

# DETEKSI ARAH SINAR MATAHARI BERBASIS MATLAB MENGGUNAKAN (PID) *PROPORTIONAL – INTEGRAL – DIFFERENTIAL*

M. Hariansyah<sup>1</sup>, Joki Irawan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dosen Tetap Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Ibn Khaldun Bogor. Jl. KH Sholeh Iskandar km 2 Bogor. Kode Pos 16162

<sup>2</sup>Dosen Tetap Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Ibn Khaldun Bogor. Jl. KH Sholeh Iskandar km 2 Bogor. Kode Pos 16162

Email: m.hariansyah@ft.uika-bogor.ac.id  
oqirawan@yahoo.com

## ABSTRAK

**Deteksi Arah Sinar Matahari Berbasis Matlab Menggunakan (PID) *Proportional – Integral –Differential*.** Upaya mendapatkan penyinaran matahari secara optimal pada modul surya dapat dilakukan dengan cara memasang panel surya secara dinamis. Untuk keperluan tersebut dibuat simulasi sistem kontrol berbasis pengontrolan kontinu *Proportional – Integral – Differential (PID)* untuk pelacakan sinar matahari. Modul surya digerakan kearah datangnya sinar matahari, menggunakan motor servo. Motor servo akan bekerja setelah mendapat perintah dari sensor cahaya. Tujuan yang ingin dicapai (a) menghasilkan sistem pelacak matahari menggunakan penalaan parameter PID, hingga mendapat parameter  $K_p$ ,  $K_i$  dan  $K_d$  yang optimal, dan (b) menghasilkan respon sistem kontrol pada pengujian dengan parameter pengendali hingga mencapai kestabilan sistem menggunakan simulink dan GUI dari program Matlab 7.20. Berdasarkan hasil simulasi pengujian diperoleh parameter  $K_p$ ,  $K_i$  dan  $K_d$  dengan respon terbaik sistem diperoleh pada saat  $K_p = 1$ ,  $K_i = 0.4$  dan  $K_d = 0.6$ , serta dapat mencapai kestabilan dan tidak mengalami lonjakan yang berarti, dan pada sistem terdapat galat (error) sebesar  $(4.187 \times 10^{-5})$ .

**Kata kunci:** Pengontrolan kontinu, PID, Pelacakan sinar matahari

## ABSTRACT

Efforts to obtain an optimal sun shines on the solar modules can be done by installing solar panels dynamically. For this purpose built simulation-based control system controlling a continuous *Proportional - Integral - Differential (PID)* for tracking the sun. The solar module is moved towards the coming of the sun, using a servo motor. Servo motor will work after obtaining orders from the light sensor. Objectives to be achieved (a) generating solar tracking system uses the PID parameter tuning, to get the parameters  $K_p$ ,  $K_i$  and  $K_d$  are optimal, and (b) generating a response to the test control system with control parameters to achieve the stability of the system using simulink and GUI of the program Matlab 6:50. Based on the simulation results obtained by testing the parameters  $K_p$ ,  $K_i$  and  $K_d$  with the best response of the system obtained when  $K_p = 1$ ,  $K_i = 0.4$  and  $K_d = 0.6$ , and can achieve stability and did not experience significant surges, and the system there is an error (error) of  $(4.187 \times 10^{-5})$ .

**Keywords:** Control of continuous, PID, tracking the sun

## 1. PENDAHULUAN

Penggunaan panel surya, sebagai upaya mendapatkan energi listrik terus bertambah, dan hingga saat ini, di Indonesia telah mencapai 12 MW.[1] Beberapa kendala yang sering dihadapi, adalah rendahnya efisiensi panel surya, akibat posisi penyinaran matahari terhadap panel surya yang tidak tepat. Umumnya panel surya dipasang pada kemiringan antara 10 hingga 15 derajat menghadap arah muncul dan lintasan pergerakan matahari, serta pemasangan panel surya bersifat statis. Sehingga pada posisi-posisi tertentu sinar matahari tidak dapat diterima dengan baik oleh panel surya. Upaya yang perlu dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut di atas adalah dengan

merubah bentuk pemasangan panel surya dari bentuk statis menjadi bentuk dinamis.

