

IDENTIFIKASI PARAMETER SISTEM PADA PLANT SIMULATOR SECARA *ON-LINE*

Oleh : Nikmah Dwi Indriati – L2F 302 510

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

Jl. Prof. H. Sudarto, S.H Tembalang, Semarang

E-mail : indrie_d2002@yahoo.com

Abstrak – Identifikasi sistem didefinisikan sebagai usaha untuk merekonstruksi model parameter plant melalui eksperimental dengan menggunakan data yang berasal dari masukan dan keluaran. Proses identifikasi suatu sistem pada plant dapat dilakukan dengan cara *on-line* atau langsung terhubung secara langsung dengan plant. Hasil yang diperoleh dari program ini adalah di dapatkan nilai parameter dalam bentuk model matematik. Beda antara keluaran plant nyata dan plant model disebut dengan error. Nilai error digunakan untuk perhitungan pada algoritma LMS yaitu untuk meng-update parameter pada plant model. Metode perhitungan yang digunakan dalam Tugas Akhir ini menggunakan metode IIR LMS dan perangkat lunak (software) yang diprogram dengan menggunakan Delphi 6.0 Pada pengujian orde satu dihasilkan nilai parameter $a_1=0.704$ dan $b_1=0.231$ dan nilai errornya adalah 0.039 Untuk pengujian orde dua dihasilkan nilai parameter $a_1=0.967$ $a_2=0.393$ dan $b_1=0.1235$ $b_2=0.1614$ dan nilai errornya adalah 0.041 Untuk pengujian orde tiga dihasilkan nilai parameter $a_1=0.2037$ $a_2=0.2571$ $a_3=0.2489$ dan $b_1=0.0936$ $b_2=0.0867$ $b_3=0.0867$ dan nilai errornya adalah 0.0328 pengujian dilakukan dengan waktu iterasi 200 milisecond.

I. PENDAHULUAN

Dalam sistem kontrol, pengetahuan plant yang akan dikendalikan diperlukan untuk merancang sistem kendalinya. Analisis atas suatu sistem (atau sinyal) akan lebih mudah jika diketahui model matematik-parametrik sistem yang bersangkutan. Untuk itu perlu dilakukan identifikasi parameter sistem. Identifikasi sistem didefinisikan sebagai usaha untuk merekonstruksi model parameter plant melalui eksperimental dengan menggunakan data yang berasal dari masukan dan keluaran. Proses identifikasi suatu sistem pada plant dapat dilakukan dengan *real time* atau langsung terhubung ke *plant* secara *on-line* maupun *off-line*.

Penelitian sebelumnya mengenai identifikasi parameter sistem secara *off-line* telah dilakukan oleh Jody Roostandy^[8] dengan menggunakan metode algoritma genetik. Pada penulisan Tugas Akhir ini penulis akan menguraikan mengenai pengidentifikasian sistem yang dilakukan secara *on-line*. Plant sistem yang digunakan sebagai alat uji adalah berupa plant simulator orde 1, orde 2 dan orde 3 dan plant model yang dirancang adalah plant orde 1, orde 2 dan orde 3. Metode yang digunakan dalam Tugas Akhir ini menggunakan algoritma *least mean square* (LMS) dengan filter adaptif IIR.

1.1 Tujuan Tugas Akhir

Tujuan yang ingin dicapai pada tugas akhir ini adalah untuk mencari nilai parameter dari suatu sistem yang berupa plant simulator yang dilakukan secara *on-line* (*Real Time*).

1.2 Batasan Masalah

Dalam pembuatan tugas akhir ini, untuk mengatasi permasalahan yang ada maka penyusun membatasi permasalahan sebagai berikut :

1. Sistem plant yang digunakan untuk pengujian merupakan plant simulator dengan tegangan keluaran maksimal 5 volt.
2. Pengujian dibatasi pada plant yang mempunyai 1 masukan dan 1 keluaran (single input single output = SISO).
3. Pembuatan program dibantu dengan bantuan Delphi 6.0 dan perangkat antar muka (*interface Card*) PPI card 8255, ADC & DAC 8 bit.
4. Tidak membahas masalah *Hardware*.
5. Algoritma pembaharuan data menggunakan metode IIR LMS.

II. DASAR TEORI

2.1 Model Matematika Sistem Dinamik

Model matematika dari sistem dinamik didefinisikan sebagai suatu set persamaan matematis yang mempresentasikan dinamika suatu sistem secara akurat atau paling tidak mendekati karakteristik sistem dinamik tersebut. Sebagai langkah awal dalam menganalisis sistem dinamik adalah dengan menurunkan model matematikanya. Model matematik setiap sistem akan berbeda-beda, hal itu tergantung dari komponen-komponen sistem.

2.2 Konsep Identifikasi Sistem

Identifikasi sistem didefinisikan sebagai usaha merekonstruksi model parametrik *plant* lewat usaha eksperimental dengan menggunakan data yang berasal dari masukan dan keluaran. Dan selanjutnya diakhiri dengan proses estimasi yang akan memberikan parameter optimal yang lebih menjelaskan tentang sistem yang akan dikenali. Dengan kata lain proses pengidentifikasian suatu sistem merupakan gabungan dari dua usaha, yaitu usaha pembentukan model matematik serta pengestimasi nilai parameter yang optimal lewat langkah-langkah eksperimental. Sedangkan model matematik yang berisi parameter dapat disebut dengan pendeskripsian parametrik dari *plant*.

