

ANALISIS SISTEM GOVERNOR DALAM MENJAGA KESTABILAN FREKUENSI PADA PT. INDONESIA POWER UP MRICA SUB UNIT PLTA WADASLINTANG

Khajib Masruhan¹, Prastyono Eko Pambudi², dan Mujiman³
Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri
Institut Sains & Teknologi AKPRIND
Jalan Kalisahak 28, Komplek Balapan, Yogyakarta, Indonesia
55222 Telp. 0274-563029
khajibmasruhan09@gmail.com¹, praspep@gmail.com², mujiman@akprind.ac.id³

ABSTRACT

In this modern age, electricity is an important role in its existence in society. This increasing need must be taken seriously to improve the quality and quantity of electricity supply, in this case the PLN has an important task to find solutions that can meet these power needs. Wadaslintang Reservoir besides being used to fulfill irrigation needs and raw water is also used for generation. Wadaslintang Hydroelectric Power Plant (PLTA) works by changing the potential energy of water from the reservoir (reservoir) to mechanical energy with the help of water turbines and from mechanical energy is converted into electrical energy with the help of generators. Hydropower is a type of hydro generation, because this generation uses water to produce electricity.

To get the function of the water turbine to work optimally and efficiently, it is necessary to have another component, namely the governor that serves to maintain the overall stability of the system in the presence of variations in load or interference in the system, rotation stability on the turbine is needed to maintain the stability of the frequency produced. In hydroelectric power plants, the water discharge that rotates the runner is regulated through a guide vane driven by a servo motor system.

Keywords – governor, frequency, guide vane.

INTISARI

Di zaman modern ini, listrik merupakan peranan penting keberadaannya di dalam masyarakat. Kebutuhan yang semakin meningkat inilah yang harus ditanggapi dengan serius untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas penyediaan daya listrik, dalam hal ini PLN mempunyai tugas penting untuk mencari solusi yang dapat memenuhi kebutuhan daya tersebut. Waduk Wadaslintang selain difungsikan untuk pemenuhan kebutuhan irigasi dan air baku juga dimanfaatkan untuk pembangkitan. Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Wadaslintang bekerja dengan cara merubah energi potensial air dari waduk (*reservoir*) menjadi energi mekanik dengan bantuan turbin air dan dari energi mekanik diubah menjadi energi listrik dengan bantuan generator. PLTA termasuk jenis pembangkitan hidro, karena pembangkitan ini menggunakan air untuk dapat menghasilkan listrik.

Untuk mendapatkan fungsi turbin air bekerja secara maksimal dan efisien maka perlu adanya komponen lain, yaitu *governor* yang berfungsi menjaga kestabilan sistem secara keseluruhan terhadap adanya variasi beban atau gangguan pada sistem, kestabilan putaran pada turbin sangat diperlukan untuk menjaga kestabilan frekuensi yang dihasilkan. Pada pembangkit listrik tenaga air, debit air yang memutar *runner* diatur melalui *guide vane* yang digerakkan oleh system *servo motor*.

Kata Kunci – *governor*, frekuensi, *guide vane*.

I. PENDAHULUAN

Meningkatnya kebutuhan listrik berdampak pada bertambahnya pertumbuhan beban dalam sistem tenaga listrik. Kebutuhan yang semakin meningkat inilah yang harus ditanggapi dengan serius untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas penyediaan daya listrik. Pembangkit listrik tenaga air sebagai salah satu sumber

energi listrik utama di Indonesia mempunyai peran penting terwujudnya kualitas dan kuantitas penyediaan daya listrik. Oleh karena itu, perlu dilakukan perencanaan dalam melakukan analisis studi sistem *governor* dalam menjaga kestabilan putaran turbin air untuk menjaga kestabilan tegangan AC yang dihasilkan.

