

PENGARUH KECEPATAN PUTARAN *SPINDLE* DAN KEDALAMAN PEMAKANAN TERHADAP TINGKAT KERATAAN DAN KEKASARAN PERMUKAAN ALUMUNIUM 6061 PADA MESIN FRAIS CNC *HEADMAN*

Asep Wahyu Hermawan

S1 Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: asep.wahyu.hermawan@gmail.com

Arya Mahendra Sakti

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
e-mail: aryasakti_2006@yahoo.com

Abstrak

Perkembangan teknologi dalam bidang industri saat ini semakin pesat. Terutama penggunaan sistem komputer dalam bidang pemesinan. Tuntutan konsumen yang menghendaki kualitas benda kerja yang presisi, kualitas sama baik, selesai dengan waktu singkat dan dalam jumlah banyak, akan lebih mudah dikerjakan dengan mesin perkakas CNC dari pada menggunakan mesin perkakas konvensional. Kerataan dan kekasaran permukaan merupakan hal mutlak yang harus diperhatikan dalam proses pemesinan khususnya mesin frais CNC *Headman*. Mesin CNC *Headman* merupakan mesin frais CNC yang dapat dioperasikan secara manual maupun secara otomatis dengan menggunakan kontrol program GSK. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh kecepatan putaran *spindle* dan kedalaman pemakanan terhadap tingkat kerataan dan kekasaran permukaan alumunium 6061 menggunakan mesin frais CNC *Headman*. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen, menggunakan spesimen alumunium 6061 dengan ukuran panjang 80 mm, lebar 35 mm dan tebal 15 mm berjumlah 9 spesimen yang mendapatkan perlakuan berbeda dalam proses pengerjaannya yaitu variasi kecepatan putaran *spindel* (1400 rpm, 1800 rpm dan 2200 rpm) dan kedalaman pemakanan (0,1 mm, 0,2 mm dan 0,3 mm). Proses pengefraisan dengan melakukan penyayatan permukaan benda kerja, setelah itu dilakukan uji kerataan dan kekasaran. Data yang di analisis adalah hasil pengujian I, II dan III tingkat kerataan dan kekasaran permukaan alumunium 6061 yang nantinya akan diambil nilai rata-rata dari setiap perubahan kecepatan putaran *spindle* dan kedalaman pemakanan untuk dianalisis menggunakan metode deskripsi kuantitatif. Hasil penelitian menggunakan SPSS 20 menyatakan signifikan dengan $\alpha = 0.05$ menghasilkan P value 0.001 dan 0.003 untuk analisa kerataan permukaan alumunium 6061 dan P value 0.000 dan 0.001 untuk analisa kekasaran permukaan alumunium 6061. Pengujian kerataan permukaan terbaik atau terendah adalah 17.3 μm yang diperoleh dari kecepatan putaran *spindle* 2200 rpm dan kedalaman pemakanan terkecil 0.1 mm. Sedangkan kekasaran terbaik atau terkecil adalah 3.69 μm yang diperoleh dari kecepatan putaran *spindle* 2200 rpm dan kedalaman pemakanan terkecil 0.1 mm.

Kata kunci : putaran *spindle*, kedalaman pemakanan, kerataan permukaan, kekasaran permukaan.

Abstract

Technology development in industrial sectore is increasing significantly. Particularly in using of computer system in machinery sectore. The consument's demand which is wish for workpiece quality that precision, good in quality, short in time-finished, and in great quantities, will be easier to do by using CNC tool machine than conventional tool machine. Flatness and roughness of a surface are absolute things that need to be considered in machinery process especially in Headman CNC milling machine. Headman CNC machine is CNC milling machine which can be operated both manually or automatically using GSK control program. This research is aimed to know the effect of spindle rotation speed and depth of cutting to flatness and roughness level of 6061 aluminum surface on Headman CNC Milling Machine. This research was experimental research by using 6061 aluminum with 80 mm in length, 35 mm in width, and 15 mm in thickness. There was 9 specimens which got different treatment in working proccess by varying spindle rotation speed (1400 rpm, 1800 rpm, and 2200 rpm) and depth of cut (0,1 mm, 0,2 mm, and 0,3 mm). The proccess of milling was done by slicing workpiece surface, then did flatness and roughness test. The analyzed data was the testing result of flatness and roughness level I, II and III of aluminum 6061 which will be taken the average value of every spindle rotation speed and depth of cut changing for analyzing by using quantitative descriptive research. Results of testing using SPSS 20 revealed significant with $\alpha = 0.05$ resulting P value 0,001 and 0.003 for the analysis of 6061 aluminum surface flatness and P value 0.000 and 0.001 for the analysis of 6061 aluminum surface roughness. The best or the lowest surface flatness test was 17.3 μm which has gotten from 2200 rpm of spindle rotation speed and the smallest depth of cut was 0.1 mm. While the best or the smallest roughness was 3.69 μm which has gotten from 2200 rpm of spindle rotation speed and the smallest depth of cut was 0.1 mm.

