

Perbandingan Penggunaan Jumlah dan Jenis Fungsi Keanggotaan Pada Metode Logika Fuzzy Untuk Pengontrolan Frekuensi Beban

I Made Mataram
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik UNUD
Badung, Bali
Email: mataram@unud.ac.id

Abstrak-Frekuensi adalah parameter yang sangat penting pada sistem tenaga listrik, sehingga perlu dipertahankan konstan. Frekuensi sistem tergantung pada keseimbangan daya aktif. Perubahan kebutuhan daya aktif pada operasi sistem menyebabkan terjadinya perubahan frekuensi. Penyimpangan frekuensi dari nilai nominal harus selalu dalam batas toleransi yang diijinkan ($50 \pm 2,5$ Hz). Untuk menjaga frekuensi dalam keadaan stabil, maka diperlukan sistem pengontrolan frekuensi beban. Saat ini dikembangkan pengontrolan dengan metode logika fuzzy dan pada tulisan ini akan dibahas perbandingan penggunaan jumlah dan jenis fungsi keanggotaan. Jumlah dan jenis fungsi keanggotaan berpengaruh terhadap unjuk kerja pengontrolan. Dari hasil analisis diperoleh perbandingan pengontrolan frekuensi beban logika fuzzy menggunakan 7 fungsi keanggotaan lebih baik dengan 5 fungsi keanggotaan, sedangkan jenis fungsi keanggotaan gauss menghasilkan unjuk kerja yang lebih baik.

Kata kunci : fungsi keanggotaan, logika fuzzy, pengontrolan frekuensi beban

I. PENDAHULUAN

Stabilitas sistem tenaga listrik merupakan permasalahan yang tidak dapat diabaikan, karena dapat berpengaruh cukup besar terhadap sistem secara keseluruhan. Stabilitas dapat dipengaruhi oleh adanya gangguan transien dan gangguan yang bersifat dinamik (disekitar titik kerja yang diakibatkan oleh perubahan beban yang relative kecil). Salah satu gangguan yang akan dibahas dalam paper ini adalah gangguan dinamik. Gangguan dinamik bisa mempengaruhi pembangkitan daya mekanik pada sistem tenaga listrik, ini bertujuan untuk menjaga stabilitas sistem akibat adanya gangguan dinamik. Pada sistem interkoneksi, banyak sistem pembangkit besar dan kecil yang terhubung secara sinkron melalui saluran transmisi. Frekuensi sistem tenaga listrik tergantung pada keseimbangan sistem daya aktif. Penurunan frekuensi dapat terjadi jika daya yang dibangkitkan pada sistem tenaga listrik lebih kecil dari beban, dan sebaliknya jika daya yang dibangkitkan sistem tenaga listrik lebih besar daripada beban, maka akan terjadi peningkatan frekuensi. Menurut Prabha (1994), Penyimpangan frekuensi dari nilai nominal 50 Hz, harus selalu dalam batas toleransi yang diijinkan yaitu $50 \pm 2,5$ Hz. Ini berarti bahwa suplai daya listrik dari generator saat terjadi gangguan dinamik, bekerja pada range frekuensi 47,5 Hz – 52,5 Hz.

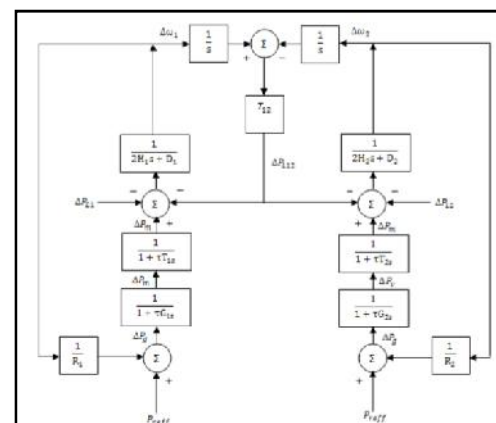
Hubungan antara generator dan penggerak mula menggambarkan perputaran 2 torsi yang berbeda yaitu torsi mekanik (T_m) yang berperan menambah kecepatan dan torsi elektrik (T_e) berperan untuk melakukan perlambatan. Ketika T_m dan T_e mempunyai nilai yang sama, maka kecepatan putaran (ω) akan konstan. Pergerakan T_m disebabkan oleh penggerak mula, sedangkan T_e disebabkan oleh perubahan beban. Daya (P) yang dihasilkan merupakan hubungan perkalian antara torsi (T) dan kecepatan putaran (ω). Dengan demikian, untuk mencapai keadaan frekuensi yang *steady state* maka pembangkitan daya mekanik (P_m) dan perubahan beban elektrik (P_e) harus sama. Oleh karena itu, frekuensi bukan besaran konstan tetapi merupakan besaran yang terus menerus berubah sesuai dengan perubahan beban sehingga diperlukan sistem pengaturan frekuensi beban yaitu *load frequency control/LFC* [9].

