

Pengaruh Respon Governor Elektronik Pada Operasi Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi dengan Memperhatikan Kendala Operasi

Jakariya^{1*)}; Dibyo Setiawan²; Ahmad Deni Mulyadi¹

1. Program Studi D4 Teknoogi Pembangkit Tenaga Listrik,
Jurusan Teknik Konversi Energi, Politeknik Negeri Bandung, Jl. Gegerkalong Hilir, Ciwaruga,
Kec. Parongpong, Kabupaten Bandung Barat, Jawa Barat 40559, Indonesia

2. Program Studi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mpu Tantular,
Jl. Puri Kembangan No.2 Kedoya Kebon Jeruk Jakarta Barat 11610, Indonesia

^{*)Email: jakariya@polban.ac.id}

Received: 12 Desember 2022 | Accepted: 1 Januari 2023 | Published: 8 Juli 2023

Abstract

Geothermal Power Center is a power plant with renewable energy. Using geothermal steam as a turbine drive. PLTP is connected to SUTET to distribute power to consumers so that it will be vulnerable to system disturbances and affect the operational performance of the Kamojang PLTP unit 4. when the system frequency changes and the governor unit will respond, the response is analyzed against the governor's work system, changes in generating power and the impact on PLTP generating units and their supporting equipment. This study uses a qualitative research method with primary and secondary data collection techniques in 2013, 2014 & 2015. Based on these data, the results show that the generating unit does not trip when the system frequency drops from 50 Hz to a level of 48.4 Hz. governor valve response MCV opened 100%, the gross load increased from 63 MW to 67.9 MW & net increased 61 MW to 65.6 MW. for the condenser the pressure increased from 820 mmH₂O to 1023 mmH₂O but after reducing the water entering the inlet as much as 4% of the level becomes 720 mmH₂O.

Keywords: Governor Response, Geothermal power plant, frequency

Abstrak

Pusat Listrik Tenaga Panas Bumi merupakan pembangkit tenaga listrik dengan energi terbarukan. Menggunakan uap panas bumi sebagai penggerak turbinnya. PLTP terkoneksi dengan SUTET untuk menyalurkan daya ke konsumen sehingga akan rentan terkena gangguan sistem dan mempengaruhi kinerja operasional unit PLTP kamojang unit 4. saat frekuensi sistem berubah dan governor unit akan memberi respon, respon tersebut dianalisis terhadap sistem kerja governor, perubahan daya pembangkitan dan dampaknya terhadap unit pembangkit PLTP serta peralatan pendukungnya. Penelitian ini menggunakan metode penelitian kualitatif dengan teknik pengumpulan data primer dan sekunder tahun 2013, 2014 & 2015. Berdasarkan data tersebut didapat hasil unit pembangkit tidak trip saat frekuensi sistem turun dari 50 Hz ke level 48,4 Hz. respon governor valve MCV membuka 100%, Beban gross naik dari 63 MW menjadi 67,9 MW & netto naik 61 MW menjadi 65,6 MW. untuk kondensor mengalami kenaikan tekanan dari 820 mmH₂O menjadi 1023 mmH₂O namun setelah dikurangi air yang masuk ke inlet sebanyak 4% level tersebut menjadi 720 mmH₂O.

Kata kunci: Respon Governor, PLTP, Frekuensi

1. PENDAHULUAN

Panas bumi merupakan energi terbarukan yang potensinya di Indonesia hingga 28,5 GW *electrical* terdiri dari *resources* 11.07 MW dan *reserves* 17.453 MW, potensi tersebut menjadikan Indonesia menjadi Negara yang potensi panas bumi terbesar di dunia, kemajuan realisasi saat ini, potensi yang dimanfaatkan sebesar 1948,5 MW[1]. Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi di Indonesia mendistribusi daya dari *generator* melalui sistem transmisi yang terinterkoneksi dengan Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi sebagai konsekuensi ikut sertanya Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi pada sistem interkoneksi, Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi mengikuti pula perubahan frekuensi yang terjadi dalam sistem sebagai respon perubahan beban.[2]

Respon dari Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi pada perubahan beban sistem dimulai respon *governor* yang mengatur aliran uap ke turbin[3]. Respon dari *governor* regulator yang mengalirkan uap penggerak turbin. *Governor* elektronik bekerja berdasarkan *signal input* yang telah diatur sebelumnya kemudian *set point* ini diterima *governor electronic control system* untuk membuka katup[4]. *Governor* bertujuan menjaga kecepatan putaran turbin sesuai dengan *set point* 3000 rpm sehingga frekuensi yang dihasilkan menjadi 50 Hz [5].

Pengontrolan kecepatan turbin dari *governor* berkaitan dengan kestabilan sistem untuk mencegah gangguan yang diakibatkan perubahan beban tiba-tiba [6]. Saat kebutuhan beban berubah maka *governor valve* akan membuka distribusi uap yang lebih banyak, distribusi uap ini dibutuhkan untuk mempertahankan kecepatan turbin[7]. Tujuan penelitian ini untuk menganalisis sistem kerja *governor* elektronik pada Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi Unit Pembangkit XYZ 4, analisis berupa respon dari perubahan putaran turbin uap terhadap frekuensi sistem interkoneksi dan menganalisis respon kerja *governor* terhadap perubahan beban dalam sistem kelistrikan yang terinterkoneksi.

