

# MODEL MESIN HARDENING SISTEM INDUKSI UNTUK MEMPERCEPAT WAKTU PEMANASAN

Agus Slamet, Wahyu Djalmono P

Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Semarang  
Jl. Prof. Soedarto, S.H., Tembalang, KotakPos 6199/SMG, Semarang 503293  
Telp. 024-7473417, 024-7466420 (hunting), Fax. 024-7472396  
E-Mail: agussmg13@gmail.com

## Abstrak

*Proses hardening pada pemanasan baja sampai temperatur yang ditentukan menggunakan dapur pemanas dibutuhkan pasokan energi listrik yang cukup besar sehingga menambah biaya produksi. Sebagai alternatifnya akan dilakukan dengan proses pemanas induksi, yang dapat memanaskan logam akibat timbulnya arus edy atau arus pusar akibat dari induksi magnet yang menimbulkan fluks magnetik menembus logam. Energi panas yang ditimbulkan oleh pemanas induksi lebih cepat menaikkan temperatur benda logam dibandingkan dengan pemanas lainnya. Batasan rancang bangun model ini adalah pemanas induksi menghasilkan temperatur 13000 C mampu memanaskan benda uji sampai temperatur 9000 C dalam waktu 5 menit, sedangkan benda uji baja mempunyai dimensi  $\varnothing$  30 mm x 10 mm. Rancang bangun model mesin hardening sistem continue terdiri dari 4 komponen utama yaitu meja mesin, unit sistem pemanas induksi, power screw dan panel kontrol. Arus AC Metode penelitian dimulai data awal tinjauan pustaka tentang proses hardening dan sistem pemanas induksi, meliputi desain dasar, teori dan prinsip kerja. Perancangan model dengan tahapan menentukan spesifikasi, pemilihan dan rancangan komponen utama dilanjutkan dengan pembuatan dan perakitan semua komponen utama. Data dari pengujian ini adalah besarnya aliran arus listrik yang terjadi pada sistem pemanas induksi, temperatur benda uji, dan waktu pemanasan. Prosedur Pengujian dengan menggunakan benda uji dengan ukuran  $\varnothing$  25 mm x 10 mm masing-masing terdiri baja jenis Amutit, Spesial K, EMS 45 dan Stainless steel, prosedur pengujian dilakukan sebanyak lima kali untuk setiap jenis benda uji.. Analisis dari data pengujian didapatkan bahwa model mesin hardening mampu berfungsi memanaskan benda uji dengan ukuran  $\varnothing$  25 mm x 10 mm sampai mencapai temperatur 9000 C. Bahan uji stainless steel waktu pemanasan untuk mencapai temperatur hardening(8000C dengan waktu 166,2 detik dan pemakaian dayanya yaitu 51,8V 7A. Untuk bahan EMS 45 dan Amutit S berturut-turut temperatur 8300C dengan waktu 127 detik, . 8000C dengan waktu 166,4 detik dan pemakaian daya 51,9 V, 9A dan 52,8V 6,5A.*

**Kata Kunci :** “pendingin ikan”, “propeler”, “perahu”.

## 1. Pendahuluan

Di industri manufaktur untuk mendapatkan sifat mekanik yang dikehendaki diperlukan proses perlakuan panas untuk baja atau disebut dengan proses heat treatment salah satunya yaitu proses hardening, pengertian heat treatment adalah proses pemanasan dan pendinginan yang terkontrol dalam keadaan padat, dengan tujuan mengubah sifat fisik dan mekanik dari logam, sedang pengertian hardening adalah merubah struktur baja sehingga diperoleh struktur martensit yang keras dengan melakukan quenching yaitu melakukan pendinginan cepat menggunakan fluida cair. (William D Callister, Jr, 2003).

