

Analisis Variasi Kecepatan Potong Dan Kedalaman Potong Terhadap Nilai Kekasaran Permukaan Dan Getaran Pada Pembubutan Silindris Material BajaST 60

Anwar Rosandi¹, Wirawan Sumbodo¹, Heri Yudiono¹, Kriswanto¹

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

Info Artikel

Sejarah Artikel:

Diterima 01 04 2021
Disetujui 11 04 2021
Dipublikasikan 20 04 2021

Keywords:

Depth; Cutting; Roughness;
Speed; Vibration

Abstrak

Mesin bubut konvensional masih sering dipakai, tetapi permasalahannya mesin bubut konvensional sulit mendapatkan kualitas produk yang benar-benar baik (dimensi geometri, kekasaran permukaan dan reflektif geometri yang sesuai) Disebabkan karena faktor dari manusia, parameter pemotongan yang digunakan dan faktor kondisi mesin itu sendiri. Tujuan dalam penelitian ini untuk mengetahui untuk mengetahui seberapa besar pengaruh kecepatan potong dan kedalaman potong terhadap getaran dan kekasaran permukaan pada proses pembubutan silindris. Penelitian ini termasuk jenis penelitian kuantitatif menggunakan metode eksperimen. Untuk pengumpulan data menggunakan teknik metode observasi dan dokumentasi. Teknik analisis data menggunakan teknik analisis regresi. Hasil penelitian yang telah didapatkan, diketahui nilai getaran mesin yang tertinggi adalah 5.4 m/s² dan yang terendah adalah 1.8 m/s². Nilai getaran rumah pahat yang paling tinggi adalah 5 m/s² dan yang terendah adalah 1 m/s². Dan untuk yang kekasaran permukaan yang paling tinggi adalah 5.0 μm dan yang terendah adalah 2.33 μm. Serta dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi kecepatan potong dan kedalaman potong maka getaran mesin, getaran rumah pahat dan kekasaran akan semakin tinggi.

Abstract

Conventional lathes are still often used, but the problem is that conventional lathes are difficult to get really good product quality (geometric dimensions, surface roughness and appropriate reflective geometries) due to human factors, the cutting parameters used and the condition of the machine itself. The purpose of this study was to determine how much the effect of cutting speed and depth of cut on vibration and surface roughness in the cylindrical turning process. This research is a quantitative research using experimental methods. For data collection using the technique of observation and documentation methods. Date analysis techniques using regression analysis techniques. The research results that have been obtained, it is known that the highest engine vibration value is 5.4 m/s² and the lowest is 1.8 m/s². The highest vibration value of the chisel is 5 m/s² and the lowest is 1 m/s². And for the highest surface roughness is 5.0 μm and the lowest is 2.33 μm. And it can be concluded that the higher the cutting speed and the depth of cut, the machine vibration, chisel vibration and roughness will be higher.

PENDAHULUAN

Semakin berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi maka tidak heran persaingan dalam industri dalam mengembangkan produk semakin bervariasi. Terutama dalam industri manufaktur semakin bervariasi produk yang dihasilkan penggunaan mesin bubut juga semakin meluas (Anshori dkk., 2018). Mesin bubut umumnya digunakan untuk membuat produk komponen mesin yang berbentuk silinder. Salah satu karakteristik geometri yang ideal dari suatu komponen mesin adalah permukaan yang halus (Burhanuddin, dkk., 2013). Baja karbon ST 60 adalah material yang kuat dan keras sering digunakan dalam pembuatan konstruksi mesin, poros, roda gigi (Suarsana, 2017).

