

PENGARUH JENIS PAHAT FRAIS DENGAN VARIASI KECEPATAN MESIN TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN BAJA ST 60

Wahyuan Aji Firdaus ¹⁾, Priyagung Hartono²⁾, Unung Lesmanah³⁾.

^{(1),(2),(3)}Jurusan Teknik Mesin Universitas Islam Malang
Jalan MT. Haryono 193, Malang

wahyuanaji@gmail.com
priyagung@unisma.ac.id
ununglesmanah@unisma.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jenis pahat frais dengan variasi kecepatan mesin . Penelitian ini menggunakan baja ST 60 dengan di proses *face milling* menggunakan pahat *end milling cutter* dengan diameter 10 mm dengan mata pahat 2 dan 4. Variasi Kecepatan *spindle* mesin menggunakan 1800 rpm dan 2000 rpm. Setelah proses pengerjaan *milling* , dilanjutkan dengan pembuatan 3 spesimen untuk pengujian kekasaran permukaan . Hasil penelitian menunjukkan bahwa setelah proses *milling* dengan menggunakan pahat *end mill* diameter 10 mm 2 mata pahat dan 4 mata pahat dengan kedalaman 4 mm variasi kecepatan *spindle* 1800rpm dan 2000 rpm terhadap kekasaran permukaan baja ST 60 bahwa pengefraisan menggunakan pahat *end mill* dengan 4 mata pahat dan variasi putaran *spindle* 2000 rpm mempunyai rata-rata yang kerataan nya optimal atau kecil dibandingkan pengefraisan dengan menggunakan 2 mata pahat di variasi putaran *spindle* 1800 rpm. Setiap penambahan mata pahat frais dan kecepatan *spindle* mesin menunjukkan peningkatan nilai kekasaran permukaan. Berdasarkan hasil penelitian dan perbandingan dapat disimpulkan bahwa hasil uji kekasaran menunjukkan sedikit perbedaan antara pengefraisan menggunakan pahat *end milling* dengan 2 mata pahat dan 4 mata pahat dan variasi *spindle mesin*.

Kata kunci : Mesin Frais (*milling*), Pahat *end milling cutter*, Kekasaran permukaan, Variasi kecepatan *spindle*, Baja ST 60.

Pendahuluan

Mesin Frais (*milling machine*) merupakan salah satu mesin perkakas konvensional yang mampu digunakan untuk meratakan mesin ini menggunakan pisau yang bergerak sedang kan benda kerja diam di cekam. Mesin frais mempunyai peran di dalam dunia industri yang amat sangat penting karena mampu bekerja logam-logam besar dan memproduksi dengan skala besar. Mesin frais dapat mengerjakan dan membentuk benda-benda berbentuk kubistis yang mempunyai contoh seperti pembuatan roda gigi, membuat alur di poros, dan sebagainya. Mesin frais sendiri merupakan suatu proses pemakanan (*feeding*) benda kerja yang sayatannya dilakukan dengan cara memutar pahat kemudian dicenterkan ke benda kerja yang digerakan menggunakan meja cekam dengan sumbu x,y,z .

Pemotongan dalam proses milling yang mempengaruhi kekasaran yaitu kecepatan putar spindel dan kecepatan potong. Kesesuaian kedua parameter pemotongan tersebut diukur berdasarkan indikator kualitas permukaan, yakni tingkat kekasaran permukaan benda kerja setelah dipotong dengan mesin frais. (Djonni Bangun, 2012)

Kecepatan pemotongan merupakan salah satu parameter juga dalam proses permesinan yang berguna dalam proses pengefraisan agar benda kerja menjadi rata. Kerataan dan kekasaran permukaan adalah suatu hal yang mutlak diperhatikan dalam proses pemesinan, karena dapat mempengaruhi kualitas produk yang dihasilkan .