Keywords: spindle rotation, depth of cut, surface flatness, surface roughness.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dalam bidang industri saat ini semakin berkembang pesat. Terutama penggunaan sistem komputer dalam bidang pemesinan. Dalam hal ini komputer telah diaplikasikan ke dalam alat mesin perkakas diantaranya mesin bubut, mesin frais, mesin bor dan lain-lain. Hasil perpaduan teknologi komputer dan teknologi mekanik inilah yang selanjutnya dinamakan mesin CNC (*computer numerically controlled*). Tuntutan konsumen yang menghendaki kualitas benda kerja yang presisi, kualitas sama baik, selesai dengan waktu singkat dan dalam jumlah banyak, akan lebih mudah dikerjakan dengan mesin perkakas CNC dari pada menggunakan mesin perkakas konvensional. Mesin CNC dapat bekerja secara otomatis atau semi otomatis setelah diprogram terlebih dahulu melalui komputer.

Mesin CNC *Headman* merupakan salah satu mesin frais CNC yang dapat dioperasikan secara manual maupun secara otomatis (lewat program yang dikendalikan oleh komputer) dengan menggunakan kontrol program GSK untuk membentuk benda kerja menjadi bentuk yang dikehendaki.

Kerataan dan kekasaran permukaan merupakan hal mutlak yang harus diperhatikan dalam proses pemesinan, karena produk yang dihasilkan mempunyai kegunaan yang sangat penting. Tingkat kekasaran dan tidak rata permukaan yang tinggi pada komponen rangkaian mesin dapat menyebabkan cepat terjadi keausan, sehingga komponen mesin cepat rusak dan akhirnya efisiensi kerja menurun. Oleh karena itu, kerataan dan kekasaran permukaan hasil pengefraisan harus diperhatikan agar mendapatkan tingkat kerataan dan kekasaran permukaan yang rendah. Banyak faktor yang mempengaruhi tingkat kerataan dan kekasaran permukaan suatu benda yang di hasilkan oleh mesin frais CNC mulai dari kecepatan putaran *spindle*, kecepatan pemakanan, kedalaman pemakanan, kondisi mesin dan bahan benda kerja.

Teori lain mengungkapkan bahwa kualitas permukaan potong tergantung kepada kondisi pemotongan (*cutting condition*), yang dimaksud dengan kondisi pemotongan adalah besarnya kecepatan potong (*cutting speed*), ketebalan pemakanan (*feeding*) dan kedalaman pemakanan (*depth of cut*) (Syamsir, 1986:7).

Berdasarkan hasil penelitian Prasetya (2011) mengenai pengaruh kecepatan dan kedalaman pemakanan terhadap tingkat kekasaran permukaan benda kerja pada mesin frais CNC TU-3A menyatakan bahwa pada kecepatan pemakanan yang berbeda (40 mm/menit, 60 mm/menit dan 80 mm/menit) dengan kedalaman pemakanan 1 mm didapatkan rata-rata tingkat kekasaran permukaan 0,60 μm , 0,72 μm dan 0,80 μm , sedangkan untuk kedalaman pemakanan yang berbeda (1 mm, 1,5 mm dan 2 mm) pada kecepatan pemakanan 40 mm/menit didapatkan rata-rata tingkat kekasaran permukaan 0,60 μm , 0,66 μm dan 0,78 μm . Dari penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai kekasaran permukaan dipengaruhi oleh kecepatan dan kedalaman pemakanan, ketika kecepatan pemakanan semakin rendah dan kedalaman pemakanan semakin tipis nilai kekasaran permukaan akan semakin rendah.

Menurut Ash Shiddieqy (2014) dalam penelitiannya mengenai pengaruh jenis pahat, kecepatan spindle dan kedalaman pemakanan terhadap tingkat kekasaran permukaan dan bentuk geram baja ST.41 pada proses *milling* konvensional menyatakan bahwa pada kedalaman pemakanan yang terendah yaitu 0,2 mm memiliki nilai kekasaran permukaan yang rendah dengan nilai 1,115 μm , sedangkan untuk kecepatan spindle yang tinggi 1500 rpm didapatkan nilai kekasaran permukaan terendah dengan nilai 1,115 μm . Jadi menurut pendapat di atas nilai kekasaran terendah di hasilkan dari kecepatan spindle yang tinggi 1500 rpm dan kedalaman pemakanan terendah 0,2 mm.

Penelitian yang dilakukan oleh Fitriyah (2014) mengenai pengaruh jenis benda kerja, kedalaman pemakanan dan kecepatan spindle terhadap tingkat kerataan permukaan dan bentuk geram baja ST.41 dan ST.60 pada proses *milling* konvensional menyatakan bahwa kedalaman pemakanan yang terendah yaitu 0,2 mm memiliki nilai kerataan permukaan yang rendah dengan nilai 0,032 μm , sedangkan untuk kecepatan spindle yang tinggi 1500 rpm didapatkan nilai kerataan permukaan yang terendah dengan nilai 0,032 μm . Jadi menurut penelitian tersebut nilai kerataan terendah di dapatkan dari kedalaman pemakanan terendah 0,2 mm dan kecepatan spindle yang tinggi 1500 rpm.

Berdasarkan uraian di atas, maka peneliti akan melakukan penelitian dengan judul "Pengaruh kecepatan putaran *spindle* dan kedalaman pemakanan terhadap tingkat kerataan dan kekasaran permukaan aluminium 6061 pada mesin frais CNC *Headman*".

