

IDENTIFIKASI PARAMETER SISTEM PADA PLANT ORDE DENGAN METODE GRADIENT

Larasaty Ekin Dewanta^{*)}, Budi Setiyono, and Sumardi

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto, Tembalang, Semarang, Indonesia

^{*)}Email: larasatyekin@gmail.com

Abstrak

Dalam sistem kontrol diperlukan pengetahuan dan analisis plant yang akan dikendalikan untuk merancang sistem kendalinya. Analisis sebuah sistem akan lebih mudah jika diketahui persamaan model matematisnya. Salah satu cara untuk mengetahui persamaan model matematis adalah menggunakan proses identifikasi sistem. Identifikasi sistem merupakan usaha untuk mendapatkan sebuah informasi berupa model matematis yang didapat dari hasil analisis data masukan dan keluaran plant. Pada penelitian ini dilakukan identifikasi secara online dengan plant simulator yang telah terhubung. Sistem yang diidentifikasi adalah sistem orde 1, orde 2, orde 3, dan orde 4. Metode identifikasi yang digunakan adalah metode Gradient dengan variasi struktur model. Nilai masukan dan keluaran pada plant simulator akan diidentifikasi menggunakan variasi struktur model Auto Regressive (AR), Moving Average (MA), dan Auto Regressive Moving Average (ARMA) untuk mendapatkan hasil nilai MSE terkecil. Berdasarkan hasil identifikasi menggunakan variasi struktur model, didapatkan persamaan model matematis dari setiap plant. Setiap plant memiliki kecenderungan masing-masing terhadap struktur model. Sistem orde 1, 2, 3 seri, 3 feedback, 4 parallel, dan 4 feedback memberikan nilai MSE paling kecil dengan struktur model AR. Sistem orde 3 parallel dan 4 seri nilai MSE paling kecil ketika dikombinasikan dengan struktur model ARMA, dengan laju konvergensi 0,01.

Kata Kunci: Identifikasi, Sistem Orde, Gradient, Interkoneksi sistem.

Abstract

In control system, analysis and knowledge of plant that would be controlled to design the control system is needed. Analysis of a system will be easier if the equation of mathematical model is known. One of many ways to know the equation of mathematical model is to use system identification process. System identification is a way to get information in a form of mathematical model that is come from the result of analysis of input data and the plant output. In this research which had been done identification by online with simulator plant that had been connected. System which had been identified was ordo system 1, ordo system 2, ordo system 3, and ordo system 4. Identification method which was used is Gradient method with variation of model structure. Input value in simulator plant would be identified with variation of Auto Regressive (AR), Moving Average (MA), and Auto Regressive Moving Average (ARMA) model structure to get the value result of the smallest MSE. Based on the identification result using model structure variation, obtained an equation of mathematical model of each plant. Each plant has each inclination toward the model structure. Ordo system 1, 2, series 3, feedback 3, parallel 4, and feedback 4 gave the smallest MSE value with AR model structure. Ordo system parallel 3 and series 4 gave a smallest MSE value when combined with ARMA model structure, with convergent rate at 0.01.

Keyword: Identification, Ordo system, Gradient, Interconnection system

1. Pendahuluan

Dalam sistem kontrol, pengetahuan mengenai *plant* yang akan dikendalikan diperlukan dalam merancang sistem untuk mengetahui model matematisnya. Analisis suatu sistem akan lebih mudah jika diketahui model matematisnya. Untuk mendapatkan model matematisnya, diperlukan adanya proses identifikasi parameter sistem.

Proses ini dilakukan secara *offline* dan juga *online* sebagai proses analisis sistem berupa masukan dan keluaran dari sebuah *plant*.

Proses identifikasi *online* merupakan proses identifikasi yang dilakukan langsung terhubung dengan *plant simulator*. *Plant simulator* dihubungkan dengan PC menggunakan mikrokontroler ATmega 8535 yang sudah

dilengkapi dengan DAC dan ADC, serta menggunakan perangkat lunak Matlab R2013.