Metode yang sering digunakan untuk memperkirakan (mengestimasi) dari nilai parameter model sistem adalah dengan teknik parametrik. Pada teknik ini nilai parameter dari suatu sistem dapat diperoleh secara langsung dan merupakan solusi yang tepat terutama jika terkait dengan pekerjaan sintesa *on-line* atau *real-time*. Hal yang berkenaan dengan identifikasi parametrik diantaranya adalah:

1. struktur model dan orde sistem
2. parameter polinomial input dan output
3. delay time
4. karakteristik serta dinamik nois (gangguan)

2.2.1 Algoritma LMS

Algoritma LMS sering digunakan karena pada algoritma ini sangat sederhana dalam perhitungan. Salah satu algoritma adaptif yang sering digunakan adalah algoritma LMS (*Least Mean Square*). Seperti pada algoritma adaptif, masalah utama pada algoritma LMS adalah konvergen dengan solusi vector bobot optimum, dimana $E[e_k^2]$ diminimalkan. Untuk memeriksa konvergensi LMS, mula-mula perhatikan bahwa perkiraan gradient pada :

$$\hat{\nabla}_k = \begin{bmatrix} \frac{\partial e_k^2}{\partial w_0} \\ \cdot \\ \cdot \\ \frac{\partial e_k^2}{\partial w_L} \end{bmatrix} = 2e_k \begin{bmatrix} \frac{\partial e_k^2}{\partial w_0} \\ \cdot \\ \cdot \\ \frac{\partial e_k^2}{\partial w_L} \end{bmatrix} = -2e_k X_k \quad (2.1)$$

persamaan algoritma LMS untuk meng-update parameternya adalah:

$$w_{k+1} = w_k + 2\mu e_k X_k \quad (2.2)$$

2.2.2 Filter Adaptive Recursive IIR

Identifikasi teknik parametrik di bagi menjadi dua yaitu non-rekursif dan rekursif. Prosedur estimasi rekursif dilakukan dengan konsep sebagai berikut :

$$\theta(t+1) = \theta(t) + \gamma f(\varphi(t-1), \varepsilon(t)) \quad (2.3)$$

Terlihat bahwa hasil estimasi pada suatu saat diperoleh dari hasil estimasi saat sebelumnya dengan faktor koreksi. Pada estimasi rekursif tidak lagi banyak memori yang diperlukan, disamping waktu komputasi yang jauh lebih cepat dan relatif tetap. Pada estimasi *non-rekursif* sangat tidak efisien jika direalisasikan dalam bentuk algoritma komputer *real-time*, mengingat keperluan memori yang membesar disamping waktu komputasi yang dapat sangat panjang. Untuk mencari faktor koreksi $f(\varphi(t-1), \varepsilon(t))$ terdapat sejumlah metode serta algoritma estimasi parameter maupun strategi adaptasi (koreksi) parameter. Pada tugas akhir ini digunakan algoritma IIR LMS.

Hubungan antara input-output pada filter IIR (*Infinite Impulse Response*) adalah sebagai berikut [12]:

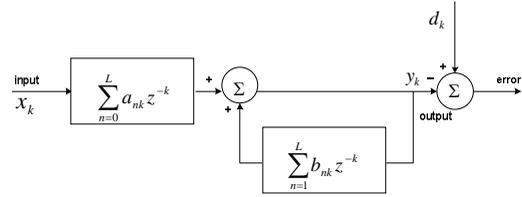
$$y(k) = \sum_{n=0}^L a_n x_{(k-n)} + \sum_{n=1}^L b_n y_{(k-n)} \quad (2.4)$$

$$W_k = [a_{0k} \ a_{1k} \ \dots \ a_{Lk} \ b_{1k} \ b_{2k} \ \dots \ b_{Lk}]^T \quad (2.5)$$

$$U_k = [x_k \ x_{k-1} \ \dots \ x_{k-L} \ y_{k-1} \ y_{k-2} \ \dots \ y_{k-L}] \quad (2.6)$$

$$e_k = d_k - y_k \quad (2.7)$$

$$y_k = W_k^T U_k \quad (2.8)$$



Gambar 2.11 Filter adaptif rekursif

$$y_k = W_k^T U_k \quad (2.9)$$

Seperti pada algoritma adaptif, masalah utama pada algoritma LMS adalah konvergen dengan solusi vector bobot optimum, dimana $E[e_k^2]$ diminimalkan. Untuk memeriksa konvergensi LMS, mula-mula perhatikan bahwa perkiraan gradient pada keterangan sebelumnya :

$$\begin{aligned} \hat{\nabla}_k &= \frac{\partial e^2}{\partial W_k} = 2e \frac{\partial e}{\partial W_k} \\ &= -2e_k \left[\frac{\partial y_k}{\partial a_{0k}} \ \dots \ \frac{\partial y_k}{\partial a_{Lk}} \ \frac{\partial y_k}{\partial b_{1k}} \ \dots \ \frac{\partial y_k}{\partial b_{Lk}} \right]^T \end{aligned} \quad (2.10)$$