permasalahannya dalam pembuatan menjadi komponen menggunakan mesin bubut konvensional sulit mendapatkan kualitas yang baik (dimensi geometri, kekasaran permukaan dan reflektif geometri yang sesuai) karena faktor dari operator manusia, parameter pemotongan yang digunakan dan faktor kondisi mesin itu sendiri (Paridawati, 2015). Kondisi mesin sering terjadi getaran mesin yang tinggi biasanya disebabkan oleh parameter pemotongan yang berlebihan sehingga proses pemotongan tidak stabil dan meningkatkan undulasi atau bentuk gelombang pada permukaan yang meningkatkan kekasaran (Wirawan, 2010). Menuurt Melta dkk., (2014), getaran mesin yang tinggi juga mengakibatkan putaran poros mesin bubut mengalami defleksi putaran dan akan menyebabkan kualitas mesin menurun, ditandai dengan pembubutan tidak optimal kaitannya dengan ketidaktepatan ukuran, kepresisian dan kekasaran permukaan yang sesuai spesifikasi yang ditentukan.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh kecepatan potong, kedalaman potong terhadap getaran mesin dan getaran rumah pahat serta untuk menganalisis pengaruh kecepatan potong, kedalaman potong terhadap kekasaran permukaan khususnya untuk material baja ST 60 pada proses pembubutan silindris. Hasil dalam penelitian ini diharapkan untuk dapat diambil manfaat sebagai parameter acuan dalam menentukan kecepatan potong dan kedalaman potong dalam menciptakan produk pemesinan yang berkualitas tinggi pada material baja ST 60 dengan kekasaran dan getaran mesin yang rendah.

Penelitian tentang kualitas kekasaran permukaan benda kerja hasil pembubutan sudah sering dilakukan seperti yang telah dilakukan oleh Sutrisna dkk. (2017) meneliti tentang pengaruh variasi kedalaman potong dan kecepatan putar mesin bubut terhadap kekasaran permukaan benda kerja hasil pembubutan rata pada bahan baja ST 37, dari penelitian tersebut diperoleh bahwasanya kecepatan putar mesin dan kedalaman potong berpengaruh terhadap hasil kualitas permukaan benda kerja. Semakin tinggi kecepatan putar mesin yang digunakan maka kualitas semakin baik. Semakin dangkal kedalaman potong yang digunakan maka akan menyebabkan kekasaran permukaan semakin rendah. Selain itu Ipilakya, et al. (2018), melakukan penelitian *effect of cut thickness and cutting speed on vibration tool in cylindris cutting of mild carbon steel* hasil penelitian menunjukkan bahwa menunjukkan bahwa kedalaman potong secara signifikan mempengaruhi getaran alat potong dan kekasaran permukaan kemudian kecepatan potong juga mempengaruhi getaran alat potong dan mempengaruhi hasil kekasaran permukaan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimen. Sugiyono (2015), menjelaskan bahwa penelitian eksperimen adalah penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap sesuatu yang lain dalam kondisi yang terkendalikan. Metode ini mengungkapkan ada atau tidak adanya pengaruh dari variabel-variabel yang ada dalam penelitian tersebut. Ada tidaknya pengaruh variabel tersebut dapat dilihat dari variabel kontrol. Metode penelitian berfungsi untuk memperoleh data yang dibutuhkan dalam laporan penelitian ini. Desain penelitian yang digunakan adalah dengan menggunakan perbandingan kelompok (*group comparasion design*). Menurut

Syamsuddin dan Damayanti (2011), Perbandingan kelompok (*group comparison*) adalah penelitian yang dilakukan dengan cara menyeleksi dua kelas untuk penelitian. Dua kelas tersebut antara lain adalah satu kelompok kelas kontrol dan satu kelas eksperimen.

Kelas kontrolnya berupa kecepatan potong dan kedalaman potong yang sesuai dengan material baja ST 60 dengan feeding 0,15 mm/rev. kemudian diukur 3 titik nilai kekasarannya dan diukur nilai getaran mesin serta getaran rumah pahatnya. Kelas eksperimen dalam penelitian ini, berupa baja karbon ST 60 dengan ukuran panjang 100 mm dan diameter 25,4 mm dibubut menggunakan mesin bubut yang berstandar dengan diberi perlakuan variasi kecepatan potong dan variasi kedalaman potong berdasarkan kelas kontrol. Setelah itu diuji getaran pada bantalan spindelnya dengan getaran rumah pahat saat memotong. Sertapengujian kekasaran permukaan hasil spesimennya,

Material bahan yang akan digunakan adalah baja karbon ST 60, berbentuk silinder pejal, kemudian dibuat dengan ukuran diameter 25,4 mm dan panjang 100 mm. alat untuk menunjang jalannya proses penelitian diantaranya: Mesin bubut konvensional, pahat HSS seri-M dengan sudut muka 11°, sudut bebas 13°, sudut buang 8°, sudut potong 15° dan sudut beji 80°, alat ukur kekasaran benda kerja (*surface roughness tester*), alat ukur getaran (*vibration meter*), dan jangka sorong dengan ketelitian 0,1 mm.

