

## **KARAKTERISASI THERMOCOUPLE DENGAN MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK MATLAB – SIMULINK**

---

**Popong Effendrik<sup>1</sup>, Gatot Joelianto<sup>2</sup>, Hari Sucipto<sup>3</sup>**

### **Abstrak**

Dalam penggunaan sensor, sebuah aplikasi harus berdasarkan *data sheet*. Pabrik pembuat sensor harus memberikan informasi yang cukup agar sensor dapat digunakan secara baik. Bagaimanapun juga adakalanya tidak semua karakteristik ditampilkan dalam *data sheet* sensor.

Dari penelitian ini telah dihasilkan program yang dapat digunakan untuk mengkarakterisasi. Fungsi alih telah diperoleh dari thermocouple tipe J, tipe K dan tipe S. Perbandingan karakteristik dari thermocouple tersebut dalam bentuk grafik menunjukkan bahwa thermocouple yang paling sensitif adalah thermocouple tipe J dan yang paling tidak sensitif adalah thermocouple tipe S. Selain itu penelitian ini telah menghasilkan modul untuk mahasiswa dalam melakukan percobaan thermocouple.

**Kata-kata kunci:** thermocouple, MATLAB, karakteristik.

### **Abstract**

*The application of sensors should be based on the data sheet. The vendor of sensor should provide enough data therefore the sensor can be used well. However, sometimes the provided data on data sheet are not complete.*

*Based on this research, the program based on MATLAB-SIMULINK has been created for the characterization of thermocouple (type J, type K and type S). The results were the transfer function of type J, type K and type S. The comparison of their characteristics have been presented. The results showed that type J was very sensitive while type S was less. Moreover, the laboratory works module for thermocouple was built.*

**Keywords:** thermocouple, MATLAB, characteristics.

---

<sup>1,2,3</sup> *Popong Effendrik, Gatot Joelianto, Hari Sucipto. Dosen Program Studi Teknik Listrik, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang*

## **1. PENDAHULUAN**

Dalam sebuah sistem kontrol, peran sebuah sensor sangatlah penting dalam menunjang kehandalan sistem. Sensor merupakan alat untuk mendeteksi hasil dari suatu proses. Di dalam sebuah sistem kontrol terdapat bermacam-macam sensor dengan aplikasinya yang bermacam-macam sesuai dengan kebutuhan.

Sensor suhu atau temperature merupakan salah satu sensor yang paling banyak digunakan dalam sistem kontrol. Sensor suhu yang ada di lapangan terdapat bermacam macam, antara lain: RTD (*Resistance Temperature Detector*), PTC (*Positive Temperature Coefficient*), NTC (*Negative Temperature Coefficient*) dan Thermocouple. Dari sensor-senor tersebut, masing-masing sensor mempunyai daerah operasi yang bermacam-macam. Dalam proses kontrol di industri yang sering digunakan adalah Thermocouple. Thermocouple yang ada dipasaran bermacam-macam dengan berbagai tipe, antara lain B, E, J, K, N, R, S, dan T.

Salah satu permasalahan yang ada pada thermocouple adalah linearitasnya. Sebagian besar jenis thermocouple mempunyai tingkat linearitas yang kurang bagus, sehingga dibutuhkan fungsi alih (transfer function) yang akurat.

Sering kali pabrik pembuat thermocouple hanya memberikan informasi daerah kerja dari sebuah thermocouple dalam range tertentu tanpa memberikan fungsi alih yang merupakan karakteristik dari thermocouple yang sesungguhnya. Oleh karena itu dalam penelitian ini akan dicari fungsi alih (transfer function) dari beberapa thermocouple yang ada, sehingga pemanfaatan thermocouple lebih lanjut akan bisa lebih tepat dan dapat digunakan dengan mudah. Kemudahan ini dikarenakan akan dibuatnya model matematika dari thermocouple dengan menggunakan perangkat lunak MATLAB-SIMULINK. Kemudian dari beberapa thermocouple tersebut akan dibandingkan dan diambil kesimpulan.