Proses hardening umumnya pada pemanasan baja sampai temperatur yang ditentukan menggunakan dapur pemanas dibutuhkan

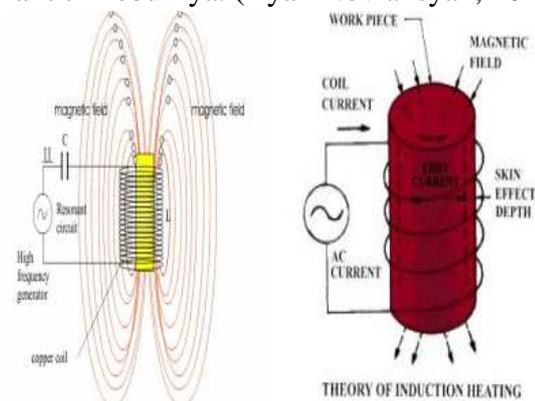
pasokan energi listrik yang cukup besar sehingga menambah biaya produksi. Untuk proses hardening dilakukan secara massal maka bahan baja yang akan dikeraskan akan menunggu kapasitas terpenuhi sehingga merugikan dalam efisiensi waktu, terutama jika jumlah bahan yg akan dikeraskan tidak banyak. Mengacu dengan permasalahan tersebut maka diperlukan proses alternatif dalam proses hardening agar dapat menghemat konsumsi energi listrik dan juga mempercepat proses hardening agar lebih efisien. Proses alternatif yang akan dilakukan yaitu dengan proses pemanas induksi, merupakan suatu alat yang bisa memanaskan logam akibat timbulnya arus edy atau arus pusar akibat dari induksi magnet yang menimbulkan fluks magnetik yang menembus logam, sehingga menyebabkan

panas pada logam yang selanjutnya dapat dimanfaatkan untuk memanaskan logam untuk proses heat treatment terutama proses hardening. (Ryan Noviansyah, 2012). Rancangan pemanas induksi berkapasitas 200 Watt, hasil uji coba pemanas ini mampu mencairkan baut berdiameter 12 mm terbuat dari aluminium dalam waktu 3 menit. (Ryan Noviansyah, 2012). Pembuatan pemanas induksi berkapasitas 600 watt untuk proses perlakuan panas dan perlakuan permukaan, didapatkan hasil pengujian yaitu peningkatan kekerasan sebesar 87% dari raw material dari baja AISI 1040 untuk waktu pemanasan selama 5 menit. (Raharjo dkk, 2013).

Rancangan model mesin hardening sistem induksi ini mempunyai komponen utama antara lain meja mesin, unit sistem pemanas induksi, power screw dan kontrol panel. Rancangan model ini adalah pemanas induksi yang dapat menghasilkan temperatur maksimum 13000 C mampu memanaskan benda uji sampai temperatur 9000 C dalam waktu 5 menit, untuk benda uji baja berdimensi Ø 30 mm x 30 mm. Untuk mengetahui unjuk kerja dan fungsi dari alat, yaitu dengan cara mengukur arus yang mengalir ke sistem pemanas induksi, temperatur permukaan benda uji dan diukur waktu pemanasan yang dibutuhkan. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat digunakan mempercepat waktu pemanasan, yang mampu memanaskan benda uji dengan ukuran Ø 30 mm x 30 mm sampai mencapai temperatur 9000 C dalam waktu 5 menit.

Prinsip rancang bangun mesin hardening sistem induksi ini berdasarkan sumber listrik 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. 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. (Ryan Noviansyah, 2012)



**Gambar 1. Prinsip Kerja Pemanas Induksi**  
(Ryan Noviansyah, 2012.)

Frekuensi yang tinggi menimbulkan panas pada bahan konduktif, besarnya frekuensi dapat dihitung berdasarkan persamaan :

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Keterangan :

f : Frekuensi (Hz) ;

L : Kapasitas Induktor (Henry) ;

C : Kapasitas kapasitor (Farad).

