

# PERANCANGAN DAN PEMBUATAN SISTEM PEMANAS INDUKSI UNTUK *BEARING* BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO UNO

Naufal Mustoffa, Ismail Rokhim ST. MT., Wahyudi Purnomo ST. MT.

Konsentrasi Teknik Elektromekanik, Jurusan Teknik Mesin dan Manufaktur  
Politeknik Manufaktur Negeri Bandung  
Jl. Kanayakan 21, Bandung, Indonesia

## ABSTRAK

*Bearing* merupakan komponen yang memiliki peranan penting pada suatu mesin atau peralatan mekanik karena mendukung kehandalan dan performa mesin. Studi *Svenska Kullager Fabriken* (SKF) produsen *bearing* dari Swedia, menunjukkan bahwa kasus kerusakan awal *bearing* yang disebabkan oleh pemasangan *bearing* secara sederhana (dengan cara dipukul) menyumbang 16 % dari total kerusakan pada *bearing*. Kasus kerusakan awal *bearing* sangat berhubungan dengan metode pemasangan *bearing*. Salahsatu metode pemasangan *bearing* adalah pemanasan. Pemanasan *bearing* yang efisien, modern, aman dan mudah digunakan adalah menggunakan pemanas induksi. Pemanas induksi yang ada pada umumnya dioperasikan oleh perangkat *keypad* dan *LCD* berbasis mikrokontroler. Sedangkan suhu pemanasan *bearing* harus dihitung menggunakan rumus yang ada. Perhitungan suhu pemanasan akan lebih mudah bila menggunakan sistem komputasi karena membutuhkan akuisisi data *bearing* sebagai parameter perhitungannya. Berdasarkan hal tersebut, maka pada tugas akhir ini dikembangkan alat pemanas induksi untuk *bearing* yang dapat dioperasikan oleh komputer agar perhitungan temperatur pemanasan dapat dihitung secara otomatis dan proses pemanasan dapat diamati.

Alat pemanas ini menggunakan mikrokontroler Arduino Uno sebagai pengolah data dan pemberi sinyal penyulutan *gate triac*. Mikrokontroler menerima perintah dari *visual basic* berupa nilai suhu pemanasan dan waktu tunda penyulutan *triac*. Sinyal penyulutan *gate triac* dapat diatur dengan waktu tunda antara 0 – 8 ms. Waktu tunda penyulutan berfungsi untuk mengontrol tegangan rata-rata AC yang masuk ke lilitan. Proses pemanasan *bearing* terjadi apabila *gate triac* diberi sinyal penyulutan. Ketika *bearing* dipanaskan, suhu *bearing* dideteksi oleh sensor suhu. Apabila suhu *bearing* telah mencapai nilai suhu pemanasan, maka proses pemanasan berhenti dan pemasangan *bearing* ke porosnya bisa dilakukan.

Berdasarkan hasil pengujian, dapat ditarik kesimpulan bahwa *bearing* dengan ukuran *inner ring* 45 – 80 mm dapat dipanaskan oleh alat pemanas yang dibuat pada tugas akhir ini. Alat pemanas dapat dioperasikan melalui program antarmuka pengguna *visual basic*. Setelah dipanaskan, *bearing* mengalami pemuaiian sehingga *bearing* dapat dimasukkan ke porosnya tanpa cara mekanik atau pukulan. *Bearing* 6009 memuai sebesar 0,1 mm dan *bearing* 6210 memuai sebesar 0,08 mm. Dengan begitu, kerusakan awal pada *bearing* dapat diminimalisir.

**Kata kunci** : Pemanas induksi, *bearing*, mikrokontroler Arduino Uno, *visual basic*.

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang Masalah

*Bearing* merupakan komponen yang memiliki peranan penting pada setiap mesin atau peralatan mekanik karena mendukung kehandalan dan performa mesin. Kerusakan mesin sering dihubungkan dengan kerusakan *bearing* karena permasalahan/kerusakan pada *bearing* berkontribusi 40 % terhadap kerusakan mesin [Schoen dkk, 1995]. Studi *Svenska Kullager Fabriken* (SKF) produsen *bearing* dari Swedia, menunjukkan bahwa kasus kerusakan awal *bearing* yang disebabkan oleh

pemasangan *bearing* secara sederhana (dengan cara dipukul) menyumbang 16 % dari total kerusakan pada *bearing*. Atas dasar tersebut maka diperlukan suatu metode pemasangan *bearing* yang meminimalisir terjadinya kerusakan awal pada *bearing*.