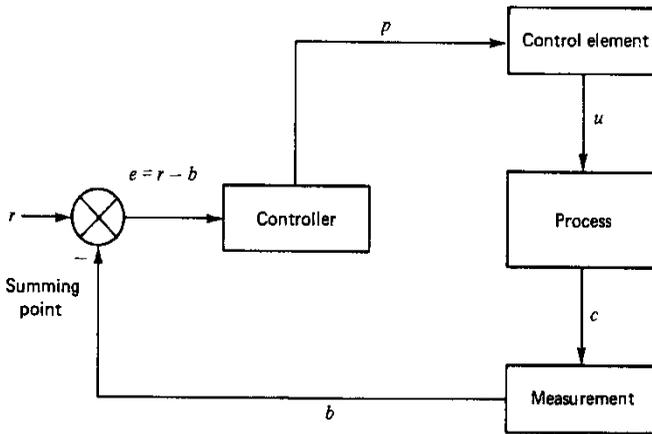
## **2. KAJIAN PUSTAKA**

### **2.1 Sistem Kontrol Suhu**

Sistem kontrol suhu merupakan sisatem kontrol loop tertutup (*Closed-Loop*). Sebagaimana gambar berikut ini, bagian utama

dalam suatu kontrol suhu adalah: *Controller*, dalam ini akan berupa Thermocontrol, *Control Element* dalam hal ini berupa Heater dan *Measurement* dalam hal ini adalah berupa Sensor Suhu.

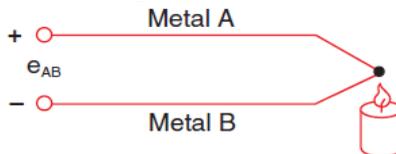
Dalam sebuah sistem kontrol loop tertutup yang otomatis, sensor suhu sering digunakan sebagai sebagai *instrument* untuk mengukur. Kedudukan sensor suhu sebagai komponen umpan balik dapat dilihat pada Gambar berikut.



Gambar 1. Diagram Blok Sistem Kontrol

## 2.2 Thermocouple

Sensor temperatur yang berupa gabungan 2 buah logam dan diantara 2 buah logam ini akan timbul tegangan (Seebeck Voltage) yang berubah dengan perubahan temperatur.

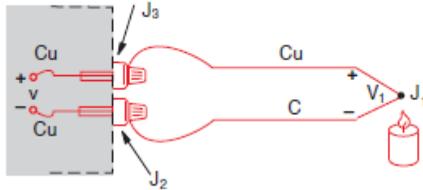


Gambar 2. Prinsip Dasar Thermocouple

$$e_{AB}(T) = \alpha \Delta T \tag{1}$$

$$e_{AB} = \text{Seebeck Voltage} \tag{2}$$

$$\alpha = \text{Seebeck Coefficient} \tag{3}$$



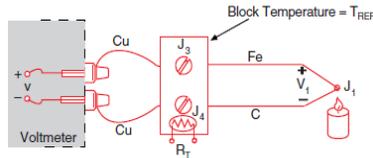
Gambar 3. Prinsip Dasar Thermocouple dengan Sambungan Lain

$$e_{AB}(T) = V = V_1 - V_2 \tag{4}$$

### 2.3 Software Compensation

Karena adanya sambungan yang menyebabkan perbedaan tegangan yang lain itulah perlu adanya kompensasi. Sehingga akan didapatkan pembacaan yang akurat.

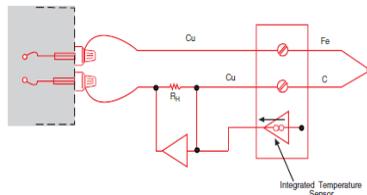
1. Ukur  $R_T$  untuk menemukan  $T_{REF}$ , dan menemukan  $V_{REF}$
2. Mengukur  $V$  dan menambah  $V_{REF}$  untuk menemukan  $V_1$ , mengubah  $V_1$  menjadi  $T_{J1}$



Gambar 4. Prinsip Dasar Thermocouple dengan Kompensasi

### 2.4 Hardware Compensation

Berikut ini kompensasi menggunakan hardware



Gambar 5. Kompensasi Perangkat Keras

## 2.4 Jenis-jenis Thermocouple

Termocouple merupakan sensor temperatur yang bisa digunakan mengukur suhu dengan nilai yang tinggi. sehingga sensor suhu thermocouple ini banyak digunakan untuk industri. Sensor suhu termokopel memiliki nilai output yang kecil dengan noise yang tinggi, sehingga memerlukan rangkain pengkondisi sinyal agar nilai output tersebut dapat dibaca dengan baik.