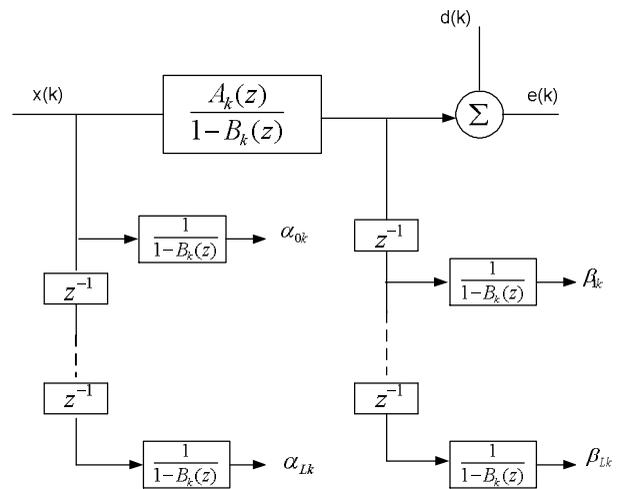
karena pada persamaan (2.44) adalah sistem rekursif maka untuk nilai :

$$\begin{aligned} \alpha_{nk} &\equiv \frac{\partial y_k}{\partial a_{1k}} = x_{k-n} + \sum_{l=1}^L b_l \frac{\partial y_{k-1}}{\partial a_n} \\ &= x_{k-n} + \sum_{l=1}^L b_l \alpha_{n,k-1} \quad 0 \leq n \leq L \end{aligned} \quad (2.46)$$

$$\begin{aligned} \beta_{nk} &\equiv \frac{\partial y_k}{\partial b_{1k}} = y_{k-n} + \sum_{l=1}^L b_l \frac{\partial y_{k-1}}{\partial b_n} \\ &= y_{k-n} + \sum_{l=1}^L b_l \beta_{n,k-1} \quad 1 \leq n \leq L \end{aligned} \quad (2.11)$$

Penggambaran untuk nilai α_{nk} dan β_{nk} ditunjukkan pada gambar (2.12) dengan

$$A_k(z) = \sum_{l=0}^L a_{lk} z^{-k} \text{ dan } B_k(z) = \sum_{l=1}^L b_{lk} z^{-k} \quad (2.12)$$



Gambar 2.12 Model IIR LMS [12]

Prosedur estimasi IIR LMS dilakukan dengan konsep sebagai berikut :

$$W_{k+1} = W_k - M \hat{\nabla}_k \quad (2.13)$$

Terlihat bahwa hasil estimasi vector bobot pada suatu saat diperoleh dari hasil estimasi vector bobot saat sebelumnya dengan factor koreksi. Faktor koreksi disini terdiri dari estimasi gradient (\hat{V}_k) dan laju konvergensi (M). Untuk menghitung estimasi gradien digunakan perumusan :

$$\hat{V}_k = -2 (d_k - y_k) [\alpha_{0k} \alpha_{1k} \dots \alpha_{Lk} \beta_{1k} \beta_{2k} \dots \beta_{Lk}]^T \quad (2.14)$$

Sedang untuk menghitung laju konvergensi mencakup pengambilan ukuran langkah μ dan ν . Persamaan laju konvergensi adalah :

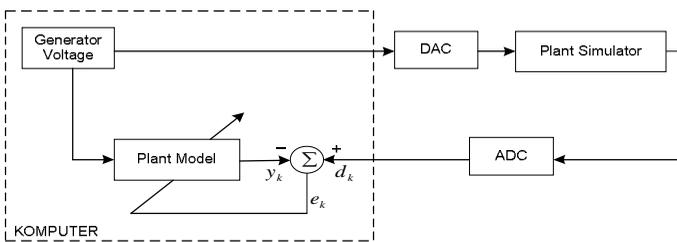
$$M = \text{diag}[\mu \dots \mu \nu_1 \dots \nu_L] \quad (2.15)$$

III. PERANCANGAN

3.1 Perangkat Keras

Perangkat keras yang digunakan dalam pengujian ini terdiri atas:

1. Interface Card (PPI 8255)
2. Digital to Analog Converter (DAC 0808)
3. Analog to Digital Converter (ADC 0804)
4. Unit Catu Daya
5. Rangkaian Plant Simulator
6. Komputer



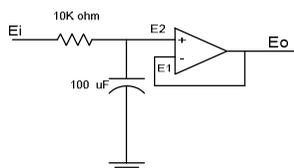
Gambar 3.1 Blok Diagram Perangkat Pengujian

3.1 Rangkaian Plant Simulator

Plant yang digunakan dalam pengujian ini terdiri dari plant simulator orde 1, orde 2 dan orde 3. Plant simulator yang digunakan dalam perancangan ini merupakan plant simulasi yang dikembangkan berdasarkan rangkaian elektronik dengan fungsi alih berorde satu, orde dua dan orde tiga yang terdiri dari komponen resistor dan kapasitor serta komponen aktifnya yaitu penguat operasional (Op-amp).

