

Analisis Pengaruh Perubahan Frekuensi Sistem Terhadap Kinerja Governor Pada PLTA Bakar Unit 1

Wawan Adhyaksa S¹, Muhammad Anshar², Remigius Tandioga³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar 90245, Indonesia
*wawanadhyaksa08@gmail.com

Abstract: Bakar Hydropower Plant (PLTA Bakar) is one of the power plants that must maintain the quality of its generated electricity. Frequency fluctuations can reduce power quality, thus requiring a control device to ensure frequency stability. The governor plays a crucial role in regulating turbine speed and system frequency, with speed droop being one of the key parameters influencing its performance. This study aims to examine the impact of system frequency changes on the governor performance of PLTA Bakar Unit 1 and to analyze the effect of different speed droop values on the governor's ability to maintain speed and frequency stability. The research employs a quantitative descriptive method, with data collected through observation, interviews, discussions, and document studies at PLTA Bakar Unit 1. The data were processed through calculations, graphs, and analyses to describe the characteristics of governor performance. The results show that with a 5% speed droop, turbine speed decreases to 475 rpm at full load, while with a 3% speed droop, the speed decreases to 485 rpm. In actual operation, with a 5% speed droop, the governor is able to maintain turbine speed within the range of 498–502 rpm, indicating stable performance. Furthermore, a 5% speed droop allows the governor to contribute to system frequency improvement with a power change of 25.2 MW/Hz, whereas a 3% droop results in a larger power change of 42 MW/Hz. These findings highlight that proper adjustment of speed droop significantly affects frequency stability and governor performance at PLTA Bakar..

Keywords : Governor, Speed droop, Frequency, Rotation

Abstrak: PLTA Bakar merupakan salah satu pembangkit energi yang harus menjaga kualitas listrik yang dihasilkan. Perubahan frekuensi yang terjadi dapat menurunkan kualitas daya, sehingga diperlukan perangkat pengendali untuk menjaga kestabilan frekuensi. Governor berperan penting dalam mengatur putaran turbin dan frekuensi sistem, dengan speed droop sebagai salah satu parameter utama yang memengaruhi kinerjanya. Penelitian ini bertujuan mengkaji pengaruh perubahan frekuensi sistem terhadap kinerja governor PLTA Bakar Unit 1 serta menganalisis dampak variasi nilai speed droop terhadap kemampuan governor dalam menjaga kestabilan putaran dan frekuensi. Metode penelitian yang digunakan adalah kuantitatif deskriptif dengan pengumpulan data melalui observasi, wawancara, diskusi, dan studi dokumen di PLTA Bakar Unit 1. Data tersebut diolah dalam bentuk perhitungan, grafik, dan analisis untuk menggambarkan karakteristik kinerja governor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan nilai speed droop 5%, putaran turbin turun menjadi 475 rpm pada beban penuh, sedangkan pada nilai speed droop 3%, putaran turun menjadi 485 rpm. Secara aktual, dengan speed droop 5%, governor mampu menjaga putaran dalam rentang 498–502 rpm, yang menunjukkan kinerja stabil. Selain itu, nilai speed droop 5% memungkinkan governor berkontribusi pada perbaikan frekuensi sistem dengan perubahan daya sebesar 25,2 MW/Hz, sementara pada nilai 3% perubahan daya lebih besar, yaitu 42 MW/Hz. Hal ini menegaskan bahwa pengaturan speed droop yang tepat sangat berpengaruh terhadap kestabilan frekuensi dan kinerja governor pada PLTA Bakar.

Kata kunci: Governor, Speed droop, Frekuensi, Putaran

I. PENDAHULUAN

Energi merupakan salah satu kebutuhan mutlak manusia, salah satunya energi listrik. Listrik merupakan faktor penting dalam kehidupan karena dengan adanya listrik akan sangat membantu di berbagai sektor, baik dalam sektor rumah tangga, industri, bahkan perekonomian yang dapat menunjang kesejahteraan hidup manusia [1]. PLTA Bakar merupakan pembangkit energi tenaga air terbesar yang ada pada provinsi Sulawesi Selatan. PLTA Bakar memanfaatkan aliran air sungai mamasa sebagai sumber air utama pembangkitan. PLTA Bakar memiliki kapasitas sebesar 2 x 63 MW yang dimiliki oleh PT. PLN (PERSERO). PLTA Bakar sebagai salah satu penyedia listrik, maka perlu menjaga kualitas listrik yang dihasilkan. Salah satu indikator kualitas listrik yang baik ialah dengan menjaga nilai frekuensi yang stabil berada pada nilai 50 Hz. Governor merupakan suatu alat mekanis untuk menjaga

putaran untuk tetap pada putaran nominal yang dikehendaki. Dengan mengatur putaran identik dengan mengatur frekuensi. Salah satu faktor yang mempengaruhi kerja *governor* adalah *speed droop*.

Penelitian [2] Menyatakan bahwa *speed droop* berpengaruh terhadap respon *governor* dalam mengontrol perubahan frekuensi, dimana semakin kecil nilai *speed droop* maka semakin peka *governor* terhadap perubahan frekuensi. Penelitian lain dalam karya ilmiah [3] menyatakan bahwa pembagian beban ekstra oleh generator ditentukan oleh *speed droop* dari *governor*. Dimana *governor* akan mencegah kenaikan atau penurunan putaran yang besar secara tiba-tiba yang diakibatkan oleh perubahan beban.

Penelitian ini bertujuan untuk Mengkaji pengaruh perubahan frekuensi sistem terhadap kinerja *governor* PLTA Bakaru unit 1. Untuk mengetahui pengaruh nilai *speed droop governor* terhadap kinerja *governor* saat terjadi perubahan frekuensi sistem pada PLTA Bakaru Unit 1. *Governor* adalah sebuah peralatan mekanis yang berfungsi untuk mengatur putaran dari sebuah mesin (turbin), yaitu dengan cara mengatur jumlah masuknya aliran fluida (air) ke turbin. Prinsip kerja *governor* sangat sederhana dengan memanfaatkan perbedaan putaran dari generator terhadap putaran nominalnya. Kemudian *governor* akan mengatur bukaan *guide vane* agar debit air dapat diatur sesuai dengan perubahan putaran yang terjadi akibat perubahan beban sehingga dapat kembali ke putaran nominal [4].

Speed droop atau biasa juga disebut *speed regulation* dapat didefinisikan sebagai persentase perubahan kecepatan (frekuensi) terhadap perubahan beban. *Speed droop* juga dapat diartikan sebagai besarnya 100% nilai *output* generator (daya aktif yang dihasilkan) pada tiap % perubahan nilai frekuensi [2]. Kecepatan diatur sesuai dengan perubahan beban yang selalu berubah-ubah. Ketika putaran generator menurun akibat beban yang besar, maka *governor* secara otomatis merespon dengan menambah bukaan *guide vane* sehingga menambah debit air yang masuk ke turbin. Sebaliknya ketika putaran generator meningkat saat terjadi pengurangan beban, maka respon *governor* secara otomatis akan mengurangi bukaan *guide vane* agar dapat mengurangi debit air yang masuk ke turbin [5].

II. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini akan dilakukan analisa data yang telah didapatkan dari PLTA Bakaru sehingga menjawab permasalahan yang ada. Adapun Teknik analisis yang akan digunakan ialah metode kuantitatif deskriptif. Dimana data-data yang telah didapatkan akan diolah untuk menghasilkan nilai atau angka sebagai hasil perhitungan. Kemudian hasil dari perhitungan data tersebut akan diolah dalam bentuk grafik dan dideskripsikan pada pembahasan. Adapun sumber data yang digunakan adalah data harian PLTA Bakaru Unit 1. Data-data ini diperoleh dengan metode observasi, diskusi/wawancara, dan studi dokumen. Data ini digunakan untuk mengetahui pengaruh frekuensi terhadap kinerja *governor* dan pengaruh *speed droop* terhadap kinerja *governor*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengaruh perubahan frekuensi sistem terhadap kinerja *governor* PLTA Bakaru Unit 1

Kondisi beban yang sering berubah-ubah menyebabkan frekuensi yang tidak stabil. Hal ini disebabkan oleh permintaan daya aktif yang berubah setiap waktunya. Perubahan frekuensi inilah yang harus dijaga agar tetap stabil di sekitar 50 Hz. Pada PLTA Bakaru Unit 1 nilai *speed droop* yang ditentukan sebesar 5% sehingga dengan persamaan (1) maka dapat dihitung toleransi atau putaran yang mampu dijaga *governor* saat terjadi beban penuh adalah sebagai berikut:

$$SD = \frac{n_1 - n_2}{n_0} \times 100\% \quad (1)$$

$$SD = 5\%$$

$$n_1 = 500 \text{ rpm}$$

$$n_0 = 500 \text{ rpm, Maka :}$$

$$SD = \frac{n_1 - n_2}{n_0} \times 100\%$$

$$5\% = \frac{500 \text{ rpm} - n_2}{500 \text{ rpm}} \times 100\%$$

$$n_2 = 500 \text{ rpm} - 25 \text{ rpm} = 475 \text{ rpm}$$

Dengan nilai speed droop sebesar 5% maka putaran generator saat beban penuh akan turun 25 rpm atau menjadi 475 rpm. Dengan jumlah kutub generator PLTA Bakaru Unit 1 sebanyak 12 buah, menurut persamaan (2) maka dapat dihitung nilai frekuensi saat terjadi beban penuh:

$$f = \frac{n \cdot p}{120}$$

$$f = \frac{475 \text{ rpm} \cdot 12}{120}$$

$$f = 47.5 \text{ Hz}$$

Tabel 1. Tabel Karakteristik *Speed Droop*

SD	Putaran (rpm)	Frekuensi (Hz)
1%	495	49.5
2%	490	49
3%	485	48.5
4%	480	48
5%	475	47.5
6%	470	47
7%	465	46.5
8%	460	46
9%	455	45.5
10%	450	45

Berdasarkan Tabel 1 dapat diketahui bahwa semakin kecil nilai *speed droop* maka semakin kecil perubahan putaran saat beban penuh dan semakin kecil juga perubahan frekuensinya. Ketika *speed droop* diatur dengan nilai terkecil yaitu 1% maka *governor* mampu merespon perubahan frekuensi antara 49,5 - 50,5 Hz dengan perubahan putaran antara 495 – 505 rpm. Sedangkan ketika *speed droop* diatur dengan nilai terbesar yaitu 10% maka *governor* mampu merespon perubahan frekuensi antara 45 - 55 Hz dengan perubahan putaran antara 450 – 550 rpm. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin kecil nilai *speed droop* maka semakin peka *governor* terhadap perubahan frekuensi dan putaran.

Berdasarkan tabel 2 berikut dapat diketahui bahwa eror frekuensi yang terjadi pada PLTA Bakaru Unit 1 <1% sehingga dapat dikatakan bahwa *governor* bekerja dengan baik menjaga frekuensi dan putaran. Dimana putaran terendah berada pada jam 17:00 WITA dengan nilai putaran 498 rpm, sehingga nilai *speed droop* aktual pada jam tersebut yaitu 0.4% artinya perlu menambah putaran 0.4% untuk mengembalikan ke putaran nominal dan eror frekuensinya sebesar 0.20%. Putaran tertinggi terjadi pada jam 11:00 WITA yaitu 502 rpm, sehingga nilai *speed droop* aktual pada jam tersebut -0,4% artinya perlu pengurangan putaran 0.4% untuk mengembalikan ke putaran nominal dan eror frekuensinya sebesar 0.04%.

Tabel 2. Tabel hasil perhitungan *speed droop* aktual dan perbandingan antara frekuensi teoritis dan frekuensi aktual tanggal 20 Februari 2023

JAM	Cos Φ Lagging	Putaran (rpm)	SD Aktual (%)	Frekuensi		Eror Frekuensi (%)
				Aktual Hz	Teoritis Hz	
01:00	0.97	500	0.0	50.00	50.00	0.00
02:00	0.97	500	0.0	50.01	50.00	0.02
03:00	0.97	500	0.0	50.02	50.00	0.04
04:00	0.97	499	0.2	49.95	49.90	0.10
05:00	0.97	499	0.2	49.94	49.90	0.08
06:00	0.98	500	0.0	50.03	50.00	0.06
07:00	0.99	499	0.2	49.95	49.90	0.10
08:00	0.99	500	0.0	50.01	50.00	0.02
09:00	0.99	499	0.2	49.96	49.90	0.12
10:00	0.99	500	0.0	50.03	50.00	0.06
11:00	0.99	502	-0.4	50.18	50.20	0.04
12:00	0.99	499	0.2	49.96	49.90	0.12
13:00	0.99	501	-0.2	50.10	50.10	0.00
14:00	0.99	501	-0.2	50.08	50.10	0.04
15:00	0.99	500	0.0	50.04	50.00	0.08
16:00	0.99	499	0.2	49.97	49.90	0.14
17:00	0.99	498	0.4	49.90	49.80	0.20
18:00	0.98	500	0.0	50.03	50.00	0.06
18:30	0.98	500	0.0	50.02	50.00	0.04
19:00	0.98	500	0.0	50.01	50.00	0.02
19:30	0.98	499	0.2	49.96	49.90	0.12
20:00	0.98	500	0.0	50.01	50.00	0.02
20:30	0.98	500	0.0	50.04	50.00	0.08
21:00	0.98	500	0.0	50.01	50.00	0.02
21:30	0.98	499	0.2	49.95	49.90	0.10
22:00	0.98	500	0.0	50.01	50.00	0.02
23:00	0.98	500	0.0	50.01	50.00	0.02
24:00	0.98	500	0.0	50.01	50.00	0.02

B. Pengaruh Nilai *Speed Droop* governor terhadap kinerja governor saat terjadi perubahan frekuensi sistem pada PLTA Bakaru Unit 1

PLTA Bakaru merupakan PLTA yang berkapasitas 2×63MW. PLTA Bakaru menetapkan nilai *speed droop* governor 5%. Nilai ini merupakan salah satu faktor mempengaruhi kerja dari governor dalam menentukan keluaran generator sesuai dengan perubahan frekuensi yang terjadi, baik menambah atau mengurangi keluaran generator sesuai dengan perubahan frekuensi pada sistem. Dengan menggunakan persamaan (3) untuk kapasitas generator dan *speed droop* governor dengan frekuensi referensi 50 Hz maka dapat dihitung sebagai berikut :

$$K = \frac{1}{\text{Speed Droop}} \times \frac{P_0}{f_0} \quad (3)$$

$$K = \frac{1}{5\%} \times \frac{63 \text{ MW}}{50 \text{ Hz}}$$

$$K = 25,2 \text{ MW/Hz} \text{ tiap generator}$$

Pada perhitungan diatas dapat diketahui bahwa dengan nilai *speed droop* 5% dengan total daya 63 MW maka *governor* PLTA Bakaru Unit 1 akan mampu merespon 25,2 MW jika terjadi perubahan frekuensi 1 Hz tanpa adanya pengaturan sekunder dari rentang frekuensi 47,5 - 52,5 Hz.

Selanjutnya setelah nilai K didapatkan, maka dapat diketahui respon *governor* setiap terjadi perubahan nilai frekuensi, dengan menggunakan persamaan (4) maka dapat dilihat:

$$\Delta P = -K \times \Delta f \quad (4)$$

Dimana :

$$\Delta P = -25,2 \text{ MW/Hz} \times (49.99 \text{ Hz} - 50 \text{ Hz})$$

$$\Delta P = 0,252 \text{ MW}$$

Dari perhitungan diatas, dapat diketahui bahwa ketika frekuensi sistem berubah menjadi 49.99 Hz maka *governor* akan merespon dengan menambahkan daya keluaran generator sebesar 0,252 MW.

Selanjutnya dimisalkan nilai *speed droop governor* diubah menjadi 3%. Dengan cara perhitungan yang sama maka dapat diketahui respon *governor* setiap terjadinya perubahan 1Hz frekuensi :

$$K = \frac{1}{\text{Speed Droop}} \times \frac{P_0}{f_0}$$

$$K = \frac{1}{3\%} \times \frac{63 \text{ MW}}{50 \text{ Hz}}$$

$$K = 42 \text{ MW/Hz}$$

Pada perhitungan diatas dapat diketahui bahwa dengan nilai *speed droop* 3% dengan total daya 63 MW maka *governor* PLTA Bakaru Unit 1 mampu merespon 42 MW jika terjadi perubahan frekuensi 1 Hz. Dengan didapatkannya nilai K atau faktor partisipasi *governor*, maka dapat diketahui pula respon *governor* setiap terjadinya perubahan nilai frekuensi sistem dengan menggunakan persamaan (5)

$$\Delta P = -K \times \Delta f \quad (5)$$

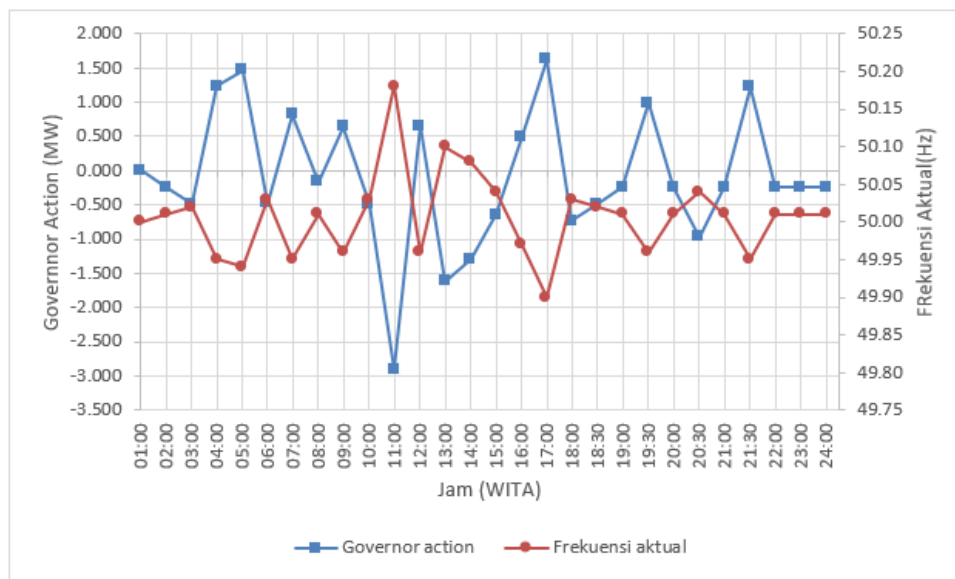
Dimana :

$$\Delta P = -42 \text{ MW/Hz} \times (49.99 \text{ Hz} - 50 \text{ Hz})$$

$$\Delta P = 0.42 \text{ MW}$$

Dari perhitungan diatas, dapat diketahui bahwa ketika frekuensi sistem berubah menjadi 49.99 Hz maka *governor* akan merespon dengan menambahkan daya keluaran generator sebesar 0.42 MW. Berdasarkan hasil perhitungan diatas dapat diketahui bahwa semakin kecil nilai *speed droop* maka semakin besar perubahan daya yang terjadi, serta setiap jamnya terjadi perubahan daya aktif dan perubahan nilai frekuensi. Nilai frekuensi tidak akan pernah stabil 50 Hz hal ini disebabkan karena perubahan daya aktif beban setiap waktunya. Seperti contoh jam 11:00 PLTA Bakaru Unit 1 menurunkan bebannya menjadi 41.2 MW dan frekuensi sebesar 50.18 Hz. Namun pada jam 17:00 terjadi perubahan frekuensi menjadi 49.90 Hz dan beban menjadi 41.5 MW.

Gambar 1 berikut grafik perbandingan antara frekuensi generator dan *governor action*. Berdasarkan Gambar 1 dapat dilihat bahwa frekuensi terbesar ialah 50.18 Hz pada jam 11:00 WITA. Ketika frekuensi berada pada nilai 50.18 Hz maka respon *governor* akan mengurangi daya pada turbin sehingga keluaran generator berkurang sebanyak 2.907 MW. Sedangkan frekuensi terendah yaitu 40.90 Hz pada saat pukul 17:00 WITA. Ketika frekuensi berada pada nilai tersebut maka respon *governor* akan menambahkan daya pada turbin sehingga keluaran generator bertambah sebanyak 1.624 MW. Sehingga dapat disimpulkan bahwa ketika frekuensi >50 Hz maka *governor* akan mengurangi keluaran generator dengan mengurangi bukaan *guide vane* dan begitu sebaliknya ketika frekuensi <50 Hz maka *governor* akan menambah keluaran generator dengan menambahkan bukaan *guide vane*.



Gambar 1. Grafik hubungan *governor action* dan frekuensi aktual setiap waktu pada tanggal 20 Februari 2023

IV. KESIMPULAN

1. Perubahan frekuensi pada sistem disebabkan oleh kebutuhan beban daya aktif) yang selalu berubah. *Governor* akan merespon perubahan frekuensi yang terjadi jika menyimpang dari nilai set pointnya (50 Hz). Jika terjadi kenaikan frekuensi pada sistem maka *governor* akan merespon dengan menutup bukaan *guide vane* untuk mengurangi daya mekanik pada turbin sehingga menyebabkan keluaran generator berkurang, dan sebaliknya jika terjadi penurunan frekuensi maka *governor* akan merespon dengan menambah bukaan *guide vane* untuk menambah daya mekanik pada turbin sehingga menyebabkan keluaran generator bertambah.
2. Nilai *speed droop* 5% yang ditetapkan pada PLTA Bakarlu menyebabkan penurunan kecepatan akibat beban penuh menjadi 475 rpm atau turun 25 rpm dari putaran nominalnya. Sedangkan jika nilai *speed droop* diubah menjadi 3% maka penurunan akibat beban penuh menjadi 485 rpm atau turun 15 rpm dari putaran nominalnya. Maka *speed droop* mempengaruhi kerja *governor*, semakin kecil nilai *speed droop* maka semakin peka *governor* terhadap perubahan frekuensi (putaran).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. P. Sari, *Sistem Monitoring Kecepatan Putar Turbin dan Tegangan Keluaran Generator pada Pembangkit Listrik Tenaga Mini-Mikrohidro Skala Laboratorium*, Surabaya, Indonesia: Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2018.
- [2] K. A. Pamundra, *Analisis Speed Droop Governor Sebagai Pengaturan Frekuensi Pada Sistem Tenaga Listrik PLTU Muara Karang Unit 5*, Jakarta, Indonesia, 2020.
- [3] Y. Mobarak, "Effects of the Droop Speed Governor and Automatic Generation Control (AGC) on Generator Load Sharing of Power System," *Int. J. Appl. Power Eng. (IJAPE)*, vol. 4, no. 2, pp. 84–95, 2015.
- [4] K. Masruhan, P. E. Pambudi, and Mujiman, "Analisis Sistem Governor dalam Menjaga Kestabilan Frekuensi pada PT. Indonesia Power UP MRICA Sub Unit PLTA Wadaslintang," *J. Elektrikal*, vol. 11, no. 1, pp. 48–55, 2019.
- [5] Patriandari, *Analisis Pengoperasian Speed Droop Governor sebagai Pengatur Frekuensi pada Sistem Kelistrikan PLTU Gresik*, Surabaya, Indonesia: Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2010.