

Pengaruh Jenis Material Benda Kerja Terhadap Getaran Saat Proses Penyayatan Dan Kekasaran Permukaan Produk Yang Dihasilkan Dengan Menggunakan Mesin Bubut

Satriya Firmansyah^a, Hendri Suryanto^{a*}, Mudjijanto^a

^a Sekolah Tinggi Teknologi Ronggolawe Cepu, Jl. Kampus Ronggolawe No.1, Mentul Indah, Karangboyo, Kec. Cepu, Kabupaten Blora, Jawa Tengah 58315

*E-mail : hendrie_s@yahoo.com

Tentang naskah:

-di terima, 30 Apr. 2021
-direviewe, 30 Apr 2021
-diterbitkan, 30 Apr. 2021

Kata kunci:

Getaran, Kekasaran
Permukaan, Mesin
Bubut

Intisari

Industri manufaktur tidak lepas dari adanya proses pemrosesan, salah satunya adalah proses pembubutan. Proses pembubutan merupakan sebuah proses pemotongan yang menggunakan mesin perkakas untuk memproduksi bentuk silindris dan juga dapat digunakan untuk membuat ulir, pengeboran dan meratakan benda. Getaran pemrosesan (*machining vibration*) merupakan getaran yang timbul selama proses pemotongan berlangsung. Pada penelitian ini menggunakan baja jenis AISI 4140, AISI 4340, dan S45C yang biasa digunakan pada komponen mesin. Tujuan penelitian ini adalah Mengetahui hubungan antara getaran mesin bubut selama proses penyayatan dengan kekasaran permukaan produk yang dihasilkan. Metode yang dilakukan dalam penelitian ini memfokuskan pada uji kekasaran permukaan benda kerja dan getaran yang dihasilkan pada mesin bubut C6127A dengan variasi bahan yaitu menggunakan baja AISI 4340, AISI 4140, dan S45C menggunakan jenis pahat HSS dan kecepatan spindle 265 rpm dengan kedalaman pemakanan 1 mm. Pada penelitian ini menghasilkan getaran pada proses pembubutan baja AISI 4340 memiliki getaran 3,81 mm/s², pada baja AISI 4140 memiliki getaran sebesar 3,75 mm/s², dan pada baja S45C memiliki getaran sebesar 3,86 mm/s². Sedangkan hasil dari kekasaran permukaan pada baja aisi 4140 mempunyai kekasaran sebesar 14,781 µm, pada baja AISI 4340 mempunyai kekasaran sebesar 12,516 µm, dan pada baja S45C mempunyai kekasaran sebesar 15,190 µm. Dapat disimpulkan bahwa semakin besar kadar karbon pada baja semakin besar getaran dan kekasaran yang dihasilkan saat proses penyayatan.

Abstract

The manufacturing industry cannot be separated from the machining process, one of which is the turning process. The turning process is a cutting process that uses machine tools to produce cylindrical shapes and can also be used to make threads, drilling and leveling objects. Machining vibration is a vibration that occurs during the cutting process. This research uses steel types AISI 4140, AISI 4340, and S45C which are commonly used in machine components. The purpose of this study is to determine the relationship between the vibration of the lathe during the cutting process with the surface roughness of the resulting product. The method used in this study focuses on testing the surface roughness of the workpiece and the resulting vibrations on the C6127A lathe with a variety of materials, namely using steel AISI 4340, AISI 4140, and S45C using HSS chisel type and spindle speed of 265 rpm with an infeed depth of 1 mm. In this research, the vibrations in the turning process of AISI 4340 steel have a vibration of 3.81 mm / s², AISI 4140 steel has a vibration of 3.75 mm / s², and in S45C steel has a vibration of 3.86 mm / s². While the results of the surface roughness on Aisi 4140 steel has a roughness of 14.781 µm, the AISI 4340 steel has a roughness of 12.516 µm, and the S45C steel has a roughness of 15.190 µm. It can be concluded that the greater the carbon content in the steel, the greater the vibration and roughness generated during the cutting process.

Keyword:

Vibration, Surface
Roughness, Lathe

1. Pendahuluan

Sejalan dengan perkembangan teknologi, suatu hasil produksi harus diimbangi dengan peningkatan kualitas hasil produksi, terutama pada proses produksi yang menggunakan mesin-mesin perkakas seperti mesin bubut, mesin skrap, mesin frais dan mesin bor.