Tidak ratanya permukaan yang tinggi yang terdapat pada komponen-komponen rangkaian mesin dapat menyebabkan kerusakan salah satunya yaitu keausan yang mengakibatkan proses pengerjaan atau proses jalannya mesin akan terhambat. Oleh

sebabnya tingkat kerataan dan kekasaran permukaan yang dihasilkan dari proses pengefraisan amat sangat diperhatikan agar supaya hasil dari proses pengefraisan kerataan dan kekasaran yang rendah. (Hermawan, 2014)

Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam pemilihan bahan benda kerja untuk dijadikan komponen-komponen pada mesin dan industri, antara lain pertimbangan fungsi, pembebanan, dan kemudahan dalam pencariannya di pasaran. Mempertimbangkan hal tersebut, maka bahan yang digunakan untuk ini proses pengerjaan pemotongan menggunakan bahan yang paling sesuai untuk material baja ST 60 dengan komposisi karbon pada besi sebesar 0,3% C – 0,59% C dengan titik didih 15500C dan titik lebur 29000C (Gusti Rusydi F.S dkk , 2016).

METODOLOGI PENELITIAN

Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan cara mengumpulkan data-data yang didapatkan dari hasil pengerjaan benda kerja tersebut. Penelitian ini dilakukan secara aktual di lapangan dengan menentukan hasil dari perlakuan terhadap benda kerja.

Lebih optimal manakah hasil kekasaran variasi 2 jenis pahat end mill $\varnothing$ 10 mm 4 mata pahat dan end mill $\varnothing$ 10 mm 2 mata pahat dengan putaran *spindle* 1800rpm dan 2000rpm kemudian dilakukan penelitian dan analisis serta menyimpulkan data.

Bahan

Bahan yang digunakan yaitu baja karbon ST 60 dengan panjang 10mm x lebar 50mm x tinggi 40 mm, mesin frais vertikal , alat pengukur kekasaran *surface tester*, pahat *end mill* $\varnothing$ 10 mm 4 mata pahat dan 2 mata pahat.

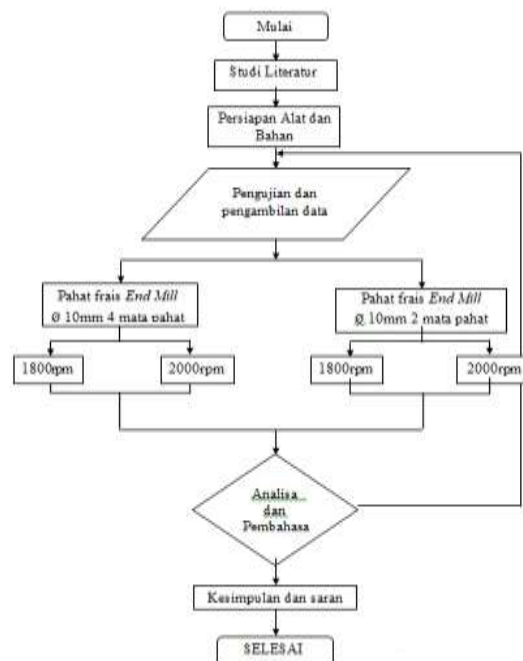


Diagram alur penelitian

Hasil penelitian

Tabel Hasil Pengujian Kekasaran

Baja ST 60.			
Putaran Spindle Mesin	Jenis Pahat	Pahat HSS end mill Ø 10 mm Dengan 2 mata pahat (µm)	Pahat HSS end mill Ø 10 mm Dengan 4 mata pahat (µm)
1800 rpm		2,59 µm	0,81 µm
		3,42 µm	1,77 µm
		3,66 µm	2,89 µm
	Jumlah	9,67 µm	4,47 µm
	Rata-rata	3,223 µm	1,49 µm
2000 rpm		2,09 µm	0,47 µm
		2,46 µm	0,77 µm
		2,58 µm	0,98 µm
	Jumlah	7,13 µm	2,22 µm
	Rata-rata	2,376 µm	0,74 µm

Tabel 1. Menunjukkan hasil Uji Kekasaran dengan variasi mata pahat dan kecepatan spindle mesin.

