

PENGARUH VARIASI KEDALAMAN PEMAKANAN DAN KECEPATAN PUTAR *SPINDLE* TERHADAP TINGKAT KEKASARAN PERMUKAAN ALUMINIUM 6061 PADA MESIN CNC TU-2A DENGAN PROGRAM ABSOLUT G01

Pebri Dwi Kurniawan

S1 Pendidikan Teknik Mesin Produksi, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

e-mail: pebri.dk@gmail.com

Mochamad Arif Irfa'i

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

e-mail: marifirfai@yahoo.co.id

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi kedalaman pemakanan (0,1 mm; 0,3 mm; 0,5 mm) dan variasi kecepatan putar *spindle* (1700 rpm, 2200 rpm, 2700 rpm) terhadap tingkat kekasaran permukaan benda kerja aluminium 6061 pada mesin bubut CNC TU-2A dengan program absolut G01, dan mengetahui nilai tingkat kekasaran permukaan paling rendah yang dihasilkan dari interaksi variasi kedalaman pemakanan dan kecepatan putar *spindle*. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen, dilakukan di Laboratorium CNC Jurusan Teknik Mesin, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya. Sedangkan untuk pengujian tingkat kekasaran permukaan benda kerja dilakukan di Laboratorium Pengujian Bahan, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Negeri Surabaya. Dalam penelitian ini benda kerja yang digunakan adalah Al 6061 dengan diameter 25,4 mm, panjang 60 mm dan sebanyak 9 buah yang mendapatkan perlakuan berbeda dalam proses pengerjaannya, yaitu berbeda kedalaman pemakanan dan kecepatan putar *spindle*. Alat ukur yang digunakan untuk mengukur kekasaran permukaan benda kerja tersebut adalah *surface tester*. Metode analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif kualitatif. Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa: (1) Ada pengaruh variasi kedalaman pemakanan, yaitu pada kedalaman 0,1 mm; 0,3 mm; dan 0,5 mm dihasilkan rata-rata tingkat kekasaran permukaan benda kerja secara berturut-turut adalah 1,366 μm , 1,849 μm , dan 2,091 μm . Jadi semakin dalam pemakanan, maka semakin tinggi tingkat kekasaran permukaan benda kerja. (2) Ada pengaruh variasi kecepatan putar *spindle*, yaitu pada kecepatan 1700 rpm, 2200 rpm, 2700 rpm dihasilkan rata-rata tingkat kekasaran permukaan benda secara berturut-turut adalah 2,199 μm , 1,880 μm , dan 1,366 μm . Jadi, semakin tinggi kecepatan putar *spindle*, maka semakin rendah tingkat kekasaran permukaan benda kerja. (3) Variasi kedalaman pemakanan dan kecepatan putar *spindle* yang menghasilkan benda kerja dengan nilai rata-rata tingkat kekasaran paling rendah adalah pengerjaan dengan kedalaman pemakanan 0,1 mm dan kecepatan putar *spindle* 2700, yaitu sebesar 1,366 μm .

Kata Kunci: kedalaman pemakanan, kecepatan putar *spindle*, kekasaran permukaan, CNC TU-2A.

Abstract

This study is aimed to determine the effect of variations in the depth of cut (0,1 mm; 0,3 mm; 0,5 mm) and variations in the spindle rotation speed (1700 rpm, 2200 rpm, 2700 rpm) on the roughness level of aluminium 6061 workpiece surface in CNC TU-2A lathe with G01 absolute program, and determine the value of the lowest level of surface roughness resulted by the interaction between variations in the depth of cut and the spindle rotation speed. This study is an experimental research, conducted in the CNC Laboratory of Mechanical Engineering Department, 17 Agustus 1945 University of Surabaya. As for the testing of workpiece surface roughness level is carried out in the Laboratory Testing of materials, Mechanical Engineering Department, State University of Surabaya. In this study, the workpiece used was Al 6061 with 25,4 mm diameter, 60 mm length, and as much as 9 pieces were treated differently in the course of work, ie difference in the depth of incision and the spindle rotation speed. The instrument used to measure the roughness of workpiece surface was called as surface tester. Analysis method used in this study was descriptive qualitative method. From the results, it can be concluded that: (1) There is influence of variations in the depth of cut, which is at the depth of 0,1 mm; 0,3 mm; and 0,5 mm, producing the workpiece surface roughness respectively is 1,366 μm , 1,849 μm , dan 2,091 μm . Thus, the deeper the cut, the higher the level of workpiece surface roughness; (2) There is influence of variations in the spindle rotation speed, which is at the speed of 1700 rpm, 2200 rpm, 2700 rpm, producing the workpiece surface roughness respectively is 2,199 μm , 1,880 μm , and 1,366 μm . Thus, the higher the spindle rotation, the lower the level of workpiece surface level; (3) The variations in the depth of cut and spindle rotation speed which produce the workpiece with the average value of the lowest roughness level, which is 1,366 μm , is working at the depth of 0,1 mm and the speed of 2700 rpm.

