

PENGARUH KECEPATAN SPINDLE TERHADAP TINGKAT KEKASARAN PERMUKAAN HASIL Pengerjaan FRAIS

Irman Putranda¹, Awal Syahrani Sirajuddin², Anjas Asmara³, Iskandar⁴

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tadulako
Jln. Soekarno Hatta Km. 9 Palu – Sulawesi Tengah
Website: mesin.fatek.untad.ac.id/Email: teknikmesin@untad.ac.id
E-mail : irmanputranda1997@gmail.com

Abstract *The roughness value on a metal surface is one of the considerations in determining the quality of a product. In some companies the level of surface roughness is very influential to produce good assembly products. The purpose of this study was to determine the effect of spindle speed on the surface roughness of the ST-70 material through the ANOVA test method and a surface roughness measurement tool (Surface Roughness Taster). For specimens in the form of a beam with dimensions of 100 mm in length, 20 mm in width and 25 mm in height. Using a spindle speed of 300 rpm, 400 rpm, and 500 rpm. Testing using the Ammitari AR-132 tool, this research was conducted at the Mechanical Technology Laboratory, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Tadulako. In the results of milling machining with spindle speeds of 300 rpm, 400 rpm, and 500 rpm with all variables outside the main variable constant, it shows that the results of the roughness test have the highest value in the milling process of 300 rpm with an average roughness of 6.063 μm , then in the milling process of 400 rpm the average roughness value is 5.352 μm , and the lowest roughness value is in the 500rpm milling process with a roughness value of 4.901 μm . Thus, the greater the value of the spindle speed used, the lower the surface roughness value of the milling process and the finer the surface of the specimen. The results of the ANOVA analysis used are $F_{\text{count}} < F_{\text{table}}$. This means that there is a difference between the average surface roughness values at spindle speeds of 300 rpm, 400 rpm and 500 rpm.*

Keywords: *Milling, Surface Roughness, ANOVA, Spindle Speed.*

1. PENDAHULUAN

Ilmu pengetahuan dan teknologi saat ini telah berkembang cukup pesat. Suatu hasil produksi tentunya harus diimbangi dengan peningkatan kualitas keluaran, termasuk operasi pemesinan yang menggunakan peralatan mesin skrap, frais, bubut dan gerinda. Harga jual suatu produk sangatlah berpengaruh dengan harga jual suatu produk di pasaran. Sementara nilai suatu produk sangatlah berpengaruh dengan hasil kekasaran permukaan yang dihasilkan, sehingga pentingnyamenggunakan proses yang baik dan mesin yang sesuai dengan produk yang ingin dibuat. Perbedaan kualitas nilai kekasaran tersebut biasanya sangat dipengaruhi oleh tingkat kualaitas mesin yang digunakan serta bagaimana proses pemesinan yang dilakukan. Beberapa yang harus diperhatikan dalam proses pemesinan seperti pemilihan jenis pahat, kedalaman

pemakanan, *feeding*, dan juga kecepatan spindle yang digunakan.

Mesin Frais adalah sebuah mesin yang pengerjaannya menyayat/memakan spesimen dengan alat potong bermata banyak yang berputar (*multipoint cutter*). Saat alat potong berputar, gigi gigi potongnya menyentuh permukaan benda kerja yang dijepit pada ragam cekam meja mesin frais sehingga terjadi pemotongan/penyayatan dengan kedalaman sesuai dengan yang diinginkan [1]

Pada penelitian [2] melakukan perbandingan hasil pengerjaan frais menggunakan kecepatan spindle 540, 910, dan 1500 rpm dengan menggunakan bahan dari baja ST 41 dan ST 60 didapatkan nilai kekasaran yang terbaik pada kecepatan spindle tertinggi yaitu 1500 rpm.

Pada penelitian [3] mengenai efek kecepatan *spindle* terhadap kehalusan permukaan baja tahan karat AISI 304.

Kekasaran permukaan memiliki hubungan terbalik dengan kecepatan *spindle*, artinya dengan meningkatnya kecepatan *spindle*, kekasaran permukaan menurun dan sebaliknya. Pada penelitian ini menggunakan tiga kecepatan *spindle* yaitu 600, 860 dan 960 rpm. Hasil dari penelitian ini didapatkan tingkat kehalusan yang paling baik pada kecepatan *spindle* 960 rpm.