Ditemukanya mesin-mesin produksi akan mempermudah dalam pembuatan komponen-komponen mesin. Adanya mesin perkakas produksi, pembuatan komponen mesin akan semakin efisien dengan ketelitian yang sangat tinggi.

Industri manufaktur tidak lepas dari adanya proses pemrosesan, salah satunya adalah proses pembubutan. Proses

pembubutan merupakan sebuah proses pemotongan yang menggunakan mesin perkakas untuk memproduksi bentuk silindris dan juga dapat digunakan untuk membuat ulir, pengeboran dan meratakan benda putar dengan cara memotong benda kerja yang berputar pada *spindel* menggunakan alat potong (pahat) yang memiliki tingkat kekerasan diatas benda kerja yang dibentuk. Pada proses pembuatan komponen material baja karbon rendah sering menggunakan pisau atau pahat *High Speed Steel* (HSS). Pahat HSS termasuk jenis *high alloy steel*, dapat melakukan pemotongan yang baik sampai temperatur operasi 1100 °C. Pahat HSS memiliki kekerasan cukup tinggi sehingga bisa digunakan pada kecepatan potong yang tinggi dalam pemesinan material baja karbon rendah (Mrihrenaningtyas dan Prayadi,2015).

2. Kerangka Teori

2.1. Baja Paduan

Baja paduan adalah baja yang sifatnya dipengaruhi oleh kadar karbon dan unsur-unsur paduan yang ditambahkan. Contoh paduan baja dengan Cr, Ni, Mn, Mo, V, dan W yang berguna untuk memperoleh sifat-sifat baja yang dikehendaki seperti sifat kekuatan, kekerasan dan keuletannya (Panjaitan, 2015). Berdasarkan kadar paduannya dibagi menjadi tiga macam yaitu:

- 1) Baja paduan rendah (*low alloy steel*)
Baja paduan rendah merupakan baja paduan yang elemen paduannya kurang dari 2,5%.
- 2) Baja paduan sedang (*medium alloy steel*)
Baja paduan sedang merupakan baja paduan yang elemen paduannya 2,5%-10%.
- 3) Baja paduan tinggi (*high alloy steel*)
Baja paduan tinggi merupakan baja paduan yang elemen paduannya lebih dari 10% (Amanto, 1999).

a. Baja AISI 4140

Baja paduan AISI 4140 adalah bahan logam yang paduan utamanya yaitu molybdenum dan chromium. Unsur molybdenum adalah unsur yang larut dalam austenite maupun ferit dan juga sebagai unsur pembentuk karbida yang kuat (Maulana, 2017). Berdasarkan penelitian Purnomo E Y. (2011) yang

menguji kekerasan pada baja AISI 4140 dengan metode *vickers* dengan nilai kekerasan sebesar 308 HV. Adapun komposisi unsur kimia dari baja AISI 4140 sebagai berikut :

Tabel 1. Komposisi Unsur Kimia Baja AISI 4140 (ASM Handbook Vol. 1 , 1993)

Unsur	Komposisi (%)
C	0,38 – 0,43
Cr	0,80 – 1,10
Mo	0,15 – 0,25
Mn	0,75 – 1,00
Si	0,15 – 0,30
S	0,040
P	0,035

b. Baja AISI 4340

Baja paduan rendah atau *low alloy steels* merupakan jenis baja paduan dengan kandungan unsur pemadu kurang dari 5 %. Masing-masing unsur pemadu memberikan pengaruh yang kuat pada sifat-sifat bahan baja. Baja paduan rendah AISI 4340 merupakan jenis baja yang banyak digunakan sebagai bahan teknik antara lain sebagai bahan komponen mesin (Anthonius et al, 2006). Berdasarkan penelitian Kirono S et al, (2009) yang menguji kekerasan baja AISI 4340 dengan metode *vickers* dengan nilai kekerasan sebesar 347 HV. Adapun komposisi unsur kimia dari baja AISI 4340 sebagai berikut :

Tabel 2. Komposisi Unsur Kimia Baja AISI 4340 (ASM Handbook Vol. 1 , 1993)