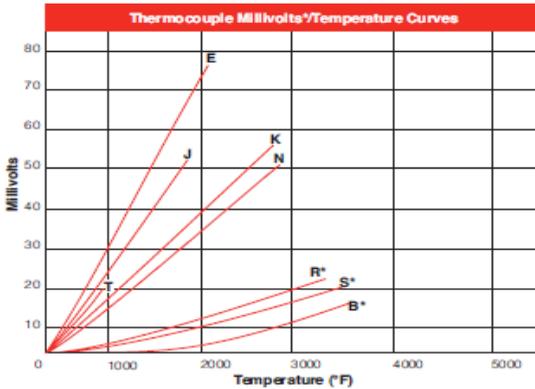
Tabel 1. Macam-macam Thermocouple

Thermocouple Type	Useful/General Application Range
B	1600-3100°F (870-1700°C)
E*	200-1650°F (95-900°C)
J	200-1400°F (95-760°C)
K*	200-2300°F (95-1260°C)
N	200-2300°F (95-1260°C)
R	32-2700°F (0-1480°C)
S	32-2700°F (0-1480°C)
T*	32-660°F (0-350°C)

Dari jenisnya, banyak sekali jenis termocouple yang dapat digunakan, ini disesuaikan dengan kebutuhan, dan harga, diantaranya :

- Tipe B (Campuran Platinum / Rhodium) : dapat mengukur sampai suhu yang sangat tinggi, yaitu 100°C sampai 1800°C. Tapi tidak dpat mngukur suhu dibawah 50°C, karena dibawah temperature itu tidak sensitive. Artinya setelah temperature 50° celcius baru terbaca.
- Tipe E (Campuran Chrome / Constantan) : thermocouple ini digunakan untuk temperature rendah, -270°C sampai +790°C.
- Tipe J (Campuran Iron / Constantan) : thermocouple ini digunakan untuk temperature rendah, -40°C sampai +750°C. Tipe J ini tidak bisa digunakan lebih dari +760°C, hal ini karena akan merusak sensor ini. Tipe ini sekarang jarang sekali digunakan pada aplikasinya.
- Tipe K (Campuran Crome / Alumel) : Sensor tipe ini banyak digunakan, karena harganya murah, peka dan jangkauan temperature yang luas yaitu dari -200°C sampai +1200°C.

- Tipe N (Campuran Nicrosil /Nisil) : Sensor ini akan sangat stabil dan tahan terhadap panas yang tinggi,  $-260^{\circ}\text{C}$  sampai  $+1300^{\circ}\text{C}$ . Akan tetapi tipe N ini kurang peka.
- Tipe R (Campuran Platinum / Rhodium) : Tipe ini kurang sensitif terhadap masukan, tetapi bisa mencapai suhu  $1600^{\circ}\text{C}$ .
- Tipe S (Campuran Platinum / Rhodium) : Sensor ini sangat peka, harganya juga lumayan mahal. Suhu yang diukur antara  $-50^{\circ}\text{C}$  sampai  $1760^{\circ}\text{C}$ .
- Tipe T. Merupakan sensor dengan suhu yang diukur antara  $0^{\circ}\text{C}$  sampai  $350^{\circ}\text{C}$ .



Gambar 6. Karakteristik Thermocouple

### 3. METODE

#### Tujuan Penelitian

- Mengetahui cara pengambilan data karakteristik sensor dengan menggunakan sistem kontrol temperatur sistem loop tertutup TK4S-T4RN.
- Mengambil data karakteristik sensor dan pengambarannya dengan menggunakan MATLAB.
- Didapatkan *transfer function* dari thermocouple dengan perangkat lunak MATLAB.
- Didapatkan nilai *Saturation*, *Sensitivity*, *Offset* dan *Linearity* dari model yang telah dibuat.

- Didapatkan perbandingan kurva linearitas dari berbagai tipe thermocouple.

### **Manfaat Penelitian**

- Manfaat untuk Pengajar

Bagi pengajar, dengan adanya penelitian ini akan memberikan wawasan yang lebih mendalam tentang karakter sensor suhu dari berbagai macam tipe. Selain itu juga akan diketahui bagaimana memanfaatkan sistem kontrol suhu TK4S-T4RN dalam sebuah eksperimen. Lebih lanjut, hasil penelitian ini dapat digunakan dalam penelitian berikutnya.

- Manfaat untuk Mahasiswa

Apabila penelitian ini telah terlaksana dan menghasilkan petunjuk praktikum bagi mahasiswa, maka untuk mahasiswa akan mendapatkan pengetahuan praktis tentang karakter sensor suhu dengan berbagai macam tipe. Selain itu mahasiswa dapat menggunakan sensor suhu untuk keperluan berbagai aplikasi dalam bekerja nantinya. Dengan memberikan tugas dengan cara bersentuhan secara langsung dengan sensor, maka mahasiswa akan lebih percaya diri.

