

# EVALUASI REVERSE POWER RELAY TERHADAP SKALA SETTING WAKTU PADA BOILER TURBIN GENERATOR

<sup>1</sup>Febrian Fauzan Pua Wadjo, <sup>2</sup>Reski Idul Akbar

<sup>1</sup>Jurusan Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar  
Email : <sup>1</sup>febrianfauzanppuawadjo@gmail.com, <sup>2</sup>96resky@gmail.com

## Abstrak

Kemajuan pesat dibidang teknologi dan perkembangan sektor industri menyebabkan meningkatnya kebutuhan tenaga listrik. tujuan dari pada penelitian ini adalah. Menganalisa sistem reverse power relai generator, mengetahui macam-macam gangguan generator. metode yang di gunakan dalam penelitian ini yaitu penelitian primer dan sekunder Hasil yang didapatkan pada penelitian ini adalah reverse power relay pada BTG Tonasa mempunyai tap daya 0,01 - 0,02 - 0,03, dengan kapasitas daya relay = 9.92 W. Setting yang dipakai pada BTG Tonasa sebesar 4,84 A dengan faktor penambahan 1,3. Pada relay penguatan hilang yang ada pada BTG Tonasa adalah 4,5 A. Dalam kondisi ini relay akan bekerja apabila 1,26 atau 126 % dari arus rated relay. Skala setting waktu yang dipakai pada relay ini adalah Is, 1,5s, 2s, .... 10s. Untuk mendapatkan setting waktu diperlukan waktu yang secepat mungkin agar relay dapat segera bekerja jika terjadi gangguan. Olehnya itu digunakan setting terendah yaitu 1 s. Kesimpulan dari penelitian ini yaitu persentasi proteksi untuk belitan (*percentage of winding protected*) adalah 89,6 %

Kata kunci ; generator, power, relay, reverse, turbin

## Abstract

*Rapid advances in technology and the development of the industrial sector have led to an increase in the need for electric power.*

*The purpose of this research is. Analyzing the reverse power relay generator system, knowing the kinds of generator disturbances. The method used in this research is primary and secondary research. The results obtained in this study are. The reverse power relay on BTG Tonasa has a power tap of 0.01 - 0.02 - 0.03, with a relay power capacity = 9.92 W. The setting used in BTG Tonasa is 4.84 A with an additional factor of 1.3. In the relay the lost gain in BTG Tonasa is 4.5 A. In this condition the relay will work if it is 1.26 or 126% of the rated relay current. The time setting scale used in this relay is Is, 1.5s, 2s, .... 10s. To get the time setting, it takes as much time as possible so that the relay can work immediately in the event of a disturbance. Therefore, the lowest setting is used, namely 1 s. The conclusion of this study is that the percentage of winding protected is 89.6%.*

*Keywords ; generator, power, relay, reverse, turbine*

## I. PENDAHULUAN

Penggunaan tenaga listrik dewasa ini menjadi salah satu hal yang sangat penting dalam masyarakat, dimana hal ini berjalan seiring dengan perkembangan dan peningkatan jumlah konsumen. Mengingat hal tersebut pada sistem kelistrikan dituntut adanya penyediaan daya yang mencukupi dan kontinyu oleh produsen sehingga dapat

dinikmati oleh konsumen. Oleh karena itu suatu sistem kelistrikan harus dirancang sedemikian rupa dan dikelola dengan baik dan benar demi kelangsungan penyediaan tenaga listrik (Zuhail : 1988)

Terjadinya gangguan pada suatu bagian sistem jaringan tenaga listrik sering tidak dapat dihindari. Agar dapat menyelamatkan peralatan sistem dari kerusakan akibat adanya gangguan, maka dibutuhkan sistem proteksi yang andal. Gangguan yang sering terjadi adalah gangguan hubung singkat (Mason, C. Russel : 2019)

Oleh karena itu dibangun pusat-pusat pembangkit tenaga listrik yang menggunakan air, uap, gas atau nuklir sebagai tenaga penggerak. Dari penggerak awal inilah yang kemudian akan membangkitkan tenaga listrik untuk memenuhi kebutuhan masyarakat dan industri. (Warrington, A.R.C. Van :1978)

Seiring dengan perkembangan industri maka diperlukan pengembangan sumber energi listrik. Listrik merupakan suatu energi yang sangat dibutuhkan manusia dalam kehidupan modern ini. Manfaat yang sangat besar dari listrik terlihat nyata dalam berbagai aspek kehidupan. Kemajuan pesat dibidang teknologi dan perkembangan sektor industri menyebabkan meningkatnya kebutuhan tenaga listrik.