Unsur	Komposisi (%)
C	0,38 – 0,43
Cr	0,70 – 0,90
Mo	0,20 – 0,30
Mn	0,60 – 0,80
Si	0,15 – 0,30
S	0,040
P	0,035

c. Baja S45C

S45C digolongkan dalam kategori yang sama yakni baja High Strength Machinery Steel. Ketiga-tiganya mempunyai kandungan carbon (C) yang tinggi (High Carbon Steel) namun S45C memiliki kandungan carbon diatas VCN dan VCL menjadikan material 80%C lebih keras dan getas (lebih mudah patah), hal ini sesuai dengan definisi keras yaitu kemampuan material untuk menerima penetrasi (Afringga et al, 2017). Berdasarkan penelitian Hidayat T, (2017) yang menguji kekerasan baja S45C dengan metode *vickers* dengan nilai sebesar 443 HV. Adapun unsur kimia sebagai berikut :

Tabel 3. Komposisi Unsur Kimia Baja AISI 4340 (ASM Handbook Vol. 1, 1993)

Unsur	Komposisi (%)
C	0,42 – 0,48
Si	0,15 – 0,45
Mn	0,60 – 0,90
P	0,030
S	0,035

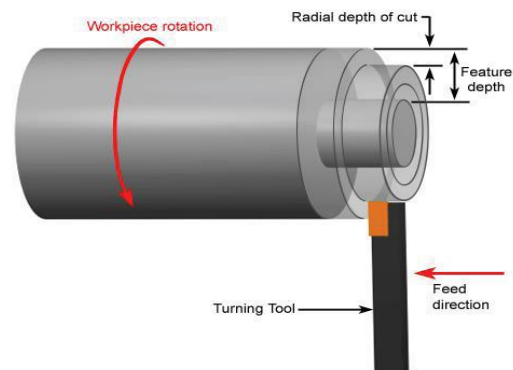
2.2. Pemesinan

Pada proses pemotongan sebuah logam merupakan suatu proses untuk mengubah bentuk sebuah logam (*komponen mesin*) dengan cara melakukan pemotongan sesuai keinginan. Proses pemotongan logam dengan menggunakan mesin perkakas yang dipasang sebuah pahat atau pisau potong. Dalam istilah keteknikan biasa disebut dengan proses pemesinan. Proses pemesinan (*machining*) itu sendiri adalah proses mengurangi benda kerja atau pembentukan geram (*chip*) akibat pahat perkakas (*tools*) yang dipasangkan pada mesin perkakas (*machine tools*), bergerak pada sumbu terhadap benda kerja yang dicekam pada alat pencekam mesin perkakas.

a. Proses Bubut

Proses pembubutan pada dasarnya merupakan proses mengubah bentuk dan ukuran suatu benda kerja dengan cara menyayat benda kerja tersebut menggunakan pahat potong untuk menghasilkan benda kerja yang silindris.

Prinsip kerja mesin bubut yaitu posisi benda kerja dicekam pada *chuck* dan berputar sesuai dengan sumbu mesin dan pahat bubut bergerak relatif untuk menyayat atau memotong bagian benda kerja. Kata kunci pada prinsip proses bubut ini yaitu benda kerja yang berputar dan pahatnya diam, pahat bubut dapat bergerak memanjang ataupun melintang. Skematis proses bubut pada mesin bubut dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Skematis proses bubut (Sumber: Rahdiyanta, 2010)

b. Pahat High Speed Steel (HSS)

Pahat HSS merupakan pahat atau perkakas yang tahan terhadap kecepatan potong yang tinggi dan temperatur yang tinggi dan juga dengan sifat tahan *softening*, tahan abrasi, dan tahan *breaking*. Pahat HSS merupakan peralatan yang dibuat dari baja dengan unsur karbon yang tinggi menjadikan pahat ini semakin keras. Kegunaan pahat HSS yaitu digunakan untuk mengasah atau memotong benda kerja pada proses pemesinan. Beberapa unsur yang membentuk pahat HSS antara lain *Tungsten/wolfram* (W), *Chromium* (Cr), *Vanadium* (V), *Molydenum* (Mo), dan *Cobalt* (Co).

2.3. Kekasaran Permukaan

Permukaan adalah batas yang memisahkan antara benda padat dengan sekelilingnya. Jika ditinjau skala kecil pada dasarnya konfigurasi permukaan merupakan suatu karakteristik geometri golongan mikrogeometri, yang termasuk golongan makrogeometri adalah permukaan secara keseluruhan yang membuat bentuk atau

rupa yang spesifik, misalnya permukaan lubang, permukaan poros, permukaan sisi dan lain-lain yang tercakup pada elemen geometri ukuran, bentuk dan posisi. Kekasaran permukaan dibedakan menjadi dua bentuk, di antaranya:

1. Ideal *Surface Roughness*, yaitu: kekasaran ideal yang dapat dicapai dalam suatu proses pemesinan dengan kondisi ideal.
2. Natural *Surface Roughness*, yaitu: kekasaran alamiah yang terbentuk dalam proses pemesinan karena adanya beberapa faktor yang mempengaruhi proses pemesinan diantaranya:
 - a. Keahlian operator.
 - b. Getaran yang terjadi pada mesin.
 - c. Ketidakteraturan *feed mekanisme*.
 - d. Adanya cacat pada material.