Plant Simulator Orde 1

Plant simulator orde 1 yang digunakan pada pengujian tugas akhir ini terbentuk dari rangkaian seperti terlihat pada gambar 3.2



Gambar 3.2 Plant Simulator Orde Dua ^[11]

Dengan $R = 10K$ Ohm dan $C = 100 \mu F$ akan didapatkan fungsi alihnya adalah:

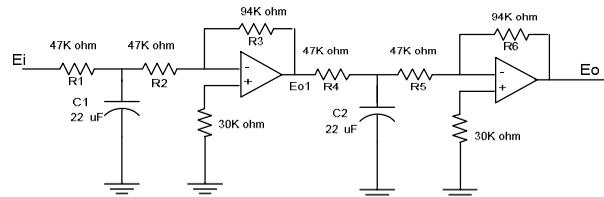
$$G(s) = \frac{1}{s + 1}$$

Transfer function dalam kawasan z dengan waktu cuplik = 1ms adalah

$$G(z) = \frac{0.6321}{z - 0.3679}$$

Plant Simulator Orde 2

Plant simulator orde 2 yang digunakan pada pengujian tugas akhir ini terbentuk dari rangkaian seperti terlihat pada gambar 3.3



Gambar 3.3 Plant Simulator Orde Dua ^[11]

Dengan:

$$R1, R2, R4, R5 = 47 \text{ K Ohm}$$

$$R3, R6 = 94 \text{ K Ohm}$$

$$C1, C2 = 22 \mu F$$

akan didapatkan fungsi alihnya adalah:

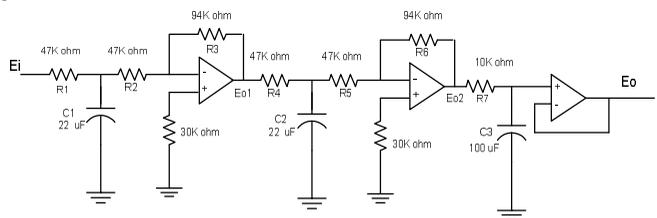
$$G(s) = \frac{Eo(s)}{Ei(s)} = \frac{4}{1.069s^2 + 2.068s + 1}$$

Transfer function dalam kawasan z dengan waktu cuplik = 1ms adalah

$$G(z) = \frac{1.009z + 0.5282}{z^2 - 0.7604z + 0.1446}$$

Plant Simulator Orde 3

Plant simulator orde 3 yang digunakan pada pengujian tugas akhir ini terbentuk dari rangkaian seperti terlihat pada gambar 3.4



Gambar 3.4 Plant Simulator Orde Tiga ^[11]

3.2 Perangkat Lunak

3.2.1 Plant Model

Plant model yang akan digunakan untuk pengujian pengidentifikasi adalah plant dengan fungsi alih model *proper*. Model *proper* adalah fungsi alih yang orde pembilangnya lebih kecil dibanding orde penyebutnya. Persamaan fungsi alih dari system yang dimodelkan untuk diidentifikasi merupakan fungsi alih dalam z.

a. Plant Model Orde 1

$$G(z) = \frac{a_1}{z - b_1}$$

b. Plant Model Orde 2

$$G(z) = \frac{a_1 z + a_2}{z^2 - b_1 z - b_2}$$

c. Plant Model Orde 3

$$G(z) = \frac{a_1 z^2 + a_2 z + a_3}{z^3 - b_1 z^2 - b_2 z - b_3}$$

3.2.2 Data Masukan (x_k)

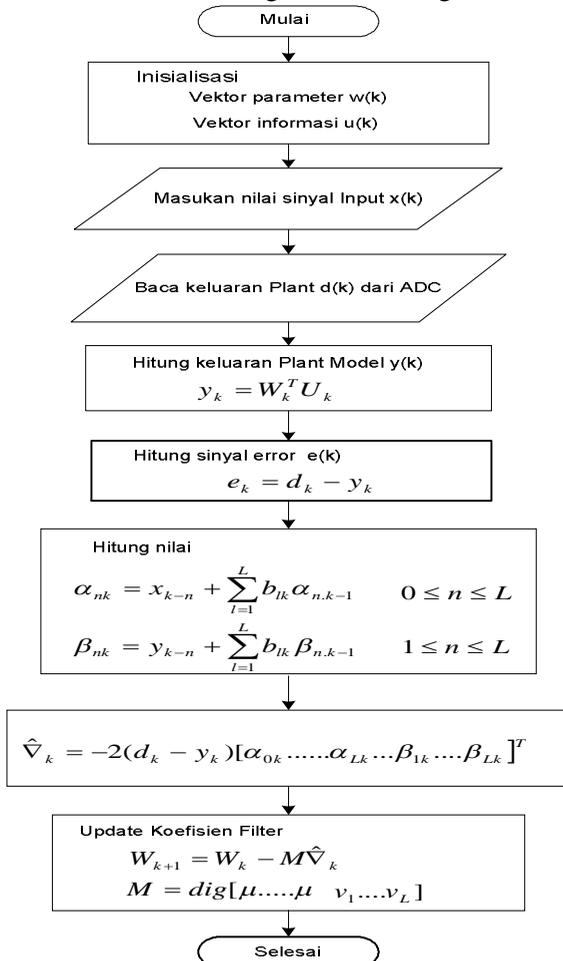
Pada pengujian ini, tegangan yang digunakan untuk pengujian dimasukkan ke plant simulator dan plant model melalui PC (*Personal Computer*). Tegangan yang akan masuk ke plant simulator disampling pada tiap periode sampling dan pada tiap waktu itulah keluaran output diperbaharui. Data yang akan masuk ke plant simulator (pada *Hardware*) harus melewati DAC terlebih dahulu

3.2.3 Data Keluaran

Terdapat dua macam data keluaran, yaitu data keluaran dari plant simulator (d_k) dan data keluaran dari plant model (y_k). Data yang keluar dari plant simulator adalah langsung dari pembacaan ADC

3.2.4 Prosedur Algoritma IIR LMS

Berikut ini adalah langkah-langkah perhitungan yang dilakukan dalam Identifikasi parameter sistem yang dilakukan secara *on-line* dengan metode Algoritma IIR LMS



Gambar 3.5 Daigram alir perhitungan algoritma IIR LMS

Sebagai contoh perhitungan untuk sistem orde satu adalah :

$$\text{Usulan model orde satu } G(z) = \frac{a_1}{z - b_1}$$

$$G(z) = \frac{y(z)}{x(z)} = \frac{a_1 z^{-1}}{1 - b_1 z^{-1}}$$

$$y(z) = b_1 z^{-1} y(z) + a_1 z^{-1} x(z)$$

Langkah-langkah dalam proses Identifikasi Parameter dengan Metode IIR LMS adalah :

1. Langkah awal yang yang perlu dilakukan adalah menginisialisasi kondisi awal, meliputi :

$$a_1[k] = 0 \quad b_1[k] = 0$$

$$x[k-1] = 0 \quad y[k-1] = 0$$

$$\alpha_{1[k-1]} = 0 \quad \beta_{1[k-1]} = 0$$

2. Membaca Informasi output (d_k) dan input sistem (x_k)

3. Menghitung keluaran dari plant model

$$y_k = W_k^T U_k$$

$$y(k) = b_1 y(k-1) + a_1 x(k-1)$$

4. Menghitung nilai α dan nilai β

$$\alpha_{1(k)} = x_{(k-1)} + b_{1(k)} \alpha_{1(k-1)}$$

$$\beta_{1(k)} = y_{(k-1)} + b_{1(k)} \beta_{1(k-1)}$$

5. Menghitung nilai error

$$e_k = d_k - y_k$$

6. Menghitung estimasi gradient $\hat{\nabla}$

$$\hat{\nabla}_k = -2 e_k [\alpha_{1(k)} \quad \beta_{1(k)}]^T$$

$$M = [\mu_1 \quad v_1]$$

7. Update bobot

$$a_1^{new} = a_1^{old} + 2 \mu_1 e_k \alpha_{1(k)}$$

$$b_1^{new} = b_1^{old} + 2 v_1 e_k \beta_{1(k)}$$

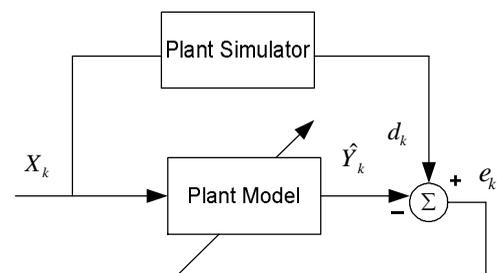
3.3 Software Pendukung

Software (perangkat lunak) yang digunakan diprogram dengan menggunakan bahasa pemrograman Borland Delphi 6.0 dan kombinasi dengan bahasa Assembler 8088. Program ini terdiri atas 6 buah form yaitu:

- 1 Form Pembuka
- 2 Form Menu
- 3 Form Test DAC
- 4 Form Test ADC
- 5 Form Pilihan Model & Sumber Input
- 6 Form Hasil

IV. PENGUJIAN DAN ANALISA

Hasil yang didapat pada program identifikasi parameter sistem pada tugas akhir yang di lakukan secara *on-line* ini adalah didapatkan persamaan model matematis dari plant yang diuji, dimana plant tersebut adalah plant simulator orde 1, orde 2 dan orde 3. Pengujian pada tugas akhir ini dilakukan dengan cara memberikan input ke DAC dan mengamati keluaran yang terbaca pada ADC.

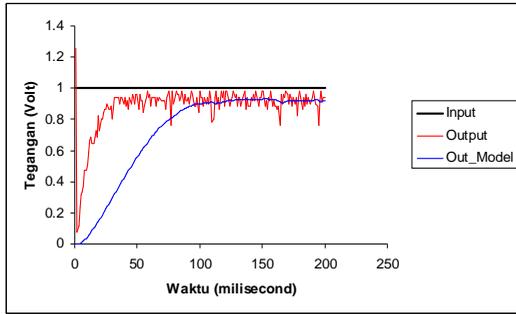


Gambar 4.1 Blok Sistem Identifikasi

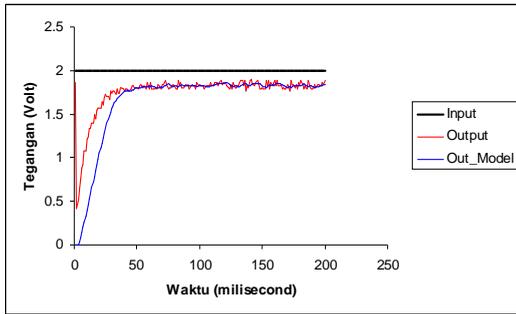
Dari gambar 4.2 Sinyal input (X_k) masuk ke plant model dan plant simulator. Plant model berada dalam program computer dan plant simulator berada di luar computer. Data yang keluar dari plant simulator (d_k) dikurangkan dengan data yang keluar dari plant model (Y_k) hasilnya kita namakan sebagai *error* (e_k). *Error* tersebut

digunakan untuk perhitungan pada algoritma LMS yaitu untuk meng-update parameter pada plant model.