2. METODE/PERANCANGAN PENELITIAN

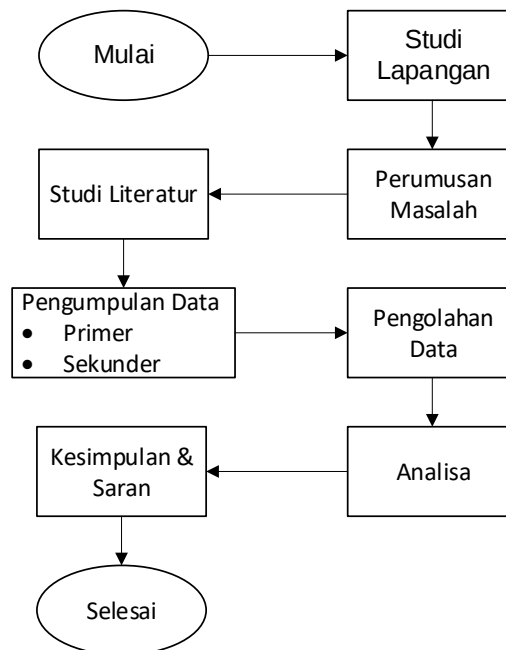
2.1. Tinjauan Pustaka

Rujukan penelitian terkait *governor valve* sebelumnya telah dilakukan oleh Saudara Patriandari di PLTU Gresik mengetahui kerja *governor* pada PLTU tersebut berdasarkan variasi *speed droop governor* yang digunakan. *Speed droop* menentukan hubungan antara signal pengaturan *governor* dengan *output* beban yang dibangkitkan oleh *generator*. *Speed droop* merupakan perbandingan beban dengan frekuensi. Hasilnya semakin kecil nilai *speed droop*, maka semakin respon terhadap perubahan frekuensi. Sebaliknya, semakin besar nilai *speed droop*, maka semakin lambat respon perubahan frekuensi, variasi nilai *speed droop governor* maka akan diketahui seberapa besar prosentasi *speed droop* yang paling baik untuk diterapkan dalam sebuah sistem PLTU[2].

Governor adalah komponen mekanis yang berfungsi mengatur putaran mesin, dengan mengatur fluida kerja ke turbin ataupun ruang bakar. Prinsip kerja *governor* mengandalkan kecepatan putaran mesin. Sebuah *governor* terhubung poros yang berputar. Bandul yang dihubungkan pada poros, bandul tersebut berputar seiring dengan perputaran poros. Gaya sentrifugal yang berputar menyebabkan bandul terlempar dihubungkan ke *collar* pada poros, *collar* akan naik keluar dari gaya berat pada bandul dan apabila bandul bergerak turun maka *collar* akan bergerak turun. Pergerakan *collar* digunakan pada operasi atau aliran fluida[5].

2.2. Diagram Alir

Metode penelitian pada kegiatan ini digunakan pendekatan penelitian sebagai berikut :



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Berdasarkan gambar diagram alir tersebut kegiatan dimulai studi lapangan yang bertempat pada unit pembangkit XYZ 4 kemudian dilanjutkan dengan rumusan masalah yaitu bagaimana respon *governor* elektronik terhadap frekuensi sistem, penyebab frekuensi sistem turun dan bagaimana mengatasi kondisi tersebut terhadap Pembangkit Listrik Tenaga Panas unit pembangkit XYZ 4 selanjutnya dilakukan studi literatur mengenai *drop* frekuensi sistem. Untuk metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode kualitatif dengan studi literasi dokumen yaitu pengumpulan data primer & sekunder, untuk data primer berupa laporan operasional pembangkit utamanya pada peralatan *governor valve*, *electric governor* dan *turbine* pada unit pembangkit XYZ 4 tahun 2013-2015. Pada laporan tersebut didapat bahwa operasi *governor* di *setting* pada *speed droop* 5% sedangkan data sekunder melalui studi pustaka berupa laporan operasional pembangkit, *manual book powerplant*. pengumpulan data berupa parameter yang berkaitan dalam penentuan *speed droop governor* dan data-data yang relevan dalam penelitian ini.

2.3. Prinsip Kerja Governor Elektronik

Sistem *Governor* pada Pembangkit Listrik Tenaga Panas terdiri dari:

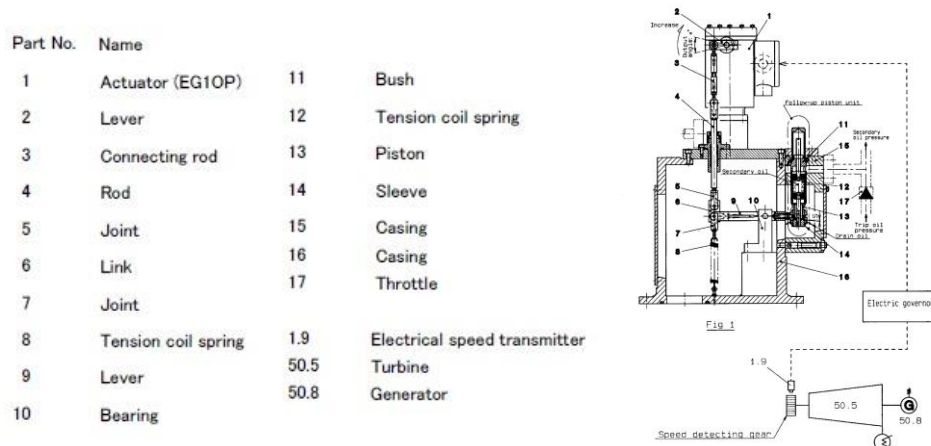
1. *Electric Governor*;
2. *Electrical Speed Transmitters*;
3. *EG-10P Actuator Unit*; dan
4. *Follow Up Piston Unit*.