Studi *Svenska Kullager Fabriken* (SKF) juga menunjukkan bahwa ada tiga metode dalam pemasangan *bearing* yaitu mekanik, hidrolik, dan pemanasan. Dari ketiga metode tersebut, para ahli dari produsen (NSK & SKF) mengungkapkan bahwa metode pemanasan adalah metode tercepat dan

termudah untuk pemasangan *bearing*. Melalui metode pemanasan ini akan meminimalisir terjadinya kerusakan awal pada *bearing*, karena tidak ada paksaan (pukulan) dalam pemasangannya. Hal ini dengan catatan pemanasan pada *bearing* tidak melebihi kriteria dari *bearing* tersebut yaitu maksimal 120°C.

Berdasarkan pemaparan diatas, maka metode pemanasan *bearing* adalah metode yang paling dianjurkan agar mengurangi kerusakan awal pada *bearing*. Pemanasan *bearing* ada beberapa metode. Metode pertama menggunakan las asitelin. Metode kedua adalah menggunakan *oil baths*. Metode ini adalah yang paling sering digunakan namun memiliki resiko seperti licin. Metode ketiga adalah dengan menggunakan oven. Metode ini biasa digunakan untuk pemanasan beberapa *bearing* sekaligus. Metode ini kurang efektif karena memerlukan waktu cukup lama yang disebabkan adanya proses perambatan panas di dalam oven. Metode keempat adalah *induction heating* atau pemanasan induksi. Metode ini dilakukan untuk memanaskan *bearing* melalui proses induksi elektromagnetik. Metode ini memiliki keunggulan dibandingkan dengan metode yang lainnya yaitu proses pemanasan bisa lebih cepat, karena yang dipanaskan terpusat hanya dibagian inner *bearing*. Pemanas induksi harus memiliki sistem pengendalian agar waktu pemanasan bisa optimal dan temperatur pemanasan bisa tercapai.

Oleh sebab itu, tugas akhir ini perlu dilakukan yaitu merancang dan membuat sistem pemanas induksi berbasis mikrokontroler.

## 1.2. Rumusan Masalah

Untuk mengurangi kerusakan awal pada *bearing*, maka diperlukan suatu metode dalam pemasangannya. Metode yang paling baik dan dianjurkan adalah metode pemanasan induksi. Oleh karena itu, akan dirancang dan dibuat suatu alat pemanas induksi yang digunakan untuk memanaskan *bearing* agar dapat dimasukkan ke porosnya tanpa menyebabkan terjadinya kerusakan awal pada *bearing*.

Alat pemanas induksi *bearing* yang dibuat oleh penelitian sebelumnya [Septiyan, 2012] masih belum menggunakan sistem yang dioperasikan secara otomatis. Sistem otomatis yang dimaksudkan adalah sistem yang dapat dioperasikan melalui suatu perangkat antarmuka yang berhubungan dengan pemanas induksi, sehingga ketika objek yang dipanaskan (*bearing*) telah mencapai suhu yang diinginkan pemanas akan berhenti secara otomatis. Untuk itu, akan dirancang dan dibuat sistem pemanas induksi yang dapat dioperasikan secara otomatis.

Seperti pada penjelasan diatas, sistem pemanas induksi memerlukan suatu perangkat antarmuka

pengguna. Suatu antarmuka pengguna harus bisa dioperasikan dengan mudah oleh operator, sehingga diperlukan suatu perancangan pada antarmuka pengguna yang akan dibuat agar pengoperasiannya mudah dipahami dan diaplikasikan.