Analisis data

Dalam Tahap penelitian ini difokuskan hubungan kekasaran permukaan benda kerja pada proses pemesian dengan jenis jumlah mata pahat dan variasi kecepatan putaran spindle. Salah satu bagian terpenting dari penelitian adalah cara analisis data, agar mendapatkan hasil yang maksimal. Dari data yang telah di dapatkan akan di analisis dengan metode uji t , analisis varian dua arah (*two way analysis of variance*) ,dan regresi linear berganda kemudian memberikan kesimpulan. Data-data yang sudah didapatkan disajikan sebagai berikut:

Pengujian data dengan menggunakan uji t.

Jenis Pahat	pahat HSS end mill Ø 10 mm 2 mata pahat	pahat HSS end mill Ø 10 mm 4 mata pahat	Jumlah
1800 Rpm	2,59 µm	0,81 µm	15,14
	3,42 µm	1,77 µm	
	3,66 µm	2,89 µm	
2000 Rpm	2,09 µm	0,47 µm	9,35
	2,46 µm	0,77 µm	
	2,58 µm	0,98 µm	
Jumlah	16,8 µm	6,69 µm	23,99

Tabel 2 : Analisa data menggunakan uji t.

Uji T kecepatan spindle mesin 1800 rpm dengan pahat end mill 2 mata pahat (2 mp) dan 4 mata pahat (4 mp)

Jumlah sampel	2 mp	4 mp	d1	(d1-d) ²
1	2,59 µm	0,81 µm	(2,59-0,81) 1,78	(1,78-1,4) ² 0,144
2	3,42 µm	1,77 µm	(3,42-1,77) 1,65	(1,65-1,4) ² 0,062
3	3,66 µm	2,89 µm	(3,66-2,89) 0,77	(0,77-1,4) ² 0,039
Jumlah	9,67	5,47	4,2	0,245
rata - rata	3,223	1,82	1,4	0,081

Tabel 3,Analisa kecepatan spindle 1800 rpm dengan variasi mata pahat.

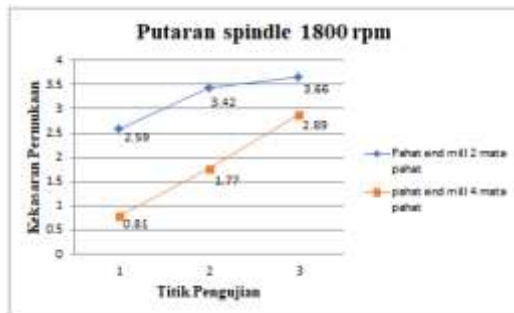
$$\bar{d} = \frac{\sum D}{n} = \frac{4,2}{3} = 1,4$$

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum (d - \bar{d})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,245}{2}} = \sqrt{0,1225} = 0,35$$

$$\text{Maka } t_{\text{hitung}} = \frac{1,4}{0,35/\sqrt{2}} = 2,828$$

Kesimpulan :

Oleh karena $t = 2,828 < 6,314$ maka t_{hitung} terletak diantara -6,314 dan 6,314 jadi H_0 diterima. Berarti tidak ada perbedaan antara persamaan presentasi rata rata dalam pengefraisan antara pahat end mill $\varnothing 10$ mm 2 mata pahat mempunyai rata-rata 3,223 μm dengan pahat end mill $\varnothing 10$ mm 4 mata pahat mempunyai rata-rata 1,82 μm dengan kecepatan spindle mesin 1800 rpm.



Gambar 1. Grafik Perbandingan jumlah mata pahat putaran spindle 1800 rpm.

Menunjukkan hasil perbandingan pengefraisan dengan jumlah mata pahat *end mill* terhadap putaran *spindle* 1800 Rpm terhadap nilai kekasaran permukaan baja ST 60.

Uji T kecepatan *spindle* mesin 2000 rpm dengan pahat *end mill* 2 mata pahat (2 mp) dan 4 mata pahat (4 mp).

