

# SIMULASI PENGENDALIAN PRIME MOVER KONVENSIONAL

Y. Arifin

Laboratorium Mesin –Mesin Listrik, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Tadulako

Email: [yusnaini\\_arifin@yahoo.co.id](mailto:yusnaini_arifin@yahoo.co.id)

## Abstrak

Tulisan ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana primemover dapat membuat kendalian mencapai keadaan steady state kembali setelah adanya gangguan/perubahan beban. Jenis penelitian ini menggunakan simulasi yaitu melakukan analisa terhadap respon kendalian dengan menggunakan primemover konvensional (flyball). Simulasi dilakukan dalam waktu 0 sampai 100 detik, dengan merubah beban masing-masing 0,05 pu, 0,25 pu dan 0,5 pu. Untuk perubahan beban tersebut maka perubahan frekuensi masing-masing -0,0024 pu, -0,012 pu dan -0,024 pu. Sedangkan waktu mencapai keadaan steady masing-masing di detik ke 30, detik ke 33 dan detik ke 35 dari setiap perubahan beban. Hasil menunjukkan bahwa semakin besar beban, maka frekuensi akan semakin turun dan waktu untuk kembali ke keadaan steady akan semakin lama.

**Kata Kunci** : primemover, kendalian, frekuensi dan waktu steady

## I. 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 performasi 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 kontinuitas 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.

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. Dalam hal ini system harus segera kembali stabil (kembali ke keadaan steady).

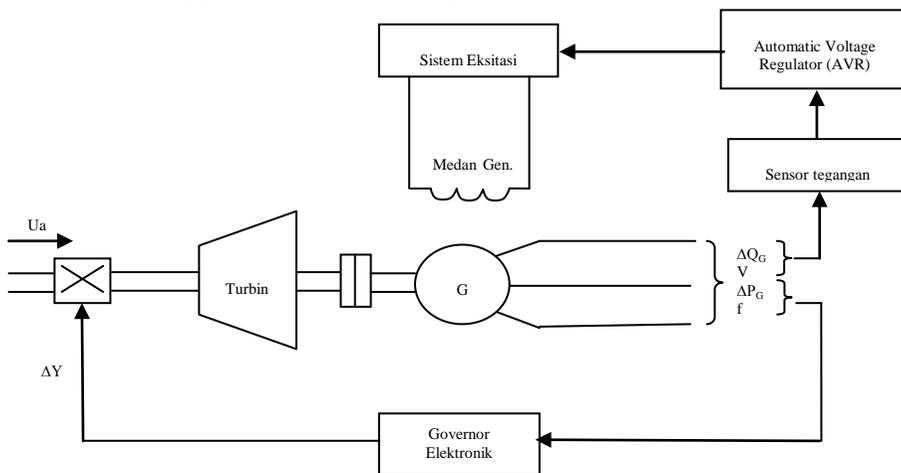
Menurut Anderson dan Fouad (1982) tentang definisi dasar stabilitas adalah :

“if the oscillatory response of a power sistem during the transient period following a disturbance is damped and the sistem settles in a finite time to a new steady operating condition, we say the sistem is stable. If the sistem is not stable, it is considered unstable.”

Dari definisi di atas jelas bahwa pada dasarnya sistem dikatakan stabil apabila mampu mengatasi atau meredam osilasi dengan cepat saat terjadi gangguan sehingga dengan cepat kembali pada operasi normal. Meskipun kestabilan sebuah sistem dapat dilihat secara menyeluruh dan meluas, tetapi untuk tujuan analisa sebuah sistem, Professor Padiyar membagi kestabilan sistem menjadi dua kategori yaitu kestabilan steady state dan kestabilan transien.

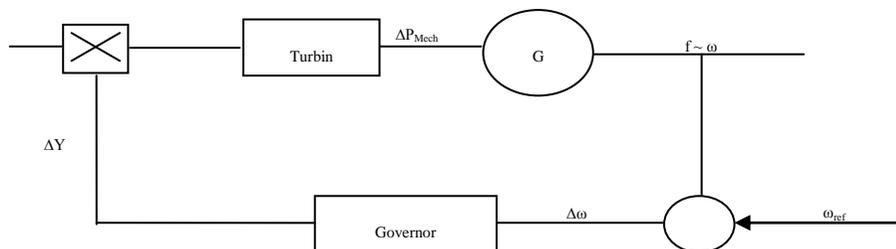
Perubahan pada daya nyata terutama berpengaruh pada frekuensi sistem, sedangkan daya reaktif tidak terlalu berpengaruh pada perubahan frekuensi, tapi utamanya berpengaruh pada perubahan magnitude tegangan. Dengan demikian daya nyata dan reaktif dikontrol secara terpisah. Governor (prime mover) mengontrol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

Pada sistem tenaga, governor dan (Automatic Voltage Regulator) AVR dipasang untuk tiap generator. Gambar 1 menggambarkan skema dari governor dan AVR.



