

# KALIBRASI OVERFREQUENCY RELAY PADA SISTEM PROTEKSI GENERATOR UNIT 1 PT. PEMBANGKIT JAWA-BALI UNIT PEMBANGKITAN CIRATA

Aris Suryadi<sup>1</sup>, Winarso Adi Sukarno<sup>2</sup>, dan Sheilla Aprilia Sofyan<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Politeknik Enjineri Indorama Kembanguning, Jatiluhur, Purwakarta 41152

<sup>2</sup>Politeknik Enjineri Indorama Kembanguning, Jatiluhur, Purwakarta 41152

<sup>3</sup>Politeknik Enjineri Indorama Kembanguning, Jatiluhur, Purwakarta 41152

Email : aris.suryadi@pei.ac.id

## ABSTRAK

**KALIBRASI OVERFREQUENCY RELAY PADA SISTEM PROTEKSI GENERATOR UNIT 1 PT. PEMBANGKIT JAWA-BALI UNIT PEMBANGKITAN CIRATA.** Kalibrasi merupakan salah satu faktor penting sebelum melakukan pengukuran agar dihasilkan data pengukuran yang lebih akurasi. Salah satu relay proteksi yang digunakan pada generator adalah overfrequency relay yang berfungsi sebagai pengaman kecepatan lebih pada generator. Kalibrasi overfrequency relay bertujuan untuk mengetahui tingkat keandalan overfrequency relay. Pada kalibrasi ini zera tester dimanfaatkan sebagai simulasi dari generator yang berfungsi menginjeksikan tegangan sesuai dengan form pengujian. Berdasarkan hasil rata-rata pengujian, maka rentang waktu batas aman tertinggi yang diatur pada overfrequency relay adalah 55 Hz sesuai dengan standar setting range over frequency relay tipe FMG11 dengan waktu kerja 40 detik. Rentang frekuensi tersebut dibuat untuk menghindari terjadinya gangguan kerja akibat frekuensi lebih, sesuai grafik karakteristik overfrequency relay. Jika relay mencatat frekuensi 55 Hz maka overfrequency relay akan langsung mengirim sinyal ke time delay relay yang terhubung, selanjutnya time delay relay akan menghitung waktu sesuai pengaturannya. Hasil kalibrasi dan pengukuran overfrequency relay didapatkan bahwa overfrequency relay tersebut memiliki persentase kesalahan 0% yang berarti masih bekerja dalam kondisi normal.

**Kata Kunci :** Kalibrasi overfrequency relay, Sistem Proteksi Generator, Generator

## 1. PENDAHULUAN

Keandalan dan kemampuan suatu sistem tenaga listrik untuk melayani kebutuhan konsumen sangat tergantung pada sistem proteksi yang digunakannya. Peralatan sistem tenaga listrik yang diproteksi pada umumnya adalah Generator, *Main Transformer*, *Station Service Transformer*, dan *House Transformer*. Dalam suatu sistem pembangkit tenaga listrik, generator memiliki peran penting dalam proses produksinya. Oleh karena itu, generator diproteksi semaksimal mungkin agar tidak mengalami *trip* (gangguan). Untuk mengatasi kondisi abnormal pada generator tersebut, diperlukan suatu alat yang berfungsi untuk memproteksi, mendeteksi keadaan-keadaan abnormal, dan untuk memutuskan rangkaian pada sistem proteksinya. Dari peranan penting sebuah sistem kontrol diperlukan kegiatan pemeliharaan untuk menjaga kinerja suatu sistem tetap andal maka dilakukan kalibrasi pada relay proteksi.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1. Prinsip Kerja PLTA

Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) memanfaatkan energi dari ketinggian (potensial) dan energi dari kecepatan (kinetik) air. Energi tersebut diterima oleh turbin (*runner*) yang kemudian diteruskan ke generator dalam bentuk

energi mekanik, untuk selanjutnya diubah menjadi energi listrik. [5]