## 1.3. Batasan Masalah

Dalam penyusunan tugas akhir ini permasalahan-permasalahan yang akan dibahas meliputi hal-hal sebagai berikut:

1. Pemanas induksi hanya digunakan untuk memanaskan *bearing* dengan ukuran *inner ring* antara 45 - 80 mm.
2. Tidak membahas cara pemasangan *bearing* ke porosnya, hanya membahas cara pemanasan *bearing*.
3. Antarmuka pengguna menggunakan program Visual Basic 6.0.

## 1.4. Tujuan

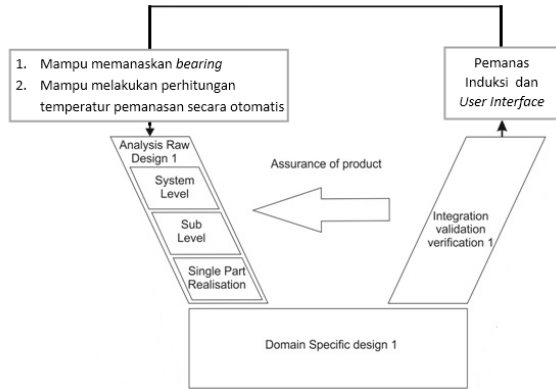
Tujuan yang ingin dicapai pada tugas akhir ini adalah untuk meminimalisir terjadinya kerusakan pada *bearing* yaitu dengan cara merancang dan membuat alat pemanas induksi untuk *bearing* agar dapat dipasang ke porosnya tanpa cara mekanik atau pukulan.

## 2. PERANCANGAN SISTEM

Pemanas induksi ini dirancang dalam tiga sistem kombinasi utama yaitu mekanik, elektronik dan informatik. Sistem ini membutuhkan sistem mekanik yang menghasilkan perangkat keras yang sesuai dengan kebutuhan, baik dari sisi desain, ukuran dan penempatan komponen-komponen. Sistem ini juga membutuhkan sistem elektronik yang dapat mengontrol besarnya tegangan yang akan dialirkan ke *coil* atau lilitan. Besarnya tegangan ini berpengaruh terhadap konsumsi daya dan waktu pemanasan. Sistem elektronik ini juga membutuhkan adanya sistem informatik berupa perangkat lunak yang berisi perintah yang akan diproses oleh kontroler dan perangkat lunak antarmuka pengguna (*user interface*) sebagai alat berinteraksi antara pengguna (*user*) dengan kontroler sistem.

Dalam perancangan tugas akhir ini dibutuhkan suatu metode yang dapat melakukan integrasi dan kombinasi terhadap ketiga sistem tersebut. Metode yang digunakan untuk menyelesaikan tugas akhir ini adalah VDI 2206. Pada dasarnya, VDI 2206 merupakan metode yang dapat digunakan dalam integrasi sistem mekanik, elektronik dan informatik.

**Gambar 2.1** merupakan V-model dari VDI 2206.



Gambar 2.1 V model

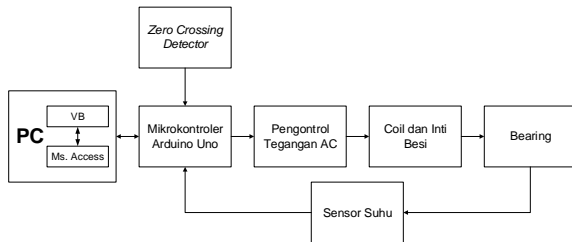
### 2.1.1. Product Requirements

Product requirements adalah kemampuan yang harus bisa dilakukan sistem, juga sebagai ukuran untuk evaluasi produk yang ingin dicapai. Sistem pada tugas akhir ini harus mampu melakukan pemanasan pada *inner ring bearing* dan melakukan perhitungan temperatur pemanasan secara otomatis (komputasi) oleh komputer. Dengan dapat dipanaskannya bagian *inner ring bearing* diharapkan dapat mempermudah dan mempercepat proses pemasangan dan juga dapat menghindari kerusakan awal pada *bearing*. Selain itu, dengan adanya sistem perhitungan temperatur pemanasan secara komputasi diharapkan mampu mengefektifkan waktu dalam pemasangan *bearing* terhadap porosnya.

