

Analisis Kekasaran Baja AISI 304 Akibat Variasi Parameter pada Proses Roughing CNC Turning Menggunakan Pahat Cermet

Nugroho Setyo Pambudi¹, Imam Sudjono², Agus Suyetno³
^{1,2,3}Program Studi S1 Pendidikan Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin
^{1,2,3}Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang
E-mail: Nugrohos125@gmail.com¹

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kekasaran permukaan baja AISI 304 akibat variasi kecepatan spindle dan gerak makan. Metode yang digunakan adalah *pre-experimental design* dan teknik analisis data yang digunakan adalah teknik analisis deskriptif. Kecepatan putaran spindle yang digunakan adalah 1990 rpm, 2100 rpm, dan 2300 rpm, sedangkan gerak makan yang digunakan adalah 0,18 mm/rev, 0,23 mm/rev, dan 0,28 mm/rev. Alat potong yang digunakan pada penelitian ini adalah pahat *insert* merek Mitsubishi dengan standar ISO CNMNG120404-MA, sedangkan teknik pengumpulan data menggunakan alat ukur untuk mengukur kekasaran permukaan benda kerja adalah *Surface Roughness Test Mitutoyo Portable Surftest SJ 301 series*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa putaran mesin yang tinggi mencapai 2300 Rpm dan gerak makan yang rendah mencapai 0,18 mm/rev menghasilkan tingkat kekasaran permukaan yang rendah mencapai 2,17 μm . Sedangkan yang paling tinggi diperoleh pada putaran mesin rendah dan gerak makan tinggi yang mencapai 1900 Rpm dan 0,28 mm/rev dengan nilai kekasaran permukaan sebesar 4,43 μm .

Kata kunci: : Putaran spindle, kecepatan gerak makan, *turning*, CNC bubut, kekasaran permukaan.

Abstract: This study aims to determine the surface roughness value of AISI 304 steel due to variations in spindle speed and feed motion. The method used is pre-experimental design and data analysis techniques used are descriptive analysis techniques. The spindle rotation speed used is 1990 rpm, 2100 rpm, and 2300 rpm, while the feed motion used is 0.18 mm / rev, 0.23 mm / rev, and 0.28 mm / rev. The cutting tool used in this study is a Mitsubishi brand insert chisel with ISO standard CNMNG120404-MA, while the data collection technique using a measuring tool to measure the surface roughness of the workpiece is the Surface Roughness Test Mitutoyo Portable Surftest SJ 301 series. The results of this study indicate that high engine speed reaches 2300 Rpm and low feed motion reaches 0.18 mm / rev resulting in low surface roughness levels reaching 2.17 μm . While the highest is obtained at low engine speed and high feed motion which reaches 1900 Rpm and 0.28 mm / rev with a surface roughness value of 4.43 μm .

Keywords: Spindle rotation, feed speed, turning, CNC lathe, surface roughness.

Pada era globalisasi saat ini, perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi manufaktur semakin pesat. Hal itu dapat ditunjukkan dengan adanya perubahan pada industri manufaktur dari manual menjadi semi otomatis hingga menjadi otomatis. Dengan berkembangnya teknologi tersebut dapat mempermudah pekerjaan manusia namun hal itu harus didukung dengan adanya sumber daya manusia yang memiliki kompetensi dibidang industri manufaktur. Salah satu bentuk perkembangan baru dalam proses produksi adalah ditemukannya mesin CNC (*Computer Numerical Control*), yaitu mesin perkakas yang dikendalikan dengan program komputer melalui sistem kontrol numerik. 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).