Setelah semua data sampel melalui instrumen terkumpul maka akan dilakukan analisis data. Teknik analisis data yang digunakan adalah teknik analisa deskriptif. Teknik ini digunakan untuk menjelaskan perbedaan atau perubahan yang terjadi sebelum dan sesudah benda kerja uji diberikan perlakuan tertentu perbedaan nanti akan terlihat pada grafik yang dihasilkan dari uji getaran mesin, getaran rumah pahat dan kekasaran permukaan.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN HASIL KOMPOSISI BAJA ST 60

Hasil komposisi kimia pada bahan ST 60 atau dalam nama lain AISI 1045 diperoleh dari sertifikat yang dikeluarkan oleh PT. Bhineka Bajas dengan nomer sertifikat 085/24.07.2017. Kandungan unsur lengkapnya dapat dilihat pada tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil komposisi

Nama unsure	Simbol	Kadar (%)
Carbon	C	0.46
Silicon	Si	0.27
Mangan	Mn	0.69
Phosphors	P	0.021
Chromium	Cr	0.13
Nikel	Ni	0.08
Molibdenum	Mo	0.00
Vanadium	V	0.00
Aluminium	Al	0.00
Copper	Cu	0.12

HASIL UJI GETARAN

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan dengan pengambilan data getaran secara vertikal menggunakan alat *vibration meter* VB-8202, didapat dilihat pada tabel 2.

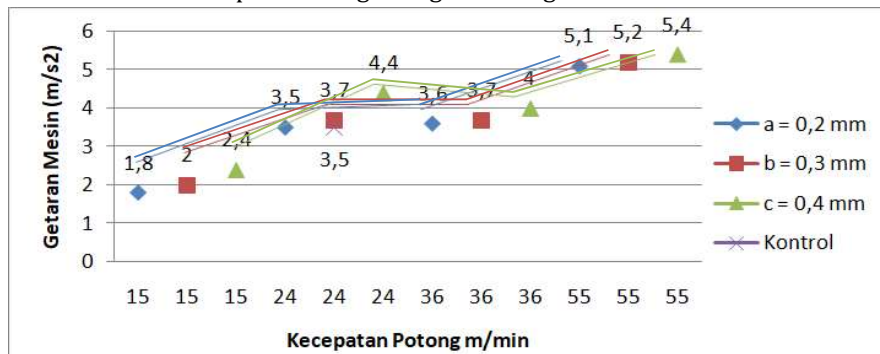
Tabel 2. Nilai kontrol getaran mesin dan rumah pahat

Cs (m/min)	a (mm)	Percepatan Getarab (m/s ²)	
		Getaran Mesin	Getaran Rumah Pahat
24 m/min	0.25	3.5	2.5

Tabel 3. Nilai eksperimen getaran mesin dan rumah pahat

No	Cs (m/min)	a (mm)	Percepatan Getaran (m/s ²)	
			Getaran mesin	Getaran pahat
1	15	0.2	1.8	1.0
		0.3	2.0	1.7
		0.4	2.4	2.0
2	24	0.2	3.5	2.0
		0.3	3.7	2.7
		0.4	4.4	2.8
3	36	0.2	3.6	3.0
		0.3	3.7	3.3
		0.4	4.0	4.8
4	55	0.2	5.1	4.7
		0.3	5.2	5.0
		0.4	5.4	6.0

