

RESPON STABILITAS SISTEM YANG MENGGUNAKAN GOVERNOR KONVENSIONAL DAN GOVERNOR FUZZY LOGIC

Yusnaini Arifin*

Abstract

This paper aims to know how the conventional and fuzzy logic governor responds by load/disturbance change and how the plant can achieve steady state condition after the load/disturbance change. This research used simulation method which analyze respons of plant using conventional and fuzzy logic governor. In this simulation, load changed 0,05 pu and 0,5 pu respectively.

This study showed that by increasing of loads, 0,05 pu and 0,5 pu, system using conventional governor will achieve steady state condition at the instant of 30 and 35th second and have frequency deviation -0,0024 pu and -0,024 pu respectively. Whereas system using fuzzy logic governor will achieve steady at the time of 27th and 33rd second, with frequency deviation are -0,0004 pu and -0,0055 pu. Generally, system using fuzzy logic governor has better performance than system using conventional governor.

Keyword: Fuzzy Logic

1. Pendahuluan

Sekarang ini kebutuhan tenaga listrik semakin hari semakin menarik. Pertumbuhan jumlah pemakai tenaga listrik di berbagai belahan bumi juga berjalan dengan sangat cepat, sedangkan pertumbuhan penyedia dan fasilitas tenaga listrik berjalan tidak begitu cepat, bahkan mendekati lambat.

Hal seperti ini dapat mengakibatkan lemahnya performansi sistem ketika mengalami gangguan. Salah satu efek gangguan adalah osilasi elektromekanik yang jika tidak diredam dengan baik maka sistem akan terganggu dan dapat keluar dari area kestabilan sehingga mengakibatkan pengaruh yang lebih buruk seperti pemadaman total.

Dilain pihak harapan yang sangat ideal bagi pengguna adalah kontinyuitas tenaga listrik harus tersalur terus menerus tanpa pernah padam, total harmonic mendekati minimum, dan tegangan dan frekuensi tidak boleh berubah. Untuk memenuhi kebutuhan tenaga listrik, kualitas tenaga listrik harus tetap terjaga.

Untuk menghasilkan kualitas tenaga listrik yang baik, diperlukan strategi kendali yang tepat. Sistem pembangkitan, sistem penyaluran, sistem distribusi, beban, dan peralatan penunjang sangat berpengaruh terhadap performansi kualitas tenaga listrik. Perubahan beban mengakibatkan

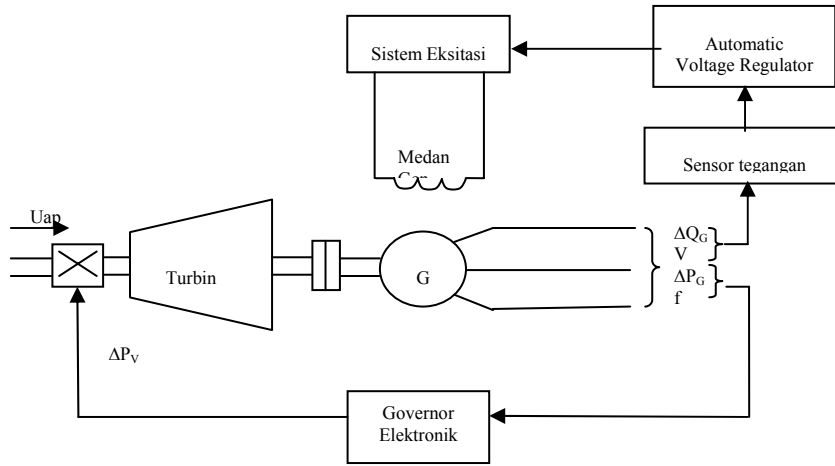
tegangan dan frekuensi berfluktuasi. Fluktuasi dalam sebuah sistem diperbolehkan, hal ini merupakan toleransi dari sebuah sistem itu sendiri. Namun, jangan sampai hal itu terjadi dalam amplitude yang besar atau dalam waktu yang lama.