### **Luaran Penelitian**

Modul Praktikum Karakterisasi Sensor Suhu akan dihasilkan dalam penelitian ini. Modul ini terdiri dari:

- Sistem Kontrol Suhu - TK4S-T4RN.
- Rangkaian Penguat
- Sensor Suhu

### **Rangkaian Percobaan**

Dalam penelitian ini, sebuah rangkaian percobaan dibutuhkan. Rangkaian percobaan ini terdiri dari lima komponen utama, yaitu:

- Thermocouple Autonic TK4S-T4RN
- RS-485 Converter
- Perangkat Lunak (DAQ Master dan MATLAB)
- Pemanas (*Heater*)
- Sensor (Thermocouple)

Thermocouple yang ada mempunyai berbagai tipe, antara lain B, E, J, K, N, R, S, dan T. Dalam penelitian ini thermocouple yang digunakan adalah Tipe J, Tipe K dan Tipe S.

Dalam penelitian ini akan dibuat model untuk setiap thermocouple yang ada dengan menggunakan program MATLAB. Dengan model yang diperoleh tersebut akan memberikan hasil fungsi alih dari thermocouple. Fungsi alih tersebut kemudian akan dapat digunakan dalam penggunaan praktis.

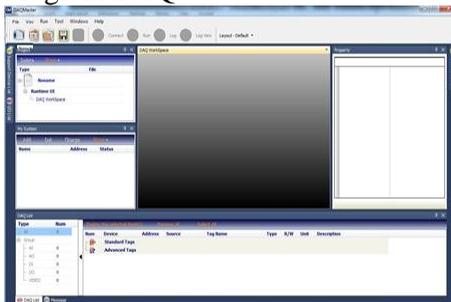


Gambar 7. Sistem Kontrol Suhu dan Pengukuran

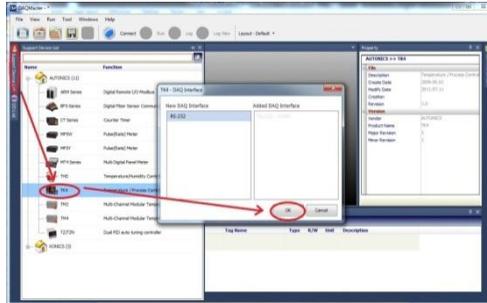
## **4. HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **4.1 Penggunaan Program DAQ**

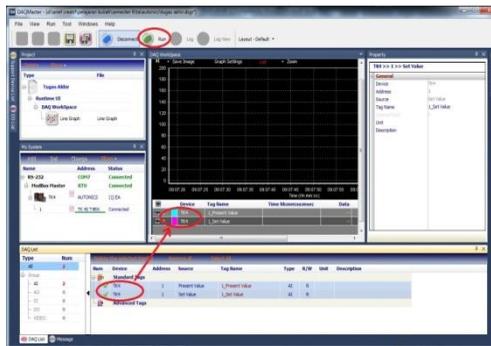
Setelah semua komponen ada dan dirangkai sedemikian rupa sehingga siap digunakan, maka langkah berikutnya adalah menjalankan program DAQ Master, sebagaimana Gambar 8. Setelah menjalankan program DAQ Master, maka perlu dilakukan proses pemilihan Tipe TK4S-T4RN pada Program DAQ seperti Gambar 9. Kemudian Proses Setting dan Menjalankan Program DAQ.



Gambar 8 Proses Menjalankan Program DAQ



Gambar 9. Pemilihan Tipe TK4S-T4RN pada Program DAQ



Gambar 10. Proses Setting dan Menjalankan Program DAQ

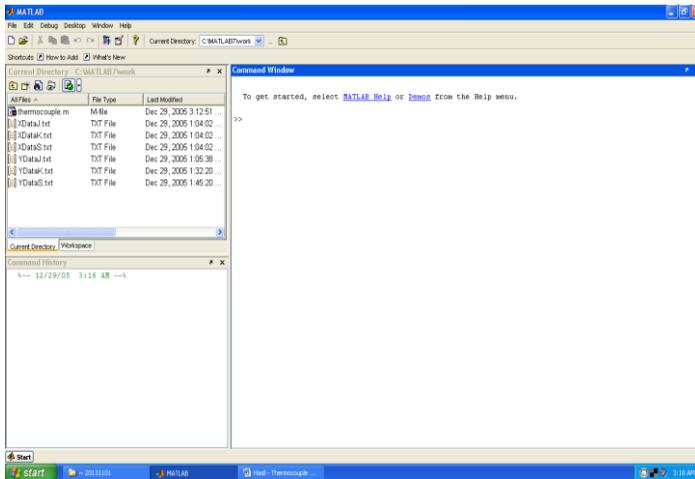
#### 4.2 Penggunaan Program MATLAB

Setelah proses pengukuran dilakukan maka diperoleh data. Tiga tipe sensor, yaitu tipe J, tipe K dan tipe S telah diambil datanya. Setelah data tersebut diperoleh, maka data-data tersebut dibaca oleh program MATLAB. Program tersebut berupa m-file.

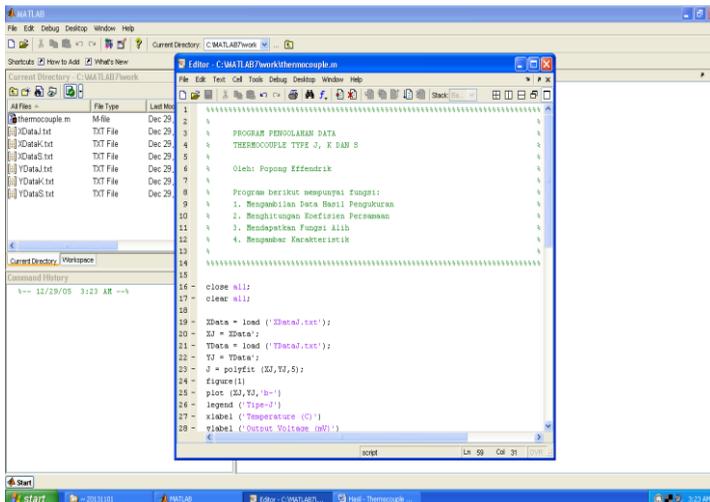
Gambar 11 merupakan gambar awal program MATLAB, setelah program MATLAB ini dibuka, maka kita dapat melakukan pemrograman yang sesuai dengan kebutuhan dengan menggunakan m-file. Sebuah program m-file dapat dibuat dengan membuka menu m-file. Seperti Gambar 12.

Programming MATLAB dengan m-file merupakan program yang mempunyai kelebihan. Program ini dapat melakukan antarmuka dengan program-program lain. Selain itu program ini dapat berhubungan isi suatu file dengan perintah 'load

(‘filename’). Data dari semua tipe sensor akan diambil dari file dengan perintah ini dan kemudian dimasukkan ke MATLAB. Setelah itu dapat dilakukan perintah polyfit di MATLAB (m-file) untuk mendapatkan persamaan garisnya. Setelah itu data dapat digambarkan dengan perintah ‘plot ()’.

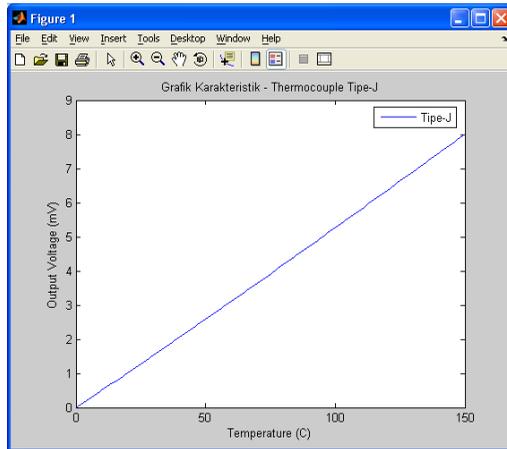


Gambar 11 Program MATLAB



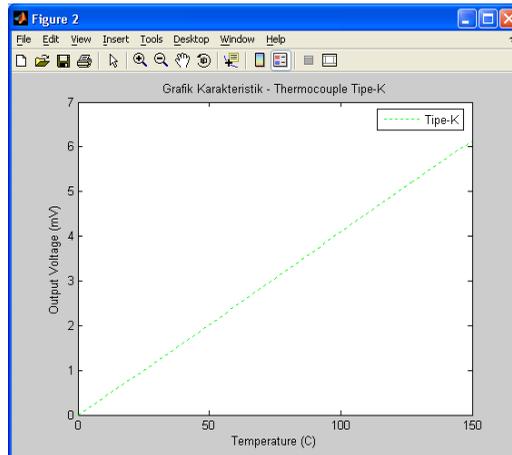
Gambar 12. Program m-file pada MATLAB

### 4.3 Hasil Kharaterisasi Thermocouple Type J, K dan S

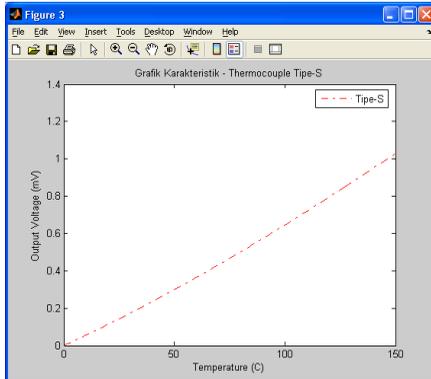


Gambar 13. Grafik Karakteristik Thermocouple Tipe J

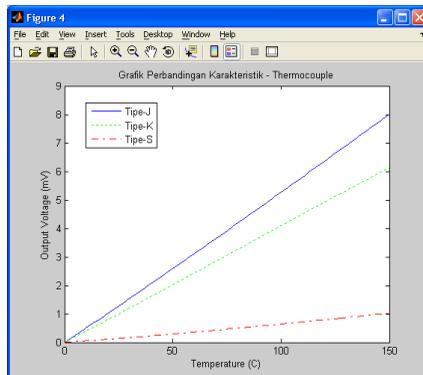
Thermocouple Type J, K, dan S dapat dilihat karakteristiknya dan setiap sensor ada grafik masing-masing dan ada tabel yang membandingkan semua pada sub-bab berikut ini.



Gambar 14. Grafik Karakteristik Thermocouple Tipe K



**Gambar 15. Grafik Karakteristik Thermocouple Tipe S**



**Gambar 16. Grafik Perbandingan Thermocouple Tipe J, K dan S**

$$V_J = -5.42 \times 10^{-8} T^3 + 2.76 \times 10^{-5} T^2 + 0.050469 T - 0.00059721$$

$$V_K = -1.07 \times 10^{-7} T^3 + 2.59 \times 10^{-5} T^2 + 0.039442 T - 0.00018813$$

$$V_S = -1.49 \times 10^{-8} T^3 + 1.17 \times 10^{-5} T^2 + 0.0054308 T - 0.0001807$$

Dari Grafik-grafik di atas, kemudian kita mendapatkan persamaan fungsi alihnya dan dapat menyusun tabel yang membandingkan karekteristik dari tiga thermocouple.

Tabel 2 Perbandingan Thermocouple Tipe J, K dan S

Tipe	Sensitifitas	Offset
J	0.05046	-0.00059721
K	0.039442	-0.00018813
S	0.0054308	-0.0001807

Dari Tabel di atas dapat diambil kesimpulan bahwa sensor yang mempunyai sensitifitas tertinggi adalah Tipe J dan semua sensor mempunyai nilai offset sama dengan nol.

## 5. PENUTUP

Dari penelitian ini diperoleh karakteristik dari sensor-sensor yang ada. Dengan menggunakan program MATLAB, dapat dilakukan ekstraksi dengan mudah karakteristik sensor-sensor tersebut, antara lain: sensitifitas, transfer function dan offset.

Lebih lanjut, perlu adanya karakterisasi untuk tipe sensor-sensor yang lain. Dengan sudah tersedianya *function* di dalam MATLAB untuk proses ekstraksi, seharusnya proses karakterisasi harus dengan mudah dilakukan dan lebih cepat.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- Popong Effendrik. Dasar dan Aplikasi Sistem Kontrol dalam Industri. Politeknik Negeri Malang. 2007.
- Andy Mailani, Arif Prasetyo, Tresna Umar dan Popong Effendrik. Desain dan Analisa Pengaruh Kontroler PID Terhadap Daya Listrik yang Digunakan oleh Sistem Pemanas. Laporan Akhir. Politeknik Negeri Malang. 2013
- Autonics. TK Series User Manual. 2012
- Autonics. DAQ Master User Manual. 2012
- Omega. Thermocouple - Reference Temperatures. 2012
- Watlow. Thermocouples. Sensor Handbook. 2012
- The MathWorks, Inc. *Getting Started with MATLAB*. Natick, MA. 1998.