

ANALISIS GETARAN BAJA *HARDENING* S45C PADA PROSES *HOT TURNING* MENGGUNAKAN *INDUCTION ELECTROMAGNETIC*

Haikal Fikri Abdirachman

S1 Teknik Mesin Manufaktur, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

E-mail : haikalrachman@mhs.unesa.ac.id

Akhmad Hafizh Ainur Rasyid

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya

E-mail : akhmadrasyid@unesa.ac.id

Abstrak

Majunya perkembangan teknologi pada bidang material harus diimbangi juga dengan perkembangan teknologi dalam bidang permesinan. Material yang mempunyai nilai kekerasan yang tinggi sulit untuk dikerjakan pada proses permesinan. Untuk membubut material dengan nilai kekerasan yang tinggi maka diperlukan nilai *feeding* dan *depth of cut* yang rendah agar getaran yang terjadi tidak besar sehingga menyebabkan proses produksi yang relatif lebih lama. Lamanya waktu proses produksi menyebabkan menurunnya produktivitas produksi. Salah satu metode untuk menanggulangi permasalahan tersebut adalah dengan *hot turning*. Namun penggunaan LPG sebagai bahan pemanas pada *hot turning* menimbulkan beberapa permasalahan, sehingga dipilih metode pemanasan yang lain yakni *induction electromagnetic*. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh penggunaan *induction electromagnetic* pada proses *hot turning* baja *hardening* S45C terhadap nilai getaran proses. Pada penelitian ini digunakan metode *hot turning* dengan variasi pemanasan 400°C, serta variasi *feeding* 0.15mm/rev dan 0.3mm/rev. Material yang digunakan adalah baja *hardening* S45C dengan nilai kekerasan rata-rata 49.6HRC. Pengujian yang digunakan pada penelitian ini adalah uji getaran untuk mengetahui getaran yang terjadi pada saat proses *hot turning* yang diwakilkan oleh nilai defleksi pada ujung pahat. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada pengujian getaran, penggunaan *induction electromagnetic* menyebabkan perbedaan getaran yang terjadi pada pahat. Nilai rata-rata defleksi tertinggi didapatkan dari variasi pemanasan 400°C dengan *feeding* 540mm/min yaitu sebesar 0.024mm. Nilai rata-rata defleksi terendah didapatkan dari variasi pemanasan 400°C dengan *feeding* 270mm/min yaitu sebesar 0.016mm.

Kata Kunci: Nilai Kekerasan, Getaran, Baja *Hardening* S45C, *Hot Turning*, *Induction Electromagnetic*.

Abstract

The rapid development of technology in the material must also be balanced with the development of technology in the machinery or manufacturing. Materials that have a high hardness value are difficult to work on the machining process. To turn material with a high hardness value, it requires low feeding value and depth of cut, so that the vibrations that occur are not great but that it causes a relatively longer production process. The length of time the production process causes a decrease in production productivity. One method to overcome these problems is by hot turning. However, the use of LPG as a heating material in hot turning raises several problems, so another heating method is chosen, namely electromagnetic induction. The purpose of this study was to determine the effect of the use of electromagnetic induction in the hot turning process S45C hardening steel on the value of vibration of the process. In this study the hot turning method is used with heating variations of 400°C, and variations of feeding 0.15 mm / rev and 0.3 mm / rev. The material used is S45C hardening steel with a hardness average value of 49,6HRC. Tests used in this study vibration test to determine the vibration that occurs during the hot turning process which is represented by the deflection value. The test results show that the use of electromagnetic induction causes different vibrations in the tool. The highest average deflection value is obtained from 400°C heating variation by feeding 540mm / min which is equal to 0.248mm. The lowest average deflection value is obtained from the 400°C heating variation by feeding 270mm / min that is equal to 0.016mm.

Keywords: Hardness, Vibration, Hardening Steel S45C, Hot turning, Induction Electromagneti

PENDAHULUAN

Dewasa ini dunia sedang mengalami perkembangan teknologi yang pesat. Perkembangan tersebut membawa banyak keuntungan dan kemudahan bagi masyarakat luas dalam berbagai bidang. Salah satunya adalah perkembangan teknologi pada bidang material. Dengan perkembangan

teknologi yang pesat, banyak ditemukan berbagai proses perlakuan untuk meningkatkan kualitas material salah satunya adalah proses *heat treatment*. Perlakuan panas atau *heat treatment* adalah kombinasi operasi pemanasan pada logam di bawah temperatur lebur logam tersebut dan pendinginan terhadap logam atau paduan dalam keadaan padat dengan waktu tertentu (Avner, 1974). *Hardening*

adalah proses *heat treatment* yang bertujuan untuk menaikkan nilai kekerasan suatu material. Material yang banyak diberikan perlakuan *hardening* adalah baja S45C. Baja ini mempunyai kandungan karbon sebesar 0,42-0,48% dan mempunyai nilai kekerasan 19-20 HRC. Namun setelah mendapat perlakuan *hardening* kekerasannya bisa meningkat hingga 44-55HRC. Baja S45C banyak digunakan sebagai material poros pada bidang industri maupun otomotif.