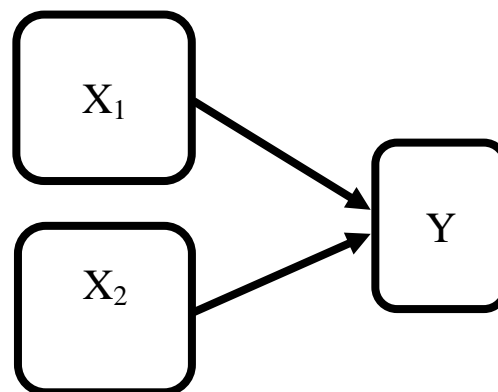
Tolok ukur utama dari proses produksi adalah tingkat kekasaran permukaan benda kerja yang sangat mempengaruhi mutu produk yang dihasilkan. Seperti yang dikatakan Abbas, dkk. (2013) yang berbunyi “Pada proses permesinan ukuran kualitas banyak dilihat dari kekasaran permukaan yang dihasilkan. Tingkat kekasaran 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 diperlukan faktor-faktor yang dapat mempengaruhi tingkat kekasaran pada proses produksi adalah seperti yang dikatakan oleh Prasetya (2010:2-3), yaitu antara lain kecepatan spindel, kedalaman pemakanan, gerak pemakanan, kondisi mesin, bahan benda kerja, bentuk ujung mata potong pahat, pendinginan, dan operator.

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 AISI 304. Karena bahan tersebut salah satu jenis bahan yang banyak penerapannya pada industri maju, yaitu digunakan untuk bahan konstruksi, serta memiliki keunggulan sifat tahan korosi, kekuatan yang tinggi dan mampu dikerjakan pada mesin CNC PU-2A dan mudah diperoleh di pasaran. Penelitian tentang kekasaran permukaan benda kerja hasil pemesinan telah dilakukan oleh ; (1) Raul (2014); (2) Ubaid (2015); dan Perdana (2017) hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa kecepatan putaran *spindel*, kedalaman pemotongan, dan kecepatan pemakanan berpengaruh terhadap kekasaran permukaan benda kerja.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode penelitian *pre-eksperimental*. Dengan adanya *treatment* baru yaitu variasi parameter pemesinan yang akan dilakukan analisis kekasarannya terhadap baja AISI 304 menggunakan alat tes kekasaran. Lebih rinci akan dilakukan pengamatan dengan metode penelitian *pre-eksperimental*, pengaruh dari tiga variabel bebas yaitu kecepatan putaran spindel, kedalaman pemotongan, gerak makan terhadap variabel terikat/ tergantung yaitu kekasaran permukaan benda kerja. Rancangan penelitian ini dapat dilihat pada gambar 1.

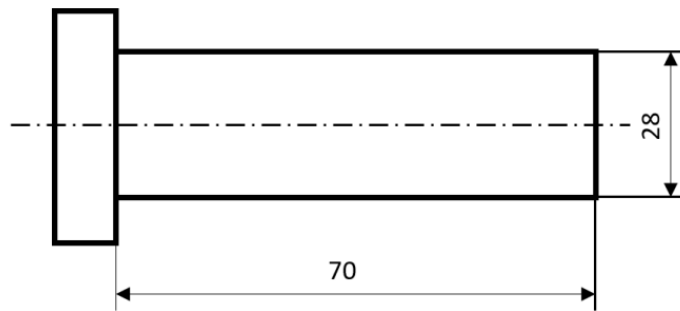


Gambar 1. Rancangan Penelitian

Keterangan:

- X₁ : Kecepatan Putaran Spindel (rpm)
- X₂ : Gerak Makan (mm/rev)
- Y : Kekasaran

Sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah baja silindris AISI 304 dengan diameter 28 mm dan panjang 70 mm dapat dilihat gambar 2. Panjang sampel dipilih dengan berdasarkan *measuring range* dari alat ukur *Surftest SJ301* milik Mitutoyo yaitu 0,3 mm- 12,5 mm, sedangkan menurut JIS panjang sampel untuk N3-N7 adalah 0,25 mm, dan N8-N9 adalah 0,8 mm. Sehingga digunakan sampel dengan panjang 150 mm untuk memberikan toleransi saat melakukan pengukuran.



