μm)	Tingkat kualitas ISO Number	Keterangan	Nilai kualitas R_a (μm)	Tingkat kualitas ISO Number	Keterangan
1	85	1,823	N8	Normal	1,116	N7	Normal
2	120	1,102	N7	Normal	1,794	N8	Normal
3	165	1,861	N8	Normal	1,616	N8	Normal
4	190	1,867	N8	Normal	2,097	N8	Normal
5	240	1,002	N7	Normal	1,592	N7	Normal
6	260	0,866	N7	Normal	2,111	N8	Normal
7	375	3,394	N8	Normal	1,829	N8	Normal
8	460	0,974	N7	Normal	1,104	N7	Normal
9	660	0,899	N7	Normal	1,552	N7	Normal
10	715	0,824	N7	Normal	1,717	N8	Normal
11	895	1,408	N7	Normal	1,826	N8	Normal
12	1030	1,067	N7	Normal	2,697	N8	Normal

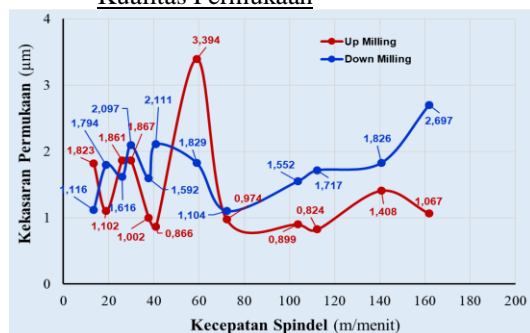
4.2 Hasil Pengolahan Data

Tabel 4.3 Kecepatan spindle dan kualitas permukaan

No	Kecepatan Spindel V (m/menit)	Kualitas Permukaan Ra (µm)	
		Up Milling	Down Milling
1	13,352	1,823	1,116
2	18,850	1,102	1,794
3	25,918	1,861	1,616
4	29,845	1,867	2,097
5	37,699	1,002	1,592
6	40,841	0,866	2,111
7	58,905	3,394	1,829
8	72,257	0,974	1,104
9	103,673	0,899	1,552
10	112,312	0,824	1,717
11	140,586	1,408	1,826
12	161,792	1,067	2,697

4.3 Pembahasan

4.3.1 Hubungan Kecepatan Spindel Terhadap Kualitas Permukaan



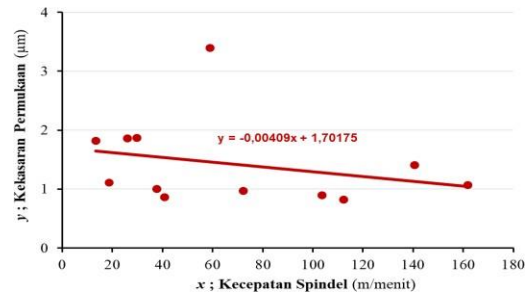
Gambar 4.7 Grafik Aktual

Dari Gambar 4.7, diketahui dari 12 kali pengujian dengan variasi putaran sehingga diperoleh 12 variasi kecepatan spindle terhadap kualitas permukaan benda kerja. Terlihat bahwa secara aktual kualitas permukaan benda kerja yang baik untuk arah pemakanan *up milling* pada kecepatan spindle 112,312 m/menit atau putaran mesin freis 715 rpm menghasilkan kualitas permukaan 0,824 µm, sedangkan arah pemakanan *down milling* pada kecepatan spindle 72,257 rpm atau putaran mesin freis 480 rpm menghasilkan kualitas permukaan 1,104 µm. Dibandingkan kedua arah pemakanan tersebut kualitas permukaan benda kerja *up milling* lebih baik dari pada *down milling*.

4.3.2 Analisis Statistik Regresi Linear

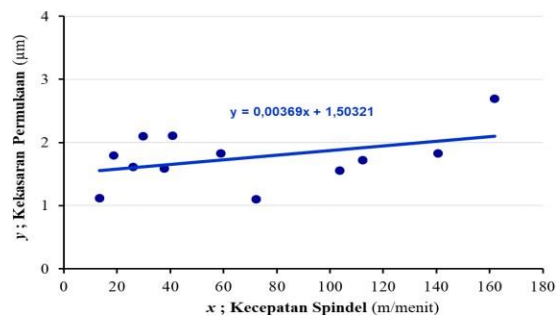
1. Arah Pemakanan Up Milling

Dari Gambar 4.8 Terlihat bahwa secara linear dengan bertambahnya kecepatan spindle *x*, maka kekasasaran permukaan benda kerja, *y* kecenderungan menurun (Gradien negatif), dapat diprediksi bahwa setiap bertambahnya kecepatan spindle 1 m/menit, maka kualitas permukaan benda kerja hasil proses pemotongan pada mesin freis HERCUS 7264, akan berkurang sebesar 0,00409 µm.