Majunya peningkatan kualitas material harus diimbangi dengan peningkatan proses permesinan atau fabrikasi terhadap material tersebut. Salah satu jenis peningkatan kualitas material yang sulit untuk dilakukan permesinan adalah nilai kekerasan yang tinggi. Material dengan nilai kekerasan yang tinggi sulit untuk diberikan perlakuan permesinan karena sulitnya untuk menggores atau menggerus material tersebut hingga menjadi bentuk yang kita inginkan. Salah satu proses permesinan yang sering dijumpai adalah proses pembubutan atau *turning*. Mesin bubut merupakan mesin perkakas yang digunakan untuk memotong material logam. Proses pemakanan material logam yang sayatannya dilakukan dengan cara memutar benda kerja kemudian dikenakan pada pahat yang digerakkan secara sejajar dengan sumbu putar dari benda kerja. Untuk melakukan pembubutan pada material yang keras, diperlukan nilai *feeding* dan *depth of cut* yang rendah agar tidak terjadi getaran proses yang tinggi, sehingga proses produksi relatif menjadi lebih lama dan menurunkan produktifitas produksi.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut ditemukan suatu metode yang disebut *hot turning*, guna mengoptimasi proses pembubutan pada material yang mempunyai nilai kekerasan yang tinggi. *Hot turning* merupakan proses pembubutan material dengan penambahan pemanasan dimana untuk menjadikan material lebih lunak dengan mengurangi kekuatan geser dan mengurangi biaya permesinan (Swayyat 2013). Dengan melunaknya material dan berkurangnya kekuatan geser, maka akan meningkatkan nilai *feeding* dan *depth of cut*. Sehingga metode ini dapat meningkatkan produktifitas waktu produksi, mengurangi getaran proses yang terjadi, serta meminimalisir biaya produksi. Proses *hot turning* biasanya diperlakukan pada material yang mempunyai nilai kekerasan 45-65HRC. Pemanasan pada proses *hot turning* umumnya menggunakan semburan api blander (*burner*) yang menggunakan oksigen dan LPG (*Liquid Petroleum Gas*) sebagai bahan bakar. Namun bukan berarti proses *hot turning* yang menggunakan bahan bakar gas (*heat system*) LPG tidak mempunyai dampak negatif terhadap material yang diproses. Proses *Hot turning* menggunakan LPG sebagai bahan bakar dapat menimbulkan perbedaan nilai kekerasan pada permukaan material dikarenakan tidak meratanya

semburan api yang diberikan pada material, serta perubahan struktur pada permukaan material dikarenakan adanya gas dari luar yang disebarkan saat proses pemanasan yang berujung masuknya gas tersebut pada struktur permukaan material. Hal ini berdampak terhadap hasil kualitas pembubutan.

Metode pemanasan yang banyak digunakan saat ini untuk menggantikan bahan bakar LPG adalah menggunakan metode induksi elektromagnetik. Induksi elektromagnetik dengan metode *zero voltage switching* atau ZVS sekarang banyak digunakan untuk memanaskan material logam pada proses *heat treatment*. Metode ini merupakan metode yang efisien sebab tidak menggunakan bahan tambahan berupa zat asam maupun gas, serta mudahnya dalam pengontrolan suhu dan meratanya area pemanasan. Pada buku berjudul ilmu bahan dan teknik yang dibuat oleh kementerian pendidikan dan kebudayaan (2013) dikatakan bahwa kelebihan dari tungku pemanas dengan sistem *induction heater* ialah : mudah dan efisien dalam pengontrolan suhu yang diinginkan, tidak ada pengaruh zat asam praktis terhadap susunan besi logam yang dipanaskan, karena tungku tidak lagi menggunakan bahan bakar fosil. Metode ini biasanya digunakan untuk dapur *furnace* sebagai media pemanas logam yang akan diberikan perlakuan *heat treatment*.

Proses pembubutan dan pemanas induksi elektromagnetik merupakan teknologi yang tidak pernah dipadukan menjadi satu. Kedua teknologi tersebut mempunyai fungsi dan kegunaan pada bidangnya masing-masing. Guna mendapatkan suatu metode yang optimal untuk menanggulangi perkembangan dunia material maka diperlukan penggabungan beberapa teknologi yang mempunyai kegunaan pada bidang yang berbeda menjadi satu.

Berdasarkan uraian yang disampaikan di atas. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan proses perlakuan material, guna mengetahui pengaruh penggunaan *Induction electromagnetic* sebagai media pemanas pada proses *hot turning* menggunakan pahat *carbide* tipe *insert* pada baja *hardening* S45C untuk mengetahui tingkat getaran proses yang diwakili nilai defleksi pada ujung pahat.

METODE

Jenis Penelitian

Dalam penelitian ini peneliti menggunakan metode penelitian eksperimen (*experimental research*) yang bertujuan untuk mengetahui nilai getaran proses yang diwakilkan oleh nilai defleksi (mm) yang terjadi pada ujung pahat selama penyayatan pada baja *hardening* S45C hasil dari proses *Hot Turning* menggunakan induksi elektromagnetik sebagai media pemanas.

Tempat dan Waktu Penelitian

- Waktu Penelitian
Penelitian ini dilakukan pada pertengahan bulan januari 2020 – pertengahan bulan maret 2020.
- Tempat Penelitian
Penelitian ini dilakukan di labroatorium permesinan jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya.

Variabel Penelitian

- Variabel Terikat
Variabel terikat pada penelitian ini adalah nilai getaran proses dan struktur mikro.
- Variabel Bebas
Variabel bebas pada penelitian ini adalah temperatur pemanasan awal *hot turning* 400°C. Serta *feeding* 270mm/min dan 540mm/min.
- Variabel Kontrol
Variabel yang dikontrol adalah mesin bubut, pahat karbida *insert* CNMG B10, Rpm 1800, dan *depth of cut* 0.5mm.

Alat, Bahan, dan Instrumen Penelitian

- Alat
Alat yang digunakan adalah :
 - Mesin Bubut CHIA GA
 - Induksi Elektromagnetik ZVS
 - *Power Supply* 24v 30a
 - Gerinda
 - Kertas amplas
 - Pahat karbida *insert* CNMG B10
 - *Furnace*
 - Tang Pencapit
 - Sarung Tangan Panas
- Bahan
Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah baja *hardening* S45C yang memiliki nilai kekerasan rata-rata 49.6HRC.
- Instrumen
Instrumen yang digunakan adalah :
 - *Thermometer Laser* Krisbow KW06-656
 - Jangka sorong
 - Alat uji struktur mikro VAHIGCY
 - Alat uji getaran BENETECH GM63

Prosedur Penelitian

- Perhitungan Parameter Mesin Bubut
 - Kecepatan Potong (Cs)
Kecepatan potong diambil dari tabel ketetapan kecepatan potong berdasarkan jenis pengerjaan dan jenis material, sehingga didapatkan nilai Cs adalah sebesar 90m/menit.

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

Gambar 1. Pemilihan Kecepatan Potong

- Kecepatan Putar
Jika ukuran benda kerja 16mm maka kecepatan putar mesin didapatkan dari perhitungan berikut :

$$n = Csx1000/3.14xd$$

$$n = 90x1000/3.14x16$$

$$n = 1791 \sim 1800Rpm$$

- Kecepatan Pemakanan (F)
Jika ditetapkan kecepatan gerak adalah 0.15mm/rev dan 0.3mm/rev, maka perhitungan kecepatan pemakanan adalah sebagai berikut :

$$F1 = f \times n$$

$$F1 = 0.15 \times 1800$$

$$F1 = 270mm/min$$

$$F2 = f \times n$$

$$F2 = 0.3 \times 1800$$

$$F2 = 540mm/min$$

- Pembuatan Benda Kerja
Benda kerja baja *hardening* S45C dipotong dengan panjang 150mm dan diameter 16mm sebanyak 12 buah.
- Proses *Hradening*
Proses *hardening* yang digunakan adalah *quenching* dengan media pendingin air. Berikut langkah-langkah proses *hardening* :
 - Persiapkan benda kerja
 - Masukkan benda kerja ke dalam *furnace*
 - Panaskan benda kerja hingga temperatur 880°C
 - Tahan benda kerja selama beberapa waktu dengan perhitungan sebagai berikut :
Keluarkan benda kerja dari *furnace* menggunakan tang penjepit
 - Dinginkan benda kerja secara cepat dengan mencelupkn pada air
 - Angkat benda kerja dari media pendingin jika benda kerja telah mencapai temperatur ruangan
 - Lakukan uji kekerasan untuk mengetahui nilai kekerasan benda kerja
 - Nilai kekerasan harus mencapai 45-50HRC
- Proses *Hot Turning*
Berikut adalah langkah-langkah dari proses *hot turning*:
 - Pasang benda kerja pada cekam

- *Setting tool* (pastikan posisi pahat sejajar dengan benda kerja)
- Atur kecepatan putar atau Rpm 1800
- Atur nilai *feeding*
- Pasang pahat pada *post tool*
- Nyalakan *spindle* mesin dengan gerakan CW
- Lakukan proses penyayatan untuk meratakan permukaan
- Matikan *spindle* mesin bubut
- Ukur dimensi benda kerja
- Pasang induksi elektromagnetik pada benda kerja
- Hidupkan kembali *spindle* mesin bubut
- Panaskan benda kerja menggunakan induksi elektromagnetik hingga mencapai temperatur yang ditetapkan
- Jika temperatur sudah tercapai, matikan induksi elektromagnetik.
- Lakukan penyayatan pada benda kerja sepanjang 70mm dengan penyayatan rata
- Matikan *spindle* mesin bubut
- Tunggu benda kerja hingga dingin
- Lakukan pengukuran dimensi benda kerja
- kemudian lepaskan benda kerja dari cekam

• Uji Getaran

Pengujian getaran dilakukan pada saat proses *hot turning* berlangsung. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui dampak dari temperatur pemanasan dan nilai *feeding* terhadap besarnya getaran proses yang terjadi saat proses penyayatan. Berikut adalah langkah-langkah pengujian getaran proses :

- Persiapkan alat uji
- Pilih satuan mm dan *rating* pembacaan pada alat uji
- Tempelkan sensor pembacaan pada ujung pahat
- Lakukan proses hot turning
- Pada saat proses penyayatan berlangsung, catat angka hasil pengujian pada layar pembacaan alat uji
- Lakukan pengujian pada semua spesimen penelitian



Gambar 2. Pengujian Getaran Proses

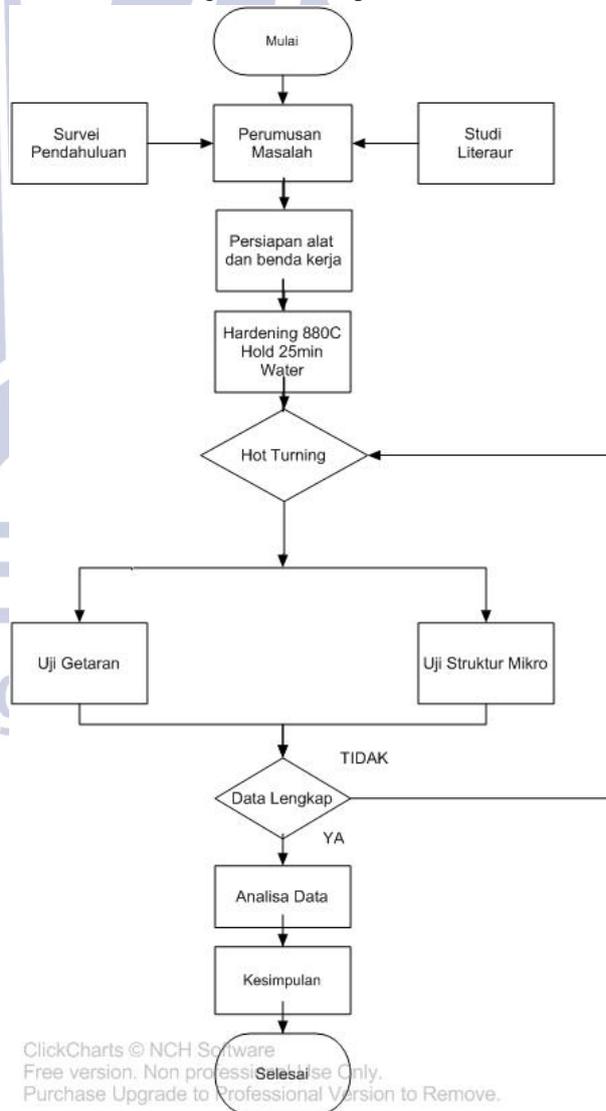
- Pembuatan Spesimen Uji
 - Setelah proses *hot turning* selesai, lepas benda kerja dari cekam
 - Kemudian potong benda kerja sepanjang 50mm.
- Uji Struktur Mikro

Uji struktur mikro dilakukan sebagai uji pelengkap data daripada uji getaran. Berikut langkah-langkah pengujian struktur mikro :

 - Gosok permukaan benda kerja dengan kertas amplas hingga bersih dari kotoran
 - Oleskan larutan etsa nital 3% pada benda kerja, lalu diamkan selama 1 menit
 - Cuci bersih benda kerja dengan air mengalir
 - Tempatkan benda kerja pada mikroskop
 - Ukur tingkat ketelitian dan pembesaran hingga 500x
 - Ambil hasil tangkapan pengujian
 - Amati dan analisa hasil pengujian

Diagram Alir

Berikut adalah diagram alir dari penelitian ini :



ClickCharts © NCH Software
Free version. Non professional use only.
Purchase Upgrade to Professional Version to Remove.

Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

Teknik Analisis Data

Pada penelitian eksperimen ini menggunakan metode analisis data deskriptif kuantitatif, yaitu dengan mendeskripsikan data secara sistematis, faktual, dan akurat mengenai hasil yang diperoleh selama pengujian.

Analisis pada penelitian ini dilakukan dengan pengambilan data dari alat uji, maka hasil dari pengujian dimasukkan dalam tabel. Data yang diperoleh diproses terlebih dahulu dengan uji normalitas agar data yang disajikan berdistribusi normal. Data yang sudah diuji normalitas selanjutnya disajikan dalam bentuk tabel serta grafik, sehingga hasil dari penelitian mudah dipahami. Analisis ini dipakai untuk mengetahui bagaimana pengaruh temperatur proses *hot turning* menggunakan induksi elektromagnetik terhadap getaran proses.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

- Hasil pengujian kekerasan setelah *hardening*
Berikut adalah hasil dari pengujian kekerasan *Rockwell C* pada spesimen setelah mengalami proses *hardening*. Dari pengujian yang dilakukan didapatkan rata-rata nilai kekerasan sebesar 49.6HRC.

Tabel 1. Hasil uji kekerasan setelah *hardening*

SPESIMEN						
HRC	3.1	3.2	3.3	4.1	4.2	4.3
titik 1	18.3	19.5	19.3	30.1	29.7	30
titik 2	17.6	17.1	18.4	29.5	28.4	28.7
titik 3	16.2	15.5	16.5	26.8	27.2	26.2
titik 4	15.5	14.9	14.4	26.4	26.8	26.6
titik 5	13.2	14.3	13.8	26.1	26	26.5
SPESIMEN						
HRC	5.1	5.2	5.3	6.1	6.2	6.3
titik 1	49	48.3	49.3	49.4	49.1	49.3
titik 2	48.3	47.4	48.2	48.9	48.6	48.5
titik 3	47.9	47.4	47.7	48.3	48.1	48.2
titik 4	46.8	47	48	47.4	47.5	47.1
titik 5	46	46.5	47.1	46.1	46.1	46.2

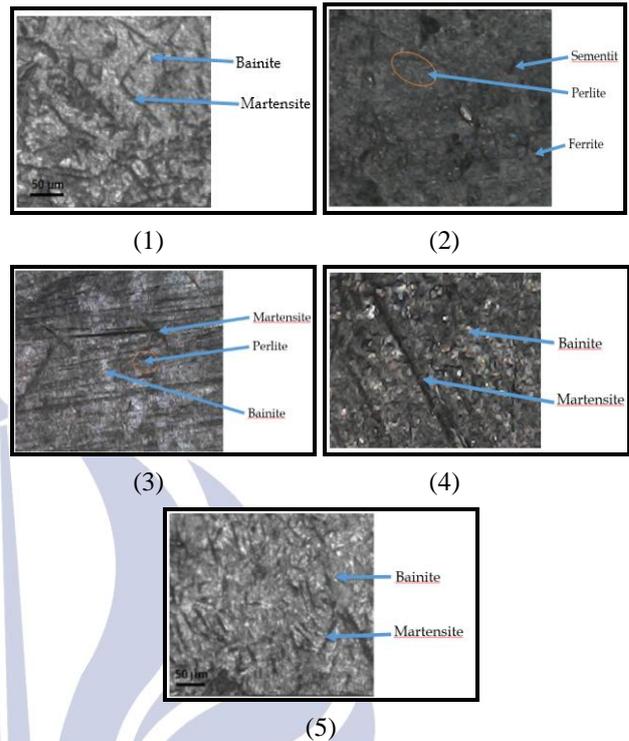
- Hasil pengujian getaran pada *hot turning*

Tabel 2. Nilai defleksi saat uji getaran pada *hot turning*

Spesimen	F (mm/min)	Rpm	DoC (mm)	Heating Temperature	Deflection (mm)
3.1	270	1800	0.5	400°C	0.014
3.2	270	1800	0.5	400°C	0.017
3.3	270	1800	0.5	400°C	0.018
4.1	540	1800	0.5	400°C	0.022
4.2	540	1800	0.5	400°C	0.027
4.3	540	1800	0.5	400°C	0.025
5.1	270	1800	0.5	-	1.725
5.2	270	1800	0.5	-	1.812
5.3	270	1800	0.5	-	1.782
6.1	540	1800	0.5	-	1.987
6.2	540	1800	0.5	-	1.878
6.3	540	1800	0.5	-	1.982

- Foto mikro

Berikut adalah hasil dari pengujian foto mikro :



- (1) Gambar 4. Spesimen awal setelah *hardening*
- (2) Gambar 5. Spesimen 3.1 Feed 270/Heat400
- (3) Gambar 6. Spesimen 4.1 Feed540/Heat400
- (4) Gambar 7. Spesimen 5.1 Feed270/NoHeat
- (5) Gambar 8. Spesimen 6.1 Feed540/NoHeat

Pembahasan

- Analisis pengaruh penggunaan pemanasan awal dibanding tanpa pemanasan awal terhadap getaran proses

Dapat kita perhatikan bahwa nilai defleksi pada pemanasan awal 400°C lebih kecil dibanding tanpa pemanasan awal. Kecilnya defleksi yang terjadi dikarenakan adanya pelunakan pada permukaan material akibat pemanasan awal. Semakin tinggi temperatur pemanasan yang diberikan maka semakin lunak pula material, sehingga gaya potong relatif kecil. Kecilnya gaya potong menyebabkan sedikitnya getaran yang terjadi dan defleksi pada mata pahat.

Pelunakan yang terjadi akibat pemanasan awal pada spesimen juga dapat diamati melalui sisa residu potong atau *chip* dari material. Material dengan nilai kekerasan tinggi menghasilkan *chip* yang relatif terputus-putus pendek dan tidak panjang. Hal ini dikarenakan material dengan kekerasan tinggi mempunyai sifat getas dan mudah patah. Sedangkan material dengan nilai kekerasan yang tidak terlalu tinggi akan menghasilkan *chip* yang relatif panjang

dan kontinu, hal ini dikarenakan material dengan nilai kekerasan yang tidak tinggi mempunyai sifat ulet atau tidak mudah putus.

Pada pemanasan awal 400°C *chip* hasil penyayatan relatif memanjang dan kontinu, yang mana mengindikasikan adanya pelunakan pada spesimen seperti pada gambar 9. Pelunakan ini menyebabkan material yang awalnya getas menjadi lebih ulet.



Gambar 9. *Chip* pada pemanasan awal 400°C

Sedangkan pada proses tanpa pemanasan awal dapat kita lihat bahwa defleksi yang terjadi pada mata pahat saat proses penyayatan sangatlah besar. Bahkan peneliti mengalami 2 kali kegagalan atau patah pahat. Hal ini disebabkan oleh material yang mempunyai nilai kekerasan yang tinggi. Material dengan nilai kekerasan tinggi mempunyai struktur kristal martensit dan butir yang kasar serta rapat sehingga material dengan kekerasan yang tinggi sangatlah sulit untuk disayat atau digerus. Ketika penyayatan berlangsung gaya potong yang terjadi relatif besar, gaya potong yang besar menyebabkan getaran dan defleksi pada mata pahat yang besar pula.

Material yang memiliki nilai kekerasan tinggi umumnya menghasilkan *chip* yang pendek-pendek dan terputus-putus. Pada penyayatan tanpa pemanasan awal sebenarnya sama dengan proses pembubutan biasa, sehingga *chip* yang dihasilkan pendek-pendek dan terputus-putus seperti gambar 10. Hal ini mengindikasikan tidak adanya pelunakan pada material.



Gambar 10. *Chip* yang dihasilkan tanpa pemanasan awal

- Analisis pengaruh penggunaan *feeding* terhadap nilai getaran proses

Dapat kita simpulkan beberapa analisis dari data-data yang sudah diperoleh, yaitu semakin besar nilai *feeding* yang dipakai maka akan semakin besar defleksi yang timbul. Hal ini disebabkan karena *feeding* yang besar mempengaruhi kecepatan pergerakan pahat dalam melakukan penyayatan. Semakin cepat pahat melakukan penyayatan maka semakin besar pula gaya potong yang timbul. Hal tersebut dapat dibuktikan pada persamaan berikut :

$$F = \frac{m \cdot v^2}{r}$$

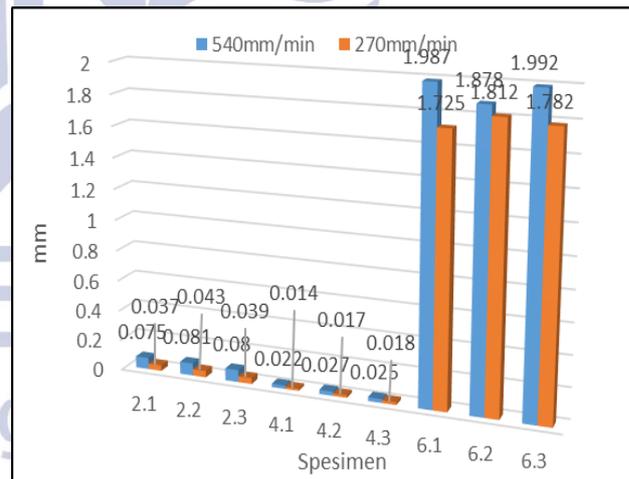
$$F = \text{Gaya, N}$$

$$v = \text{Kecepatan, m/min}$$

$$r = \text{Jari-jari material, m}$$

Sumbodo, Wirawan (2008)

Pada persamaan diatas dinyatakan bahwa semakin besar kecepatan penyayatan maka semakin besar pula gaya potong yang timbul. Sehingga semakin besar *feeding* yang dipakai maka semakin besar pula gaya potong yang timbul, serta semakin besar pula defleksi yang terjadi pada pahat. Fenomena di atas juga dapat diamati pada grafik perbandingan nilai *feeding* di bawah ini :



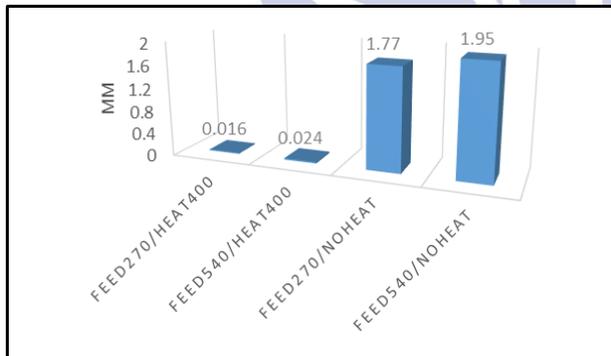
Gambar 11. Grafik perbandingan nilai *feeding* terhadap defleksi

Grafik diatas adalah grafik perbandingan nilai *feeding* terhadap defleksi yang terjadi pada mata pahat. Disini dapat kita amati bahwa nilai defleksi pada *feeding* 270mm/min yang ditandai dengan garis oranye bernilai lebih rendah daripada *feeding* 540mm/min yang ditandai dengan garis biru. Grafik tersebut menguatkan analisis bahwa semakin besar *feeding* yang dipakai maka akan semakin besar pula gaya potong yang timbul, dan semakin besar pula defleksi pada pahat

- Hubungan Pemanasan awal dan *feeding* terhadap getaran proses
 Untuk memperjelas bagaimanakah hubungan pemanasan awal dengan *feeding* terhadap nilai kekerasan maka data disajikan dalam bentuk tabel. yang berupa rata-rata nilai defleksi dengan masing-masing variasi sesuai *feeding* dan pemanasan awal yang dilakukan pada tahap penelitian. Sehingga didapatkan 4 variasi data yaitu Feed270/Heat400, Feed540/Heat400, Feed270/NoHeat, dan adalah Feed540/NoHeat. Data dijabarkan pada tabel 3. dan gambar 12. di bawah ini :

Tabel 3. Hubungan pemanasan awal dan *feeding* terhadap rata-rata defleksi

Variation	F (mm/min)	Heating	Average Deflection (mm)
Feed270/Heat400	270	400°C	0.016
Feed540/Heat400	540	400°C	0.024
Feed270/NoHeat	270	-	1.77
Feed540/NoHeat	540	-	1.95



Gambar 12. Grafik hubungan pemanasan awal dan *feeding* terhadap rata-rata defleksi

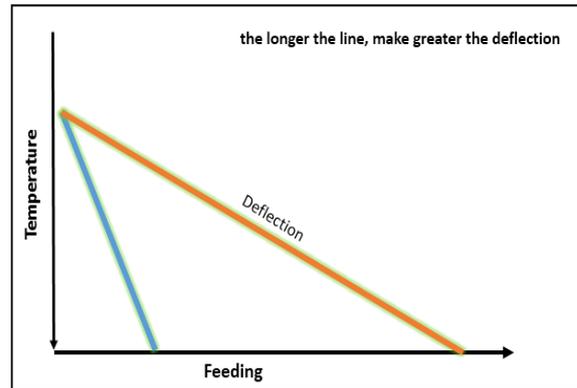
Dari data hubungan pemanasan awal dan *feeding* terhadap rata-rata defleksi yang terjadi dapat kita amati bahwa setiap data yang memiliki nilai *feeding* yang lebih rendah maka defleksi yang terjadi juga akan rendah, sedangkan pada data yang memiliki nilai *feeding* lebih tinggi maka akan memiliki nilai defleksi yang lebih tinggi.

Untuk data yang memiliki temperatur pemanasan lebih rendah maka nilai defleksi yang terjadi akan tinggi, sedangkan pada data yang memiliki pemanasan yang tinggi maka defleksi akan rendah.

Dari beberapa uraian dapat kita simpulkan hubungan antara pemanasan awal dan *feeding* yaitu, semakin tinggi *feeding* dan semakin rendah temperatur pemanasan awal maka defleksi yang timbul akan semakin besar. Begitu juga dengan

kebalikannya, semakin rendah *feeding* dan semakin tinggi temperatur pemanasan maka defleksi yang timbul akan semakin menurun.

Fenomena hubungan pemanasan awal dan *feeding* terhadap defleksi dapat digambarkan pada gambar 13. di bawah ini :



Gambar 13. Fenomena hubungan pemanasan awal dan *feeding* terhadap defleksi

Pada gambar di atas dapat kita perhatikan bahwa semakin panjang garis oranye maka akan semakin besar pula defleksi yang terjadi pada pahat yang disebabkan oleh besarnya nilai temperatur pemanasan awal dan nilai *feeding* yang digunakan

- Analisis foto mikro
 Pada hasil pengujian foto mikro dapat kita amati bahwa struktur utama yang terbentuk pada spesimen setelah *hardening* adalah martensit dan bainit. Kedua struktur ini terbentuk karena adanya pendinginan secara cepat saat material berada pada temperatur austenisasi. Struktur inilah yang menyebabkan nilai kekerasan pada spesimen meningkat hingga 46-51HRC.

Setelah spesimen diberi perlakuan *hot turning*, spesimen mengalami perubahan struktur mikro. Hal ini ditandai dengan berkurangnya struktur martensit, serta timbulnya struktur baru yaitu perlite. Pada beberapa variasi *hot turning*, hasil foto mikro menunjukkan terbentuknya struktu halus. Fenomena ini ditandai dengan mulai menghilangnya struktur martensit dan munculnya struktur sementit dan ferit.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan tentang tingkat kekerasan dan getaran baja *hardening* S45C pada proses *hot turning* menggunakan *induction electromagnetic*, diperoleh simpulan sebagai berikut:

- Penggunaan *induction electromagnetic* pada peroses *hot turning* baja *hardening* S45C menyebabkan perbedaan getaran yang terjadi pada pahat. Nilai rata-

rata defleksi tertinggi didapatkan dari variasi pemanasan 200°C dengan *feeding* 540mm/min yaitu sebesar 0.078mm. Sedangkan nilai rata-rata defleksi terendah didapatkan dari variasi pemanasan 400°C dengan *feeding* 270mm/min yaitu sebesar 0.016mm.

- Penggunaan temperatur pemanasan awal pada proses *hot turning* dapat meminimalisir defleksi yang terjadi pada ujung pahat dibanding tanpa pemanasan awal
- Penggunaan nilai *feeding* rendah menghasilkan defleksi yang lebih rendah pada ujung pahat dibanding dengan *feeding* yang tinggi.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan, diperoleh saran sebagai berikut:

- Untuk penelitian selanjutnya diharapkan menggunakan variasi temperatur pemanasan awal dan nilai *feeding* yang lebih bervariasi guna mendapatkan hasil yang lebih optimal.
- Pada penelitian selanjutnya diharapkan menggunakan jenis material yang lain dengan nilai kekerasan yang lebih bervariasi.
- Untuk penelitian selanjutnya diharapkan melakukan pengujian kekerasan guna melihat bagaimana pengaruh *induction electromagnetic* pada proses *hot turning* terhadap nilai kekerasan.

DAFTAR PUSTAKA

Agus Pramono. 2011. *Karakteristik Mekanik Proses Hardening Baja AISI 1045 Media Quenching Untuk Aplikasi Sprocket Rantai*. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Vol. 5 No.1. April 2011 (32-38).

Avner, Sidney, H., 1974. *Introduction to physical metalurgi*, 2nd Edition, Mc Graw-Hill Publishing Co. Ltd, Singapore.

Firman, Muhammad (2018). *Rancang Bangun Induction Heater Berbasis Mikrokontroler ATmega 328*. JRM. Volume 04 Nomor 03 Tahun 2018, 83 – 89.

Ravianto (2019). *Pengaruh Variasi Media Pendingin Pada Proses Hot Turning Baja AISI 4140 Menggunakan LPG Heating System Terhadap Kekerasan dan Keakuratan Dimensi*. JTM. Volume 07 Nomor 01 Tahun 2019,17-24.

Sumbodo, Wirawan. (2008). *Teknik Produksi Mesin Industri Jilid2*. Jakarta:Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan

Swayatt Behera, (2013). *Finite Element Modelling and Analysis of Hot Turning Operation*. *Mechanical Engineering* National Institute of Technology Rourkele.2013.

UNESA. 2000. *Pedoman Penulisan Artikel Jurnal*, Surabaya: Lembaga Penelitian Universitas Negeri Surabaya.

Widarto, dkk (2008). *Teknik Permesinan Jilid 1*. Jakarta:Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.