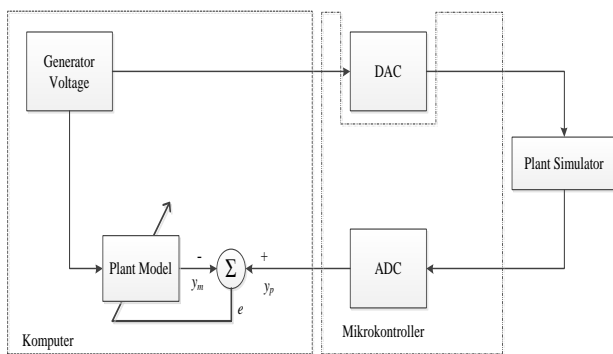
Penelitian mengenai identifikasi sistem ini telah dilakukan sebelumnya baik dengan cara *offline* maupun *online*. Identifikasi sistem secara *offline* telah dilakukan oleh Jody Roostandy [1] dengan metode *Algoritma Genetik*. Sedangkan identifikasi sistem secara *online* dilakukan oleh Nikmah Dwi Indriati [2] dengan metode *Least Mean Square*.

Pada penulisan Tugas Akhir ini akan dilakukan proses identifikasi secara *online* dengan metode *Gradient* dengan mengidentifikasi sistem orde 1, orde 2, orde 3 dan orde 4 yang divariasikan dari interkoneksi sistem. Interkoneksi sistem yang akan digunakan ialah interkoneksi *cascade*, *parallel*, dan *feedback*.

Tujuan pembuatan tugas akhir ini adalah mendapatkan model matematis dengan mencari koefisien parameter dari sistem yang berupa *plant simulator* dengan metode *Gradient*. Koefisien parameter yang dicari ditentukan dengan mencari nilai laju konvergensi dan nilai MSE dari struktur model yang digunakan.

2. Metode

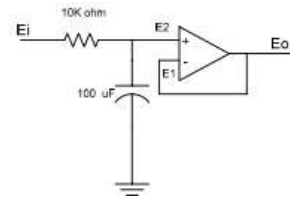
Perancangan sistem pada tugas akhir ini terdiri atas perancangan *plant simulator* dan perancangan identifikasi. Perancangan dilakukan menggunakan *plant* orde dalam bentuk simulasi dengan menggunakan bantuan *software* komputasi dan pemrograman komputer. Perancangan sistem secara keseluruhan ditunjukkan pada blok diagram Gambar 3.1.



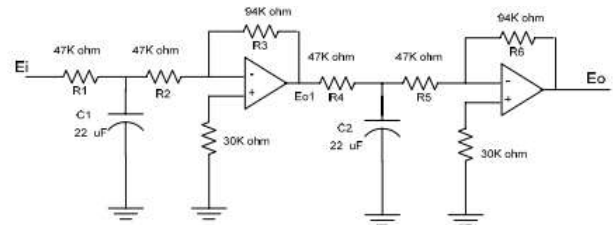
Gambar 1. Blok diagram perancangan sistem secara keseluruhan

2.1. Perancangan Perangkat Keras

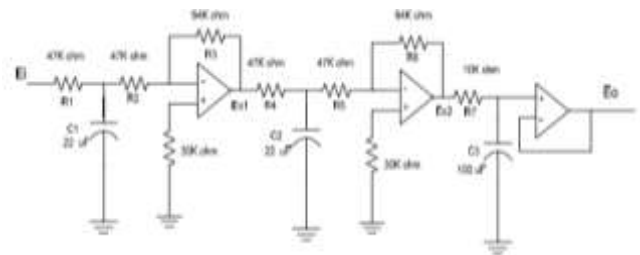
Sistem yang diidentifikasi pada tugas akhir ini adalah *plant simulator* orde 1, orde 2, orde 3, dan orde 4. *Plant simulator* tersebut adalah rangkaian listrik yang terdiri dari komponen resistor dan kapasitor serta komponen aktifnya yaitu penguat operasional (Op-Amp). Berikut gambar rangkaiannya :



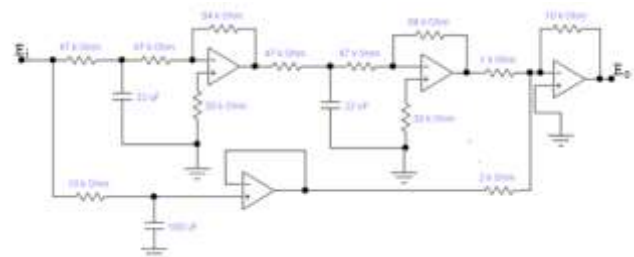
Gambar 2. Rangkaian Op-Amp orde 1



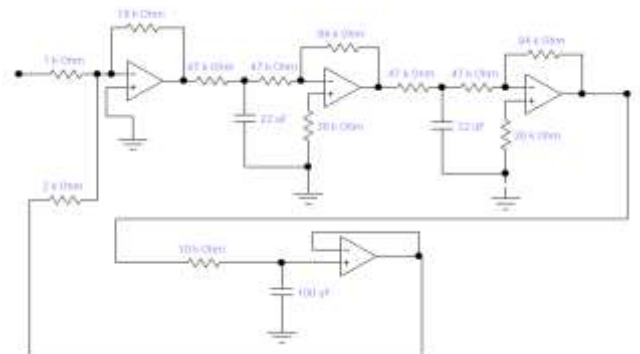
Gambar 3. Rangkaian Op-Amp orde 2



Gambar 4. Rangkaian Op-Amp orde 3, secara seri (*cascade*)



