

# ANALISIS KEKERASAN BAHAN ST-60 DENGAN VARIASI WAKTU PENAHANAN PADA PROSES PEMANAS INDUKSI UNTUK TOOL HOLDER CNC BUBUT

M Irsyadul Anam<sup>1</sup>, Lagiyono<sup>2</sup>, Drajat Samyono<sup>3</sup>.

1. Mahasiswa, Universitas Pancasakti, Tegal
- 2,3 Dosen Fakultas Teknik, Universitas Pancasakti, Tegal

## Abstrak

Penelitian ini untuk mengetahui variasi yang ideal dan efektif dari proses pemanasan permukaan material ST60 yang meningkatkan sifat mekanis material dimana masih mempunyai modulus elastisitas tinggi, sebagian mana sifat dasar *Tool Holder*.

Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah teknik analisis statistik deskriptis, pada penelitian ini yaitu untuk mengetahui berapa besar pengaruh variasi temperatur pemanasan 500°C, 600°C, 700°C, 800°C dan berapa besar pengaruh variasi waktu penahanan 11dtk, 13dtk, 15dtk, 17dtk ditahan pada temperatur 450°C. Hasil penelitian pada pengujian kekerasan dengan variasi temperatur pemanasan mendapatkan nilai rata-rata 500°C = 17,5 HRC, 600°C = 27,83 HRC, 700°C = 31 HRC, 800°C = 39,83 HRC dan untuk hasil penelitian pada pengujian kekerasan variasi waktu pemanasan mendapatkan nilai rata-rata 11detik = 19,17 HRC, 13detik = 16,67 HRC, 15detik = 28 HRC, 17detik = 17,67 HRC.

Kekerasan yang baik atau mendekati dengan nilai kekerasan permukaan *Tool Holder* CNC Bubut, yang mempunyai rata-rata kekerasan 38 HRC adalah spesimen dengan berdasarkan pengaruh variasi temperatur pemanasan 800°C = 39,83 HRC dan untuk spesimen berdasarkan pengaruh variasi waktu pemanasan 15detik = 28 HRC. Dimana dipermukaan keras tetapi masih mempunyai modulus elastisitas tinggi sebagai mana sifat dasar *Tool Holder*.

**Kata Kunci** : Baja, Kekerasan, Temperatur dan Waktu.

## PENDAHULUAN

Teknologi pemesinan saat ini didominasi oleh mesin-mesin dengan pengendali CNC yang memiliki kemampuan yang semakin canggih. Mesin CNC saat ini memiliki kemampuan untuk melakukan *high speed machining* (*high spindle speed, high feeding dan high rapid traverse rate*) tanpa mengurangi tingkat kepresisian yang dicapai. Mesin CNC juga mempunyai kelebihan lain, yaitu fleksibilitas mengerjakan pekerjaan yang rumit, variatif dan mampu mengerjakan pekerjaan yang sulit atau bahkan tidak mungkin dikerjakan dengan mesin konvensional. Untuk lebih memaksimalkan kemampuan mesin CNC diperlukan alat potong yang tepat, sehingga adanya *indexable tools system* tidak bisa ditawar lagi. Salah satu part support mesin turning CNC yang sangat menentukan kualitas

Produk dimana optimalisasi penjangkauan mata pisau (*tool*) atas perintah program dalam membuat suatu lekuk sudut atau radius kontur tertentu adalah pemegang pisau pahat (*Tool Holder*). Material tool holder dituntut memiliki modulus elastisitas tinggi (*high Modulus of Elasticity*). Hal ini di perlukan karena singgungan mata pahat dengan material akan mengalami fluktuasi tegangan dan juga karena adanya perubahan baik besar maupun arah gaya yang diterimanya. Permukaan tool holder di butuhkan kekerasan yang tinggi agar tidak mudah patah dan kedudukan baut klem mata pahat insert tidak mengalami keausan sehingga tidak terjadi pegeseran posisi insert terhadap dudukannya.

Dalam observasi di lapangan, kegagalan fungsi tool holder yang kerap terjadi adalah kerusakan akibat benturan

karena kesalahan program dengan material atau *chuck* mesin. Ketidak sesuai bentuk dan sudut jangkauan tool juga membuat tool holder tidak bisa di pakai. Untuk menjamin proses produksi tidak terhambat, maka di perlukan relatif banyak tool holder sebagai cadangan, maupun variasi model dan bentuk tool holder agar semua kontur rumit proses pemesinan bisa di proses. Namun hal ini terkendala mahalnya harga, dan juga relatif sulit menemukan tool holder yang betul betul sesuai dengan fungsi yang di butuhkan.