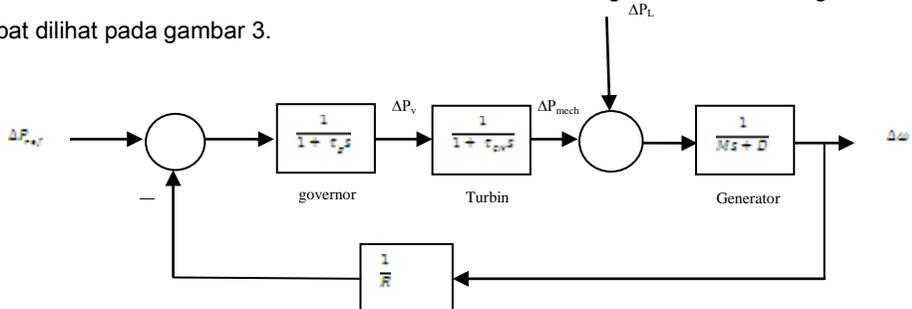
Gambar 1. Skema Governor dan AVR

Adapun skema untuk kendali governor sendiri dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Skema Governor

Langkah pertama dalam menganalisa dan mendesain sebuah sistem kendali adalah dengan pemodelan sistem secara matematik. Dua metode yang banyak digunakan adalah metode transfer function dan pendekatan variable keadaan. Dalam hal ini generator, beban, turbin, governor (prime mover), harus dimodelkan terlebih dahulu. Gambar simulink setelah generator, beban, governor dimodelkan dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Pemodelan dari generator, beban dan governor konvensional

Pada bagian simulasi, langkah yang harus dilakukan adalah merancang kendalian dan memasukkan berbagai parameter dari sampel data yang diperoleh. Setelah memodelkan dan memasukkan parameter dari sampel yang sudah ada, maka didapatkan gambar simulink seperti pada gambar 4.

## II. Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah simulasi yaitu melakukan analisa terhadap respon kendalian (pembangkit) yang menggunakan governor konvensional, kemudian mengambil acuan dari beberapa sumber literatur (*Tex book*, jurnal, artikel) dan penelitian-penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan governor konvensional (fly ball). 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.

## III. 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 ( $\tau_g$ ) = 0,2 s

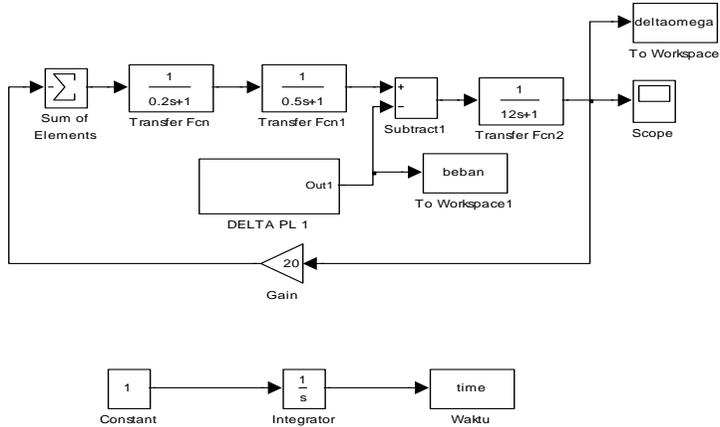
Konstanta waktu turbin ( $\tau_{CH}$ ) = 0,5 s

konstanta inerti generator (M) = 12 s

regulasi kecepatan governor (R) = 0,05 pu

konstanta damping (D) = 1

sehingga diperoleh model seperti pada gambar 4.