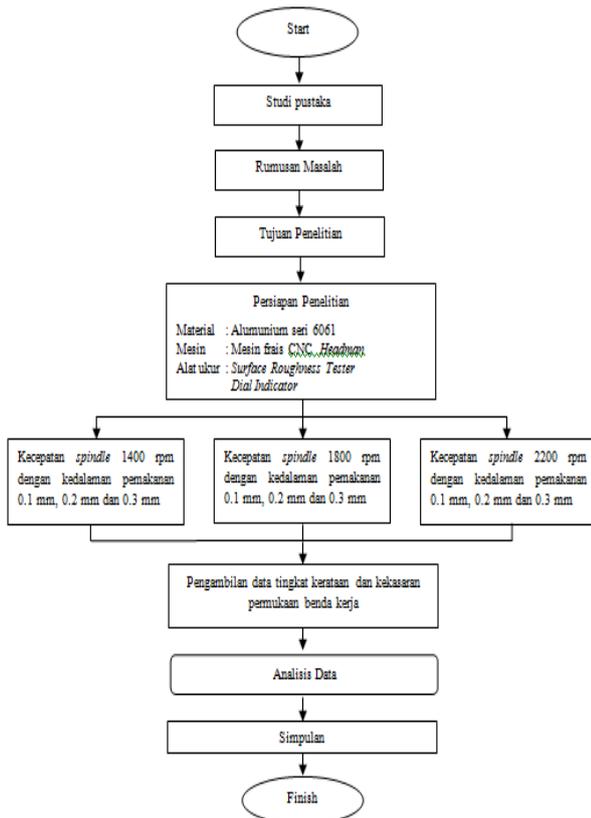
Penelitian ini melakukan pengefraisan permukaan aluminium 6061 dengan kecepatan putaran *spindle* menggunakan 1400, 1800 dan 2200 rpm dan kedalaman pemakanan menggunakan 0,1, 0,2 dan 0,3 mm.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh kecepatan putaran *spindle* dan kedalaman pemakanan terhadap tingkat kerataan dan kekasaran permukaan aluminium 6061 pada mesin frais CNC *Headman*.

Manfaat penelitian ini diharapkan dapat memberikan tambahan masukan terhadap cara atau pengerjaan menggunakan mesin frais CNC *Headman* agar mendapatkan hasil yang lebih baik.

METODE

Rancangan Penelitian



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di dua tempat, yaitu untuk pengerjaan benda kerja dan pengukuran kerataan permukaan dilaksanakan di Laboratorium CNC Jurusan Teknik Pemesinan SMK Negeri 1 Madiun, sedangkan untuk pengukuran kekasaran permukaan dilaksanakan di Laboratorium Pengujian Logam & CNC, BLKI Surabaya. Waktu yang dibutuhkan untuk pelaksanaan kegiatan penelitian ini adalah dari bulan Februari 2014 sampai dengan Juni 2014.

Variabel Penelitian

- Variabel Bebas
Variabel bebas dalam penelitian ini adalah kecepatan putaran *spindle* (1400 rpm, 1800 rpm dan 2200 rpm) dan kedalaman pemakanan (0.1 mm, 0.2 mm dan 0.3 mm)
- Variabel Kontrol
Variabel kontrol yang dimaksud adalah semua faktor yang dapat mempengaruhi tingkat kerataan dan kekasaran permukaan hasil pengefraisan, antara lain:
 - Mesin Frais CNC *Headman*.
 - Benda kerja aluminium 6061 dengan ukuran P = 80 mm, L = 35 mm dan T = 15 mm.
 - Kecepatan pemakanan 270 mm/menit.
 - Alat ukur kerataan permukaan (*dial indicator*)

- Alat ukur kekasaran permukaan (*surface roughness tester*).
- Pahat HSS merk nachi tipe *end mill* dengan \varnothing 16 mm.

- Variabel Terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kerataan dan kekasaran permukaan aluminium 6061 hasil dari proses pengefraisan menggunakan mesin frais CNC *Headman*.

Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian merupakan peralatan uji yang digunakan untuk memperoleh data penelitian yang sesuai dengan tujuan penelitian, instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- Mesin frais CNC *Headman*
- *Vernier Caliper* (Jangka Sorong)
- *Surface Roughness Tester*
- *Dial Indicator*
- *Waterpass*

Teknik Pengumpulan Data

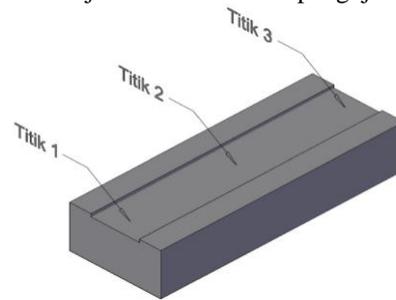
Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Metode eksperimen digunakan dalam penelitian ini karena dapat memberikan data yang *valid* dan dapat dipertanggung jawabkan. Dalam penelitian ini dilakukan eksperimen pengefraisan benda uji dengan variasi kecepatan putaran *spindle* dan kedalaman pemakanan.

Prosedur Penelitian

- Mempersiapkan benda kerja aluminium 6061 dengan ukuran P = 80 mm, L = 35 mm dan T = 15 mm.
- Mempersiapkan alat ukur yang akan digunakan yaitu *dial indicator* dan *surface roughness tester*.
- Memasukkan program pada mesin CNC *Headman*.
- Setelah memasukkan program ke dalam mesin CNC *Headman* langkah selanjutnya adalah melakukan pemeriksaan pada program yaitu melakukan simulasi, apakah terjadi kesalahan pemrograman apa tidak, bilamana terjadi kesalahan maka harus dilakukan pemeriksaan pada program agar diketahui letak kesalahannya.
- Memasang *endmill* \varnothing 16 mm pada *tool holder*.
- Pemasangan benda kerja pada ragum mesin CNC *Headman*. pemasangan benda kerja harus datar (rata air) dengan bantuan alat *waterpass*.
- Pengaturan posisi pisau frais pada koordinat X, Y, dan Z pada koordinat 0 (nol).
- Tutup pengaman kemudian tekan tombol *cycle start*.
- Setelah pengerjaan selesai benda kerja di bersihkan dari geram, posisi benda kerja masih di jepit dalam ragum.
- Melakukan pengujian kerataan permukaan.
 - Memasang *dial indicator* pada rumah *tool holder*.