Gambar 2. Sampel Penelitian

Proses pengumpulan yang digunakan adalah pengamatan (observasi) dan dokumentasi. Pengamatan dilakukan saat melakukan proses pembubutan yang disesuaikan dengan standar operasi prosedur dalam pembubutan CNC. Selain itu, pengamatan juga dilakukan pada saat pengujian sampel, sedangkan untuk proses dokumentasi dalam penelitian ini digunakan untuk mendokumentasikan hasil pengujian yang berupa grafik yang terbentuk dari hasil goresan. Pengukuran kekasaran dilakukan sebanyak 3 (tiga) kali goresan yang . Pengukuran juga setiap posisi diambil data kekasarannya setiap 120° untuk mengurangi kesalahan pengukuran. Pedoman pengumpulan data bisa dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Pengumpulan Data

Kecepatan Putaran Spindel (Rpm)	Gerak Makan (mm/rev)	Nilai Kekasaran (µm)	Jumlah Nilai Kekasaran (µm)	Rata-Rata
1900	0,18	A1.1		
		A1.2		
		A1.3		
	0,23	B1.1		
		B1.2		
		B1.3		
	0,28	C1.1		
		C1.2		
		C1.3		
2100	0,18	A2.1		
		A2.2		
		A2.3		
	0,23	B2.1		
		B2.2		
		B2.3		
	0,28	C2.1		
		C2.2		
		C2.3		
2300	0,18	A3.1		
		A3.2		
		A3.3		
	0,23	B3.1		
		B3.2		
		B3.3		
	0,28	C3.1		
		C3.2		
		C3.3		

HASIL

Data penelitian berasal dari hasil pengujian kekasaran permukaan benda kerja yang dilakukan setelah proses pembubutan *roughing* CNC *Turning*. Maka dari itu, data penelitian berbentuk angka–angka kuantitatif kemudian hasil data dideskripsikan. Hasil data penelitian bisa dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Data Hasil Penelitian

Kecepatan Putaran Spindel (Rpm)	Gerak Makan (mm/rev)	Nilai Kekasaran (μm)	Jumlah Nilai Kekasaran (μm)	Rata-Rata
1900	0,18	2,33	6,88	2,29
		2,28		
		2,27		
	0,23	3,27	9,95	3,31
		3,37		
		3,31		
	0,28	4,46	13,3	4,43
		4,41		
		4,43		
2100	0,18	2,28	6,78	2,26
		2,24		
		2,26		
	0,23	3,27	9,67	3,22
		3,27		
		3,13		
	0,28	4,42	13,56	4,52
		4,67		
		4,67		
2300	0,18	2,19	6,52	2,17
		2,20		
		2,13		
	0,23	3,47	10,39	3,46
		3,58		
		3,34		
	0,28	4,41	12,59	4,19
		4,27		
		3,91		

Kecepatan Spindel 1900 Rpm

Pada kecepatan spindel 1900 Rpm dilakukan tiga variasi *feed rate* yaitu 0,18 mm/rev, 0,23 mm/rev, dan 0,28 mm/rev. Kemudian masing–masing variasi dilakukan pengujian kekasaran permukaan sebanyak tiga kali goresan sejajar dalam permukaan. Adapun data nilai kekasaran permukaan pada kecepatan spindel 1900 Rpm bisa dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Kecepatan Spindel 1900 Rpm

Kecepatan Putaran Spindel (Rpm)	Gerak Makan (mm/rev)	Nilai Kekasaran (μm)	Jumlah Nilai Kekasaran	Kekasaran Rata-Rata (μm)
1900	0,18	2,33	6,88	2,29
		2,28		
		2,27		
	0,23	3,27	9,95	3,31
		3,37		
		3,31		
	0,28	4,46	13,3	4,43
		4,41		
		4,43		

Berdasarkan Tabel 3 rata–rata nilai kekasaran terendah diperoleh pada *feed rate* 0,18 mm/rev yang mencapai 2,29 μm , sedangkan untuk nilai kekasaran permukaan tertinggi diperoleh pada *feed rate* 0,28 mm/rev mencapai 4,43 μm .

