

FUZZY ADAPTIF DENGAN ALGORITMA PROPAGASI BALIK (BACKPROPAGATION) UNTUK SISTEM KENDALI

Erwin Susanto, S.T., M.T.

*Departemen Teknik Elektro, Institut Teknologi Telkom Bandung
Jl. Telekomunikasi Ters. Buah Batu Bandung 40257
ews@ittelkom.ac.id*

ABSTRAK

Fuzzy adaptif merupakan algoritma untuk menyelesaikan persoalan dengan logika fuzzy, dimana aturan yang dibangun bersifat adaptif melalui skema pembelajaran. Proses pembelajaran untuk membangkitkan aturan. Makalah ini akan menjelaskan fuzzy adaptive yang diaplikasikan pada sistem kendali, kemudian dibandingkan dengan sistem semula dan sistem dengan umpan balik. Hasil yang didapatkan menunjukkan settling time dan rise time yang lebih baik yakni 1.9 detik dan 0.55 detik. Kecepatan respon mengakibatkan overshoot sebesar 24%. Meski demikian, overshoot masih lebih baik dari pada sistem close loop.

Kata kunci : fuzzy, adaptif, pembelajaran

FUZZY ADAPTIF

Fuzzy adaptif merupakan algoritma untuk menyelesaikan persoalan dengan logika fuzzy, dimana aturan yang dibangun bersifat adaptif melalui skema pembelajaran. Proses pembelajaran digunakan untuk membangkitkan aturan, sehingga permasalahan pemilihan bentuk dan letak fungsi keanggotaan dan aturan yang sesuai dapat diatasi [3].

Teori fuzzy sets menyediakan perhitungan sistematis yang mengacu pada informasi linguistik yang seringkali lebih mudah dipahami oleh manusia. Kombinasi proses penalaran dengan logika fuzzy dan identifikasi sistem menggunakan algoritma back propagasi bertujuan untuk meningkatkan kinerja sistem [2]

Makalah ini akan menjelaskan fuzzy adaptive yang diaplikasikan pada sistem kendali. Parameter-parameter fungsi keanggotaan diubah-ubah menggunakan pembelajaran backpropagasi. Secara umum, untuk membentuk sistem kendali dengan fuzzy adaptif meliputi identifikasi model fuzzy, desain kendali fuzzy dan adaptasi parameter fuzzy berdasarkan model fuzzy yang dibangun. Model fuzzy yang dibentuk memiliki fungsi keanggotaan:

$$f(x) = \frac{\sum_{l=1}^M y^{-l} \left[\prod_{i=1}^N a_i^l \exp \left(- \left(\frac{x_i - x_i^{-l}}{\sigma_i^l} \right)^2 \right) \right]}{\sum_{l=1}^M \left[\prod_{i=1}^N a_i^l \exp \left(- \left(\frac{x_i - x_i^{-l}}{\sigma_i^l} \right)^2 \right) \right]} \quad (1)$$

Parameter yang diubah-ubah dengan fuzzy adaptif adalah:

$$y^{-l} \in V, a_i^l \in [0,1], x_i^{-l} \in U_i \text{ dan } \sigma_i^l$$

Dimana:

V semesta pembicaraan keluaran, U_i semesta pembicaraan masukan, M adalah jumlah aturan, N jumlah masukan x_i^l , σ_i^l masing-masing nilai tengah dan lebar fungsi keanggotaan.

Proses adaptasinya adalah jika diketahui pasangan input-output (x^p, y^p) , maka bagaimana mendapatkan error yang paling minimal dengan mengubah parameter-parameter fuzzy adaptif tersebut:

$$e^p = \frac{1}{2} (f(x^p) - y^p)^2 \quad (2)$$

Adaptasi parameter titik tengah fungsi keanggotaan output:

$$y^l(q+1) = y^l(q) - \alpha \frac{\partial e}{\partial y^l} \quad (3)$$

Dimana α konstanta pembelajaran yang ditentukan, $q=0,1,2,\dots, i=1,2,\dots,N, l=1,2,\dots,M$

Untuk mempermudah, diasumsikan bahwa:

$$a = \sum_{l=1}^M (y^l z^l) \quad (4)$$

$$b = \sum_{l=1}^M z^l \quad (5)$$

$$z^l = \prod \exp \left(- \left(\frac{x_i - x_i^l}{\sigma_i^l} \right)^2 \right) \quad (6)$$

Dengan demikian, pers (1) dapat dituliskan lagi:

$$f(x) = \frac{b}{a} \quad (7)$$

$$\text{Untuk } \frac{\partial e}{\partial y^l} = (f - y) \frac{1}{b} z^l \quad (8)$$

Maka pers.(3) dapat dituliskan kembali:

$$y^l(q+1) = y^l(q) - \alpha \frac{f - y}{b} z^l \quad (9)$$

Untuk melatih titik tengah fungsi keanggotaan input:

$$\bar{x}_i^l(q+1) = \bar{x}_i^l(q) - \alpha \frac{\partial e}{\partial \bar{x}_i^l} \quad (10)$$

Dimana α konstanta pembelajaran yang ditentukan, $q=0,1, 2, \dots, i=1,2, \dots, N, l=1,2, \dots, M$

Untuk

$$\frac{\partial e}{\partial \bar{x}_i^l} = \frac{f - y}{b} (y^l(q) - f) z^l \frac{2(x_i - \bar{x}_i^l(q))}{\sigma_i^l(q)^2} \quad (11)$$

Maka pers.(10) dapat dituliskan lagi:

$$\bar{x}_i^l(q+1) = \bar{x}_i^l(q) - \alpha \frac{f - y}{b} (y^l(q) - f) z^l \frac{2(x_i - \bar{x}_i^l(q))}{\sigma_i^l(q)^2} \quad (12)$$

Sedangkan untuk lebar fungsi keanggotaan input, dengan cara yang sama, proses adaptasinya berikut ini:

$$\sigma_i^l(q+1) = \sigma_i^l(q) - \alpha \frac{f - y}{b} (y^l(q) - f) z^l \frac{2(x_i - \bar{x}_i^l(q))^2}{\sigma_i^l(q)^3} \quad (13)$$

Dimana $q=0,1, 2, \dots, i=1,2, \dots, N, l=1,2, \dots, M$

Pers.(9), pers.(12) dan pers.(13) merupakan proses adaptasi parameter fungsi keanggotaan fuzzy [1].

Adapun langkah-langkah pembelajaran dengan algoritma backpropagasi meliputi penentuan jumlah aturan, besarnya error yang diinginkan, konstanta pembelajaran, dan nilai inisial parameter fungsi keanggotaan input, lebar fungsi keanggotaan dan output. Selanjutnya adalah menghitung output model fuzzy dari pasangan data input-output yang tersedia. Langkah berikutnya adalah mengadaptasi parameter-parameter seperti pada pers. (9), pers.(12) dan pers.(13). Hasil perhitungan dipakai sebagai nilai inisial untuk proses pembelajaran berikutnya. Nilai error berdasarkan pers. (2) dihitung untuk menilai kriteria yang diinginkan, jika error masih lebih besar dari yang diinginkan maka langkah pembelajaran diulang dengan data pasangan input-output selanjutnya dan nilai inisial dari langkah sebelumnya yang telah dijelaskan, sampai diperoleh kriteria error yang diinginkan.

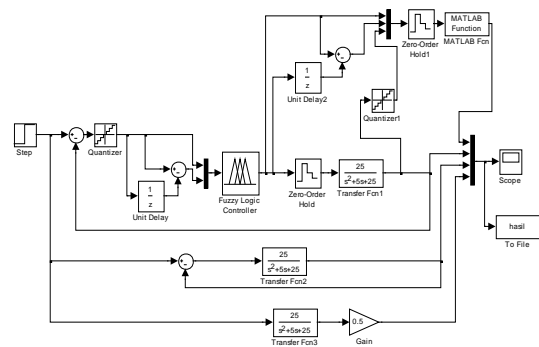
DESAIN KENDALI FUZZY

Untuk desain kendali fuzzy, pada makalah ini, masing-masing input yakni sinyal error dan delta error dan output tersusun atas lima fungsi keanggotaan yakni negatif besar, negatif kecil, nol, positif kecil, dan positif besar.

Jumlah aturan yang dapat disusun maksimal dua puluh lima. Algoritma desain kendali fuzzy meliputi fuzzifikasi, proses penalaran termasuk didalamnya membentuk aturan, dan defuzzifikasi. Parameter input meliputi sinyal error dan delta error. Fungsi keanggotaan berbentuk distribusi gaussian, dengan lima fungsi keanggotaan.

PEMBAHASAN DAN HASIL

Dimisalkan plant yang dikontrol merupakan system orde dua dengan frekuensi alami $\omega_n = 5$ rad/s dan factor peredaman $\zeta = 0.5$, yakni sistem tak teredam (under damped).

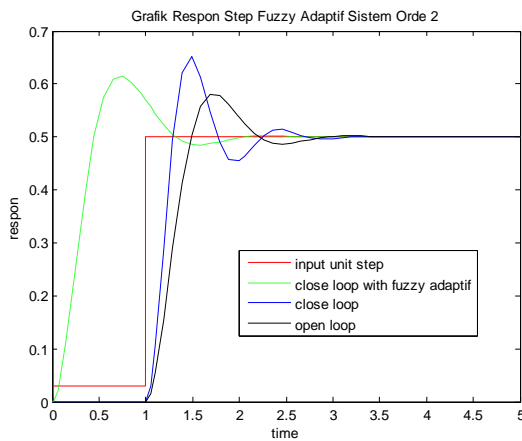


Gambar 1 . Model Kendali Fuzzy Adaptif

Pada dasarnya, plant yang dikontrol dapat merupakan sistem yang non linier maupun sistem yang model matematikanya tidak atau sulit diketahui, adapun simulasi pada makalah ini membutuhkan contoh plant dengan model matematikanya. Analisis akan dilakukan dengan membandingkan tanggapan unit step untuk sistem open loop, sistem close loop dengan umpan balik sama dengan satu dan sistem kendali fuzzy adaptif close loop dengan umpan balik sama dengan satu. Pasangan data yang dipakai dapat ditentukan sendiri maupun didapatkan dari hasil simulasi untuk sistem close loop.

Model sistem kendali fuzzy adaptif dapat dilihat pada gambar berikut ini:

Grafik tanggapan unit step pada sistem orde dua dengan spesifikasi tersebut diatas dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 2. Kinerja Sistem terhadap respon unit Step

Hasil yang diperoleh ditabelkan berikut ini:
Tabel1. Parameter Kinerja

No	Sistem	overshoot	Rise time	Settling time
1.	Fuzzy Adaptif	24%	0.55	1.9
2.	Close Loop	32%	1.35	2.7
3.	Open Loop	16%	1.5	2.8

Parameter kinerja system yang diukur adalah overshoot, waktu naik (rise time) dan waktu mantap (settling time)

PENUTUP

Terlihat bahwa respon fuzzy adaptif memiliki keunggulan pada kecepatan respon sistem. Ini dapat dipahami karena system telah belajar pada pasangan data input-output sehingga menjadi lebih 'pintar'. Hanya saja kecepatan respon berakibat pada overshoot yang cenderung meningkat. Fuzzy adaptif juga lebih cepat stabil yang ditunjukkan dengan waktu mantapnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Ari Santoso, Sistem Pengaturan Adaptif dengan Logika Fuzzy, Bahan Kuliah Intelligent Control, Sistem Pengaturan JTE ITS
- [2]. Mukul Jain, P. K. Butey, Manu Pratap Sing (2007), Classification of Fuzzy-Based Information using Improved Backpropagation Algorithm of Artificial Neural Networks, International Journal of Computational Intelligence Research
- [3]. Son Kuswadi (2000), Kendali Cerdas. Diktat Kuliah PENS
- [4]. Zadeh (1965). Fuzzy Sets, Information and Control