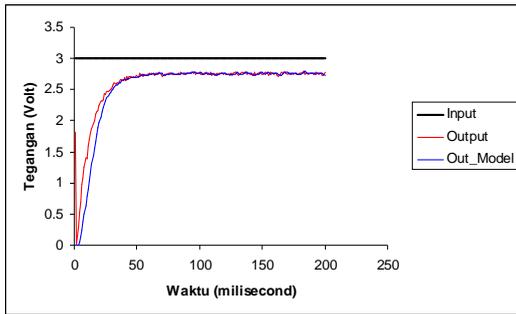
Pengujian Sistem Orde Satu



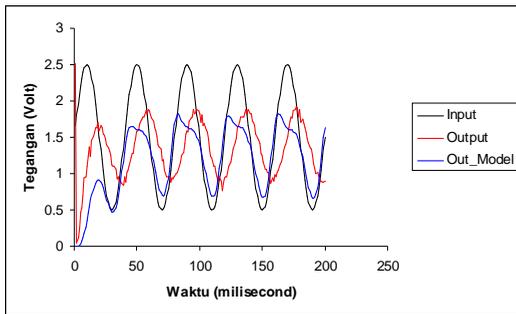
(a)



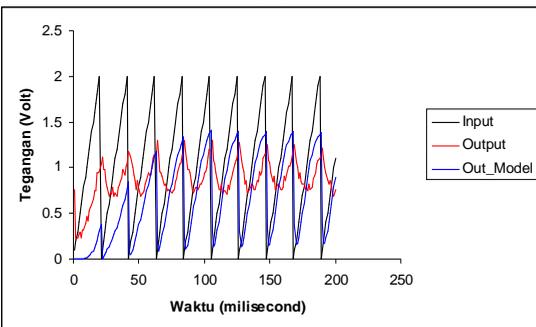
(b)



(c)



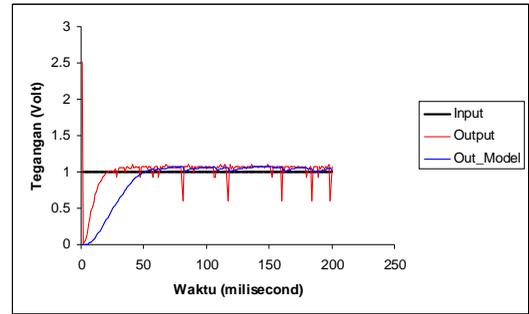
(d)



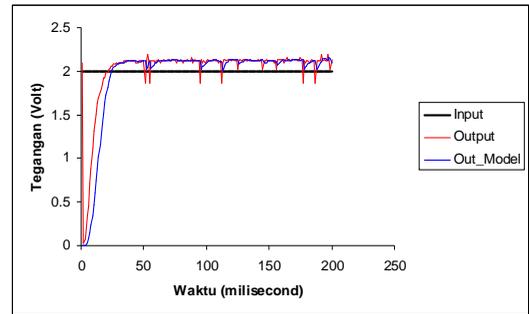
(e)

Gambar 4.2 Sinyal hasil pengujian sistem orde satu (a) pada tegangan referensi 1 volt (b) Pada tegangan referensi 2 volt (c) Pada tegangan referensi 3 volt (d) pada input bentuk sinus (e) pada input bentuk ram.

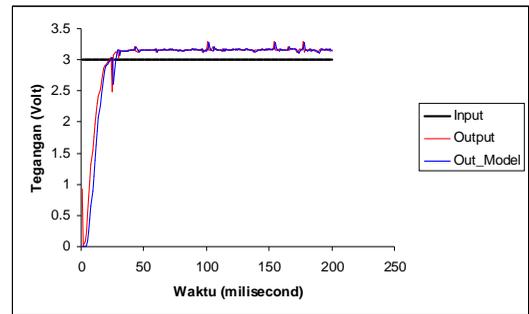
Pengujian Sistem Orde Dua



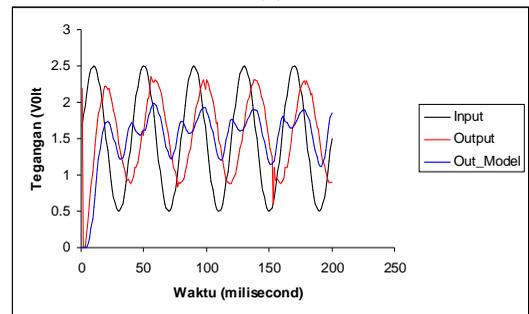
(a)



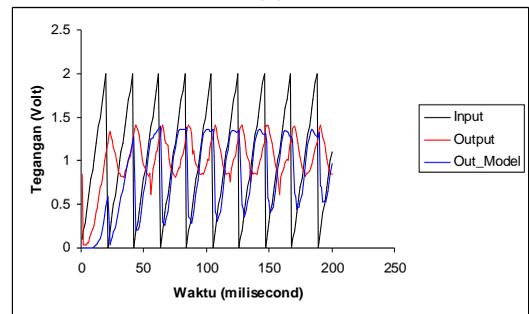
(b)



(c)



(d)

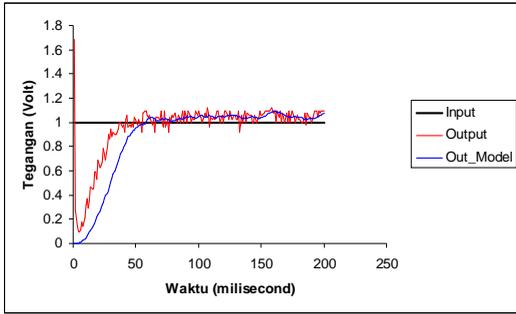


(e)