Pada pusat-pusat pembangkit, generator yang merupakan salah satu komponen vital harus dijamin mutu dan

keandalan sehingga kontinuitas penyalurannya terjamin. Untuk mencapai hal tersebut kita harus melindungi generator terhadap kerusakan dengan cara menghilangkan gangguan yang terjadi secara cepat dan tepat. Untuk itu diperlukan sistem setting relai yang andal.

Adapun tujuan penulisan tugas akhir ini adalah menganalisa sistem reverse power relai generator, mengetahui macam-macam gangguan generator dan akibatnya. dan mengetahui sistem setting relai yang digunakan di BTG Tonasa.

## **II. BAHAN DAN METODE**

### ***Metode pengumpulan data***

Data Primer adalah data yang diperoleh dari objek yang diteliti oleh orang atau organisasi yang sedang melakukan penelitian terdiri atas penelitian lapangan (field research) yaitu penelitian yang dilakukan secara langsung terhadap objek penelitian yaitu sistem proteksi pembangkit listrik pada BTG Tonasa. Observasi (pengamatan langsung) penulis mengadakan pengamatan langsung terhadap objek yang diteliti guna mengumpulkan data-data. Interview (wawancara) penulis mengadakan tanya jawab secara langsung kepada pihak-pihak yang memahami permasalahan ini. Data sekunder adalah data yang sudah di olah terlebih dahulu mencakup penelitian pustaka (library research) yaitu penulisan atau pengumpulan data-data dengan jalan membaca dan mempelajari berbagai literatur-

literatur, tulisan-tulisan dan bahan-bahan kuliah yang telah didapatkan selama mengikuti perkuliahan guna memperoleh landasan teori yang berhubungan dengan materi penulisan tugas akhir. (Ts. Mhd. Soeleman, 2020)

### ***Analisis data***

#### **Relay Daya Balik (Reverse Power Relay)**

Relay daya balik berfungsi untuk mendeteksi aliran daya aktif yang masuk ke arah generator. Berubahnya aliran daya aktif ke arah generator berakibat berubahnya kerja generator sebagai motor. Perubahan ini disebabkan oleh pengaruh rendahnya input dari penggerak mula generator. Bila input ini tidak dapat mengatasi rugi-rugi yang ada, maka kekurangan daya dapat diperoleh dengan cara menyerap daya aktif dari sistem. Selama penguatan masih tetap (sama dengan keadaan saat kerja sebagai generator) maka aliran daya reaktif generator sama halnya sebelum generator bekerja sebagai motor.

Relay daya balik ini harus mempunyai respon yang sangat peka

Prinsip kerja relay ini pada dasarnya sama dengan wattmeter. Kontak elemen arah (D) akan menutup apabila aliran daya aktif menuju ke generator. Masuknya kontak D akan mengerjakan relay CT? yang kontaknya masuk setelah setting waktu tertentu untuk kemudian mentriapkan PMT.

Relay ini mendeteksi gangguan rotor ke tanah. Relay ini bekerja bila ada perubahan arus yang sangat besar pada belitan rotor yang

disebabkan hubung singkat belitan rotor ke tanah, karena kejadian ini akan menimbulkan getaran mekanis sebagai akibat distorsi medan penguat yang dapat membahayakan generator.

Bila terjadi gangguan pada rotor, maka voltmeter akan menyimpan. Kelemahan cara ini yaitu bila terjadi gangguan ditengah rotor, voltmeter tidak menyimpan, untuk itu dipasang kontak yang sewaktu-waktu digunakan untuk mengontrol apakah terjadi gangguan tepat di tengah rotor.

Adapun cara kerjanya adalah peralatan diberi suplay sumber DC lalu dihubungkan ke sebuah generator 4 Hz (G) yang membangkitkan sinyal frekuensi rendah yang sinusoidal. Selanjutnya meneruskan ke modul menembus bodi dari modul (TRMA), dimana rangkaian LC terstel pada 4 Hz yang terpasang dekat rotor generator. Saat terjadi gangguan, arus akan mengalir ke tahanan pentanahan generator dan selanjutnya mengalir ke shunt. Dari *terminal shunt*, sinyal akan tersaring oleh (F) dan diteruskan ke detektor (D).

