

SISTEM KERJA GOVERNOR DI PLTA PARAKANKONDANG SUMEDANG

Kiki Mulyadi, Engkos Koswara, Eidelweis Dewi J.

Teknik Mesin Universitas Majalengka

Email : kmulyadi97@gmail.com

ABSTRACT

Hydroelectric power plant is one of the power plants that use renewable in the form of water. The hydroelectric system converts the energy from the flowing water into mechanical energy and then into electrical energy. Water flows through a rapid pipe (Penstock) through a waterwheel or turbine where water will hit a blade that causes a waterwheel or turbine to spin.

Governor is a system used to stabilize turbine rotation, at PT. Indonesia Sagulling Power UP The Parakan Hydro Power Unit Sub Unit has a nominal rotation speed of 600 rpm. 600 rpm was taken because the number of poles in the Parakan hydropower plant is 10 poles and the governor system must be able to stabilize the rotation to 600 rpm because the turbine rotation will affect the generator output frequency by adjusting the opening of the Guide Vane, the blades that surround turbine. And the speed drop owned by parakankondang hydropower is 3% with a reduced frequency of 1.5 Hz and a change of 0.1 Hz will cause a change in load of 0.13 MW.

Keywords : *Hydropower, Hydropower Systems, Governor, rpm, speed droop.*

1.PENDAHULUAN

Menurut Marsudi Djiteng (2006) Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) merupakan salah satu pembangkit listrik yang menggunakan energi terbarukan berupa air. Salah satu keunggulan dari pembangkit ini adalah responnya yang cepat sehingga sangat sesuai untuk kondisi beban puncak maupun saat terjadi gangguan di jaringan. Selain kapasitas daya keluarannya yang paling besar diantara energi terbarukan lainnya, pembangkit listrik tenaga air ini juga sudah ada sejak dahulu kala.

Sistem tenaga air mengubah energi dari air yang mengalir menjadi energi mekanik dan kemudian menjadi energi listrik. Air mengalir melalui pipa pesat (Penstock) melewati kincir air atau turbin dimana air akan menabrak sudu-sudu yang menyebabkan kincir air atau turbin berputar. Ketika digunakan untuk membangkitkan energi listrik, perputaran turbin menyebabkan perputaran poros rotor pada generator. Energi yang dibangkitkan dapat digunakan secara langsung, disimpan dalam baterai atau pun digunakan untuk memperbaiki kualitas listrik pada jaringan (Marsudi Djiteng, 2006).

Dalam sistem pembangkitan tenaga listrik PT. Indonesia Power UP Saguling Sub Unit PLTA Parakan kondang terdiri dari berbagai macam sistem pengaturan, salah satunya adalah panel kontrol *Governor*. Panel kontrol *Governor* adalah sistem yang

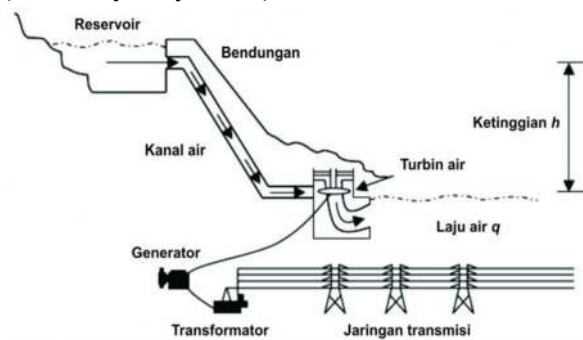
digunakan untuk menstabilkan putaran turbin, pada PT. Indonesia Power UP Saguling Sub Unit PLTA Parakan kondang putaran nominalnya adalah 600 rpm. 600 rpm diambil karena jumlah kutub (pole) yang ada di PLTA Parakan Kondang adalah 10 Pole dan sistem *Governor* harus dapat menstabilkan putaran agar tetap 600 rpm karena putaran turbin akan mempengaruhi frekuensi keluaran Generator dengan cara mengatur pembukaan *Guide Vane*, yaitu sudu-sudu yang mengelilingi turbin.