Keywords: depth of cut, spindle rotation speed, workpiece surface roughness, CNC TU-2A.

PENDAHULUAN

Dalam perkembangan teknologi, industri dituntut untuk menghasilkan produk yang harus sesuai dengan standar yang diberlakukan di pasar internasional dalam jumlah banyak dan waktu pengerjaan yang efisien, agar dapat meningkatkan daya saing produk dalam negeri dengan produk hasil industri di negara yang lebih maju. Maka dibutuhkan terobosan baru untuk mengejar produk yang laku dan berdaya saing tinggi di pasar internasional.

Salah satu bentuk terobosan baru dalam proses produksi adalah dengan ditemukannya mesin CNC (*Computer Numerical Control*), yaitu mesin perkakas yang dikendalikan dengan program komputer melalui sistem kontrol numerik. Karena jika dibandingkan dengan mesin perkakas konvensional yang setaraf dan sejenis, mesin CNC lebih teliti (*accurate*), lebih tepat (presisi), luwes (*flexible*) dan cocok untuk produk massal, sehingga dalam dunia industri sudah banyak yang beralih ke mesin-mesin CNC guna meningkatkan mutu produk, kapasitas produksi serta pelayanan kepada konsumen (Lilih, dkk., 2003:1).

Tingkat kekasaran permukaan benda kerja merupakan salah satu tolok ukur utama dari proses produksi yang sangat mempengaruhi mutu produk yang dihasilkan. Seperti yang dikatakan Abbas, dkk. (2013) yang berbunyi “Pada proses permesinan ukuran kualitas banyak dilihat dari kekasaran permukaan yang dihasilkan. Tingkat kekasaran permukaan menjadi parameter kualitas utama dari setiap proses permesinan”. Maka kekasaran permukaan menjadi bagian yang harus diteliti guna mendapatkan data yang bermanfaat dalam proses produksi bagi operator mesin.

Agar dapat mencapai tingkat kekasaran yang rendah dan sesuai dengan standar, maka adapun faktor-faktor yang dapat mempengaruhi tingkat kekasaran pada proses produksi adalah seperti yang dikatakan oleh Tri Adi Prasetya (2010:2-3), yaitu antara lain kecepatan *spindle*, kedalaman pemakanan, gerak pemakanan, kondisi mesin, bahan benda kerja, bentuk ujung mata potong pahat, pendinginan, dan operator.

Sedangkan pada pemilihan bahan benda kerja ada beberapa hal yang harus diperhatikan antara lain pertimbangan fungsi, pembebanan, kemampuan bentuk dan kemudahan pencarian di pasaran (Nieman dalam Lesmono, 2013:49). Bahan yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian adalah paduan aluminium 6061. Karena paduan aluminium ini adalah salah satu jenis bahan yang banyak penerapannya pada industri maju, yaitu digunakan untuk bahan konstruksi, serta memiliki keunggulan sifat tahan korosi, kekuatan yang tinggi, ringan, mampu dikerjakan pada mesin CNC TU-2A dan mudah diperoleh di pasaran.