#### **Batasan Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah diatas, penulis membatasi masalah sebagai berikut:

1. Proses pemanasan specimen menggunakan mesin *Induction Heating* milik Laboratorium Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.
2. Jenis material yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja karbon menengah ST-60 atau baja 1045 dan 1045 H (kadar karbon berkisar 0,25 – 0,5 %) :
  - a. Panjang : 25mm
  - b. Lebar : 25 mm
3. Parameter yang di teliti adalah variasi waktu pemanasan dan temperatur pemanasan (*heating*)

#### **Tujuan Penelitian**

1. Untuk mengetahui pengaruh variasi waktu penahanann : 11detik, 13detik, 15detik, 17detik dengan pengujian kekerasan permukaan.
2. Untuk mengetahui variasi temperatur pemanasan (*Heating*) yang ideal dan efektif dari proses pemanasan permukaan material ST-60 yang bisa meningkatkan sifat mekanis material, dimana masih mempunyai *modulus elastisitas* tinggi, sebagaimana sifat dasar *tool holder*.

#### **Landasan Teori**

##### **a. Pengertian *Heat Treatment***

*Heat Treatment* merupakan proses memanaskan dan mendinginkan suatu bahan untuk mendapatkan perubahan fasa (struktur) guna meningkatkan kemampuan bahan tersebut sehingga bertambah daya guna teknik dari bahan tersebut. Beberapa Proses *Heat Treatment* dan Kegunaannya :

##### **b. *Annealing***

Memanaskan suatu bahan hingga diatas suhu transformasi ( $723^{\circ}\text{C}$ ) kemudian didinginkan dengan perlahan-lahan. Tujuannya adalah untuk melunakan bahan.

##### **c. *Hardening***

Proses pengerasan atau *hardening* adalah suatu proses perlakuan panas yang dilakukan untuk menghasilkan suatu benda kerja yang keras, proses ini dilakukan pada temperatur tinggi yaitu pada temperatur austenisasi yang digunakan untuk melarutkan sementit dalam austenit yang kemudian di quench. Pada tahap ini akan menghasilkan terperangkapnya karbon yang akan menyebabkan bergesernya atom-atom sehingga terbentuk struktur *body centered tetragonal* atau struktur yang tidak setimbang yang disebut martensit yang bersifat keras dan getas.

##### **d. *Normalizing***

Tujuannya adalah menghaluskan mikro struktur agar lebih responsif pada proses pengerasan, memperbaiki sifat maupun mesin, memodifikasi dan menghaluskan struktur dendritic hasil coran dan mendapatkan sifat mekanik yang dikehendaki. *Normalizing* dipanaskan  $25-26^{\circ}\text{C}$  diatas temperatur transformasi kemudian didinginkan diudara.

##### **e. *Tempering***

Tempering di dalam logam paduan besi adalah pemanasan kembali produk austenisasi dan hasil pengerasan (*quenched*) pada temperatur dibawah temperatur transformasi terendah (umumnya dibawah  $750^{\circ}\text{C}$ ). Tempering memberikan berbagai pilihan kombinasi sifat-sifat mekanik.

##### **Penahanan suhu (*holding*)**

*Holding time* dilakukan untuk mendapatkan kekerasan maksimum dari suatu bahan pada proses *hardening* dengan menahan pada temperatur pengerasan untuk memperoleh pemanasan yang homogen sehingga struktur austenitnya homogen atau terjadi kelarutan karbida ke dalam austenit dan difusi karbon dan unsur paduannya.

### Pemanasan (*Heating*)

Melakukan pemanasan (*heating*) untuk baja karbon tinggi  $20^0-30^0$  diatas Ac-1 pada diagram Fe-Fe<sub>3</sub>C, misalnya pemanasan sampai suhu  $850^0$ , tujuannya adalah untuk mendapatkan struktur Austenite, yang salah sifat Austenite adalah tidak stabil pada suhu di bawah Ac-1, sehingga dapat ditentukan struktur yang diinginkan.

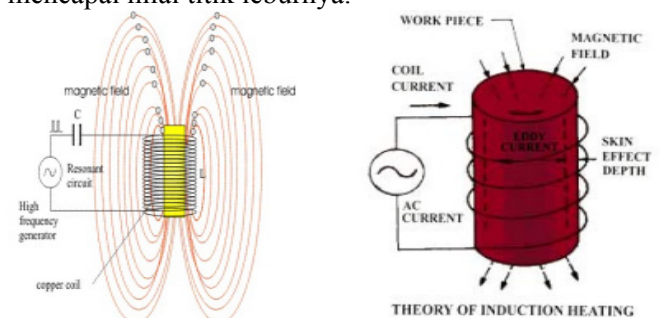
### Pendinginan

Untuk proses *Hardening* kita melakukan pendinginan secara cepat dengan menggunakan media air. Tujuannya adalah untuk mendapatkan struktur martensite, semakin banyak unsur karbon, maka struktur martensite yang terbentuk juga akan semakin banyak. Karena martensite terbentuk dari fase Austenite yang didinginkan secara cepat. Hal ini disebabkan karena atom karbon tidak sempat berdifusi keluar dan terjebak dalam struktur kristal dan membentuk struktur tetragonal yang ruang kosong antar atomnya kecil, sehingga kekerasannya meningkat.

### Cara Kerja Pemanas Induksi

Sebuah sumber listrik digunakan untuk menggerakkan sebuah arus bolak-balik atau yang biasa disebut sebagai arus AC yang besar melalui sebuah kumparan induksi. Kumparan induksi ini dikenal sebagai kumparan kerja. Aliran arus yang melalui kumparan ini menghasilkan medan magnet yang sangat kuat dan cepat berubah dalam kumparan kerja. Benda kerja yang akan dipanaskan ditempatkan dalam

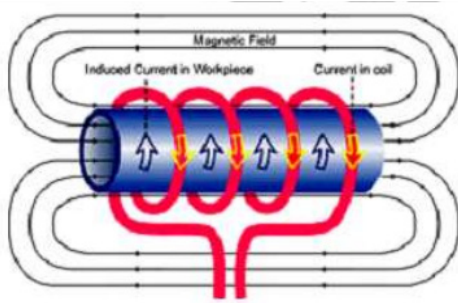
medan magnet ini dengan arus AC yang sangat kuat. Ketika sebuah beban masuk dalam kumparan kerja yang di aliri oleh arus AC, maka nilai arus yang mengalir akan mengikuti besarnya sesuai dengan nilai beban yang masuk. Medan magnet yang tinggi akan dapat menyebabkan sebuah beban dalam kumparan kerja tersebut melepaskan panasnya, sehingga panas yang ditimbulkan oleh beban tersebut justru dapat melelehkan beban itu sendiri. Karena panas yang dialami oleh beban akan semakin tinggi, hingga mencapai nilai titik leburnya.



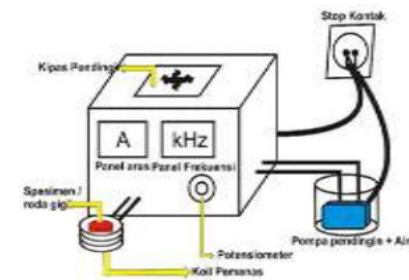
Gambar 1. Prinsip kerja pemanas induksi  
(Sumber: eprints.polsri.ac.id)

### 1. Induction hardening

Menurut Jamari et al (2001) *Induction Hardening* merupakan proses pemanasan menggunakan prinsip kumparan yang dialiri arus bolak-balik yang diletakkan disekitar bahan konduktif. Kumparan dan material konduktif akan menghasilkan medan magnet bolak-balik yang menghasilkan arus eddy. Arus eddy yang mengalir di sekitar material konduktif menghasilkan panas pada material konduktif tersebut. Prinsip ini digunakan dalam pemanasan roda gigi dengan mengganti material konduktif tersebut dengan roda gigi. Gambar (2.2) menunjukkan prinsip kerja dari arus eddy dan Gambar (2.3) menunjukkan skema alat pemanas induksi yang akan dirancang.



Gambar 2. Arus eddy pada permukaan material konduktif (Sumber: portalgaruda.org)



Gambar 3. skema rancangan alat pemanas (Sumber: portalgaruda.org)

Pemanasan secara induksi memiliki karakteristik sebagai berikut:

- Kerapatan energinya tinggi,
- Pemanas induksi dapat berukuran kecil tetapi mampu melepaskan panas tinggi dalam waktu yang relatif singkat
- Pemanasan dapat dikendalikan pada suatu kedalaman tertentu sehingga tidak semua bagian terkena proses pemanasan.

Kelebihan yang dimiliki oleh pemanasan induksi untuk pemanasan roda gigi adalah:

- Suhu dapat diatur secara tepat,
- Tidak menghasilkan gas-gas sisa pembakaran,
- Daerah roda gigi yang dipanaskan dapat ditentukan secara akurat,
- Mampu menghasilkan panas yang seragam pada setiap bagian roda gigi yang dipanaskan.

Kekurangan yang dimiliki oleh teknologi ini adalah adanya harga yang cukup mahal

## Metode Penelitian

Metode penelitian adalah suatu cara yang dipergunakan dalam kegiatan penelitian sehingga pelaksanaan dan hasil penelitian dapat dipertanggung jawabkan secara ilmiah. Metode penelitian dalam penelitian ini adalah menggunakan metode Analisis Regresi. Menurut Santoso(2008), Analisis regresi merupakan salah satu analisis yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh suatu variabel terhadap variabel lain. Dalam analisis regresi, variabel yang mempengaruhi disebut Independent Variable (variabel bebas) dan variabel yang dipengaruhi disebut Dependent Variable (variabel terikat).

### Dimensi Benda Uji

Spesifikasi benda uji yang digunakan dalam eksperimen ini adalah sebagai berikut:

- Bahan yang digunakan adalah Baja karbon menengah ST-60
- Tinggi spesimen 30mm.
- Panjang X Lebar specimen adalah 25mm X 25 mm.
- Bentuk spesimen adalah kotak persegi panjang.
- Jumlah total spesimen sebanyak 9pcs.

### Teknik pengambilan sample

#### 1. Hasil Pengujian Sampel

Bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah Baja ST-60. Spesimen yang akan dibuat penelitian sebelumnya telah dilakukan pengujian baik dari segi kimia maupun mekanik.

Tabel 1. Kandungan pada Baja ST-60

Unsur	Kandungan Unsur (%)	STD
Fe	70,4	-
C	0,024	-
Si	0,32	-
Mn	1,75	-
P	0,053	-
S	0,021	-
Cr	18,34	-
Ni	7,84	-
Mo	0,32	-
Cu	0,024	-
Al	0,007	-
V	0,062	-
W	0,064	-
Co	0,18	-
Nb	0,007	-
Ti	0,008	-
Mg	0,0050	-

Hasil uji komposisi menunjukkan kandungan karbon pada baja St 60 adalah 0,024 %, baja ini termasuk baja karbon medium. Pada baja ST60 ini terdapat kandungan mangan 0,0050 % yang mempunyai sifat keras dan tahan aus.

Hasil uji komposisi menunjukkan kandungan karbon pada baja St 60 adalah 0,024 %, baja ini termasuk baja karbon medium. Pada baja ST60 ini terdapat kandungan mangan 0,0050 % yang mempunyai sifat keras dan tahan aus.

#### Uji Kekerasan Permukaan

Di dalam aplikasi manufaktur, material dilakukan pengujian dengan dua pertimbangan yaitu untuk mengetahui karakteristik suatu material baru dan melihat mutu untuk memastikan suatu material memiliki spesifikasi kualitas tertentu. Pengujian kekerasan dengan metode Brinell bertujuan untuk menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap bola baja (identor) yang ditekan pada permukaan material uji tersebut (spesimen). Idealnya, pengujian Brinell diperuntukan untuk material yang memiliki permukaan yang kasar dengan uji kekuatan berkisar 500-3000 kgf. Identor (Bola baja) biasanya telah dikeraskan dan diplating ataupun terbuat dari bahan Karbida Tungsten. Pada Pengujian kekerasan yang dilakukan dengan cara Brinell yang menggunakan mesin Affri 206 RT dan

menggunakan standar uji JIS. Parameter yang di peroleh dari uji kekerasan ini adalah kekerasan dalam satuan kg / mm<sup>2</sup> ( HB ) seperti yang terlihat pada Tabel 2 dan Tabel 4

Tabel 2 Kekerasan baja ST60 sebelum proses pemanasan induksi

No	Parameter Uji	Satuan	Hasil Uji		Keterangan
			Daerah Uji	Kode Sampel Uji	
1	Kekerasan Brinell	HB	Titik 1	46.1	- Indentor bola baja Ø2.5 mm - Beban penekanan F=1840 N - Waktu penekanan 15 detik
			Titik 2	158	
			Titik 3	164	
			Titik 4	161	
			Rata-rata	161	

Tabel 3. Hasil Pengujian Kekerasan Permukaan terhadap variasi waktu pemanasan

No	Parameter Uji	Satuan	Hasil Uji				Keterangan	
			Daerah Uji	45.1	45.2	45.3		45.4
1	Kekerasan Rockwell C	HRC	Titik 1	29	21	53	54	- Pengujian dilakukan di tiga titik - Beban penekanan F=1471 N - Waktu penekanan 15 detik
			Titik 2	15,5	15	15,5	15	
			Titik 3	13	14	15,5	14	
			Titik 4	19,17	16,67	28	27,67	
			Rata-rata	19,17	16,67	28	27,67	

Note: 45.1 waktu pemanasan 11 detik  
45.2 waktu pemanasan 13 detik  
45.3 waktu pemanasan 15 detik  
45.4 waktu pemanasan 17 detik  
Jarak antar titik 3mm



Tabel 4. Hasil Pengujian Kekerasan Permukaan terhadap variasi temperatur

No	Parameter Uji	Satuan	Hasil Uji				Keterangan	
			Daerah Uji	44.1	44.2	44.3		44.4
1	Kekerasan Rockwell C	HRC	Titik 1	27	55	59	58	- Pengujian dilakukan di tiga titik - Beban penekanan F=1471 N - Waktu penekanan 15 detik
			Titik 2	13,5	16,5	20,5	45,5	
			Titik 3	12	12	13,5	16	
			Titik 4	17,5	27,83	31	39,83	
			Rata-rata	17,5	27,83	31	39,83	

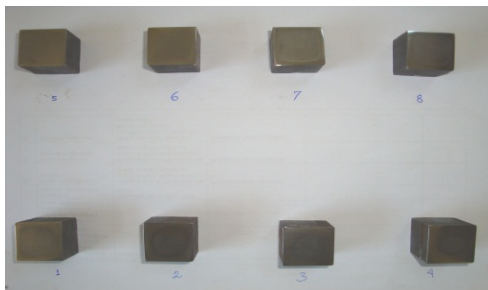
Note: 44.1 Temperatur 500°C  
44.2 Temperatur 600°C  
44.3 Temperatur 700°C  
44.4 Temperatur 800°C  
Jarak antar titik 3mm



#### Uji Foto Mikro

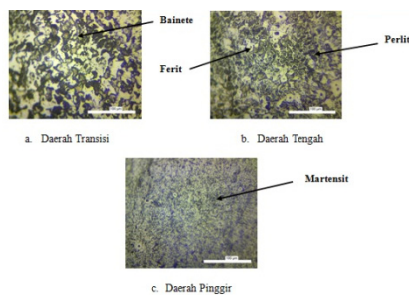
Pengamatan struktur mikro bertujuan untuk mengetahui dan membedakan struktur mikro antara logam induk yang diberikan pada saat proses pemanasan induksi. Pengamatan dengan menggunakan mikroskop pada spesimen yang bertujuan untuk mengetahui struktur butiran, ukuran butiran, dan bentuk butiran setelah material ST-60 mengalami proses Pemanasan Induksi dengan variasi waktu pemanasan dan suhu pemanasan. Proses

pengamatan struktur mikro diawali dengan penggosakkan pada spesimen yang sudah dipotong sebelum proses etsa elektrolitik dengan menggunakan kertas amplas mulai dari gride 400#, 500#, 600#, 800#, 1000#, sampai pada grid 1200#. Selama penggosokkan berlangsung diberi air sebagai pendingin dan arah penggosokan dilakukan dengan satu arah dan dilakukan sampai permukaan halus dan mengkilap. Sampel uji yang telah mengalami proses pemolesan, maka spesimen dimasukkan ke dalam larutan asam oksalat ( 10 gram) dan 100 ml H<sub>2</sub>O selama kurang lebih 90 detik yang diberi aliran listrik, kemudian meletakkan spesimen pada preparat dan meja obyektif pada mikroskop. Tahap akhir memasang pembesaran lensa obyektif, kemudian diatur fokusnya dan spesimen difoto dengan pembesaran sebesar 400X.

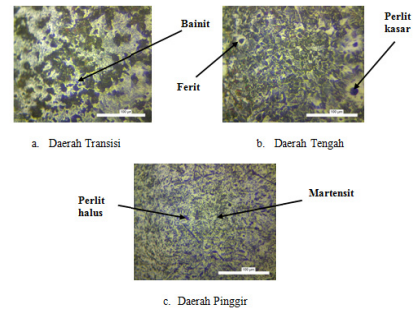


Gambar 4. spesimen uji struktur mikro

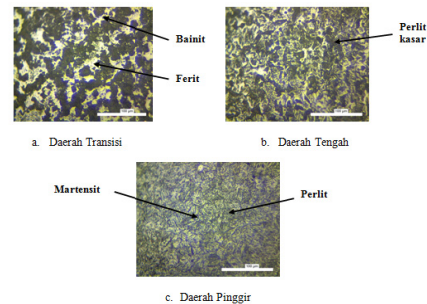
Hasil Pengamatan struktur mikro yang didapat :



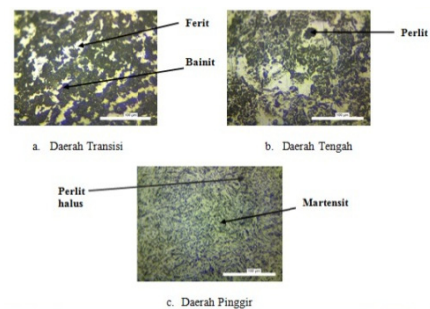
Gambar 5. Foto struktur mikro spesimen 1 dengan variasi Holding Time 11detik Heating tetap 450° dengan pembesaran 400x



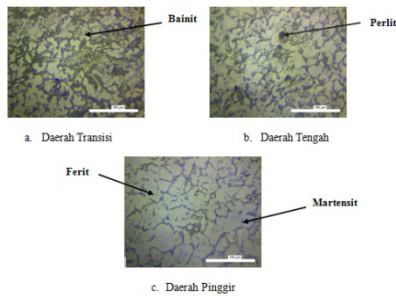
Gambar 6. Foto struktur mikro spesimen 2 dengan variasi Holding Time 13detik Heating tetap 450° dengan pembesaran 400x



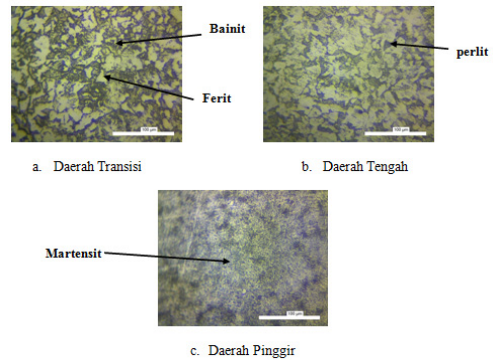
Gambar 7. Foto struktur mikro spesimen 3 dengan variasi Holding Time 15detik Heating tetap 450° dengan pembesaran 400x



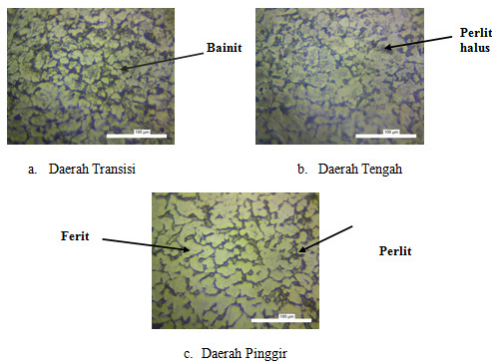
Gambar 8. Foto struktur mikro spesimen 4 dengan variasi Holding Time 17detik Heating tetap 450° dengan pembesaran 400x



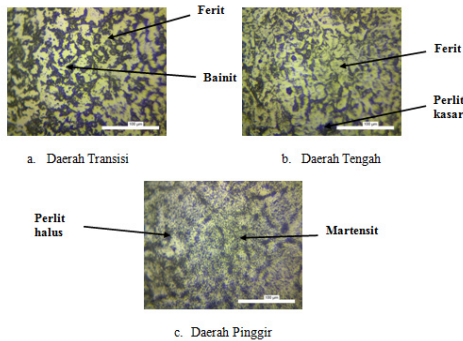
Gambar 9. Foto struktur mikro spesimen 5 dengan variasi Temperatur 500°C waktu tetap 14detik dengan pembesaran 400x



Gambar 12. Foto struktur mikro spesimen 8 dengan variasi Temperatur 800°C waktu tetap 14detik dengan pembesaran 400x



Gambar 10. Foto struktur mikro spesimen 6 dengan variasi Temperatur 600°C waktu tetap 14detik dengan pembesaran 400x



Gambar 11. Foto struktur mikro spesimen 7 dengan variasi Temperatur 700°C waktu tetap 14detik dengan pembesaran 400x