2.LANDASAN TEORI

Pembangkit Listrik Tenaga Air

Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) adalah pembangkit listrik yang mengubah energi potensial air menjadi energi mekanik oleh turbin kemudian diubah lagi menjadi energi listrik oleh generator dengan memanfaatkan ketinggian dan kecepatan jatuh aliran air. Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) ini memiliki Daya Operasional yang terbilang sangat murah walaupun biaya pembangunannya sangat mahal dan memerlukan waktu yang lama dalam pengerjaannya. Produktifitas PLTA dipengaruhi oleh faktor cuaca yang mempengaruhi debit air yang ada, contohnya pada musim kemarau produktifitas pembangkit ini biasanya menurun drastis sehingga menghentikan produktifitas 1 unit mesin, sedangkan sebaliknya pada saat musim hujan berlangsung produktifitas pembangkit ini

sangatlah tinggi sehingga dapat digunakan untuk memback-up pembangkit-pembangkit yang lain yang biaya operasionalnya mahal. Selain ekonomis pada biaya operasionalnya PLTA memiliki keuntungan pada segi teknisnya, yaitu sistem operasi dan perawatannya (*Maintenance*) tidak terlalu kompleks dibanding jenis pembangkit yang lain (K.Linsley. Rey, 1986).



Gambar 1 Konsep Sederhana PLTA

Komponen-Komponen PLTA

- Bendungan
- Bak Pengendap
- Saluran Pembawa Air
- Pipa Pesat
- Turbin
- Generator
- Transformator
- Saluran Pembuangan

Governor

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 (Sri Sadono, 2013).

Pada dasarnya kerja dari sebuah governor itu sederhana, hanya mengandalkan kecepatan putaran mesin itu sendiri. Sebuah governor terhubung dengan sebuah poros yang berputar. Sepasang bandul dihubungkan pada poros, bandul tersebut berputar seiring dengan adanya perputaran poros. Gaya sentrifugal yang terjadi akibat adanya putaran menyebabkan bandul terlempar. Bandul tersebut dihubungkan dengan collar yang terdapat pada poros, collar akan naik sesuai dengan perherakan keluar dari gaya berat pada bandul dan jika bandul bergerak turun maka collar akan bergerak turun. Pergerakan collar ini digunakan untuk mengoperasikan atau mengatur aliran fluida (air) (Sri Sadono, 2013).



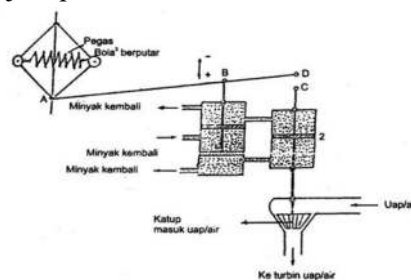
Gambar 2 Governor

Prinsip Kerja Governor

Turbine Air dilengkapi dengan *frequency control* dan merupakan peralatan pengaturan *control valve*. *Control valve* akan membuka untuk menambah kapasitas air ketika frekuensi turun dari nominal atau sebaliknya, akan menutup untuk mengurangi kapasitas air ketika frekuensi naik. Pengertian ini umum dikenal *speed governor*. Type *governor* antara lain, *MHC* (*Mechanic Hydraulic Control*) dan *EHC* (*Electric Hydraulic Control*).

Apabila pada saat $t = t_0$ (lihat Gambar 2.19) ada penambahan beban, maka frekuensi akan turun dari nilai f_0 menjadi f_1 . Penurunan frekuensi ini dikarenakan nilai TB menjadi lebih besar sebagai akibat penambahan beban sehingga $(TG - TB) = \Delta T < 0$ dan selanjutnya juga menjadi $\frac{\partial \omega}{\partial t} < 0$.

$\frac{\partial \omega}{\partial t} < 0$ adalah percepatan sudut dan karena frekuensi $f = \frac{\omega}{2\pi}$ maka hal ini juga berarti penurunan frekuensi. Penurunan frekuensi dari nilai f_0 menjadi f_1 dirasakan oleh *governor*, dan *governor* akan beraksi untuk mengembalikan nilai frekuensi ke f_0 . Berikut ini adalah penjabaran dari reaksi *governor* saat terjadi perubahan frekuensi.



Pada saat ω turun maka bola-bola pada Gambar 2.19 akan bergerak, sehingga titik A turun. Apabila titik A turun maka juga akan menurunkan titik B.