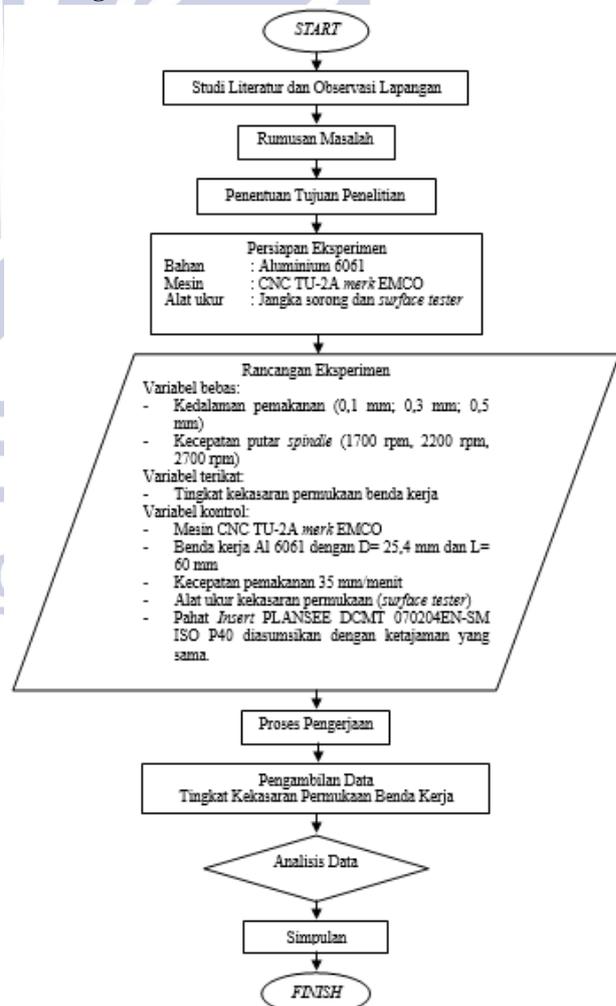
Metode pemrograman yang digunakan adalah metode *absolute*, karena berdasarkan pengalaman di lapangan, operator lebih banyak yang menggunakan metode *absolute* dan metode ini dirasa lebih mudah dalam penyusunan program dibandingkan metode *incremental*.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi kedalaman pemakanan (0,1 mm; 0,3 mm; 0,5 mm) dan variasi kecepatan putar *spindle* (1700 rpm, 2200 rpm, 2700 rpm) terhadap tingkat kekasaran permukaan benda kerja aluminium 6061 pada mesin bubut CNC TU-2A dengan program absolut G01. Serta untuk mengetahui nilai tingkat kekasaran permukaan paling rendah yang dihasilkan dari interaksi variasi kedalaman pemakanan dan kecepatan putar *spindle*.

Adapun manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah dapat digunakan sebagai acuan dalam menentukan pengaturan kedalaman pemakanan dan kecepatan putar *spindle* yang paling optimal untuk mendapatkan kekasaran yang diinginkan dalam proses bubut CNC TU-2A pada aluminium 6061.

METODE

Rancangan Penelitian



Gambar 1. Rancangan Penelitian

Waktu dan Tempat

Penelitian dilakukan pada November 2013 sampai dengan Mei 2014. Untuk proses pengerjaan dilakukan di Laboratorium CNC, Jurusan Teknik Mesin Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, sedangkan untuk pengujian kekasaran dilakukan di Laboratorium Pengujian Bahan, Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya.

Populasi dan Sampel

Populasi adalah wilayah generalisasi yang terdiri atas: obyek/subyek yang mempunyai kualitas dan karakteristik tertentu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulannya (Sugiyono, 2007:61). Populasi dalam penelitian ini adalah benda kerja dari aluminium 6061.

Menurut Sugiyono (2008:118) "Sampel adalah bagian dari jumlah dan karakteristik yang dimiliki oleh populasi". Sampel dalam penelitian ini adalah paduan aluminium 6061 dengan ukuran diameter 25,4 mm dan panjang 60 mm, sebanyak 9 benda kerja.

Dalam penelitian ini teknik pengambilan sampel menggunakan teknik sampling bertujuan (*purposive sampling*), yaitu teknik sampling yang digunakan oleh peneliti jika peneliti mempunyai pertimbangan-pertimbangan tertentu di dalam pengambilan sampelnya (Suharsimi Arikunto, 2007:97). Maksudnya, peneliti menentukan sendiri sampel yang diambil karena ada pertimbangan tertentu. Jadi, sampel diambil tidak secara acak, tapi sudah ditentukan sendiri oleh peneliti.

Variabel Penelitian

- Variabel Bebas
Variabel bebas dalam penelitian ini adalah kedalaman pemakanan (0,1 mm; ,3 mm; 0,5 mm) dan kecepatan putar *spindle* (1700 rpm, 2200 rpm, 2700 rpm).
- Variabel Terikat
Variabel terikat dalam penelitian ini adalah tingkat kekasaran permukaan aluminium 6061 hasil dari proses pembubutan pada mesin CNC TU-2A.
- Variabel Kontrol
Variabel kontrol yang dimaksud adalah semua faktor yang dapat mempengaruhi tingkat kekasaran permukaan, faktor tersebut meliputi: mesin CNC TU-2A merk EMCO, benda kerja aluminium 6061 dengan D= 25,4 mm dan L= 60 mm, kecepatan pemakanan 35 mm/menit, alat ukur kekasaran permukaan (*surface tester*), dan pahat *Insert* PLANSEE DCMT 070204EN-SM ISO P40 diasumsikan dengan ketajaman yang sama.

Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- Metode literatur, yaitu suatu acuan atau pedoman dalam melaksanakan kegiatan penelitian agar dapat terarah pada tujuan awal penelitian.
- Observasi (pengamatan), yaitu alat pengumpulan data yang dilakukancara mengamati dan mencatat secara sistemik gejala-gejala yang diselidiki (Cholid Narbuko dan Abu Achmadi, 2005:70).
- Metode eksperimen, digunakan karena akan memberikan data yang valid dan dapat dipertanggungjawabkan dalam penelitian ini. Peneliti akan melakukan eksperimen pengerjaan benda kerja dengan variasi kecepatan putar *spindle* (1700 rpm, 2200 rpm, 2700 rpm) untuk mengetahui pengaruhnya terhadap tingkat kekasaran aluminium 6061 pada mesin CNC TU-2A.

Teknik Analisis Data

Setelah data atau hasil yang berupa ukuran tingkat kekasaran permukaan aluminium 6061 sudah diperoleh, maka selanjutnya dilakukan analisis data. Metode analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif kualitatif. Secara garis besar analisis data dilakukan dengan cara mendeskripsikan data kuantitatif secara sistematis yang diperoleh dari setiap hasil perubahan yang terjadi pada eksperimen secara langsung.

HASIL DAN PEMBAHASAN

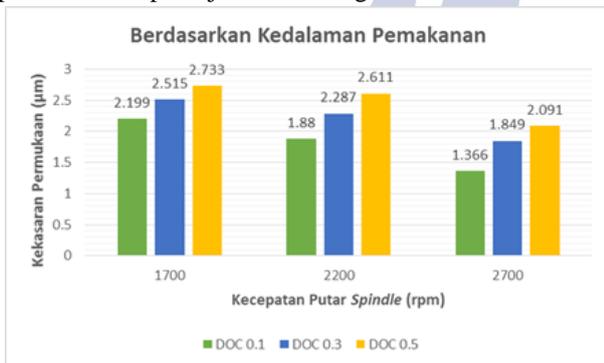
Data Hasil Penelitian

Setelah proses pengerjaan pada mesin CNC TU-2A, benda kerja diukur tingkat kekasaran permukaan dengan menggunakan alat *surface tester*. Permukaan benda kerja yang dibubut dibagi menjadi 3 bagian titik pengukuran. Pengukuran pertama dilakukan pada sisi saat pertama kali pahat menyayat benda kerja, pengukuran kedua dilakukan di tengah-tengah permukaan benda kerja, dan pengukuran ketiga dilakukan pada sisi penyayatan terakhir benda kerja. Adapun hasil pengujian tingkat kekasaran permukaan benda kerja yang dilakukan dengan variasi kedalaman pemakanan (0,1 mm; 0,3 mm; 0,5 mm) dan variasi kecepatan putar *spindle* (1700 rpm, 2200 rpm, 2700 rpm) adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil pengukuran tingkat kekasaran permukaan benda kerja

No.	Kedalaman Pemakanan (mm)	Kecepatan Putar <i>Spindle</i> (rpm)	Hasil Pengukuran Kekasaran Permukaan (μm)				
			Pengujian			Σ	Rata-rata
			I	II	III		
1	0,1	1700	2,327	2,231	2,039	6,597	2,199
2	0,1	2200	2,016	1,956	1,667	5,639	1,880
3	0,1	2700	1,379	1,339	1,379	4,097	1,366
4	0,3	1700	2,451	2,843	2,251	7,545	2,515
5	0,3	2200	2,139	2,516	2,207	6,862	2,287
6	0,3	2700	1,976	1,803	1,768	5,547	1,849
7	0,5	1700	2,671	3,143	2,384	8,198	2,733
8	0,5	2200	2,411	2,843	2,579	7,833	2,611
9	0,5	2700	2,183	2,204	1,887	6,274	2,091

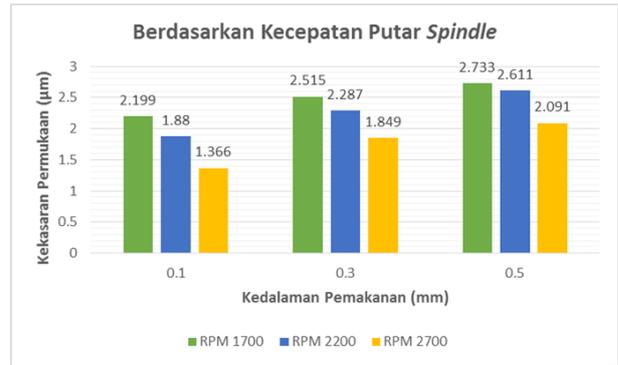
Berikut adalah penjabaran hasil penelitian di atas berdasarkan kedalaman pemakanan dan kecepatan putar *spindle* disajikan dalam bentuk grafik dengan penjelasan secara distributif. Hasil penelitian berdasarkan kedalaman pemakanan dapat dijabarkan sebagai berikut:



Gambar 2. Grafik rata-rata tingkat kekasaran permukaan berdasarkan kedalaman pemakanan

- Kedalaman pemakanan 0,1 mm
 - Kecepatan putar *spindle* 1700 rpm = 2,199 μm
 - Kecepatan putar *spindle* 2200 rpm = 1,880 μm
 - Kecepatan putar *spindle* 2700 rpm = 1,366 μm
- Kedalaman pemakanan 0,3 mm
 - Kecepatan putar *spindle* 1700 rpm = 2,515 μm
 - Kecepatan putar *spindle* 2200 rpm = 2,287 μm
 - Kecepatan putar *spindle* 2700 rpm = 1,849 μm
- Kedalaman pemakanan 0,5 mm
 - Kecepatan putar *spindle* 1700 rpm = 2,733 μm
 - Kecepatan putar *spindle* 2200 rpm = 2,611 μm
 - Kecepatan putar *spindle* 2700 rpm = 2,091 μm

Sedangkan hasil penelitian berdasarkan kecepatan putar *spindle* dapat dijabarkan sebagai berikut:



Gambar 3. Grafik rata-rata tingkat kekasaran permukaan berdasarkan kecepatan putar *spindle*

- Kecepatan putar *spindle* 1700 rpm
 - Kedalaman pemakanan 0,1 mm = 2,199 μm
 - Kedalaman pemakanan 0,3 mm = 2,515 μm
 - Kedalaman pemakanan 0,5 mm = 2,733 μm
- Kecepatan putar *spindle* 2200 rpm
 - Kedalaman pemakanan 0,1 mm = 1,880 μm
 - Kedalaman pemakanan 0,3 mm = 2,287 μm
 - Kedalaman pemakanan 0,5 mm = 2,611 μm
- Kecepatan putar *spindle* 2700 rpm
 - Kedalaman pemakanan 0,1 mm = 1,366 μm
 - Kedalaman pemakanan 0,3 mm = 1,849 μm
 - Kedalaman pemakanan 0,5 mm = 2,091 μm

Pembahasan

Untuk memperjelas data hasil penelitian di atas, maka akan dijelaskan secara deskriptif dari setiap parameter penelitian sebagai berikut:

• Pengaruh kedalaman pemakanan terhadap kekasaran permukaan benda kerja

Berdasarkan (Tabel 1) dan (Gambar 2), terlihat bahwa selalu terjadi penurunan tingkat kekasaran permukaan benda kerja setiap dilakukan penambahan kecepatan putar *spindle*. Berdasarkan masing-masing kedalaman pemakanan dapat ditunjukkan tingkat kekasaran yang paling baik (paling rendah), pada variasi berikut:

- Kedalaman pemakanan 0,1 mm dengan kecepatan putar *spindle* 2700 rpm yaitu 1,366 μm .
- Kedalaman pemakanan 0,3 mm dengan kecepatan putar *spindle* 2700 rpm yaitu 1,849 μm .
- Kedalaman pemakanan 0,5 mm dengan kecepatan putar *spindle* 2700 rpm yaitu 2,091 μm

Dari tingkat kekasaran permukaan di atas, tingkat kedalaman pemakanan yang paling optimal menghasilkan tingkat kekasaran permukaan benda kerja yang rendah adalah pada kedalaman terendah

0,1 mm yaitu 1,366 μm . Jadi, kekasaran permukaan benda kerja terbaik diperoleh dengan kedalaman pemakanan yang rendah. Sebab kedalaman pemakanan yang rendah membuat beban pahat pada saat melakukan penyayatan semakin kecil dan getaran pahat kecil, sehingga mengakibatkan tingkat kekasaran permukaan benda kerja lebih rendah dibandingkan dengan kedalaman pemakanan yang tinggi.

- **Pengaruh kecepatan *spindle* terhadap kekasaran permukaan benda kerja**

Berdasarkan (Tabel 1) dan (Gambar 3), terlihat bahwa selalu terjadi peningkatan tingkat kekasaran permukaan benda kerja setiap dilakukan penambahan kedalaman pemakanan. Berdasarkan masing-masing kecepatan putar *spindle* yang menunjukkan tingkat kekasaran paling baik (paling rendah) dapat ditunjukkan pada variasi berikut:

- Kecepatan putar *spindle* 1700 rpm dengan kedalaman pemakanan 0,1 mm yaitu 2,199 μm .
- Kecepatan putar *spindle* 2200 rpm dengan kedalaman pemakanan 0,1 mm yaitu 1,880 μm .
- Kecepatan putar *spindle* 2700 rpm dengan kedalaman pemakanan 0,1 mm yaitu 1,366 μm .

Dari tingkat kekasaran permukaan di atas, kecepatan putar *spindle* yang paling optimal menghasilkan tingkat kekasaran permukaan benda kerja yang rendah adalah pada kecepatan tertinggi 2700 yaitu 1,366 μm . Jadi, kekasaran permukaan benda kerja terbaik diperoleh dengan kecepatan putar *spindle* yang tinggi. Sebab kecepatan putar *spindle* yang tinggi mengakibatkan benda semakin cepat berputar dan pahat semakin sering melakukan penyayatan dalam setiap jarak penyayatannya, sehingga mengakibatkan tingkat kekasaran permukaan benda kerja lebih rendah dibandingkan dengan kecepatan putar *spindle* yang rendah.

- **Nilai tingkat kekasaran permukaan paling rendah yang dihasilkan dari interaksi variasi kedalaman pemakanan dan kecepatan putar *spindle***

Berdasarkan data hasil penelitian (Tabel 1), tingkat kekasaran permukaan aluminium 6061 paling rendah yang dihasilkan dari proses pembubutan pada mesin CNC TU-2A setelah diuji dengan *surface tester* yaitu pada benda kerja ketiga. Benda kerja tersebut diproses dengan kedalaman pemakanan 0,1 mm dengan kecepatan putar *spindle* 2700 rpm, yang menghasilkan nilai kekasaran pada setiap titik secara berturut-turut yaitu 1,379 μm , 1,339 μm , dan 1,379 μm . Kemudian setelah diambil rata-rata menghasilkan tingkat kekasaran sebesar 1,366 μm .

