

ESTIMASI PARAMETER MOTOR ARUS SEARAH MENGUNAKAN METODA LEAST-SQUARE ESTIMATOR

Iskandar Azis

Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Almuslim Bireuen

ABSTRAK

Estimasi parameter motor arus searah dengan menggunakan pendekatan perumusan model plant motor DC dengan penerapan prinsip dasar elektromagnetik yang ada harus memperhitungkan berbagai parameter aktual yang mempengaruhinya dan tidak boleh diabaikan seperti gaya gesek, gaya pegas dan lain-lain. Keadaan ini menyebabkan bentuk model plant begitu kompleks dan tidak unik menggambarkan sistem tertentu. Oleh karena itu perlu suatu pendekatan lain untuk melihat karakteristik sistem secara unik dan dapat digunakan sebagai model simulasi yang merepresentasikan sistem yang sebenarnya. Identifikasi ini merupakan bentuk pendekatan terhadap plant yang sebenarnya dan karakteristik yang unik dapat direpresentasikan dalam parameter-parameter model estimasinya. Tulisan ini dimaksudkan untuk membentuk model estimasi yang sesuai pada plant motor arus searah dengan menggunakan metoda least-square estimator (LSE).

Kata kunci : Identifikasi parameter, motor arus searah, metoda LSE

PENDAHULUAN

Salah satu aplikasi penggunaan kontrol umpan balik adalah pengontrolan posisi beban inersia menggunakan motor listrik. Beban inersia bisa terdiri dari beban berat, massive object seperti antena radar atau objek kecil seperti presisian instrument. Aspek penting dalam desain sistem kontrol adalah pemilihan motor listrik yang sesuai, dan mampu memenuhi respon dinamik yang diinginkan dan pertimbangan lain mengenai biaya ukuran dan berat.

Motor listrik adalah suatu device yang mengkonversi energi listrik (input) ke bentuk energi mekanik (output), Hubungan transfer energi electromechanical secara ideal dirumuskan dalam hukum Faraday tentang induksi dan hukum amphere untuk membangkitkan gaya pada konduktor bergerak di dalam medan magnet. Torka yang dihasilkan pada sumbu motor (shaft) berbanding lurus dengan arus input pada motor, dan gaya gerak listrik induksi v berbanding lurus dengan laju rotasi ω .

$$\tau = K_1 I ; v = K_2 \omega$$

daya listrik p_e yang merupakan input bagi motor adalah perkalian dari arus dan gaya gerak listrik induksi

$$P_e = vi = \frac{K_2 \omega \tau}{K_1}$$

Daya output mekanik adalah perkalian dari torak dan kecepatan angular

$$P_m = \omega \tau$$

$$\text{Kemudian dari } P_e = vi = \frac{K_2}{K_1} P_m$$

Jika efisiensi konversi energi mencapai 100 persen maka

$$K_1 = K_2 = K$$

Jika efisiensi konversi energi lebih kecil

$$\text{dari 100 persen maka } \frac{K_2}{K_1} > 1$$

Untuk menentukan sifat dari sistem kita membutuhkan hubungan antara tegangan input e dengan gaya gerak listrik emf, dan antara torak dengan kecepatan angular dari motor. Ini diberikan sebagai

$$e - v = Ri$$

dimana R adalah resistansi listrik dari armature motor, dan

$$\tau = J \frac{d\omega}{dt}$$

Dimana J adalah inersia dari beban. Dari (1), (6) dan (7) diperoleh

$$J \frac{d\omega}{dt} = K_1 i = \frac{K_1}{R} (e - v)$$

$$J \frac{d\omega}{dt} = \frac{K_1}{R} e - \frac{K_1 K_2}{R} \omega$$

$$\frac{d\omega}{dt} = -\frac{K_1 K_2}{JR} \omega + \frac{K_1}{JR} e$$

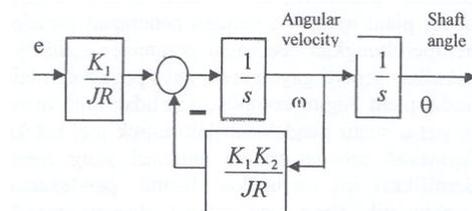
Persamaan ini merupakan persamaan orde pertama dengan kecepatan angular ω sebagai variabel keadaan dengan e sebagai input kontrol eksternal. Model orde pertama seperti pada (9) cocok digunakan untuk kontrol kecepatan dari perpustakaan sumbu. Jika diketahui persamaan diferensial berikut :

$$\frac{d\theta}{dt} = \omega$$

Persamaan (9) dan (10) dapat dibentuk menjadi bentuk matrik vector berikut:

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} \theta \\ \omega \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & -K_1 K_2 / JR \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \theta \\ \omega \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0 \\ K_1 / JR \end{bmatrix} e$$

Dan diagram blok yang merepresentasikan dinamika motor DC seperti terlihat pada gambar 1



Gambar 1 Dinamika motor dc

Estimasi Least-Square pada model Fungsi Transfer Kontinyu

Model least-square dapat digunakan untuk mengestimasi parameter dalam fungsi tranfer kontinyu. Bentuk model kontinyu dapat ditulis sebagai

$$\frac{d^n y}{dt^n} + a_1 \frac{d^{n-1} y}{dt^{n-1}} + \dots + a_n y = b_1 \frac{d^{n-1} u}{dt^{n-1}} + \dots + a_n u$$

Yang dapat ditulis juga sebagai

$$A(p) y(t) = B(p) u(t)$$

Estimasi least-square pada amodel kontinyu diperoleh dengan meminimalkan kriteria.

$$V(\theta) = \int_0^t e^{-\alpha(t-s)} \cdot (y(s)\theta)^2 ds$$

Dan dapat ditunjukkan bahwa kriteria ini akan minimal jika

$$\left(\int_0^t e^{-\alpha(t-s)} \varphi(s) \varphi^T(s) ds \right) \hat{\theta}(t) = \int_0^t e^{-\alpha(t-s)} \varphi(s) y(s) ds$$

Sehingga nilai prameter estimasi model dapat ditentukan dari persamaan berikut:

$$\frac{d\hat{\theta}}{dt} = P(t) \varphi(t) e(t)$$

dimana

$$e(t) = y(t) - \varphi^T(t) \hat{\theta}(t)$$

dan

$$P(t) = \left(\int_0^t \varphi^T(s) \varphi(s) ds \right)^{-1}$$

Implementasi Esimasi Least-Square pada Plat Motor Listrik dengan Beban

Model plant motor listrik akandiestimasi dengan model plant orde pertama sehingga dengan memasukkan nilai $n = 1$ ke dalam persamaan, maka model persamaan model plant menjadi

$$\begin{aligned} \frac{dy}{dt} + a_1 y &= b_1 u \\ s y(s) + a_1 y(s) &= b_1 u(s) \\ a_1 y(s) &= b_1 u(s) - s y(s) \\ (a_1 + s)y(s) &= b_1 u(s) \\ \frac{y}{u}(s) &= \frac{b_1}{s + a_1} \end{aligned}$$

Output model plant dapat dituliskan sebagai

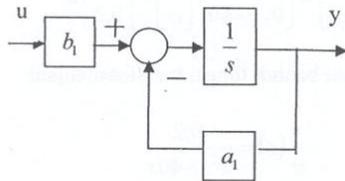
$$y(t) = \int_0^t \theta^T \theta \theta$$

dengan

$$\theta = \begin{bmatrix} a_1 \\ b_1 \end{bmatrix} \text{ dan}$$

$$T = [-y \ u]$$

Sehingga diagram blok model estimasi terlihat pada gambar



Gambar 2 Blok Model Simulasi

Sementara

$$\begin{aligned} P(t) &= \left(\int_0^t \varphi^T(s) \varphi(s) ds \right)^{-1} = \\ &= \frac{1}{\int_0^t (y^2 + u^2) ds} \end{aligned}$$

Dengan demikian algoritma estimasi parameter model plant memenuhi persamaan berikut:

$$\begin{aligned} \begin{pmatrix} \frac{da_1}{dt} \\ \frac{db_1}{dt} \end{pmatrix} &= \frac{1}{\int_0^t (y^2 + u^2) ds} \begin{pmatrix} -y \\ u \end{pmatrix} e(t) \\ &= \frac{1}{\int_0^t (y^2 + u^2) ds} \begin{pmatrix} -y \\ u \end{pmatrix} (y(t) - \hat{y}(t)) \end{aligned}$$

HASIL SIMULASI

Dengan menggunakan nilai parameter plant sebagai :

$$K_1 = K_2 = K = 2$$

$$L = 2; J = 1; R = 10$$

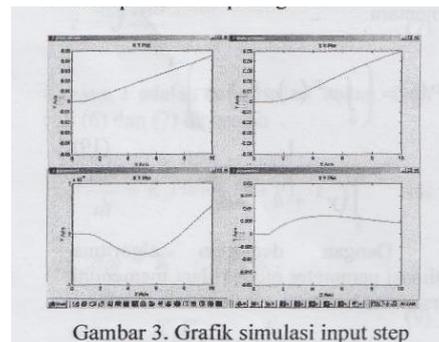
Maka persamaan state space plant motor listrik adalah