### 2.1.2. Analysis Raw

#### 2.1.2.1 Sistem Level

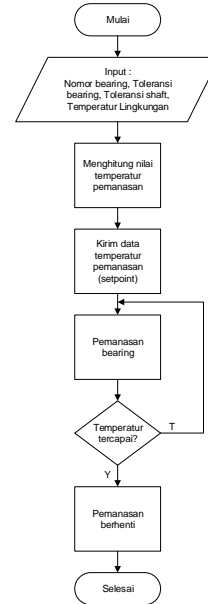
Adapun sistem dari produk ini dapat dilihat dari digram blok sistem, sebagai berikut.



Gambar 2.2 Diagram blok sistem

#### 2.1.2.2 Sub level

Tahap selanjutnya adalah *analysis raw design sub level* yang akan menjelaskan prinsip kerja dan bagaimana fungsi dari sistem.



Gambar 2.3. Diagram alir sistem

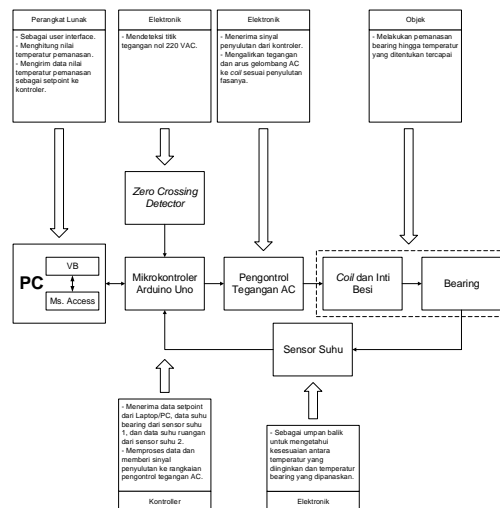
### 2.1.2.3 Single Part Realisation

Tahap ini adalah *analysis raw single part realisation*, yang akan menentukan komponen-komponen yang digunakan berdasarkan tugasnya.

1. Visual Basic 6.0
2. Mikrokontroler
3. Triac
4. Sensor

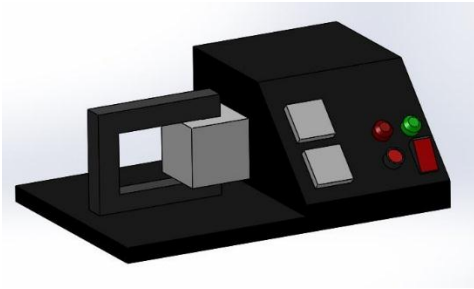
### 2.1.3 Domain Specific

Tujuan dari tahap ini adalah melakukan perancangan secara detail pada setiap domain bidang kajian yang disertai model analisis.



Gambar 2.4 Diagram analisis sistem per domain

### 2.1.3.1 Domain Mekanik

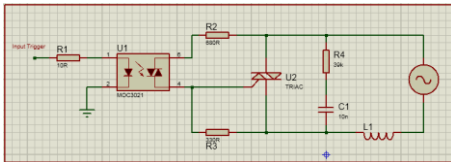


Gambar 2.5 Desain alat pemanas induksi

### 2.1.3.2 Domain Elektronik

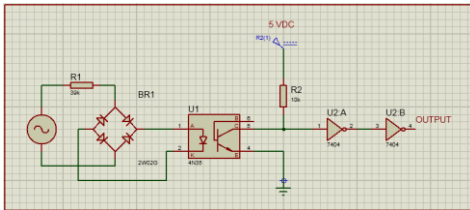
Domain ini terdiri dari beberapa bagian, antara lain:

#### 1. Pengatur Tegangan AC



Gambar 2.6 Skematik pengatur tegangan AC

#### 2. Zero Crossing Detector



Gambar 2.7 Skematik Zero Crossing Detector

#### 3. Sensor Suhu

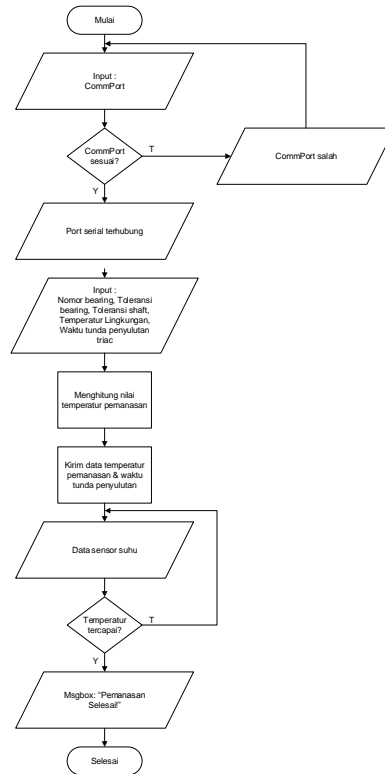


Gambar 2.8 Termokopel Tipe K dan Max6675

### 2.1.3.3 Domain Informatik

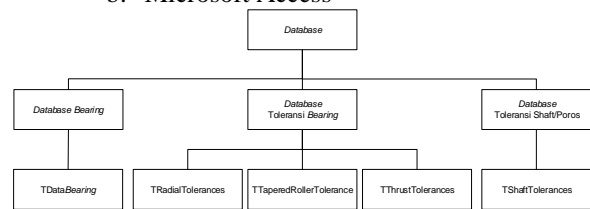
Sebagai sistem otomatisasi maka dibutuhkan suatu program yang menjadi antarmuka antara pengguna dan kontroler sistem serta mengatur kerja komponen-komponen elektronik yang dibutuhkan. Program dalam tugas akhir ini diklasifikasikan menjadi 3 bagian, sebagai berikut:

1. Program User Interface
  - a. Visual Basic



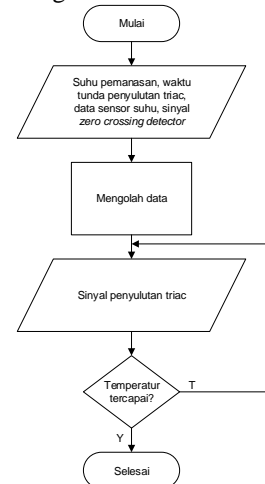
Gambar 2.9 Diagram alir program Visual Basic

#### b. Microsoft Access



Gambar 2.10 Konsep perancangan database

### 2. Program Mikrokontroler



Gambar 2.11 Diagram alir program Mikrokontroler

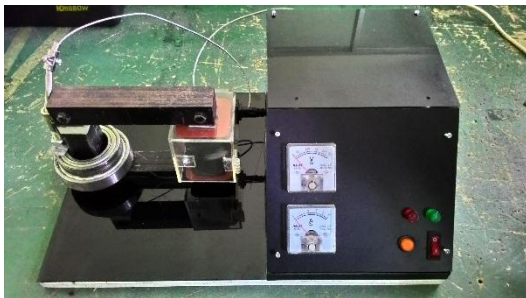
### 2.1.4 Integration Validation Verification

Berdasarkan tahapan-tahapan yang sebelumnya telah dilakukan, tahapan-tahapan tersebut diimplementasikan dengan menyatukan semua bagian sesuai dengan diagram blok sistem pada **Gambar 3.3**. Dimulai dari perangkat lunak yang menggunakan *visual basic* untuk menghitung temperatur pemanasan dan memberi masukan setpoint ke kontroler, kemudian kontroler yang menghasilkan sinyal penyulutan untuk memicu triac pada rangkaian pengontrol tegangan AC, lalu rangkaian rangkaian pengontrol tegangan AC menghasilkan tegangan AC yang telah diatur untuk dijadikan sumber listrik ke coil yang akan menghasilkan arus eddy untuk melakukan pemanasan pada *bearing*, dan terakhir sensor suhu yang memberikan umpan balik ke kontroler. Dari kesatuan sistem ini maka terbentuklah alat pemanas induksi untuk alat pemasangan *bearing*.