Sebagai langkah awal dibuat suatu simulasi penerapan sistem kontrol berbasis pengontrolan kontinu *Proportional – Integral –Differential (PID)* untuk pelacakan sinar matahari. Panel surya digerakan oleh motor servo dc (*direct current*) mengikuti pergerakan matahari, menggunakan sistem kendali. Sistem kendali yang dibuat menggunakan sensor cahaya, yang mampu mengarahkan kolektor pelacak ke posisi matahari. Sensor cahaya akan mengirimkan informasi kepada pengendali agar memberi perintah kepada motor servo, untuk melakukan proses pergerakan pelacakan matahari.[1] Sistem kontrol posisi ini

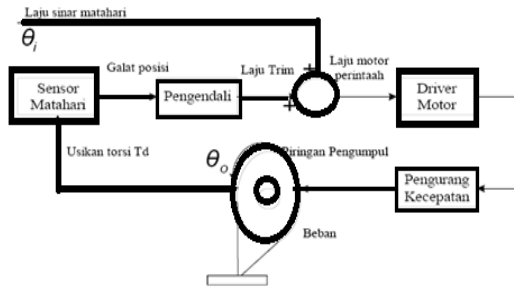
disimulasikan dengan menggunakan simulink dan GUI dari program Matlab 6.50.

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah:

- a. Menghasilkan sistem pelacak matahari menggunakan penalaan parameter PID, hingga mendapat parameter Kp, Ki dan Kd yang optimal.
- b. Menghasilkan respon sistem kontrol pada pengujian dengan parameter pengendali hingga mencapai kestabilan sistem

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Sistem pengendali deteksi sinar matahari, diperlihatkan pada Gambar 1 [1] di bawah ini.



Gambar 1 Diagram skematik sistem pelacak matahari

Prinsip kerja dari sistem ini adalah bagaimana mengatur posisi dari piringan pengumpul sinar matahari agar selalu mengikuti posisi matahari sehingga permukaan piring pengumpul matahari selalu dalam kondisi tegak lurus dengan arah sinar matahari.

Sistem ini merupakan sistem dengan satu masukan dan satu keluaran dengan objek yang dikendalikan adalah motor servo DC.

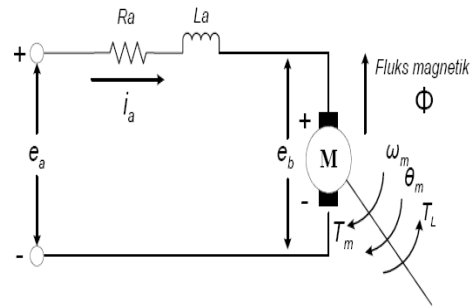
Masukan sistem adalah laju sinar matahari ( $\theta_i$ ) yang diterima oleh dua sensor sel photovoltaic silikon persegi yang diletakkan sedemikian rupa sehingga pada saat sensor diarahkan ke matahari, sinar cahaya dari celah melingkari kedua sel tersebut.[1] Sedangkan keluaran sistem adalah posisi sudut dari motor ( $\theta_o$ ) yang digunakan untuk menggerakkan kolektor sehingga berputar mengikuti arah posisi matahari.

### 2.1 Pemodelan Sistem Pelacak Matahari

Pemodelan dilakukan dengan menurunkan persamaan matematis dari bagian-bagian penyusun sistem.

#### Pemodelan Motor Servo dc

Secara sederhana, sebuah motor servo dc dapat digantikan seperti Gambar 2 [2] di bawah ini



Gambar 2 Model motor servo dc

$$e_a(t) = R_a i_a(t) + L_a \frac{di_a(t)}{dt} + e_b(t) \dots\dots (1)$$

$$e_b(t) = K_b \omega(t) \dots\dots\dots(2)$$

$$T_m(t) = K_m i_a(t) \dots\dots\dots(3)$$

$$T_m(t) = J \frac{d\omega_m(t)}{dt} + B\omega_m(t) \dots\dots\dots(4)$$

dimana:

- $e_a(t)$  : Besarnya tegangan yang diberikan pada motor (volt)
- $e_b(t)$  : emf balik (volt)
- $i_a(t)$  : Arus jangkar (Ampere)
- $R_a(t)$  : Tahanan kumparan jangkar (Ohm)
- $L_a(t)$  : Induktansi kumparan jangkar (Henry)
- $K_b$  : Konstanta emf balik (Volt-sec/rad)
- $K_m$  : Konstanta torsi (N-m/Ampere)
- $J$  : Momen inersia rotor (Kg-m<sup>2</sup>)
- $\sigma$  = Koefisien gesekan viskos (N-m/rad/sec)
- $T_m(t)$  : Torsi motor (N-m)
- $\omega_m(t)$  : Kecepatan sudut motor (rad/sec)

Transformasi laplace untuk persamaan (1) adalah :

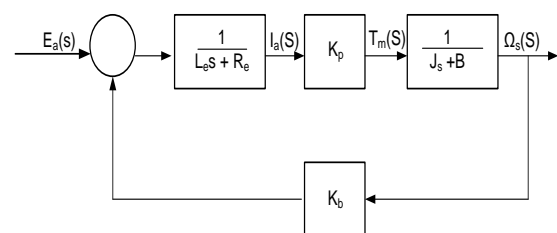
$$E_a(s) = R_a I_a(s) + L_a(s).I_a(s) + E_b(s) \dots\dots(5)$$

Berdasarkan gambar tersebut di atas diperoleh :

$$T_m(s) = Js^2 R_a(s) + B_s R_a(s) \dots\dots\dots(6)$$

$$= K_m I_a(s)$$

Dari persamaan(5) dan (6) di atas, motor servo DC dapat direpresentasikan dalam bentuk diagram blok seperti diperlihatkan pada Gambar 3 di bawah ini:



Gambar 3 Representasi diagram blok motor servo DC

**Amplifier Servo**

Salah satu bagian dari sistem kontrol posisi adalah penguat servo (*amplifier servo*). Secara sederhana, keluaran amplifier servo dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$e_a(t) = -K[e_o(t) + e_i(t)] \dots\dots\dots(7)$$

$$= -Ke_s(t)$$

dimana:

- $e_a$  = Tegangan keluaran servo amplifier (Volt)
- $K$  = Besarnya nilai penguatan

**Takometer**

Takometer digunakan untuk mendeteksi kecepatan sudut dari motor. Keluaran takometer dalam bentuk tegangan (*et*) diumpun balikkan melalui konstanta takometer *Kt*. Secara matematis, hubungan ini dapat ditulis :

$$e_t(t) = K_m \omega_m(t) \dots\dots\dots(8)$$

dimana :

- $et$  = Tegangan keluaran takometer (Volt)
- $Kt$  = Konstanta takometer
- $\omega m$  = Kecepatan sudut motor (rad/sec)

**Roda Gigi**

Roda gigi berfungsi sebagai pengurang kecepatan sudut dari motor. Secara mekanik, sumbu dari motor dihubungkan dengan roda gigi, sehingga posisi sudut roda gigi keluaran dihubungkan ke posisi motor melalui perbandingan roda gigi 1/n, sehingga :

$$\theta_0 = \frac{1}{n} \theta_m \dots\dots\dots(9)$$

dimana :

- $\theta_0$  = posisi sudut keluaran roda gigi
- $\theta m$  = posisi sudut motor

Pengendali PID merupakan jenis pengendali kontinyu yang disusun atas tiga jenis pengendali kontinyu dasar yaitu pengendali Proportional, pengendali Integral dan pengendali Diferensial. Secara matematis pengendali PID dapat ditulis:

$$U(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t)dt + K_d \frac{de(t)}{dt} ..(10)$$

Sehingga diperoleh fungsi alih PID sebagai berikut:

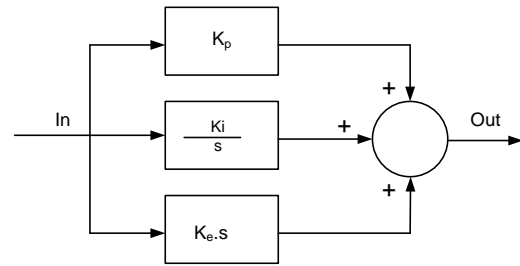
$$\frac{U(s)}{E(s)} = K_p + \frac{K_i}{s} + K_d s \dots\dots\dots(11)$$

dimanan :