(Ibnu Mas'ud, 2012)

Energi panas yang digunakan untuk menaikkan temperatur benda kerja dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$P = \frac{4,17 \times m \times C_p \times \Delta T}{t}$$

Keterangan :

P : Daya yang dibutuhkan (joule/sekon) ;

m : Massa benda kerja (kg);

$\Delta T$  : Perbedaan temperatur ( $^{\circ}\text{C}$ ) ;

$C_p$  : Panas jenis spesifik ( Joule/kg  $^{\circ}\text{C}$ );

$t$  : Waktu yang dibutuhkan (detik)

(Ryan Noviansyah, 2012).

Untuk menghitung seberapa besar daya yang digunakan, maka bisa ditentukan berdasarkan persamaan :

$$P = V \times I$$

Keterangan :

$P$  : Daya yang bekerja (Watt) ;

$V$  : Tegangan Kerja (Volt) ;

$I$  : Arus yang mengalir (Ampere).

(Raharjo, 2010: 2)

## 2. Metode Penelitian

a. Perancangan dan pembuatan model mesin *hardening* sistem induksi untuk mempercepat waktu pemanasan, yang akan digunakan sebagai dasar pembuatan mesin ini dilakukan tiga tahapan yaitu:

- 1) Menentukan spesifikasi komponen utama terutama untuk mendapatkan jenis bahan meja mesin yang sesuai digunakan sebagai komponen utama, juga pemilihan jenis bahan dan ukuran sistem pemanas induksi, *power screw* dan panel kontrol yang akan digunakan sebagai input dari perancangan sistem ini.
- 2) Pemilihan dan perancangan fungsi setiap komponen utama antara lain : meja mesin berfungsi menopang semua komponen utama lainnya menggunakan bahan besi profil siku (30x30) mm dan plat baja tebal 1,5 mm ; Unit Sistem Pemanas Induksi, berfungsi untuk memanaskan benda uji sampai temperatur maksimum 1300 $^{\circ}\text{C}$ . dipilih bahan pipa tembaga  $\varnothing$  6 mm dengan rangkaian komponen elektronik. *Power screw* yang digunakan untuk mengumpankan benda uji memasuki kumparan pipa tembaga pemanas induksi, yang terbuat dari poros baja berulir dengan bushing

terbuat dari *brass* digerakan oleh motor DC , Panel kontrol yang berfungsi untuk mengatur waktu pemanasan dan putaran *power screw* menggunakan komponen utamanya adalah mikrokontroler Arduino.

- 3) Tahapan pembuatan ini dilakukan proses las, pemesian bor, bubut dan frais serta kerja bangku setiap komponen utama sehingga dapat berfungsi sesuai dengan rancangan, antara lain : meja mesin, unit sistem pemanas induksi, *power screw* dan panel kontrol. Proses perakitan dari semua komponen utama dilakukan setelah dipastikan setiap komponen dapat berkerja sesuai dengan fungsinya
- b. Pengujian model mesin *hardening* sistem induksi untuk mempercepat waktu pemanasan dilakukan sebagai berikut :

### 1) Parameter Pengujian

Parameter pengujian digunakan adalah memanaskan benda uji baja sampai mencapai temperatur 1300 $^{\circ}\text{C}$ . Data-data yang didapatkan dari pengujian ini adalah besarnya aliran arus listrik yang terjadi pada sistem pemanas induksi, temperatur benda uji, dan waktu pemanasan..

### 2) Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian dengan menggunakan benda uji dengan ukuran  $\varnothing$  30 mm x 30 mm masing-masing terdiri baja jenis Amutit, Spesial K, EMS 45 dan Stainless steel. Pengambilan data pengujian dilakukan dengan cara setiap bahan uji melalui *power screw* dimasukkan ke dalam koil tembaga sistem pemanas induksi yang sebelumnya telah dihidupkan selama 5 menit, kemudian ukur dengan menggunakan termometer digital temperatur permukaan benda uji, besarnya arus listrik yang mengalir ke sistem pemanas induksi menggunakan ampre meter dan waktu yang yang

dibutuhkan untuk setiap kenaikan temperatur permukaan benda uji. Prosedur pengujian tersebut dilakukan sebanyak lima kali untuk setiap jenis benda uji.