- Menyentuh *spindle dial indicator* pada ujung permukaan benda kerja untuk melakukan *setting* titik 0.
- Putarlah *outer ring* sampai penunjuk pada posisi 0.
- Menggeser meja mesin ke sumbu -X perlahan-lahan dan bacalah gerakan *pointer* pada titik yang akan di ukur.
- Setelah pengukuran kerataan permukaan selesai, pintu pengaman dibuka dan benda kerja di ambil dari ragum.
- Melakukan hal yang sama pada benda kerja selanjutnya sampai benda kerja ke-9.
- Melakukan pengujian kedua yaitu kekasaran permukaan.
 - Menyiapkan benda kerja yang akan di ukur.
 - Menghidupkan alat ukur dengan menekan tombol *ON*.
 - *Set up* alat ukur, *Switch sampling length* pada posisi 0.25 dan pilih jenis pengukuran kekasaran yaitu *Rz*.
 - Menyentuh *stylus* pada permukaan benda kerja.
 - Tekan tombol *start*.
 - Pengukuran berlangsung dan akan muncul nilai nominal hasil pengukuran yang terlihat pada layar monitor dan catat hasil *Rz*.
 - Melakukan hal yang sama pada benda kerja selanjutnya sampai benda kerja ke-9.

kerataan dan kekasaran permukaan. Berikut ini adalah gambar benda kerja beserta titik-titik pengujian.



Gambar 2.Titik – titik pengujian kerataan dan kekasaran permukaan

Tabel 1. Data hasil uji kerataan permukaan

Kecepatan Putaran Spindle (rpm)	Kedalaman Pemakanan (mm)	Hasil Pengukuran Kerataan Permukaan				
		T1	T2	T3	Ra (mm)	Ra (µm)
1400	0.1	0.024	0.034	0.041	0.0330	33.0
	0.2	0.035	0.046	0.049	0.0433	43.3
	0.3	0.044	0.054	0.057	0.0517	51.7
1800	0.1	0.02	0.023	0.032	0.0250	25.0
	0.2	0.025	0.033	0.038	0.0320	32.0
	0.3	0.031	0.036	0.043	0.0367	36.7
2200	0.1	0.011	0.015	0.026	0.0173	17.3
	0.2	0.017	0.027	0.03	0.0247	24.7
	0.3	0.022	0.028	0.037	0.0290	29.0

Tabel 2. Data hasil uji kekasaran permukaan

Kecepatan Putaran Spindle (rpm)	Kedalaman Pemakanan (mm)	Hasil Pengukuran Kekasaran Permukaan (µm)			
		T1	T2	T3	Ra
1400	0.1	4.91	5.13	5.39	5.14
	0.2	5.1	5.27	5.82	5.40
	0.3	5.41	5.73	6.11	5.75
1800	0.1	4.37	4.42	4.74	4.51
	0.2	4.59	4.65	5.21	4.82
	0.3	4.93	5.38	5.43	5.25
2200	0.1	3.56	3.6	3.92	3.69
	0.2	3.88	4.05	4.5	4.14
	0.3	4.41	4.55	4.81	4.59

Teknik Analisis Data

Analisis data dalam penelitian ini dari hasil pengukuran kerataan dan kekasaran permukaan alumunium 6061, selanjutnya dilakukan analisis data.menggunakan metode deskripsi kuantitatif, untuk menterjemahkan dalam bentuk deskripsi, hasil penelitian ditafsirkan dengan metode kualitatif. Data yang di analisis adalah hasil pengujian I, II dan III tingkat kerataan dan kekasaran permukaan alumunium 6061 yang nantinya akan diambil nilai rata-rata dari setiap perubahan kecepatan putaran *spindle* dan kedalaman pemakanan. Hasil penelitian dilakukan dengan uji Duncan SPSS 20 dan Minitab 16.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian kerataan dan kekasaran permukaan alumunium 6061 dilakukan setelah benda kerja melalui proses pemesinan menggunakan mesin frais CNC *Headman* yang telah direncanakan yaitu dengan variasi kecepatan putaran *spindle* 1400 rpm, 1800 rpm dan 2200 rpm dengan variasi kedalaman pemakanan 0.1 mm, 0.2 mm dan 0.3 mm.

Pengerjaan benda kerja dilakukan dengan mengfrais rata permukaannya, kemudian diambil 3 titik untuk pengujian. Pengukuran pertama dilakukan pada sisi saat pertama kali pisau menyayat benda kerja, pengukuran kedua dilakukan di tengah-tengah penyayatan permukaan benda kerja, dan pengukuran ketiga dilakukan pada sisi akhir penyayatan benda kerja. Hasil pengukuran dari tiga titik tersebut kemudian diambil nilai rata-ratanya untuk

Analisa Hasil Kerataan Permukaan

Data hasil penelitian atau eksperimen diuji secara statistik untuk mengetahui variabel proses mana yang berpengaruh secara signifikan terhadap kerataan permukaan alumunium 6061 pada proses pengerjaan mesin frais CNC *Headman*.

Tabel 3. Analisa varian untuk kerataan permukaan

Factor	Type	Levels	Values			
Kecepatan Putaran Spindle	fixed	3	1400, 1800, 2200			
Kedalaman Pemakanan	fixed	3	0.1, 0.2, 0.3			
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Kecepatan Putaran Spindle	2	549.06	549.06	274.53	66.88	0.001
Kedalaman Pemakanan	2	296.99	296.99	148.49	36.17	0.003
Error	4	16.42	16.42	4.10		
Total	8	862.47				

S = 2.02606 R-Sq = 98.10% R-Sq(adj) = 96.19%

Dengan menggunakan analisa varian yang hasilnya ditunjukkan pada tabel, dapat diketahui bahwa kecepatan putaran *spindle* dan kedalaman pemakanan mempunyai pengaruh terhadap kerataan permukaan alumunium 6061 pada proses pengerjaan mesin frais CNC *Headman*.

Untuk mengetahui perbedaan kecepatan putaran *spindle* dan kedalaman pemakanan yang memberikan pengaruh terhadap kerataan permukaan hasil pengefraisan

permukaan alumunium 6061, maka dilakukan uji duncan. Hasil uji duncan terhadap kerataan permukaan ditunjukkan pada tabel 4 dan 5 sebagai berikut.

Tabel 4. Hasil uji duncan kecepatan putaran *spindle* terhadap kerataan permukaan

Kecepatan_Putaran_Spin dle	N	Subset		
		1	2	3
2200	3	23.667		
1800	3		31.233	
1400	3			42.667
Sig.		1.000	1.000	1.000

Hasil uji duncan dengan menggunakan alpha 0.05 menunjukkan bahwa pada proses pengefraisan dengan kecepatan putaran *spindle* yang berbeda, maka menghasilkan kerataan permukaan yang berbeda.

Tabel 5. Hasil uji duncan kedalaman pemakanan terhadap kerataan permukaan

Kedalaman Pemakanan	N	Subset		
		1	2	3
.1	3	25.100		
.2	3		33.333	
.3	3			39.133
Sig.		1.000	1.000	1.000

Hasil uji duncan dengan menggunakan alpha 0.05 menunjukkan bahwa pada proses pengefraisan dengan kedalaman pemakanan yang berbeda, maka menghasilkan kerataan permukaan yang berbeda.

Analisa Hasil Kekasaran Permukaan

Data hasil penelitian atau eksperimen diuji secara statistik untuk mengetahui variabel proses mana yang berpengaruh secara signifikan terhadap kekasaran permukaan alumunium 6061 pada proses pengerjaan mesin frais CNC *Headman*.

Tabel 6. Analisa varian untuk kekasaran permukaan

Factor	Type	Levels	Values				
Kecepatan Putaran Spindle	fixed	3	1400, 1800, 2200				
Kedalaman Pemakanan	fixed	3	0.1, 0.2, 0.3				
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P	
Kecepatan Putaran Spindle	2	2.50228	2.50228	1.25114	225.38	0.000	
Kedalaman Pemakanan	2	0.83639	0.83639	0.41819	75.33	0.001	
Error	4	0.02220	0.02220	0.00555			
Total	8	3.36088					

S = 0.0745066 R-Sq = 99.34% R-Sq(adj) = 98.68%

Dengan menggunakan analisa varian yang hasilnya ditunjukkan pada tabel, dapat diketahui bahwa kecepatan putaran *spindle* dan kedalaman pemakanan mempunyai pengaruh terhadap kekasaran permukaan alumunium 6061 pada proses pengerjaan mesin frais CNC *Headman*.

Untuk mengetahui perbedaan kecepatan putaran *spindle* dan kedalaman pemakanan yang memberikan pengaruh terhadap kekasaran permukaan hasil pengefraisan permukaan alumunium 6061, maka dilakukan uji duncan. Hasil uji duncan terhadap kekasaran permukaan ditunjukkan pada tabel 7 dan 8 sebagai berikut.

Tabel 7. Hasil uji duncan kecepatan putaran *spindle* terhadap kekasaran permukaan

Kecepatan_Putaran_Spin dle	N	Subset		
		1	2	3
2200	3	4.1400		
1800	3		4.8600	
1400	3			5.4300
Sig.		1.000	1.000	1.000

Hasil uji duncan dengan menggunakan alpha 0.05 menunjukkan bahwa pada proses pengefraisan dengan kecepatan putaran *spindle* yang berbeda, maka menghasilkan kekasaran permukaan yang berbeda.

Tabel 8. Hasil uji duncan kedalaman pemakanan terhadap kekasaran permukaan

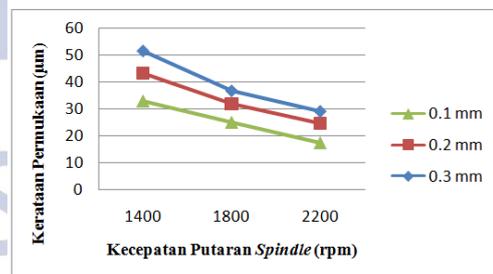
Kedalaman Pemakanan	N	Subset		
		1	2	3
.1	3	4.4467		
.2	3		4.7867	
.3	3			5.1967
Sig.		1.000	1.000	1.000

Hasil uji duncan dengan menggunakan alpha 0.05 menunjukkan bahwa pada proses pengefraisan dengan kedalaman pemakanan yang berbeda, maka menghasilkan kekasaran permukaan yang berbeda.

ANALISA HASIL Pengerjaan BERUPA GRAFIK (KERATAAN)

Tingkat Kerataan Permukaan Benda Kerja Berdasarkan Kecepatan Putaran *Spindle*

Di bawah ini adalah penyajian data berupa grafik kerataan permukaan dengan penjelasan secara distributif dari setiap pengujian benda kerja berdasarkan kecepatan putaran *spindle*.



Gambar 3. Grafik nilai rata-rata tingkat kerataan permukaan berdasarkan kecepatan putaran *spindle*

Pada pengerjaan benda kerja berdasarkan kecepatan putaran *spindle*, didapatkan hasil pengukuran tingkat kerataan permukaan benda kerja sebagai berikut :

- Kedalaman 0.1 mm
 - Kecepatan putaran *spindle* 1400 rpm = 33 µm
 - Kecepatan putaran *spindle* 1800 rpm = 25 µm
 - Kecepatan putaran *spindle* 2200 rpm = 17.3 µm
- Kedalaman 0.2 mm
 - Kecepatan putaran *spindle* 1400 rpm = 43.3 µm
 - Kecepatan putaran *spindle* 1800 rpm = 32 µm
 - Kecepatan putaran *spindle* 2200 rpm = 24.7 µm
- Kedalaman 0.3 mm
 - Kecepatan putaran *spindle* 1400 rpm = 51.7 µm
 - Kecepatan putaran *spindle* 1800 rpm = 36.7 µm

- Kecepatan putaran *spindle* 2200 rpm = 29 μm

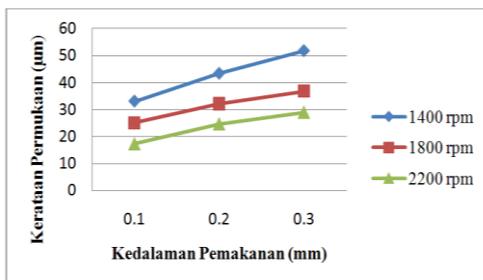
Kecepatan putaran *spindle* memberikan pengaruh terhadap kerataan permukaan benda kerja. Hal ini dapat dilihat pada gambar 3. Gambar tersebut menunjukkan bahwa perbedaan kecepatan putaran *spindle* menghasilkan kerataan yang berbeda pula. Kerataan permukaan benda kerja yang terbaik adalah yang nilainya terendah yang dihasilkan, masing – masing kecepatan putaran *spindle* sebagai berikut :

- Kecepatan putaran *spindle* 1400 rpm = 33 μm
- Kecepatan putaran *spindle* 1800 rpm = 25 μm
- Kecepatan putaran *spindle* 2200 rpm = 17.3 μm

Kerataan permukaan benda kerja terbaik diperoleh pada benda kerja dengan kecepatan putaran *spindle* tertinggi. Hal ini disebabkan, kecepatan putaran *spindle* yang rendah membuat beban pisau pada saat melakukan penyayatan semakin besar, sehingga pisau menerima beban yang tinggi dan bergetar ketika melakukan penyayatan dan membuat permukaan menjadi tidak rata. Dengan semakin tinggi kecepatan putaran *spindle* akan membuat gesekan antara pisau dengan benda kerja semakin kecil, hal ini akan membuat permukaan benda kerja semakin rata.

Tingkat Kerataan Permukaan Benda Kerja Berdasarkan Kedalaman Pemakanan

Di bawah ini adalah penyajian data berupa grafik kerataan permukaan dengan penjelasan secara distributif dari setiap pengujian benda kerja berdasarkan kedalaman pemakanan.



Gambar 4. Grafik nilai rata-rata tingkat kerataan permukaan berdasarkan kedalaman pemakanan

Pada pengerjaan benda kerja berdasarkan kedalaman pemakanan, didapatkan hasil pengukuran tingkat kerataan permukaan benda kerja sebagai berikut :

- Kecepatan putaran *spindle* 1400 rpm
 - Kedalaman pemakanan 0.1 mm = 33 μm
 - Kedalaman pemakanan 0.2 mm = 43.3 μm
 - Kedalaman pemakanan 0.3 mm = 51.7 μm
- Kecepatan putaran *spindle* 1800 rpm
 - Kedalaman pemakanan 0.1 mm = 25 μm
 - Kedalaman pemakanan 0.2 mm = 32 μm
 - Kedalaman pemakanan 0.3 mm = 36.7 μm
- Kecepatan putaran *spindle* 2200 rpm
 - Kedalaman pemakanan 0.1 mm = 17.3 μm
 - Kedalaman pemakanan 0.2 mm = 24.7 μm
 - Kedalaman pemakanan 0.3 mm = 29.0 μm

Kedalaman pemakanan berpengaruh terhadap kerataan permukaan. Hal ini dapat dilihat pada gambar 4. Gambar tersebut menunjukkan bahwa perbedaan kedalaman pemakanan menghasilkan kerataan yang berbeda pula. Kerataan permukaan benda kerja yang terbaik adalah yang nilainya terkecil yang dihasilkan, masing – masing kedalaman pemakanan sebagai berikut :

- Kedalaman pemakanan 0.1 = 17.3 μm
- Kedalaman pemakanan 0.2 = 24.7 μm
- Kedalaman pemakanan 0.3 = 29 μm

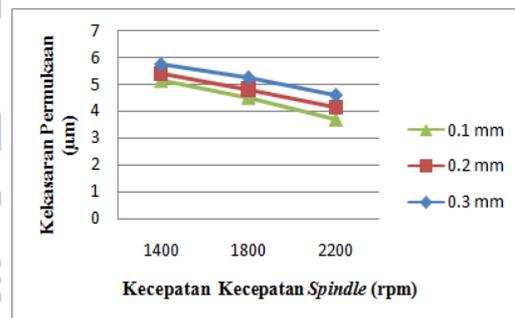
Kerataan permukaan benda kerja terbaik diperoleh dengan kedalaman pemakanan yang kecil. Hal ini disebabkan, kedalaman pemakanan yang kecil membuat beban penyayatan pisau semakin kecil, sehingga pisau tidak terlalu bergetar dan menerima beban tidak terlalu berat ketika melakukan penyayatan dan membuat permukaan menjadi rata.

Semakin besar kedalaman pemakanan akan membuat gesekan antara pisau dan benda kerja semakin besar, hal ini akan membuat permukaan benda kerja semakin tidak rata. Pada proses penyayatan pisau semakin besar, daya yang dibutuhkan akan bertambah besar. Pisau akan mengalami keausan yang dapat menyebabkan proses penyayatan menjadi tidak sempurna atau tidak rata dan semakin lama ketebalan benda kerja antara ujung satu dengan yang satunya menjadi ukuran yang berbeda.

ANALISA HASIL Pengerjaan BERUPA GRAFIK (KEKASARAN)

Tingkat Kekasaran Permukaan Benda Kerja Berdasarkan Kecepatan Putaran *Spindle*

Di bawah ini adalah penyajian data berupa grafik kekasaran permukaan dengan penjelasan secara distributif dari setiap pengujian benda kerja berdasarkan kecepatan putaran *spindle*.



Gambar 5. Grafik nilai rata-rata tingkat kekasaran permukaan berdasarkan kecepatan putaran *spindle*

Pada pengerjaan benda kerja berdasarkan kecepatan putaran *spindle*, didapatkan hasil pengukuran tingkat kekasaran permukaan benda kerja sebagai berikut :

- Kedalaman 0.1 mm
 - Kecepatan putaran *spindle* 1400 rpm = 5.14 μm
 - Kecepatan putaran *spindle* 1800 rpm = 4.51 μm
 - Kecepatan putaran *spindle* 2200 rpm = 3.69 μm
- Kedalaman 0.2 mm
 - Kecepatan putaran *spindle* 1400 rpm = 5.40 μm
 - Kecepatan putaran *spindle* 1800 rpm = 4.82 μm
 - Kecepatan putaran *spindle* 2200 rpm = 4.14 μm

- Kedalaman 0.3 mm
 - Kecepatan putaran *spindle* 1400 rpm = 5.75 μm
 - Kecepatan putaran *spindle* 1800 rpm = 5.25 μm
 - Kecepatan putaran *spindle* 2200 rpm = 4.59 μm

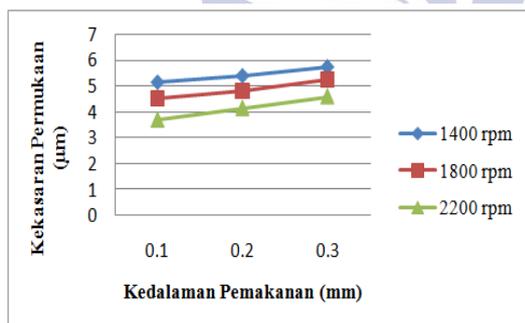
Kecepatan putaran *spindle* berpengaruh terhadap kekasaran permukaan. Hal ini dapat dilihat pada gambar 5. Gambar tersebut menunjukkan bahwa perbedaan kecepatan putaran *spindle* menghasilkan kekasaran yang berbeda pula. Kekasaran permukaan benda kerja yang terbaik adalah yang nilainya terendah yang dihasilkan masing – masing kecepatan putaran *spindle* sebagai berikut :

- Kecepatan putaran *spindle* 1400 rpm = 5.14 μm
- Kecepatan putaran *spindle* 1800 rpm = 4.51 μm
- Kecepatan putaran *spindle* 2200 rpm = 3.69 μm

Kekasaran permukaan benda kerja terbaik diperoleh dengan kecepatan putaran *spindle* tertinggi. Hal ini dikarenakan kecepatan putaran *spindle* yang tinggi mengakibatkan pisau semakin cepat berputar dan semakin sering penyayatan, sehingga benda kerja sering tersayat menyebabkan permukaan menjadi semakin halus.

Tingkat Kekasaran Permukaan Benda Kerja Berdasarkan Kedalaman Pemakanan

Di bawah ini adalah penyajian data berupa grafik kekasaran permukaan dengan penjelasan secara distributif dari setiap pengujian benda kerja berdasarkan kedalaman pemakanan.