Gambar 5. Rangkaian Op-Amp orde 3, secara parallel



Gambar 6. Rangkaian Op-Amp orde 3, secara feedback

3.1 Identifikasi Plant Simulator Secara Offline dengan Metode Gradient

Pada proses *offline* tidak ada proses pembobotan, sedangkan proses *online* ada proses peng-update-an bobot. Proses perhitungan identifikasi *offline* menggunakan *algoritma Gradient*. Berikut hasil proses identifikasi *offline* yang dilakukan pada *plant* orde 1 sampai orde 4 :

Tabel 1. Persamaan matematis hasil identifikasi offline

Rangkaian Orde	Persamaan Matematis		
	AR	MA	ARMA
Orde 1	$y(k)$ $= 0,1716 x(k)$ $+ 0,0046 y(k - 1)$	$y(k)$ $= 0,1295 x(k)$ $+ 0,0431 x(k - 1)$	$y(k)$ $= 0,5311 x(k)$ $+ 0,1355 x(k - 1)$ $+ 0,0451 y(k)$
Orde 2	$y(k)$ $= 0,7239 x(k)$ $+ 0,0654 y(k - 1)$ $+ 0,0024 y(k - 2)$	$y(k)$ $= 0,6499 x(k)$ $+ 0,1265 x(k - 1)$ $- 0,0093 x(k - 2)$	$y(k)$ $= 0,7889 x(k)$ $+ 0,1883 x(k - 1)$ $- 0,3060 x(k - 2)$ $+ 0,0452 y(k - 1)$ $- 0,1166 y(k - 1)$
Orde 3 Seri	$y(k)$ $= 0,3814 x(k)$ $+ 0,0252 y(k - 1)$ $+ 0,0101 y(k - 2)$ $+ 0,0014 y(k - 3)$	$y(k)$ $= 0,5248 x(k)$ $+ 0,0428 x(k - 1)$ $+ 0,0840 x(k - 2)$ $+ 0,0280 x(k - 3)$	$y(k)$ $= 0,2773 x(k)$ $+ 0,0248 x(k - 1)$ $- 0,0271 x(k - 2)$ $- 0,2702 x(k - 3)$ $+ 0,1998 y(k - 1)$ $- 0,1172 y(k - 1)$ $+ 0,0966 y(k - 2)$
Orde 3 Parallel	$y(k)$ $= 0,5731 x(k)$ $+ 0,0357 y(k - 1)$ $+ 0,0096 y(k - 2)$ $- 0,0005 y(k - 3)$	$y(k)$ $= 0,6546 x(k)$ $+ 0,0145 x(k - 1)$ $+ 0,2963 x(k - 2)$ $+ 0,0998 x(k - 3)$	$y(k)$ $= -0,6428 x(k)$ $- 0,1606 x(k - 1)$ $- 1,2719 x(k - 2)$ $- 0,5044 x(k - 3)$ $- 0,1966 y(k - 1)$ $+ 0,5476 y(k - 1)$ $- 1,9644 y(k - 2)$
Orde 3 Feedback	$y(k)$ $= 0,5367 x(k)$ $+ 0,0433 y(k - 1)$ $+ 0,0123 y(k - 2)$ $- 0,0005 y(k - 3)$	$y(k)$ $= 0,4870 x(k)$ $+ 0,0770 x(k - 1)$ $+ 0,0059 x(k - 2)$ $+ 0,0020 x(k - 3)$	$y(k)$ $= 0,4083 x(k)$ $+ 0,0744 x(k - 1)$ $+ 0,0467 x(k - 2)$ $+ 0,0410 x(k - 3)$ $+ 0,0940 y(k - 1)$ $+ 0,0112 y(k - 1)$ $+ 0,0136 y(k - 2)$