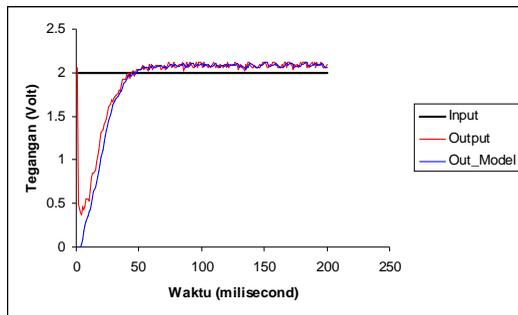
Gambar 4.3 Sinyal hasil pengujian sistem orde dua (a) pada tegangan referensi 1 volt (b) Pada tegangan referensi 2 volt (c) Pada tegangan referensi 3 volt (d) pada input bentuk sinus (e) pada input bentuk ram.

Gambar 4.4 Sinyal hasil pengujian sistem orde tiga (a) pada tegangan referensi 1 volt (b) Pada tegangan referensi 2 volt (c) Pada tegangan referensi 3 volt (d) pada input bentuk sinus (e) pada input bentuk ram.

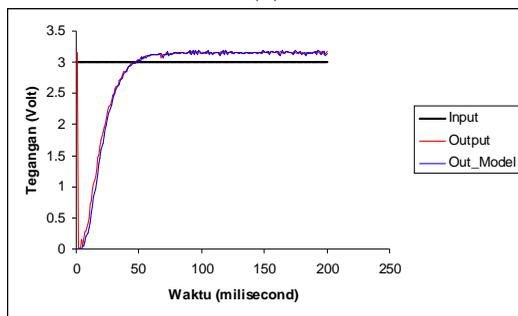
Pengujian Sistem Orde Tiga



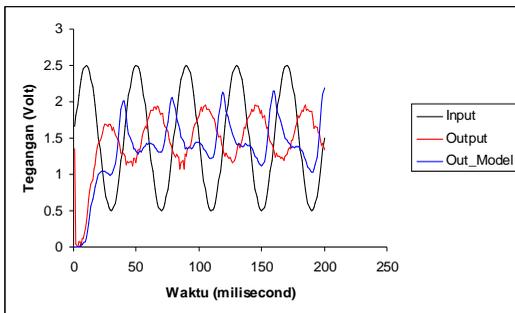
(a)



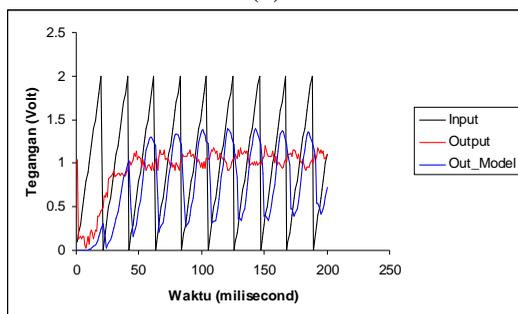
(b)



(c)



(d)



(e)

Tabel 4.1 Hasil Perhitungan Secara Teori

No	Plant Simulator	a_1	a_2	a_3	b_1	b_2	b_3
1	Orde 1	0.6321	-	-	0.3679	-	-
2	Orde 2	1.009	0.5282	-	0.7604	-0.1446	-
3	Orde 3	0.3051	0.596	0.0702	1.128	-0.4243	0.0532

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Plant Orde Satu

Sumber Input	Nilai Alpha	Error	a_1	b_1
Constan(1Volt)	0.01	0.0233	0.6895	0.249
Constan(2Volt)	0.01	0.0464	0.7088	0.228
Constan(3Volt)	0.01	0.0498	0.7137	0.216
Sinus	0.01	-0.729	0.8598	0.317
Ram	0.01	-0.126	0.5848	0.383

Untuk data pengujian pada nilai masukan yang berbeda seperti bentuk ram dan bentuk sinus akan mempunyai nilai parameter (nilai a_1 dan b_1) yang jauh berbeda dengan nilai masukan pada sinyal step (input constant). Pada bentuk step (input constant) data-data yang dihasilkan atau nilai parameternya akan mendekati plant sebenarnya. Jika pengujian dilakukan dengan bentuk ram, nilai parameter yang dihasilkan juga hampir mirip dengan pengujian dalam bentuk step. Pengujian dengan bentuk sinus akan menghasilkan nilai yang berbeda dengan bentuk step atau ram. Perbedaan nilai parameter jika dilakukan dengan pengujian input step, sinus dan ram adalah karena pada pengujian sinus dan ram tegangan referensi masukan berasal dari dari program, sehingga pada waktu meng-update nilai inputan selalu berubah.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian

No	Plant Simulator	a_1	a_2	a_3	b_1	b_2	b_3
1	Orde 1	0.704	-	-	0.231	-	-
2	Orde 2	0.397	0.393	-	0.1235	0.16135	-
3	Orde 3	0.2037	0.2571	0.2489	0.0936	0.0867	0.0867

Untuk Perhitungan dari hasil pengujian dengan perhitungan secara teori dapat dilihat pada tabel 4.1 dan 4.3 Dari tabel tersebut terdapat perbedaan pada nilai parameter yaitu antar perhitungan secara teori dan data hasil pengujian. Hal ini dapat dikarenakan

1. Pada pengujian yang dilakukan secara langsung dengan alat simulasi masih banyak terdapat gangguan-gangguan sehingga hasilnya tidak maksimal.
2. Kemungkinan masih adanya kesalahan dalam pembuatan program dan analogi yang di ambil.