Jadi, nilai tingkat kekasaran permukaan paling rendah yang dihasilkan dari interaksi variasi kedalaman pemakanan dan kecepatan putar *spindle* adalah 1,366 μm , yang dihasilkan dari kedalaman pemakanan 0,1 mm dan kecepatan putar *spindle* 2700 rpm.

PENUTUP

Simpulan

- Pada variasi kedalaman pemakanan (0,1 mm; 0,3 mm; 0,5), dihasilkan rata-rata tingkat kekasaran permukaan benda kerja berturut-turut adalah 1,366 μm , 1,849 μm , dan 2,091 μm . Jadi, semakin dalam pemakanan, maka semakin tinggi tingkat kekasaran permukaan benda kerja.
- Pada variasi kecepatan putar *spindle* (1700 rpm, 2200 rpm, 2700 rpm), dihasilkan rata-rata tingkat kekasaran permukaan benda kerja berturut-turut adalah 2,199 μm , 1,880 μm , dan 1,366 μm . Jadi, semakin tinggi kecepatan putar *spindle*, maka semakin rendah tingkat kekasaran permukaan benda kerja.
- Variasi kedalaman pemakanan dan kecepatan putar *spindle* yang menghasilkan benda kerja dengan rata-rata tingkat kekasaran paling rendah adalah pengerjaan dengan kedalaman pemakanan 0,1 mm dan kecepatan putar *spindle* 2700, yaitu sebesar 1,366 μm .

Saran

- Untuk penelitian selanjutnya yang sejenis disarankan untuk menganalisa faktor-faktor atau variabel-variabel lain yang mempengaruhi tingkat kekasaran permukaan pada proses pembubutan aluminium 6061 dengan mesin CNC TU-2A.
- Sebagai bahan pertimbangan dalam proses pembubutan pada mesin CNC TU-2A, disarankan memilih kedalaman pemakanan yang terendah dan kecepatan putar *spindle* yang tertinggi untuk mendapatkan tingkat kekasaran paling optimal (rendah).

DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, Hammada. dkk, 2013. Pengaruh Parameter Pemotongan pada Operasi Pemotongan Milling terhadap Getaran dan Tingkat Kekasaran Permukaan (Surface Roughness), (Online), (<http://repository.unhas.ac.id/bitstream/handle/123456789/7146/DRAFT%20ARTIKEL%20DAN%20ABS%20TRAK.pdf?sequence=1>), diakses pada 27 November 2013).

Arikunto, Suharsimi. 2007. Manajemen Penelitian. Jakarta: Rineka Cipta.

Lesmono, Indra dan Yunus. 2013. Pengaruh Jenis Pahat, Kecepatan Spindel, dan Kedalaman Pemakanan Terhadap Tingkat Kekasaran dan Kekerasan Permukaan Baja St. 42 pada Proses Bubut Konvensional, (Online), Vol. 01 No. 03 Hal. 48-55, (<http://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jtm-unesa/article/download/2196/1346>, diakses terakhir pada 02 Desember 2013).

Lilih, dkk. 2003. Mesin Turning CNC TU 2A. Surabaya: Laboratoriu CNC-BLPT Surabaya.

Narbuko, Cholid dan Achmadi, Abu. 2005. Metodologi Penelitian. Jakarta: Bumi Aksara.

Prasetya, T. A. 2010. Pengaruh Gerak Pemakanan dan Media Pendingin Terhadap Kekasaran Permukaan Logam Hasil Pembubutan pada Material Baja HQ 760, (Online), Skripsi Strata 1, Universitas Sebelas Maret, (http://digilib.uns.ac.id/down_file.php?f_id=NDM2MTM=, diakses terakhir pada 02 Desember 2013).

Sugiyono. 2007. Statistika untuk Penelitian. Bandung: Alfabeta.

Sugiyono. 2008. Metodologi Penelitian Pendidikan. Bandung: Alfabeta.