## PEMBAHASAN

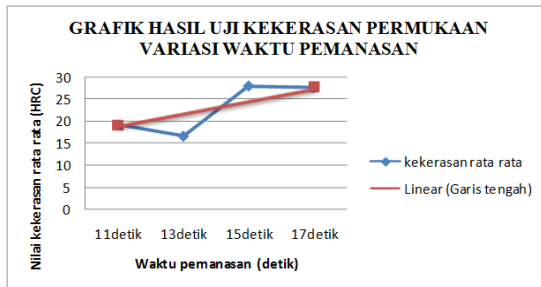
### Hasil pengujian komposisi kimia

Dari hasil pengujian komposisi kimia spesimen Baja St60 mengandung unsur utama besi (Fe) = 70,4 %, mangan (Mn) = 1,75 % yang berguna untuk meningkatkan kekerasan, kekuatan dan mampu diperkeras pada baja, silisium (Si) = 0,32 % yang berpengaruh dalam meningkatkan kekuatan, kekerasan, kemampuan diperkeras secara keseluruhan, tahan aus, ketahanan panas dan karat, nikel (Ni) = 7,84 % memiliki karakteristik kuat, ulet, tahan panas serta tahan karat. Sedangkan unsur-unsur lain yang didapatkan, yaitu : karbon (C) = 0,024 %, fosfor (P) = 0,053 %, sulphur (S) = 0,021 %, khrom (18,34) = 18,34 %, molibdenum (Mo) = 0,0200 %, tembaga (Cu) = 0,024 %, aluminium (Al) = 0,007 %, vanadium (V) = 0,062 %, wolfram (W) = 0,064 %, kobalt (Co) = 0,18 %, niobium (Nb) = 0,007 %, titanium (Ti) = 0,008 %, magnesium (Mg) = 0,0050 %.

### 1. Hasil pengujian kekerasan

#### a. Hasil uji kekerasan permukaan terhadap variasi waktu pemanasan.

Dari tabel 4.3 maka didapat grafik uji kekerasan permukaan yaitu dapat di lihat seperti gambar di bawah ini :

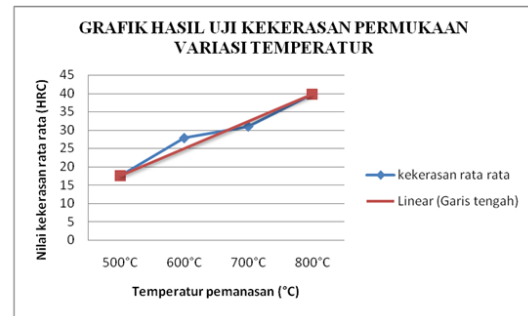


Gambar 13. Grafik Nilai Kekerasan Permukaan Variasi Waktu Pemanasan

Dari gambar 4.10 Dari hasil uji kekasaran permukaan memperlihatkan adanya perubahan tingkat nilai kekerasan di tiap interval waktu pemanasan (*Heating*) variasi yang berkaitan dengan peningkatan waktu pemanasan dengan suhu tetap. Indikasi peningkatan kekerasan pada spesimen uji bisa di buktikan oleh data hasil uji kekerasan permukaan pada spesimen dengan variasi waktu pemanasan dimana didapatkan harga kekerasan rata-rata tertinggi pada spesimen dengan variasi waktu pemanasan 15 detik sebesar 28 HRC dan berturut-turut menuju posisi terendah, yaitu : spesimen dengan variasi waktu pemanasan 17 detik sebesar 27,26 dan spesimen dengan variasi waktu pemanasan 11 detik sebesar 19,17 HRC dan paling rendah sepesimen dengan variasi waktu pemanasan 13 detik sebesar 16,67 HRC.

**b. Hasil uji kekerasan permukaan terhadap variasi temperatur pemanasan.**

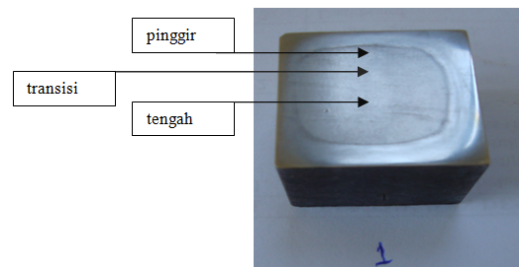
Dari Tabel 4. maka didapat grafik uji kekasaran permukaan yaitu dapat di lihat seperti gambar di bawah ini :



Gambar 14. Grafik Nilai Kekerasan Permukaan Variasi Temperatur

Dari gambar 4.11 Dari hasil uji kekasaran permukaan memperlihatkan adanya perubahan tingkat nilai kekerasan di tiap interval suhu pemanasan variasi yang berkaitan dengan peningkatan suhu pemanasan. Indikasi peningkatan kekerasan pada spesimen uji bisa di buktikan oleh data hasil uji kekerasan permukaan pada spesimen dengan variasi temperatur pemanasan dimana didapatkan harga kekerasan rata-rata tertinggi pada spesimen dengan variasi temperatur pemanasan 800°C sebesar 39,83 HRC dan berturut-turut menuju posisi terendah, yaitu : spesimen dengan variasi temperatur pemanasan 700°C sebesar 31 dan spesimen dengan variasi temperatur pemanasan 600°C sebesar 27,83 HRC dan paling rendah sepesimen dengan variasi temperatur pemanasan 500°C sebesar 17,5 HRC.