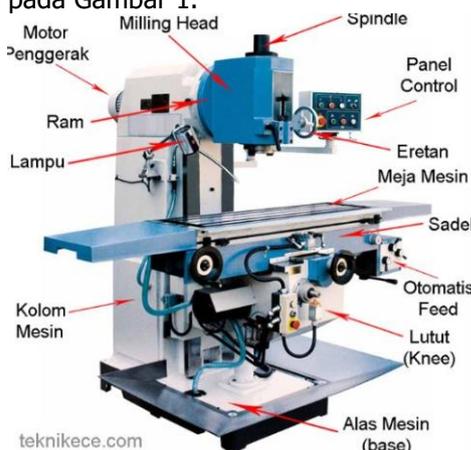
Pada penelitian [4] juga melakukan perbandingan kecepatan *spindle* 921, 1452 dan 1842 Rpm menggunakan Analisis ANOVA. Hasil penelitian ini mengungkapkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan akibat perbedaan kecepatan *spindle*.

Menurut penelitian [5] kecepatan *spindle* memiliki pengaruh dengan hasil kekasaran permukaan benda kerja pada baja EMS 45. Hasil yang didapatkan oleh penelitian ini bahwa pada kecepatan uji yaitu 280,410, dan 660 rpm didapatkan kekasaran permukaan terendah pada 660 rpm dengan *feeding* 18 mm/menit.

Berdasarkan penelitian sebelumnya maka penulis akan mendalami mengenai "Pengaruh Kecepatan Spindle Terhadap Tingkat Kekasaran Permukaan Hasil Pengerjaan Frais" dengan menggunakan metode ANOVA.

2. METODE

Mesin frais yang digunakan dalam proses pemesinan ini mesin frais konvensional *Aciera Machine Tool* yang diproduksi oleh PT. TAXMACO PERKASA ENGINEERING ACIERA MACHINE DIVISION Karawang Indonesia. Gambar mesin frais yang digunakan seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Mesin Frais [6]

Mesin ini memiliki delapan kecepatan yaitu 100, 175, 300, 400, 500, 700, 1200, dan 2000 rpm dengan putaran CW dan CCW. Serta delapan *feeding* yaitu 12, 19, 48, 32, 58, 76, 128, dan 232 mm/min. Bobot

mesin frais yaitu 620 kg.

Mesin gergaji besi yang digunakan bermerek KLAEGER dengan spesifikasi menggunakan dua belas kedalaman sayatan dan dua jenis kecepatan sayatan yaitu *high* dan *low*. Mesin gergaji besi yang digunakan seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Mesin gergaji besi

Mesin ini digunakan untuk memotong spesimen agar sesuai panjang spesimen yang akan di frais.

Endmill digunakan untuk meratakan permukaan spesimen. Endmill yang di gunakan seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Pahat Endmill

Endmill yang digunakan pada mesin frais menggunakan material HSS (*High Speed Steel*) dengan merek *Eagle* berdiameter 23 mm dengan panjang 105 mm, jumlah flute empat, panjang flute 45 mm

Jangka sorong digunakan sebagai alat mengukur diameter spesimen dan tebal benda kerja. Jangka sorong yang digunakan seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Jangka Sorong

Jangka sorong yang digunakan adalah

jangka sorong merk FOWLER dengan ketelitian 0,02 mm dan maksimal panjang yang dapat diukur 20 mm.

Ammittari AR-132B merupakan alat yang digunakan untuk mengukur kekasaran pada permukaan di penelitian ini. Amittari AR-132B, dengan tipe profilometer ,sudut pandang 90 derajat, radius vertikal 48 mm. Dengan rentang penukuran Ra 0,005 μ m-16 μ m. Alat Ammittari AR-132B seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Ammittari AR-132B

Ammittari AR-132B, dengan tipe profilometer ,sudut pandang 90 derajat, radius vertikal 48 mm. Dengan rentang penukuran Ra 0,005 μ m-16 μ m. Alat Ammittari AR-132B.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah baja ST 70 yang termasuk kedalam jenis baja karbon sedang. seperti pada Gambar 6.



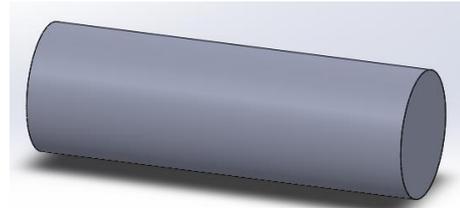
Gambar 6. Baja ST 70

Baja karbon sedang (*medium carbon steel*) mengandung karbon 0,25– 0,55 % lebih kuat dan keras dan dapat dikeraskan. Penggunaannya hampir sama dengan *low carbon steel*, digunakan untuk yang memerlukan kekuatan dan ketangguhan yang lebih tinggi [7]. Dimensi baja ST 70 yang digunakan dengan panjang 100 mm x lebar 32 mm sebanyak 3 batang

2.1 Langkah Pengfraisan Benda Kerja

Tahap proses pembentukan spesimen meliputi:

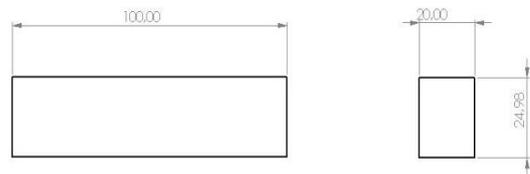
1. Memotong spesimen menggunakan mesin gergaji menjadi 3 spesimen seperti pada Gambar 7.