Analisis Kekasaran Baja AISI 304 Akibat Variasi Parameter

Kecepatan Spindel 2100 Rpm

Pada kecepatan spindel 2100 Rpm dilakukan tiga variasi *feed rate* yaitu 0,18 mm/rev, 0,23 mm/rev, dan 0,28 mm/rev. Kemudian masing–masing variasi dilakukan pengujian kekasaran permukaan sebanyak tiga kali goresan sejajar permukaan. Adapun data nilai kekasaran permukaan pada kecepatan spindel 2100 Rpm bisa dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Kecepatan Spindel 2100 Rpm

Kecepatan Putaran Spindel (Rpm)	Gerak Makan (mm/rev)	Nilai Kekasaran (µm)	Jumlah Nilai Kekasaran	Kekasaran Rata-Rata (µm)
2100	0,18	2,28	6,78	2,26
		2,24		
		2,26		
	0,23	3,27	9,67	3,22
		3,27		
		3,13		
	0,28	4,42	13,56	4,52
		4,67		
		4,67		

Berdasarkan Tabel 4 rata–rata nilai kekasaran terendah diperoleh pada *feed rate* 0,18 mm/rev yang mencapai 2,26 µm, sedangkan untuk nilai kekasaran permukaan tertinggi diperoleh pada *feed rate* 0,28 mm/rev mencapai 4,52 µm.

Kecepatan Spindel 2300 Rpm

Pada kecepatan spindel 2300 Rpm dilakukan tiga variasi *feed rate* yaitu 0,18 mm/rev, 0,23 mm/rev, dan 0,28 mm/rev. Kemudian masing–masing variasi dilakukan pengujian kekasaran permukaan sebanyak tiga kali goresan sejajar permukaan. Adapun data nilai kekasaran permukaan pada kecepatan spindel 2300 Rpm bisa dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Kecepatan Spindel 2300 Rpm

Kecepatan Putaran Spindel (Rpm)	Gerak Makan (mm/rev)	Nilai Kekasaran (µm)	Jumlah Nilai Kekasaran	Kekasaran Rata-Rata (µm)
2300	0,18	2,19	6,52	2,17
		2,20		
		2,13		
	0,23	3,47	10,39	3,46
		3,58		
		3,34		
	0,28	4,41	12,59	4,19
		4,27		
		3,91		

Berdasarkan Tabel 5 rata–rata nilai kekasaran terendah diperoleh pada *feed rate* 0,18 mm/rev yang mencapai 2,17 µm, sedangkan untuk nilai kekasaran permukaan tertinggi diperoleh pada *feed rate* 0,28 mm/rev mencapai 4,19 µm.