- $Kp$  = konstanta penguatan proporsional
- $Ki$  = konstanta penguatan integral
- $Kd$  = konstanta penguatan diferensial

Berdasarkan persamaan (10) dan (11), pengendali PID yang digunakan disusun secara paralel dan

dapat dinyatakan dalam bentuk diagram blok seperti Gambar 4 di bawah ini:



**Gambar 4** Pengendali PID struktur paralel3.

**3. METODELOGI**

**3.1 Waktu dan Tempat Penelitian**

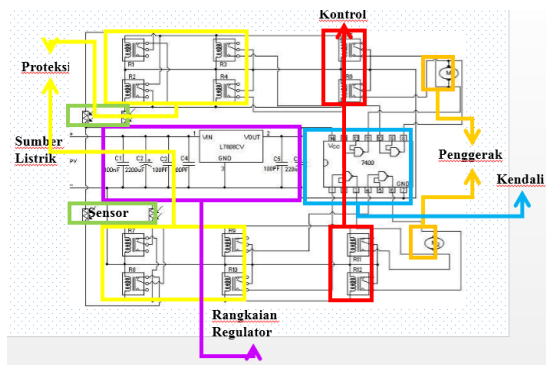
Waktu dan tempat penelitian dilakukan pada bulan September 2015 sampai Januari 2016, hingga Laboratorium Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Ibn Khaldun Bogor.

**3.1. Alat dan Bahan**

Alat dan bahan yang dipergunakan dapat dilihat pada Gambar 6 berikut. Secara rinci alat dan bahan penelitian terdiri dari:

- a. Alat-alat yang dipergunakan:
  - Alat ukur listrik, volt meter, amper meter, dan ohm meter, masing-masing satu unit.
  - Satu set komputer, beserta program Matlab.
  - Solder dengan daya 40 watt, 220 volt, 50 hz
  - Obeng, tang potong dan tang kupas, bor listrik dan gergaji PCV.
    - Baut serta skrup.
- b. Bahan yang dipergunakan:
  - Motor servo dc 2 unit, 12 V, 300 mA, 3,6 W
  - Sensor LDR, sebanyak 4 unit
  - Komponen elektronika, Resistor, induktor, Capasitor, IC, diode, transistor , papan PCB

Timah, paste, serta kabel penghubung



Gambar 5 Alat dan bahan pelacak sinar matahari

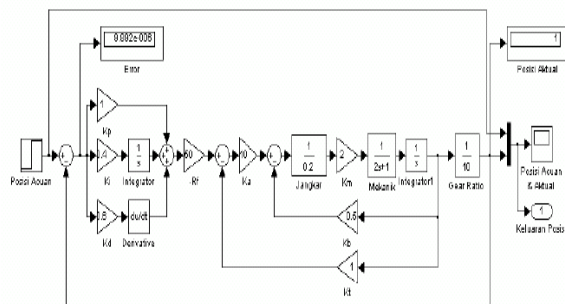
#### 4. HASIL DAN BAHASAN

Simulasi sistem kontrol posisi motor servo DC pada system pelacak matahari ini dilakukan dengan menggunakan fasilitas simulink dari Matlab 6.50 yang dapat diatur dari sebuah tampilan program GUI. Tampilan program GUI yang dirancang adalah seperti terlihat pada Gambar 6 di bawah ini :



Gambar 6 Tampilan GUI simulasi sistem deteksi arah sinar matahari

Diagram simulink yang mewakili kontrol posisi sistem pelacak matahari secara keseluruhan adalah seperti Gambar 7 di bawah ini.



Gambar 7 Diagram simulink control posisi sistem pelacak matahari dengan pengendali PID

Dalam simulasi besarnya nilai konstanta yang diberikan, disesuaikan dengan kondisi alat yang digunakan untuk simulasi. Berdasarkan kesesuaian alat yang digunakan dapat konstanta penyusun sistem seperti diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Konstanta penyusun sistem

Komponen	Konstanta		Satuan
	J	2	
Motor	B	1	Nms
	Km	2	Nm/Amper
	Kb	0.5	V/(rad/s)
	R	0.5	Ohm
	L	-	Hendi
Servo Amplifier	Ka	10	-
Pengutan Op-Amp	Rf	10	-

Sedangkan untuk penalaan parameter PID dilakukan dengan menggunakan metode *trial and error* dengan batasan nilai 0 – 1. Dari hasil uji coba yang dilakukan, parameter  $K_p$ ,  $K_i$  dan  $K_d$  yang baik untuk digunakan adalah seperti terdapat pada tabel 2.

Tabel 2 Parameter PID

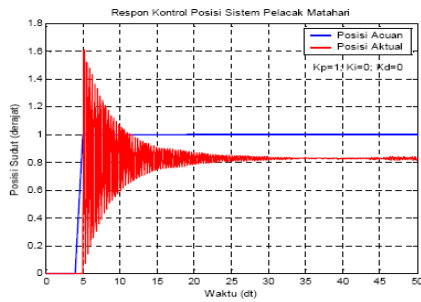
Parameter PID	Nilai
Kp	1
Ki	0.4
Kd	0.5

Simulasi dilakukan dengan memberikan masukan set point secara step. Hal ini bertujuan untuk mengetahui respon sistem terhadap perubahan masukan set point. Karena parameter pengendali PID dicari dengan menggunakan metode *trial and error*, maka pengujian dilakukan dalam beberapa tahap. Tahap-tahap yang dilakukan disesuaikan dengan metode penalaan coba-coba (*Heuristic Methode*), dimana penalaan parameter pengendali dimulai dengan hanya menggunakan pengendali kemudian baru ditambahkan pengendali I dan terakhir ditambahkan

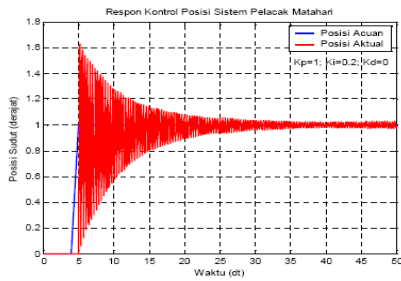
dengan pengendali D. Pemberian nilai parameter disesuaikan dengan karakteristik respon sistem yang diperoleh.

Dari simulasi yang telah dilakukan, diambil beberapa contoh hasil simulasi untuk beberapa variasi konstanta pengendali PID.

Pengujian Pada nilai  $K_p = 1$ ,  $K_i = 0$  dan  $K_d = 0$   
 Pengujian pada nilai  $K_p = 1$ ,  $K_i = 0.2$  dan  $K_d = 0$

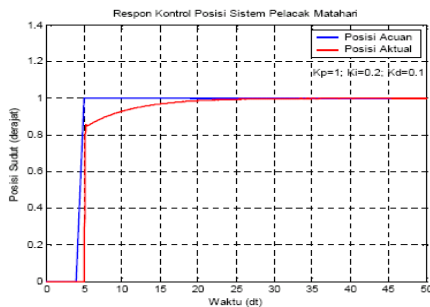


**Gambar 8** Tanggapan sistem terhadap perubahan set point laju sinar matahari ( $\theta_i$ ) secara step pada  $t=5$  detik dengan  $K_p=1; K_i=0; K_d=0$

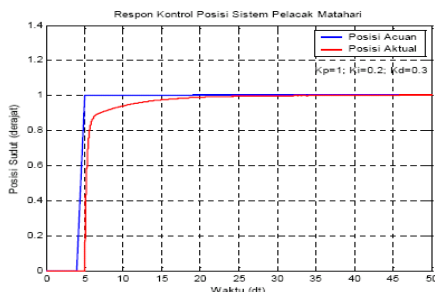


**Gambar 9** Tanggapan sistem terhadap perubahan set point laju sinar matahari ( $\theta_i$ ) secara step pada  $t=5$  detik dengan  $K_p=1; K_i=0.2; K_d=0$

Pengujian nilai  $K_p = 1$ ,  $K_i = 0,2$  dan  $K_d = 0,1$   
 Pengujian pada nilai  $K_p = 1$ ,  $K_i = 0,2$  dan  $K_d = 0,3$

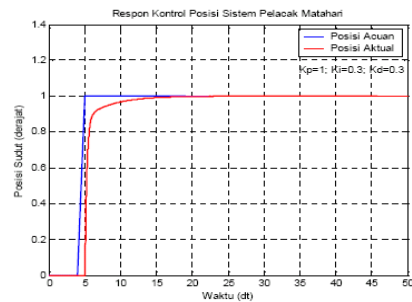


**Gambar 10** Tanggapan sistem terhadap perubahan set point laju sinar matahari ( $\theta_i$ ) secara step pada  $t=5$  detik dengan  $K_p=1; K_i=0.2; K_d=0.1$

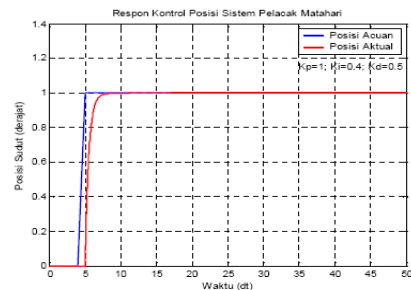


**Gambar 11** Tanggapan sistem terhadap perubahan set point laju sinar matahari ( $\theta_i$ ) secara step pada  $t=5$  detik dengan  $K_p=1; K_i=0.2; K_d=0.3$

Pengujian nilai  $K_p = 1$ ,  $K_i = 0,3$  dan  $K_d = 0,3$   
 Pengujian pada nilai  $K_p = 1$ ,  $K_i = 0,4$  dan  $K_d = 0,4$



**Gambar 12** Tanggapan sistem terhadap perubahan set point laju sinar matahari ( $\theta_i$ ) secara step pada  $t=5$  detik dengan  $K_p=1; K_i=0.3; K_d=0.3$



**Gambar 13** Tanggapan sistem terhadap perubahan set point laju sinar matahari ( $\theta_i$ ) secara step pada  $t=5$  detik dengan  $K_p=1; K_i=0.4; K_d=0.5$

Dari hasil simulasi terlihat bahwa pada saat hanya pengendali P dan PI saja yang digunakan (Gambar 8 dan Gambar 9), respon system beresilasi dengan lonjakan cukup besar mencapai nilai 1,6. Untuk menghilangkan lonjakan yang terjadi maka ditambahkan pengendali D dengan beberapa nilai parameter pengendali yang bervariasi. Dari beberapa variasi nilai parameter pengendali PID, respon sistem mampu memberikan respon yang baik dan mampu mengikuti perubahan input yang diberikan. Pada grafik gambar 10 dan 11, terlihat bahwa respon sistem tidak terjadi lonjakan dan osilasi, namun respon cukup lambat dan mencapai keadaan tunak (*steady state*) setelah 28 detik. Dengan memperbesar  $K_i$ , respon sistem menjadilebih cepat dan mencapai keadaan tunak setelah 18 detik (Gambar 12). Respon sistem terbaik diperoleh untuk nilai  $K_p=1$ ,  $K_i=0.4$ , dan  $K_d=0.5$ , dimana respon system tidak terjadi lonjakan dan mampu mencapai keadaan tunak pada  $t = 6$  detik (Gambar 13).

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan bahasan, maka dapat ditarik simpulan sesuai tujuan penelitian:

- [1] Mengacu dari beberapa pengujian sistem dengan variasi parameter  $K_p$ ,  $K_i$  dan  $K_d$  yang berbeda, didapatkan bahwa respon terbaik system diperoleh pada saat  $K_p = 1$ ,  $K_i, 0.4$  dan  $K_d = 0.6$ .

- [2] Tanggapan sistem pada pengujian dengan parameter pengendali seperti tersebut dapat mencapai kestabilan dan tidak mengalami lonjakan yang berarti, dan pada sistem terdapat galat (error) sebesar  $(4.187 \times 10^{-5})$ .

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. Kuo, Benjamin, *Teknik Kontrol Automatik*, Edisi Bahasa Indonesia Jilid 1, PT. Prenhallindo, Jakarta, 1998
- [2] Ogata, Katshuhiko, *Teknik Kontrol Automatik*, Edisi Kedua Jilid 1, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1996
- [3] Wahyu D.H., Thomas dan Agung P., Y. Wahyu, *Analisis dan Desain Sistem Kontrol dengan MATLAB*, Penerbit Andi, Yogyakarta, 2002
- [4] Wilson, D.R., *Modern Practice in Servo Design*, Volume-2, Pergamon Press, New York, 1988