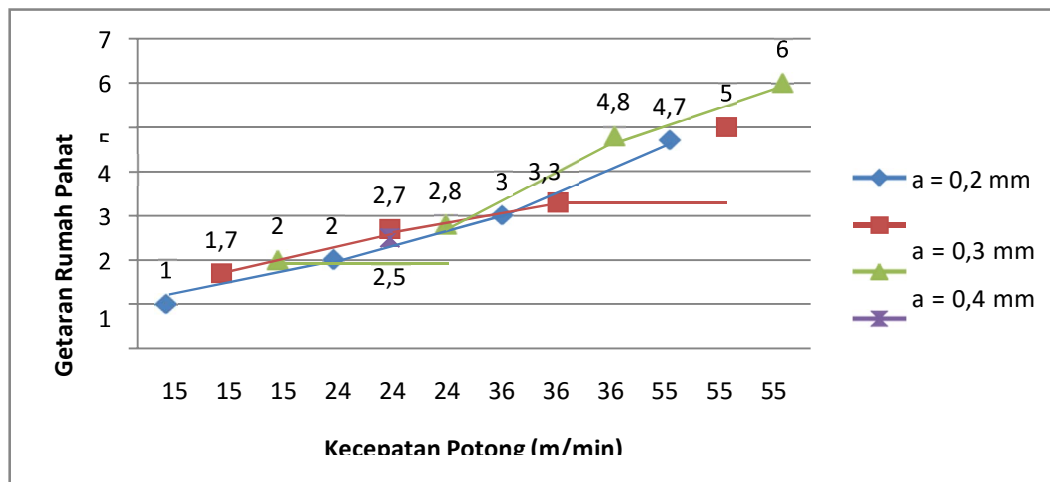
Perlakukan variasi kecepatan potong dengan variasi kedalaman potong di atas terdapat dua kali pengujian getaran yaitu getaran mesin pada bantalan spindelnya dan getaran pada tempat pemasangan pahatnya. Dimana data yang diambil merupakan percepatan puncak dari getaran selama proses pembubutan. Dari data di atas dapat dibuat grafik garis sebagai berikut:



Gambar 1. Grafik nilai getaran mesin

Berdasarkan grafik menunjukkan nilai getaran mesin semakin naik dengan bertambahnya kedalaman potong dan kecepatan potong. Diperkuat oleh Singh & Bhadwaj (2015), getaran tergantung pada kecepatan potong, apabila ingin mengurangi getaran maka perlu mengurangi kecepatan potong. Serta Romiyadi (2012), menyatakan perubahan kedalaman potong berpengaruh positif terhadap getaran mesin bubut baik proses silindris maupun *facing* yang mempengaruhi gaya potong pada benda kerja. Akan tetapi dalam grafik nilai getaran mesin turun dengan bertambahnya kecepatan potong karena adanya ada faktor lainnya. Karena bagian mesin yang tidak seimbang yang kemudian menghasilkan momen putar yang tidak sama besar selamabenda berputar, sehingga menyebabkan terjadinya getaran yang berubah-ubah (Sihhasale, 2016)

Gambar grafik 1 juga menunjukkan nilai kontrol berada pada tengah-tengah dari variasi eksperimen, ada beberapa yang lebih baik dari nilai kontrol. Karena disebabkan penggunaan kecepatan potong dan kedalaman potong yang nilainya lebih rendah dari kontrol sehingga gaya berputar mesin lebih rendah menyebabkan getaran mesin menjadi lebih baik. Diperkuat oleh Karyasa (2015), getaran mesin tersebut disebabkan oleh variasi oleh sistem penggerak menjadi gaya yang memiliki resultan tidak sama dengan nol atau resultan gaya yang berubah-ubah tergantung besar kecilnya gaya.



Gambar 2. Grafik nilai getaran rumah pahat

Berdasarkan grafik di atas menunjukkan nilai getaran rumah pahat semakin naik dengan bersamaan bertambahnya nilai kecepatan potong dan kedalaman potong. Menurut Siregar & Yunus (2020), menyatakan semakin tinggi kecepatan potong dan kedalaman potong maka getaran pahat yang dihasilkan semakin tinggi yang dapat mempercepat keausan pahat. Tetapi naiknya getaran rumah pahat tidak signifikan ketika nilai kecepatan potong 24 m/min kedalaman potong 0,4 mm dengan nilai kecepatan potong 36 m/min kedalaman potong 0,2 mm malah cenderung turun karena kedalaman potong yang besar sangat memengaruhi besarnya nilai getaran rumah pahat dibandingkan dengan besarnya kecepatan potong. Sesuai dengan penelitian Bontang (2011), getaran rumah pahat dipengaruhi kedalaman potong dan kecepatan potong dimana kedalaman potong memiliki pengaruh lebih besar dari kecepatan potong dengan besar selisihnya sebesar 37,6%.