Perubahan pada daya nyata terutama berpengaruh pada frekuensi sistem, sedangkan daya reaktif tidak terlalu berpengaruh pada perubahan frekuensi, tapi utamanya berpengaruh pada perubahan magnitude tegangan. Dengan demikian daya nyata dan reaktif dikontrol secara terpisah. Governor mengontrol daya nyata dan frekuensi sedangkan Automatic Voltage Regulator (AVR) mengatur daya reaktif dan magnitude tegangan.

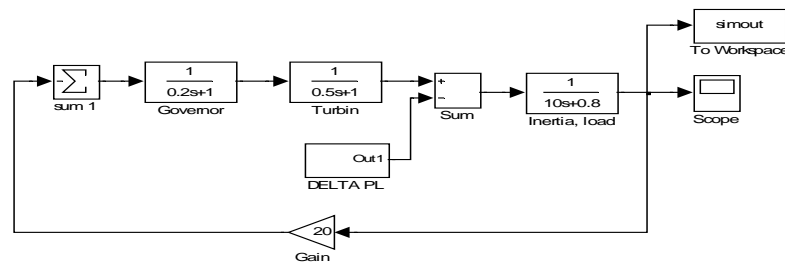
Sehubungan dengan hal ini, maka untuk mempertahankan frekuensi dalam batas toleransi yang diperbolehkan, penyediaan/pembangkitan daya aktif dalam sistem harus disesuaikan dengan kebutuhan pelanggan atas daya aktif, harus selalu disesuaikan dengan beban daya aktif. Penyesuaian daya aktif ini dilakukan dengan mengatur besarnya kopel penggerak generator.

Dalam sistem tenaga listrik umumnya digunakan generator sinkron tiga fasa untuk pembangkit tenaga listrik yang utama, maka pengaturan frekuensi sistem praktis tergantung pada karakteristik generator sinkron. daya aktif satu titik akan berakibat terhadap perubahan frekuensi.

* Staf Pengajar Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu



Gambar 1. Skema Governor dan AVR



Gambar 2. Model simulink yang menggunakan governor konvensional

Oleh karena itu, pada kasus ini diperlukan kendali yang adaptif dan cerdas untuk menekan amplitude dan memperpendek waktu fluktuasi dalam penelitian ini digunakan governor fuzzy logic.

Berdasarkan latarbelakang masalah yang telah dikemukakan di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan penelitian ini adalah :

- a. Bagaimana kestabilan sistem pada saat diberi beban dengan menggunakan governor konvensional dan menggunakan governor fuzzy logic.
- b. Berapa waktu yang diperlukan untuk sistem kembali stabil dengan menggunakan governor konvensional dan menggunakan governor fuzzy logic.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Simulasi system menggunakan governor konvensional

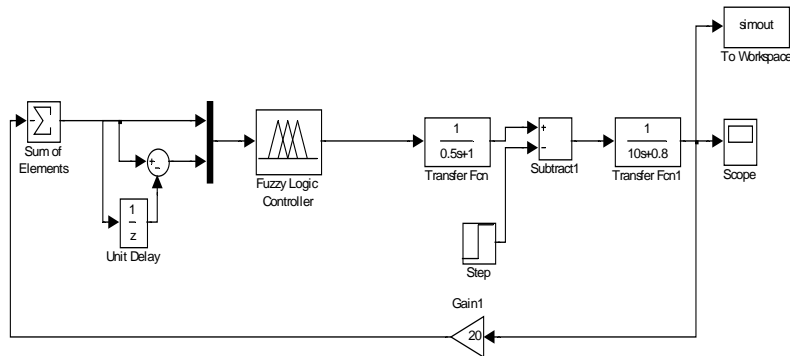
Pada bagian simulasi, langkah pertama yang harus dilakukan adalah merancang kendalian

dan memasukkan berbagai parameter dari sampel data yang diperoleh. Apabila sistem diberi gangguan secara tiba-tiba, maka fungsi waktu (step) merupakan sinyal uji yang baik untuk digunakan. Untuk menentukan karakteristik kendalian, diperlukan sampel data untuk model governor, model turbin, dan model generator yang diasumsikan sebagai beban serta ditambahkan juga speed drop governor yang berfungsi sebagai komponen pengatur proporsional untuk mengurangi kesalahan frekuensi yang terjadi selama kondisi operasi.