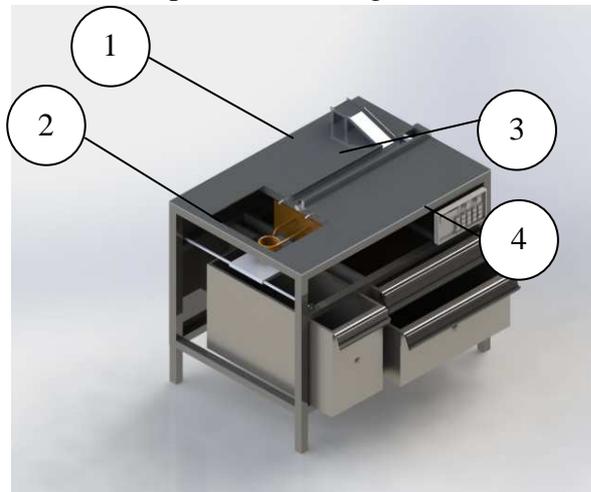
### 3) Analisis Data Pengujian

Data pengujian tersebut di atas besarnya aliran arus listrik masuk ke sistem pemanas induksi, temperatur permukaan benda uji, dan waktu yang dibutuh pada setiap kenaikan temperatur, maka akan dapat diketahui temperatur benda uji maksimum yang bisa dicapai, kecepatan pemanasan dan daya yang dibutuhkan pada setiap kenaikan temperatur benda uji..

## 3. Hasil Dan Pembahasan

### 3.1. Perancangan dan Pembuatan Alat

Rancangan alat ini mempunyai 4 (empat) komponen utamanya yaitu Meja mesin, Unit sistem pemanas induksi, *Power screw* dan Kontrol panel. Adapun rancangan model alat ini adalah seperti terlihat di gambar 2.



**Gambar 2. Rancangan Model Mesin Hardening Sistem Induksi Untuk Mempercepat Waktu Pemanasan**

Keterangan :

1. Meja Mesin ;
2. Unit Sistem Pemanas Induksi ;

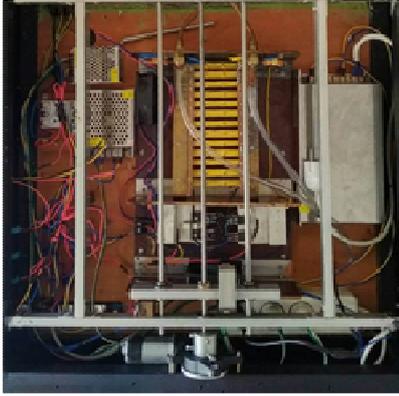
3. Power Screw ;
4. Panel Kontrol.

Prinsip Kerja mesin ini adalah benda uji bergerak menuju Unit sistem pemanas induksi didorong oleh *Power screw* yang digerakan oleh motor DC, benda uji masuk ke dalam koil yang terdapat pada sistem pemanas induksi yang telah diaktifkan dan mulai memanaskan benda uji. Sistem pemanas induksi akan mati (off) apabila temperatur telah tercapai dengan batas waktu yang telah ditentukan. Benda uji tertahan oleh papan eternit dan akan digerakan dengan motor servo yang telah di program. Motor servo bergerak 90 derajat sehingga benda uji jatuh ke dalam kotak yang berisi oleh media pendingin sehingga proses *quenching* terjadi. Rentang waktu motor servo bergerak dapat diprogram di dalam mikrokontroller arduino nano yang termasuk bagian dari bagian utama yaitu kontrol panel. Meja mesin berfungsi menopang semua komponen utama lainnya yang mempunyai rangka yang dibuat dari bahan besi *hollow* dengan ukuran 850x800x600 [mm].