Orde 4 Seri	$y(k)$ $= 1,0225 x(k)$ $+ 0,2916 y(k - 1)$ $+ 0,1607 y(k - 2)$ $+ 0,0471 y(k - 3)$ $+ 0,0004 y(k - 4)$	$y(k)$ $= 0,3712 x(k)$ $+ 0,0487 x(k - 1)$ $+ 0,0366 x(k - 2)$ $+ 0,0266 x(k - 3)$ $+ 0,0184 x(k - 4)$	$y(k)$ $= 0,2125 x(k)$ $+ 0,1512 x(k - 1)$ $+ 0,0967 x(k - 2)$ $+ 0,0545 x(k - 3)$ $+ 0,0265 x(k - 4)$ $+ 0,0049 y(k - 1)$ $+ 0,0019 y(k - 1)$ $+ 0,0007 y(k - 2)$ $+ 0,0002 y(k - 3)$
Orde 4 parallel	$y(k)$ $= 0,2306 x(k)$ $+ 0,0084 y(k - 1)$ $+ 0,0039 y(k - 2)$ $+ 0,0017 y(k - 3)$ $+ 0,0007 y(k - 4)$	$y(k)$ $= 0,3881 x(k)$ $+ 0,1099 x(k - 1)$ $+ 0,0007 x(k - 2)$ $+ 0,2783 x(k - 3)$ $+ 0,0001 x(k - 4)$	$y(k)$ $= 0,1492 x(k)$ $- 0,1290 x(k - 1)$ $- 0,2322 x(k - 2)$ $- 0,1966 x(k - 3)$ $- 0,2169 x(k - 4)$ $+ 0,1179 y(k - 1)$ $- 0,1130 y(k - 1)$ $- 0,0691 y(k - 2)$ $- 0,1105 y(k - 3)$
Orde 4 Feedback	$y(k)$ $= 0,3567 x(k)$ $+ 0,0235 y(k - 1)$ $+ 0,0100 y(k - 2)$ $+ 0,0037 y(k - 3)$ $+ 0,0003 y(k - 4)$	$y(k)$ $= 0,1915 x(k)$ $+ 0,0642 x(k - 1)$ $- 0,0015 x(k - 2)$ $- 0,0036 x(k - 3)$ $- 0,0026 x(k - 4)$	$y(k)$ $= 0,1906 x(k)$ $+ 0,0633 x(k - 1)$ $- 0,0024 x(k - 2)$ $- 0,0045 x(k - 3)$ $- 0,0036 x(k - 4)$ $- 0,0011 y(k - 1)$ $- 0,0009 y(k - 1)$ $- 0,0013 y(k - 2)$ $- 0,0006 y(k - 3)$

3.2. Identifikasi Plant Simulator Secara Online dengan Variasi Struktur Model

Proses identifikasi dengan metode *Gradient* ini akan digunakan melalui tahap *online*. Variasi pengujian pada tahap ini berupa variasi struktur model, dimana struktur model yang digunakan adalah struktur model *Auto Regressive (AR)*, *Moving Average (MA)*, dan *Auto Regressive Moving Average (ARMA)*.

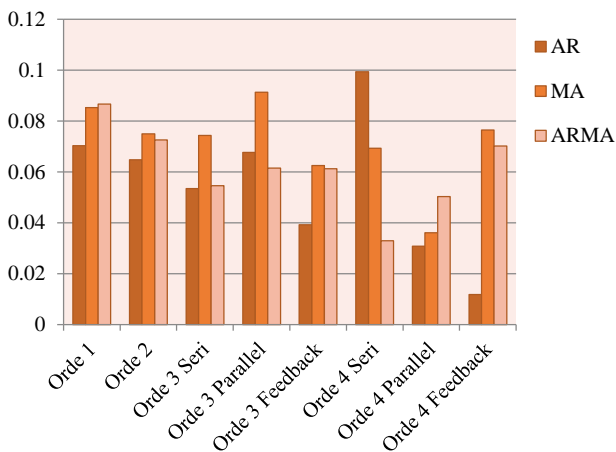
Tabel 2. Persamaan matematis hasil identifikasi online