Secara spesifik *governor* bekerja saat putaran turbin berkurang, maka *electrical speed transmitters* (1.9) mendeteksi putaran turbin dengan *speed detecting gear*. Luaran *electrical speed transmitters* (1.9) diproses *Electric Governor*. *Signal output Electric Governor* akan bertambah selanjutnya *lever* (2) dari *actuator* (1) berputar di jalur kenaikannya. Lihat Gambar 2.

Saat kecepatan turbin bertambah, *signal output electric governor* berkurang selanjutnya *lever* (2) berputar di jalur penurunannya. *Lever* (2) dari *Actuator* (1) beroperasi sesuai ukuran *signal electric* dari *Electric Governor* yang masuk kedalam *Actuator* (1), *Sleeve* (14) dari *follow up piston unit* di gerakan oleh hubungan bagian (2~10) sesuai pada gambar 2. *Trip oil* di distribusi secara kontinyu oleh *throttle* (17) menuju *follow up piston unit*. Saluran oli sekunder akan mengikuti saluran dari *follow up piston unit* menuju motor servo dari *steam control valves*.

Saat *output signal* dari *governor* bertambah, *Lever* (2) dari *actuator* (1) berputar di jalur kenaikannya, *sleeve* (14) bergeser turun oleh perintah *lever* (9). Berkurangnya posisi *sleeve* (14) dan *Piston* (13) akan membentuk area aliran keluar menjadi “S” kemudian tekanan oli pada kontak oli sekunder bertambah, untuk piston (13) bergerak menurun, melawan gaya yang timbul dari *tension coil spring* (12). Oleh karena itu *area flow out “S”* akan bertambah dan piston (13) berhenti ketika gaya *tension coil spring* (12) telah seimbang dengan tekanan oli yang berasal dari *secondary oil circuit*.

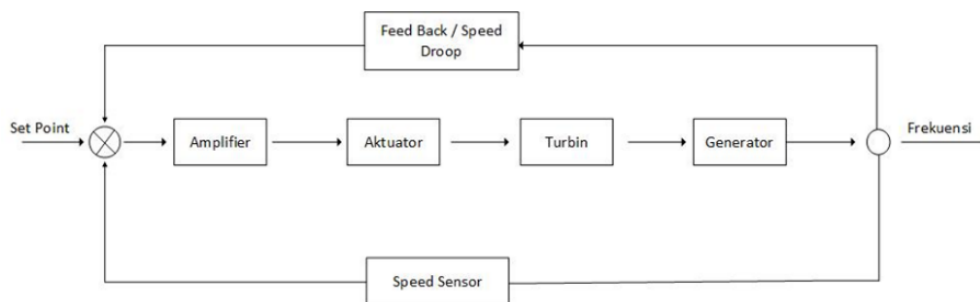
Tekanan dari *secondary oil* bervariasi disesuaikan oleh perpindahan putaran *Lever* (2) dan *signal* terakhir dari *electric governor*. Ketika tekanan oli di *secondary oil circuit* menjadi tinggi, *steam control valve* akan membuka dan ketika tekanan menjadi rendah maka *steam control valve* akan menutup.



Gambar 2. Governor Electronic Hydraulic

2.4. Respon Governor

Speed Droop Governor ini merupakan bilangan yang menyatakan kesensitifan turbin dalam merespon sebuah perubahan dari frekuensi. Semakin kecil prosentase nilai dari *speed droop*, maka semakin sensitif juga terhadap perubahan frekuensinya.

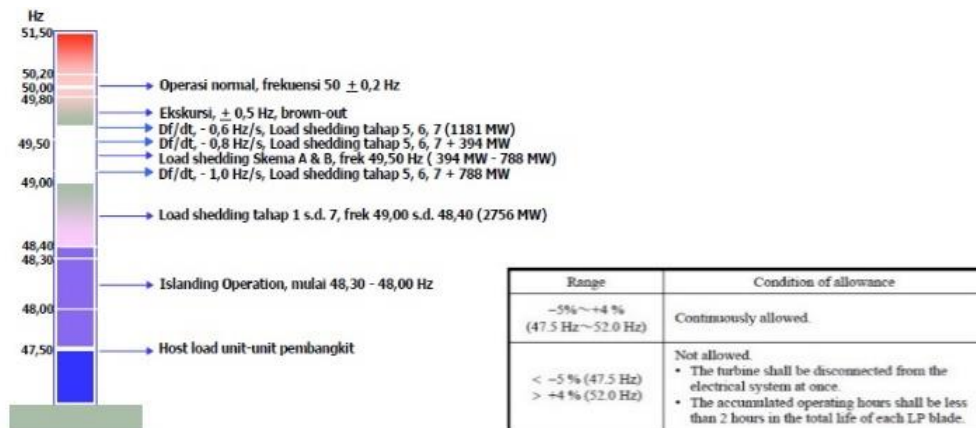


Gambar 3. Blok Diagram Sistem PLTP Kamojang Unit 4

Speed droop ini adalah hubungan perbandingan beban dengan frekuensi.