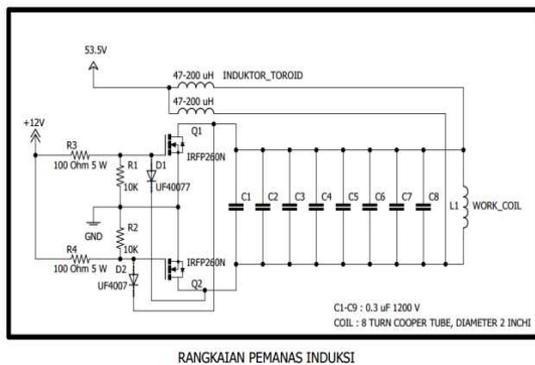
**Gambar 3. Rangka Meja mesin**

*Power Screw* digunakan untuk mengumpankan benda uji memasuki kumparan/koil pipa pemanas yang terdapat pada sistem pemanas induksi. Konstruksi dari power screw mempunyai poros berulir yang digerakan oleh motor DC dipilih tipe Motor Power Window 20 watt dan putaran 70 rpm.



**Gambar 4. Power Screw dan motor DC**

Unit Sistem Pemanas Induksi, berfungsi untuk menghasilkan energi panas untuk memanaskan benda uji. Unit ini terdiri dari komponen utama yaitu rangkaian elektronika pemanas induksi dan kumparan/koil pipa pemanas.



**Gambar 5. Skema Rangkaian Elektronika Pemanas Induksi**  
(M. Daryono,dkk,2017)

Komponen utama yang digunakan pada rangkaian elektronika pemanas induksi ini adalah 8 buah kapasitor yang memiliki kapasitas kapasitansi total sebesar 2,64 uF dengan voltase 1200 Volt, sedang komponen kapasitor yang dipakai memiliki spesifikasi kapasitas kapasitansi sebesar 0,3 uF dengan voltase 1200 Volt. Komponen kumparan/koil pipa pemanas digunakan bahan pipa tembaga dengan ukuran : Jari-jari work coil (r)= 25 mm, panjang pipa 200 mm dan jumlah lilitan 8 lilitan untuk Induktor Selenoid.,sedangkan untuk Toroid Induktor 27 lilitan



**Gambar 6. Unit Sistem Pemanas Induks**

Kontrol Panel merupakan pusat pengoperasian model mesin *hardening* sistem kontinyu diantaranya berfungsi untuk mengatur waktu pemanasan untuk mengaktifkan dan mematikan Sistem Pemanas Induksi, juga motor DC yang memutar *power screw* serta putaran Motor servo. Pada kontrol panel ini komponen utamanya adalah mikrokontroler menggunakan Arduino nano. Komponen-komponen utama tersebut kemudian dirakit sehingga menjadi satu unit model mesin *hardening* sistem induksi untuk mempercepat waktu pemanasan , yang mampu memanaskan benda uji sampai temperatur 900<sup>0</sup> C dalam waktu 5 menit, sedangkan benda uji baja mempunyai dimensi Ø 30 mm x 30 mm seperti terlihat pada gambar berikut :