Pada prinsipnya PLTA mengolah air menjadi listrik dengan memanfaatkan perubahan energi, yaitu energi potensial air yang diubah menjadi energi kinetis dengan adanya *head*, kemudian energi kinetis ini berubah menjadi energi mekanis dengan adanya aliran air yang menggerakkan turbin, lalu energi mekanis berubah menjadi energi listrik melalui perputaran rotor pada generator. Jumlah energi listrik yang bisa dibangkitkan dengan sumber daya air tergantung pada dua hal, yaitu jarak tinggi air (*head*) dan berapa besar jumlah air yang mengalir (debit). [6]

Suatu pembangkit listrik tenaga air mempunyai beberapa komponen utama yaitu: [4]

#### a. Reservoir

Ada dua jenis *reservoir* yang biasanya digunakan yaitu jenis waduk dan jenis kolam tando harian (KTH). Jenis waduk biasa digunakan pada PLTA besar dan mempunyai *catchment area* yang luas dan volume air yang lebih banyak, sedangkan KTH biasa digunakan pada PLTA kecil dan mempunyai volume yang kecil. KTH ini lebih banyak dipakai oleh pembangkit yang bersifat *run of river*.

b. Saluran air

Saluran air berfungsi untuk menyalurkan air dari *reservoir* ke turbin, terdiri dari dua jenis yaitu *tunnel* dan *penstock*. *Tunnel* berfungsi sebagai penghantar air dibawah tanah sedangkan *penstock* terbuat dari pipa baja terletak diatas permukaan tanah berfungsi sebagai saluran yang terhubung langsung dengan pembangkit.

c. Mesin Pembangkit

Pada mesin pembangkit terdapat empat bagian yaitu turbin, generator, trafo dan alat bantu.

d. Tail Race

*Tail race* merupakan tempat keluarnya air setelah menggerakkan turbin dan diteruskan ke aliran sungai. Ketinggian *head static* sebuah turbin didapat dari selisih ketinggian permukaan air waduk dan ketinggian *tail race*.

## 2.2. Generator Sinkron

Generator adalah mesin pembangkit listrik yang berfungsi untuk mengubah energi mekanik dalam bentuk putaran menjadi energi listrik. Dimana besarnya tegangan diinduksikan pada kumparan tergantung pada kuat medan magnet, panjang penghantar dalam kumparan dan kecepatan putar. Generator arus bolak-balik (*alternating current*) sering disebut juga alternator atau generator sinkron. Dikatakan generator sinkron karena jumlah putaran rotornya sama dengan jumlah putaran medan magnet pada stator. Kecepatan sinkron ini dihasilkan dari kecepatan putar rotor dengan kutub-kutub magnet yang berputar dengan kecepatan yang sama dengan medan putar pada stator.

Prinsip dasar generator sinkron menggunakan hukum Faraday yang menyatakan jika sebatang penghantar berada pada medan magnet yang berubah-ubah, maka pada penghantar tersebut akan terbentuk gaya gerak listrik, atau dengan kata lain jika ada perubahan fluks magnet yang mengenai suatu konduktor, maka pada konduktor tersebut terjadi emf terinduksi.

Pada dasarnya prinsip kerja generator sinkron tiga fasa (alternator) sama dengan generator sinkron satu fasa, akan tetapi pada generator tiga fasa memiliki tiga lilitan yang sama dan tiga tegangan *output*nya berbeda fasa 120° pada masing-masing fasa lilitan stator, lilitan rotor, tegangan eksitasi, cincin seret, dan sikat AC output.

Kecepatan perputaran generator sinkron akan mempengaruhi frekuensi elektris yang dihasilkan generator. Rotor generator sinkron terdiri atas rangkaian elektromagnet dengan suplai arus DC untuk membentuk medan magnet pada rotor. Medan magnet rotor ini bergerak pada searah

putaran rotor. Hubungan antara kecepatan putar medan magnet pada rotor dengan frekuensi elektrik pada stator adalah:

$$f_e = \frac{n_r \cdot p}{120} \quad (1)$$

Dimana,

$f_e$  = frekuensi listrik (Hz)

$n_r$  = kecepatan putar medan magnet pada rotor

$p$  = jumlah kutub magnet pada rotor

Dari rumus di atas terlihat bahwa frekuensi yang dihasilkan generator sinkron sangat dipengaruhi oleh kecepatan putaran rotor dan jumlah kutub magnet pada generator. Jika beban generator berubah, akan mempengaruhi kecepatan rotor generator. Perubahan kecepatan rotor ini secara langsung akan mempengaruhi frekuensi yang dihasilkan generator.

Agar daya listrik yang dibangkitkan tetap pada frekuensi 50 Hz atau 60 Hz sesuai standar suatu negara, maka generator harus berputar pada kecepatan tetap dengan jumlah kutub magnet yang telah ditentukan yang dapat dihitung melalui persamaan diatas.

## 2.3. Sistem Proteksi

Sistem proteksi adalah suatu sistem pengamanan terhadap peralatan listrik, yang diakibatkan karena adanya gangguan teknis, gangguan alam, kesalahan operasi, dan penyebab yang lainnya. Berdasarkan daerah pengamanannya sistem proteksi dibedakan menjadi empat, yaitu:[7]

- Proteksi pada Generator
- Proteksi pada Transformator
- Proteksi pada Sistem Transmisi
- Proteksi pada Sistem Distribusi

### 2.3.1. Fungsi Proteksi

Fungsi Proteksi adalah memisahkan bagian sistem yang terganggu sehingga bagian sistem lainnya dapat terus beroperasi dengan cara sebagai berikut :

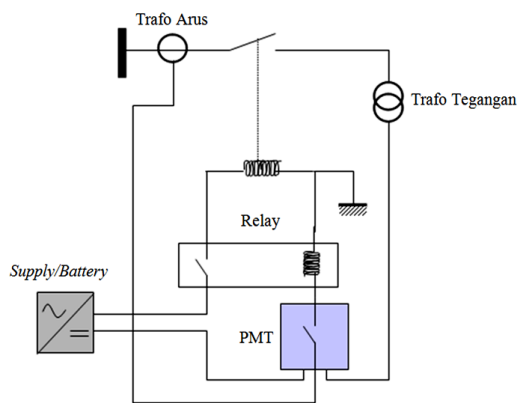
- Mendeteksi adanya gangguan atau keadaan abnormal lainnya pada bagian sistem yang diamankannya (*fault detection*).
- Melepaskan bagian sistem yang terganggu (*fault clearing*).
- Memberitahu operator adanya gangguan dan lokasinya (*announcement*)

Untuk pengamanan bagian sistem yang lebih penting, digunakan sistem proteksi yang terdiri dari seperangkat peralatan proteksi yang komponen-komponen terpentingnya adalah:

- Relay Proteksi: sebagai elemen perasa yang mendeteksi adanya gangguan atau keadaan abnormal lainnya (*fault detection*).

- b. Pemutus Tenaga (PMT): sebagai pemutus arus gangguan di dalam sirkit tenaga untuk melepaskan bagian sistem yang terganggu. Dengan kata lain membebaskan sistem dari gangguan (*fault clearing*). PMT menerima perintah (*signal trip*) dari relay proteksi untuk membuka.
- c. Trafo Arus dan/atau Trafo Tegangan : untuk meneruskan arus dan/atau tegangan dengan perbandingan tertentu dari sirkit primer (sirkuit tenaga) ke sirkit sekunder (sirkuit relay) dan memisahkan sirkit sekunder dari sirkit primernya.
- d. *Battery*: sebagai sumber tenaga untuk PMT bekerja dan catu daya untuk relay (*relay digital/ relay statik*) dan relay bantu (*auxiliary relay*).

Hubungan antara komponen-komponen proteksi sebagai suatu sistem proteksi yang sederhana dapat dilihat pada berikut Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Single line diagram komponen proteksi

### 2.3.2. Persyaratan Kualitas Sistem Proteksi

Pada sistem proteksi tenaga listrik, ada beberapa persyaratan yang harus dipenuhi dalam mengamankan peralatan-peralatan listrik yang ada. Adapun beberapa syarat yang harus dipenuhi oleh suatu sistem proteksi, seperti berikut ini:

- a. Selektif
- b. Stabil
- c. Kecepatan
- d. Sensitif
- e. Realibilitas
- f. Proteksi Pendukung

## 2.4. Proteksi Generator

Generator merupakan sumber energi listrik didalam sistem tenaga listrik, maka perlu diproteksi dari semua gangguan. Proteksi pada generator berfungsi untuk meminimalisir kerusakan pada generator yang akan sangat mengganggu penyediaan tenaga listrik. Tetapi dilain pihak dari segi selektifitas pengamanan sistem diharapkan

agar PMT generator tidak mudah trip terhadap gangguan dalam sistem, karena lepasnya generator dari sistem akan mempersulit jalannya operasi sistem tenaga listrik.

PMT generator hanya boleh bekerja apabila ada gangguan yang tepat ada didepan generator, didalam generator atau pada mesin penggerak generator. Mengingat generator merupakan peralatan yang penting, maka pengaruh gangguan dibatasi sekecil mungkin, antara lain dengan mendeteksi keadaan gangguan secara tepat dan mengisolasikan mesin terhadap sistem yang sehat secara cepat.

Gangguan perlu dihilangkan dengan cara melepaskan generator terhadap sistem melalui pemutus tenaga utama (*main circuit breaker*) dan bila memungkinkan melepas pemutus tenaga medan penguat.

### 2.4.1. Klasifikasi Gangguan Pada Generator

Secara teknis, terdapat beberapa macam gangguan yang mungkin terjadi pada generator pembangkit tenaga listrik. Gangguan pada generator pembangkit tenaga listrik tersebut dapat diklasifikasikan seperti berikut ini:[6]

#### a. Gangguan Listrik

Jenis gangguan ini adalah gangguan yang timbul dan terjadi pada bagian-bagian listrik dari generator. Gangguan-gangguan tersebut antara lain:

- a. Hubung singkat 3 fasa
- b. Hubung singkat 2 fasa
- c. Stator hubung singkat 1 fasa ke tanah (*stator ground fault*)
- d. Rotor hubung tanah (*field ground*)
- e. Kehilangan medan penguat (*Loss of excitation*)
- f. Tegangan lebih (*Over voltage*)

#### b. Gangguan Mekanis

Jenis gangguan ini adalah gangguan yang timbul atau terjadi akibat adanya gangguan mekanis dan panas pada generator, antara lain :

- a. Generator berfungsi sebagai motor (*motoring*)
- b. Pemanasan lebih (*Overheating*)
- c. Kesalahan paralel
- d. Gangguan pendingin stator

#### c. Gangguan Sistem

Generator dapat terganggu akibat adanya gangguan yang terjadi pada sistem. Gangguan-gangguan sistem yang terjadi umumnya adalah :

- a. Frekuensi operasi yang tidak normal (*abnormal frequency operation*)
- b. Lepas sinkron (*Loss of synchron*)
- c. Arus beban tidak seimbang (*unbalance armature current*)

### 2.4.2. Klasifikasi Relay Proteksi

Relay-relay yang akan digunakan dalam sistem proteksi tenaga listrik dapat diklasifikasikan sebagai berikut:[11]

#### 1) Berdasarkan Prinsip Kerja

- a. Relay Elektromagnetis
- b. Relay Termis
- c. Relay Elektronis

#### 2) Berdasarkan Konstruksi

- a. Tipe Angker Tarikan (*Attraction Armature*)
- b. Tipe Batang Seimbang (*Balance Beam*)
- c. Tipe Cakram Induksi (*Induction Disc*)
- d. Tipe Kumparan Bergerak (*Moving Coil*)

#### 3) Berdasarkan Besaran yang Diukur

- a. Relay Tegangan
- b. Relay Arus
- c. Relay Impedansi
- d. Relay Frekuensi

#### 4) Berdasarkan Cara Kerja Kontrol Elemen

- a. *Direct acting*, kontrol elemen yang bekerja langsung memutuskan aliran.
- b. Relay waktu pasti (*definite time delay relay*)
- c. Relay waktu terbalik (*inverse relay*)

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Relay Proteksi yang digunakan untuk pengamanan frekuensi lebih pada generator unit 1 PT. PJB UP Cirata yaitu FMG11 dengan tipe relay elektromekanis tuas seimbang (*balance beam*) unit. Apabila nilai di kumparan kerja lebih besar dibanding nilai kumparan penahan, kontak trip akan menutup. *Overfrequency relay* dapat mendeteksi frekuensi lebih yang timbul akibat putaran lebih (*overspeed*) pada generator. Sinyal ketidaknormalan tersebut selanjutnya dikirim ke pemutus tenaga yang terpasang di beban yang ingin dilepaskan.

Dalam menanggapi sinyal *over frequency*, relay membutuhkan waktu tunda untuk memastikan apakah sinyal tersebut disebabkan oleh beban lebih atau yang lain. Oleh sebab itu *overfrequency relay* yang terpasang pada PLTA cirata dihubungkan dengan *time delay relay* sebagai waktu tunda *overfrequency relay* untuk beroperasi.

### 3.1. Kalibrasi *Overfrequency Relay*

Kalibrasi relay berfungsi untuk menentukan keandalan sebuah relay dalam sistem proteksi. Pengujian relay dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu:

#### 3.1.1. *Individual Test*

*Individual test* (pengujian relay secara individu) adalah menguji relay sendiri (*rack out*), untuk menentukan apakah relay tersebut

mempunyai karakteristik sesuai dengan spesifikasinya. Jenis pengujian ini dapat dilakukan pada relay proteksi PLTA Cirata unit satu dan dua. Pengujian ini bertujuan untuk:

- 1) Mengetahui apakah relay tersebut masih dapat bekerja sebagaimana semestinya.
- 2) Mengidentifikasi penyimpangan - penyimpangan karakteristik dari relay.
- 3) Membandingkan hasil pengujian dengan *record comisioning* dan hasil-hasil pengujian sebelumnya, untuk mengetahui proses memburuknya relay-relay tersebut, sehingga dapat direncanakan dan dilakukan perbaikan atau penggantianannya.

#### 3.1.2. *Function Test*

*Function test* adalah menguji relay secara keseluruhan fungsi dari masing-masing perangkat proteksi maupun pengawatannya, apakah fungsi dari masing-masing perangkat proteksi sudah bekerja dengan semestinya.

Proses ini dilakukan dengan menginjeksi relay pada harga penyetelan atau dengan menghubungkan singkat kontak relay tersebut, maka relay akan bekerja dan seterusnya sampai melepas pemutus tenaga (PMT).

Dalam hal ini PLTA Cirata melakukan *function test* pada saat *emergency protection test* dengan kondisi sudah *synchron* dengan jaringan, setiap setelah dilaksanakan pemeliharaan *inspection* unit pembangkit.

Dengan demikian telah diperiksa beberapa komponen sekaligus, seperti fungsi relay, rangkaian CT & PT, pengawatan, *supply DC (battery)*, dan rangkaian *tripping*-nya.

### 3.2. Prosedur Kalibrasi *Overfrequency Relay*

Untuk melakukan kalibrasi pengukuran *pick up overfrequency relay*, maka alat yang harus digunakan dan prosedur apa saja yang harus dilakukan adalah sebagai berikut.

Alat dan bahan yang digunakan :

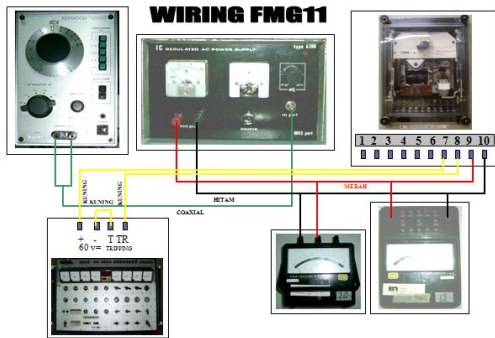
- *IC Regulated AC Power supply*
- *CR Oscillator*
- Frekuensi Meter
- Kabel Penghubung ukuran 30 cm
- *Probe* Penjepit
- Kabel *Roll*
- *Tools Set*
- Kebutuhan APD sesuai K3

Alat Pendukung yang dibutuhkan :

- Buku OM Relay Proteksi Cirata 1
- Buku *Wiring* diagram Relay Proteksi Cirata 1
- Form relay yang diuji

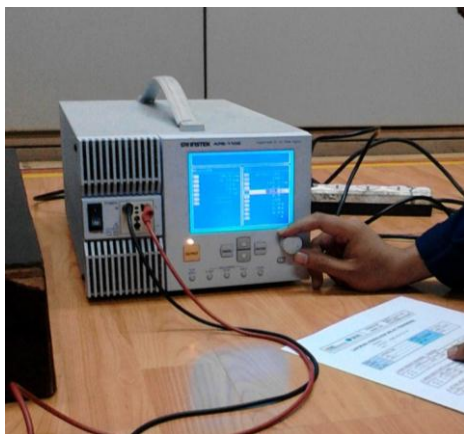
Adapun Prosedur Kalibrasi *Overfrequency* Relay sebagai berikut:

- a. Mempersiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan.
- b. Lepas *overfrequency relay* dari panel proteksi generator unit 1
- c. Menghubungkan *overfrequency relay* FMG 11 dan *CR Oscillator* yang telah dirangkai dengan *IC Regulated AC Power supply* dengan menggunakan *jumper* sesuai dengan skematik berikut.



Gambar 2. Wiring pengujian *overfrequency relay*. [7]

- d. Memastikan semua rangkaian terhubung dengan benar.
- e. Untuk pengujian besarnya frekuensi kerja minimum, nyalakan *IC Regulated AC Power supply* kemudian set pada tegangan pengujian sesuai form pengujian, sedangkan *CR Oscillator* set pada Frekuensi 50 Hz, kemudian naikan potensio meter pada *CR Oscillator* secara perlahan-lahan sampai *counter* waktu berhenti, catat berapa besaran frekuensi tersebut pada form pengujian.

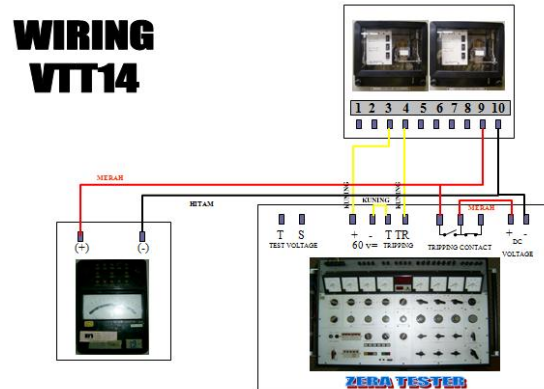


Gambar 3. Pengujian tegangan kerja frekuensi pada *oscillator*

- f. Ulangi langkah diatas sesuai set tegangan pada form pengujian, dan perhatikan sampai set tegangan berapa relay tersebut sudah jenuh/tidak kerja lagi. (catatan: diharapkan

tegangan set titik jenuhnya diatas setting *relay under voltage*).

Selanjutnya untuk pengujian karakteristik waktu kerja (t) dilakukan injeksi tegangan *supply* pada nilai 24 VDC kemudian tekan tombol "TRIPPING", *Reset counter digital* pada Zera Tester dan tekan tombol "ON", Catat berapa waktu kerjanya pada form pengujian.



Gambar 4. Wiring pengujian relay *time delay* frekuensi. [7]

### 3.3. Hasil Kalibrasi *Overfrequency Relay*

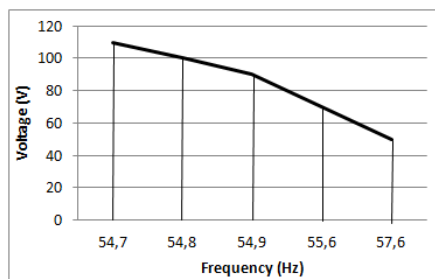
Pada umumnya, masing-masing relay frekuensi memiliki karakteristik waktu operasi tertentu yang dipengaruhi laju peningkatan frekuensi. Sehingga untuk mendapatkan hasil yang optimal pengaturan waktu tunda dapat disesuaikan dengan karakteristik relay. Relay frekuensi berfungsi mendeteksi jika terjadi frekuensi lebih dan memberikan sinyal kepada pemutus tenaga untuk membuka, seperti data-data pengujian relay sebagai berikut.

Tabel 1. Hasil pengujian *overfrequency relay*

SPESIFIKASI RELAY							
JENIS	INVERSE TIME	RATING		52 – 55 Hz.			
FABRIK	GEC	TRAFOTEKAN		165000 /110 Volt.			
TYPE	FMG11	SETTING		55 Hz.			
KARAKTERISTIK FREKUENSI - IEGANGAN							
SETTING	v (Volt.)	110	100	90	70	50	DI ADJUST
F. 55 Hz.	f (Hz.)	54,70	54,80	54,90	55,60	57,60	Sebelum
55 Hz.	f (Hz.)	54,70	54,80	54,90	55,60	57,60	Setelah
KARAKTERISTIK WAKTU pada tegangan uji 24 VDC pada VTT 14							
SETTING	t SET ( detik )	40		KONTAK TRIP			
F. 55 Hz.	t KERJA ( detik )	40		7 - 8			
55 Hz.	t KERJA ( detik )						
SETTING RELAY							
f (Hz.)	VTT t (detik)	f (Hz.)	Pada tegangan		t (detik)		
55	40	55	24 VDC				

Hasil kalibrasi yang dilakukan pada *Overfrequency relay* dapat dilihat pada tabel 1. Pengukuran *Overfrequency relay* bertujuan untuk mengukur *pick-up frequency* (frekuensi kerja) serta waktu kerja dari *Overfrequency relay*.

Pengujian dilakukan lima kali dengan nilai tegangan yang berbeda, maka didapat grafik karakteristik sebagai berikut :



Gambar 5. Grafik karakteristik overfrequency relay

Berdasarkan hasil rata-rata pengujian, maka rentang waktu batas aman tertinggi yang diatur pada overfrequency relay adalah 55 Hz sesuai dengan standar setting range over frequency relay tipe FMG11 dengan waktu kerja 40 detik. Rentang frekuensi tersebut dibuat untuk menghindari terjadinya gangguan kerja akibat frekuensi lebih, sesuai grafik karakteristik overfrequency relay. Jika relay mencatat frekuensi 55 Hz maka overfrequency relay akan langsung mengirim sinyal ke time delay relay yang terhubung, selanjutnya time delay relay akan menghitung waktu sesuai pengaturannya. Untuk mengetahui waktu tunda pada time delay relay tersebut maka dilakukan pengujian sesuai Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Hasil pengujian time delay relay

t SETTING (detik)	40	TIME RANGE
t KERJA (detik)	39,98	00.0 - 99.9

Dari hasil uji karakteristik frekuensi waktu didapat hasil kesalahan yaitu dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\frac{\text{Tegangan setting}}{\text{Tegangan kerja}} \times 100\% \quad (2)$$

Mengacu pada rumus diatas, maka dapat dihitung persentase kesalahan relay dengan melihat hasil uji tegangan waktu yang diketahui tegangan kerjanya yaitu 39,98 sehingga dapat dihitung berdasarkan persamaan sebagai berikut.

$$\frac{40}{39,98} \times 100\% = 100,05\%$$

Berdasarkan hasil perhitungan maka didapat kesalahan 0%. Mengacu pada ketentuan relay yang dianggap masih dalam keadaan kondisi baik memiliki toleransi kesalahan  $\pm 5\%$ , maka dengan respon kesalahan 0% dari proteksi overfrequency relay dapat dilihat masih dalam kondisi yang baik dan masih dalam kondisi siap pakai.

Ketika frekuensi berada pada rentang tersebut, generator dapat bekerja secara continue. Tetapi saat overfrequency relay mendapat sinyal terjadinya gangguan frekuensi lebih, time delay relay akan bekerja sesuai pengaturan waktu tunda 40 detik. Jika overfrequency tersebut tidak dapat ditanggulangi selama waktu tunda, generator akan terlepas dari sistem.