Nilai kontrol dilihat pada grafik berada pada tingkatan menengah ke bawah karena ada beberapa nilai variasi yang sangat tinggi nilai getaran rumah pahatnya. Dari grafik terlihat juga ada variasi yang nilainya lebih baik atau nilainya lebih rendah dari kontrol. Terjadi karena penggunaan variasi kecepatan potong yang lebih rendah dari kontrol dan juga kedalaman potong yang digunakan pada nilai kecepatan potong yang sama nilainya lebih rendah. Menurut Husein & Djumahriyanto (2015), getaran pada rumah pahat terjadi akibat fenomena proses pemesinan dimana pada rumah pahat terjadi gerak reaktif akibat gerak antar pahat dengan benda kerja dimana terjadi perubahan gaya yang

berubah-ubah, sehingga getaran tak menentu antara naik maupun turun nilainya tergantung besar kecilnya gaya.

HASIL UJI KEKASARAN PERMUKAAN

Hasil pengujian yang telah dilakukan dengan menggunakan alat *surface tester* merek Mitutoyo SJ-201 series di Universitas Sebelas Maret untuk kelompok data eksperimen sedangkan untuk kelas kontrol menggunakan merek sama tetapi berbeda tempat yaitu di Universitas Diponegoro. Data dapat dilihat dalam tabel 4.

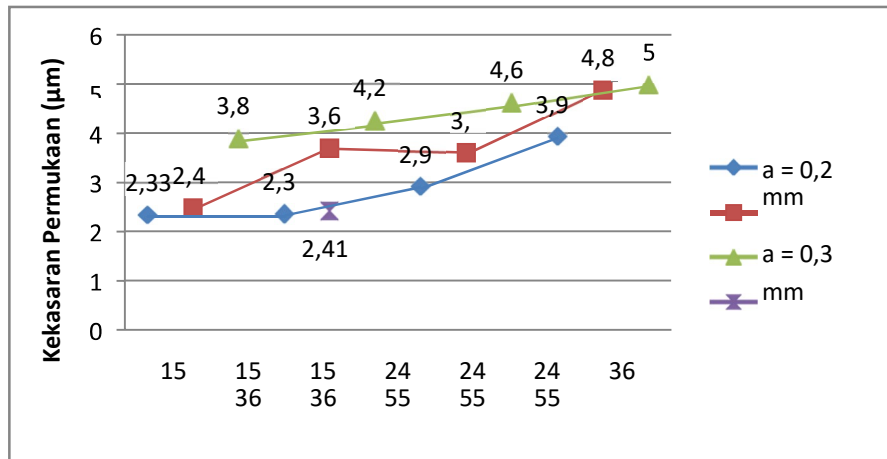
Tabel 4. Nilai kontrol kekasaran permukaan

No	Cs (m/min)	a (mm)	Kekasaran Permukaan Pengujian			Rata-Rata(μm)
			1	2	3	
			1	24 m/min	0.25	

Tabel 5. Nilai eksperimen kekasaran permukaan

No	Cs (m/min)	a (mm)	Kekasaran Permukaan (μm) Pengujian			Rata-rata(μm)
			1	2	3	
			1	15	0.2	
0.3	2.78	2.61			2.06	2.48
0.4	3.47	4.01			4.19	3.89
2	24	0.2	2.76	2.37	1.93	2.35
		0.3	3.47	3.77	3.84	3.69
		0.4	4.19	4.21	4.4	4.26
3	36	0.2	2.68	2.87	3.2	2.91
		0.3	3.39	3.49	3.93	3.60
		0.4	4.96	4.63	4.3	4.63
4	55	0.2	4.52	3.85m	3.47	3.94
		0.3	4.78	4.83	5.01	4.87
		0.4	4.68	4.77	5.57	5.00

Tabel 5 tersebut menjelaskan distribusi kekasaran permukaan spesimen dengan perlakuan variasi kecepatan potong dan variasi kedalaman potong, dimana setiap spesimen terdapat 3 titik yang diukur nilai kekasaran permukaan dan dicari rata-ratanya. Dari data diatas dapat dibuat grafik garis sebagai berikut