Kecepatan Putar Generator

Frekuensi listrik yang dihasilkan generator sinkron adalah sinkron dengan kecepatan putar generator. Rotor generator sinkron terdiri atas rangkaian elektromagnet dengan suplai arus DC. Medan magnet rotor bergerak pada arah putaran poros. Hubungan antara kecepatan putar medan magnet pada mesin dengan frekuensi elektrik pada stator adalah :

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

Dimana :

n = Kecepatan putar poros (rpm)

f = Frekuensi listrik (Hz)

p = Jumlah Kutub Magnet (pole)

Oleh karena rotor berputar pada kecepatan yang sama dengan medan magnet, persamaan diatas juga menunjukkan hubungan antara kecepatan putar rotor dengan frekuensi listrik yang dihasilkan. Agar daya listrik yang dibangkitkan tetap pada frekuensi 50 Hz atau 60 Hz, maka generator harus berputar pada kecepatan tetap dengan jumlah kutub mesin yang telah ditentukan. Sebagai contoh untuk membangkitkan 60 Hz pada mesin dua kutub, rotor harus berputar dengan kecepatan 3600 rpm. Untuk membangkitkan daya 50 Hz pada mesin empat kutub, rotor harus berputar pada 1500 rpm.

Speed Droop

Speed Droop adalah bilangan prosentase yang menyatakan kepekaan turbin merespon perubahan frekuensi. Semakin kecil nilai prosentase *speed droop*, maka semakin peka terhadap perubahan frekuensi. Demikian pula sebaliknya, semakin besar nilai prosentase *speed droop*, maka semakin malas merespon perubahan frekuensi.

Speed droop menentukan hubungan antara sinyal pengaturan putaran (*governor*) dengan output beban yang dibangkitkan oleh Generator. *Speed Droop* merupakan perbandingan beban dengan frekuensi.

$$\text{Speed Droop} = \frac{R1-R2}{R} \times 100 \%$$

Dimana : R = Putaran Nominal

$R1$ = Putaran Tanpa Beban

$R2$ = Putaran Beban Penuh

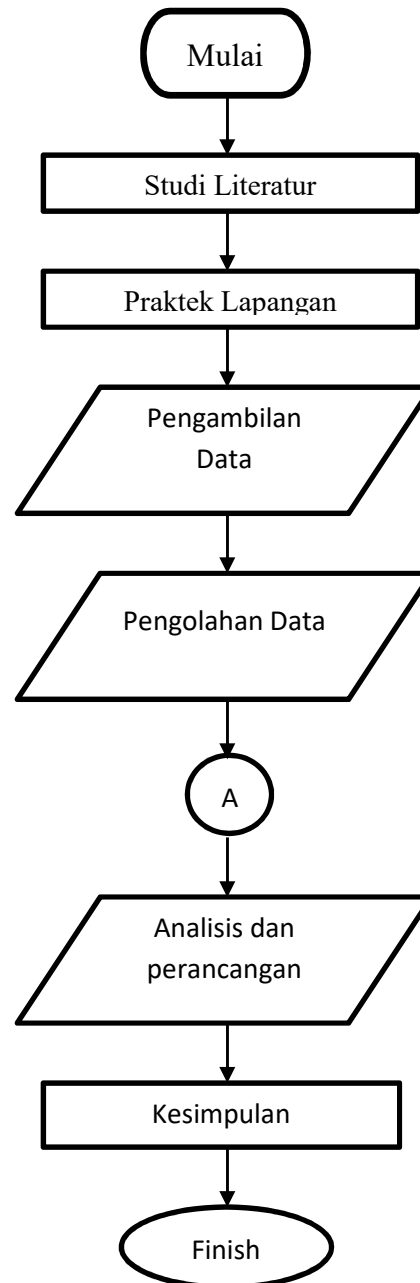
Makin kecil nilai *speed droop* dari *governor* maka makin peka terhadap perubahan beban. Sekilas jika pada suatu

pembangkit memiliki nilai *speed droop* sebesar 5 % maka dapat dihitung :

$$5 \% = 0,05 \times 50 \text{ HZ} = 2,5 \text{ HZ}$$

Artinya sistem dibatasi untuk penurunan frekuensi maksimal 2,5 Hz dari batas nominal 50 Hz, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.22 Tingkat Frekuensi.

3.METODE PELAKSANAAN



Gambar 3 Flow Chart Kerja Praktek

Prosedur Kerja Praktek

Study Literatur

Mencari jurnal tentang Governor, mengumpulkan data dengan cara

membaca dari sumber referensi buku-buku refrensentatif maupun internet.

Praktek Lapangan

Praktek lapangan di PLTA Parakan kondang terletak di Jl.PLTA Parakan Kondang Dusun Parakan kondang Desa Kadujaya Kec. Jatigede Kab. Sumedang Jawa Barat.

PLTA Parakan kondang adalah salah satu Sub Unit PLTA yang berada dibawah Unit Bisnis Pembangkitan Saguling.

Pengambilan Data

Pengambilan data berupa sistem kerja pengaturan governor dan mencari nilai *speed droop* governor.

Pengolahan Data

Mengolah semua data yang dicari, yaitu *speed droop* dengan mencari putaran tanpa beban dan putaran beban penuh dan pengaruhnya terhadap beban.

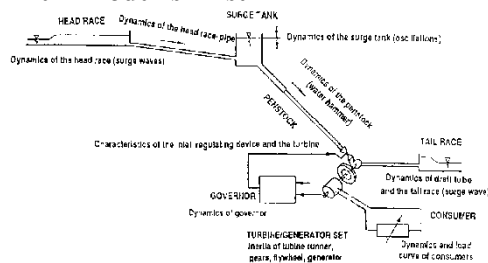
analisis dan Perancangan Sistem

Pada langkah ini dilakukan analisis semua data-data yang didapat dari pengolahan data.

kesimpulan

Dalam Kerja praktek ini dapat diambil kesimpulan berupa nilai *speed droop* dan penurunan beban yang berubah-ubah.

Alur Produksi Listrik



Gambar 4 Alur Produksi Listrik

Intake Cimanuk

Air masuk ke pintu Intake Cimanuk dari sungai cimanuk menuju ke Kolam Tandon (Energi Potensial).

Head Race

Head Race merupakan yang menyalurkan air dari Main *Intake* menuju *Surge Tank*. *Head Race* berfungsi untuk mendapatkan tinggi jatuh air (Head) dan juga menambah debit air.

Surge Tank

Surge Tank merupakan suatu bangunan yang berfungsi sebagai peredam tekanan berlebih yang diakibatkan oleh penutupan Main Inlet valve pada Penstock sehingga tidak terjadi pecahnya Penstock akibat tekanan yang

berlebih dan juga berfungsi agar Main Inlet Valve tidak rusak akibat water hammer.

Pipa Penstock

Pipa Penstock merupakan terowongan saluran air yang menghubungkan *Surge Tank* dengan *Power House* serta berfungsi untuk mengalirkan air dari Intake ke turbin. Di PLTA Parakan Kondang sendiri terdapat 2 pipa penstock dengan panjang 108 m dan diameter 3,14 m yang masing-masing mengalirkan air ke 4 buah turbin.

Turbin

Air masuk dari penstock dengan head 56 m, kemudian air tersebut menuju main inlate valve (open), dari main inlate valve air didistribusikan ke komponen turbin yaitu spiral case, di dalam spiral case aliran air akan didistribusikan kembali menuju Guide Vane. Aliran air yang mengalir pada stay vane diarahkan oleh guide vane. Guide vane akan membuka tutup sesuai perintah governor (sudut untuk membuka dan menutup guide vane adalah 0° - 15°) melalui servo motor. Servo motor akan menggerakkan regulating ring. Regulating ring berhubungan langsung dengan guide vane melalui link regulating.

Generator

Suatu generator pada dasarnya terdiri dari kumparan yang berputar di sekitar medan magnet. Akibat putaran tersebut maka terjadi perpotongan garis-garis medan magnet oleh kumparan sehingga terjadi induksi pada kumparan yang menimbulkan GGL (Gaya Gerak Listrik).

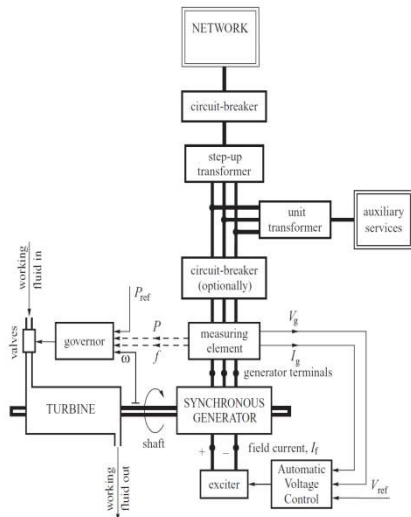
Governor

Energi untuk memutar turbin tersebut berasal dari fluida yang digunakan. PLTA menggunakan fluida air. Untuk mengontrol jumlah energi yang dihasilkan generator, maka jumlah fluida yang memasuki turbin haruslah dikontrol. Banyak sedikitnya fluida yang masuk, tergantung pada bukaan katup (*valve*), dimana valve ini dikontrol oleh *governor*.