**Gambar 7. Model Mesin Hardening Sistem Induksi Untuk Mempercepat Waktu Pemanasan**

### 3.2. Pengujian Model Mesin *Hardening* Sistem Induksi

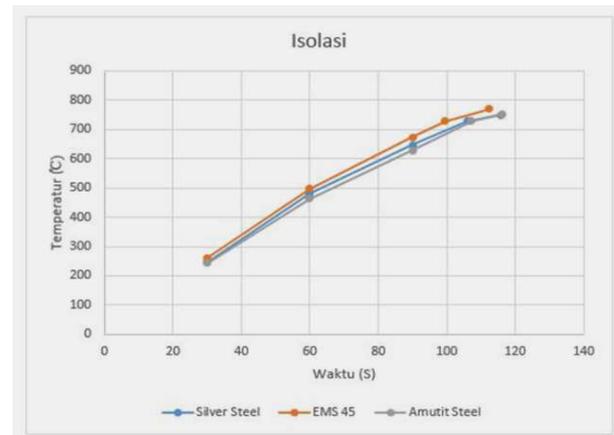
Pengujian model mesin *hardening* sistem induksi ini berdasarkan prosedur pengujian pada metode penelitian. Benda uji dengan ukuran  $\varnothing$  30 mm x 30 mm masing-masing terdiri baja jenis Amutit, Spesial K, EMS 45 dan Stainless steel. Pengambilan data pengujian dilakukan dengan cara setiap bahan uji melalui power screw dimasukkan ke dalam koil tembaga sistem pemanas induksi yang sebelumnya telah dihidupkan selama 5 menit, kemudian ukur dengan menggunakan termometer digital temperatur permukaan benda uji, besarnya arus listrik yang mengalir ke sistem pemanas induksi menggunakan ampre meter dan waktu yang dibutuhkan untuk setiap kenaikan temperatur permukaan benda uji. Prosedur pengujian tersebut dilakukan sebanyak lima kali untuk setiap jenis benda uji. Hasil dari pengujian model mesin *hardening* ini dapat dilihat dari Tabel di bawah ini.

**Tabel 1. Hasil Pengujian Distribusi Temperatur Terhadap Waktu**

Amutit steel		EMS 45		Silver Steel	
Arus : 6,5 [A]		Arus : 9 [A]		Arus : 6,5 [A]	
Voltage : 52,8 [V]		Voltage : 51,9 [V]		Voltage : 52,8 [V]	
Dimensi : $\varnothing$ 25 x 10 (mm)		Dimensi : $\varnothing$ 32 x 10 (mm)		Dimensi : $\varnothing$ 25 x 10 (mm)	
Wkt (dtk)	Tempt ( $^{\circ}$ C)	Wkt (dtk)	Tempt ( $^{\circ}$ C)	Wkt (dtk)	Tempt ( $^{\circ}$ C)
30	246,4	30	264,4	30	254,4
60	449,8	60	481,4	60	475,4
90	647,8	90	668	90	616,4
120	693,6	120	786,6	120	690,6
150	767,4	127	830	150	767,4
166,4	800			166,2	800

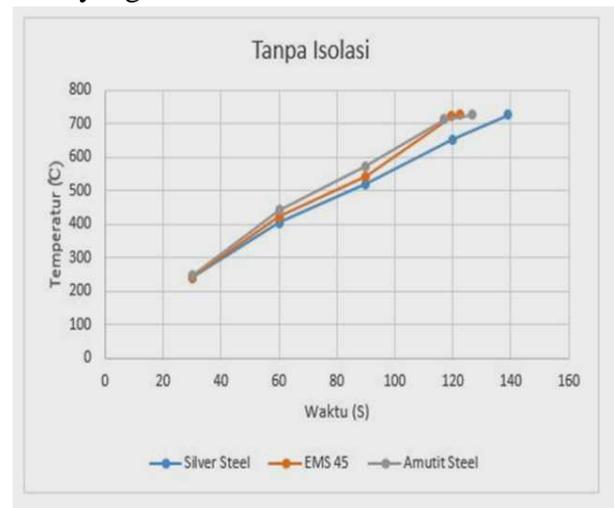
Hasil proses pengujian dan pengambilan data dari Model Mesin *Hardening* Sistem Kontinyu, menunjukkan bahwa alat tersebut yang mampu memanaskan benda uji dengan ukuran  $\varnothing$  30 mm x 30 mm sampai mencapai temperatur  $800^{\circ}$  C. Hasil pengujian distribusi temperatur terhadap waktu untuk jenis benda uji dilakukan dengan dua kondisi, yaitu koil diberikan tutup isolasi dan koil tanpa isolasi.