Rangkaian Orde	Persamaan Matematis		
	AR	MA	ARMA
Orde 1	$y(k)$ = 0,9006 $x(k)$ + 0,0352 $y(k-1)$	$y(k)$ = 0,8938 $x(k)$ + 0,0396 $x(k-1)$	$y(k)$ = 0,8964 $x(k)$ + 0,0326 $x(k-1)$ + 0,0046 $y(k)$
Orde 2	$y(k)$ = 0,7917 $x(k)$ + 0,0290 $y(k-1)$ - 0,0042 $y(k-2)$	$y(k)$ = 0,8086 $x(k)$ - 0,0037 $x(k-1)$ - 0,0005 $x(k-2)$	$y(k)$ = 0,7580 $x(k)$ + 0,0549 $x(k-1)$ - 0,0547 $x(k-2)$ + 0,1810 $y(k)$ - 0,0856 $y(k-1)$
Orde 3 Seri	$y(k)$ = 0,7793 $x(k)$ + 0,0727 $y(k-1)$ - 0,0002 $y(k-2)$ - 0,0011 $y(k-3)$	$y(k)$ = 0,7814 $x(k)$ - 0,0383 $x(k-1)$ - 0,0102 $x(k-2)$ + 0,0098 $x(k-3)$	$y(k)$ = 0,0527 $x(k)$ - 0,5037 $x(k-1)$ - 0,5225 $x(k-2)$ - 0,5771 $x(k-3)$ + 0,8766 $y(k)$ - 0,1610 $y(k-1)$ - 0,4717 $y(k-2)$
Orde 3 Paralel	$y(k)$ = 0,8483 $x(k)$ + 0,0183 $y(k-1)$ - 0,0022 $y(k-2)$ + 0,0007 $y(k-3)$	$y(k)$ = 0,8953 $x(k)$ - 0,0184 $x(k-1)$ - 0,0372 $x(k-2)$ + 0,0071 $x(k-3)$	$y(k)$ = 0,0275 $x(k)$ + 0,0275 $x(k-1)$ + 0,0275 $x(k-2)$ + 0,0275 $x(k-3)$ + 0,9543 $y(k)$ - 0,3452 $y(k-1)$ - 0,3219 $y(k-2)$
Orde 3 Feedback	$y(k)$ = 0,5955 $x(k)$ + 0,0097 $y(k-1)$ - 0,0006 $y(k-2)$ - 0,0017 $y(k-3)$	$y(k)$ = 0,6579 $x(k)$ - 0,0323 $x(k-1)$ - 0,0010 $x(k-2)$ + 0,0002 $x(k-3)$	$y(k)$ = 0,7356 $x(k)$ - 0,0071 $x(k-1)$ - 0,0252 $x(k-2)$ - 0,2598 $x(k-3)$ + 0,7767 $y(k)$ + 0,0144 $y(k-1)$ - 0,0820 $y(k-2)$
Orde 4 Seri	$y(k)$ = 1,6649 $x(k)$ + 0,2326 $y(k-1)$ - 0,0391 $y(k-2)$ - 0,0069 $y(k-3)$ + 0,0023 $y(k-4)$	$y(k)$ = 1,6612 $x(k)$ - 0,2371 $x(k-1)$ - 0,0403 $x(k-2)$ - 0,0150 $x(k-3)$ - 0,0088 $x(k-4)$	$y(k)$ = 1,5224 $x(k)$ + 0,4769 $x(k-1)$ + 0,0893 $x(k-2)$ - 0,0108 $x(k-3)$ - 0,0094 $x(k-4)$ - 0,0089 $y(k)$ - 0,0021 $y(k-1)$ - 0,0004 $y(k-2)$ - 0,0008 $y(k-3)$
Orde 4 paralel	$y(k)$ = 0,4789 $x(k)$ + 0,0149 $y(k-1)$ - 0,0003 $y(k-2)$ - 0,0005 $y(k-3)$ + 0,0001 $y(k-4)$	$y(k)$ = 0,0065 $x(k)$ + 1,0935 $x(k-1)$ + 0,5978 $x(k-2)$ + 0,8870 $x(k-3)$ + 1,1735 $x(k-4)$	$y(k)$ = 0,1432 $x(k)$ - 0,3696 $x(k-1)$ - 0,4725 $x(k-2)$ - 0,1610 $x(k-3)$ + 0,4272 $x(k-4)$ + 1,2876 $y(k)$ + 0,8156 $y(k-1)$ + 0,1097 $y(k-2)$ + 1,1460 $y(k-3)$
Orde 4 Feedback	$y(k)$ = 0,5955 $x(k)$ + 0,0097 $y(k-1)$ - 0,0006 $y(k-2)$ - 0,0017 $y(k-3)$ - 0,0018 $y(k-4)$	$y(k)$ = 0,2727 $x(k)$ - 0,0886 $x(k-1)$ - 0,2084 $x(k-2)$ - 0,3510 $x(k-3)$ - 0,5113 $x(k-4)$	$y(k)$ = 0,7034 $x(k)$ + 0,5514 $x(k-1)$ + 0,6947 $x(k-2)$ + 0,6560 $x(k-3)$ + 0,4258 $x(k-4)$ + 0,7764 $y(k)$ - 0,3440 $y(k-1)$ + 0,0757 $y(k-2)$ - 0,0615 $y(k-3)$