Gambar 4.8 Grafik Garis Regresi Linear dengan Arah Pemakanan Up Milling

2. Arah Pemakanan Down Milling



Gambar 4.9 Grafik Garis Regresi Linear dengan Arah Pemakanan Down Milling

Dari Gambar 4.9 Terlihat bahwa secara linear dengan bertambahnya kecepatan spindle *x*, maka kekasasaran permukaan benda kerja, *y* kecenderungan meningkat (Gradien positif), dapat diprediksi bahwa setiap bertambahnya kecepatan spindle 1 m/menit, maka kualitas permukaan benda kerja hasil proses pemotongan pada mesin freis HERCUS 7264, akan meningkat sebesar 0,00369 µm.

5. Penutup

5.1 Kesimpulan

Hasil analisis yang diperoleh dari penelitian ini adalah menunjukkan bahwa secara aktual kualitas permukaan benda kerja yang baik untuk arah pemakanan *up milling* pada kecepatan spindle 112,312 m/menit atau putaran mesin freis 715rpm menghasilkan kualitas permukaan 0,824 µm, sedangkan arah pemakanan *down milling* pada kecepatan spindle 72,257 rpm atau putaran mesin freis 480 rpm menghasilkan kualitas permukaan 1,104 µm. Dibandingkan kedua arah pemakanan tersebut kualitas permukaan benda kerja *up milling* lebih baik dari pada *down milling*.

Dari hasil analisis regresi linear sederhana diperoleh persamaan garis regresi untuk arah pemakanan *up milling*

$$\hat{y} = 1,70175 - 0,00409x$$

yang memprediksikan setiap bertambahnya kecepatan spindel 1 mm/menit, maka kualitas permukaan benda kerja hasil pemotongan pada mesin freis HERCUS CF 7264 akan berkurang sebesar $0,00409 \mu\text{m}$. Sedangkan arah pemakanan *down milling* $\dot{y} = 1,50321 + 0,00369x$ yang memprediksikan setiap bertambahnya kecepatan spindel 1 mm/menit, maka kualitas permukaan benda kerja hasil pemotongan pada mesin freis HERCUS CF 7264 akan meningkat sebesar $0,00369 \mu\text{m}$.

5.2 Saran

1. Dapat dilakukan pengujian proses freis menggunakan cairan pendingin atau proses pemesinan basah.
2. Diharapkan penelitian ini dapat dikembangkan pada mesin perkakas lainnya.
3. Dianjurkan dapat menggunakan benda uji material berbeda.
4. Dapat dilakukan pengujian proses freis dengan bervariasi beberapa variabel kondisi pemotongan, sehingga dapat diketahui pengaruhnya terhadap kualitas permukaan benda kerja lebih dari satu variabel.

Daftar Pustaka

- Harinaldi, 2002. Perinsip-prinsip Statistik untuk Teknik dan Sains, Erlangga, Jakarta.
- Husein, S, 2015. Pengaruh Sudut Potong Terhadap Getaran Pahat dan Kekasaran Permukaan Pada Proses Bubut *Mild Steel* ST 42, Program Studi S1 Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.
- (<https://repository.unej.ac.id/bitstream/handle/123456789/73488/111910101017--Saddam%20Husein-1-63.pdf?sequence=1>)
- Kakambong, L, Poeng, R dan Tondok, Y, 2022. Perbandingan Variasi Media Pendingin Terhadap Kekasaran Permukaan Baja Poros Hasil Proses Bubut KNUTH DM 1000 A, Jurnal Poros Teknik Mesin Unsrat 12.1.
- Neyland, J, Rudy Poeng dan I Nyoman Gede, 2021. *Effect of Machining Parameter Variance toward Turning Machine Machinability, Iconic Research And Engineering Journals*. Vol.5. Issue 6.
- Rochim, T, 2007. Klasifikasi Proses Gaya dan Daya Pemesinan, Institut Teknologi Bandung.
- Sung Li, Y, 2022. Pengaruh Kecepatan Pemakanan Terhadap Kekasaran Permukaan Benda Kerja Pada Mesin

- Ubut KENT USA RML-1640T.
- Sato, G. Takeshi, 1986. Menggambar mesin menurut standar ISO /oleh G. Takeshi Sato, N. Sugiarto Hartanto, - Cet. 3. - Jakarta. Pradnya Paramita, 1986. xi, 267 hal. illus. 25,9 cm.
- Wungkana, W, Lumintang, R, Poeng, R, 2021. Analisis Kekasaran Permukaan Benda Kerja Hasil Milling Machine CNC HAAS VF3, Jurnal Poros Teknik Mesin Unsrat 9.2.
- Yuliara, I, M, 2016. Regresi Linear Berganda, Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Udayana.
- Zubaidi, A, dan I. Syafa'at, 2012. Analisis pengaruh kecepatan putar dan kecepatan pemakanan terhadap kekasaran permukaan material FCD 40 pada mesin bubut CNC, Momentum 8.1:40-47.