Jumlah sampel	2 mp	4 mp	d1	(d1-d ²)
1	2,09 μm	0,47 μm	(2,09-0,47) 1,62	(1,62-1,636) ² 0,00025
2	2,46 μm	0,77 μm	(2,46-0,77) 1,69	(1,69-1,636) ² 0,00296
3	2,58 μm	0,98 μm	(2,58-0,98) 1,6	(1,6-1,636) ² 0,00126
Jumlah	7,13 μm	2,22 μm	4,91	0,00427
rata - rata	2,376	0,74	1,636	0,00149

Tabel 4 Analisa kecepatan spindle 2000 rpm dengan variasi mata pahat.

$$\bar{d} = \frac{\sum D}{n} = \frac{4,91}{3} = 1,636$$

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum (d - \bar{d})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,00427}{2}} = \sqrt{0,002135} = 0,0461$$

$$\text{Maka } t_{\text{hitung}} = \frac{1,636}{0,0461/\sqrt{2}} = 2,509$$

Kesimpulan:

Oleh karena $t = 2,509 < 6,314$ maka t_{hitung} terletak diantara -6,314 dan 6,314 jadi H_0 diterima. Berarti tidak ada perbedaan antara persamaan presentasi rata rata dalam pengefraisan antara pahat end mill $\varnothing 10$ mm 2 mata pahat mempunyai rata-rata 2,376 μm dengan pahat end mill $\varnothing 10$ mm 4 mata pahat mempunyai rata-rata 0,74 μm dengan kecepatan spindle mesin 2000 rpm.



Gambar 2. Grafik Perbandingan jumlah mata pahat putaran spindle 1800 rpm

Menunjukkan hasil perbandingan pengefraisan dengan jumlah mata pahat *end mill* terhadap putaran *spindle* 2000 Rpm terhadap nilai kekasaran permukaan baja ST 60.

Perhitungan uji hipotesis menggunakan Analisis Variance Dua Arah

Jenis Pahat	pahat HSS end mill Ø 10 mm 2 mata pahat	pahat HSS end mill Ø 10 mm 4 mata pahat	Jumlah
1800 Rpm	2,59 µm	0,81 µm	T ₁ 15,14
	3,42 µm	1,77 µm	
	3,66 µm	2,89 µm	
2000 Rpm	2,09 µm	0,47 µm	T ₂ 9,35
	2,46 µm	0,77 µm	
	2,58 µm	0,98 µm	
Jumlah	T ₁ 16,8 µm	T ₂ 7,69 µm	(15,14 + 9,35 + 16,8 + 9,35) 2 25,32

Tabel 5. Pengujian hipotesis menggunakan analisis Variance dua arah.

$$\bullet \frac{T^2}{N} = \frac{25,32^2}{12} = \frac{641,10}{12} = \underline{53,425}$$

$$\bullet \sum_{j=1}^J \cdot \sum_{K=1}^K \cdot \frac{(\sum_{i=1}^n x_{ijk})^2}{n} =$$

$$\frac{(2,59+3,42+3,66)^2}{3} + \frac{(0,18+1,77+2,89)^2}{3} +$$

$$\frac{(2,09+2,46+2,58)^2}{3} + \frac{(0,47+0,77+0,98)^2}{3}$$

$$= 47,045 + 7,808 + 16,945 + 1,642.$$

$$= \underline{83,44}$$

$$\bullet \sum_{i=1}^n \cdot \sum_{j=1}^J \cdot \sum_{K=1}^K x_{ijk}^2 = 2,59^2 + 3,42^2$$

$$+ 3,66^2 + 0,81^2 + 1,77^2 + 2,89^2 +$$

$$2,09^2 + 2,46^2 + 2,58^2 + 0,47^2 + 0,77^2 +$$

$$0,98^2$$

$$=$$

$$6,708 + 11,69 + 13,39 + 0,656 + 3,132 + 8,3$$

$$52 + 4,368 + 6,051 + 6,656 + 0,220 +$$

$$0,592 + 0,960$$

$$= \underline{62,775}$$

$$\bullet SST$$

$$\sum_{i=1}^n \cdot \sum_{i=1}^n \cdot \sum_{i=1}^n x_{ijk}^2 - \frac{T^2}{N} = 83,44 -$$