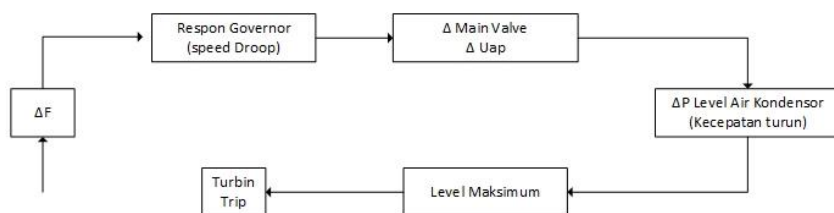
$$\text{Speed Droop} = \frac{\text{No load speed} - \text{Full load rated speed}}{\text{Full load rated speed}} \times 100\% \quad (1)$$

Semakin kecil nilai *speed droop* dari *governor*, maka semakin sensitif terhadap sebuah perubahan beban. Pembangkit Listrik Tenaga Panas Kamojang Unit 4 *speed droop* di atur pada angka 5% artinya nilai tersebut dihitung $5\% = 0.05 \times 50 \text{ Hz} = 2.5 \text{ Hz}$:



Gambar 4. Tongkat Frekuensi & Batas Kerja PLTP Kamojang Unit 4

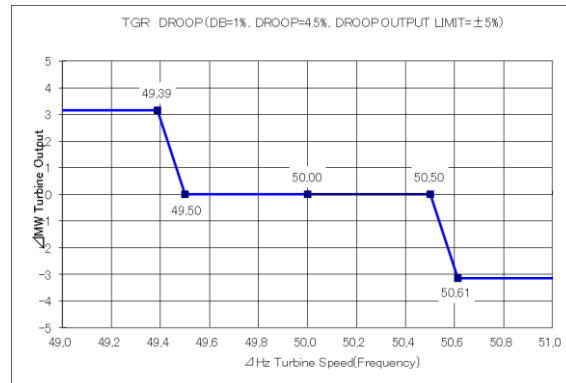
Berdasarkan Peraturan Menteri Energi Sumber Daya Mineral Nomor 20 Tahun 2020 Tentang Aturan Jaringan Sistem Tenaga Listrik (*Grid Code*) bahwa nilai *speed droop* untuk Pembangkit Listrik Tenaga Panas atau pembangkit termal berkisar antara 3% dan 5%.



Gambar 5. Diagram diagram turbin trip

2.5 Kendala – Kendala Operasi Governor

Pembangkit Listrik Tenaga Panas Kamojang Unit 4 mengoperasikan Elektronik Hidrolik Governor dengan pengaturan *speed droop* pada angka 5%. Nilai ini merupakan nilai optimal yang telah disepakati oleh Perusahaan Listrik Negara dan disesuaikan dengan aturan yang ada.



Gambar 6. Kurva Batas Kerja Governor

Tabel 1. Performance Test Governor PLTP Kamojang Unit 4

ΔHz	Hz	ΔMW
-50	0,00	3,15 (+5%)
-0.6125 (-1.125%)	49,39	3,15 (+5%)
-0.50 (-1%)	49,50	0
0	50,00	0
+0.50 (+1%)	50,50	0
+0.6125 (+1.125%)	50,61	-3,15 (-5%)
+50	100,00	-3,15 (-5%)

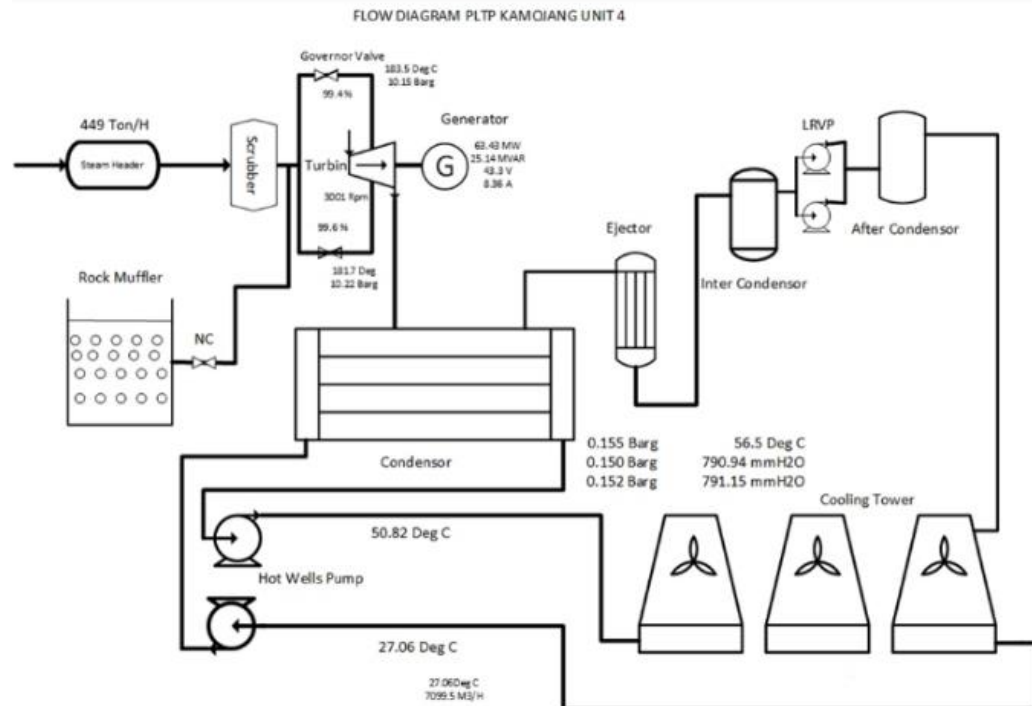
Performance Test 22-25 Januari 2008			
	Gros	64,77	
	house ld	2,2	
	net	62,57	
	gov free	1,56425	2,50%
	net dispatch	61,00575	
0,40%	dead band	0,2	hz