Detektor kemudian membandingkan harga dari pelayanan komponen (modul) dengan bagian tegangan dari generator yang diatur oleh tahanan dari *Threshold Display* (AS). Saat threshold display ini bekerja melebihi ambang batasnya kemudian mengoperasikan output relay (A). Saat A bekerja lalu memberikan sinyal indikator electromechanical bahwa terjadi gangguan

### rotor ke tanah. Proteksi Rotor Hubung Tanah (Rotor Earth Protection)

Relay ini mendeteksi gangguan rotor ke tanah. Relay ini bekerja bila ada perubahan arus yang sangat besar pada belitan rotor yang disebabkan hubung singkat belitan rotor ke tanah, karena kejadian ini akan menimbulkan getaran mekanis sebagai akibat distorsi medan penguat yang dapat membahayakan generator. Prinsip kerja relay ini ada dua cara yaitu dengan memasang tahanan tinggi paralel dengan belitan rotor dan dipasang voltmeter seperti pada gambar di bawah ini. Bila terjadi gangguan pada rotor, maka voltmeter akan menyimpan. Kelemahan cara ini yaitu bila terjadi gangguan ditengah rotor, voltmeter tidak menyimpan, untuk itu dipasang kontak B yang sewaktu-waktu digunakan untuk mengontrol apakah terjadi gangguan tepat di tengah rotor. Menggunakan relay rotor hubung tanah yang menggunakan rangkaian penyearah seperti gambar berikut ini

Ket;

C : d - c /dc converter

G : Generator 4 Hz

Sh : Shunt

F : Low - pasa filter

D: Detektor

As: Threshold Display

- A : Output Relay

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### *Reverse Power Relai*

Reverse Power Relai adalah Peristiwa daya balik terjadi apabila daya yang dibangkitkan oleh generator sangat rendah, yang disebabkan rendahnya input dari penggerak mula generator. Pada BTG Tonasa yang menyebabkan generator berfungsi sebagai motor apabila sistem telah sinkron tetapi beban tidak segera dinaikkan sekitar 3-6 MW (pada Tonasa IV) maka daya aktif yang dihasilkan oleh generator akan berubah arah kembali ke generator dan generator akan menyerap kembali daya aktif tersebut sehingga generator berubah fungsi.

Untuk mengatasi pemanasan pada sudu-sudu turbin akibat rendahnya daya input, maka pada BTG Tonasa dipasang dua buah relay daya balik. Adapun spesifikasi relay daya balik yang dipakai pada BTG Tonasa adalah :

Type	: LNG-3 5 A
$100\sqrt{3}$	
Ratio trafo arus	: 4000/5
Ratio trafo tegangan	: 63 00/100
Tap daya	: 0,01 - 0,03 Po
Skala setting waktu	: 1,5 s
Setting daya	: 9,92 W
Setting	: 1 x c
Trip atau signal	:Kedua-duanya
Buatan	:Shanghay China

#### *Relay Differensial*

Relay differensial yang digunakan pada BTG Tonasa ada enam buah. Relay ini akan bekerja apabila arus gangguan yang

melewati CT1 dan CT2 adalah lebih besar dari arus setting  $\pm 3,55$  % dari rating 4,84 A dari arus nominalnya.

Setting relay differensial ini disetting secara bervariasi untuk masing-masing fasa dengan toleransi 20-30-40 % untuk masing-masing fasa. Pengaman ini juga dilengkapi sebuah kontak operasi dan sebuah sinyal voltmeter bila relay beroperasi.

Berikut ini ditunjukkan spesifikasi relay differensial yang digunakan pada BTG Tonasa:

Type : BCH-Z Type ratio trafo arus : LMZB - 10/LMCD

Ratio trafo arus: 4000/5 ,Setting arus : 4,84 A

Faktor keandalan : 3,55%

Faktor toleransi : 1,3

Trip atau signal:Kedua-duanya  
Buatan :  
Shanghai China

### **Relay Transverse Differensial**

Pada BTG Tonasa, generator yang digunakan adalah generator dengan belitan per-fasa dibagi dua sama besar. Untuk hubung singkat antar lilitan penggunaan relay differensial tidak akan dapat mendeteksi gangguan tersebut. Untuk itu digunakan sistem proteksi yang disebut *transverse differensial protection*.