Tail Race

Tail race berfungsi sebagai tempat pembuangan air dari yang melalui draft tube.

Pengaturan Governor PLTA ParakanKondang



Gambar 5 Sistem Kerja Governor PLTA Parakankondang

Untuk memahami istilah *governor*, maka kita akan fokus ke dalam pembangkit tipe konvensional, yang diagramnya disajikan dalam Gambar 5. Energi listrik yang dibangkitkan oleh generator sinkron (*synchronous generator*) berasal dari energi yang dihasilkan oleh putaran poros turbin. Energi untuk memutar turbin tersebut berasal dari fluida yang digunakan. PLTA menggunakan fluida air. Untuk mengontrol jumlah energi yang dihasilkan generator, maka jumlah fluida yang memasuki turbin haruslah dikontrol. Banyak sedikitnya fluida yang masuk, tergantung pada bukaan katup (*valve*), dimana *valve* ini dikontrol oleh *governor*. Untuk menentukan besarnya bukaan *valve*, maka *governor* akan mendapat sinyal masukan berupa daya setting (P_{ref}), daya aktual keluaran generator (P), frekuensi (f), atau putaran turbin (w). Dari sini, pengertian *governor* akan lebih mudah dipahami.

4.IMPLEMENTASI

Pengambilan Data

Untuk mengetahui putaran beban penuh (R2) diperlukan untuk mengetahui jumlah kutub dengan menggunakan Persamaan 2.2 :

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

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

$$= \frac{120 \times 50 \text{ Hz}}{600 \text{ rpm}}$$

$$= \frac{6000}{600}$$

$$p = 10 \text{ Pole}$$

Jadi p (jumlah kutub) adalah 10 pole. Sehingga sekarang bisa mencari putaran beban penuh (R2) dengan Persamaan 2.2 seperti diatas.

Tabel Pengujian Tanggal 28-01-2018

No	Waktu	frekuensi	Putaran nominal (R)	Putaran tanpa beban (R1)	Putaran dengan beban (R2)
1	09.00	49,9	600	600	598,8
2	10.00	50	600	600	600
3	11.00	50	600	600	600
4	12.00	50	600	600	600
5	13.00	48,9	600	600	596,8
6	14.00	50	600	600	600
7	15.00	49	600	600	588
8	16.00	48,9	600	600	586,8
9	17.00	48,8	600	600	585,6
10	18.00	48,5	600	600	582

No	Waktu	frekuensi	Putaran nominal (R)	Putaran tanpa beban (R1)	Putaran dengan beban (R2)
11	19.00	49,1	600	600	589,2
12	20.00	49,5	600	600	594
13	21.00	49,3	600	600	591,6
14	22.00	49,6	600	600	595,2
15	23.00	49,9	600	600	598,8
16	24.00	50	600	600	600
17	01.00	50	600	600	600
18	02.00	50	600	600	600
19	03.00	50	600	600	600
20	04.00	50	600	600	600
21	05.00	49,7	600	600	596,4
22	06.00	49,6	600	600	595,2
23	07.00	49,6	600	600	595,2
24	08.00	49,8	600	600	597,6

Dari Tabel diatas didapatkan data yaitu frekuensi (f) akan turun apabila putaran poros (n) turun. Sehingga diketahui bahwa frekuensi terendah adalah sebesar 48,5 Hz dengan putaran poros 582 rpm.

Pengolahan Data

Mencari Speed Droop

$$\text{Speed Droop} = \frac{R1-R2}{R} \times 100\%$$

$$= \frac{600-582}{600} \times 100\%$$

$$= 3\%$$

$$3\% = 0,03 \times 50 \text{ Hz} = 1,5 \text{ Hz}$$

Artinya sistem dibatasi untuk penurunan frekuensi maksimal 1.5 Hz dari batas nominal 50 Hz,

No	Waktu	frekuensi	Putaran nominal (R)	Putaran tanpa beban (R1)	Putaran dengan beban (R2)	Speed droop
1	09.00	49,9	600	600	598,8	0,2%
2	10.00	50	600	600	600	0
3	11.00	50	600	600	600	0
4	12.00	50	600	600	600	0
5	13.00	48,9	600	600	596,8	2,2%
6	14.00	50	600	600	600	0
7	15.00	49	600	600	588	2%
8	16.00	48,9	600	600	586,8	2,2%
9	17.00	48,8	600	600	585,6	2,4%
10	18.00	48,5	600	600	582	3%
11	19.00	49,1	600	600	589,2	1,8%
12	20.00	49,5	600	600	594	1%
13	21.00	49,3	600	600	591,6	1,4%
14	22.00	49,6	600	600	595,2	0,8%
15	23.00	49,9	600	600	598,8	0,2%
16	24.00	50	600	600	600	0
17	01.00	50	600	600	600	0
18	02.00	50	600	600	600	0
19	03.00	50	600	600	600	0
20	04.00	50	600	600	600	0
21	05.00	49,7	600	600	596,4	0,6%
22	06.00	49,6	600	600	595,2	0,8%
23	07.00	49,6	600	600	595,2	0,8%
24	08.00	49,8	600	600	597,6	0,4%

Pengaruh Nilai Speed Droop Terhadap Beban

Dari hasil perhitungan mencari nilai *speed droop* di atas, terlihat bahwa *governor* memiliki nilai *speed droop* sebesar 3% dan sistem dibatasi penurunan frekuensinya sebesar 1,5 Hz. Kemudian output penurunan frekuensi ini direspon balik oleh *governor*, sehingga katup pada turbin membuka lebih besar agar air lebih banyak masuk ke dalam turbin. Kemudian kecepatan akan naik diikuti dengan menaikkan frekuensi.

Di lapangan, untuk Governor Unit 3 PLTA Parakan Kondang, *speed droop* diatur 3 % , sehingga harga gain :

$$\begin{aligned} \text{gain} &= \frac{\text{Total Daya}}{f \times \text{speed droop}} \\ &= \frac{2 \text{ MW}}{50 \text{ Hz} \times 3\%} = 1,3 \text{ MW/Hz} \end{aligned}$$

Artinya setiap ada perubahan 0.1 Hz akan mengakibatkan perubahan beban sebesar 0,13 MW.

5.PENUTUP

Kesimpulan

Dari hasil penyusunan laporan Kerja Praktek tentang *Sistem Kerja Governor Di PLTA Parakan Kondang* di desa Kadujaya, kecamatan Jatigede Kabupaten Sumedang, ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Sistem Kerja dari governor adalah dengan mengontrol jumlah energi yang dihasilkan generator, maka jumlah fluida yang memasuki turbin haruslah dikontrol. Banyak sedikitnya fluida yang masuk, tergantung pada bukaan katup (*valve*), dimana *valve* ini dikontrol oleh *governor*.
2. Speed Droop yang digunakan di PLTA Parakan Kondang memiliki nilai 3% dengan batas penurunan frekuensi 1,5 Hz dan perubahan sebesar 0,1 Hz akan menyebabkan perubahan beban sebesar 0,13 MW.

Saran

Saran dari hasil laporan Kerja Praktek dengan judul *Sistem Kerja Governor Di PLTA Parakan Kondang* adalah sebagai berikut :

1. Perlu diadakan pemeliharaan (*Maintenance*) pada katup (*guide vane*) agar putaran turbin tetap terjaga dan juga diperlukan alat yang dapat mengukur pembukaan pada katup (*guide vane*).

DAFTAR PUSTAKA

1. Patriandari, 2011, *Analisis Pengoperasian Speed Droop Governor Sebagai Pengatur Frekuensi Pada Sistem Kelistrikan PLTU Gresik*, Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.
2. Sadono Sri, Sihana dan Effendy Nazrul, 2013, *Identifikasi Sistem Governor Control Valve Dalam Menjaga Kestabilan Putaran Turbin*

Uap PLTP Wayang Windu Unit 1, Jurusan Teknik Fisika FT UGM.

3. Marsudi Djiteng, 2006, *Operasi Sistem Tenaga Listrik*, Penerbit Graha Ilmu, Yogyakarta.
4. PT PJB UP Gresik, 2010, *Pengoperasian Governor Free PLTU #12 dan #34*, PT PLN PERSERO.
5. K.Linsley. Ray, 1986, *Teknik Sumber Daya Air*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
6. PT PJB UP Saguling, 1995, *Teknisi Pembantu Listrik PLTA*, PT. Indonesia Power.
7. Tim Penyusun, 2017, *Pedoman Kerja Praktek*, Fakultas Teknik Universitas Majalengka.