Besaran nilai dari prosentasi *speed droop* bisa diatur lebih kecil dari 5% efeknya *governor* akan merespon perubahan frekuensi secara lebih cepat dibandingkan dengan pengaturan 5%, namun bila *governor* elektronik diatur dibawah 5% ada kendala terhadap tekanan uap yang masuk ke dalam turbin karena semakin besar *governor* elektronik merespon maka akan mengambil pasokan uap lebih banyak pada *inlet steam receiving header*, hal ini bisa membuat tekanan uap pada *steam receiving header* berkurang dan berakibat pada resiko dari *governor valve* kekurangan tekanan, karena pada sistem *governor valve* mempunyai batas tekanan untuk bisa bekerja normal yaitu $P_{\min} = 9.5$ Bar, $P_{\text{normal}} = 10.15 - 10.20$ Bar dan $P_{\max} = 10.45$ Bar untuk Pembangkit Listrik Tenaga Panas Kamojang Unit 4.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Perubahan Beban Sistem

Pembangkit Listrik Tenaga Panas kamojang unit 4 memiliki parameter yang mendukung operasi optimal pembangkitan daya listrik. Parameter ini akan dijelaskan berdasarkan gambar diagram dibawah ini:



Gambar 7. Flow Diagram PLTP Kamojang Unit 4

Kestabilan sistem kelistrikan merupakan hal yang sangat penting untuk menjaga peralatan listrik bekerja optimal dan dapat menunjukkan keandalan yang tinggi dalam bekerja. Kestabilan sistem ditunjukkan dengan konstannya nilai frekuensi sistem. Untuk Indonesia yang memakai frekuensi sistem 50 Hz, dalam kenyataan dilapangan frekuensi sistem ini akan selalu berubah-ubah karena konsumsi daya aktif yang mempengaruhi nilai frekuensi tersebut sangat ditentukan oleh konsumen baik untuk rumah tangga, industri dan kegiatan lain yang menyerap daya aktif. Sebagai respon terhadap perubahan beban tersebut maka unit pembangkit utamanya Pembangkit Listrik Tenaga Panas akan selalu menyesuaikan pembangkitan dengan mengatur *speed droop* pada *governor* elektronik agar sensitif terhadap perubahan frekuensi sistem, *speed droop* PLTP Kamojang Unit 4 dinyatakan dengan:

$$\text{Speed Droop} = \frac{R1-R2}{R2} \times 100\% = \frac{3000-2988}{2988} \times 100\% = 5\% \quad (2)$$

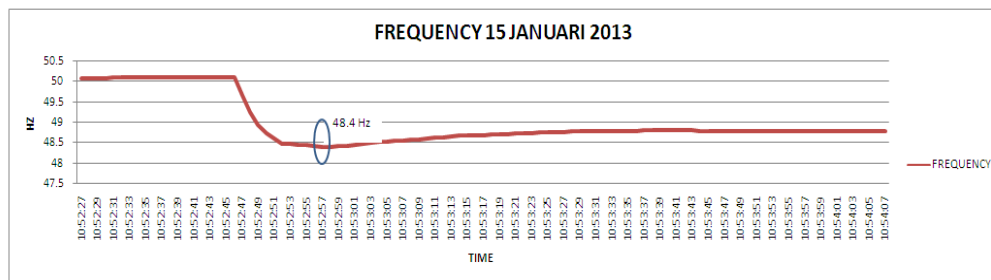
Dimana menurut data harian dan *manual book power plant* :

$R1$ = kondisi putaran tanpa beban (3000 Rpm);

$R2$ = kondisi putaran beban penuh (2988 Rpm).

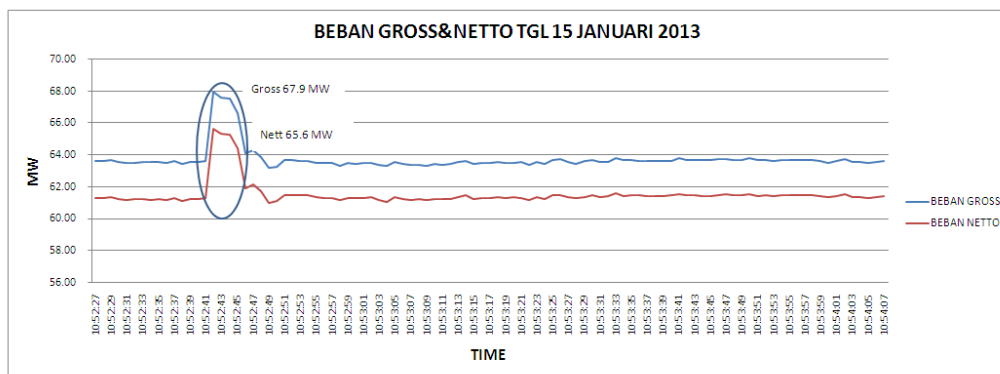
3.2. Pembahasan

Kenaikan dan penurunan frekuensi yang diatasi oleh *governor* hanya mengatasi perubahan frekuensi yang kecil, tetapi apabila frekuensi terus naik atau terus turun, bisa menyebabkan beberapa peralatan *equipment* di Pembangkit Listrik Tenaga Panas Kamojang Unit 4 terjadi *abnormal*. Salah satu contoh frekuensi *drop* pada tanggal 15 Januari 2013, dimana seluruh unit Pembangkit Listrik Tenaga Uap Payton di Jawa Timur mengalami *Trip*, dimana frekuensi turun dan terendah pada 48.4 Hz berikut kondisi yang di gambarkan pada Gambar 8.