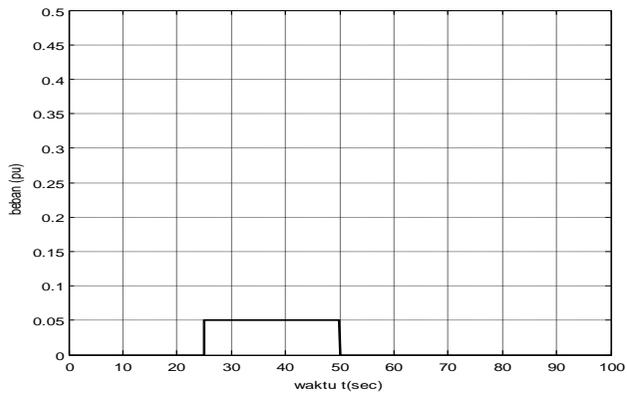


Gambar 4 . Simulink kendalian yang menggunakan governor konvensional

**Hasil Secara Simulasi**

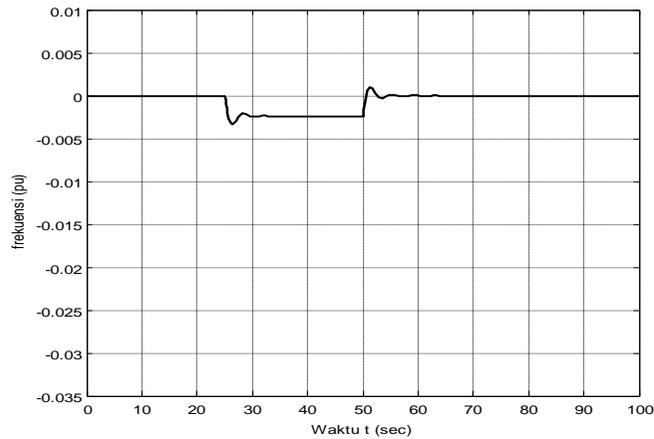
**- Perubahan beban 0,05 pu**

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 sbb :

$$\begin{aligned} \Delta\omega_{ss} &= \frac{-\Delta P_L}{1/R + D} \\ &= \frac{-0,05}{1/0,05 + 0,8} = -0,0024 \text{ pu} \end{aligned}$$

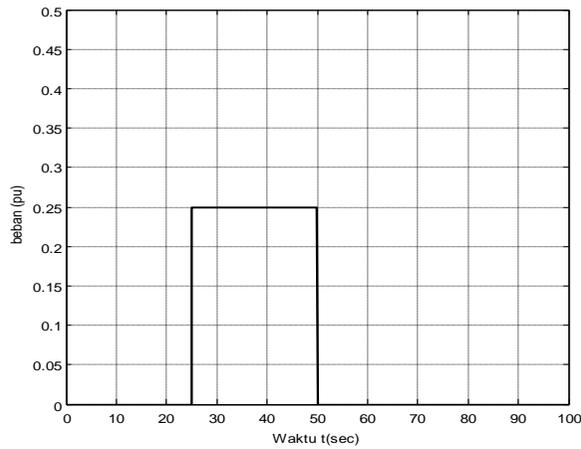
Sebelum mencapai keadaan stabil, sistem berayun dari detik ke 25 sampai detik ke 37. Pada detik ke 50 beban diturunkan 0,05 pu, maka sistem akan kembali berayun dari detik ke 50 sampai detik ke 65. Pada detik ke 65 ini, sistem akan mencapai keadaan stabil pada frekuensi 0. Hal ini dapat dilihat dari hasil perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \Delta\omega_{ss} &= \frac{-\Delta P_L}{1/R + D} \\ &= \frac{-(-0,05)}{1/0,05 + 0,8} = 0,0024 \text{ pu} \end{aligned}$$

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

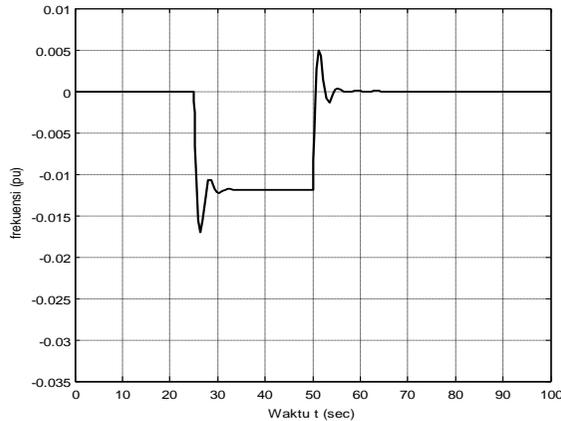
- **Perubahan beban 0,25 pu**

Simulasi dilakukan dalam waktu 0 sampai 100 detik. Beban dinaikkan sebesar 0,25 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. Model beban dengan perubahan beban 0,25 pu

Hasil simulink dari kendalian konvensional dengan perubahan beban 0,25 pu.



Gambar 8. Hasil simulink kendalian konvensional dengan perubahan beban 0,25 pu

Pada saat beban dinaikkan 0,25 pu pada detik ke 25 sampai 50, maka sistem mencapai keadaan steady (stabil) dengan frekuensi -0,012 pu sampai pada detik ke 50. Hal ini dapat dilihat dari hasil perhitungan sbb :

$$\begin{aligned} \Delta\omega_{ss} &= \frac{-\Delta P_L}{1/R + D} \\ &= \frac{-0,25}{1/0,05 + 0,8} = -0,012 \text{ pu} \end{aligned}$$

Sebelum mencapai keadaan stabil, sistem berayun dari detik ke 25 sampai detik ke 37. Pada detik ke 50 beban diturunkan 0,25 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 :

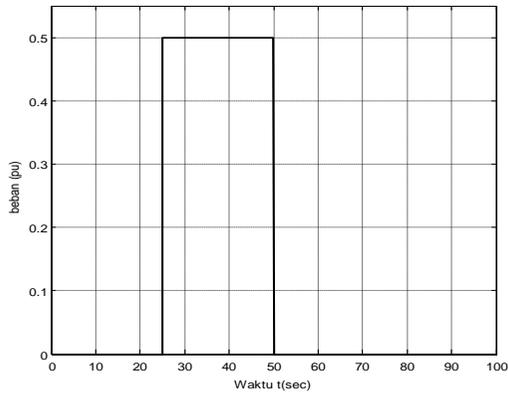
$$\Delta\omega_{ss} = \frac{-\Delta P_L}{1/R + D}$$

$$= \frac{-(-0,25)}{1/0,05 + 0,8} = 0,012 \text{ pu}$$

$\Delta\omega_{ss}$  pada detik ke 65 = - 0,012 + 0,012 = 0

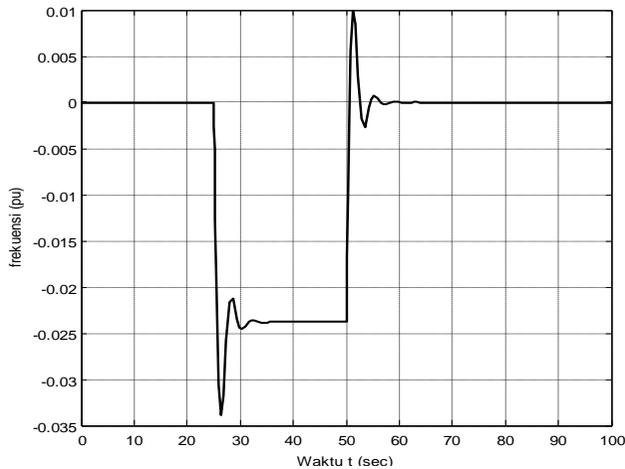
- **Perubahan beban 0,50 pu**

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 9.



Gambar 9. Simulink perubahan beban 0,5 pu

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



Gambar 10. 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 sbb :

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

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 :

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

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

### Kesimpulan

Dari simulasi yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Respon frekuensi sistem yang menggunakan governor konvensional pada saat beban dinaikkan 0,05 pu pada detik ke 25 sampai 50, maka sistem akan stabil dengan deviasi frekuensi sebesar -0,0024 pu. Waktu sistem mencapai keadaan stabil (steady) pada detik ke 30, yang diawali ayunan dari detik ke 25.
2. Respon frekuensi sistem yang menggunakan governor konvensional pada saat beban dinaikkan 0,25 pu pada detik ke 25 sampai 50, maka sistem akan stabil dengan deviasi frekuensi sebesar -0,012 pu. Waktu sistem mencapai keadaan stabil (steady) pada detik ke 33, yang diawali ayunan dari detik ke 25.
3. Respon frekuensi sistem yang menggunakan governor konvensional pada saat beban dinaikkan 0,50 pu pada detik ke 25 sampai 50, maka sistem akan stabil dengan deviasi frekuensi sebesar -0,024 pu. Waktu sistem mencapai keadaan stabil (steady) pada detik ke 35, yang diawali ayunan dari detik ke 25.

### Daftar Pustaka

- [1] P.M. Anderson and A.A Fouad. *Power System Kendali and Stability*. The Iowa State University Press. 1982.
- [2] William D. Stevenson. *Elements of Power System Analysis*. New York: McGraw-Hill International Book Company. 1982.
- [3] IEEE Committee Report. *Dynamic Model for Steam and Hydro Governor Kendali*. IEEE. Vol. PAS-91. No. 3. May/June 1972.
- [5] Allen J. Wood and Bruce F. Wollenberg. *Power Generation Operation and Kendali*. John Wiley & Sons. Inc. 1984
- [6] Hadi Saadat. *Power System Analysis*. McGraw – Hill. 1999.