Governor digunakan sebagai 'interface' antara turbin penggerak dan generator. Fungsi utama pengaturan putaran ini adalah untuk menjaga kestabilan sistem secara keseluruhan terhadap adanya variasi beban atau gangguan pada sistem. *Governor* pada operasionalnya dapat bekerja secara otomatis (dikendalikan dipusat kontrol) maupun dikontrol secara manual langsung pada panel *governor* tersebut. Fungsi utama dari *governor* adalah untuk menjaga kestabilan sistem secara keseluruhan terhadap adanya variasi beban atau gangguan pada sistem, kestabilan putaran pada *governor* sangat diperlukan untuk menjaga kestabilan frekuensi tegangan AC yang dihasilkan. Dalam sistem tenaga listrik yang besar, saat ini PLTA harus mampu melayani beban puncak sebagai beban normal khususnya dalam suatu sistem yang terdapat banyak industri besar dimana frekuensi dan fluktuasi tegangan harus benar – benar terjaga agar tetap minimum dan stabilitas produksi akan menentukan kualitas daya. Untuk efisiensi pembangkitan, digunakanlah teknik control yang kompleks dalam proses automasi yang melibatkan *governor* turbin di fitur control yang didesain fleksibel.

Salah satu komponen penting dalam sistem PLTA adalah adanya sistem *Governor Control Valve*. *Control Valve* adalah alat yang digunakan untuk memodifikasi aliran fluida atau laju tekanan pada sebuah sistem proses. Pada sistem PLTA, *control valve* digunakan untuk mengatur jumlah volume air di dalam pipa pesat sebelum menuju ke turbin air. Untuk menentukan besar kecilnya bukaan katup, *control valve* mendapatkan perintah dari *governor*. *Governor* berfungsi membaca parameter-parameter yang digunakan untuk menentukan bukaan control valve yang bertujuan untuk mengatur dan menjaga kecepatan putaran turbin. Putaran turbin dijaga tetap pada nilai setpoint yang dikehendaki (500rpm) agar listrik AC yang dihasilkan oleh generator tetap pada frekuensi tertentu, yaitu $\pm 50\text{Hz}$.

Penentuan perintah *governor* berdasarkan tiga jenis sinyal yang masuk, yaitu *speed*, *load*,

dan *valve limiter*. Ketiga sinyal tersebut dilewatkan menuju *Low Signal Selector* (LSS) untuk menentukan perintah apa yang harus diberikan kepada *control valve*. LSS digunakan untuk menyeleksi ketiga sinyal tersebut karena *governor* hanya dapat memberikan satu jenis perintah. Pemilihan sinyal adalah dengan menentukan sinyal terendah yang masuk pada *governor* untuk kemudian memerintahkan *actuator* (*control valve*) melakukan aksi yang diperlukan.

Perumusan masalah pada penelitian ini adalah mengetahui bagaimana sistem *governor* menjaga kestabilan putaran turbin air ditinjau dari daya beban yang dihasilkan generator PLTA Wadaslintang. Tujuan penelitian ini mengamati perubahan nilai kecepatan putaran turbin air dan nilai frekuensi yang dihasilkan oleh generator dilihat dari perubahan elevasi yang terdapat pada waduk wadaslintang.

Untuk mencari nilai debit air yang dibutuhkan untuk memutar turbin terhadap elevasi dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut:

$$\text{Head} = \text{Elevasi Air} - \text{Tinggi air permukaan air laut ke turbin} \quad (1)$$

$$N_1 = N \cdot \left(\frac{H_1}{H}\right)^{1/2} \quad (2)$$

Keterangan:

N_1 = Putaran Turbin (rpm)

N = Putaran Turbin (rpm)

H_1 = Tinggi Jatuh Air (m)

H = Tinggi Jatuh Air (m)

$$f = \frac{p \cdot N}{120} \quad (3)$$

Keterangan:

f = Frekuensi (Hz)

p = Jumlah Kutub Generator

N = Putaran Turbin (rpm)

$$Q = \frac{P}{\eta \cdot g \cdot H} \quad (4)$$

Keterangan:

Q = Debit aliran air (m^3/detik)

P = Daya keluaran pada turbin (KW)

η = efisiensi (%)

g = Percepatan gravitasi (m/detik)

H = Tinggi Jatuh Air (m)

II. METODOLOGI

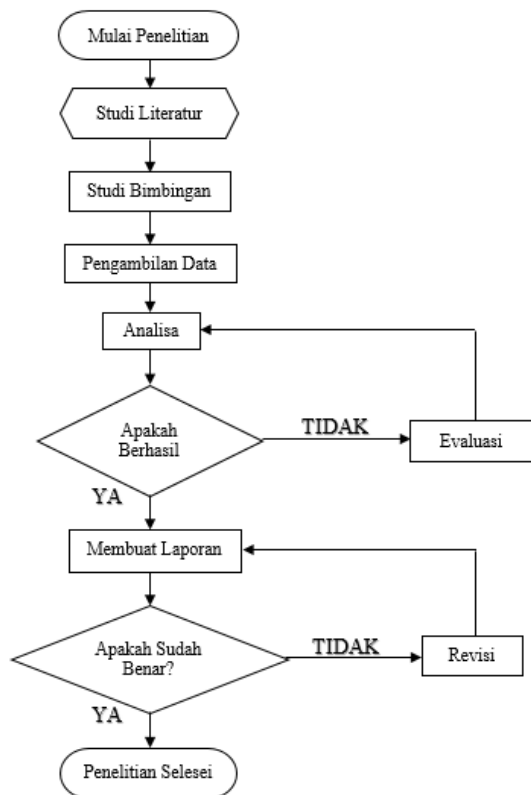
MATERI PENELITIAN:

- a) Data real kecepatan putaran turbin air yang dihasilkan dari Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Wadaslintang pada Bulan Desember 2018.
- b) Data real beban yang dihasilkan dari Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Wadaslintang pada Bulan Desember 2018.
- c) Data sistem pengontrolan *governor* pada Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Wadaslintang.
- d) Data elevasi pada Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Wadaslintang Bulan Desember 2018.

ALAT DAN BAHAN

- a) Governor Speed-droop pada sistem turbin air.
- b) Perangkat lunak HMI, Perangkat lunak SCADA.

Tahapan Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengamatan dilakukan pada saat unit generator beroperasi pada bulan Desember 2018. Data yang didapat meliputi data daya beban (MW), data elevasi (mdpl), data debit air (M^3/s), data putaran turbin (Rpm) dan data frekuensi (Hz).

A. Tabel Dan Analisa

Tabel 1. Data Pengukuran Pada Bulan Desember 2018.

No	Tgl	Daya Beban (MW)	Elevasi (mdpl)	Debit Air (M^3/s)	Putaran Turbin (Rpm)	Frekuensi (Hz)
1	3	7,45	157,25	8,414	500	50
2	4	7,45	157,50	8,382	500	50
3	5	7,45	157,77	8,368	500	50
4	6	7,45	157,78	8,368	500	50
5	7	7,45	157,80	8,366	500	50
6	10	7,45	158,02	8,347	500	50
7	11	7,5	158,50	8,361	500	50
8	12	7,5	158,58	8,354	500	50
9	13	7,5	158,95	8,322	500	50
10	17	7,65	159,07	8,478	500	50
11	18	7,65	159,06	8,479	500	50
12	19	7,65	158,97	8,486	500	50
13	20	7,6	158,85	8,441	500	50
14	26	7,6	158,87	8,440	500	50
15	27	7,6	159,15	8,415	500	50

Dikarenakan data kecepatan putaran turbin pada PLTA Wadaslintang telah mendapat pengaruh dari governor maka nilainya stabil pada 500 rpm sehingga frekuensinya konstan 50 Hz, maka perlu diadakan perhitungan dengan data rekayasa agar mengetahui perubahan kecepatan putaran turbin setelah

perubahan elevasi. Oleh karena itu akan dilakukan asumsi perhitungan sebagai berikut:

a) Mencari nilai H (Tinggi Jatuh Air) dari data elevasi yang ada.

1. Elevasi 157,25 mdpl

$$H = 157,25 - 62,25 \\ = 95 \text{ m}$$

2. Elevasi 157,50 mdpl

$$H = 157,50 - 62,25 \\ = 95,25 \text{ m}$$

3. Elevasi 157,77 mdpl

$$H = 157,77 - 62,25 \\ = 95,52 \text{ m}$$

4. Elevasi 157,78 mdpl

$$H = 157,78 - 62,25 \\ = 95,53 \text{ m}$$

5. Elevasi 157,80 mdpl

$$H = 157,80 - 62,25 \\ = 95,55 \text{ m}$$

b) Mencari nilai Rpm (Kecepatan Putar Turbin) yang dipengaruhi perubahan elevasi.

1. Putaran 500 Rpm

$$N_1 = 500 \times \left(\frac{95,2}{95}\right)^{1/2} \\ = 500 \times 1,00263157894737^{1/2} \\ = 500 \times 1,00131492455986 \\ = 500,657 \text{ rpm}$$

2. Putaran 500,657 Rpm

$$N_1 = 500,657 \times \left(\frac{95,52}{95,2}\right)^{1/2} \\ = 500,657 \times 1,00283464566929^{1/2} \\ = 500,657 \times 1,00141631985368 \\ = 501,366 \text{ rpm}$$

3. Putaran 501,366 Rpm

$$N_1 = 501,366 \times \left(\frac{95,53}{95,52}\right)^{1/2} \\ = 501,366 \times 1,00010469011725^{1/2} \\ = 501,366 \times 1,00005234368869 \\ = 501,392 \text{ rpm}$$

4. Putaran 501,392 Rpm

$$N_1 = 501,392 \times \left(\frac{95,55}{95,53}\right)^{1/2} \\ = 501,392 \times 1,000201935831676^{1/2} \\ = 501,392 \times 1,00010467368009 \\ = 501,444 \text{ rpm}$$

5. Putaran 501,444 Rpm

$$N_1 = 501,444 \times \left(\frac{95,77}{95,55}\right)^{1/2} \\ = 501,444 \times 1,00230245944532^{1/2} \\ = 501,444 \times 1,00115056781951 \\ = 502,020 \text{ rpm}$$

c) Mencari nilai f (Frekuensi) yang dihasilkan generator terhadap putaran turbin.

1. Putaran 500 Rpm

$$f = \frac{12 \times 500}{\frac{120}{6000}} \\ = \frac{120}{120} \\ = 50 \text{ Hz}$$

2. Putaran 500,657 Rpm

$$f = \frac{12 \times 500,657}{\frac{120}{6007,884}} \\ = \frac{120}{120} \\ = 50,0573 \text{ Hz}$$

3. Putaran 501,366 Rpm

$$f = \frac{12 \times 501,366}{\frac{120}{6016,392}} \\ = \frac{120}{120} \\ = 50,1366 \text{ Hz}$$

4. Putaran 501,392 Rpm

$$f = \frac{12 \times 501,392}{\frac{120}{6016,776}} \\ = \frac{120}{120} \\ = 50,1398 \text{ Hz}$$

5. Putaran 501,444 Rpm

$$f = \frac{12 \times 501,444}{\frac{120}{6017,328}} \\ = \frac{120}{120} \\ = 50,1444 \text{ Hz}$$

Tabel 2. Data Perhitungan Frekuensi Sebelum Pengaturan Debit.

No	Daya Beban (MW)	Elevasi (mdpl)	H (m)	Debit Air (M^3/s)	Putaran Turbin (Rpm)	Frekuensi (Hz)
1	7	157,25	95	7,906	500	50
2	7	157,50	95,25	7,906	500,657	50,0573
3	7	157,77	95,52	7,906	501,366	50,1366
4	7	157,78	95,53	7,906	501,392	50,1398
5	7	157,80	95,55	7,906	501,444	50,1444
6	7	158,02	95,77	7,906	502,020	50,202
7	7	158,50	96,25	7,906	503,276	50,3276
8	7	158,58	96,33	7,906	503,485	50,3485
9	7	158,95	96,7	7,906	504,451	50,4451
10	7	159,07	96,82	7,906	504,763	50,4763
11	7	159,06	96,81	7,906	504,763	50,4763
12	7	158,97	96,72	7,906	504,528	50,4528

13	7	158,85	96,6	7,906	504,214	50,4214
14	7	158,87	96,62	7,906	504,266	50,4266
15	7	159,15	96,9	7,906	504,996	50,4996

d) Mencari nilai Q (debit air) guna mengembalikan putaran turbin agar sesuai pada set point yang dikehendaki.

1) Head 95 m

$$Q = \frac{7000}{0,95 \times 9,81 \times 95}$$

$$= \frac{885,3525}{7,906} = 7,906 \text{ m}^3/\text{s}$$

2) Head 95,25 m

$$Q = \frac{7000}{0,95 \times 9,81 \times 95,25}$$

$$= \frac{887,682375}{7,885} = 7,885 \text{ m}^3/\text{s}$$

3) Head 95,52 m

$$Q = \frac{7000}{0,95 \times 9,81 \times 95,52}$$

$$= \frac{890,19864}{7,863} = 7,863 \text{ m}^3/\text{s}$$

4) Head 95,53 m

$$Q = \frac{7000}{0,95 \times 9,81 \times 95,53}$$

$$= \frac{890,291835}{7,862} = 7,862 \text{ m}^3/\text{s}$$

5) Head 95,55 m

$$Q = \frac{7000}{0,95 \times 9,81 \times 95,55}$$

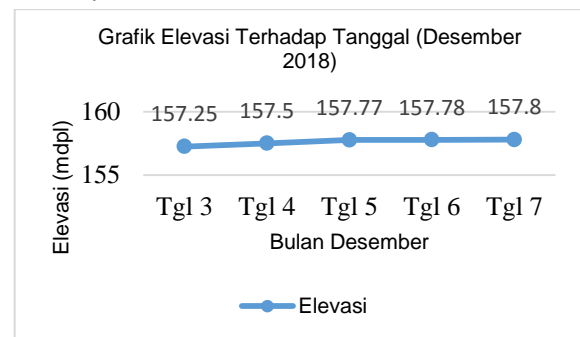
$$= \frac{890,478225}{7,860} = 7,860 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tabel 2. Data Perhitungan Frekuensi Setelah Pengaturan Debit.

No	Daya Beban (MW)	Elevasi (mdpl)	H (m)	Debit Air (M^3/s)	Putaran Turbin (Rpm)	Frekuensi (Hz)
1	7	157,25	95	7,906	500	50
2	7	157,50	95,25	7,885	500	50
3	7	157,77	95,52	7,863	500	50
4	7	157,78	95,53	7,862	500	50
5	7	157,80	95,55	7,860	500	50
6	7	158,02	95,77	7,842	500	50

7	7	158,50	96,25	7,803	500	50
8	7	158,58	96,33	7,793	500	50
9	7	158,95	96,7	7,767	500	50
10	7	159,07	96,82	7,757	500	50
11	7	159,06	96,81	7,758	500	50
12	7	158,97	96,72	7,765	500	50
13	7	158,85	96,6	7,775	500	50
14	7	158,87	96,62	7,773	500	50
15	7	159,15	96,9	7,751	500	50

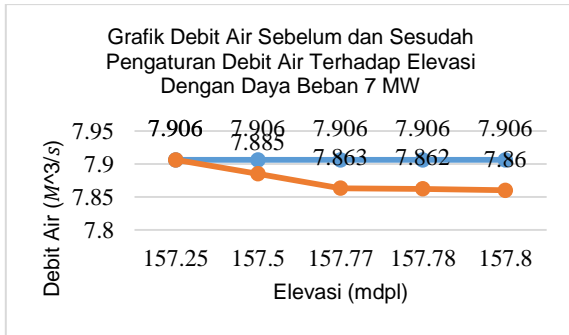
B. Grafik Dan Pembahasan



Gambar 2. Grafik Elevasi Terhadap Tanggal (Desember 2018).

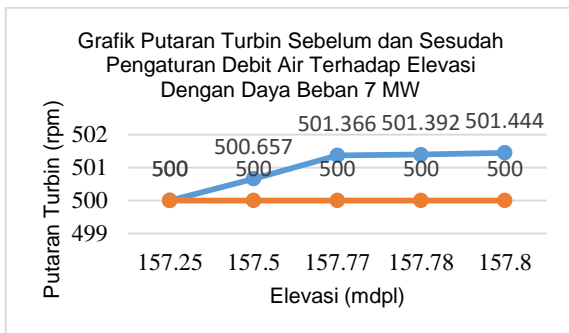
Berdasarkan Gambar 2 yaitu grafik elevasi terhadap tanggal selama bulan desember 2018 dapat dilihat bahwa elevasi yang terdapat pada bulan ini berubah – ubah, hal ini tentunya dikarenakan oleh curah hujan yang ada di wilayah waduk wadaslintang. Sehingga jumlah ketersediaan yang ada pada waduk sangat tergantung oleh cuaca, apabila pada musim penghujan, maka air yang ada pada waduk berlimpah, hal ini tentunya sangat menguntungkan pembangkitan tenaga air seperti PLTA Wadaslintang. Namun apabila musim kemarau, curah hujan sedikit dan dengan demikian sumber air yang tersedia pun menipis, oleh karena itu produksi listrik pun menurun. Seperti yang terlihat pada Gambar 2, pada awal bulan tingkat elevasi semakin naik, namun pada tanggal 19 desember 2018 elevasi menurun, hal itu kemungkinan karena tidak

turunnya hujan selama beberapa hari, dan hal tersebut tentunya akan membuat pembangkitan menurunkan produktifitas listrik pada kondisi real dilapangan, namun pada tanggal 26 desember 2018 elevasi kembali naik, dan dengan naiknya elevasi akan memberikan dampak positif bagi pembangkitan listrik.



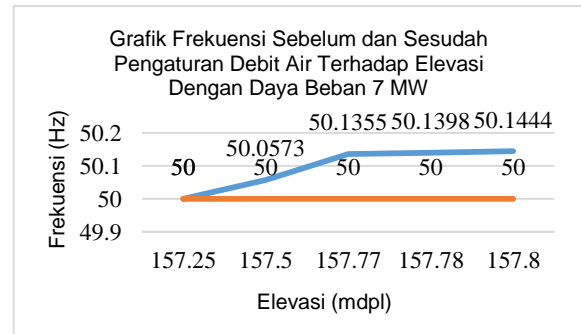
Gambar 3. Grafik Debit Air Sebelum dan Sesudah Pengaturan Debit Air Terhadap Elevasi Dengan Daya Beban 7 MW.

Berdasarkan Gambar 3 yaitu grafik debit air sebelum dan sesudah dilakukannya pengaturan debit air terhadap elevasi dengan daya beban 7 MW, dapat dilihat bahwa sebelum pengaturan debit air maka setpoint debit air konstan pada $7,906 M^3/s$ dengan beban 7 MW, hal ini tentunya mengakibatkan pemborosan air yang ada pada waduk. Dan setelah dilakukan pengaturan debit air maka dapat terlihat bahwa untuk menghasilkan daya tetap pada 7 MW dengan elevasi yang berbeda – beda tentunya dengan mengimbangi dengan pengaturan debit air yang memutar turbin. Dapat terlihat pada Gambar 3, semakin tinggi elevasi maka semakin kecil debit air yang dibutuhkan untuk menghasilkan daya 7 MW. Hal ini tentunya berdampak positif pada pembangkitan karena lebih menekan biaya operasional yaitu air dan juga meningkatkan tingkat efisiensi turbin.



Gambar 4. Grafik Putaran Turbin Sebelum dan Sesudah Pengaturan Debit Air Terhadap Elevasi Dengan Daya Beban 7 MW.

Berdasarkan Gambar 4. yaitu grafik putaran turbin sebelum dan sesudah pengaturan debit air terhadap elevasi dengan daya beban 7 MW, dapat terlihat bahwa sebelum dilakukan pengaturan debit air, putaran turbin yang dihasilkan dengan semakin meningkatnya elevasi semakin meningkat pula putaran yang dihasilkan oleh turbin, hal ini tentunya dapat berpengaruh terhadap frekuensi yang dihasilkan oleh generator. Setelah dilakukan pengaturan debit air putaran turbin menjadi konstan dan sesuai dengan setpoint yang dikehendaki yaitu 500 rpm.



Gambar 5. Grafik Frekuensi Sebelum dan Sesudah Pengaturan Debit Air Terhadap Elevasi Dengan Daya Beban 7 MW.

Berdasarkan Gambar 5. mengenai grafik frekuensi sebelum dan sesudah pengaturan debit air terhadap elevasi dengan daya beban 7 MW, dapat terlihat bahwa frekuensi yang dihasilkan sebelum dilaksanakan pengaturan debit air terpengaruh oleh kecepatan putaran turbin, memang perubahan frekuensi masih pada batas toleransi yakni 5%. Akan tetapi apabila hal ini dibiarkan dengan ketinggian elevasi yang semakin bertambah, maka bukan tidak mungkin kecepatan putaran turbin terus naik dan frekuensi melebihi dari batas toleransi, maka untuk mengantisipasi hal tersebut governor mulai melaksanakan fungsinya dengan cara mengendalikan jumlah debit air yang masuk kedalam turbin sehingga putaran turbin kembali pada setpoint yang dikehendaki. Dapat terlihat pada Gambar 4.7 setelah dilakukan pengaturan debit air, frekuensi yang dihasilkan oleh generator stabil pada 50 Hz, hal ini sesuai dengan aturan yang berlaku di Negara Indonesia mengenai aturan frekuensi

yang digunakan. Dengan demikian sistem *governor* dapat dikatakan mampu menjaga kestabilan frekuensi dengan menjaga kecepatan putaran turbin melalui pengendalian jumlah debit air yang masuk kedalam turbin.

IV. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang sudah dilaksanakan mengenai sistem *governor* dalam menjaga kestabilan frekuensi, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- a) PLTA Wadaslintang menggunakan Governor dengan karakteristik *Speed-droop*, apabila terjadi kenaikan atau penurunan frekuensi pada sistem, maka *governor* akan mengurangi atau menambah debit air melalui bukaan *guide vane* sesuai dengan daya maksimum generator dan setting operasi *governor*.
- b) Dengan setpoint daya beban 7 MW perubahan ketinggian elevasi dari 157,25 mdpl menjadi 157,50 mdpl berpengaruh terhadap kecepatan putar turbin yang semula setpointnya 500 rpm berubah menjadi 500,657 rpm, hal ini berbanding lurus terhadap frekuensi yang dihasilkan oleh generator yaitu 50,0573 Hz. Meskipun frekuensi yang dihasilkan masih berada pada nilai toleransi yang ditetapkan yakni 5%, pengaturan debit air untuk kestabilan frekuensi perlu dilakukan.
- c) *Governor* sebagai pengatur debit air menggunakan bukaan *guide vane* menghasilkan putaran turbin agar selalu tetap, dengan perubahan elevasi dari 157,25 mdpl menjadi 157,50 mdpl, berpengaruh terhadap kecepatan putaran turbin. Untuk mengembalikan kecepatan putaran turbin kembali pada set point yang dikehendaki, *governor* menyesuaikan debit air dari 7,906 M^3/s menjadi 7,885 M^3/s agar kecepatan putaran turbin kembali pada setpoint 500 rpm.
- d) Perubahan ketinggian elevasi dari 157,25 mdpl hingga 159,15 mdpl berpengaruh terhadap jumlah debit air yang masuk kedalam turbin, debit air yang semula 7,906 M^3/s berubah mengikuti perubahan ketinggian elevasi menjadi 7,751 M^3/s . Sehingga dalam hal ini pengaturan perubahan debit air dipengaruhi oleh ketinggian elevasi, semakin tinggi elevasi

yang terdapat pada waduk wadaslintang maka debit air yang dibutuhkan untuk memutar turbin juga akan semakin sedikit.

- e) Peralatan yang dapat membantu pengontrolan *governor* yakni *speed detector*, *actuator* dan *guide vane*, peralatan - peralatan tersebut sangat membantu kinerja dari sistem *governor* dan berpengaruh terhadap perubahan kecepatan putar turbin.

B. Saran

Dalam penelitian ini mengenai sistem *governor* dalam menjaga kestabilan frekuensi pada PT. Indonesia Power UP Mrica Sub Unit PLTA Wadaslintang, analisa penulis bahwa terdapat pengaruh dari perubahan ketinggian elevasi terhadap kecepatan putar turbin yang berbanding lurus dengan frekuensi yang dihasilkan oleh generator. Meskipun perubahan frekuensi masih dalam batas toleransi 5%, namun perlunya dilakukan pengerukan pada waduk wadaslintang agar tidak terjadinya sedimentasi, sedimen merupakan salah satu faktor penghambat pada PLTA. Banyaknya sedimen yang terbawa oleh aliran air akan menyebabkan berkurangnya volume tampungan air itu sendiri, sehingga menyebabkan air yang teraliri sampai ke turbin menjadi sedikit dan hanya akan menghasilkan energi listrik yang kecil. Hal itu tentu berpengaruh terhadap kinerja sistem dari *governor*. Kemudian perlunya meningkatkan perawatan (*maintenance*) pada turbin air agar turbin air dapat menghasilkan putaran turbin yang efisien dan juga menjaga unit agar semakin handal.

V. DAFTAR PUSTAKA

- Djiteng, M. (2005). *Pembangkitan Energi Listrik*. Jakarta: Erlangga.
- Himran, S. (2017). *Turbin Air*. Yogyakarta: Andi.
- Marsudi, D. (2016). *Operasi Sistem Tenaga Listrik* (3rd ed.). Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Patriandari. (2012). Analisis Pengoperasian Speed Drop Governor sebagai Pengatur Frekuensi pada Sistem Kelistrikan PLTU Gresik. 1-6.

- Power, P. I. (1988). *Operation and Maintenance Manual*. Fuji Electric.
- Sri Sadono, S. N. (2013). Identifikasi Sistem Governor Control Valve Dalam Menjaga Kestabilan Putaran Turbin Uap PLTP Wayang Windu Unit 1. 2, 83-90.
- Supari Muslim, d. (2008). *Teknik Pembangkit Tenaga Listrik Jilid 1*. Jakarta: Depdiknas.
- Syamsir, A. (2001). *Teknik Tegangan Tinggi*. Jakarta: Salemba Teknik.
- Yudhistira Bondan Satriawisesa, D. C. (2013). Pengaturan Tegangan dan Frekuensi Generator Induksi Tiga Fasa Penguatan Sendiri Menggunakan Voltage Source Inverter dan Electronic Load Controller. 1, 1-6.