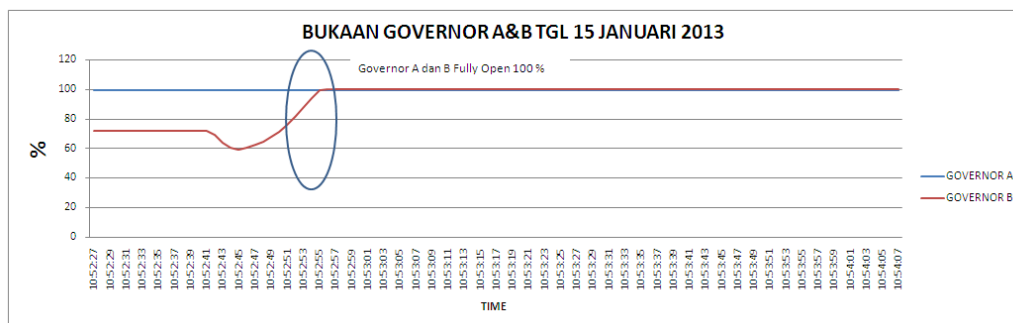
Gambar 8. Frekuensi Drop

Frekuensi yang *drop* (turun) ke 48.4 menyebabkan *Generator* Pembangkitan mengalami kenaikan yang signifikan seperti Gambar 9 dan mengalami penurunan secara perlahan menuju *setting* awal.



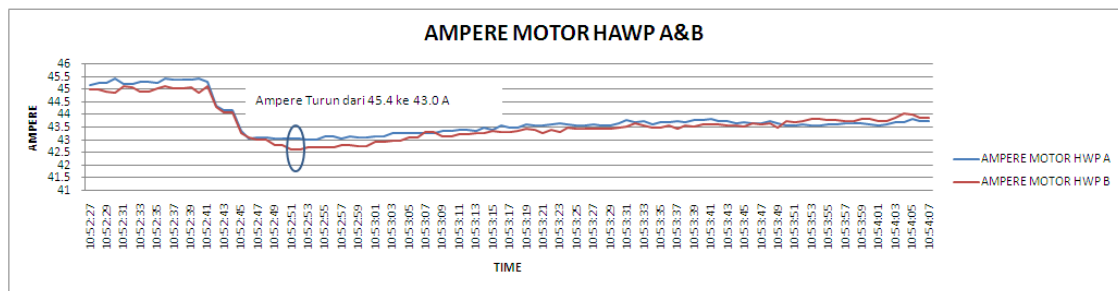
Gambar 9. Beban Gross & Netto

Bukaan *governor valve MCV* pada posisi kiri dan kanan merespon dengan cepat perubahan *drop* frekuensi dengan kondisi membuka *Fully open 100%* Secara *automatic* seperti yang tergambar pada Gambar 10.



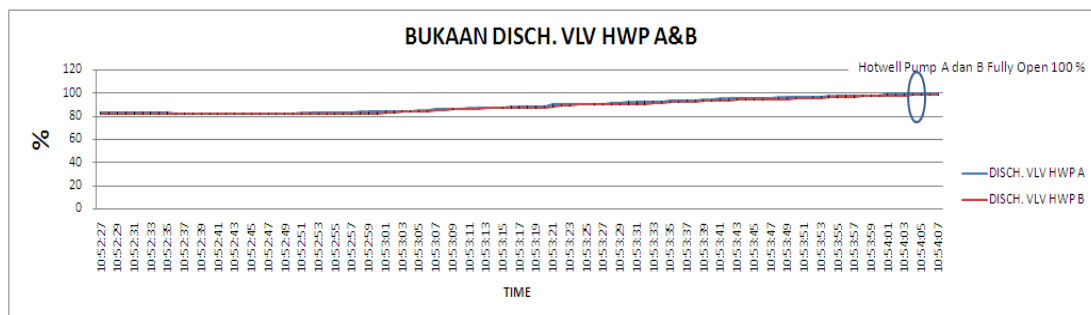
Gambar 10. Bukaan Governor A&B

Ampere Hotwell pump turun dari 45.4 ke 43.0 A, yang mengganggu kinerja dari *hotwell pump* seperti yang tergambar pada Gambar 11.