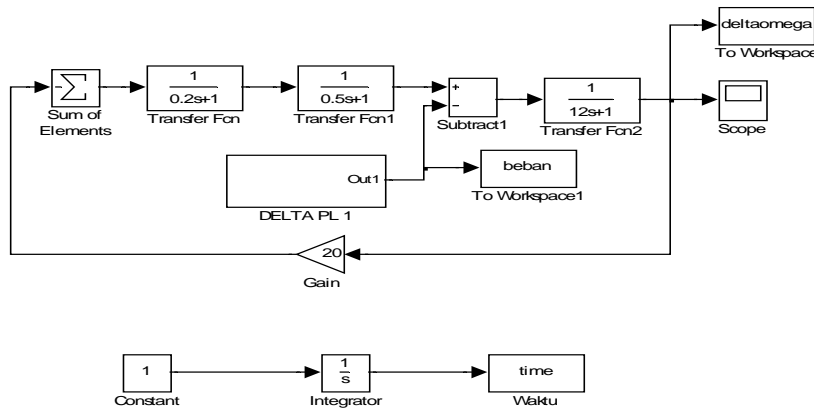
Gambar simulink dari data-data tersebut di atas dapat dilihat pada Gambar 2.

2.2 Simulasi system menggunakan governor fuzzy logic

Dengan mengaplikasikan sistem fuzzy logic kendali sebagai governor, maka dapat digambarkan diagram bloknya seperti pada gambar 3.



Gambar 3. Model Simulink Kendalian yang Menggunakan Governor Fuzzy Logic



Gambar 4 . Simulink kendalian yang menggunakan governor konvensional

3. Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah simulasi yaitu melakukan analisa terhadap respon kendalian (pembangkit) yang menggunakan governor konvensional dan governor fuzzy logic, kemudian mengambil acuan dari beberapa sumber literatur (*Tex book*, jurnal, artikel) dan penelitian-penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan governor konvensional (fly ball) dan fuzzy logic. Data-data pembangkit yang menggunakan turbin uap yang dibutuhkan berupa konstanta waktu governor, konstanta waktu turbin, konstanta waktu generator, speed drop governor.

Instrumen yang digunakan adalah *hardware* unit komputer standar atau personal computer dengan kapasitas akses memori memadai atau kompetibel terhadap *software* simulasi yang digunakan, dalam hal ini *software* MATLAB versi 7.1.

4. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil pengambilan data penelitian di unit Pembangkitan PLTU Tello, ternyata masih menggunakan governor konvensional dalam hal ini fly ball. Governor konvensional ini merupakan peralatan mekanik yang responnya lambat. Adapun turbin yang digunakan pada unit Pembangkitan PLTU Tello adalah single turbin uap (single steam turbin), yang artinya tidak terdapat reheater.

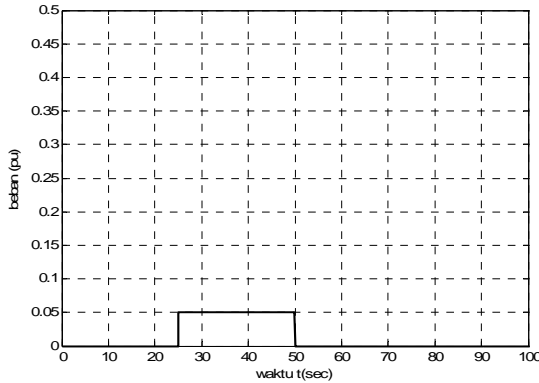
Dengan mengambil data parameter mesin dan juga beberapa sumber sekunder serta asumsi-asumsi diperoleh data sebagai berikut :

Konstanta waktu governor (τ_g)	= 0,2 s
Konstanta waktu turbin (τ_{CH})	= 0,5 s
konstanta inerti generator (M)	= 12 s
regulasi kecepatan governor (R)	= 0,05 pu
konstanta damping (D)	= 1

sehingga diperoleh model seperti pada gambar 4

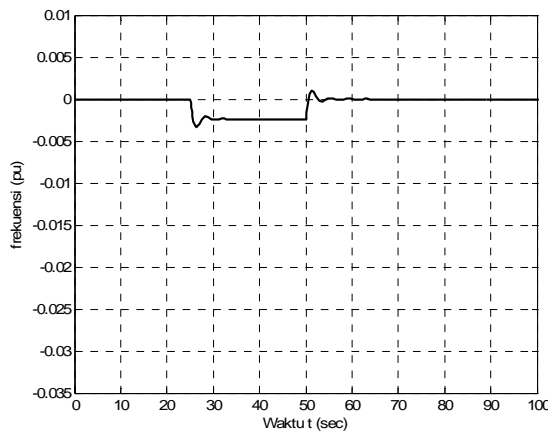
- Perubahan beban 0,05 pu

Simulasi dilakukan dalam waktu 0 sampai 100 detik. Beban dinaikkan sebesar 0,05 pu pada detik ke 25 sampai detik ke 50. Pada detik ke 50 beban diturunkan kembali ke 0. Beban dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. simulink perubahan beban 0,05 pu

Hasil simulink dari kendalian konvensional dengan perubahan beban 0,05 pu:



Gambar 6. Hasil simulink governor konvensional dengan perubahan beban 0,05 pu

Pada saat beban dinaikkan 0,05 pu pada detik ke 25 sampai 50, maka sistem mencapai keadaan steady (stabil) dengan frekuensi sebesar -0,0024 pu sampai pada detik ke 50. Hal ini dapat dilihat dari hasil perhitungan sebagai berikut:

$$\Delta\omega_{ss} = \frac{-\Delta P_L}{1/R + D}$$

$$= \frac{-0,05}{1/0,05 + 0,8} = -0,0024 \text{ pu}$$

Sebelum mencapai keadaan stabil, sistem berayun dari detik ke 25 sampai detik ke 30.

Pada detik ke 50 beban diturunkan 0,05 pu, maka sistem akan kembali berayun dari detik ke 50 sampai detik ke 65. Pada detik ke 65 ini, sistem akan mencapai keadaan stabil pada frekuensi 0. Hal ini dapat dilihat dari hasil perhitungan sebagai berikut:

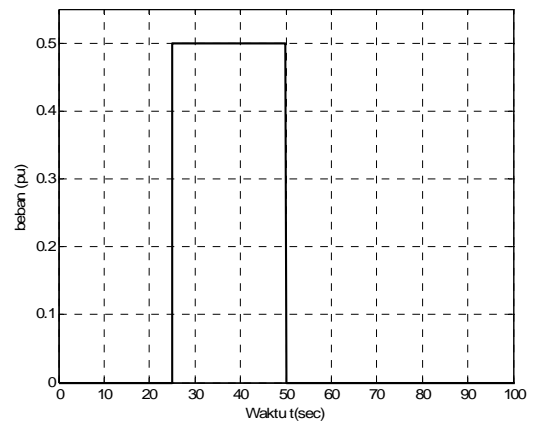
$$\Delta\omega_{ss} = \frac{-\Delta P_L}{1/R + D}$$

$$= \frac{-(-0,05)}{1/0,05 + 0,8} = 0,0024 \text{ pu}$$

$$\Delta\omega_{ss} \text{ pada detik ke 65} = -0,0024 + 0,0024 = 0$$

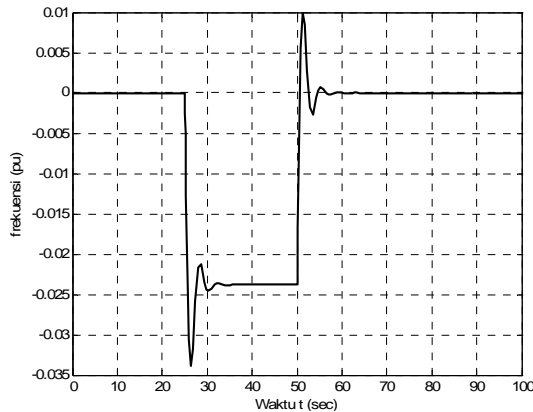
- Perubahan beban 0,50 pu

Simulasi dilakukan dalam waktu 0 sampai 100 detik. Beban dinaikkan sebesar 0,50 pu, pada detik ke 25 sampai detik ke 50. Pada detik ke 50 beban diturunkan kembali ke 0. Beban dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Simulink perubahan beban 0,5 pu

Hasil simulink dari kendalian konvensional dengan perubahan beban 0,5 pu.



Gambar 8. Hasil simulink kendalian konvensional dengan perubahan beban 0,5 pu

Pada saat beban dinaikkan 0,5 pu pada detik ke 25 sampai 50, maka sistem mencapai keadaan steady (stabil) dengan frekuensi -0,024 pu sampai pada detik ke 50. Hal ini dapat dilihat dari hasil perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \Delta\omega_{ff} &= \frac{-\Delta P_L}{1/R + D} \\ &= \frac{-0,5}{1/0,05 + 0,8} = -0,024 \text{ pu} \end{aligned}$$

Sebelum mencapai keadaan stabil, sistem berayun dari detik ke 25 sampai detik ke 37.

Pada detik ke 50 beban diturunkan 0,5 pu, maka sistem akan kembali berayun dari detik ke 50 sampai detik ke 65. Pada detik ke 65 ini, sistem akan mencapai keadaan stabil pada frekuensi 0. Hal ini dapat dilihat dari hasil perhitungan sebagai berikut:

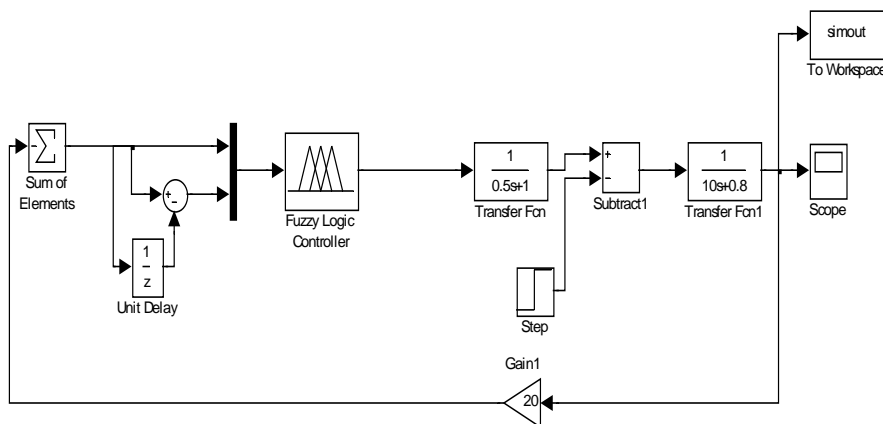
$$\begin{aligned} \Delta\omega_{ff} &= \frac{-\Delta P_L}{1/R + D} \\ &= \frac{-(-0,05)}{1/0,05 + 0,8} = 0,024 \text{ pu} \end{aligned}$$

$$\Delta\omega_{ff} \text{ pada detik ke 65} = -0,024 + 0,024 = 0$$

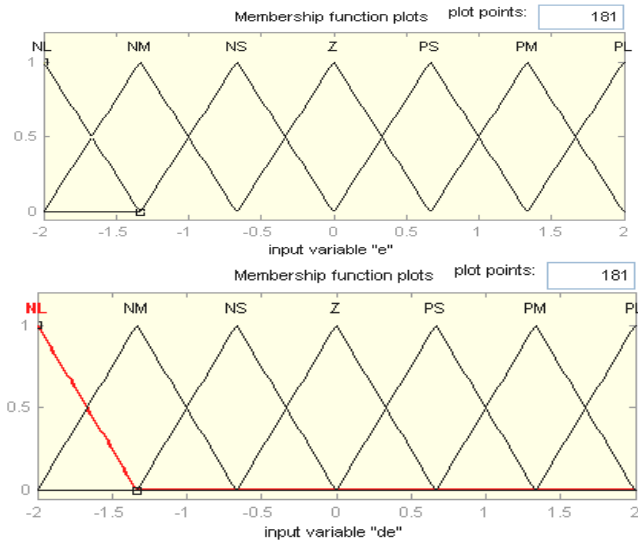
4.1 Kendalian Menggunakan Governor Fuzzy Logic

Rangkaian Fuzzy Logic mempunyai dua masukan (input) yaitu error dan delta error. Untuk fungsi keanggotaan sistem ini digunakan bentuk triangular seperti terlihat pada gambar 10, untuk error dan delta error.