3. Perangkat antar muka (*Interface Card*) PPI 8255 yang terlalu sensitive sehingga kadang-kadang terjadi kesalahan dalam pembacaan.

Data-data keluaran dari plant sebenarnya (Output) dan data-data keluaran dari plant model (Out_Model) untuk pengujian pada sistem orde satu, orde dua dan orde tiga jika dibentuk grafik akan menghasilkan grafik yang sesuai dengan teori, dimana untuk grafik pada pengujian orde satu dapat dilihat pada gambar 4.2 Untuk grafik pada orde dua dapat dilihat pada gambar 4.3 sedangkan pada orde tiga dapat dilihat pada gambar 4.4

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisa terhadap program Identifikasi Parameter Sistem dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Laju convergence pada algoritma IIR LMS sangat berpengaruh dalam menentukan besarnya nilai parameter.
2. Semakin kecil laju convergence maka waktu yang dibutuhkan untuk meng-update nilai parameter akan semakin lama.
3. Untuk mendapatkan nilai parameter dari plant yang diuji, dimana hasilnya mendekati plant sebenarnya maka digunakan bentuk input constant (step).
4. Pada pengujian orde satu dihasilkan nilai parameter $a_1=0.704$ dan $b_1=0.231$ dan nilai errornya adalah 0.039 pengujian dilakukan dengan waktu iterasi 200 milisecond.
5. Pada pengujian orde dua dihasilkan nilai parameter $a_1=0.967$ $a_2=0.393$ dan $b_1=0.1235$ $b_2=0.1614$ dan nilai errornya adalah 0.041 pengujian dilakukan dengan waktu iterasi 200 milisecond.
6. Pada pengujian orde tiga dihasilkan nilai parameter $a_1= 0.2037$ $a_2= 0.2571$ $a_3= 0.2489$ dan $b_1= 0.0936$ $b_2= 0.0867$ $b_3= 0.0867$ dan nilai errornya adalah pengujian dilakukan dengan waktu iterasi 200 milisecond.
7. Semakin lama waktu iterasi pada waktu pengujian maka nilai parameter yang dihasilkan akan semakin bagus.

B. Saran

Saran-saran yang dapat diambil dari hasil pengujian dan analisa yang telah dilakukan adalah:

1. Software dan Hardware pada Tugas Akhir ini sudah dapat diaplikasikan sebagai modul Praktikum Estimasi dan Identifikasi Parameter Sistem.
2. Perlu dikembangkan sebuah perangkat keras yang lebih baik dengan aplikasi yang lebih banyak.
3. Untuk pengembangan mencoba perhitungan algoritma adaptive dengan metode lain seperti RLS atau JST (Jaringan Syaraf Tiruan).
4. Mencoba dengan plant yang model matematis belum diketahui sama sekali dan lebih kompleks, seperti pada motor DC

DAFTAR PUSTAKA

1. Bonadr, Renaldi : *Perbandingan Kinerja Algoritma LMS dan Algoritma Genetik Untuk Filter Adaptif Penghilang Noise*, Tugas Akhir, Universitas Diponegoro, Semarang, 2002.
2. Dimitris G. John : *Pemrosesan Sinyal Digital*, Prenhallindo, Jakarta: 1997.
3. Hariyono A. Tjokronegoro : *Identifikasi Parameter Sistem*, Jurusan Teknik Fisika, Institut Teknologi Bandung, 1996.
4. Ifeachor Emmanuel and Jervis Barrie: *Digital Signal Processing*, Addison-Wesley, 1993.
5. Katsuhiko Ogata : *Modern Control Engineering*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.
6. Kadir, Abdul : *Dasar Pemrograman Delphi 5 Jilid 1*, PT. Andi Offset, Yogyakarta, 2000.
7. Kadir, Abdul : *Dasar Pemrograman Delphi 5 Jilid 2*, PT. Andi Offset, Yogyakarta, 2000.
8. Leksono, Edi : *Distributed Control System*, Jurusan Teknik Fisika, Institut Teknologi Bandung, 1994.
9. Lennart Ljung : *System Identification : Theory for the User*, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1987.
10. Roostandy, Jody : *Pengidentifikasi Parameter Fungsi Alih Sistem Pada Plant Simulasi Orde Tiga Dan Empat Dengan Metode Algoritma Genetik*, Tugas Akhir, Universitas Diponegoro, Semarang, 2003.
11. Setyawan, Edwin Yulia : *Modul Pelatihan Kendali Logika Fuzzy*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro, Semarang, 2003.
12. Widrow, B. and Stearns, S : *Adaptive Signal Processing*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1985.
13. _____, *The Student Edition of MATLAB High-Performance Numeric Computation and Visualization Software, Version 4 User's Guide*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1995.



Nikmah Dwi Indriati, lahir di Purbalingga 2 Februari 1979. Sekarang sedang menyelesaikan SI Teknik Elektro Universitas Diponegoro tahun 2002 dengan konsentrasi Teknik Kontrol.

Semarang, Agustus 2004

Mengetahui/Mengesahkan
Pembimbing I

Mengetahui/Mengesahkan
Pembimbing II

Sumardi, ST. MT
NIP. 132 125 670

Iwan Setiawan, ST.MT
NIP. 132 283 183