2.4. Cairan Pendingin

Cairan pendingin mempunyai kegunaan yang khusus dalam proses pemesinan selain untuk memperawat pahat, cairan pendingin juga mampu menurunkan gaya potong dan memperhalus permukaan produk hasil pemesinan. Selain itu cairan pendingin juga berfungsi sebagai pembersih atau pembawa gerinda dan melumasi elemen pembimbing mesin perkakas serta melindungi benda kerja dan komponen mesin dari korosi. Peran utama dari cairan pendingin adalah untuk mendinginkan dan melumasi. Kalpakjian dalam Mrihrenanin dkk, (1997).

2.5. Getaran

Getaran dapat berupa benturan yang berulang secara kontinyu atau dengan kata lain dapat juga berupa gerakan tidak beraturan atau acak. Getaran mesin dapat disebabkan oleh adanya variasi oleh sistem penggerak menjadi gaya yang memiliki resultan tidak sama dengan nol atau resultan gaya dengan harga yang berubah-ubah. Kalau semua gaya tersebut mempunyai harga dan arah yang dapat dihitung secara tepat dan akurat maka keseimbangan mesin tersebut akan terjadi sehingga mesin tidak menimbulkan getaran. Kenyataannya, gaya di dalam sebuah mesin selalu

berubah, baik harga maupun arahnya, belum lagi ditambah gaya luar sebagai gangguan misalnya dari efek inersia (Karyasa, 2011:5-6).

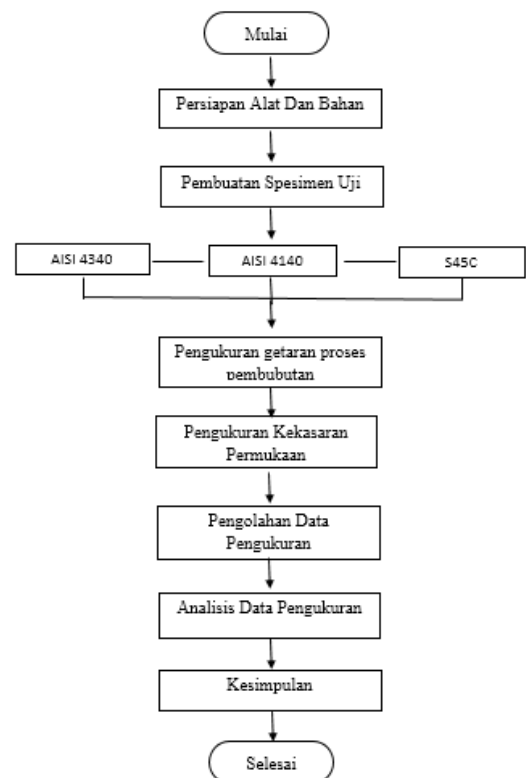
3. Metodologi Penelitian

3.1. Diagram Alir Penelitian

Langkah-langkah pelaksanaan dalam penelitian ini seperti digambarkan pada diagram alir pada gambar 2.

3.2 Tempat Penelitian

Tempat pembuatan spesimen dan proses pemesinan mesin bubut dilakukan di Workshop Teknik Mesin Sekolah Tinggi Teknologi Ronggolawe Cepu, tempat pengujian kekasaran dilakukan di Laboratorium Training Centre Universitas Diponegoro Semarang.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

3.3. Bahan Penelitian

Bahan yang diteliti pada penelitian tugas akhir ini adalah baja AISI 4340, AISI 4140, S45C, pahat HSS, dan cairan pendingin dromus.

3.4. Alat

Alat yang digunakan sebagai berikut :

1. Mesin Bubut Kiangsi C6127A.
2. Vibration meter.
3. Surface Roughness Tester
4. Pahat HSS
5. Alat pemotong besi

6. Jangka Sorong
7. Penggores

3.5. Pembuatan Spesimen Penelitian

Tahap pembuatan spesimen dilakukan di workshop teknik mesin Sekolah Tinggi Teknologi Ronggolawe Cepu. Peralatan yang digunakan adalah mesin gerinda dan penggores. Spesimen bahan meliputi pemotongan baja AISI 4340, AISI 4140, dan S45C.