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} \theta \\ \omega \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & -40 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \theta \\ \omega \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0 \\ 0,2 \end{bmatrix} e$$

Atau dalam bentuk fungsi transfer menjadi

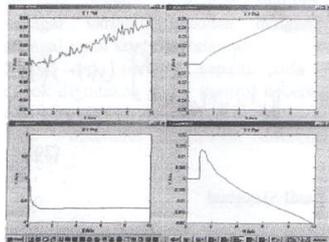
$$\frac{y}{u}(s) = \frac{0,2}{s^2 + 40s}$$

Hasil simulasi untuk step tanpa noise diperhatikan pada gambar



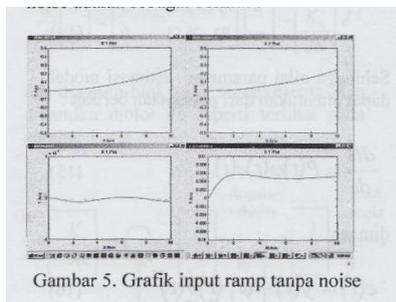
Gambar 3. Grafik simulasi input step

Untuk input step dengan white noise power 10^{-6}



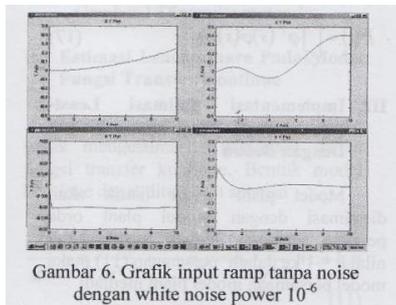
Gambar 4. Grafik Input step dengan white noise power 10^{-6}

Hasil simulasi untuk input ramp tanpa noise adalah sebagai berikut:



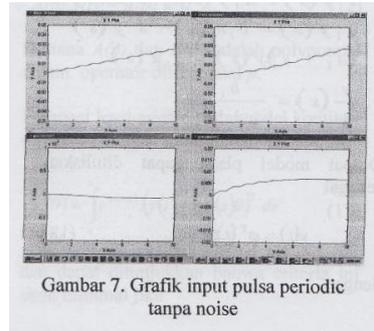
Gambar 5. Grafik input ramp tanpa noise

Untuk ramp dengan white noise power 10^{-6}



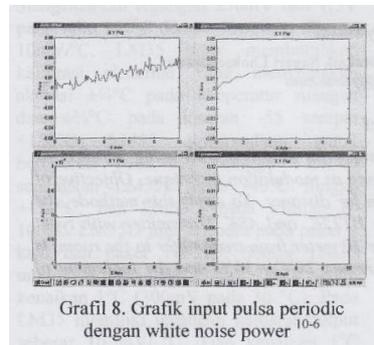
Gambar 6. Grafik input ramp tanpa noise dengan white noise power 10^{-6}

Hasil simulasi untuk input pulsa periodik tanpa noise adalah sebagai berikut:



Gambar 7. Grafik input pulsa periodic tanpa noise

Untuk input pulsa periodik dengan white noise power 10^{-6} adalah sebagai berikut



Grafik 8. Grafik input pulsa periodic dengan white noise power 10^{-6}

KESIMPULAN

1. Simulasi menunjukkan estimasi least-square memberikan hasil estimasi yang cukup baik dengan parameter model estimasi sebagai fungsi dari waktu. Pengaruh white noise tidak banyak mempengaruhi state estimasi karena dikompensasi dengan perubahan parameter model.
2. Dari hasil simulasi dapat dilihat untuk input stationer (step dan ramp) parameter pertama a_1 memegang peranan penting dalam mengkompensasi white noise. Semakin besar white noise power yang diberikan maka parameter a_1 akan bertambah besar.

Saran

Hasil ini tentunya akan lebih baik jika pendekatan model estimasi menggunakan model orde dua, dengan model estimasi

orde dua ini, jumlah parameter estimasinya menjadi empat.

DAFTAR PUSTAKA

Bernard Friedland (1987). Control System Design, An Introduction to State Space, hlm 19-20, Me GrawHill

Karl Johan Astrom, Bjorn Wittenmark, (1989), Adaptive control, Addisonwesley publishing company.

Kwakemaak H. dan Sivan Raphael. (1976).Linear - Optimal Control System. John Wiley & Sons,Inc New York.

Toannou, P. dan S. Jing. (1996). Robust Adaptive Control. PrenticeHall. New Jersey

Wayne Bequette B, (1998) Process Dynamics Modeling, Analysis and Simulation, Prentice Hall International Inc.