Maka diharapkan selama waktu yang diizinkan tersebut frekuensi generator dapat pulih kembali dengan pengaturan torsi mekanik yang dilakukan oleh governor.

#### 4. KESIMPULAN

Overfrequency relay pada generator berfungsi sebagai pengaman kecepatan lebih (overspeed). Overfrequency relay akan bekerja bila frekuensi sistem lebih besar atau sama dengan frekuensi settingnya. Secara umum penyebab terjadinya frekuensi lebih di PLTA Cirata yaitu karena adanya pelepasan beban secara tiba-tiba yang menyebabkan governor tidak dapat mengontrol putaran generator sehingga terjadi overspeed pada generator dan berimbas kepada nilai frekuensi yang tinggi. Berdasarkan hasil rata-rata pengujian, maka rentang waktu batas aman tertinggi yang diatur pada overfrequency relay adalah 55 Hz sesuai dengan standar setting range over frequency relay tipe FMG11 dengan waktu kerja 40 detik. Rentang frekuensi tersebut dibuat untuk menghindari terjadinya gangguan kerja akibat frekuensi lebih, sesuai grafik karakteristik overfrequency relay. Jika relay mencatat frekuensi 55 Hz maka overfrequency relay akan langsung mengirim sinyal ke time delay relay yang terhubung, selanjutnya time delay relay akan menghitung waktu sesuai pengaturannya. Dengan demikian relay dinyatakan baik.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonim. 2016. *Types of Electromagnetic Relays*. <http://www.mytech-info.com/2016/07/types-of-electromagnetic-relays.html>.
- [2] Anonim. 2016. *Basic Relays Electromagnetic Attraction Induction Relays*. <http://www.studyelectrical.com/2016/10/basic-relays-electromagnetic-attraction-induction-relays.html>.
- [3] Alawiy, Muhammad Taqiyudin. 2006. *Proteksi Sistem Tenaga Listrik Seri Relay Elektromagnetis*. Malang. [https://www.academia.edu/7425841/SERI\\_RELAY\\_ELEKTROMAGNETIS\\_PROTEKSI\\_SISTEM\\_TENAGA\\_LISTRIK](https://www.academia.edu/7425841/SERI_RELAY_ELEKTROMAGNETIS_PROTEKSI_SISTEM_TENAGA_LISTRIK).
- [4] Immanuel Doloksaribu. *Pembangkitan Tegangan Pada Generator 3 Fasa*. [https://www.academia.edu/7516330/Pembangkitan\\_Tegangan\\_Pada\\_Generator\\_3\\_Fasa](https://www.academia.edu/7516330/Pembangkitan_Tegangan_Pada_Generator_3_Fasa).

- [5] PT. PJB UP. Cirata. 2012. *Sistem Operasi PLTA Cirata*. Purwakarta: Tim Operasi.
- [6] PLN Corporate University. 2014. *Dasar Pengoperasian PLTA [B.1.1.1.080.2.M]*. Jakarta: Author.
- [7] PT. PJB UP. Cirata. 2005. *Standing Operation Procedure Pengujian/Kalibrasi Relay Proteksi PLTA Cirata I*. Purwakarta: Tim Konin.
- [8] Purba, Irpan Logitra dan Winardi, Bambang. *Pengujian Rele Frekuensi*. Semarang. [www.elektro.undip.ac.id/el\\_kpta/wp-content/uploads/2012/05/L2F009009\\_MKP.pdf](http://www.elektro.undip.ac.id/el_kpta/wp-content/uploads/2012/05/L2F009009_MKP.pdf).
- [9] Reimert, Donald. 2006. *Protective Relaying for Generation Systems*. Boca, Raton: Taylor and Francis Group, LLC.
- [10] Steva, Anthony F. 2009. *Protective Relay Principle*. Boca, Raton: Taylor and Francis Group, LLC.
- [11] Taringa, Josia Prana. 2013. *Relay proteksi generator*. <http://anak-elektro-ustj.blogspot.co.id/2013/04/relay-proteksi-generator.html>.