

# PEMODELAN DAN PENGENDALIAN FREKUENSI SISTEM TENAGA LISTRIK PADA SIMULATOR PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP

Muhammad Fahreza<sup>1)</sup>, Hamdani<sup>2)</sup>, Zuraidah Tharo<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Pembangunan Panca Budi  
email: [muhammadfahreza5343@gmail.com](mailto:muhammadfahreza5343@gmail.com)

<sup>2)</sup>Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Pembangunan Panca Budi  
email: [hamdani.stmt@dosen.pancabudi.ac.id](mailto:hamdani.stmt@dosen.pancabudi.ac.id)

<sup>3)</sup>Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Pembangunan Panca Budi  
email: [zuraidahtharo@dosen.pancabudi.ac.id](mailto:zuraidahtharo@dosen.pancabudi.ac.id)

## Abstrak

Sistem pembangkit dirasakan sangat perlu guna memenuhi kebutuhan tenaga listrik yang semakin meningkat, kestabilan sangat dibutuhkan pada proses pembangkit sehingga sistem pengendali digunakan untuk menjaga variabel proses tersebut tetap stabil. Salah satunya adalah dengan pengendalian frekuensi pada turbin-generator suatu pembangkit listrik. Frekuensi dari turbin uap harus dijaga kestabilannya agar keluaran daya listrik berjalan dengan baik. Fluktuasi frekuensi adalah salah satu kendala penyampaian daya listrik ke beban, waktu kembali yang tidak segera ke kondisi normal akan mengakibatkan kerusakan pada sistem dan kemungkinan terjadi gangguan pada jaringan listrik sehingga perlu dilakukan pengaturan speed droop governor. Kontroler yang digunakan untuk menjaga perubahan frekuensi adalah kontrol PID dengan penambahan gain pada kontrol  $K_p=4$ ,  $K_i=7$  dan  $K_d=4$  dengan karakteristik respon sistem overshoot 11,2%, peak time 0,2 s, rise time 0,0871 s dan settling time 4,81 s. Hal ini menunjukkan hasil yang signifikan karena sistem sebelumnya tanpa kontrol PID memiliki overshoot 76,5% dan settling time 5,02s

**Kata-Kata Kunci :** PID, Frekuensi, Karakteristik Respon PID, Frekuensi, Karakteristik Respon.

## I. PENDAHULUAN

Kestabilan sistem merupakan bagian yang dapat dipengaruhi oleh adanya gangguan besar maupun kecil. Didalam sistem tenaga listrik terdapat 2 macam gangguan, yaitu gangguan yang bersifat transien (putus jaring atau hubung singkat) dan gangguan yang bersifat dinamik (disekitar titik kerja yang diakibatkan oleh perubahan yang relatif kecil). Gangguan dinamik dapat mengakibatkan kinerja dinamik menjadi tidak baik, bahkan dapat membawa sistem ke daerah tidak stabil.

Pada suatu sistem interkoneksi, banyak sistem pembangkit besar dan kecil terhubung secara sinkron. Oleh karena itu semua pembangkit dituntut harus bekerja dalam frekuensi sistem yang sama. Frekuensi sistem tenaga listrik merupakan salah satu faktor penting dalam menentukan kualitas suplai daya listrik. Frekuensi sistem tergantung pada keseimbangan daya aktif. Frekuensi adalah faktor umum pada sebuah sistem tenaga listrik, perubahan permintaan (*demand*) didalam daya aktif suatu titik akan berakibat pada perubahan frekuensi. Oleh karena itu, harus ada pengendalian frekuensi yang seiring dengan permintaan (*demand*). Pengendalian pembangkitan dan frekuensi akan diarahkan kepada *Load Frequency Control* (LFC). LFC adalah sebuah sistem yang digunakan untuk menjaga fluktuasi frekuensi yang ditimbulkan oleh perubahan beban. Penerapan LFC bertujuan untuk menjaga kestabilan frekuensi. Pemodelan pengendalian variasi frekuensi sistem dalam pembagian beban yang harus dipikul oleh sebuah generator. Untuk mengetahui performansi LFC perlu diketahui

terlebih dahulu berbagai komponen dalam sistem tenaga yang berhubungan dengan pengendalian frekuensi yaitu, governor, turbin, generator, dan sistem beban, dan pengendali PID (*Propositional, Integral, Differential*) yang berfungsi sebagai komponen pengatur proporsional untuk mengurangi kesalahan frekuensi yang terjadi selama kondisi operasi. LFC memiliki objektifitas yang harus dicapai dalam pengoperasian sistem tenaga, terutama untuk menjaga frekuensi sistem dalam pembagian beban yang telah dijadwalkan. Salah satu tujuan dasar dari pengaturan frekuensi dalam operasi sistem tenaga listrik yaitu, memperkecil penyimpangan frekuensi akibat perubahan beban secara tiba-tiba agar tetap menuju nilai yang dikehendaki setiap saat. Pembuatan simulator PLTU diawali dengan membuat pemodelan matematis karakteristik peralatan. Pemodelan pengaturan frekuensi sistem dilakukan dengan terlebih dahulu memahami proses kerja PLTU. Pemodelan matematis turbin dan generator PLTU yang disesuaikan dengan data teknis yang ada di pasaran. Semua pemodelan matematis dan desain kendali frekuensi sistem tenaga listrik diaplikasikan ke dalam perangkat lunak MATLAB dan diintegrasikan dengan pemodelan matematis yang lain. Pemodelan matematis yang digunakan adalah pendekatan dengan pemodelan persamaan linear

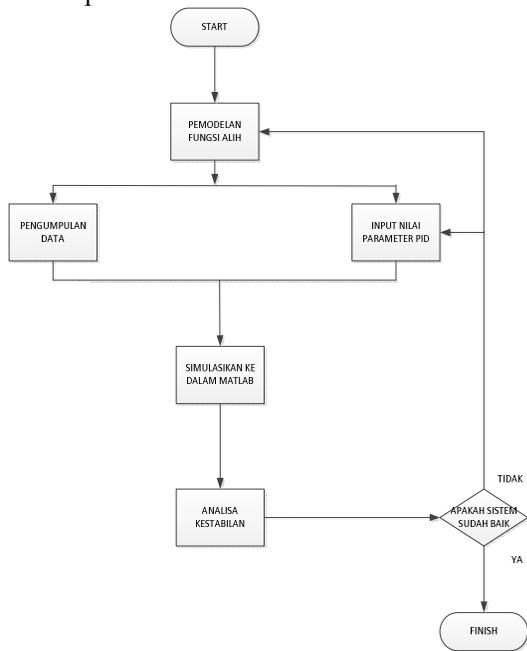
## II. METODE PENELITIAN

Data penelitian akan diambil dengan melakukan studi literatur, data dari logsheet. Kemudian dilakukan simulasi dengan software MATLAB

untuk mendapatkan nilai fungsi alih. Kemudian dibandingkan dengan kehandalan nilai PID pada sistem dan dengan kehandalan pada sistem tanpa pengendali PID.

Selain dari studi literatur dilakukan juga permodelan matematis. Permodelan yang dibahas meliputi permodelan *governor*, permodelan *turbin* dan permodelan generator. Selain itu permodelan matematis sistem governor ini dilakukan dengan menggunakan persamaan linear diferensial dan transformasi Laplace. Hasil permodelan masing – masing komponen ini berupa fungsi alih orde satu. Fungsi alih dari masing-masing komponen ini kemudian digabungkan dan diperoleh fungsi alih lingkaran tertutup dari sistem eksitasi generator. Selanjutnya dilakukan analisa performansi tanggapan sistem eksitasi governor dalam domain waktu. Untuk analisa performansi dalam domain waktu ini meliputi analisa kesalahan dan analisa peralihan. Parameter yang diamati dalam analisa kesalahan ini adalah konstanta kesalahan posisi, konstanta kesalahan keadaan mantap terhadap masukan undak satuan. Sedangkan parameter yang diamati dalam analisa peralihan ini adalah waktu naik, waktu puncak, waktu keadaan mantap, Overshoot dan nilai puncak.

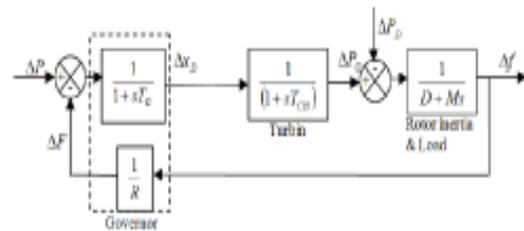
Selanjutnya dilakukan analisa performansi tanggapan tegangan generator dalam domain waktu. Analisa performansi dalam domain waktu pada lingkaran tertutup dilakukan dengan mengamati parameter waktu tunda, waktu naik, waktu puncak, nilai puncak, lewatan maksimum (overshoot), waktu keadaan mantap. Pada penelitian ini yang menjadi subjek adalah governor yang akan dikombinasikan dengan sistem kendali PID dengan tujuan untuk mendapatkan kestabilan pada sistem. Objek penelitian ini adalah pada parameter-parameter yang akan disimulasikan ke dalam program MATLAB dan hasil dari perubahan parameter-parameter terhadap kestabilan



Tabel 1. Data-data dan parameter

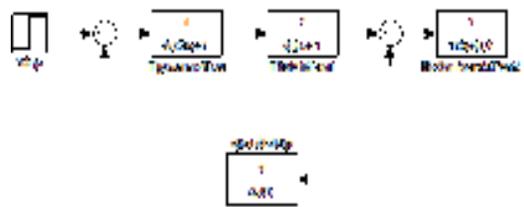
Parameter	Nilai
Konstanta pengaruh kerja governor terhadap frekuensi (speed droop)	5%
Time-constant dari mekanisme speed governing	0,09 detik
Times-constant Turbin Low Pressure	0,3 detik
Times-constant Turbin High Pressure	0,3 detik
Daya Aktif	125 MW
Daya Reaktif	20 VAR
Beban Sistem	0,05 Pu
Tegangan	13,2 KV

Pada tahapan ini simulasi akan berpedoman pada gambar.1 dengan cara membuat persamaan lingkaran tertutup terlebih dahulu dari gambar blok diagram tersebut, untuk persamaan lingkaran terbuka perubahan daya  $P_L$  diabaikan terlebih dahulu. Setelah ditemukan persamaan matematis lingkaran tertutup pembangkit. Selanjutnya dengan menggunakan metode *trial-error* maka dicari parameter  $K_p$ ,  $K_i$  dan  $K_d$ . Setelah didapat nilai-nilai tersebut, kemudian dibandingkan hasil tanggapan waktunya. antara persamaan lingkaran tertutup menggunakan PID dan tanpa PID



Gambar 1. Blok diagram sistem pembangkit dengan non-reheat turbin

Berdasarkan data range parameter pada tabel 1 jika dibuat dalam bentuk blok diagram Sistem tanpa PID akan menjadi seperti pada Gambar 2.



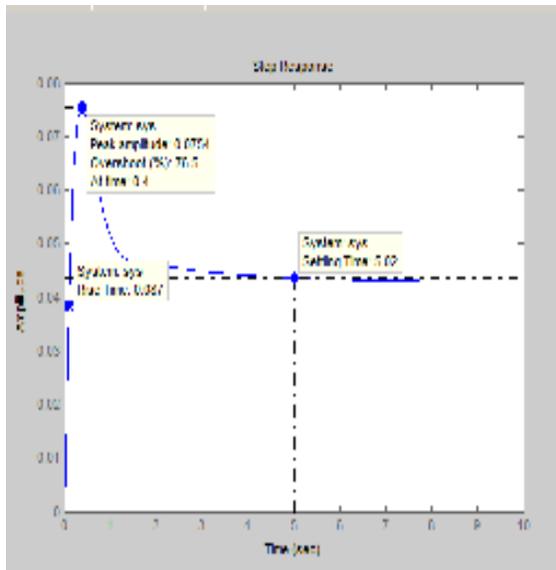
Gambar 2. Blok diagram sistem tanpa PID

Dari data yang diperoleh kemudian dicari fungsi alih lingkaran tertutupnya dengan memasukkan nilai  $T_G$ ,  $T_{CH}$   $M_s$  dan  $D$  menggunakan ditulis sebagai berikut:

$$\frac{V_t(s)}{V_{ref}(s)} = \frac{\left(\frac{1}{(0.09s + 1)}\right)\left(\frac{1}{(0.3s + 1)}\right)\left(\frac{1}{(10s + 3.4)}\right)}{1 + \left(\frac{1}{(0.09s + 1)}\right)\left(\frac{1}{(0.3s + 1)}\right)\left(\frac{1}{(10s + 3.4)}\right)\left(\frac{1}{(0.05)}\right)}$$

$$\frac{V_t(s)}{V_{ref}(s)} = \frac{0.000135s^3 + 0,15495s^2 + 0,5528s + 0.17}{0.000003645s^5 + 00046023s^4 + 0.4967s^3 + 3.458769s^2 + 10,26s + 3,978}$$

Kemudian fungsi alih lingkaran tertutup disimulasikan dalam MATLAB maka bentuk grafiknya ditunjukkan dengan grafik pada Gambar 3



Gambar 3. Grafik Governor Tanpa PID

Dari Gambar 3 diketahui bahwa governor tanpa PID memerlukan waktu 0.087 detik untuk mencapai keluaran 90% pertama dari harga akhirnya dan 0.4 detik untuk mencapai puncak maksimum. Puncak maksimum berada pada saat amplitudo 0.0754. Terdapat lewatan maksimum (*overshoot*) sebesar 76.5%. waktu yang diperoleh untuk mencapai keadaan mantap (*steady state*) adalah 5.02 detik. Dari data-data ini dapat disimpulkan bahwa governor tanpa PID *overshoot*nya masih tinggi 76.5%, dan waktu keadaan mantap masih terlalu jauh yaitu 5.02 detik

Untuk mendapatkan nilai  $K_p$ ,  $K_i$ , dan  $K_d$  yang baik kita harus melakukan eksperimen. Eksperimen ini dilakukan dengan cara tuning manual melalui metode *trial-error* setelah didapatkan nilai  $K_p$ ,  $K_i$ , dan  $K_d$  maksimal untuk meminimalisir *error* baru kita dapat menyimpulkan hasil dari eksperimen dan pengaruh kontrol PID terhadap *governor*. Nilai-nilai parameter yang akan disimulasikan diperlihatkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai-nilai parameter PID

No	Nilai parameter		
	$K_p$	$K_i$	$K_d$
1	3	5	3
2	4	5	3
3	4	6	3
4	4	7	4
5	4	7	3
6	0,7	7	3
7	1	5	2
8	2	5	2
9	3	5	2
10	5	10	5

## II. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan analisa data terhadap governor tanpa PID dan governor dengan PID diketahui bahwa respon tanggapan governor dengan PID lebih cepat dibandingkan dengan governor tanpa PID. Untuk mendapatkan nilai PID yang stabil maka dilakukan eksperimen. Hasil eksperimen parameter konstanta P, konstanta I dan konstanta D diperlihatkan pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil eksperimen parameter konstanta P, I dan D

No	Kp	Ki	Kd	Rise Time (s)	Settling Time (s)	Overshoot (%)
1	3	5	3	0.087	5.02	76.5
2	4	5	3	0.087	5.02	76.5
3	4	6	3	0.087	5.02	76.5
4	4	7	4	0.087	5.02	76.5
5	4	7	3	0.087	5.02	76.5
6	0,7	7	3	0.087	5.02	76.5
7	1	5	2	0.087	5.02	76.5
8	2	5	2	0.087	5.02	76.5
9	3	5	2	0.087	5.02	76.5
10	5	10	5	0.087	5.02	76.5

Pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa pada nilai konstanta P adalah 7, konstanta I adalah 4 dan konstanta D adalah 4 nilai overshootnya sudah baik 11,2% dan settling timenya sudah lebih baik yaitu 4,81 detik

## IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

- Pada performansi *governor* yang tidak menggunakan sistem kontrol PID memiliki respon yang lebih lambat terhadap error dengan rise time 0,087 detik, settling time 5,02 detik dan Overshoot 76,5% dibandingkan dengan respon pada performansi pada *governor* dan generator tipe yang sama dengan menggunakan sistem PID. Hal ini dapat diketahui dengan melihat waktu nilai puncak generator tanpa PID adalah 0.087 detik dan *overshoot* 76.5% sedangkan *rise time* governor dengan PID adalah 0.087 detik. Dan *overshoot* pada governor dengan PID sudah menurun 11,2% dan settling time yang lebih cepat yaitu 4,81 detik
- Setelah dilakukan eksperimen dengan melakukan tuning melalui metode *trial-error* nilai dari konstanta P, konstanta I dan konstanta D secara manual, maka didapatkan nilai konstanta P adalah 7, konstanta I adalah 4 dan konstanta D adalah 4 yang memiliki performansi lebih baik dibandingkan dengan nilai pada governor tanpa PID Input PID ini memiliki respon yang cepat dan overshoot yang rendah. Hal ini diketahui dari waktu keadaan mantap yaitu 4,81 detik dan overshoot 11.2%.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Setiawan Iwan, 2008, *Kontrol PID untuk Peroses Industri*, Surabaya
- [2] Bhatt, V. K. dan Bhongade, S. 2013, *Design of PID controller In Automatic Voltage Regulator (AVR) Using PSO Technique. International Journal Of Engineering Research and Applications*. pp. 1480-1485.
- [3] Chapman, S.J. 1985. *Electric Machinery Fundamentals*. McGraw-Hill. Singapore.
- [4] Fiendland, B. 1986, *Control System Design*. McGraw Hill. New York.
- [5] Kuo, B. C. 1983, *Automatic Control System*. Prentice Hall. New Delhi.
- [6] Laksono, H. D. 2014, *Sistem Kendali Dengan PID*. Graha Ilmu. Yogyakarta.