**2. Hasil pengamatan struktur mikro**





Keterangan :

- a. Daerah pinggir adalah sekitar 1-3mm dari tepispesimen strukturnya berupa martensite. Matersit terbentuk lebih rapat dan merata, laju pendinginan cepat menghasilkan martensit seperti jarum-jarum yang tersebar merata dan pada bagian tepinya berwarna kehitaman. Selain itu didapat sedikit perlit
- b. Daerah transisi terlihat secara visual dengan adanya perubahan warna/batas pada foto makro, sekitar 3-6mm dari tepi. strukturnya Bainite.
- c. Daerah tengah diambil pada titik pusat spesimen, biasanya tidak terjadi perubahan struktur mikro, yaitu pearlite seperti material awal butiran yang kecil berwarna gelap.
- d. Pengerasan permukaan baja dengan metode pemanasan induksi merubah struktur pinggir yang paling dekat dengan koil yaitu sekitar 1-3mm dalamnya (martensite) dan dibuktikan dengan nilai kekerasan yang bisa mencapai 45-50 HRC.

#### KESIMPULAN

Dari analisis penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Peningkatan nilai kekerasan hasil pemanasan induksi terendah pada temperatur 500°C dengan waktu tahan 14detik yaitu sebesar 17,5 HRC, sedangkan kekerasan yang paling tertinggi pada temperatur 800°C dengan waktu tahanan 14detik yaitu sebesar 39,83 HRC.
2. Dengan waktu pemanasan semakin tinggi yaitu 17detik harga kekerasan sebesar 27,67 HRC, hasil ini lebih kecil jika dibandingkan dengan waktu temperatur yang lebih rendah 15detik, harga kekerasannya sebesar 28 HRC.
3. Waktu tahan dan temperatur sangat mempengaruhi besar kecilnya peningkatan kekerasan hasil pemanasan induksi. Semakin tinggi temperatur

pemasan dan semakin lama waktu tahan akan menyebabkan semakin tinggi nilai kekerasan hasil pemanasan induksi yang didapatkan dan sebaliknya.

4. Dari hasil analisis yang didapatkan biasanya kekerasan yang baik atau mendekati dengan nilai kekerasan permukaan *Tool Holder* CNC Bubut, yang mempunyai rata-rata 38 HRC adalah spesimen berdasarkan pengaruh variasi temperatur pemanasan 800°C dan untuk spesimen berdasarkan pengaruh variasi waktu pemanasan 15 detik.

#### DAFTAR PUSTAKA

Bayuseno,A.P., et al. (2014), *Pengaruh tempering menggunakan pemanas induksi terhadap nilai kekerasan dan struktur mikro material baja ST-60 pasca-quenching*,|| Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin Universitas Trisakti, Jakarta.

FANUC Series 21i/21oi-TB, 2004, *Mc Operator's Manual/ Edition 01* FANUC Ltd, Tokyo,Japan .

Ismail, R., Jamari, Tauviqirrahman, M., Sugiyanto dan Andromeda, T., (2011), *Surface hardening characterization of transmission gears*,|| Prosiding Seminar Nasional Sains and Teknologi, Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim, Semarang.

Ismail, R., Tauviqirrahman, M., Bayuseno, A.P., Sugiyanto dan Jamari, (2013), *Pemanfaatan alat pemanas induksi untuk industri kecil dan menengah*, Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin dan Teknologi KejuruanUNJ, Jakarta.

Ismail, R., Prasetyo, D.I.,  
Tauviquirrahman, M., Yohana, E. dan  
Bayuseno, A.P., (2014), —*Induction  
hardening of carbon steel material:  
the effect of specimen diameter*,  
Advanced Materials Research, Vol.  
911, pp. 210-214.

Jamari, et al., (2012), *Pengaruh frekuensi  
pemanasan induksi terhadap  
pengerasan material ST-60*,  
Prosiding Seminar Nasional XI:  
Rekayasa dan Aplikasi Teknik Mesin  
di Industri ITENAS, Bandung.

Ryan Noviansyah, 2006, *Pemanas Induksi  
(Induction Heating) Kapasitas 200  
Watt*, Cimanggis.

Yohana et.al (2014), *Aplikasi Teknik  
Continuous Hardening Menggunakan  
Alat Pemanas Induksi Untuk  
Pengerasan Pin M*, Simposium  
Nasional RAPI XIII, Semarang.