Gambar 7. Spesimen

Dimensi spesimen baja dengan panjang 100 milimeter dan diameter 32 milimeter.

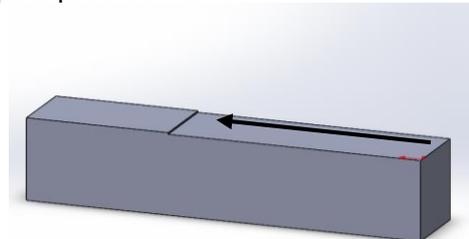
2. Pasang spesimen dan atur mesin frais, tentukan kedalaman potong (*a*), *feeding* (*f*), dan kecepatan *spindle* konstan (*n* = 300 RPM)



Gambar 8. Bentuk Spesimen

Pada gambar 8 merupakan bentuk spesimen dengan dimensi panjang 100 mm, lebar 20 mm dan tinggi 25 mm.

3. Selanjutnya melakukan proses pengfraisan dengan menggunakan kecepatan *spindle* yaitu 300, 400, dan 500 rpm dengan pemakanan konstan 0,5 mm seperti pada Gambar 9.



Gambar 9. Pengfraisan Spesimen

Pada gambar 9 merupakan proses pengfraisan dari arah kanan kekiri. Lakukan proses ini sampai dimensi tercapai.

4. Pengulangan proses frais dengan kecepatan *spindle* 300, 400, dan 500 rpm.

2.2 Kalibrasi pengukur Kekasaran

1. Menyiapkan block kalibrasi, lalu letakkan dibawah sensor alat pengukur kekasaran.
2. Kemudian dilanjutkan dengan menekan tombol Cal.

3. Posisikan jarum anak panah ke angka 0, jika angka menunjukkan angka 0 artinya posisi jarum anak panah Netral.
4. Selanjutnya mengatur Cut off menjadi 2.5 mm

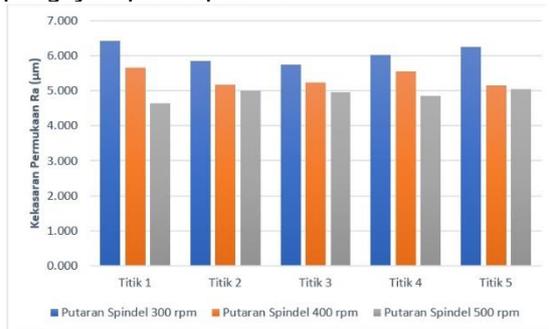
2.3 Langkah Pengukuran Kekasaran

1. Meletakkan benda uji pada bidang yang datar.
2. Untuk membaca skala tekanan terhadap permukaan benda uji, ujung dial indicator distabilkan.
3. Tentukan panjang lintasan yang akan dilewati dial indikator untuk di uji kekasaran.
4. Bilamana dial indikator telah selesai melakukan pergerakan maka akan muncul pada layar lcd nilai Ra. Kemudian catat data yang ditampilkan oleh alat ukur.
5. Lakukan pengukuran kekasaran pada lima titik uji dengan jarak 16 mm dari titik ujung kiri pada spesimen sebanyak tiga kali pada satu titik uji
6. Buat tabel data yang merinci kekasaran permukaan benda uji
7. Mengolah data yang diperoleh

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

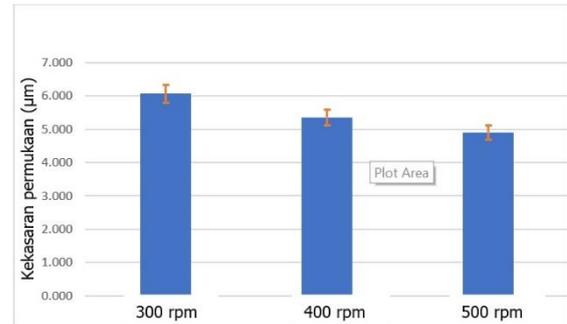
3.1 Kecepatan Spindle

Berdasarkan gambar 10 telah didapatkan grafik hubungan antara kekasaran permukaan baja ST 70 pada kecepatan spindle 300 rpm, 400 rpm, dan 500 rpm pada setiap titik pengujian pada spesimen.



Gambar 10. Hubungan Ra dan kecepatan spindle (n) pada setiap titik

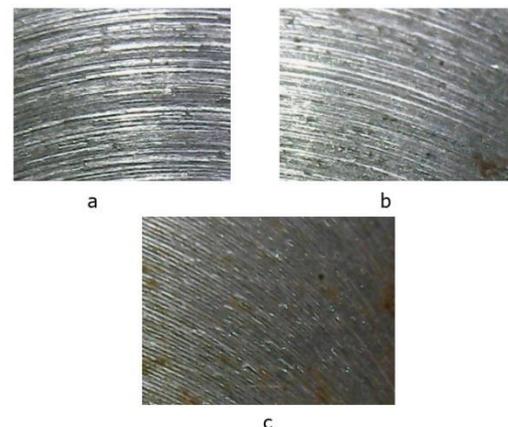
Pada gambar 10 merupakan hasil nilai Ra pada setiap titik. Dimana kita dapat melihat kecepatan spindle 300 rpm dikelima titiknya memiliki nilai Ra yang besar. Kemudian pada putaran spindle 500 rpm pada kelima titiknya menghasilkan nilai Ra yang paling kecil dibandingkan kecepatan spindle yang lainnya.



Gambar 11. Grafik Error Bar

Pada Gambar 11. diatas dapat kita ketahui pada 300 Rpm nilai kekasaran tersebar dari 5,609 µm – 6,467 µm dengan nilai rata-rata 6,033 µm. Pada kecepatan spindle 400 Rpm nilai kekasaran tersebar dari 5,053 µm – 5,733 µm dengan nilai rata-rata 5,352 µm. Sedangkan pada kecepatan spindle 500 Rpm nilai kekasaran berada pada 4,612 µm – 5,323 µm dengan nilai kekasaran rata-rata 4,901 µm.

Tingkat nilai kekasaran yang paling baik pada kecepatan spindle 500 rpm. Hal yang menyebabkan kecepatan spindle 500 memiliki nilai Ra yang lebih kecil adalah semakin besar kecepatan spindle nya maka semakin rapat putaran yang terjadi pada feeding yang sama, selain itu juga apabila kita menggunakan putaran spindle yang rendah getaran yang terjadi pada mesin frais akan semakin keras dan tentunya hal ini mempengaruhi tingkat kekasaran permukaan spesimen. Hal ini dapat di lihat pada Gambar 12 dimana pada putaran spindle 500 rpm tampak lebih halus dibandingkan dengan kecepatan putaran spindle 300 dan 400 rpm.



Gambar 12. Foto Makro (a) 300rpm (b) 400rpm dan (c) 500rpm

Hal ini sama dengan pernyataan penelitian yang dilakukan oleh [8] yang

mengungkapkan semakin tinggi kecepatan spindle maka semakin baik hasil permukaan spesimen pengujian.

3.2 Pengujian ANOVA

Syarat sebelum melakukan pengujian ANOVA maka data yang didapatkan harus melewati uji *Normality* dan uji *Homogeneity*. Apabila nilai $\text{sig} > 0,05$ maka data tersebut terdistribusi dengan baik. Sehingga dapat dilakukan uji pengujian ANOVA.

Tabel 3. Test Of Normality nilai *spindle Speed*

Kecepatan Spindle (Rpm)	Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.
300	0,949	15	0,511
400	0,907	15	0,123
500	0,964	15	0,767

Nilai sig hasil uji normalitas kecepatan spindle adalah 0,511, 0,123, dan 0,767 seperti pada Tabel 3. Uji normalitas menunjukkan bahwa H_0 diterima dan H_1 ditolak karena nilai keseluruhan $\text{sig} > 0,05$, sehingga variable kecepatan spindle pada tabel di atas dianggap normal. Dan bisa dilakukan uji homogeneity.

Tabel 4. Test Of Homogeneity nilai *spindle Speed*

F	df1	df2	Sig.
0,998	2	42	0,377

Dari Tabel 4 di atas dapat dilihat dengan sangat baik nilai sig hasil uji homogenitas adalah 0,377, hal ini menunjukkan nilai $\text{sig} > 0,05$ sehingga data yang didapatkan telah memenuhi standar homogen. Setelah itu, uji ANOVA dapat dilakukan karena data sampling kekasaran permukaan secara keseluruhan konsisten dan cocok untuk melakukan uji ANOVA.

Setelah memenuhi syarat uji normality dan homogeneity kita dapat melakukan uji Anova. Sebelum itu kita harus menentukan nilai F menggunakan F_{table} . Dan hasil yang didapatkan adalah 3,214. Kemudian kita akan menentukan F_{hitung} menggunakan aplikasi dari SPSS. Hasil ANOVA dari beberapa sampel pengukuran kekasaran permukaan baja ST 70 disajikan pada tabel di bawah ini.

Tabel 5. Test Of ANOVA nilai *spindle Speed* (n)

Sum of square	df	Mean Square	F
10,297	2	5,148	89,467
2,417	42	0,058	
12,713	44		

Berdasarkan Tabel 5. diatas, nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$ yaitu $89,467 > 3,214$. Hal ini menunjukkan bahwa nilai rata-rata berbeda secara signifikan satu sama lain kekasaran permukaan (μm) pada kecepatan spindle 300, 400 dan 500 rpm. Hal ini juga dapat kita lihat adanya perbandingan yang mencolok pada hasil nilai normality nya yaitu 0,511: 0,123: 0,767 sehingga menghasilkan perbedaan yang signifikan pada kecepatan spindle 300, 400, dan 500 rpm.

4. KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

Kecepatan spindle mempengaruhi kekasaran permukaan baja ST 70 pada proses pengefraisan. Nilai kekasaran yang paling tinggi pada proses pengefraisan adalah pada 300 rpm dengan rata-rata kekasaran 6,063 μm , kemudian pada 400 rpm dengan nilai 5,352 μm dan nilai kekasaran paling rendah pada 500 rpm dengan nilai 4,901 μm . Sehingga semakin tinggi nilai kecepatan spindle maka semakin kecil nilai kekasaran atau semakin halus permukaan spesimen.

Pada uji anova diketahui nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$ sehingga dari ketiga kecepatan spindle 300,400, dan 500 rpm memiliki perbedaan yang signifikan terhadap tingkat kekasaran permukaan spesiman. Hasil ini sama dengan penelitian yang dilakukan oleh [4] yang menggunakan kecepatan spindle 921, 1452, dan 1824 rpm dimana pada hasil yang didapatkan terdapat perbedaan yang signifikan diantara tiga variasi kecepatan spindle tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sumbodo Wirawan, Sigit Pujiono, Agung Pambudi, Komariyanto, Samsudin Anis, dan Widi Widayat, 2008, Teknik Produksi Mesin Industri Jilid 2, Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional
- [2] Arya Mahendra Sakti, 2014, "Pengaruh Jenis Benda Kerja, Kedalaman Pemakanan dan Kecepatan Spindel Terhadap Tingkat

Kerataan Permukaan dan Bentuk Geram Baja ST.41 dan ST 60 Pada Proses Milling Konvensional”, JTM Volume 02 Nomor 02 Tahun 2014, 208-216

[3] Agus, P. V., Cahyono, H., Cahyono, A. H., Mufarida, A., Finali, A., & Mesin, J. T. (2017). The Effect of Spindle Speed Variation and Depth of Cut on the Surface Hardness of Stainless Steel AISI 304 in the Conventional Frais Process using Taguchi Method. *J-Proteksion*, 1(2), 7–12.

[4] Hakim Lukman, (2018), “Pengaruh Parameter Pemotongan Menggunakan Pahat End Mill Pada Proses Climb Milling Terhadap Kekasaran Permukaan Baja Karbon Sedang”, skripsi, Malang, Universitas Brawijaya

[5] Mujiono, 2016, “Pengaruh Kecepatan Putaran *spindle* dan Kecepatan Pemakanan Terhadap Kekasaran Permukaan Baja EMS 45 Pada Proses END Milling Surface”, skripsi, Semarang, UNNES.

[6] Muhammad Reza Furqoni, 2020, “Pisau Frais”termuat di:
<https://teknikece.com/mesin-frais/pisau-frais/>.

[7] Nanulaitta, N. J. M., & Lillipaly, E. R. M. A. P. (n.d.).2014. “Analisa Sifat Kekerasan Baja ST-42 Dengan Pengaruh Besarnya Butiran Media Katalisator (Tulang Sapi CaCO_3)”, Jurnal Teknologi, Volume 9 Nomor 1

[8] Alam, S. T., Tomal, A. N. M. A., & Nayeem, M. K. (2023). High-Speed Machining of Ti–6Al–4V: RSM-GA based Optimization of Surface Roughness and MRR. *Results in Engineering*, 17,100873.