$$53,425 = \underline{30,015}$$

• SSR

$$\sum_{i=1}^n \cdot \frac{T_j^2}{N} - \frac{T^2}{N} = \frac{15,14^2}{6} + \frac{9,35^2}{6} - 53,425$$

$$= \frac{229,219}{6} + \frac{87,422}{6} - 53,425$$

$$= 38,203 + 14,570 - 53,425$$

$$= 52,773 - 53,425$$

$$= -0,652$$

• SSC

$$\sum_{K=1}^n \cdot \frac{T_k^2}{NJ} - \frac{T^2}{N} = \frac{16,8^2}{6} + \frac{7,69^2}{6} - 53,425$$

$$= \frac{282,24}{6} + \frac{59,136}{6} - 53,425$$

$$= 47,04 + 9,856 - 53,425$$

$$= 56,896 - 53,425$$

$$= 3,471$$

• SSI

$$\frac{T^2}{N} - \sum_{j=1}^J \cdot \frac{T_j^2}{nK} - \sum_{K=1}^n \cdot \frac{T_k^2}{NJ} + \sum_{j=1}^J \cdot \sum_{K=1}^K \cdot$$

$$\frac{(\sum_{i=1}^n x_{ijk})^2}{n}$$

$$= 53,425 - 52,773 - 56,896 + 83,44$$

$$= 27,196$$

• SSE

$$\sum_{i=1}^n \cdot \sum_{j=1}^J \cdot \sum_{K=1}^K x_{ijk}^2 - \sum_{j=1}^J \cdot \sum_{K=1}^K \cdot$$

$$\frac{(\sum_{i=1}^n x_{ijk})^2}{n}$$

$$= 62,775 - \underline{83,44} = -20,665$$

Perhitungan Nilai F_{hitung}

Sumber varian	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Rata-rata kuadrat	F Ratio
Baris SSR	-0,652	J-1 2-1= (1)	$\frac{-0,652}{1} = -0,652$	$\frac{-0,652}{-2,952} = \underline{0,220}$
Kolom SSC	3,471	K-1 2-1= (1)	$\frac{3,471}{1} = 3,471$	$\frac{3,471}{-2,952} = \underline{-1,175}$
Interaksi SSI	27,196	(J-1)(K-1) (1 x 1)=1	$\frac{27,196}{1} = 27,196$	$\frac{27,196}{-2,952} = \underline{-9,212}$
Error SSE	-20,665	JK(n-1) 1 x 1+(6-1)= 7	$\frac{-20,665}{7} = -$ 2,952	
Total T	11,513	N-1 (11)		

Tabel 6, Menentukan F_{hitung}.

Kesimpulan :

- a. F_{hitung} < f_{table} α = 0,05 (0,220 < 7,71) artinya h₀ diterima bahwa tidak ada perbedaan hasil variasi jenis

pahat terhadap kekasaran permukaan.

- b. $F_{hitung} > f_{table} \alpha = 0,05$ ($-1,175 < 6,59$) artinya H_0 di terima bahwa tidak ada perbedaan hasil variasi putaran spindle mesin terhadap kekasaran permukaan.
- c. $F_{hitung} < f_{table}$ ($-9,212 < 5,59$) artinya H_0 di terima bahwa ada efek interaksi antara variasi jenis mata pahat dan variasi putaran spindle mesin terhadap kekasaran permukaan.