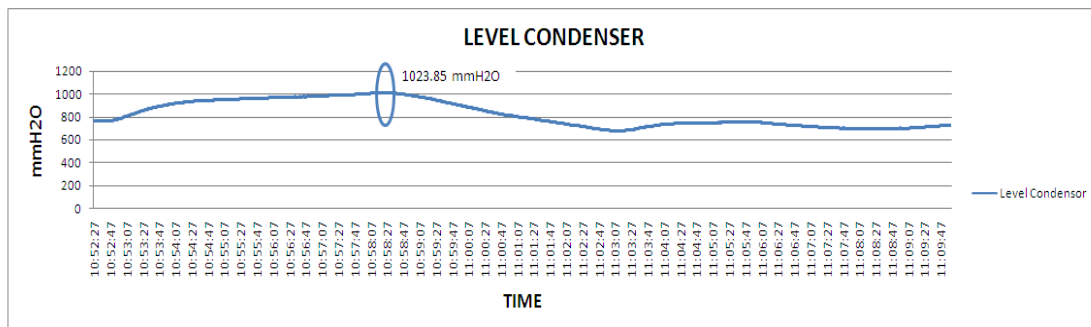
Gambar 11. Ampere Motor Hot Wells Pump

Bukaan valve Hotwell Pump juga mengalami kenaikan secara bertahap *Fully Open* 100% seperti tergambar pada Gambar 12.



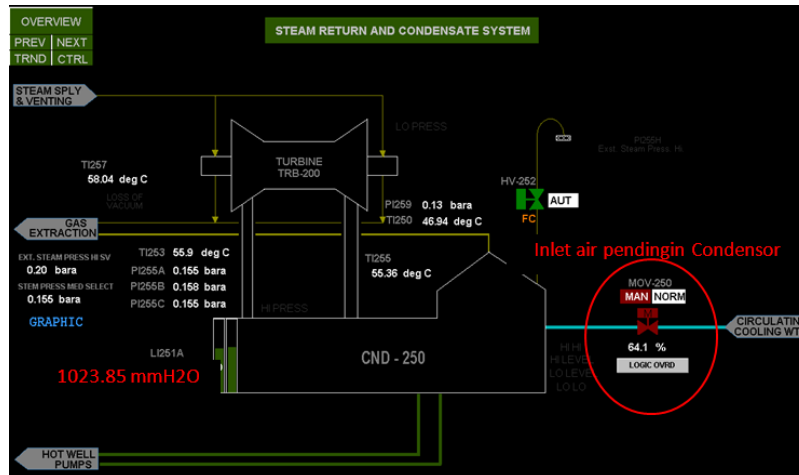
Gambar 12. Bukaan Discharge Valve Hot Wells Pump A&B

Level kondensor juga mengalami kenaikan secara bertahap 1023.85 mmH₂O seperti yang tergambar pada Gambar 13.



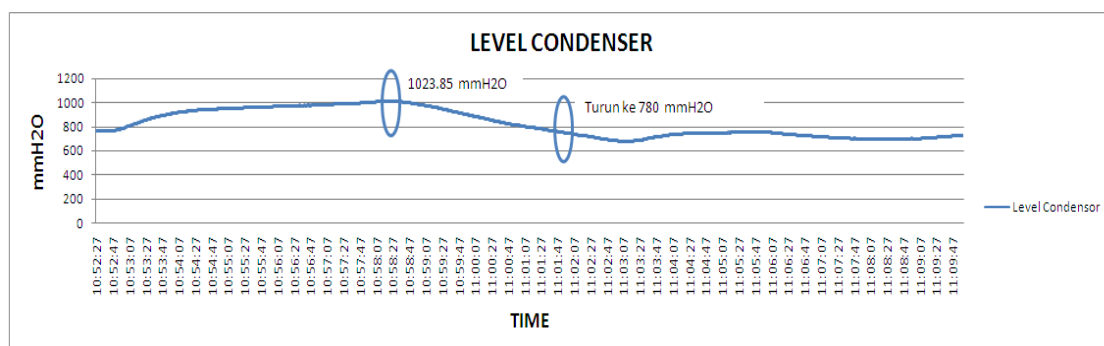
Gambar 13. Level Condesor

Dari data gambar grafik tersebut dapat terlihat bahwa *Governor* bekerja dengan baik untuk membuka secara *Fully open* 100 % akibat dari *drop* frekuensi, tetapi dikarenakan frekuensi terus menerus turun ke 48.4 mengakibatkan kinerja *Hotwell pump* terganggu (*Ampere Turun*) dan Bukaan LV-251 A dan B yang membuka 100% secara lambat dikarenakan bekerja secara *pneumatic*. Sehingga level kondensor terjadi penambahan level ke 1023.85 mmH₂O. Setting level kondensor untuk *trip* di 1086 mmH₂O. Untuk antisipasi tidak terjadinya *trip* yaitu dengan mengurangi *inlet* air pendingin ke kondensor seperti yang tergambar pada Gambar14 Pengurangan air kondensat disesuaikan $\pm 4 \%$.



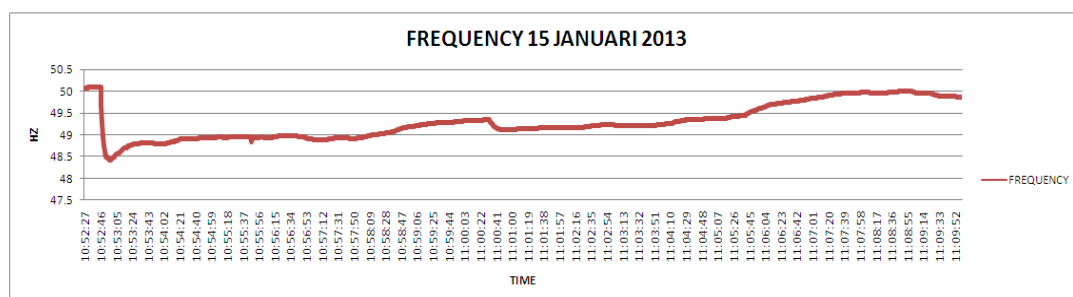
Gambar 14. Inlet water Condensor

Dengan melakukan pengurangan Inlet air pendingin ke Condensor, Level Condensor berangsur membaik seperti yang tergambar pada Gambar 15, semula 1023 mmH₂O menjadi 780 mmH₂O sesuai dengan setting dari level kondensor. Sehingga unit Power Plant tidak terjadi Trip.