Gambar 3. Grafik nilai kekasaran permukaan

Pada gambar 3 menunjukkan perbedaan nilai kekasaran permukaan yang signifikan dari masing-masing kecepatan potong dan kedalaman potong. Dalam grafik juga terlihat dengan naiknya kecepatan potong dalam kedalaman potong yang sama kenaikan kekasaran permukaan tidak terlalu besar karena semua variasi masih ada pada rentan yang diperbolehkan pada kecepatan potong untuk baja ST 60. Menurut widarto (2008) kecepatan potong untuk baja ST 60 berada pada rentan 15 m/min sampai pada 44 m/min, sedangkan kekasaran yang besar karena tidak memenuhi atau melebihi kecepatan potong di atas. Menurut Siswanto & Sunyoto (2018), berpendapat hasil yang paling baik dengan nilai kekasaran kecil diperoleh dari kecepatan rendah pada khusus material yang tergolong keras. Pada penelitian ini menggunakan baja ST 60, material yang cukup keras sehingga perlu menggunakan kecepatan potong yang rendah.

Nilai kontrol sebesar berada tingkatan nomer tiga terbaik dari kelas eksperimen, jadi ada dua variasi eksperimen yang lebih baik yang memiliki kekasaran permukaan lebih rendah. Pada tabel 2.3 menerangkan nilai kekasaran terbaik untuk poros adalah berada pada nilai $0,1 \mu\text{m} - 3,2 \mu\text{m}$. dari kontrol sudah masuk dalam rentan tersebut dan dari grafik kekasaran permukaan hanya ada beberapa yang masuk karena kekasaran yang besar pada grafik disebabkan kedalaman potong yang besar yang tidak memenuhi standar. menurut Sutrisno & Setiyo (2016) kedalaman potong yang ideal untuk baja ST 60 berada kedalaman potong tidak lebih dari 0,25 mm.

HASIL FOTO BERAM / CHIP

Selama proses eksperimen menggunakan mesin bubut menghasilkan beram / chip. Fenomena pembentukan beram dimana suatu titik pahat bertemu dalam menyayat benda kerja. Bentuk-bentuk beram yang dihasilkan selama eksperimen adalah sebagai berikut:



Gambar 4. Beram dengan kecepatan 15 m/min dan kedalaman 0.2 mm



Gambar 5. Beram dengan kecepatan 15 m/min dan kedalalaman 0.3 mm



Gambar 6. Beram dengan kecepatan 15 m/min dan kedalalaman 0.4 mm



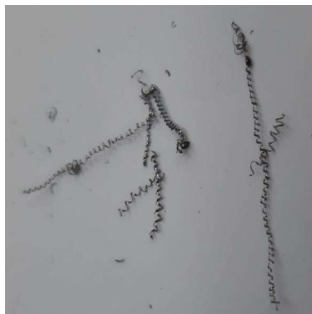
Gambar 7. Beram dengan kecepatan 24 m/min dan kedalalaman 0.2 mm



Gambar 8. Beram dengan kecepatan 24 m/min dan kedalalaman 0.3 mm



Gambar 9. Beram dengan kecepatan 24 m/min dan kedalalaman 0.4 mm



Gambar 10. Beram dengan kecepatan 36 m/min dan kedalalaman 0.2 mm



Gambar 11. Beram dengan kecepatan 36 m/min dan kedalalaman 0.3 mm



Gambar 12. Beram dengan kecepatan 36 m/min dan kedalalaman 0.4 mm



Gambar 13. Beram dengan kecepatan 55 m/min dan kedalalaman 0.2 mm



Gambar 14. Beram dengan kecepatan 55 m/min dan kedalalaman 0.3 mm



Gambar 15. Beram dengan kecepatan 55 m/min dan kedalalaman 0.4 mm

Pada tatal/beram ada perbedaan bentuk dari masing-masing eksperimen yang mempengaruhi kekasaran. Pada kekasaran yang memenuhi kontrol atau standar biasanya berum hampir semua berbentuk helik tipis memanjang seperti pada gambar 4, 5, 7, 8 dan gambar 10. Hal tersebut terjadi karena pada saat pemakanan retakan tidak muncul pada material sehingga beram akan berbentuk seperti pita dan kontinyu. Sedangkan pada kekasaran yang tinggi bisa bermacam-macam bentuknya seperti gambar 6, 9, 11,12, 13, 14, 15 memiliki bentuk setengah melingkar atau melingkar penuh, serpihan, atau bahkan tidak beraturan bentuknya. Dikarenakan pada saat menyayat permukaan secara periodik retak dan bergelombang akibat pemotongan dan menghasilkan bentuk-bentuk kecil seperti lingkaran dan serpihan (Hardijito, 2018).

SIMPULAN

Adanya pengaruh kecepatan potong dan kedalaman potong terhadap getaran mesin dan getaran rumah pahat. Semakin tinggi kecepatan potong dan kedalaman potong maka getaran mesin dan getaran rumah pahat akan semakin meningkat. Kekasaran permukaan dan kedalaman potong berpengaruh terhadap kekasaran permukaan. Semakin tinggi nilai kecepatan potong dan semakin dalam kedalaman potong maka kekasaran permukaan akan semakin tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Anshori, M., dan Hartanto, P., 2018. Analisis Perbandingan Kekasaran Permukaan Pada Proses Turning. *Jurnal Teknik Mesin* 10(10): 1-5.
- Bahanuddin, Y., Harun, S., Afriant, E., dan Tony, D., A. 2013. Penerapan Penilaian Kekasaran Permukaan (Surface Roughness Assessment) Berbasis Visi pada Proses Pembubutan Baja S45C. *Jurnal Mechanical* 4(1): 22-29
- Hardijito, A. 2018. Analisis Radius Pemutus Beram Terhadap Kekasaran Permukaan pada Proses Bubut. *Info Teknik*. 19 (2): 167-180.
- Hasrin. 2013. Pengaruh Tebal Pemakanan dan Kecepatan Potong Pada Pembubutan Kering Menggunakan Pahat Karbida Terhadap Kekasaran Permukaan Material ST 60. *Jurnal Teknologi* 13(2): 1-8.
- Husein S. dan Djumhariyanto D. 2015. Analisis Sudut Potong Terhadap Getaran Pahat dan Kekasaran Permukaan pada Proses Bubut Mild Steel. *Jurnal Ilmiah Teknik* 5(1): 1-11.
- Ipilakya, T. D., Gundu, D. T., dan Gbashi, S. 2018. Effect of Cut Thickness and Cutting Speed on Vibration Tool in Cylindris Cutting of Mild Carbon Steel. *European Journal of Materials Science and Engineering* 3(3): 133-139.
- Karyasa, T. B. 2011. *Dasar Dasar Getaran Mekanis*. Cet 1. Yogyakarta: CV. Andi Offset.
- Paridawati. 2015. Pengaruh Kecepatan dan Sudut Potong Terhadap Kekasaran Benda Kerja pada Mesin Bubut. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin* 3(1): 53-67.
- Sihasale, J. D. 2016. Analisa Getaran Rotor Simulator dengan Menggunakan FFT (Fast Fourier Transform). *Jurnal Teknik Mesin* 14(2): 1-8.
- Singh, J. K., dan Bhardwaj, S.K. 2015. Optimization of the Cutting Parameters by Vibration Analysis of Cutting Tool. *Internasional Journal of Latest Trends in Engineering and Technology (IJLTET)*, 1(5): 270-275.
- Siswanto, B., dan Sunyoto. 2018. Pengaruh Kecepatan dan Kedalaman Potong pada Proses Pembubutan Konvensional Terhadap Kekasaran Permukaan Lubang. *Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin*, 3(2): 82-86.
- Suarsana, I. K. 2017. *Ilmu Material Teknik*. Denpasar: Nilacakra.
- Sugiyono. 2015. *Metode Penelitian: Pendekatan Kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sutrisna, K., Nugraha, N. P., dan Dantes, K. R. 2017. Pengaruh Variasi Kedalaman Potong dan Kecepatan Putar Mesin Bubut Terhadap Kekasaran Permukaan Benda Kerja Hasil Pembubutan Rata Pada Bahan Baja ST 37. *Jurnal Teknik Mesin* 5(3): 1-8.

- Syamsudin, A. R., dan Damianti. 2011. *Metode Penelitian Pendidikan Bahasa*. Bandung: Remaja Rosdakarya.
- Widarto, Wijananka, B. S., dan Paryanto. 2008. *Teknik Pemesinan untuk Mengah Kejuruan*. Jakarta: Direktorat Jendral Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah.