

# Pemodelan Sistem Dengan Metoda Identifikasi Parameter Menggunakan Pendekatan Model ARX (Autoregressive Exogenous)

*By Ade Elbani*

# Pemodelan Sistem Dengan Metoda Identifikasi Parameter Menggunakan Pendekatan Model ARX (Autoregressive Exogenous)

Ade Elbani

3

Program Studi Teknik Elektro, Jurusan Teknik Elektro,  
Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak.  
email: adeelbani@yahoo.com

**1** *Abstrak*— Model sistem yang nyata merupakan keterpaduan unsur (elemen) linier maupun nonlinier, banyak faktor lain yang akan mempengaruhi linieritas dari Sistem tersebut. Pemodelan Sistem dilakukan secara penurunan matematik akan sangat sulit, dan juga banyak elemen yang terabaikan, terutama elemen nonlinier, sehingga hasil dari model tersebut, masih kurang begitu efektif guna diterapkan langsung dilapangan. Selain metoda tersebut, ada metoda pemodelan lain yaitu metoda identifikasi. Proses identifikasi ini dilakukan atas dasar sinyal masukan dan keluaran dari sistem yang akan dimodelkan. Kesemua itu dianggap menjadi satu kesatuan sistem yang terpadu (*black box*). Pendekatan struktur model yang akan digunakan adalah ARX (*autoregressive Exogenous*), yang mana keduanya merupakan struktur model linier dengan algoritma estimasi adalah kuadrat terkecil (*least square*).

Berdasarkan analisa yang telah dilakukan, sistem adalah linier, tidak terdapat noise mempunyai *time delay* serta pasangan data *off-line*.

Dari proses pemodelan yang dilakukan, diperoleh orde Sistem dan parameter-parameter model, sehingga diperoleh estimasi model Sistem yang baik. Model yang diperoleh tersebut, selanjutnya bisa dipergunakan untuk keperluan lain, misalnya untuk keperluan pengontrolan, keperluan analisis, serta keperluan simulasi lainnya untuk Sistem tersebut.

**Kata Kunci :** Metoda Identifikasi, *black box*, ARX, *least square*.

## I. PENDAHULUAN

Pada kenyataannya sistem-sistem yang ada di alam ini merupakan keterpaduan unsur-unsur linier dan nonlinier. Untuk pemodelan dengan penurunan matematis kesemua ini dilakukan dengan banyak pengabaian. Perhitungan dilakukan berkisar pada daerah yang linier saja, sedangkan daerah nonlinier tidak banyak diperhatikan atau diabaikan. Oleh sebab itu hasil dari model yang diturunkan berdasarkan hukum fisika atau penurunan matematis, masih kurang begitu efektif untuk diaplikasikan langsung dilapangan, meskipun adanya model dengan penurunan

matematis ini setidaknya mempermudah untuk mengetahui tentang sistem tersebut.

Selain dengan metoda penurunan hukum-hukum fisika atau penurunan secara matematis, terdapat juga metoda lain untuk melakukan pemodelan, yaitu dengan menggunakan metoda identifikasi. Metoda ini akan memodelkan suatu sistem secara keseluruhan, baik unsur (elemen) linier maupun nonlinier. Kesemua itu dianggap menjadi satu kesatuan sistem yang terpadu (*black box*). Proses identifikasi ini dilakukan atas dasar sinyal masukan dan keluaran dari sistem yang akan dimodelkan. Pada identifikasi sistem ini terdapat beberapa alternatif model yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi sistem, baik sistem linier maupun nonlinier, misalnya model ARMAX untuk model linier, dan model Hammerstein atau model NDE (*Nonlinier Difference Equation*)

Identifikasi sistem merupakan proses untuk membangun model dari suatu sistem dinamis berdasarkan data yang diamati dari sistem tersebut. Pada sistem dinamik, masukan-keluaran tergantung pada rangsangan dari luar dan nilai keluaran sebelumnya. Pemodelan dengan menggunakan teknik identifikasi diperlukan untuk menginterpretasi hasil pengamatan dan pengukuran yang diperoleh dari suatu sistem, dan berupaya untuk mengaitkan sistem ini menjadi suatu pola. Dalam hal menginterpretasi data, terdiri dari data *on-line* dan *off-line*, dimana dari kedua metoda ini memungkinkan kita untuk menggunakan algoritma maupun model yang sesuai. Dalam tugas ini diberi data *off-line* untuk diidentifikasi.

## II. TUJUAN DAN RUANG LINGKUP

Beberapa tujuan pada penelitian ini, antara lain adalah sebagai berikut.

- Pengembangan teknik identifikasi dengan pendekatan model ARX (*Autoregressive Exogenous*)
- Melakukan identifikasi parametrik dengan menggunakan *least square* untuk melakukan estimasi parameter serta melakukan proses validasi model hasil identifikasi.
- Mengaplikasikan algoritma pada sistem yang belum diketahui modelnya, namun didapat data hasil pengukuran *input dan output* dari sistem tersebut.

Ruang lingkup masalah pada penelitian ini mencakup hal-hal sebagai berikut.

- Sistem yang akan diidentifikasi adalah sistem nonlinier, dengan pendekatan struktur model ARX (*Autoregressive Exogenous*)
- Algoritma identifikasi yang digunakan sebagai estimator parameter sistem adalah *least square*.
- Sistem yang akan diidentifikasi adalah dengan sinyal masukan dan keluaran tunggal (*siso*).
- Pemilihan orde model dilakukan dengan uji coba memasukkan kemungkinan dari orde yang paling kecil.

### III. SISTEM VALIDASI DAN ALGORITHMMA ESTIMASI

#### 3.1 SISTEM VALIDASI

Untuk menentukan seberapa baiknya suatu sistem yang dihasilkan dari suatu proses identifikasi, maka dilakukan proses validasi terhadap data keluaran dari data masukan. Pada sistem identifikasi, ada beberapa metoda validasi yang bisa digunakan, misalnya *Final Prediction Error* (PFE), *Loss Fuction*, *Akaike Information Criteria* (AIC), *Residual Test*, dan sebagainya.

##### Residual Test <sup>[9,10,11]</sup>

Pada metode ini kesalahan residual yaitu kesalahan prediksi  $\{e(i)\}$  yang diasumsikan sebagai gangguan putih. Jika gangguan tersebut benar-benar putih maka untuk jumlah data yang sangat besar atau  $N \rightarrow \infty$ , berlaku persamaan,

$$RN(i) = \frac{R(i)}{R(0)}$$

Dimana,

$$R(i) = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N e(t)e(t+i)$$

$$R(0) = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N e(t)e(t)$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, N$$

Untuk waktu cacah yang cukup banyak dan pemilihan struktur model yang sesuai akan diperoleh,

$$RN(i)=1 \text{ untuk } i=0, \text{ dan } RN(i)=0 \text{ untuk } i \gg 1.$$

Dengan memilih selang kepercayaan (*confidence interval*) 95%, maka akan diperoleh  $RN(i)$  yang memenuhi, yaitu :

$$\left| \frac{RN(i)}{\sigma} \right| = 1,96 \text{ atau } |RN(i)| = \frac{1,96}{\sqrt{N}}$$

Pada metoda ini, ada beberapa kriteria yang harus dipenuhi untuk menyatakan bahwa orde yang dipilih telah memenuhi, yaitu<sup>[1,3,4]</sup>

1. Nilai statistik autokorelasi residual untuk derajat kebebasan ( $t_0$ ) dan selang kepercayaan ( $t$ ) tertentu harus lebih kecil dari nilai persentasi distribusi  $X^2_t$  yang bersangkutan.
2. Grafik fungsi kovariansi residual ( $RN$ ) harus berada dalam selang kepercayaan ( $t$ ) yang dipilih.

3. Grafik fungsi kovariansi residual dengan masukan ( $R_{ue}$ ) harus berada dalam selang kepercayaan ( $t$ ) yang dipilih.

Formulasi statistik autokorelasi residual dapat diturunkan sebagai berikut :

$$\tau_{ee} = N(RN(t_0))^T (RN(t_0)), \quad t_0=1,2,3,\dots,m$$

$$R_{ue}(t_0) = \frac{1}{N-t_0} \sum_{k=t_0+1}^N e_k u_{k-t_0}$$

$$r_{ue}(m) = \frac{1}{\sqrt{R_{ue}(0)}} (R_{ue}(t_0+1)K R_{ue}(t_0+m))$$

$$R_{uu}(m) = \frac{1}{N-m} \sum_{k=m+1}^N \begin{bmatrix} u_{k-1} \\ M \\ u_{k-m} \end{bmatrix} (u_{k-1} \Lambda u_{k-m})$$

$$\tau_{ue}(m) = N r_{ue}^T R_{ue}^{-1} r_{ue}$$

$RN$  = fungsi kovariansi (autokorelasi) residual

$\tau_{ee}$  = Statistik autokorelasi residual

$N$  = jumlah data

$m$  = panjang data analisis

$R_{ue}$  = kovariansi silang antara residual dan masukan

$\hat{R}_{uu}$  = autokovariansi masukan

$\tau_{ue}$  = statistik korelasi silang antara residual dan masukan.

##### Loss function <sup>[8,12,13]</sup>

Dalam mengidentifikasi suatu sistem, kenaikan dari orde model akan menyebabkan penurunan pada variansi  $\hat{\sigma}^2$  dan *loss function*. Dengan asumsi bahwa *loss function* diperoleh dari suatu model kuadrat terkecil orde  $n$  dengan  $p$  parameter dan panjang data untuk proses identifikasi ada  $20N$ , variansi dapat dinyatakan sebagai

$$\sigma^2 = \frac{2}{N} V_N(\theta_N) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \varepsilon_i^2(\theta_N)$$

dengan  $\theta_N \in R^p$

$$\text{Variansi} = \frac{1}{N} \sum_1^N e_i e_i^T$$

$$\text{LossFunction} = \frac{1}{2} \sum_1^N e_i e_i^T$$

#### 3.2 ALGORITHMMA Least Square

Hubungan keluaran dan masukan model linier, dalam bentuk *polinomial* dapat dinyatakan sebagai persamaan<sup>[2,5,6,7]</sup>,

$$A(q)x_o(t) = B(q)x_i(t-m)$$

Dengan,

$m$  = waktu tunda masukan terhadap keluaran

$A$  dan  $B$  adalah polinomial dalam operator tunda  $q^{-1}$  dapat

ditulis dalam bentuk

$$A(q) = 1 + a_1 q^{-1} + \Lambda + a_n q^{-n}$$

$$B(q) = 1 + b_1 q^{-1} + \Lambda + b_m q^{-m}$$

dimana  $m$  dan  $n$  adalah orde polinomial. Dengan demikian, akan didapat fungsi transfer (fungsi alih) persamaan diatas yaitu,

$$G(q) = q^{-m} \frac{B(q)}{A(q)}$$

Persamaan diatas dinyatakan dalam bentuk persamaan kontinyu berikut.

$$a_n x_i s^n + a_{n-1} x_i s^{n-1} + \Lambda + a_1 x_i s + a_0 x_i = b_m x_o s^m + b_{m-1} x_o s^{m-1} + \Lambda + b_1 x_o s + b_0 x_o$$

Untuk keperluan komputasi, persamaan kontinyu diatas dirubah dalam bentuk persamaan diskrit berikut.

$$a_n x_i(t-n) + a_{n-1} x_i(t-n-1) + \Lambda + a_1 x_i(t-1) + a_0 x_i(t) = b_m x_o(t-m) + b_{m-1} x_o(t-m-1) + \Lambda + b_1 x_o(t-1) + b_0 x_o(t)$$

Dengan memisahkan ruas kiri kekanan sebagian unsur, didapat persamaan berikut.

$$a_n x_i(t) = -a_n x_i(t-n) - a_{n-1} x_i(t-n-1) - \Lambda - a_1 x_i(t-1) + b_m x_o(t-m) + b_{m-1} x_o(t-m-1) + \Lambda + b_1 x_o(t-1) + b_0 x_o(t)$$

Untuk mempermudah perhitungan, maka parameter  $a_0$  dianggap satu (*unity*), dengan demikian persamaan diatas menjadi

$$x_i(t) = -a_n x_i(t-n) - a_{n-1} x_i(t-n-1) - \Lambda - a_1 x_i(t-1) + b_m x_o(t-m) + b_{m-1} x_o(t-m-1) + \Lambda + b_1 x_o(t-1) + b_0 x_o(t)$$

Persamaan diskrit tersebut dilakukan dengan waktu sampling  $t$ , dimana untuk sinyal masukan  $x_i(t)$  adalah sinyal masukan pada saat sekarang, sedangkan untuk  $x_i(t-1)$  adalah sinyal masukan pada waktu (*step*) sebelumnya (penundaan dalam satu satuan waktu), begitu juga dengan sinyal keluaran. Persamaan diatas dibuat dalam bentuk matrik adalah sebagai berikut.

$$x_i(t) = [-a_n \quad -a_{n-1} \quad \Lambda \quad -a_1 \quad +b_m \quad +b_{m-1} \quad \Lambda \quad +b_1 \quad +b_0]$$

$$\begin{bmatrix} x_i(t-n) \\ x_i(t-n-1) \\ \vdots \\ x_i(t-1) \\ x_o(t-m) \\ x_o(t-m-1) \\ \vdots \\ x_o(t-1) \\ x_o(t) \end{bmatrix}$$

Dimana,

$$[-a_n \quad -a_{n-1} \quad \Lambda \quad -a_1 \quad +b_m \quad +b_{m-1} \quad \Lambda \quad +b_1 \quad +b_0] = \theta(t)$$

$\theta(t)$  = Vektor parameter

$$\begin{bmatrix} x_i(t-n) \\ x_i(t-n-1) \\ \vdots \\ x_i(t-1) \\ x_o(t-m) \\ x_o(t-m-1) \\ \vdots \\ x_o(t-1) \\ x_o(t) \end{bmatrix} = \varphi(t) = \text{Vektor input output}$$

Dengan penyederhanaan, persamaan diatas dapat dibuat menjadi

$$x_i(t) = \theta(t) \cdot \varphi(t)$$

Dimana :

- $x_i(t)$  = Sinyal masukan sistem
- $x_o(t)$  = Sinyal keluaran sistem
- $\theta(t)$  = Vector parameter
- $\varphi(t)$  = Vektor input-output

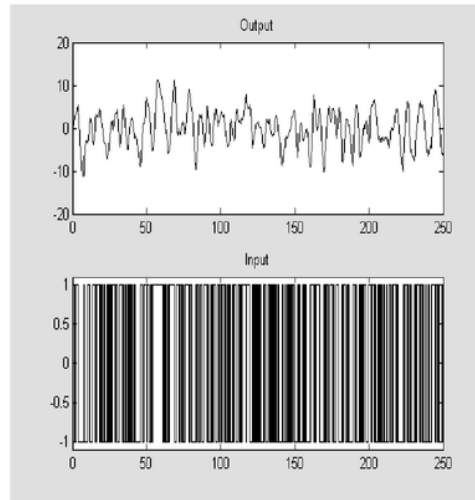
Persamaan tersebut diatas disebut *regresi linier*. Dengan mensubstitusi ruas kiri dan ruas kanan dari persamaan tersebut, maka akan menjadi persamaan berikut.

$$\theta(t) = (\varphi^T(t) \varphi(t))^{-1} \varphi(t) x_o(t)$$

Dimana persamaan tersebut adalah persamaan *least square*, merupakan algoritma optimasi yang akhirnya digunakan untuk mencari parameter-parameter sistem parametrik. Kesemua elemen dari persamaan tersebut adalah dalam bentuk matrik.

#### IV. ANALISA DATA

Tersedia pasangan data *off-line* input ( $u$ ) dan output ( $y$ ) yang diberikan secara grafis seperti pada gambar berikut :

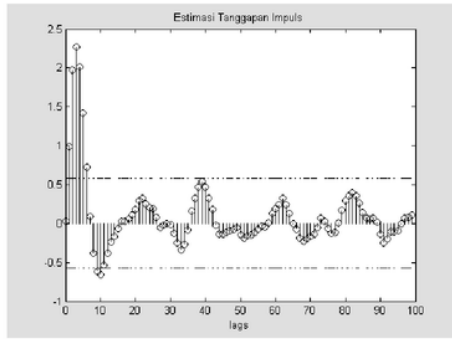


Gambar. 1 Input dan Output Data Pengukuran

Dari gambar terlihat pada data output tidak terdapat *outlier*, ini dapat diasumsikan bahwa data input linier

#### 4.1 ANALISA KORELASI

Analisa korelasi bertujuan untuk melihat hubungan antara sinyal input dan output yang diberikan, yakni dengan mengestimasi impulse respons seperti gambar berikut:

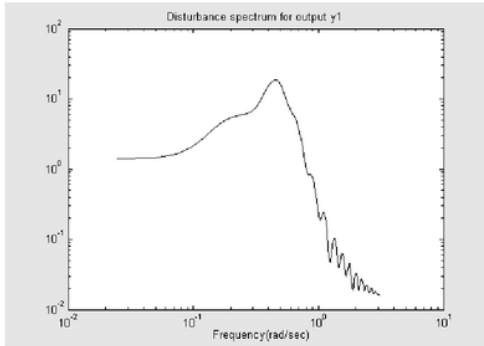


Gambar 2. Estimasi Tanggapan Impuls

Time delay adalah penundaan waktu respon sinyal keluaran terhadap sinyal masukan pada sinyal data. Terlihat pada grafik diatas, bahwa pada saat diberikan masukan langkah pertama ( $k=1$ ), respon tidak ada (tetap berada di 0), untuk langkah kedua ( $k=2$ ), baru terjadi respon. Yang berarti sistem memiliki waktu tunda (*time delay* = 1).

4.2 ANALISA Spectral

Pada analisa ini digunakan untuk melihat keadaan sinyal, terdapat noise atau tidak. Dengan memplot grafik seperti pada gambar 3 terlihat bahwa respon frequency turun drastis pada arah freq tinggi, yang selanjutnya tidak ada tanggapan (tanggapan sangat kecil). Dari analisa ini dapat diasumsikan bahwa pada sinyal tidak terdapat noise.



Gambar 3. Frequency Respon Spectrum Gangguan

4.3 MODEL SISTEM

Model identifikasi yang digunakan seharusnya optimal, yakni pemilihan model yang cocok terhadap data yang tersedia. Berdasarkan beberapa analisa diatas, bahwa sistem adalah linier, tidak terdapat noise mempunyai time delay serta data off-line, maka model yang paling optimal digunakan adalah Autoregressive Exogenous (ARX). Hubungan keluaran dan masukan dari suatu model ARX (Autoregressive Exogenous) dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan diffensial linier sebagai berikut:

10 
$$y(t) + a_1y(t-1) + \dots + a_nay(t-na) = b_1u(t-1) + \dots + b_nby(t-nb)$$

Dalam bentuk polynomial identifikasi time discrete sebagai berikut:

7 
$$A(q)y(t) = B(q)u(t-nk) + e(t).$$

Dengan:

$$A(q) = 1 - a_1q^{-1} + \dots + a_naq^{-na}$$

$$B(q) = b_1 + b_2q^{-1} + \dots + b_nbq^{-nb}$$

Dimana:

$e(t)$  = Gangguan pengukuran

$n_k$  = Waktu tunda

$n_a$  dan  $n_b$  = Orde dari polynomial

A dan B = Polinomial operator tunda  $q^{-1}$

Bentuk fungsi transfer dan respon impulse nya adalah:

16 
$$G(q,\theta) = q^{-nk} \frac{B(q)}{A(q)}; \quad H(q,\theta) = \frac{1}{A(q)}$$

Algoritma yang dipakai untuk mengestimasi metoda ini menggunakan Least Square.

V. IDENTIFIKASI SISTEM

5.1 Penentuan Orde Sistem

Dalam melaksanakan identifikasi ini akan digunakan bantuan komputer, yaitu dengan menggunakan MATLAB ver. 6. Karena time delay serta model identifikasi telah ditentukan, maka dalam hal ini akan mencari orde dari model. Metoda pencarian orde dilaksanakan dengan sistem try-error, yaitu dengan mencoba memasukkan kombinasi dari beberapa orde ( $n_a, n_b$ ). Dengan memasukkan kombinasi harga dari  $n_a$  dan  $n_b$ , akan didapat parameter model yang bersesuaian, namun bisa dilihat dari sistem validasi terhadap model yang optimal. Hasil percobaan terdapat pada tabel data identifikasi.

5.2. Validasi Sistem

Dalam menentukan seberapa baik model yang dihasilkan dari proses identifikasi, maka akan dilakukan Sistem validasi model dengan menggunakan beberapa model test, yaitu : Loss Function, PFE, AIC serta analisa visual, dan lainnya. Hasil validasi model ARX (Autoregressive Exogenous) bisa dilihat pada tabel berikut :

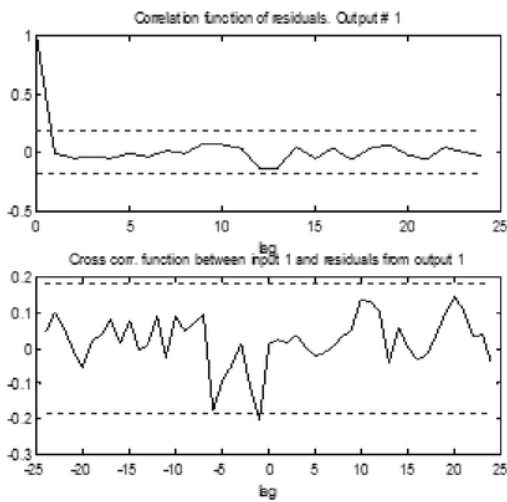
Tabel 1. Data identifikasi dengan model ARX

Orde		AIC	Loss Fuction	PFE	FIT (%)
$n_a$	$n_b$				
1	1	0.8881	2.41124	2.43061	24.59
1	2	0.2429	1.2597	1.27491	40.32
2	1	-1.6979	0.180878	0.183061	723
2	2	-10.7868	2.03426e-005	2.06707e-005	99.489
3	1	-3.2173	0.0394266	0.0400625	88.12
3	2	-10.7848	2.03016e-005	2.07117e-005	99.48
3	3	-64.5339	9.18008e-029	9.40308e-029	100.00
4	1	-4.6277	0.00958362	0.00977723	92
4	2	-10.7831	2.02551e-005	2.07471e-005	99.48
4	3	-67.3601	5.4166e-030	5.57042e-030	100.00
4	4	-68.0180	2.79421e-030	2.88508e-030	100.00
5	1	-6.0159	0.00238179	0.00243965	97.06
5	2	-10.7817	2.0202e-005	2.07757e-005	99.48
5	3	-65.0537	5.41538e-029	5.59149e-029	100.00
5	5	-67.5883	26003e-030	4.43391e-030	100.00

## VI. HASIL DAN ANALISA

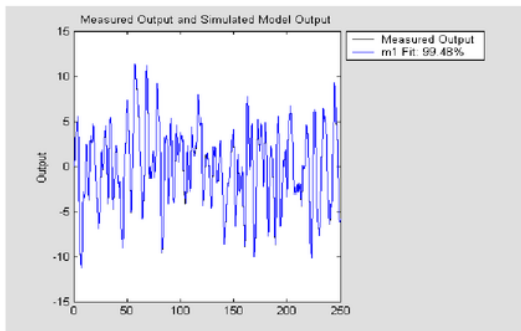
### 6.1 Hasil Percobaan

Dari tabel terlihat validasi pada tabel 1 diatas, yaitu *FPE*, *Loss function* maupun *AIC* optimum pada orde 2, yaitu terlihat FIT-nya 99,48% yang juga merupakan indikasi dari suatu performansi Sistem dan model diterima. Selanjutnya akan diamati dengan analisa residual dari hasil identifikasi dengan menggunakan analisa fungsi korelasi dan korelasi silang residual. Terlihat pada gambar 4, bahwa pada orde 2 mempunyai daerah tingkat kepercayaan 99,9%. Artinya residual dari masing-masing model terbaik tidak berkorelasi silang dengan masukan-keluaran, jadi residunya



Gambar 4. Analisa *Auto Correlation* dan *Cross Correlation Residual*

Kemudian dari hubungan input output antara model pengukuran dan model etimasi orde 2, secara visual bisa dilihat pada gambar berikut:

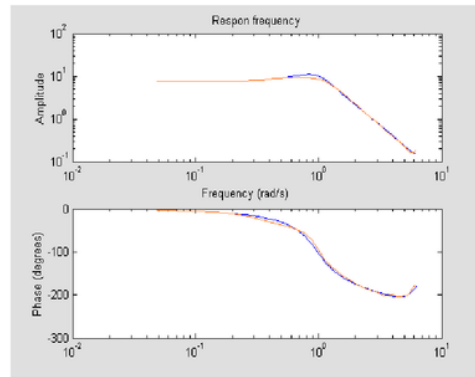


Gambar 5. Perbandingan Model estimasi dan model pengukuran

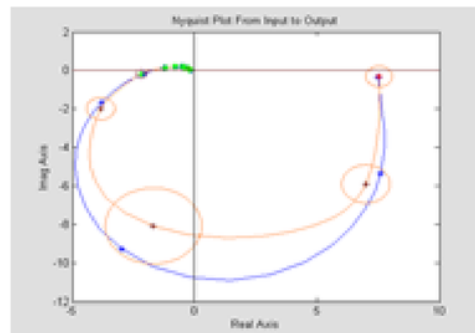
### 6.2 Analisa Hasil

Pada tabel data identifikasi terlihat fit dari kedua output adalah 99,48%, ini menyatakan bahwa hasil keluaran dari model estimasi bisa mengikuti model pengukuran, berarti model estimasi bisa diterima. Pada respon frequency model estimasi dan model pengukuran terlihat pada gambar 6, untuk model estimasi telah mengikuti respon model pengukuran, walaupun ada sedikit sekali perbedaan, baik amplitudo maupun beda fasa.

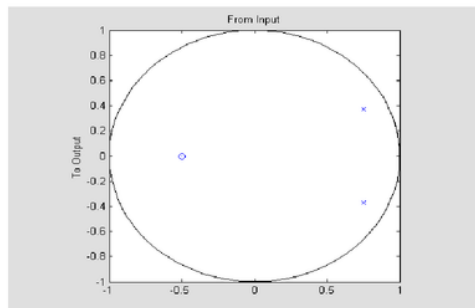
Pada gambar 8 adalah posisi pole dan zero dari model yang dipilih, pada gambar terlihat bahwa tidak memungkinkan untuk menghilangkan (*cancellation*) pole dan zero.



Gambar 6. Frequency Respon Model Estimasi dan Pengukuran



Gambar 7 Nyquist model Estimasi dan Pengukuran



Gambar 8. Posisi Pole dan Zero

## VII. KESIMPULAN

Dari keseluruhan proses identifikasi yang dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut :

Untuk analisa visual diperlihatkan pada gambar 5, yaitu pasangan data keluaran estimasi mampu menyamai (mengikuti) data keluaran model pengukuran dengan baik.

Hasil identifikasi diperoleh model dengan orde Sistem adalah 2, dan parameter model adalah :

$$\begin{aligned} a_0 &= 1 \\ a_1 &= -1,5 \\ a_2 &= 0,7 \\ b_0 &= 0 \\ b_1 &= 1 \\ b_2 &= 0,5 \end{aligned}$$

Dari analisa spectral, data Sistem (model) adalah linier dan tidak ada noise.

Pada proses identifikasi secara keseluruhan dan dengan melakukan analisa data, maka model yang diperoleh sudah baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dharma Aryani, Muhammad Thahir, Sistem Identifikasi Model Dinamik Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC) Dalam Struktur Blok Wiener, Prosiding Seminar Hasil Penelitian (SNP2M) 2018 (pp.246-251).
- [2] Hanif Ryanas Putra, Yusuf Bilfaqih, Optimalisasi Pembangkit Listrik Pada 15 G pada PT. Indonesia Power Up Grati Pasuruan, Jurnal Teknik ITS Vol. 6, 3 o. 2 (2017), 2337-3520 (2301-928X Print)
- [3] Aimie Khuriati RS, Identifikasi dan Perancangan Pengendali PID Menggunakan Penduga ARX Sistem Pemanas Udara, Jurnal Fisika Indonesia, Vol. 7, No. 51, pp. 1 - 5, Desember 2013.
- [4] G.D. Nusantoro, M. Aziz, Teguh Busi W, Identifikasi Sistem Plant Suhu Dengan Metode Recursive Least Square, Jurnal EECCIS, Vol. 6, No. 1, pp. 67-74, Juni 2012.
- [5] Konan J, Yamashita Y, Tanaka T , Tashiro A, Daiguji M, " Practical application of model identification based on ARX models with transfer functions , Control Engineering Practice, 2012,
- [6] Arjoni Amir, Pemodelan Reaktor Riset Kartini Menggunakan Model ARX, Prima, Vol. 3, No. 6, pp. 56-61, November 2006.
- [7] R. Haber and L. Kevieczky, *Nonlinier Sistem Identifikasi Inpput-Output Modeling Approach*, volume 1: Nonlinier Sistem Parameter Identification, 1999.
- [8] R. Haber and L. Kevieczky, "Nonlinier Sistem Identifikasi Inpput-Output Modeling Approach", volume 2: Nonlinier Sistem Parameter Identification, 1999.
- [9] Howard T,S Fan Bengt C, S, B " Least Squares Parameter Estimation of Continuous-Time ARX Models from Discrete-Time Data" IEEE Transactions On Automatic Control, Vol. 42, No. 5, May 1997
- [10] Rolf, Johansson, *Sistem Modelling and Identification*, Englewood Cliffs: Printice Hall Inc, 1993.
- [11] R. Haber, H. Unbehauen, *Structure Identification of nonlinier Dynamic Sistem – A Survey on Input/output Aproaches*, Automatica, 1990, Vol. 26, No. 4, pp.651-677. 1990.
- [12] Landau, ID, "Sistem indentification and Control design", Englewood Clif Printice Hall Inc. 1990.
- [13] Ljung, Lennart, "Sistem Identification: Theory for the User", Printice Hall Inc, Englewood Cliffs, 1987.