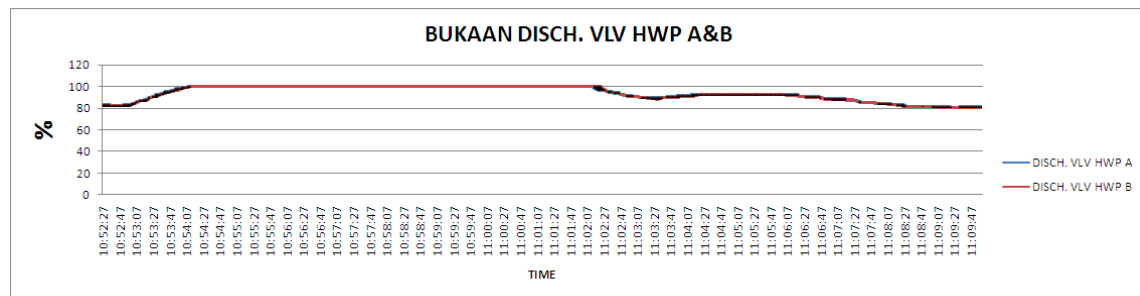
Gambar 15. Level Condensor (Setelah dikurangi air pendingin)

Frekuensi berangsur membaik setelah beberapa menit seperti yang tergambar pada Gambar 16.



Gambar 16. Frekuensi Mulai Normal

Bukaan *discharge Hotwell Pump* kembali normal, setelah frekuensi mulai membaik seperti yang tergambar pada Gambar 17.



Gambar 17. Bukaan Discharge HWP Mulai Normal

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Respon governor elektronik dipengaruhi oleh penyetelan *speed droop* dengan pengaturan yang rendah sebesar 5% maka akan merespon setiap perubahan beban dengan cepat;
2. Gangguan akibat unit pembangkit dengan kapasitas besar berhenti beroperasi, membuat frekuensi sistem menjadi turun sehingga unit Pembangkit Listrik Tenaga Panas Kamojang unit 4 mengalami gangguan pada peralatan yang ada;
3. Respon cepat operator saat terjadinya gangguan akibat unit pembangkit besar *trip* sangat diperlukan dalam menjaga kehandalan pembangkit Pembangkit Listrik Tenaga Panas Kamojang unit 4 agar gangguan pada sistem bisa diminimalisasi dengan penyetelan-penyetelan seperti menjaga level tekanan kondensor agar tidak mendekati batas kerjanya.

Saran

Setiap terjadi perubahan pada *governor* harus memperhatikan batas kerja peralatan pada Pembangkit Listrik Tenaga Panas, sehingga apabila terjadi kenaikan yang tidak wajar pada *level* peralatan tersebut, langsung dapat di tangani, sehingga tidak perlu menunggu sampai mendekati batas kritisnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] dan K. E. Direktorat Jenderal Energi Baru, Terbarukan, Pedoman Investasi Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi. 2021. [Online]. Available: <https://gautamakarisma.wordpress.com/2010/05/28/prepare-for-kp-pltp-kamojang/>
- [2] Patriandari, "Analisis Pengoperasian Speed Droop Governor," Digilib ITS Undergrad., pp. 1–6, 2009.
- [3] J. Latcovich, T. Astrom, P. Frankhuizen, S. Fukushima, H. Hamberg, and S. Keller, "Maintenance and Overhaul of Steam Turbines HMN," Int. Assoc. Eng. Insur. 38th Annu. Conf., vol. 42, no. 05, p. 46, 2005, [Online]. Available: <http://www.steamforum.com/pictures/wgp4205Turbine.pdf>
- [4] F. Z. Baghli and L. El Bakkali, "Design and simulation of robot manipulator position control system based on adaptive fuzzy PID controller," Adv. Mech. Eng. its Appl., vol. 1, no. 3, pp. 243–250, 2012, doi: 10.1007/978-3-319-22368-1_24.
- [5] S. Sadono and N. Effendy, "Identifikasi Sistem Governor Control Valve Dalam Menjaga Kestabilan Putaran Turbin Uap PLTP Wayang Windu Unit 1," Teknofisika, vol. 2, no. 3, pp. 83–90, 2013.

- [6] N. A. Rekha Rajan, Muhammed Salih. P, “Speed Controller Design for Steam Turbine,” Int. J. Adv. Res. Electr. Electron. Instrum. Energy, vol. 2, no. 9, pp. 4400–4409, 2013, [Online]. Available: <http://www.ijareeie.com/volume-2-issue-9#>
- [7] E. J. FARMER and B. G. LIPTÁK, “Steam Turbine Controls,” in Process Control, vol. 2, no. 1985, Elsevier, 1995, pp. 1442–1452. doi: 10.1016/B978-0-7506-2255-4.50138-0.