Adapun spesifikasi *relay transverse differensial* yang dipakai pada BTG Tonasa adalah:

Type :LCD-6

ratio trafo arus : 75/5

Setting arus : 3,58 A

Faktor keandalan : 5,6 %

Jumlah : 2 buah

Trip atau signal : Kedua-duanya

Buatan : Shanghai China

### **Relay Rotor Hubung Tanah**

Untuk mencegah timbulnya getaran mekanis sebagai akibat distorsi medan penguat yang dapat membahayakan generator perlu dipasang sebuah relay yang mampu mendeteksi adanya hubung tanah pada rotor.

Penggunaan relay rotor hubung tanah ini untuk mendeteksi adanya perubahan arus yang sangat besar pada belitan rotor. Pada BTG Tonasa digunakan dua buah relay rotor hubung tanah. Spesifikasi relay ini adalah sebagai berikut:

#### *One point rotor earth protection.*

Type :ZBZ-2A220V

Ratio trafo arus : 4000/5

Ratio trafo tegangan : 6300/100

Skala setting : 1,5 s

Trip atau signal : signal

Buatan : Shanghai China

#### *Two point rotor earth protection.*

Type : ZBZ - 2 A 220 v

Ratio trafo arus : 4000/5

Ratio trafo tegangan : 6300/100

Skala setting : 1 s

Trip atau signal : kedua-duanya

Buatan : shanghai China

### **Relay Stator Hubung Tanah**

Untuk dapat mendeteksi arus urutan nol yang terjadi apabila belitan pada generator terhubung tanah, maka pada BTG Tonasa

dipasang dua buah relay stator hubung tanah untuk bisa mencegah kerusakan yang sangat besar pada belitan dan inti stator. Adapun spesifikasi relay stator hubung tanah yang digunakan pada BTG Tonasa adalah:

Type	: ZD-4
Skala setting	: 1 s
Arus nominal	: 0,5 A
Arus setting	: 2 x In A
Tegangan	: 220V
Trip atau signal	: signal
Buatan	: Sanghay China

#### ***Relay Penguatan Hilang (Field Loss Relay)***

Untuk mencegah timbulnya pemanasan yang berlebihan pada ujung-ujung lilitan stator generator sebagai akibat hilangnya penguatan generator. Penguatan hilang ini dapat menyebabkan generator lepas sinkron dan sistem. Pada BTG Tonasa menggunakan dua buah relay penguatan hilang. Adapun spesifikasinya adalah sebagai berikut:

Type	: LA-12 5 A 100 V
Skala setting waktu	: 1 s
Trip atau signal	: kedua-duanya
Tap arus	: 4,5 A
Buatan	: Shanghai China

#### ***Gangguan-Gangguan yang Terjadi***

Selama beroperasinya BTG Tonasa (Boiler Turbine Generator), jenis gangguan yang pernah terjadi (yang menyebabkan relay proteksi bekerja) adalah :

Gangguan daya balik

Gangguan ini terjadi jika menurunnya putaran dari penggerak mula. Hal ini menyebabkan daya out put yang dihasilkan oleh generator juga menurun. Rendahnya input dari penggerak mula generator menyebabkan berubahnya aliran daya aktif ke arah generator yang mengakibatkan berubahnya kerja generator sebagai motor. Untuk pengamannya maka digunakan relay daya balik yang bekerja pada saat gangguan.

Kehilangan medan penguat generator .

Gangguan kehilangan medan penguat generator ini disebabkan karena jatuhnya saklar penguat, hubung singkat pada belitan penguat, kerusakan kontak-kontak sikat arang pada sistem penguat

Kerusakan pada sistem AYR

Gangguan ini dapat menyebabkan generator lepas sinkron dari sistem, juga dapat menimbulkan pemanasan yang berlebihan pada ujung-ujung lilitan stator generator.

#### ***Analisa Kegagalan Sistem Proteksi dan Cara Menanggulangi Kegagalan Sistem Proteksi***

Analisa yang akan dibahas berikut ini terbatas pada kegagalan dari sistem relay proteksi dan cara menanggulangnya. Kegagalan suatu sistem relay proteksi dapat dimungkinkan kegagalan dari salah satu perangkat proteksi

#### ***Relay Proteksi***

Relay proteksi bertugas menerima besaran-besaran arus dan tegangan, frekuensi dan lain sebagainya. Adapun

ketidaknormalan masukan besaran-besaran listrik yang melampaui batas settingnya, relay akan membunyikan alarm dan atau melepaskan PMT untuk mengisolir gangguan atau peralatan yang mengalami gangguan. Pada dasarnya kegagalan yang umum terjadi pada relay proteksi itu sendiri adalah bekerja tetapi salah, kesalahan operasi dapat dipisahkan menjadi dua bagian yaitu dalam kondisi gangguan, relay proteksi yang seharusnya tidak bekerja, tetapi bekerja (tidak selektive). Dalam kondisi tidak terjadi gangguan relay proteksi bekerja (tidak andal). Gagal bekerja dalam kondisi gangguan relay proteksi tidak bekerja dan tidak memutuskan PMTnya (tidak sensitive). Dalam kondisi gangguan sistem relay proteksi bekerja, tetapi tidak memutus PMT (tidak andal), namun kondisi ini kemungkinan gangguan kepada kegagalan perangkat lainnya.

Kemungkinan-kemungkinan gangguan yang terjadi pada relay proteksi itu sendiri dan menyebabkan relay proteksi tidak berfungsi sebagaimana mestinya antara lain disebabkan oleh karakteristik relay proteksi berubah, kerusakan/ gangguan pada komponen-komponen relay, kesalahan posisi setting, hilangnya catu daya

Adapun cara menanggulangi kegagalan relay proteksi adalah sebagai berikut Memperbaikinya dan bila perlu menggantinya dengan yang baru, Mensetting kembali, Memperbaiki atau menyambung kembali.

### **Trafo Tegangan (PT) dan Trafo Arus (CT)**

Trafo tegangan dan trafo arus dalam suatu rangkaian proteksi berfungsi memonitor besaran-besaran arus, tegangan, daya, frekuensi, untuk dikirim sebagai masukan ke relay proteksi.

Adanya ketidaknormalan nilai masukan akibat adanya kerusakan/kelainan pada CT dan PT disertai dengan adanya gangguan dapat menyebabkan kegagalan kerja relay proteksi.

Trafo Tegangan, Ratio antara tegangan primer atau sekunder telah berubah, Pengaman lebur sisi sekunder terputus, Hubung singkat gulungan primer atau sekunder. Trafo Arus, Ratio antara arus primer dan sekunder telah berubah, Putus atau hubung singkat pada belitan sekunder, Kesalahan penggunaan tap ratio.

Cara menanggulangi kegagalan trafo tegangan dan trafo arus adalah mengganti yang baru, mengganti pengaman lebur (*fuse*), memperbaiki posisi rasio (*retaping*)

### **Pengawatan**

Pengawatan berfungsi menyalurkan atau meneruskan besaran-besaran/signal listrik dari dan ke perangkat proteksi yang satu ke perangkat proteksi yang lainnya. Kerusakan atau kelainan pada sistem pengawatan dapat berakibat gagalnya fungsi proteksi. Kerusakan atau kelainan pada sistem pengawatan antara lain putus, lepas pada sambungan atau terminal, hubung singkat atau hubung tanah kontak kendur. Cara

menanggulangi kegagalan dari pengawatan adalah sebagai berikut mengganti kabel, *reconnection*, mengencangkan terminal.

### **Sumber Daya Arus Searah (Battery Station)**

Sumber daya arus searah salah satu fungsinya menyediakan tenaga untuk kerja pemutus tenaga. Relay proteksi tidaklah akan ada artinya apabila disisi lain terjadi kegagalan kerja pemutus tenaga untuk mengisolir gangguan karena adanya kelainan atau kerusakan pada sumber arus searah.