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian di atas analisis perbandingan kekasaran permukaan pada proses pengerjaan pembuatan alur U di permukaan Baja ST 60 menggunakan pahat *end mill* $\varnothing$ 10 mm dengan 2 mata pahat dan Pahat *end mill* $\varnothing$ 10 mm dengan 4 mata pahat dengan variasi kecepatan putaran *spindle* sebesar 1800 rpm dan 2000 rpm dan menggunakan pahat jenis (*High Speed Steel*) pada proses pengefraisan (*milling*) . Maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Didalam penelitian ini terdapat sedikit perbedaan kekasaran permukaan benda kerja, terdapat pengaruh kekasaran yang signifikan

terhadap nilai kekasaran permukaan dari jumlah mata pahat dan kecepatan *spindle* mesin.

2. Nilai kekasaran terendah adalah $0,47 \mu m$ terdapat pada jenis pahat *end mill* 4 mata pahat dengan kecepatan 2000 rpm.
3. Nilai kekasaran tertinggi adalah $3,66 \mu m$ terdapat pada jenis pahat *end mill* 2 mata pahat dengan kecepatan 1800 rpm.
4. Ditinjau dari perhitungan manual analisa uji t didapatkan hasil :
 - Perbandingan kekasaran permukaan dalam proses pengefraisan antara pahat *end mill* $\varnothing$ 10 mm 2 mata pahat dengan pahat *end mill* $\varnothing$ 10 mm 4 mata pahat dengan kecepatan 1800 rpm didapatkan hasil $t_{hitung} > t_{tabel} = 2,828 < 6,314$ maka H_0 diterima. Dapat diartikan tidak ada persamaan presentasi rata-rata dalam pengerjaan tersebut.
 - Perbandingan kekasaran permukaan dalam proses pengefraisan antara pahat *end mill* $\varnothing$ 10 mm 2 mata pahat dengan pahat *end mill* $\varnothing$ 10 mm 4 mata pahat dengan kecepatan 2000 rpm didapatkan hasil $t_{hitung} > t_{tabel} = 2,509 < 6,314$ maka H_0 diterima. Dapat diartikan terdapat persamaan presentasi rata-rata dalam pengerjaan tersebut.

5. Ditinjau dari perhitungan manual analisa uji *f two way analisis of variance* didapatkan hasil :

- Antar jenis pahat

$F_{hitung} < F_{tabel} \alpha = 0,05$ ($0,220 < 7,71$) maka dapat disimpulkan bahwa h_0 diterima bahwa tidak ada perbedaan hasil variasi jenis pahat terhadap kekasaran permukaan.

- Antar kecepatan putaran spindle

$F_{hitung} > f_{table} \alpha = 0,05$ ($-1,175 < 6,59$) artinya h_0 di terima bahwa ada persamaan hasil variasi putaran *spindle* mesin terhadap kekasaran permukaan.

- Antar interaksi

$F_{hitung} < f_{table}$ ($-9,212 > -5,59$) artinya h_0 di tolak bahwa terdapat sedikit efek interaksi antara variasi jenis mata pahat dan variasi putaran *spindle* mesin terhadap kekasaran permukaan.

dan Kekasaran Permukaan Alumunium 6061 pada Mesin Frais CNC Headman". S1 Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya, Volume 03 No 01 Tahun 2014 ,147-154.

Gusti Rusdi F.S, Dkk(2016). "*Analisa Uji Kekerasan pada Poros Baja ST 60 dengan Media Pendingin yang Berbeda*". Jurnal Teknik Mesin Universitas Islam Kalimantan, Volume 01 No 02 Tahun 2016, ISSN 2502-4922.

Rochim, Taufiq, 1985, "*Teori dan Teknologi Proses Pemesinan*", Higher Education Development Support, Jakarta.

DAFTAR PUSTAKA

Bangun, DJonni. (2012) . *Pengaruh Variasi Kecepatan dan Varibel Putaran Spindel mesin Frais Terhadap Kekasaran Permukaan Pada Proses Frais MMC Matriks Kuningan Penguat Fly Ash*. Dosen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang . Tahun 20,No.1, 1 April 2012.

Hemawan,Asep. Dan Sakti,Arya. (2014). "*Pengaruh Kecepatan Putaran Spindle dan Kedalaman Pemakanan Terhadap Tingkat Kerataan*