Langkah – langkah yang dikerjakan pada tahap persiapan pembuatan specimen adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan alat potong yang digunakan yaitu mesin potong besi.
2. Menyiapkan alat ukur jangka sorong dan penggores untuk menandai.
3. Mengukur spesimen uji yaitu baja AISI 4340, AISI 4140, dan S45C dengan ukuran panjang 100 mm dan diameter 25 mm
4. Memotong spesimen uji yang sudah diukur yang ditandai dengan penggores dan dipotong dengan mesin potong besi.
5. Menghaluskan sisi spesimen uji yang telah dipotong menggunakan mesin bubut.

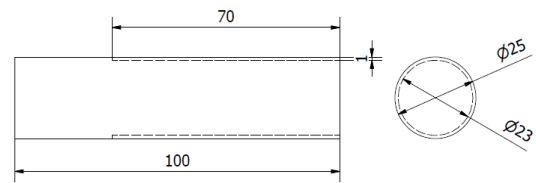


Gambar 3. Ukuran Spesimen Yang Sudah Dipotong

3.6. Pengukuran Getaran Pada Proses Pemesinan Bubut

Persiapan alat dan bahan meliputi langkah-langkah sebagai berikut :

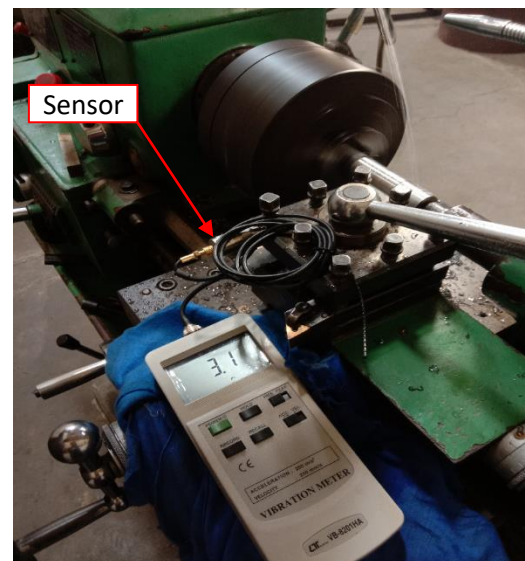
1. Mempersiapkan bahan dan peralatan penelitian.
2. Memasang benda kerja pada chuck/cekam pada mesin bubut.
3. Lakukan proses pengeboran senter/bor senter pada ujung benda kerja.
4. Meratakan permukaan benda kerja 1 mm.
5. Setting putaran mesin sesuai dengan parameter yang telah ditentukan yaitu 265 rpm dan kedalaman potong 1 mm
6. Siapkan cairan pendingin untuk mendinginkan pahat dan benda kerja.



Gambar 4. Ukuran Penyayatan Spesimen

Langkah pengukuran getaran mesin bubut adalah sebagai berikut:

1. Tempelkan sensor *vibration meter* pada pahat/diatas pahat.



Gambar 5. Penempatan Sensor Getaran

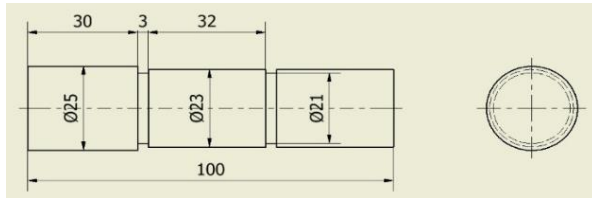
2. Menghidupkan mesin dan melakukan proses bubut dengan variabel yang telah ditentukan hingga selesai
3. Tekan tombol *Hold* pada *Vibration Meter* untuk mulai melakukan pengukuran getaran mesin bubut yang timbul akibat proses pemakanan
4. Amati getaran yang terjadi dan catat pada tabel hasil pengukuran getaran yang tertera pada layar *Vibrator Meter* setelah nilai getaran yang tertera stabil. Proses ini dilakukan oleh 2 orang operator dimana salah satunya mengukur dan mencatat hasil pengukuran.
5. ulangi langkah yang sama pada proses pemesinan dan pengukuran getaran untuk spesimen berikutnya.