# Pemodelan Sistem Dengan Metoda Identifikasi Parameter Menggunakan Pendekatan Model ARX (Autoregressive Exogenous)

ORIGINALITY REPORT

# 18%

SIMILARITY INDEX

## PRIMARY SOURCES

1	<a href="http://jurnal.untan.ac.id">jurnal.untan.ac.id</a> Internet	126 words — 4%
2	<a href="http://ejournal.undip.ac.id">ejournal.undip.ac.id</a> Internet	58 words — 2%
3	<a href="http://media.neliti.com">media.neliti.com</a> Internet	28 words — 1%
4	D.S. Bernstein. "Identification of FIR Wiener systems with unknown, noninvertible, polynomial nonlinearities", Proceedings of the 2002 American Control Conference (IEEE Cat No CH37301) ACC-02, 2002 Crossref	26 words — 1%
5	<a href="http://www.math.rug.nl">www.math.rug.nl</a> Internet	26 words — 1%
6	Toshiro Kumon, Makoto Iwasaki, Tatsuya Suzuki, Tomonori Hashiyama, Nobuyuki Matsui, Shigeru Okuma. "Nonlinear System Identification for Mechatronics Systems by Genetic Algorithm", IEEJ Transactions on Industry Applications, 2000 Crossref	23 words — 1%
7	Soinne, E.. "Aerodynamically balanced ailerons for a commuter aircraft", Progress in Aerospace Sciences, 200108 Crossref	19 words — 1%



8	<a href="http://tf.lib.itb.ac.id">tf.lib.itb.ac.id</a> Internet	18 words — 1%
9	<a href="http://jurnal.poliupg.ac.id">jurnal.poliupg.ac.id</a> Internet	17 words — 1%
10	<a href="http://ar.scribd.com">ar.scribd.com</a> Internet	16 words — 1%
11	Yangyong Jiang. "Predictive Control applied Queuing Strategy in Networked Control Systems", 2006 1ST IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications, 05/2006 Crossref	16 words — 1%
12	<a href="http://repository.maranatha.edu">repository.maranatha.edu</a> Internet	15 words — 1%
13	J. Song. "A partially asynchronous and iterative algorithm for distributed load balancing", [1993] Proceedings Seventh International Parallel Processing Symposium, 1993 Crossref	15 words — 1%
14	Wang, Lisha, and L.-I. W. Roeger. "Nonstandard finite difference schemes for a class of generalized convection-diffusion-reaction equations : Nsf Schemes", Numerical Methods for Partial Differential Equations, 2014. Crossref	14 words — < 1%
15	<a href="http://ejurnal.its.ac.id">ejurnal.its.ac.id</a> Internet	13 words — < 1%
16	<a href="http://nectar.kaist.ac.kr">nectar.kaist.ac.kr</a> Internet	11 words — < 1%
17	Jean-Pierre Corriou. "Process Control", Springer Nature, 2018 Crossref	9 words — < 1%

- 
- 18 [sapijogja.blogspot.com](http://sapijogja.blogspot.com)  
Internet 8 words — < 1%
- 
- 19 Søren Johansen, Ernst Schaumburg. "Likelihood analysis of seasonal cointegration", *Journal of Econometrics*, 1999  
Crossref 8 words — < 1%
- 
- 20 [www.shmrwl.com](http://www.shmrwl.com)  
Internet 8 words — < 1%
- 
- 21 [pmiunisdalamongan.blogspot.com](http://pmiunisdalamongan.blogspot.com)  
Internet 8 words — < 1%
- 
- 22 [id.scribd.com](http://id.scribd.com)  
Internet 8 words — < 1%
- 
- 23 Rendyansyah Rendyansyah, Kanda Januar Miraswan. "Sistem Navigasi Robot Hexapod Menggunakan Behavior Dan Learning Vector Quantization", *ELKHA*, 2019  
Crossref 8 words — < 1%
- 
- 24 C. V. M. van der Mee. "Albedo operators and H-equations for generalized kinetic models", *Transport Theory and Statistical Physics*, 1984  
Crossref 7 words — < 1%
- 
- 25 Olivier G.. "Model Structures Used in Rotor Defect Identification of a Squirrel Cage Induction Machine", 2006 Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering, 05/2006  
Crossref 6 words — < 1%
- 
- 26 F.Trias Pontia Wigyantanto, Neilcy Tjahjamoonsih, Fitri Imansyah. "Rancang Bangun Model Reflektor Yagi Bolik Terhadap Pengaruh Hasil Penguatan Sinyal Antena", *ELKHA*, 2019  
Crossref 6 words — < 1%

---

EXCLUDE QUOTES      OFF

EXCLUDE MATCHES      OFF

EXCLUDE  
BIBLIOGRAPHY      ON