

PENGARUH MEDIA PENDINGIN DAN KECEPATAN PUTAR SPINDLE TERHADAP HASIL KEKASARAN PERMUKAAN BENDA KERJA PADA PROSES FINISHING MENGGUNAKAN MESIN BUBUT CNC PU

Amir Mashudi

S1 Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: amirmashudi16050524047@mhs.unesa.ac.id

Nur Aini Susanti

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: nursusanti@unesa.ac.id

Abstrak

Perkembangan teknologi komputer mengalami kemajuan yang pesat seperti pengaplikasian pada mesin perkakas (mesin frais, bubut, gerinda, las, dan lain-lain). Perpaduan hasil teknologi komputer dengan mekanik ini telah menghasilkan mesin perkakas yang dinamakan *Computer Numeric Controlled* (CNC). Namun, terdapat kendala dalam proses pendinginan benda kerja yang disebabkan keausan alat potong, kecepatan potong, jalan pemakanan, dan kedalaman pemotongan. Penelitian dilakukan untuk menguji pembubutan dengan bahan baja S45C dengan memberi variasi media pendingin coolant dromus, udara bertekanan, dan tanpa pelakuan (tanpa coolant) dan kecepatan putaran spindle 1400 rpm, 1650 rpm, 1950 rpm. Jenis penelitian ini termasuk dalam penelitian eksperimen. Penelitian dilaksanakan bulan Februari-Maret 2020 di PT Tjokro Putra Perkasa Sidoarjo. Penelitian ini menggunakan tiga variabel, yaitu jenis variasi pendingin dan kecepatan putar spindle (variabel bebas), tingkat kekerasan permukaan baja S45C pada proses bubut CNC (variabel terikat), dan seluruh faktor yang mempengaruhi tingkat kekasaran permukaan pembubutan CNC selain variasi pendingin dan kecepatan spindle (variabel kontrol). Hasil penelitian adalah (1) terdapat pengaruh yang signifikan antara variasi media pendingin dan kecepatan putar spindle terhadap hasil kekasaran permukaan benda kerja S45C pada proses *finishing* menggunakan mesin bubut CNC PU; (2) variasi media pendingin berpengaruh terhadap nilai kekasaran permukaan; (3) variasi yang paling rendah nilai kekasarannya yaitu media pendingin coolant dengan kecepatan putar spindle 1950 rpm menghasilkan nilai kekasaran 2,771 μm , dan variasi yang paling tinggi nilai kekasarannya yaitu variasi media pendingin udara bertekanan dengan kecepatan putar spindle 1400 rpm menghasilkan nilai kekasaran 3,313 μm .

Kata Kunci: kecepatan putar, pendingin, CNC, baja S45C.

Abstract

The development of computer technology has experienced rapid progress such as the application of machine tools (lathes, milling machines, grinding machines, welding machines, etc.). The combination of the results of computer technology with mechanics has produced a machine tool called *Computer Numeric Controlled* (CNC). However, there are obstacles in the workpiece cooling process, workpiece roughness caused by wear and tear that is often used and cutting speed, feed rate, and depth of cutting. This research was conducted to test the turning with S45C steel material by giving variations of the coolant dromus cooling media, compressed air, and without treatment (without coolant) and spindle rotation speed of 1400 rpm, 1650 rpm, 1950 rpm. This type of research is included in experimental research. This research was conducted in February-March 2020 at PT Tjokro Putra Perkasa Sidoarjo. This study used three variables, namely the type of cooling variation and the spindle rotational speed (independent variable), the level of hardness of the S45C steel surface in the CNC lathe process (the dependent variable), and all the factors that influence the level of roughness of the CNC turning surface in addition to the cooling variations and spindle speed (control variable). The results of the study it be concluded (1) there is a significant influence between the variation of the cooling media and the spindle rotational speed on the surface roughness results of the S45C workpiece in the finishing process using a CNC PU lathe; (2) the variation of the cooling media affects the surface roughness value; (3) the variation of the lowest roughness value is coolant cooling media with 1950 rpm spindle rotational speed resulting in roughness value 2,771 μm , and the highest variation of roughness value was variation of pressurized air cooling media with spindle rotational speed of 1400 rpm resulting in roughness value 3,313 μm .

Keywords: rotating speed, cooling, CNC, S45C steel.

PENDAHULUAN

Era globalisasi menuntut berbagai industri manufaktur untuk berinovasi agar dapat bersaing di pasar nasional dan internasional. Adanya era globalisasi membuat industri bergerak guna meningkatkan kualitas, kecepatan kerja, keamanan, meminimalkan biaya produksi, serta ramah lingkungan. Peningkatan kualitas produk hasil olahan mesin selalu dihubungkan dengan kesesuaian dimensi dan nilai kekasaran permukaan. Hal tersebut membuat kekerasan permukaan sebagai standard ketepatan dan kualitas produk.

Peranan baja dalam industri saat ini sangatlah penting terutama dalam pembuatan komponen otomotif seperti roda gigi, dan poros. Baja JIS S4C merupakan jenis baja karbon dengan standar JIS (*Japan Industrial Standard*) dan lazim digunakan industri Jepang. Baja JIS S45C ini mempunyai kadar karbon sekitar 0.45%. Baja JIS S45C merupakan baja karbon yang termasuk kedalam baja karbon sedang S45C menunjukkan bahwa baja tersebut memiliki kandungan $\pm 0,45\%$ unsur karbon didalamnya. (Firmansyah, 2014)

Kandungan karbon pada baja berukuran antara 0,2% sampai 2,1% dari ukuran baja sesuai dengan standard yang ditentukan. Semakin tinggi kandungan karbon pada baja, maka semakin meningkat kekerasan (*hardness*) dan kekuatan tariknya. Namun, pada aspek yang lain dapat menurunkan tingkat keuletan (*ductility*) dan membuat baja menjadi getas (*brittle*) (Beumer, 1994). Karbon menjadi paduan unsur utama dalam baja yang dapat dibagi menjadi tiga bagian, yaitu baja karbon tinggi, rendah, dan sedang (Amanto, 1999).

Baja karbon rendah (*low carbon steel*) mengandung karbon antara 0,055C hingga 0,3%C. Baja dengan kandungan karbon $< 0,3\%C$ tidak dapat dikeraskan karena muatan karbon tidak cukup untuk membentuk struktur martensit sehingga memiliki sifat mudah ditempa dan mudah dipekerjakan pada proses permesinan.

Baja karbon menengah/ sedang (*medium carbon steel*) mengandung karbon antara 0,3%C hingga 0,6%C. Baja jenis ini dapat dikategorikan lebih keras dan lebih kuat bila dibandingkan dengan baja karbon rendah. Kandungan karbon dalam jenis ini membuat baja dapat dikeraskan melalui proses pelakuan panas yang tepat.

Baja karbon tinggi memiliki kandungan karbon antara 0,6%C—1,5%C. Baja jenis ini mempunyai kekerasan yang tinggi. Namun, bila ditinjau dari keuletannya dapat dikategorikan lebih rendah. Berbeda dengan baja rendah, pengerasan dengan perlakuan panas dalam karbon lebih tinggi dan tidak menimbulkan hasil yang optimal. Hal itu terjadi karena terlalu banyaknya martensit yang mempengaruhi baja menjadi getas (Amanto, 1999).

Matrial dalam baja JIS S45C banyak digunakan untuk pembuatan komponen mesin karena harganya yang rendah dibandingkan matrial lainnya. Baja JIS S45C mempunyai kesamaan dengan baja lainnya, seperti DIN C45W, AISI 1045, ASSAB760, HITACI NS1045, dan THYSSEN 1730. Baja karbon mempunyai jumlah unsur karbon, mangan, dan silizium yang sama. Namun, baja ini diproduksi dengan menggunakan standard yang berbeda antara pabrik yang satu dengan lainnya (Satyarini, 2013). Baja S45C memiliki unsur-unsur data sebagai berikut.

Tabel 1. Komposisi Unsur Kimia Baja S45C

No	Unsur Kimia	Jumlah Kandungan
1	Carbon (C)	0,45%-0,50%
2	Iron (Fe)	97,74%
3	Mangan (Mn)	0,50%-0,80%
4	Fosfor (P)	0,035%
5	Sulfat (S)	0,035%

Sumber : (Satyarini : 2013)

Salah satu hasil perpaduan teknologi komputer dengan mekanik berupa mesin perkakas yang dinamakan *computer numeric controlled* (CNC). CNC adalah mesin perkakas yang memiliki sistem kontrol berbasis komputer serta dapat memahami kode N dan G (Gkode) yang mengatur sistem peralatan mesin. Dalam mesin tersebut terdapat sebuah alat mekanik bertenaga mesin yang berfungsi menciptakan komponen/benda kerja. Parameter sistem pengoperasian CNC dapat diganti melalui program dalam perangkat lunak yang sesuai (Wirawan Sumbodo, 2008: 403).

Sistem pengoperasian CNC menggunakan sistem komputer dengan bahasa *numeric*. Proses kerja CNC ini menggunakan sistem komputer dengan bahasa *numeric* akan tetapi tetap membutuhkan mekanik sebagai operator untuk menjalankan mesin CNC dan juga untuk menghindari kesalahan proses kerja.

Jika dibandingkan dengan mesin perkakas konvensional, mesin CNC memiliki keunggulan dalam proses kerja diantaranya ketelitian ukuran (*accurat*), ketepatan (*precision*), efektivitas kerja dan kapasitas produksi. Hal itu membuat banyak industri-industri mengganti mesin perkakas konvensional dengan perkakas CNC untuk mengurangi biaya produksi dan mengejar target produksi yang lebih banyak dan lebih cepat.

Mesin CNC terdapat 2 program yaitu *absolut* dan *incremental*. Pemrograman sistem absolute ialah sistem pemrograman G-Code CNC yang saat menentukan data letak elemen geometri benda kerja berpedoman pada satu titik referensi tanpa berubah-ubah, sedangkan pemrograman *incremental* ialah sistem pemrograman G-Code yang saat menentukan data letak elemen geometri benda kerjanya diukur dari titik referensi yang berpindah-pindah. Adapun mesin CNC dibedakan 2 jenis yaitu TU (*Training Unit*) dan PU (*Production Unit*) secara proses

kerja antara TU dan PU memiliki prinsip kerja yang sama, tetapi perbedaan keduanya terletak penggunaan di lapangan. CNC TU biasa digunakan untuk pelatihan dasar pemrograman dan mesin jenis ini hanya dapat digunakan untuk pekerjaan-pekerjaan ringan dengan bahan yang relatif lunak. CNC PU digunakan untuk produksi massal didesain untuk pekerjaan pekerjaan ringan maupun berat dengan variasi bahan yang berbeda sesuai dengan spesifikasi mesin CNC PU.

Untuk mendapatkan kualitas produk yang baik, tingkat kekasaran sesuai yang dikehendaki, tingkat presisi yang tinggi dan pengerjaan yang efisien maka banyak syarat yang harus terpenuhi antara lain seperti media pendingin dan kecepatan putar *spindel*. Cairan pendingin memiliki fungsi khusus dalam permesinan. Kegunaan ini untuk memperpanjang waktu pahat, menurunkan gaya dan menghaluskan permukaan produk permesinan. Cairan ini biasanya digunakan saat proses permesinan dengan empat kategori, yaitu *straight oil*, *saluble oils*, *synthetic fluids*, dan *semisynthetic fluids* (Widarto, 2008:299—300).

Kecepatan putar benda kerja diatur mekanisme gerak utama yang ada dalam kepala tetap dengan tuas-tuas untuk mengatur kecepatan putar. Spindel kerja pada mesin CNC memiliki fungsi sebagai pengatur kecepatan putaran pada kepala tetap atau sebagai pengatur kecepatan putar benda kerja yang dijepit menggunakan cekam. Di mesin CNC spindle memiliki kode S sebagai acuan untuk pemutar spindle.

Putaran rendah dan kecepatan pemakanan yang besar menggunakan pemotongan kasar. Guna mendapatkan hasil yang baik diperlukan pemotongan tingkat akhir atau *finishing* dengan putaran tinggi serta pemakanan diperlambat. Kecepatan putar benda kerja ditunjukkan pada suatu titik yang berputar dalam satuan waktu, maka panjang total (berat/gram hasil sayatan) yang terpotong atau tersayat dalam 1 menit misalnya n putaran, maka panjang total yang terpotong dalam 1 menit = $d \times \pi \times n$ m/menit, panjang total ini diukur dalam satuan meter tiap menit dan dinamakan kecepatan potong (V). Jadi : $V = d \times \pi \times n$ m/menit. Karena diameter dinyatakan dalam satuan mm maka v dibagi 1000 menjadi:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \text{ m/menit} \quad (1)$$

Sehingga :

$$n = \frac{v \cdot 1000}{\pi \cdot d} \text{ putaran/ menit(rpm)}$$

Keterangan :

v= kecepatan potong atau *Cutting speed* (Cs) dalam m/menit

d= diameter dalam mm

n= bilangan putaran/kecepatan putar dalam putaran/menit (rpm)

$$\pi = \frac{22}{7} \text{ (konstanta lingkaran)}$$

Adapun aturan baku yang berhubungan dengan kecepatan potong dalam kecepatan putar spindle yang dicantumkan dalam tabel berikut.

Tabel 2. Kecepatan Potong Bahan/ *Cuting Speed* (Rpm/Menit)

Bahan	Pahat HSS		Pahat karbida	
	Halus	Kasar	Halus	Kasar
Baja Perkakas	75-100	25-45	185-230	110-140
Baja Karbon Rendah	70-90	25-40	170-215	90-120
Baja Karbon Menengah	60-85	20-40	140-185	75-110
Baja Cor Kelabu	40-45	25-30	110-140	60-75
Kuningan	85-110	45-70	185-215	120-150
Aluminium	70-110	30-45	140-215	60-90

Sumber: (Wirawan Sumbodo, 2008:348)

Dengan adanya rumus kecepatan putar spindle dan tabel kecepatan putar potong bahan S 45 C merupakan baja karbon menengah menggunakan pahat karbida HCS maka di dapatkan variasi kecepatan putar spindle (140, 155, 185) sebagai berikut dengan menggunakan rumus (1) yang menghasilkan 1400 rpm, 1650 rpm, dan 1950 rpm.

Kekasaran permukaan merupakan ambang pemisah antara benda padat dengan sekelilingnya. Bila ditinjau melalui skala yang lebih kecil kecil dalam dasar konfigurasi, permukaan dapat dikategorikan dalam karakteristik geometri dengan jenis golongan mikrogeometri. Makrogeometri meliputi lubang, sisi, permukaan poros, dan elemen yang mencakup geometri ukuran, posisi, dan bentuk (Taufiq Rochim, 2001: 52).

Karakteristik permukaan matrial menjadi faktor utama pada perancangan komponen mesin atau perkakas. Ada banyak aspek pada karakteristik permukaan yang dapat dipaparkan dengan jelas, misalnya yang berkaitan dengan keausan, gesekan, pelumasan ketahanan, perekatan, dll. Konfigurasi permukaan umumnya tidak serapi yang telah kita lihat. Apabila profil permukaan matrial kita lihat dari penampang yang melintang benda, maka akan terlihat ketidakteraturan matrial. Ketidakteraturan konfigurasi suatu matrial jika dilihat dari profilnya, maka diuraikan ke dalam berbagai tingkat. Tingkat pertama ketidakteraturan mikrogeometri, yaitu keseluruhan permukaan yang membentuk (*form error*). Tingkat kedua disebut juga gelombang, yaitu ketidakteraturan periodic dengan panjang gelombang lebih besar dari *amplitude*. Tingkat ketiga disebut *groove*. Tingkat keempat disebut

serpihan (flaw). Antara *groove* dengan *flaw* ini dikenal dengan istilah *roughness* (Taufiq Rochim, 2001 : 54)

Tabel 3. Profil Permukaan

Tingkat	Profil terukur; bentuk hasil pengukuran	Istilah	Contoh kemungkinan penyebabnya
1		Kekasaran bentuk (form error)	Kesalahan bidang-bidang pembimbing mesin perkakas dan benda kerja, kesalahan posisi pencekaman benda kerja.
2		Gelombang (waviness)	Kesalahan bentuk perkakas, kesalahan penyenteran perkakas, getaran dalam proses pemesinan.
3		Alur (grooves)	Jejak/bekas pemotongan (bentuk ujung pahat, gerak makan).
4		Serpihan (flek)	Proses pembentukan geram, deformasi akibat proses pancar pasir, pembentukan module pada proses electroplating.
5.			Kombinasi ketidak teraturan dari tingkat 1 sampai 4.

Sumber : Taufik Rochim, 2001: 55

Angka yang ada pada simbol kekasaran permukaan merupakan nilai dari kekasaran permukaan aritmatik(Ra). Besaran (Ra) maksimal yang diujikan ditulis simbol segitiga. Satuan yang dipakai sesuai satuan panjang dalam gambar teknik (metrik atau inci). Bila angka kekasaran Ra minimum diperlukan dapat ditulis di bawah angka kekasaran maksimum. Angka kekasaran Ra telah di kelompokkan menjadi 12 kelas kekasaran sebagaimana terlihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 4. Nilai Kekasaran

Kekasaran Ra (µm)	Tingkat kekasaran	Panjang sampel (mm)
50	N12	8
25	N11	
12.5	N10	2.5
6.3	N9	
3.2	N8	0.8
1.6	N7	
0.8	N6	
0.4	N5	
0.2	N4	0.25
0.1	N3	
0.05	N2	
0.025	N1	0.08

Sumber : (Taufiq Rochim, 2001 : 62)

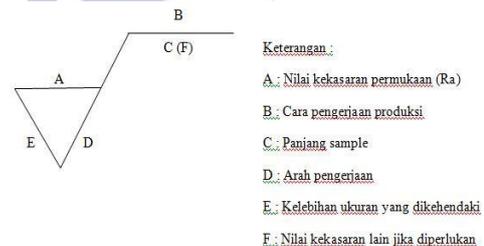
Angka kekasaran (ISO number) berfungsi untuk meminimalkan kekasaran interpretasi atas satuan harga kekerasan. Secara spesifik, kekasaran mampu ditulis dengan nilai atau angka kekasaran ISO. Ukuran panjang sampel pengukuran dapat disesuaikan dengan angka kekasaran yang ada di permukaan (Taufiq Rochim, 2001 : 55-63)

Tabel 5. Tabel ISO 1302

Roughness value Ra		Roughness grade numbers (given in the previous edition of ISO 1302)
µm	µin	
50	2000	N12
25	1000	N11
12.5	500	N10
6.3	250	N9
2.3	125	N8
1.6	63	N7
0.8	32	N6
0.4	16	N5
0.2	8	N4
0.1	4	N3
0.05	2	N2
0.025	1	N1

Sumber : (Taufiq Rochim, 2001 : 55-63)

Pada segitiga sama sisi dengan salah satu ujungnya menempel pada permukaan. Pada segitiga ini juga terdapat angka dan simbol yang memiliki beberapa arti yang terlihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 1. Lambang Kekasaran

Mesin CNC memiliki keunggulan dalam beberapa hal dibanding dengan mesin konvensional tetapi ada beberapa kendala dalam proses kerja mesin CNC. Keunggulan tersebut terletak pada proses pendinginan benda kerja. Namun proses tersebut memiliki kendala perbedaan kekasaran benda kerja yang disebabkan keausan alat potong, kecepatan potong, laju pemakanan, dan kedalaman pemotongan. Untuk meminimalisasi cacatnya benda kerja akibat ausnya alat potong yang sering digunakan, maka peneliti akan melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh Variasi Media Pendingin dan Kecepatan Putar Spindle Terhadap Hasil Kekasaran Permukaan Benda Kerja pada Proses Finishing Menggunakan Mesin Bubut CNC PU”.

Penelitian ini memiliki beberapa kesamaan dan perbedaan dengan penelitian relevan sebelumnya. *Pertama*, penelitian relevan dengan penelitian ini pernah dilakukan oleh Ardhi Budi Ramadhani dan Muchamad Arif Irfa'i (2015) berjudul "Analisis Kecepatan Putaran Spindle, Jenis Pahat, dan Variasi Kedalaman Permukaan Terhadap Kekasaran dan Kerataan Permukaan Aluminium 6061 Pada Mesin CNC TU-3A dengan Program Absolut G01." *Kedua*, penelitian relevan pernah dilakukan oleh Rendi Alfianto dan Diah Wulandari (2018) dengan judul "Studi Ekperimen Kecepatan Putar Spindle dan Kedalaman Potong Terhadap Getaran Pahat dan Tingkat Kekasaran pada Proses Pembubutan Poros Menggunakan Mesin Bubut." *Ketiga*, Yohanws Tri Joko Wibowo (2015) "Analisis Tingkat Kekasaran Permukaan Hasil Proses Mill Slot pada Baja Permesinan SCM 440.". Persamaan penelitian yang akan dilakukan Yohanes Tri Joko Wibowo terdapat pada tingkat kekasaran permukaan hasil, sedangkan perbedaannya terletak pada penggunaan variasi pendingin dan obyek yang digunakan. *Keempat*, penelitian yang relevan pernah dilakukan oleh Rao, Nagerwara, dan Srihari (2013) tentang "Influence of cutting Force and Surface Finish In Turning Operation". Penelitian ini menghasilkan bahwa kekasaran optimum adalah 3,96 μm (Ra) pada feed rete 0,05mm/rev, kecepatan potong 50 m/min, dan kedalaman 0,5 mm. *Kelima*, penelitian yang dilakukan Deny Firdiawan dan Yunus tentang studi "Kedalaman Potong, Kecepatan Putar Spindle, dan Sudut Potong Pahat Terhadap Kekasaran Permukaan Hasil Bubut Konvensional Bahan Komposit". Penelitian ini menghasilkan nilai kekasaran permukaan rata-rata aritmatik (Ra) terkecil adalah 5,59 μm dihasilkan dari parameter kedalam potong 0,1 mm kecepatan spindle 800 Rpm, dan sudut potong 78. *Keenam*, penelitian yang relevan pernah dilakukan Indra Lesmono dan Yunus (2013) tentang "Pengaruh Jenis Pahat, kecepatan Spindle dan Kedalaman Permukaan Terhadap Tingkat Kekasaran dan Kekerasan Permukaan Baja St 42 Pada Proses Bubut Konvensional". *Ketujuh*, penelitian yang relevan pernah dilakukan Tri Adi Prasetya tentang "Pengaruh Gerak Pemakanan dan Media Pendingi Terhadap Kekasaran Permukaan Logam Hasil Pembubutan Permukaan Logam Matrial Baja Hq 760". Dalam penelitian tersebut didapatkan hasil kekasaran permukaan benda kerja tanpa media pendingin sebesar 7,880 μm dan senilai 6,004 μm dengan menggunakan media pendingin oli SAE. Jadi dapat disimpulkan bahwa media pendingin memiliki kekasaran sebesar 23,8% terhadap tingkat kekasaran permukaan baja Hq760. *Kedelapan*, penelitian relevan pernah dilakukan Henu Tri Wicaksono (2017) tentang "Pengaruh Variasi Media Pendingin dan Kecepatan Putar Spindel Terhadap Hasil Kekasaran Permukaan Benda Kerja Aluminium 6061 Pada Proses Finishing

Menggunakan Mesin Bubut CNC PU Fanuc Series 01 Mate-Tc".

Untuk menghindari penyimpangan pembahasan, maka dilakukan pembatasan lingkup penelitian sebagai berikut.

- Proses penelitian menggunakan mesin CNC LC-11 TNL 120 AL dengan kontrol fanuc.
- Bahan menggunakan baja S45C.
- Pahat karbida HCS (*high cut steel*) radius 0,8 mm.
- Proses penelitian menggunakan standar ISO untuk parameter permesinan dengan kecepatan putar spindle yang berbeda.
- Proses kerja pada mesin bubut CNC fanuc menggunakan metode bubut rata dengan program absolute dengan kedalaman pemotongan 1,5 mm dengan finishing 0,2 mm.
- Pengaruh kualitas hasil penelitian dikendalikan melalui proses *Finishing* dengan variasi pendingin (coolant, udara bertekanan, tanpa coolant) dan kecepatan putar spindle (1400 rpm, 1650 rpm, 1950 rpm) mengacu pada aturan baku yang berhubungan dengan kecepatan potong dalam kecepatan putar spindle yang dicantumkan pada tabel sesuai dengan penelitian sebelumnya.
- Pengujian menggunakan bahan yang sama dengan versi pendingin dan kecepatan putar spindle yang berbeda sesuai banyaknya variasi pendingin dan kecepatan putar spindle dengan semua bahan dan alat potong dalam kondisi baru.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui (1) pengaruh dan seberapa besar variasi pendingin coolant dengan kecepatan putar spindle 1400 rpm, 1650 rpm, 1950 rpm terhadap kekasaran permukaan benda kerja pada proses *Finishing* pembubutan rata CNC fanuc; (2) pengaruh dan seberapa besar variasi pendingin udara bertekanan dengan kecepatan putar spindle 1400 rpm, 1650 rpm, 1950 rpm terhadap kekasaran permukaan benda kerja pada proses *Finishing* pembubutan rata CNC fanuc; dan (3) pengaruh dan seberapa besar variasi pendingin tanpa coolant dengan kecepatan putar spindle 1400 rpm, 1650 rpm, 1950 rpm terhadap kekasaran permukaan benda kerja pada proses *Finishing* pembubutan rata CNC fanuc.

METODE

Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen. Penelitian eksperimen ini sebagai metode penelitian yang dipakai untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap aspek lain dalam kondisi yang ditentukan (Sugiyono (2011:72). Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari 2020 sampai dengan bulan Maret 2020 di PT. Tjokro Putra Perkasa Sidoarjo. Pengerjaan benda uji maupun pengujian kekasaran permukaan dan pengambilan

gambar dilakukan di PT. Tjokro Putra Perkasa Sidoarjo. Penelitian ini memiliki variabel bebas berupa jenis cariasi pendingin dan kecepatan putar spindle, variasi terikat berupa tingkat kekasaran permukaan baja S45C pada proses bubut CNC, dan variabel kontrol yang meliputi seluruh faktor yang dapat mempengaruhi tingkat kekerasan permukaan pembubutan CNC selain variasi pendingin dan kecepatan spindle (jenis material, langkah penyayatan, ketajaman pahat, ketebalan *feeding*, dan operator).

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan *Vernier Caliper Digital* (Jangka Sorong) merk Mitutoyo type MT0000044 dan *Roughness Taster* merk Mitutoyo type SJ-310 *cut of length*: 0.08, 0.25, 0.8, 2.5, 8 mm, data output via RS232C Interface/SPC output, USB Digimatic. Dalam penelitian ini material yang digunakan adalah baja S45C karena material ini banyak digunakan dalam pembuatan poros. Ukuran benda kerja adalah panjang 95mm, diameter 25,4 mm. Baja S45C adalah baja karbon rendah yang mempunyai kandungan karbon kurang dari 0.3% dan lebih dari 99%.

Dalam penelitian ini dilakukan eksperimen dan studi literatur pembubutan CNC benda uji dengan variasi media pendingin dengan kecepatan putar spindle berbeda guna memiliki keakuratan sebagaimana dasar ilmu yang menjadi latar belakang ini.

Prosedur yang dilakukan dalam penelitian ini dipaparkan sebagai berikut.

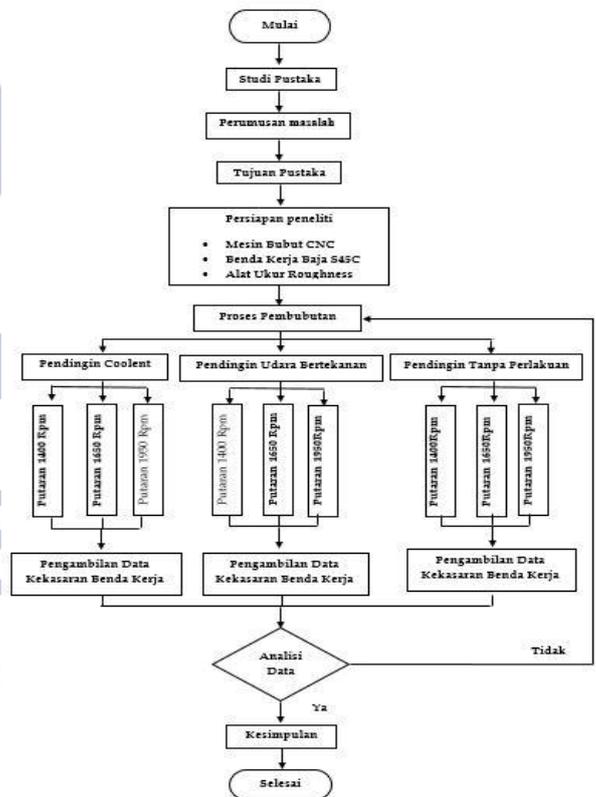
- Mempersiapkan bahan dan peralatan (benda kerja dengan baja S45C ukuran diameter 30mm dan panjang 90mm, mesin bubut CNC, pahat inset, alat ukur kekasaran permukaan).
- Menyiapkan program dengan variasi putaran spindle dengan rpm yang sudah ditentukan dan dengan variasi media pendingin yang sudah di siapkan.
- Pengerjaan pertama, dengan variasi kecepatan putaran spindle 1400 rpm dengan media pendingin coolant.
- Pengerjaan kedua, dengan variasi kecepatan putaran spindle 1650 rpm dengan media pendingin udara bertekanan.
- Pengerjaan ketiga, dengan variasi kecepatan putaran spindle 1950 rpm dengan media pendingin tanpa pelakuan.
- Benda kerja di bersihkan.
- Dilakukan pengujian kekasaran benda kerja yang sudah mendapatkan proses pemesinan dengan menggunakan *roughness taster*.

Semua data yang diperoleh selanjutnya dilakukan analisa data (Sugiyono, 2011: 335).

Tabel 6. Pengujian Kekasaran Permukaan Baja S45C

Kecepatan spindle (rpm)	Variasi media Pendingin	Banda uji	Hasil Pengukuran Kekasaran Permukaan μm			
			T1	T2	T3	Rata-rata
1400 rpm	Coolant	1				
	Udara Bertekanan	2				
	Tanpa Pelakuan	3				
1650 rpm	Coolant	4				
	Udara Bertekanan	5				
	Tanpa Pelakuan	6				
1950 rpm	Coolant	7				
	Udara Bertekanan	8				
	Tanpa Pelakuan	9				

Keterangan :
 T1 titik pengukuran 1
 T2 titik pengukuran 2
 T3 titik pengukuran 3



Gambar 2. Prosedur Penelitian

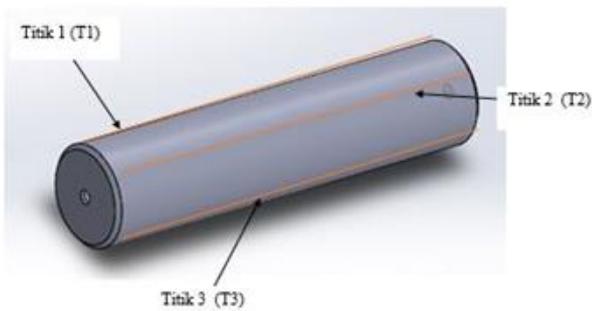
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian tentang “Pengaruh Media Pendingin Dan Kecepatan Putar Spindle Terhadap Hasil Kekasaran Permukaan Benda Kerja Pada Proses Fhishing Menggunakan Mesin Bubut CNC PU” diperoleh data berupa angka. Data tersebut meliputi uji kekasaran

permukaan benda kerja baja S45C dari pengaruh variasi media pendingin dan kecepatan putar spindle yang berbeda.

Pengujian kekasaran permukaan menghasilkan data berupa angka (nilai) kekasaran permukaan rata-rata (Ra) dan nilai tinggi gelombang kekasaran (Ry). Data tersebut diperoleh dari alat ukur kekasaran permukaan (*Surface Roughness Tester*) dengan merk Mitutoyo type SJ-310 terhadap permukaan hasil dari proses pembubutan rata dengan menggunakan mesin bubut CNC PU. Pengukuran tersebut dilakukan setelah benda kerja dibubut rata permukaannya dengan variasi media pendingin diantaranya : a.) coolant, b.) udara bertekanan c.) tanpa perlakuan dan tiga kecepatan putar spindle yaitu 1400rpm, 1650rpm, dan 1950rpm. Saya menggunakan kecepatan putar sekian mengacu pada tabel standar kekuatan pahat yang ada.

Pengerjaan benda kerja dilakukan dengan membubut rata sepanjang 85 mm dengan diameter 20 mm, kemudian diambil 3 titik untuk pengujian kekasaran. Pengujian pertama (titik 1) dilakukan pada sisi atas, kedua (titik 2) dilakukan pengujian disebelah yaitu benda di putar 1/3 bagian untuk pengujian kedua, ketiga (titik 3) dilakukan pengujian di bagian bawah 1/3 putaran. Hasil dari tersebut selanjutnya diambil rata-ratanya untuk mendapat nilai kekasarannya.



Gambar 3. Titik Uji Kekasaran

Hasil pengujian kekasaran permukaan benda kerja S 45 C dalam penelitian ini dapat dilihat dalam bentuk tabel berikut.

Tabel 7. Hasil Pengukuran Kekasaran Permukaan

Kcpt Spndle (Rpm)	VM Pendingin	Banda Uji	Hasil Pengukuran Kekasaran Permukaan μm			
			T1	T2	T3	Rata-Rata
1400 Rpm	Coolant	1	Ra 3,389 Ry 11,315	Ra 2,849 Ry 11,241	Ra 2,990 Ry 11,059	Ra 3,076 Ry 11,205
	Udara Bertekanan	2	Ra 3,423 Ry 12,991	Ra 3,451 Ry 13,346	Ra 3,067 Ry 13,998	Ra 3,313 Ry 13,445
	Tanpa Perlakuan	3	Ra 2,578 Ry 12,753	Ra 2,890 Ry 11,625	Ra 3,087 Ry 12,978	Ra 2,851 Ry 12,452
1650 Rpm	Coolant	4	Ra 3,305 Ry 12,532	Ra 3,556 Ry 12,209	Ra 2,505 Ry 8,883	Ra 3,122 Ry 11,208
	Udara Bertekanan	5	Ra 2,483 Ry 11,326	Ra 3,005 Ry 11,356	Ra 2,989 Ry 11,651	Ra 2,825 Ry 11,434
	Tanpa Perlakuan	6	Ra 2,884 Ry 11,139	Ra 3,465 Ry 11,596	Ra 3,459 Ry 11,769	Ra 3,269 Ry 11,511
1950 Rpm	Coolant	7	Ra 2,215 Ry 9,291	Ra 2,852 Ry 11,592	Ra 3,247 Ry 12,296	Ra 2,771 Ry 11,059
	Udara Bertekanan	8	Ra 3,435 Ry 13,166	Ra 2,913 Ry 12,136	Ra 2,772 Ry 12,965	Ra 3,04 Ry 12,755
	Tanpa Perlakuan	9	Ra 3,289 Ry 13,323	Ra 3,368 Ry 13,179	Ra 3,075 Ry 12,597	Ra 3,244 Ry 13,033

Proses pembubutan menggunakan mesin CNC PU dengan menggunakan bahan benda kerja S 45 C. Pertama memotong benda kerja dengan menggunakan mesin potong gergaji amada dengan panjang 90 mm. Kemudian dilakukan feshing atau dirampas kanan kiri dengan panjang 85 mm supaya tiap sisinya kini memiliki permukaan yang rata sehingga matrial tidak begitu oleng. Lalu di lakukan centerer kanan kiri bertujuan untuk proses driping (mencatok dimesin bubut CNC). Selanjutnya untuk membedakan variasi media dan kecepatan putar spindle dilakukan penandan pada matrial yaitu dengan memberi tanda angka dengan menggunakan laser untuk memberi tanda angka 1-9 sesuai tabel pengujian.



(1) (2)
Gambar 3. Persiapan Bahan (1) dan Pemberian Tanda (2)

Setelah itu dilakukan pembubutan di mesin bubut CNC PU dengan metode driping center. Dripping center yaitu pada posisi kepala tetap (*Head stock*) di pasang shok bor center (dripping center) dan di bor senter di tekankan ke arah kepalah tetap untuk menjapit atau menekan benda kerja. Untuk proses pembubutan ini menggunakan dripping center supaya bisa bubut rata penuh tanpa membalik benda kerja.



(1) (2)

Gambar 4. Proses Dripping Center Sebelum (1) dan Sesudah Pembubutan (2)

Setelah itu melakukan pemrograman pada mesin CNC untuk melakukan perintah kerja pada mesin yaitu dengan program absolut dengan pemakanan 1,5 mm dengan menggunakan pahat radius 0,8 mm.



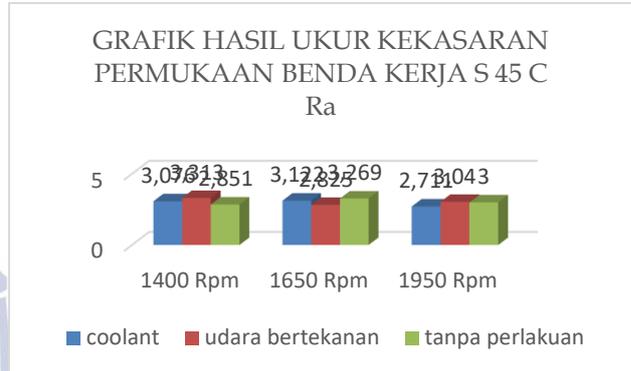
Gambar 5. Program Absolut

Proses pembubutan menggunakan kecepatan bervariasi yaitu a.) 1400rpm b.) 1650 c.) 1950 dan menggunakan variasi pendingin a.) Coolant b.) Udara bertekanan c.) Tanpa perlakuan, bubut rata sepanjang 85 mm dengan kedalaman potong 1,5 mm dengan pemotongan (penyayatan) finishing 0,2 mm. Setelah proses pembubutan selesai, benda kerja diukur kekasaran permukaannya menggunakan *surface roighness tester* dengan 3 titik pengujian setiap benda kerja.

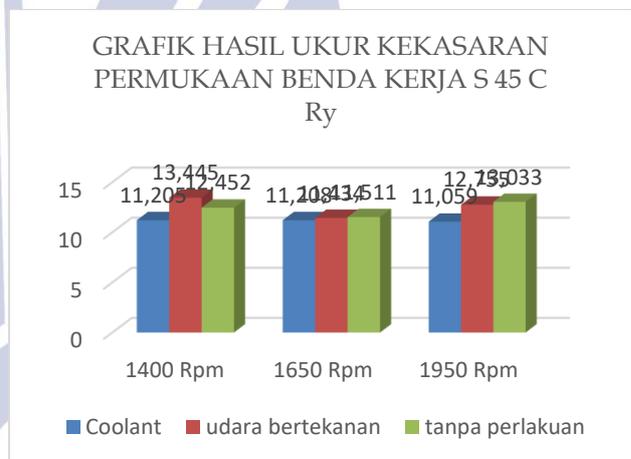


Gambar 6. Gambar Pengujian

Berdasarkan data hasil pembubutan yang telah dilakukan yaitu, uji kekasaran pada permukaan benda kerja S 45 C yang telah dibubut rata dengan mesin bubut CNC PU dengan 3 jenis variasi pendingin dan kecepatan putar spindle yang berbeda, dapat dibuat grafik sebagai berikut.



Gambar 7. Grafik Pengukuran Kekasaran Permukaan Benda Kerja S 45 C Ra



Gambar 8. Grafik Pengukuran Kekasaran Permukaan Benda Kerja S 45 C Ry

Berdasarkan hasil uji kekerasan yang dilakukan tampak bahwa variasi media pendingin dan kecepatan putar spindle keduanya memiliki pengaruh pada kekasaran permukaan benda kerja S 45 C. Hal tersebut dapat diketahui pada grafik nilai kekasaran yang memiliki tingkat berbeda. Media pendingin dan kecepatan putar spindle berpengaruh signifikan pada tingkat kekasaran permukaan. Gambar di atas menunjukkan bahwa tingkat kekasaran yang dihasilkan oleh masing-masing pendingin dan kecepatan putar spindle terhadap finishing.

- Variasi media pendingin coolant menggunakan kecepatan putar spindle 1400 rpm, 1650 rpm, 1950 rpm adalah 3,076 μm : 3,122 μm : 2,771 μm .
- Variasi media pendingin udara bertekanan menggunakan kecepatan putar spindle 1400 rpm, 1650 rpm, 1950 rpm adalah 3,313 μm : 2,825 μm : 3,04 μm .

- Variasi media pendingin tanpa perlakuan menggunakan putaran spindle 1400 rpm, 1650 rpm, 1950 rpm adalah $2,851 \mu\text{m} : 3,269 \mu\text{m} : 3,244 \mu\text{m}$.

Berdasarkan tingkat kekasaran tersebut, media pendingin coolant merupakan media yang paling optimal dengan menghasilkan tingkat kekasaran permukaan benda kerja yang paling rendah pada putaran spindle 1950 rpm yaitu dengan nilai kekasaran $2,771 \mu\text{m}$. Nilai kekasaran paling tinggi didapatkan pada variasi pendingin udara bertekanan dengan kecepatan putar spindle 1400 rpm yaitu dengan nilai kekasaran $3,313 \mu\text{m}$.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Dr. Soeryanto, M.Pd. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin di Universitas Negeri Surabaya, Dr. Soeryanto, M.Pd. selaku Ketua Program Studi S1 Pendidikan Teknik Mesin di Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya, Nur Aini Susanti, S.Pd, M.Pd. selaku dosen pembimbing, serta Divisi Produksi PT Tjokro Putra Perkasa Sidoarjo, Jawa Timur yang telah memberikan tempat penelitian.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian “Pengaruh Variasi Media Pendingin dan Kecepatan Putar Spindel Terhadap Hasil Kekasaran Permukaan Benda Kerja Pada Proses Finishing Menggunakan Mesin Bubut PU”, dapat disimpulkan sebagai berikut.

- Terdapat pengaruh yang signifikan antara variasi media pendingin dan kecepatan putar spindel terhadap hasil kekasaran permukaan benda kerja S 45 C pada proses finishing menggunakan mesin bubut CNC PU, hal ini menunjukkan pada hasil uji kekasaran pada penelitian ini.
- Variasi media pendingin pada kekasaran permukaan karena perbedaan nilai kekasaran setiap variasi berbeda.
- Variasi yang paling rendah nilai kekasarannya yaitu media pendingin coolant dengan kecepatan putar spindel 1950 rpm menghasilkan nilai kekasaran $2,771 \mu\text{m}$, dan variasi yang paling tinggi nilai kekasarannya adalah variasi media pendingin udara bertekanan dengan kecepatan putar spindel 1400 rpm menghasilkan nilai kekasaran $3,313 \mu\text{m}$. Jadi nilai kekasaran paling rendah dihasilkan oleh variasi coolant dengan kecepatan putar tinggi.

Saran

Saran-saran yang dapat diberikan sehubungan dengan hasil dan simpulan dari penelitian ini adalah:

- Penelitian CNC bubut PU ini dapat digunakan sebagai proses awal peneliti lain yang berminat melakukan kajian yang relevan.
- Perlunya mengkalibrasi alat ukur dan mesin supaya tetap presisi dan ukuran sesuai dengan bagus.
- Untuk menghasilkan keakuratan dalam penelitian, maka peneliti selanjutnya dapat melakukan uji kekasaran dengan variabel kontrol yang bervariasi saat pembubutan CNC PU seperti perbandingan coolant dengan air.
- Saran untuk penelitian selanjutnya yaitu perlu dilakukan penelitian pengaruh kekerasan terhadap benda kerja setelah di proses pembubutan dengan berbagai variasi media pendingin dan perlu dilakukan variasi sudut pahat (Radius pada pahat CNC PU).
- Untuk pengetahuan orang yang pertama kali membubut supaya mengetahui faktor yang dapat mempengaruhi kualitas permukaan benda kerja saat melakukan pembubutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfianto, Rendi dan Diah Wulandari. 2018. “Studi Eksperimen Kecepatan Putar Spindle dan Kedalaman Potong Terhadap Getaran Pahat dan Tingkat Kekerasan pada Proses Pembuatan Poros Menggunakan Mesin Bubut.” *Jurnal Teknik Mesin*, 6(2): 61—68.
- Fidiawan, Deny dan Yunus. 2014. Pengaruh Kedalaman Potong, Kecepatan Putar Spindel, Sudut Potong Pahat Terhadap Kekasaran Permukaan Hasil Bubut Konvensional Bahan Komposit, JTM, Volume 3, UNESA.
- 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. JTM. Volume 01 No 03, 2013 : 48-55
- Prasetya, T.A., 2010, Pengaruh Gerak Pemakanan Dan Media Pendingin Terhadap Kekasaran Permukaan Logam Hasil Pembubutan Pada Material Baja HQ 760, Skripsi, Universitas Sebelas Maret
- Ramadhani, Ardhi Budi dan Muchamad Arif Irfa'i. 2015. “Analisis Kecepatan Putar Spindle, Jenis Pahat dan Variasi Kedalaman Pemakanan Terhadap Kekasaran dan Kerataan Permukaan Aluminium 6061 pada Mesin CNC TU-3A dengan Program Absolut G01.” *Jurnal Teknik Mesin*, 1(01): 118—125.
- Rao, C. J, Nageswara dan Srihari. 2013. Influence Of Cutting Parameters On Cutting Force And Surface

Finish In Turning Operation. *Procedia Engineering*, 64: 1405-1415.

Rochim, T. 2001. *Spesifikasi Geometris Metrologi Industri & Kontrol Kualitas*. Bandung: ITB Bandung

Setyorini Y., 2013. Pengaruh Media Pendingin pada Heat Treatment Terhadap Struktur Mikro dan Sifat Mekanik Friction Wedge AISI 1340, *Jurnal Teknik Material dan Metalurgi Institut Teknologi Sepuluh November (ITS)*, Surabaya

Sugiyono. 2011. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Penerbit Alfabeta

Sumbodo, W. 2008. *Teknik Produksi Mesin Industri*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan Standar ISO 1302: 2002.

Tim Ft.Unesa.2016 *Panduan Penulisan Skripsi Program S1 Surabaya: Jurusan Pendidikan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya*.

Wayudi, 2011. *Studi Metode Pendinginan Terhadap Kualitas Hasil End Milling*. Tugas Akhir UMS.

Wibowo, A. Pengaruh Variasi Kecepatan Putar Spindel dan Bahan Pahat Terhadap Kehalusan Permukaan Baja EMS 45 Pada Mesin CNC TU 2A dengan Program Absolute. *Jurnal Teknik Mesin*. (online) (digilib.uns.ac.id), diakses tanggal 13 Desember 2019.

Wibowo, Yohanes Tri Joko. 2015. "Analisis Tingkat Kekasaran Permukaan Hasil Proses Mill Slot pada Baja Permesinan SCM 440." *Seminar Nasional Mesin dan Teknologi Kejuruan di Universitas Negeri Jakarta*, Jakarta pada Mei 2015.

Wicaksono, Henu Tri. 2017 "Pengaruh Variasi Media Pendingin dan Kecepatan Putar Spindel Terhadap Hasil Kekasaran Permukaan Benda Kerja Pada Proses Finishing Menggunakan Mesin Bubut CNC Fanuc Series 01 Mate-Tc".

Widarto. 2008a. *Teknik Pemesinan Jilid 1*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan

Widarto. 2008b. *Teknik Pemesinan Jilid 2*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan