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Load Frequency Control Interkoneksi Dua Area

Pada sistem interkoneksi dua area dihubungkan dengan sebuah reaktansi *tie line* (saluran penghantar) X_{tie} . Deviasi frekuensi kondisi yang tunak (*steady state*) untuk interkoneksi dua area adalah sama, yaitu tergantung pada perubahan beban ΔP_L . Perubahan frekuensi dirumuskan sebagai berikut :

$$\Delta f = \Delta \omega_1 = \Delta \omega_2 = \frac{-\Delta P_L}{\left(\frac{1}{R_1 + D_1}\right) + \left(\frac{1}{R_2 + D_2}\right)} \quad (1)$$



Gambar 1. Model Linier Interkoneksi Sistem Dua Area

Pada area 1, nilai kondisi yang tunak (*steady state*) dengan memperhitungkan penambahan beban area 1 oleh P_{L1} , dapat ditulis menjadi :

$$\Delta P_{m1} - \Delta P_{12} - \Delta P_{L1} = \Delta f D_1 \quad (2)$$

Dan untuk area 2

$$\Delta P_{m2} + \Delta P_{12} = \Delta f D_2 \quad (3)$$

Pembangkitan daya mekanik area 1 dan area 2 tergantung dari konstanta regulasi sistem, sehingga :

$$\Delta P_{m1} = -\frac{\Delta f}{R_1}, \Delta P_{m2} = -\frac{\Delta f}{R_2} \quad (4)$$

Dengan melakukan substitusi persamaan (2) kedalam persamaan (3), maka diperoleh :

$$\Delta f \left(\frac{1}{R_2} + D_2 \right) = \Delta P_{12} \quad (5)$$

$$\Delta f = \frac{-\Delta P_{L1}}{\left(\frac{1}{R_1} + D_1 \right) + \left(\frac{1}{R_2} + D_2 \right)} \quad (6)$$

dan

$$\Delta P_{12} = \frac{-\Delta P_{L1} \left(\frac{1}{R_1} + D_2 \right)}{\left(\frac{1}{R_1} + D_1 \right) + \left(\frac{1}{R_2} + D_2 \right)} \quad (7)$$

Sinyal kontrol perubahan beban (P_L) mempengaruhi penyimpangan aliran daya pada Area 1 dan penyimpangan frekuensi yang disebut dengan *Area Control Error* :

$$ACE = \Delta P_{21} + \left(\frac{1}{R_1} + D_1 \right) \Delta f \quad (8)$$

Penambahan beban pada area 1 sebesar P_{L1} , akan menurunkan frekuensi kedua area dan aliran daya pada saluran P_{12} . Perubahan daya dari area 2 ke 1 (P_{12}) bernilai negatif, menunjukkan terjadi aliran daya dari area 2 menuju area 1.

B. Logika Fuzzy (*Fuzzy Logic*)

Logika Fuzzy (*Fuzzy Logic*) adalah metodologi pemecahan masalah dengan beribu-ribu aplikasi dalam pengendali yang tersimpan dan pemrosesan informasi. *Fuzzy logic* menyediakan cara sederhana untuk menggambarkan kesimpulan pasti dari informasi yang ambigu, samar-samar, atau tidak tepat. Sedikit banyak, *fuzzy logic* menyerupai pembuatan keputusan pada manusia dengan kemampuannya untuk bekerja dari data yang ditafsirkan dan mencari solusi yang tepat.

III. METODE PENELITIAN

Data-data yang digunakan bersumber dari paper "*Teaching Power System Dynamics and Control Using SIMULINK*" oleh Saleh Aboreshaidan Sherif O. Faried, 1998.

IV. PEMBAHASAN

A. Load Frequency Control Menggunakan Fuzzy Logic

Untuk dapat memodelkan *load frequency control* dalam *fuzzy logic control* data penelitian yang diperlukan adalah nilai dari *area control error* (ACE) sebagai *input* 1, deviasi *area control error* (ACE) sebagai *input* 2 dan nilai frekuensi yang ditoleransi sebagai *output*.

Sinyal kontrol perubahan beban (P_L) mempengaruhi penyimpangan aliran daya pada Area 1 dan penyimpangan frekuensi yang disebut dengan *Area Control Error* (ACE).

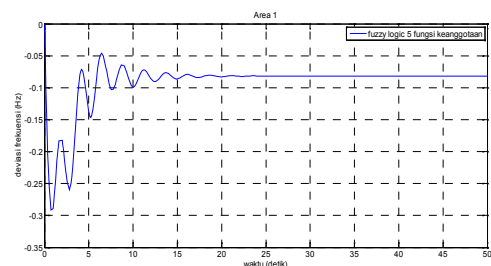
B. Fuzzy Logic 5 Fungsi Keanggotaan

Penggunaan 5 fungsi keanggotaan dalam *fuzzy logic* agar mempunyai nilai tengah yaitu *Zero* (ZE), nilai tengah ini berfungsi sebagai pembatas antara nilai *Negative* (N) dan nilai *Positive* (P). Lima kuantisasi tersebut adalah *Negative Big* (NB), *Negative Medium* (NM), *Zero* (ZE), *Positive Medium* (PM), dan *Positive Big* (PB).

Berdasarkan data yang diperoleh dari *load frequency control* menggunakan metode konvensional dapat diketahui *area control error* (ACE) adalah -0.1 pu.

a. Kurva Hasil Simulasi Area 1 (Gangguan Dinamik 0.1 pu)

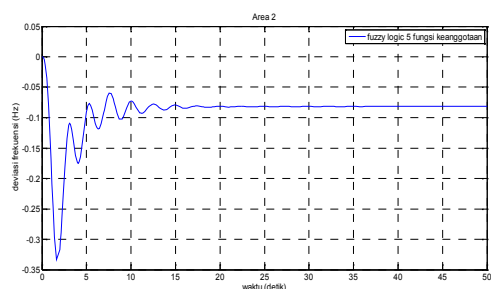
Kurva hasil simulasi area 1 ketika adanya gangguan dinamik 0.1 pu mengakibatkan adanya deviasi frekuensi (f_1) yaitu -0,08177 Hz dapat dilihat pada gambar 2 dibawah ini.



Gambar 2. Kurva hasil simulasi area 1 (gangguan dinamik 0.1 pu)

b. Kurva Hasil Simulasi Area 2 (Gangguan Dinamik 0.1 pu Area 1)

Kurva hasil simulasi area 2 akibat adanya gangguan dinamik 0.1 pu pada area 1 menghasilkan deviasi frekuensi pada Area 2 (f_2) yaitu -0,08177 Hz. Kurva deviasi frekuensi pada Area 2 (f_2) dapat dilihat pada gambar 3.



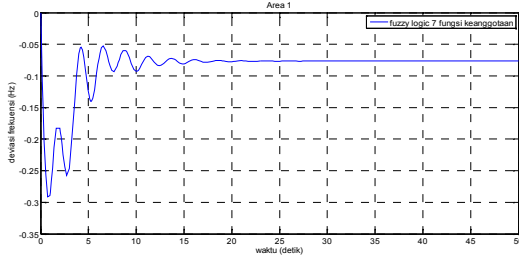
Gambar 3. Kurva hasil simulasi area 2 (gangguan dinamik 0.1 pu area 1)

C. Fuzzy Logic 7 Fungsi Keanggotaan

Penggunaan 7 fungsi keanggotaan dalam *fuzzy logic* agar mempunyai nilai tengah yaitu *Zero* (ZE), nilai tengah ini berfungsi sebagai pembatas antara nilai *Negative* (N) dan nilai *Positive* (P). Tujuh kuantisasi tersebut adalah *Negative Big* (NB), *Negative Medium* (NM), *Negative Small* (NS), *Zero* (ZE), *Positive Small* (PS), *Positive Medium* (PM), dan *Positive Big* (PB).

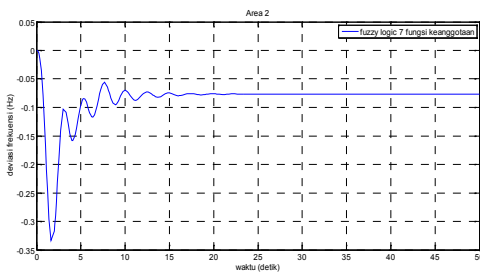
Berdasarkan data yang diperoleh dari *load frequency control* menggunakan metode konvensional dapat diketahui *area control error* (ACE) adalah -0.1 pu.

a. Kurva Hasil Simulasi Area 1 (Gangguan Dinamik 0.1 pu)
Kurva hasil simulasi area 1 ketika adanya gangguan dinamik 0.1 pu mengakibatkan adanya deviasi frekuensi (f_1) yaitu -0,07654 Hz dapat dilihat pada gambar 4 dibawah ini.



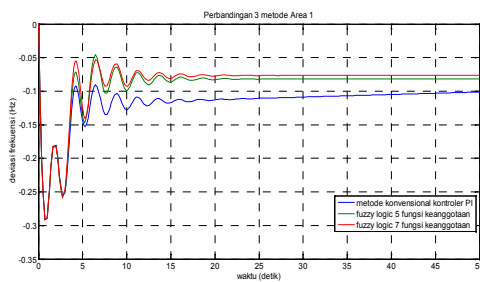
Gambar 4. Kurva hasil simulasi area 1 (gangguan dinamik 0.1 pu)

b. Kurva Hasil Simulasi Area 2 (Gangguan Dinamik 0.1 pu Area 1)
Kurva hasil simulasi area 2 akibat adanya gangguan dinamik 0.1 pu pada area 1 menghasilkan deviasi frekuensi pada Area 2 (f_2) yaitu -0,07654 Hz. Kurva deviasi frekuensi pada Area 2 (f_2) dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Kurva hasil simulasi area 2 (gangguan dinamik 0.1 pu area 1)

D. Perbandingan 3 Metode Load Frequency Control pada Area 1 (Gangguan Dinamik 0.1 pu)
Perbandingan 3 metode load frequency control (f_1) Area 1 saat terjadi gangguan dinamik sebesar 0.1 pu dapat dilihat pada gambar 6 adalah:



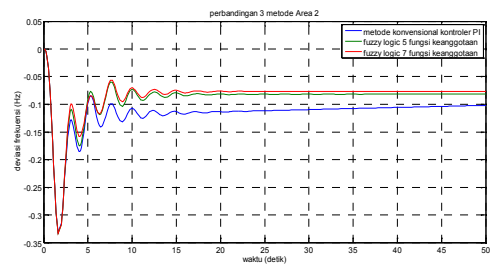
Gambar 6. Perbandingan 3 metode load frequency control (f_1) Area 1

Berdasarkan perbandingan 3 metode load frequency control (f_1) Area 1 pada gambar 4.9 dapat diperoleh parameter respon dinamik pada tabel I.

Tabel I. Hasil perbandingan 3 metode load frequency control pada Area 1

Area 1	Tipe Kontroler		
	Metode Konvensional Kontroler PI	Fuzzy logic 5 Fungsi Keanggotaan	Fuzzy Logic 7 Fungsi Keanggotaan
Peak time	0,71 detik	0,71 detik	0,7 detik
Area 1	Tipe Kontroler		
	Metode Konvensional Kontroler PI	Fuzzy logic 5 Fungsi Keanggotaan	Fuzzy Logic 7 Fungsi Keanggotaan
Dv,Ovrst	-0,285 Hz	-0,27 Hz	-0,265 Hz
Dv,StdS	-0,1019 Hz	-0,08177 Hz	-0,07654 Hz
Freks	49,8981 Hz	49,91823 Hz	49,92346 Hz
%Error	0,9 %	0,85 %	0,8 %

E. Perbandingan 3 Metode Load Frequency Control pada Area 2 (Gangguan, Dinamik 0.1 pu Area 1)
Perbandingan 3 metode load frequency control (f_2) Area 2 saat terjadi gangguan dinamik sebesar 0.1 pu pada Area 1 dapat dilihat pada gambar 7 sebagai berikut.



Gambar 7. Perbandingan 3 metode load frequency control (f_2) Area 2

Berdasarkan perbandingan 3 metode load frequency control (f_2) Area 2 pada gambar 7, dapat diperoleh parameter respon dinamik pada tabel II.

Tabel II. Hasil perbandingan 3 metode load frequency control pada Area 1

Area 2	Tipe Kontroler		
	Metode Konvensional Kontroler PI	Fuzzy logic 5 fungsi keanggotaan	Fuzzy Logic 7 fungsi keanggotaan
Peak time (T_p)	1,83 detik	1,64 detik	1,6 detik
Settling time (T_s)	42,6 detik	23 detik	22,4 detik
Deviasi Overshoot	-0,33 Hz	-0,32 Hz	-0,32 Hz
Deviasi steady state	-0,1019 Hz	-0,08177 Hz	-0,07654 Hz

Frekuensi <i>steady state</i>	49,8981 Hz	49,91823 Hz	49,92346 Hz
% Error <i>steady state</i>	0,9 %	0,85 %	0,8 %

V. SIMPULAN

Penggunaan tiga metode yaitu metode konvensional kontroler PI, *fuzzy logic* 5 fungsi keanggotaan dan *fuzzy logic* 7 fungsi keanggotaan menghasilkan *output* frekuensi dinamik yang *steady state* karena masih berada pada toleransi perubahan frekuensi yang diijinkan $50 \pm 2,5$ Hz, ini berarti sistem bekerja pada frekuensi 47,5 Hz sampai dengan 52,5 Hz, tetapi dengan menggunakan *fuzzy logic* 7 fungsi keanggotaan menghasilkan *output* respon frekuensi dinamik yang lebih baik dari pada kedua metode lainnya, Dilihat dari *settling time* yang lebih cepat, *overshoot* yang kecil, dan persentase *error steady state* yang mendekati nilai 0%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aboreshasid, Sdan Faried, S.O. 1998. *Teaching Power System Dynamics and Control Using Simulink*. J King Saud Univ. page 139-152.
- [2] Dabur, Parveendkk. 2012. *Matlab Design and Simulation of AGC and AVR for Single Area Power System With Fuzzy Logic Control*. IJSCE. volume 1 issue 6.
- [3] Dhanalakshmi, R. dan Palaniswami, S. 2011. *Load Frequency Control of Wind Diesel Hydro Hybrid Power System Using Conventional PI Controller*. ISSN page 612-623.
- [4] Kundur, Prabha. 1994. *Power System Stability and Control*. Toronto: McGraw-Hill.
- [5] Monga, Himatsudkk. 2010. *Fuzzy Logic Controller for Analysis of AGC*. India: Rayat & Bahra Institute of Engineering & Bio-Tech.
- [6] Naba, Agus. 2009. *Belajar Cepat Fuzzy Logic Menggunakan Matlab*. Yogyakarta: ANDI Yogyakarta
- [7] Ogata, Katsuhiko. 1997. *Modern Control Engineering Third Edition*. United States of America. University of Minnesota.
- [8] Patriandi. 2009. *Analisis Pengoperasian Speed Droop Governor sebagai Pengaturan Frekuensi pada Sistem Kelistrikan PLTU Gresik*. Surabaya: ITS.
- [9] Robandi, Imam. 2009. *Modern Power System Control Desain, Analisis, dan Solusi Kontrol Tenaga Listrik*. Yogyakarta: ANDI Yogyakarta.
- [10] Saadat, Hadi. 1999. *Power System Control*. London: Imperial Press.
- [11] Venkata, P dan Kumar, J. 2005. *New Control Strategy For Load Frequency Problem of Single Area Power System Using Fuzzy Logic Control*. JATIT. page 253-260.
- [12] Wahid. 2001. *Diktat Kendali*. Teknik Kimia Universitas Indonesia.