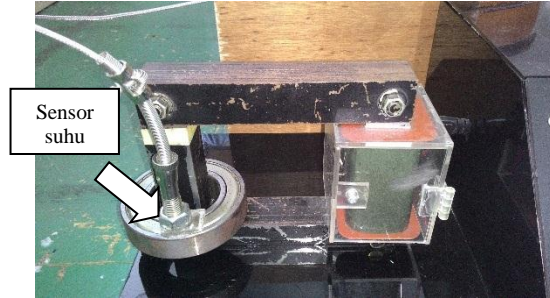
## 3. HASIL PENGUJIAN DAN ANALISA

Metoda Analisa yang digunakan pada karya tulis ini berhubungan dengan metoda perancangan yang digunakan, yaitu VDI 2206. Pengolahan data dan analisa disini dibagi sesuai dengan *domain specific* masing-masing, yaitu domain mekanik, domain elektronik, dan domain software. Pengolahan data untuk tiap domain ini bertujuan untuk menganalisa karakteristik dari setiap domain atau setiap bagian, yang nantinya akan diintegrasikan menjadi sistem keseluruhan. Sehingga diharapkan saat menganalisa sistem secara keseluruhan akan diketahui faktor-faktor yang berhubungan dengan hasil yang didapat. Setelah semua domain ditelaah secara terperinci dengan metoda penganalisaan masing-masing, kemudian sistem akan dianalisa secara keseluruhan dengan melihat ketepatan dan efisiensi yang dihasilkan oleh sistem keseluruhan.

### 3.1. Domain Mekanik



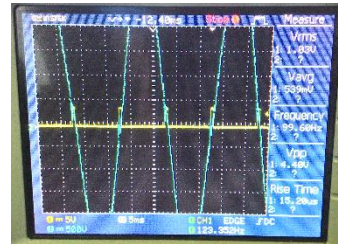
Gambar 3.1 Alat pemanas induksi



Gambar 3.2 Penempatan sensor suhu

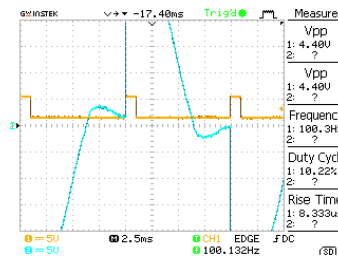
## 3.2. Domain Elektronik

### 3.2.1. Zero Crossing Detector



Gambar 3.3 Pengujian Zero Crossing Detector

### 3.2.2. Pengatur Tegangan AC



Gambar 3.4 Pengujian Pengatur Tegangan AC

### 3.2.3. Sensor Suhu

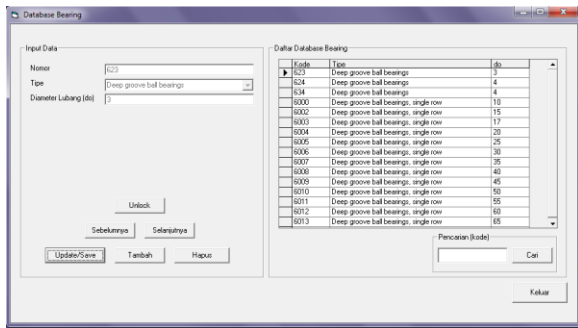
Tabel 3.1 Pengujian Sensor Suhu

Sensor termokopel	Termometer	Error
29,5 °C	29 °C	0,5 °C
40 °C	40 °C	0 °C
51,25 °C	51 °C	0,25 °C
60,25 °C	60 °C	0,25 °C
71,5 °C	72 °C	0,5 °C
85 °C	86 °C	1 °C
93,75 °C	94 °C	0,25 °C
Σ error		2,75 °C

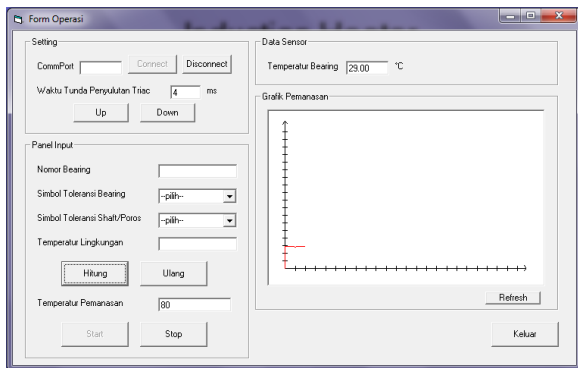
$$\bar{X} \text{ error} = \frac{\sum \text{error}}{\text{Jumlah pengujian}}$$