3.7. Pengujian Kekasaran Permukaan

Setelah spesimen uji dibuat pada proses pemesinan kemudian diuji kekasaran permukaannya untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh kedalaman pemakanan terhadap

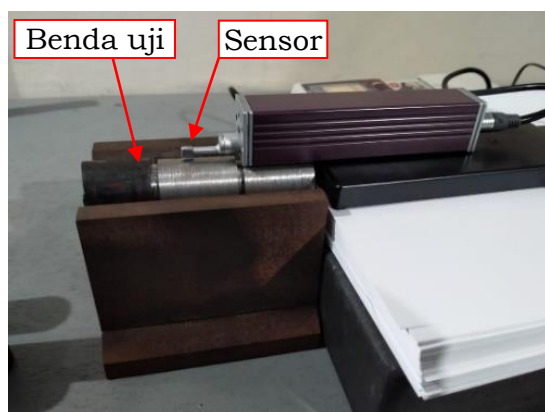
kekasaran permukaan yang dihasilkan. Langkah yang harus dilakukan yaitu:

1. Siapkan *Surface Roughness Tester* yang sudah dikalibrasi dan benda kerja hasil pembubutan.
2. Beri tanda panjang sampel yang akan diukur disetiap spesimen uji.



Gambar 6. Titik pengambilan sampel

3. Letakkan benda uji pada bidang datar.
4. Letakan alat uji dengan ketinggian yang sama dengan spesimen uji.
5. Mengukur kekasaran permukaan dengan menempelkan ujung sensor pada titik yang akan diukur nilai kekasaran permukaannya.



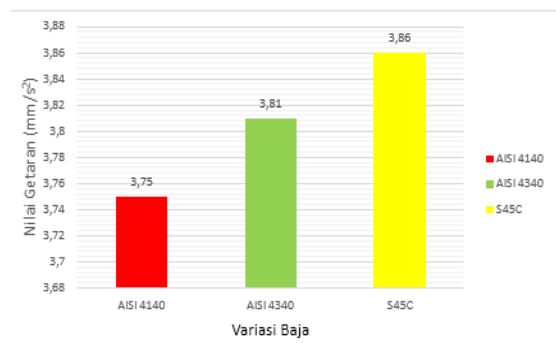
Gambar 7. Penempatan Sensor Kekasaran

6. Catat pada tabel hasil yang tertera pada *Surface Roughness Tester*.
7. Lakukan cara yang sama untuk spesimen uji berikutnya.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Hasil Pengukuran Getaran Mesin Bubut

Hasil pengujian getaran mesin bubut yang telah dilakukan pada variasi baja AISI 4340, AISI 4140, dan S45C dengan mesin bubut dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

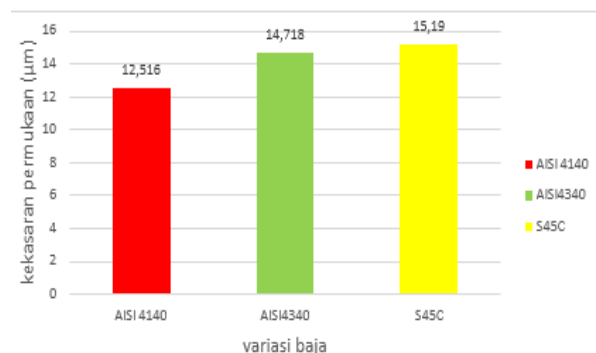


Gambar 8. Nilai Rata-Rata Getaran

Pada gambar diatas menunjukan variasi baja AISI 4340 memiliki getaran rata-rata 3,81 mm/s², pada variasi baja AISI 4140 memiliki getaran rata-rata 3,75 mm/s² dan pada variasi baja S45C memiliki getaran rata-rata 3,86 mm/s².

4.2. Hasil Pengukuran Kekasaran Permukaan

Hasil uji kekasaran dengan variasi bahan yaitu menggunakan baja AISI 4340, AISI 4140, dan S45C menggunakan jenis pahat HSS dan kecepatan spindel 265 rpm dengan kedalaman pemakanan 1 mm



Gambar 9. Nilai Rata-Rata Kekasaran Permukaan

Pada baja AISI 4140 memiliki kekasaran rata-rata Ra = 12,516 µm, pada baja AISI 4340 memiliki nilai kekasaran rata-rata Ra = 14,781 µm, dan baja S45C memiliki kekasaran rata-rata Ra = 15,190 µm

4.3. Pembahasan Hasil Pengukuran Getaran

Pada penelitian ini menunjukan bahwa baja AISI 4140 dan 4340 memiliki kadar karbon yang sama yaitu 41%, sedangkan S45C memiliki karbon yang lebih tinggi

yaitu 45% kandungan karbon yang tinggi menyebabkan baja semakin keras karena karbon digunakan untuk menjalankan reaksi-reaksi kimia seperti substitusi (penggantian), adisi (penambahan), dan eliminasi (pengurangan). Untuk baja AISI 4140 memiliki kandungan *molybdenum* (Mo) sebesar 16%, sedangkan AISI 4340 memiliki kandungan Mo 22%, namun S45C tidak memiliki kandungan Mo.