Gambar 6. Grafik nilai rata-rata tingkat kekasaran permukaan berdasarkan kedalaman pemakanan

Pada pengerjaan benda kerja berdasarkan kedalaman pemakanan, didapatkan hasil pengukuran tingkat kekasaran permukaan benda kerja sebagai berikut :

- Kecepatan putaran *spindle* 1400 rpm
 - Kedalaman pemakanan 0.1 mm = 5.14 μm
 - Kedalaman pemakanan 0.2 mm = 5.40 μm
 - Kedalaman pemakanan 0.3 mm = 5.75 μm
- Kecepatan putaran *spindle* 1800 rpm
 - Kedalaman pemakanan 0.1 mm = 4.51 μm
 - Kedalaman pemakanan 0.2 mm = 4.82 μm
 - Kedalaman pemakanan 0.3 mm = 5.25 μm
- Kecepatan putaran *spindle* 2200 rpm
 - Kedalaman pemakanan 0.1 mm = 3.69 μm
 - Kedalaman pemakanan 0.2 mm = 4.14 μm
 - Kedalaman pemakanan 0.3 mm = 4.59 μm

Kedalaman pemakanan berpengaruh terhadap kekasaran permukaan. Hal ini dapat dilihat pada gambar

6. Gambar tersebut menunjukkan bahwa perbedaan kedalaman pemakanan menghasilkan tingkat kekasaran yang berbeda pula. Kekasaran permukaan benda kerja yang terbaik adalah yang nilainya terendah yang dihasilkan, masing – masing kedalaman pemakanan sebagai berikut :

- Kedalaman pemakanan 0.1 = 3.69 μm
- Kedalaman pemakanan 0.2 = 4.14 μm
- Kedalaman pemakanan 0.3 = 4.59 μm

Kekasaran permukaan benda kerja terbaik diperoleh dengan kedalaman pemakanan yang kecil. Hal ini disebabkan, kedalaman pemakanan yang kecil membuat beban pisau pada saat melakukan penyayatan semakin kecil, sehingga pisau tidak terlalu bergetar dan menerima beban ringan ketika melakukan penyayatan dan membuat permukaan menjadi halus. Dengan semakin tinggi kedalaman pemakanan akan membuat gesekan antara pisau dan benda kerja semakin besar, hal ini akan membuat permukaan benda kerja semakin tidak halus.

Proses penyayatan yang dilakukan pisau semakin besar, daya yang dibutuhkan akan bertambah besar. Pisau akan panas sehingga mengalami keausan yang dapat menyebabkan proses penyayatan menjadi tidak sempurna atau tidak halus.

PENUTUP

Simpulan

- Kecepatan putaran *spindle* terbaik adalah 2200 rpm, karena menghasilkan kerataan dan kekasaran permukaan alumunium 6061 paling baik dengan nilai kerataan permukaan terkecil yaitu 17.3 μm dan nilai kekasaran permukaan terendah 3.69 μm . Hasil pengujian menggunakan SPSS 20 dan Minitab 16 menyatakan signifikan dengan $\alpha = 0.05$ menghasilkan P value 0.001 untuk analisa kerataan permukaan dan P value 0.000 untuk analisa kekasaran permukaan.
- Kedalaman pemakanan terbaik adalah 0.1 mm, karena menghasilkan kerataan dan kekasaran permukaan alumunium 6061 paling baik dengan nilai kerataan permukaan terkecil 17.3 μm dan nilai kekasaran permukaan terendah 3.69 μm . Hasil pengujian menggunakan SPSS 20 dan Minitab 16 menyatakan signifikan dengan $\alpha = 0.05$ menghasilkan P value 0.003 untuk analisa kerataan permukaan dan P value 0.001 untuk analisa kekasaran permukaan.
- Pengujian kerataan permukaan terbaik atau terendah adalah 17.3 μm yang diperoleh dari kecepatan putaran *spindle* 2200 rpm dan kedalaman pemakanan terkecil 0.1 mm. Sedangkan kekasaran permukaan terbaik atau terkecil adalah 3.69 μm yang diperoleh dari kecepatan putaran *spindle* 2200 rpm dan kedalaman pemakanan terkecil 0.1 mm.

Saran

- Untuk memperoleh hasil penelitian yang lebih akurat, perlu dilakukan pengujian kerataan dan kekasaran permukaan dengan variabel bebas yang

lebih bervariasi pada proses mesin frais CNC *Headman*.

- Bagi peneliti yang lain disarankan mengembangkan topik lain mengenai proses pengefraisan menggunakan mesin frais CNC *Headman*, sehingga dapat melengkapi referensi dalam proses pengefraisan.
- Sebagai bahan pertimbangan dalam proses pengefraisan permukaan tahap finishing menggunakan mesin frais CNC *Headman*, di sarankan memilih kedalaman pemakanan yang kecil dan kecepatan putaran *spindle* yang tinggi untuk mendapatkan tingkat kerataan dan kekasaran paling optimal (rendah).

DAFTAR PUSTAKA

Ash Shiddieqy, Achmad. 2014. *Pengaruh Jenis Pahat, Kecepatan Spindel dan kedalaman Pemakanan Terhadap Tingkat kekasaran Permukaan dan Bentuk Geram Baja St.41 Pada Proses Milling konvensional*. Skripsi Strata 1 tidak diterbitkan. Universitas Negeri Surabaya.

Fitriyah, Laili. 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*. Jurnal Skripsi. JTM. Volume 02 Nomor 02 Tahun 2014, 208-216.

Muin, Syamsir. 1986. *Dasar-Dasar Perencanaan Perkakas*. Jakarta: PT. Rineka Cipta.

Prasetya, Heru. 2011. *Pengaruh Kecepatan dan Kedalaman Pemakanan Terhadap Tingkat Kekasaran Permukaan Benda Kerja Pada Mesin Frais CNC TU-3A Dengan Program G01*. Skripsi Strata 1 tidak diterbitkan. Universitas Negeri Surabaya.