Distribusi temperatur terhadap waktu pemanasan dapat dilihat pada gambar berikut :



**Gambar 8. Diagram Temperatur Terhadap Waktu Pada Benda Uji Dengan Koil yang Diisolasi**

Koil yang Diisolasi



**Gambar 9. Diagram Temperatur Terhadap Waktu Pada Benda Uji Dengan Koil Tanpa Diisolasi**

Pada diagram gambar 6 dan gambar 9 menunjukkan bahwa dengan menggunakan isolasi pada penutup koil dapat menghasilkan temperatur pemanasan pada benda uji lebih tinggi mencapai mendekati  $800^{\circ}$  C. Pengujian bahan silver steel dengan dimensi  $\varnothing$  25 x 10 mm, didapatkan perbedaan performa temperatur terhadap waktu, Pada pengujian ini didapatkan waktu pemanasan untuk mencapai temperatur *hardening* ( $800^{\circ}$ C) dengan waktu rata-rata (166,2 detik),

sedangkan dalam pemakaian dayanya yaitu (51,8V 7A). Pengujian bahan EMS 45 dengan dimensi  $\phi$  32 x 10 mm, didapatkan perbedaan performa temperatur terhadap waktu, Pada pengujian ini didapatkan waktu pemanasan untuk mencapai temperatur Hardening ( $830^{\circ}\text{C}$ ) dengan waktu rata-rata (127 detik), sedangkan dalam pemakaian dayanya yaitu (51,9 V ,9A) Pengujian bahan Amutit S dengan dimensi  $\phi$  25 x 10 mm, didapatkan perbedaan performa temperatur terhadap waktu, Pada pengujian ini didapatkan waktu pemanasan untuk mencapai temperatur Hardening ( $800^{\circ}\text{C}$ ) dengan waktu rata-rata (166,4 detik), sedangkan dalam pemakaian dayanya yaitu (52,8V 6,5A).

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil pengujian dan pengambilan data serta pembahasannya maka dapat dibuat kesimpulan sebagai berikut :

- Model Mesin Hardening Sistem Induksi Untuk Mempercepat Waktu Pemanasan, yang mampu memanaskan benda uji dengan ukuran  $\phi$  25 mm x 10 mm sampai mencapai temperatur  $800^{\circ}\text{C}$ .
- Pemanas induksi dapat berfungsi sesuai dengan target rancangan yaitu dapat menghasilkan temperatur  $728^{\circ}\text{C}$  –  $779^{\circ}\text{C}$ .
- Kecepatan pemanasan tercepat berada pada bagian tengah koil dibandingkan pada bagian bawah maupun atas koil dengan perbedaan waktu 35 detik.
- Bahan uji silver steel didapatkan pemanasan untuk mencapai temperatur hardening  $800^{\circ}\text{C}$  dengan waktu rata-rata

166,2 detik, sedangkan dalam pemakaian dayanya yaitu 51,8V 7A

- EMS 45 didapatkan pemanasan untuk mencapai temperatur hardening  $830^{\circ}\text{C}$  dengan waktu rata-rata 127 detik, sedangkan dalam pemakaian dayanya yaitu 51,9V, 9A, sedangkan Amutit S didapatkan pemanasan untuk mencapai temperatur hardening  $800^{\circ}\text{C}$  dengan waktu rata-rata 166,4 detik, dengan pemakaian dayanya yaitu 52,8V, 6,5A.

#### 5. Daftar Pustaka

- Ibnu Mas'ud, 2012, *Fisika Listrik Arus Searah (DC) dan Bolak Balik (AC)* , Drimbajoe-Foundation, Malang.
- M Daryono, dkk 2017, *Rancangan Bangun Model Mesin Hardening Dengan Sitem Continue Menggunakan Pemanas Induksi*, Laporan Tugas Akhir, Jurusan T Mesin, Polines, Semarang.
- Raharjo, Dkk, 2013, *Rancang Bangun Pemanas Induksi Berkapasitas 600 W Untuk Proses Perlakuan Panas Dan Perlakuan Permukaan*, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Ryan Noviansyah, 2012, *Pemanas Induksi Kapasitas 200 Watt.*, Jurnal Ilmiah Universitas Gunadarma, Jakarta
- William D Callister, Jr , 2003, *Materials Science And Engineering An Introduction*, John Wiley & Sons, 6th, Singapore.