Berdasarkan hasil penelitianbaja AISI 4340 memiliki getaran rata-rata $3,81 \text{ mm/s}^2$, pada variasi baja AISI 4140 memiliki getaran rata-rata $3,75 \text{ mm/s}^2$ dan pada variasi baja S45C memiliki getaran rata-rata $3,85 \text{ mm/s}^2$. Jadi kerasnya baja ditentukan oleh besarnya kadar C, maka semakin tinggi getarannya. Getaran yang semakin tinggi tersebut disebabkan oleh resultan gaya antara spindle dan pahat memiliki resultan yang tidak sama (Karyasa, 2011)

4.4. Pembahasan Hasil Pengukuran Kekasaran Permukaan

Berdasarkan gambar 4.2 pada baja AISI 4140 memiliki kekasaran rata-rata $Ra = 12,516 \mu\text{m}$, pada baja AISI 4340 memiliki nilai kekasaran rata-rata $Ra = 14,781 \mu\text{m}$, dan baja S45C memiliki kekasaran rata-rata $Ra = 15,190 \mu\text{m}$. Pada penelitian ini menunjukkan bahwa semakin tinggi getaran yang dihasilkan maka semakin tinggi nilai kekasaran yang dihasilkan.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pengolahan data mengenai pengaruh jenis material benda kerja terhadap getaran saat proses penyayatan kekasaran permukaan produk yang dihasilkan dengan menggunakan mesin bubut, dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil dari pengujian variasi baja AISI 4340 memiliki getaran rata-rata $3,81 \text{ mm/s}^2$, pada variasi baja AISI 4140 memiliki getaran rata-rata $3,75 \text{ mm/s}^2$ dan pada variasi baja S45C memiliki getaran rata-rata $3,86 \text{ mm/s}^2$. Hasil dari pengujian pada baja AISI 4140 memiliki kekasaran rata-rata $Ra = 12,516 \mu\text{m}$, pada baja AISI 4340 memiliki nilai kekasaran rata-rata $Ra =$

$14,781 \mu\text{m}$, dan baja S45C memiliki kekasaran rata-rata $Ra = 15,190 \mu\text{m}$

2. Dari hasil penelitian getaran dan kekasaran pada baja AISI 4140, AISI 4340 ,dan S45C dapat disimpulkan bahwa semakin keras baja yang digunakan dalam penyayatan menggunakan mesin bubut semakin tinggi nilai getaran yang dihasilkan saat proses penyayatan yang mengakibatkan gaya gesek pada pahat dan benda kerja yang berakibat getaran pada proses penyayatan semakin besar, dengan besarnya getaran pada proses penyayatan mengakibatkan kekasaran semakin tinggi.