$$\bar{X} \text{ error} = \frac{2,75 \text{ °C}}{7} = 0,39 \text{ °C}$$

### 3.3. Domain Informatik



Gambar 3.5 Form Database Bearing

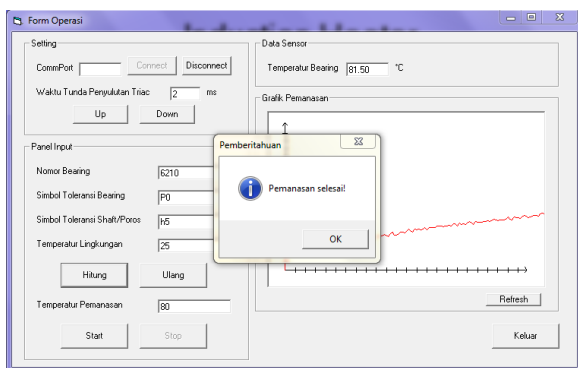


Gambar 3.6 Form Database Bearing

### 3.4. Integrasi Sistem Keseluruhan

Tabel 3.2 Percobaan Pemanasan Bearing

Kode Bearing	Suhu pemanasan	Waktu pemanasan	Diameter sebelum dipanaskan	Diameter sesudah dipanaskan	Waktu tunda penyulutan triac
6009	77,77 °C	2 menit	45,00 mm	45,10 mm	1 ms
6210	80 °C	3 menit	50,00 mm	50,08 mm	2 ms



Gambar 3.7 Pengujian Pemanasan Bearing 6210

## 4. PENUTUP

### 4.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Alat pemanas induksi bisa memanaskan bearing yang berukuran *inner ring* antara 45 – 80 mm.
2. Setelah bearing dipanaskan, bearing memuai. Pemuaiannya ditunjukkan dengan diameter *inner ring bearing* membesar. Untuk bearing 6009 pemuaiannya sebesar 0,1 mm, sedangkan bearing 6210 pemuaiannya sebesar 0,08 mm.
3. Visual Basic digunakan sebagai perangkat lunak antarmuka pengguna yang digunakan untuk mengoperasikan alat pemanas induksi. Visual basic menggunakan komunikasi serial untuk berhubungan dengan mikrokontroler arduino uno pada alat pemanas induksi.

### 4.2. Saran

Hal-hal yang dapat dilakukan untuk melakukan penyempurnaan lebih lanjut dalam tugas akhir ini adalah :

- a) Ketika bearing selesai dipanaskan, bagian atas inti besi pemanas harus dilepaskan untuk mengambil bearing tersebut. Namun dalam pelepasannya sedikit mengalami kesulitan karena inti besi masih mengalir medan magnet. Maka dari itu, perlu dirancang kembali mekanisme inti besi yang bisa dilepas pasang dengan mudah.
- b) Temperatur lingkungan dibaca oleh suhu agar lebih akurat.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- Arisandi, Duddy. *Teori Bantalan Gelinding*. Bandung: Polman Bandung.
- Septiyan. 2012. *Pembuatan Alat Pemanas Bearing Dengan Sistem Induksi*. Bandung: Politeknik Manufaktur Negeri Bandung.
- Niemann, Gustav. 1999. *Elemen Mesin Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Purwanto, Sigit. *Perancangan Sistem Pemanas Bearing Menggunakan Kontrol PI Berbasis Mikrokontroler ATmega 8535*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Wati, Ambar Rencono. 2000. *Desain dan Analisa Pemanas Induksi*. Semarang: Universitas Katolik Soegijapranata.
2010. *Bearing Heaters*. Swedia: SKF Group.
2012. *SKF Maintenance and Lubrication Product*. Swedia: SKF Group.
- KG, Schaeffler. 2003. *Spherical plain bearings, plain bushes, rod ends*. Jerman: INA.
- KG, Schaeffler. 2006. *Rolling bearings*. FAG.