Untuk setiap variable input dan output dalam FLC, digunakan tujuh fuzzy subset, yaitu : NL untuk Negative Large, NM untuk Negative Medium, NS untuk Negative Small, Z untuk Zero, PS untuk Positive Small, PM untuk Positive Medium, dan PL untuk Positive Large. Rule Fuzzy Logic digunakan 18 rule, yang dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 9. Gambar kendalian menggunakan Governor Fuzzy Logic



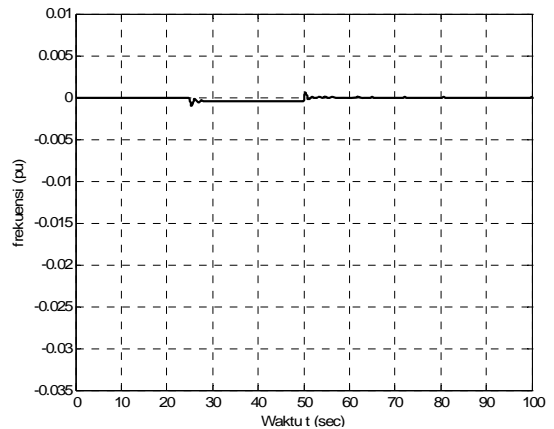
Gambar 10. Input Fuzzy Logic yaitu input dan delta error

Tabel 1. Rule Fuzzy Logic yang digunakan

No	Error	Derror	Output
1.	NL	Z	NL
2.	NM	Z	NM
3.	NS	Z	NS
4.	Z	PL	PL
5.	Z	PM	PM
6.	Z	PS	PS
7.	PL	Z	PL
8.	PM	Z	PM
9.	PS	Z	PS
10.	Z	NL	NL
11.	Z	NM	NM
12.	Z	NS	NS
13.	Z	Z	Z
14.	NL	PS	NM
15.	NS	PL	PM
16.	PL	NS	PM
17.	PS	NL	NM
18.	NS	PS	Z

detik ke 25 sampai detik ke 50. Pada detik ke 50 beban diturunkan kembali ke 0. Beban dapat dilihat pada gambar 5.

Hasil simulasinya adalah sebagai berikut :



Gambar 11. Hasil simulink kendalian menggunakan governor fuzzy logic dengan perubahan beban 0,05 pu

4.2. Hasil Simulink *Fuzzy Logic*

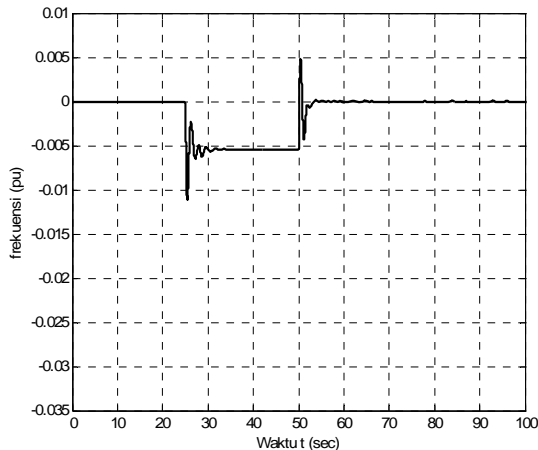
Setelah diperoleh model simulink dan rangkaian governor fuzzy logic seperti pada gambar 9, maka sistem diberi perubahan beban yaitu perubahan beban 0,05 pu dan beban 0,50 pu. Respon dari sistem setelah diberi perubahan beban adalah sebagai berikut:

- Perubahan beban 0,05 pu
Simulasi dilakukan dalam waktu 0 sampai 100 detik. Beban dinaikkan sebesar 0,05 pu pada

Pada saat beban dinaikkan 0,05 pu, maka sistem akan berayun dari detik ke 25 sampai detik ke 35. Pada detik ke 35 sistem berada pada keadaan stabil dengan frekuensi -0,0004 pu. Pada saat beban diturunkan sebesar 0,05 pu yaitu ke titik 0, maka sistem akan berayun lagi dari detik ke 50 sampai detik ke 58. Pada detik ke 58 sistem akan stabil dengan frekuensi 0.

- Perubahan beban 0,5 pu

Simulasi dilakukan dalam waktu 0 sampai 100 detik. Beban dinaikkan sebesar 0,5 pu pada detik ke 25 sampai detik ke 50. Pada detik ke 50 beban diturunkan kembali ke 0. Beban dapat dilihat pada gambar 7. Adapun hasil simulinknya adalah seperti pada gambar 12.



Gambar 12. Hasil simulink kendalian menggunakan governor fuzzy logic dengan perubahan beban 0,5 pu

Pada saat beban dinaikkan 0,5 pu, maka sistem akan berayun dari detik ke 25 sampai detik ke 37. Pada detik ke 37 sistem berada pada keadaan stabil dengan frekuensi -0,0055 pu. Pada saat beban diturunkan sebesar 0,5 pu yaitu ke titik 0, maka sistem akan berayun lagi dari detik ke 50 sampai detik ke 60. Pada detik ke 58 sistem akan stabil dengan frekuensi 0.

5. Kesimpulan

Dari simulasi yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa

- Respon frekuensi sistem yang menggunakan governor konvensional pada saat beban naik 0,05 pu dan 0,5 pu, memiliki deviasi frekuensi sebesar -0,0024 pu dan -0,024 pu yang diawali dengan ayunan.
- Respon frekuensi sistem yang menggunakan governor Fuzzy Logic pada saat beban naik, memiliki deviasi frekuensi sebesar -0,0004 pu dan -0,0055 pu yang diawali dengan ayunan.

- Waktu untuk mencapai steady state (stabil) pada sistem yang menggunakan governor konvensional pada saat beban naik, yaitu detik ke 30 dan detik ke 35.
- Waktu untuk mencapai steady state pada sistem yang menggunakan governor Fuzzy Logic pada saat beban naik yaitu pada detik ke 27 dan detik ke 33 untuk masing-masing kenaikan beban, lebih cepat dibanding dengan sistem yang menggunakan governor konvensional.
- Secara umum, sistem yang menggunakan governor Fuzzy Logic memiliki performansi yang lebih baik dibanding sistem yang menggunakan governor konvensional.

6. Daftar Pustaka

- Allen J. Wood and Bruce F. Wollenberg. *Power Generation Operation and Kendali*. John Wiley & Sons. Inc. 1984
- Hadi Saadat. *Power System Analysis*. McGraw – Hill. 1999.
- IEEE Committee Report. *Dynamic Model for Steam and Hydro Governor Kendali*. IEEE. Vol. PAS-91. No. 3. May/June 1972.
- Imam Robandi dn Hengky Hidayat Suyadi. *Desain Fuzzy Logic Governor sebagai Load Frequency Kendali pada Sistem Tenaga*. Proceeding of Electric, Kendali, Communication & Information Seminar (ECCIS). 25 – 26 Mei 2004.
- Jun Yan, Michael Ryan, James Power. *Using Fuzzy Logic*. Prentice Hall International. 1994.
- Prabha Kundur.
- P.M. Anderson and A.A Fouad. *Power System Kendali and Stability*. The Iowa State University Press. 1982.
- William D. Stevenson. *Elements of Power System Analysis*. New York: McGraw-Hill International Book Company. 1982.
- Yusnaini A, Simulasi Pengendalian Prime Mover Konvensional, jurnal Ilmiah Matematika dan Terapan Volume 7, nomor 2. 2010.