3.3. Perbandingan Hasil Identifikasi

Ditinjau dari persamaan matematis yang didapat dari proses identifikasi terdapat sedikit perbedaan antara nilai akhir a dan b dari identifikasi *offline* dan *online*. Perbedaan nilai tersebut dikarenakan pada proses *online* melalui proses *peng-update*-an bobot, sehingga semakin banyak iterasi yang dilakukan pada proses identifikasi maka nilai a dan b akan berubah pula.

Dari proses perhitungan yang telah dilakukan di atas dapat dibandingkan nilai MSE antara ketiga struktur model tersebut pada setiap orde. Pada Gambar 4.25 ini telah tersaji perbandingan nilai MSE, terlihat bahwa pada *plant* orde 1, orde 2, orde 3 seri, orde 3 *feedback*, orde 4 *parallel*, dan orde 4 *feedback* struktur model AR memiliki nilai MSE yang lebih kecil dibandingkan dengan nilai MSE dari struktur model MA dan ARMA. Sedangkan untuk *plant* orde 3 *parallel* dan orde 4 seri nilai MSE dari struktur model ARMA memiliki nilai paling kecil.



Gambar 11. Perbandingan nilai MSE

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, didapatkan beberapa kesimpulan yaitu :

1. *Plant* orde 1, orde 2, orde 3 seri, orde 3 *feedback*, orde 4 *parallel*, dan orde 4 *feedback* memiliki nilai MSE terkecil ketika dikombinasikan dengan struktur model AR
2. *Plant* orde 3 *parallel* dan orde 4 seri paling tepat jika dikombinasikan dengan struktur model ARMA dengan nilai MSE 0,0615 dan 0,0329.
3. Nilai laju konvergensi yang paling baik untuk semua *plant* yang telah diuji pada tugas akhir ini ialah 0,01.
4. Persamaan matematis model yang didapat pada tugas akhir ini sudah sesuai dengan persamaan matematis *plant* sebenarnya dengan nilai *error* untuk orde 1 0,0153, orde 2 0,0759, dan orde 3 0,0321.

Referensi

- [1]. Roostandy, Jody. *Pengidentifikasian Parameter Fungsi Alih Sistem Pada Plant Simulasi Orde Tiga dan Empat Dengan Metode Algoritma Genetik*. Laporan Tugas Akhir Teknik Elektro Undip, 2003.
- [2]. Indriati, Nikmah Dwi. *Identifikasi Parameter Sistem pada Plant Simulator secara On-Line*. Laporan Tugas Akhir Teknik Elektro Undip, 2004.
- [3]. Hariyono A. Tjokronegoro : *Identifikasi Parameter Sistem*, Jurusan Teknik Fisika, Institut Teknologi Bandung, 1996.
- [4]. Budi, Teguh. *Identifikasi Sistem Plant Suhu dengan Metode Recursive Least Square*. Jurnal EECCIS Vol.6, No. 1, 2012.
- [5]. Rusdianto. *Pemodelan Sistem Melalui Identifikasi Parameter*. Pelatihan PC Based Control
- [6]. Perdana, Pramudya Nur. *Operatinal Amplifier (Op-Amp)*. 13 Januari 2013. (Diakses tanggal 16 Juli 2014) <http://jendeladenngabei.blogspot.com/2013/01/operational-amplifier-op-amp.html>
- [7]. Ogata, Katsuhiko. *Teknik Kontrol Automatik*. Erlangga. 1995.
- [8]. Iriawan, Feriza A. *Buku Pintar Pemograman MATLAB*. MediaKom. 2012.
- [9]. Sumardi. *Mikrokontroller Belajar AVR Mulai dari Nol*. 2013. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [10]. Manual DT-I/O DAC-08. Innovative Electronics. 2005.
- [11]. Fansuri, Aldo. ADC pada Mikrokontroller ATmega8535. 12 Januari 2012. (Diakses tanggal 28 Juni 2014).
- [12]. Ramdhani, Mohamad. *Rangkaian Listrik*. 2008. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- [13]. Budiharto, Widodo. *Aneka Proyek Mikrokontroller*. 2011. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [14]. Sugiharto, Arie. *Pemograman GUI dengan Matlab*. ANDI.2006