Daftar Pustaka

- Abbas, H. et al., (2013). Pengaruh Parameter Pemotongan pada Operasi Pemotongan Milling terhadap Getaran dan Tingkat Kekasaran Permukaan (Surface Roughness). Proceeding seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XII (SNTTM XII) & Lomba Rancang Bangun Mesin Universitas Lampung.
- Afringga R., Prayetnadi R.P., & Erafeli B. (2017). Pengaruh Gerak Pemakanan (Feeding) Pada Proses Pemotongan BendaKerja S45c Terhadap Hasil Kekasaran Permukaan Benda Kerja Menggunakan Pahat Bubut Hss Assab 17 Di Mesin Bubut Konvensional. Fakultas Teknik Universitas Bangka Belitung.
- Anthonius, S., Sulistioso, G. S., & Sumaryo, S. (2019). Pengaruh Proses Nitridisasi Terhadap Sifat Mekanis Permukaan Baja Paduan Rendah Aisi 4340. Pusat Teknologi Bahan Industri Nuklir (PTBIN) – Batan.
- Aprilian D . (2019). Pengaruh Minimum Quantity Lubrication Terhadap Nilai Kekasaran Permukaan. Fakultas Teknik Universitas Jember
- ASM Handbook, Machining, 10th ed, vol 16 ASM International, Metals Parks, Ohio, USA, 1995, pp
- Azhari, A. (2019). Pengaruh Geometri Pahat High Speed Steel Terhadap Keausan Tepi Pahat Pada Pemotongan Material Baja Karbon Rendah (St 37) Menggunakan Mesin Bubut Konvensional..
- Hidayat, T., Hartono , P., & Sujatmiko, S. (2017). Analisa Pengaruh Suhu Pada Media Pendingin Terhadap Sifat Mekanis (Kekerasan) Baja S45c Pada Hardening. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Unifersitas Islam Malang
- Husein S. (2015). Pengaruh Sudut Potong Terhadap Getaran Pahat Dan Kekasaran Permukaan Pada Proses Bubut Mild Steel St 42. Fakultas Teknik Universitas Jember.
- Kalpakjian S, Steven R. Schmid. (2006). Manufacturing, Engineering And Technology. Edisi 5. Pearson Education, Inc.
- Kirono, S., Diniardi, E., & Ardian, S. (2009). Analisis Pengaruh Temperatur Pada Proses Tempering Terhadap Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro Baja Aisi 4340. SINTEK JURNAL: Jurnal Ilmiah

- Teknik Mesin, 3(2).
- Maulana F. D. (2017). Karakterisasi Pengelasan Dissimilar Baja Aisi 1045 Dan Aisi 4140 Dengan Metode Friction Welding. Fakultas Teknik Universitas Jember
- Mrihrenaningtyas dan Prayadi. (2015). Analisis Umur Pahat dengan Variasi Sudut Geram, Kecepatan dengan dan Tanpa Pendingin. Teknik Mesin, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya: ISBN 978-602-98569-1-0.
- Munadi, S. 1988. Dasar-Dasar Metrologi Industri. Jakarta : Proyek Lembaga Pendidikan Tenaga Kependidikan.
- Purnomo, E. Y. (2011). Pengaruh Kecepatan Putar Poros Dan Kecepatan Gerak Torch Terhadap Kekasaran Permukaan Baja AISI 4140 Pada Proses Flame Hardening. Fakultas Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret.
- Rahdiyanta D. (2010). Buku 2 Proses Bubut (Turning). Universitas Negeri Yogyakarta.
- Rizal, Y. (M. Rizkam. (2017). Pengaruh Penggunaan coolant dan variasi diameter mata bor terhadap konsumsi energi dan kekesaran permukaan pada proses drilling
- Romiyadi dan Azriadi, E. 2016. Pengaruh Kemiringan Spindel dan Kecepatan Pemakanan terhadap Getaran Mesin Frais Universal Knuth UFM 2. Jurnal Teknobiologi. 1: 31-36.
- Saputra. D. (2017). Perbandingan Tingkat Kekasaran Dan Getaran Pahat Pada Pemotongan Orthogonal Dan Oblique Akibat Sudut Potong Pahat. Jurnal Teknik Mesin, 5(02).
- Satria, D., Setiawan, I., Rosyadi, I., Listijorini, E., Haryadi, H., Lusiani, R., & Ariesmunandar, A (2019). Pengaruh Waktu Tahan Proses Pack Carburizing Baja AISI 3115 dengan Menggunakan Calcium Carbonat dan Batubara Sub Bituminous dan Mendapatkan Perlakuan Panas Quenching Media Pendingin Air. ROTASI, 21(2), 88-95.
- Sugiantoro, B. (2014). Optimasi Parameter Proses Milling Terhadap Kualitas Hasil Permesinan Aluminium dengan Metode Taguchi. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Sugondo, A., Siahaan, I. H., & Kristanto, B. (2008). Studi Pengaruh Kedalaman Pemakanan terhadap Getaran dengan Menggunakan Mesin Bubut Chien Yeh CY 800 Gf. In Proceeding Seminar Nasional-VII Rekayasa dan Aplikasi Teknik Mesin di Industri Kampus ITENAS-Bandung.
- Sutowo, C., & Susilo, B. A. (2013). Pengaruh Proses Hardening pada Baja Hq 7 Aisi 4140 dengan Media Oli dan Air terhadap Sifat Mekanis dan Struktur Mikro. SINTEK JURNAL: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, 7(1).
- Yoggy. A., (2017). Analisa getaran pahat terhadap kerataan material baja mild steel st42 pada proses bunut konvensional. Jurnal teknik mesin, 5(02)