PEMBAHASAN

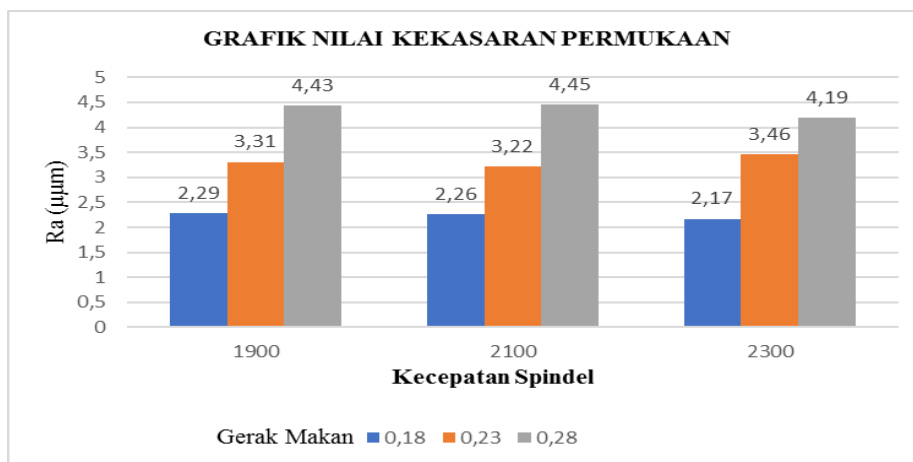
Kekasaran permukaan merupakan suatu penyimpangan rata–rata aritmatik yang diukur dari garis rata–rata permukaan benda kerja (Perdana, 2017). Kekasaran permukaan adalah bagian terpenting dalam suatu proses pengerjaan sehingga nilai kekasaran harus diperhitungkan dengan teliti. Rudrapati (2016) menjelaskan bahwa kekasaran pada benda kerja merupakan bagian terpenting dalam proses pemesinan. Adapun tingkat kekasaran permukaan dapat dipengaruhi oleh beberapa hal diantaranya putaran mesin dan kecepatan gerak makan. Hadimi (2008) menyatakan bahwa kecepatan pemakanan, kedalaman pemakanan, dan putaran mesin mempengaruhi nilai kekasaran permukaan secara signifikan. Zubaidi, Dkk (2012) menjelaskan dalam penelitiannya bahwa, kecepatan putaran spindel dan kecepatan pemotongan yang mana mempengaruhi kekasaran

permukaan merupakan bagian dari parameter pemesinan. Sedangkan, Farokhi (2017) juga menjelaskan bahwa salah satu syarat yang mempengaruhi kehalusan pembubutan permukaan adalah kecepatan putaran mesin dan sudut potong pahat.

Tingkat kekasaran permukaan pada proses pemesinan sangat penting sebagaimana yang telah ditulis oleh Fathoni (2019) bahwa terkadang kekasaran permukaan benda kerja dikatakan sebagai kehalusan, sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin rendah nilai kekasaran permukaan yang dihasilkan maka permukaan dapat dikatakan semakin halus. Adapun dalam menentukan tingkat kekasaran seorang operator dapat mempertimbangkan parameter pemesinan.

Pada penelitian ini spesimen memiliki ukuran awal sebelum pengerjaan adalah panjang 150 mm, dan diameter 28 mm. Spesimen akan dibubut dengan panjang penyayat 70 mm dan kedalaman pemotongannya 2 mm (2 kali penyayat). Pembubutan melewati beberapa proses pengerjaan yaitu proses pertama adalah facing, selanjutnya proses pengerjaan roughing. Sebelum melakukan proses roughing, spesimen dibor center terlebih dahulu untuk mencegah fenomena vibration pada saat proses roughing. Setelah itu untuk memberikan ruang toolholder saat menyayat, spesimen dibubut bertingkat sehingga proses roughing bisa dilakukan dengan lancar tanpa ada fenomena-fenomena yang mengganggu proses pembubutan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan putaran spindle tidak selalu berdampak baik untuk kekasaran permukaan benda kerja. Secara teoritis semakin meningkatnya kecepatan putaran spindle akan semakin halus atau nilai kekasarannya semakin rendah. Pada penelitian ini menunjukkan adanya peningkatan nilai kekasaran permukaan saat kecepatan spindle ditingkatkan. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 3, pada gerak makan 0,23 mm/rev terjadi peningkatan nilai kekasaran. Penyebab terjadi peningkatan adalah adanya getaran/ vibration pada kecepatan yang semakin tinggi, padahal spesimen sudah dibantu tailstock untuk mencegah terjadinya getaran yang dapat mempengaruhi hasilnya. Akan tetapi penurunan nilai kekasaran ini tidak terlalu signifikan



Gambar 3 Nilai Kekasaran Permukaan

Kecepatan Spindel 1900 Rpm dengan Gerak Makan 0,18 mm/rev, 0,23 mm/rev, dan 0,28 mm/rev bisa dilihat pada Gambar 4. Sebagaimana yang sudah dijelaskan pada metode penelitian bahwa putaran mesin dapat dihitung melalui nilai *cutting speed* dan diameter benda kerja, dimana diameter yang digunakan pada penelitian ini adalah 28 mm dan *Cutting speed* yang di rekomendasikan pada tabel sebesar 175 m/menit sehingga diperoleh putaran mesin 1990 Rpm yang kemudian dibulatkan menjadi 1900 Rpm. Berdasarkan rancangan penelitian, variasi yang digunakan pada penelitian ini berada di atas perhitungan sehingga peneliti menggunakan rentang di setiap variasi sebesar 200 Rpm.



Gambar 4. Kecepatan Spindel 1900 Rpm

Berdasarkan Gambar 4 hasil penelitian menunjukkan adanya pengaruh nilai kekasaran akibat variasi gerak makan. Pada penelitian ini menunjukkan bahwa semakin tinggi gerak makan maka nilai kekasaran semakin tinggi, atau semakin pelan gerak makan nilai kekasaran semakin rendah. Menggunakan kecepatan spindel 1900 rpm kemudian diberikan gerak makan 0,18 mm/rv ternyata memberikan hasil kekasaran yang paling halus.

Kecepatan Spindel 2100 Rpm dengan Gerak Makan 0,18 mm/rev, 0,23 mm/rev, dan 0,28 mm/rev pada putaran mesin 2100 Rpm, hasil penelitian menunjukkan adanya pengaruh nilai kekasaran akibat variasi gerak makan. Pada Gambar 5 menunjukkan bahwa semakin tinggi gerak makan maka nilai kekasaran semakin tinggi, atau semakin pelan gerak makan nilai kekasaran semakin rendah. Menggunakan kecepatan spindel 2100 rpm kemudian diberikan gerak makan 0,18 mm/rv ternyata memberikan hasil kekasaran yang paling halus.



Gambar 5. Kecepatan Spindel 2100 Rpm

Kecepatan Spindel 2300 Rpm dengan Gerak Makan 0,18 mm/rev, 0,23 mm/rev, dan 0,28 mm/rev. Pada putaran mesin 2300 Rpm, hasil penelitian menunjukkan adanya pengaruh nilai kekasaran akibat variasi gerak makan. Pada Gambar 6 menunjukkan bahwa semakin tinggi gerak makan maka nilai kekasaran semakin tinggi, atau semakin pelan gerak makan nilai kekasaran semakin rendah. Menggunakan kecepatan spindel 2300 rpm kemudian diberikan gerak makan 0,18 mm/rv ternyata memberikan hasil kekasaran yang paling halus.



Gambar 6. Kecepatan Spindel 2300 Rpm

Kecepatan potong yang tinggi mengakibatkan menurunnya gaya potong dan luas penampang bidang geser. Pada saat putaran spindel tinggi maka kecepatan potong akan sejalan dan mengakibatkan luas penampang semakin sempit, penyempitan luas penampang yang dihasilkan akan berpengaruh semakin baik hasil kualitas permukaan. Pembubutan dengan menggunakan kecepatan putar mesin yang tinggi dan gerak makan yang kecil menghasilkan nilai kekasaran permukaan yang kecil. Sebaliknya dengan menggunakan kecepatan putar mesin rendah dan gerak makan yang besar menghasilkan nilai kekasaran permukaan yang besar.

Faktor-Faktor Yang Memengaruhi Nilai Kekasaran

Pada proses pembubutan ada berbagai faktor yang mempengaruhi hasil kekasaran antara lain parameter pemesinan, dan fenomena pada saat pemotongan. Pada penelitian ini, parameter pemesinan memberikan hasil yang sangat signifikan terhadap nilai kekasaran. Sejalan dengan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti terdahulu diantaranya: Hadimi (2008) menyatakan bahwa bahwa kecepatan pemakanan, putaran dan diameter benda yang dibubut berpengaruh terhadap nilai kekasaran permukaan; Raul, dkk (2016) menyatakan bahwa kecepatan potong berpengaruh terhadap hasil kualitas permukaan benda kerja. Semakin tinggi kecepatan potong yang digunakan maka hasil kualitas semakin baik.

Pada penelitian ini kecepatan potong yang tinggi mengakibatkan menurunnya gaya potong dan luas penampang bidang geser. Pada saat putaran spindel tinggi maka kecepatan potong akan sejalan dan mengakibatkan luas penampang semakin sempit, penyempitan luas penampang yang dihasilkan akan berpengaruh semakin baik hasil kualitas permukaan. Hal ini dapat dibuktikan dengan nilai kekasaran yang dihasilkan dengan kombinasi kecepatan spindel 2300 rpm dan gerak makan 0,18 mm/rev yang sudah masuk kategori N7 pada standar JIS. Sejalan dengan hasil penelitian dari Farokhi (2017) menyatakan bahwa pembubutan dengan menggunakan kecepatan putar mesin yang tinggi dan gerak makan yang kecil menghasilkan nilai kekasaran permukaan yang kecil. Sebaliknya dengan menggunakan kecepatan putar mesin rendah dan gerak makan yang besar menghasilkan nilai kekasaran permukaan yang besar.

Fenomena getaran juga dapat mempengaruhi nilai kekasaran, karena getaran tersebut menyebabkan proses penyayatan menjadi tidak konstan atau stabil. Hal ini dapat dilihat pada kecepatan spindel 2300 rpm dan gerak makan 0,23 mm/rev tidak lebih halus daripada kecepatan spindel 2100 rpm dan gerak makan 0,23 mm/rev. Adapun upaya untuk memperkecil getaran sudah dilakukan dengan cara menggunakan tailstock. Namun karena tingginya putaran mesin, getaran tersebut hanya bisa dikurangi.

PENUTUP

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa permukaan yang baik adalah permukaan dengan nilai kekasaran yang relatif rendah dimana semakin rendah nilai kekasaran maka hal itu menunjukkan permukaan benda kerja semakin halus. Adapun dalam penelitian ini, parameter yang baik digunakan untuk memperoleh permukaan yang halus yaitu putaran mesin tinggi dan kecepatan gerak makan rendah, sebagaimana hasil penelitian ini menunjukkan bahwa putaran mesin yang tinggi mencapai 2300 Rpm dan gerak makan yang rendah mencapai 0,18 mm/rev menghasilkan tingkat kekasaran permukaan yang rendah mencapai 2,17 μm . Sedangkan ketinggian nilai kekerasan diperoleh pada putaran mesin rendah dan gerak makan tinggi yang mencapai 1900 Rpm dan 0,28 mm/rev dengan nilai kekasaran permukaan sebesar 4,43 μm .

Sedangkan hasil penelitian ini ditemukan : (1) rata-rata nilai kekasaran permukaan benda kerja yang dihasilkan pada kecepatan putaran spindle 1990 rpm dengan gerak makan 0,18 mm/rev mencapai 2,29 μm ; (2) rata-rata nilai kekasaran permukaan benda kerja yang dihasilkan pada kecepatan putaran spindle 1990 rpm dengan gerak makan 0,23 mm/rev mencapai 3,31 μm ; (3) rata-rata nilai kekasaran permukaan benda kerja yang dihasilkan pada kecepatan putaran spindle 1990 rpm dengan gerak makan 0,28 mm/rev mencapai 4,43 μm ; (4) rata-rata nilai kekasaran permukaan benda kerja yang dihasilkan pada kecepatan putaran spindle 2100 rpm dengan gerak makan 0,18 mm/rev mencapai 2,16 μm ; (5) rata-rata nilai kekasaran permukaan benda kerja yang dihasilkan pada kecepatan putaran spindle 2100 rpm dengan gerak makan 0,23 mm/rev mencapai 3,32 μm ; (6) rata-rata nilai kekasaran permukaan benda kerja yang dihasilkan pada kecepatan putaran spindle 2100 rpm dengan gerak makan 0,28 mm/rev mencapai 4,52 μm ; (7) rata-rata nilai kekasaran permukaan benda kerja yang dihasilkan pada kecepatan putaran spindle 2300 rpm dengan gerak makan 0,18 mm/rev mencapai 2,17 μm ; (8) rata-rata nilai kekasaran permukaan benda kerja yang dihasilkan pada kecepatan putaran spindle 2300 rpm dengan gerak makan 0,23 mm/rev mencapai 3,46 μm ; (9) rata-rata nilai kekasaran permukaan benda kerja yang dihasilkan pada kecepatan putaran spindle 2300 rpm dengan gerak makan 0,28 mm/rev mencapai 4,19 μm .

DAFTAR RUJUKAN

- 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 2018.
- Farokhi M., Sumbodo W., Rusiyanto., 2017. Pengaruh Kecepatan Putar Spindle (Rpm) Dan Jenis Sudut Pahat Pada Proses Pembubutan Terhadap tingkat Kekasaran Benda Kerja Baja EMS 45. *Jurnal Sain dan Teknologi Vol. 15, Juli 2017 No. 1, 85-94*
- Fathoni M., 2019. Pengaruh Paramater Pemesinan Terhadap Kekasaran Permukaan Benda Kerja Pada Proses *Finishing* Dengan Mesin Bubut CNC. Skripsi tidak diterbitkan. Malang: Universitas Negeri Malang.
- Hadimi, 2008. Pengaruh Perubahan Kecepatan Pemakanan Terhadap Kekasaran Permukaan Pada Proses Pembubutan. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika, Vol. 28 11, No. 1, 2008: 18 – 28*
Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Direktorat
- Lilih, dkk. 2003. *Mesin Turning CNC TU 2A*. Surabaya: Laboratoriu CNC-BLPT Surabaya.
- Lesmono., Indra., & 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/jtmunesa/article/download/2196/1346>, diakses terakhir pada 02 Desember 2018).
- Perdana, Hidayatullah Surya. 2017. *Pengaruh Kecepatan Putaran Spindel, Kedalaman Pemotongan, dan Gerak Makan (Feed Rate) Terhadap Kekasaran Permukaan Pada Proses Pembubutan Baja AISI 304*. Skripsi tidak diterbitkan. Malang: Universitas Negeri Malang.
- 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=NDM2M%20TM%20, diakses terakhir pada 02 Desember 2013).
- Raul, Dkk. 2016. *Pengaruh Variasi Kecepatan Potong dan Kedalaman Potong Pada Mesin Bubut Terhadap Tingkat Kekasaran Permukaan Benda Kerja ST 41*. *Jurnal Teknik Mesin, Tahun 24, April 2016, No. 1, 1–9*.
- Rudrapati, R Dkk. 2016. *Optimization of process parameters in CNC turning of aluminium alloy using hybrid RSM cum TLBO approach*. IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 149 012039. Doi:10.1088/1757-899X/149/1/012039.
- Ubaid, Figa Rosyadi. 2015. *Pengaruh Kecepatan Putaran Spindel, dan Kecepatan Pemakanan (Feeding) Pada Proses Turning CNC Terhadap Kekasaran Permukaan Baja SS41*. Skripsi tidak diterbitkan. Malang: Universitas Negeri Malang.
- Zubaidi, A Dkk. 2012. Analisis Pengaruh Kecepatan Putar Dan Kecepatan Pemakanan Terhadap Kekasaran Permukaan Material FCD 40 Pada Mesin Bubut CNC. *Jurnal Teknik Mesin, Vol. 8, April 2012, No. 1, 40–47*