Pada BTG Tonasa jenis battery station yang digunakan adalah jenis asam cairan memakai asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) dimana satu sel battery unit I sebesar 52 buah dan setiap unit mempunyai tegangan 110 volt DC. Demikian pula unit II, kerusakan atau ketidaknormalan pada sumber daya arus searah pada umumnya adalah tidak tersedianya atau sudah tidak tersimpan lagi daya (AH) yang dapat disebabkan oleh trip atau rusaknya alat pengisi batere (battery charger) dalam waktu lama, berat jenis larutan sudah tidak mempunyai syarat, lepas/tripnya saklar utama atau saklar pembagi didistribusi panel.

Cara menanggulangi kegagalan sumber daya arus searah adalah sebagai berikut mengganti *battery* yang selnya sudah rusak, mengganti/mengisi larutan yang sesuai, mengoperasikan battery charger, mencari penyebab tripnya dan memasukkan kembali.

### **Pemutus Tenaga**

PMT adalah perangkat atau bagian dari sistem proteksi yang berfungsi mengisolasi/memutus gangguan atau peralatan yang terganggu. Pada BTG Tonasa jenis pemutus yang digunakan yaitu Vacuum Breaker (hampa udara). Kelainan atau kerusakan yang mungkin terjadi pada PMT adalah tidak bekerjanya kumparan pelepas, kerusakan pada kontak tetap dan kontak bergerak.

Cara menanggulangi kegagalan pemutus tenaga adalah sebagai berikut memperbaiki bagian-bagian yang rusak bila perlu menggantinya dengan yang baru.

### **Analisa Setting Relay**

Data yang ada di BTG Tonasa = 2978 A Generator pada BTG Tonasa mempunyai rating daya jangka pendek sebesar 40 MVA.

$$I_n = \frac{40.000 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \cdot 6,3 \text{ KV}}$$

$$I_n = 3665,7 \text{ A}$$

Data yang ada pada BTG Tonasa = 3678 A Karena  $I_n = 3665,7 \text{ A}$  maka digunakan stelan CT 4000/5.

Arus rated generator dapat disebut arus sisi primer dari trafo arus CT. Pada keadaan ini arus yang mengalir pada sisi sekunder adalah :

$$I_r = I_n \times \text{CT}$$

$$I_r = 2863,84 \times \frac{5}{4000}$$

$$I_r = 3,57 \text{ A}$$

Arus ini dapat disebut arus yang mengalir ke dalam relay.



Untuk menghitung besarnya proteksi pada belitan yaitu :

$$\text{Arus rated generator (I}_n\text{)} = 2863,84 \text{ A}$$

$$\text{Sensitivitas arus (i)} = \text{Ratio CT primer} \times 0,5$$

$$= 4000 \times 0,5 = 2000 \text{ A}$$

$$\text{Sehingga setting relay (a)} = \frac{i}{I} \times 100\%$$

$$= \frac{2000}{2863,84} \times 100\%$$

$$= 69,8 \%$$

$$\text{Arus gangguan (I}_{sc}\text{)} = \frac{\text{Daya (kVA)}}{\% Z \cdot \sqrt{3} \text{Tegangan (kV)}}$$

$$I_{sc} = \frac{31250 \times 100}{15 \times \sqrt{3} \times 6,3}$$

$$I_{sc} = 19090 \text{ A}$$

Daya arus gangguan pada BTG Tonasa = 25,28 kA.

Persentasi belitan yang tidak dilindungi (*percentage of winding unprotected*)

$$= \frac{a \cdot I_n}{I_{sc}} \times 100\%$$

$$= \frac{0,698 \times 2863,84}{19090} \times 100 \%$$

$$= 10,4\%$$

Jadi besarnya persentasi proteksi untuk belitan (*percentage of winding protected*)

$$= 100 - 10,4$$

$$= 89,6 \%$$

#### IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Adapun kesimpulan pada tugas akhir ini adalah arus rated generator dapat disebut arus sisi primer dari trafo arus CT. Pada keadaan ini arus yang mengalir pada sisi sekunder adalah 3,57 A. Daya arus gangguan pada BTG Tonasa = 25,28 kA. Jadi besarnya persentasi proteksi untuk belitan (*percentage of winding protected*) adalah 89,6 %.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mason, C. Russel (2019) *The Art and Science Of Protective Relaying*, John Wiley And Sons, inc., New York
- [2] Warrington, A.R.C. Van (1978) Vol. 2 and 3, *Protective Relays*, Chapman and Hall, London.
- [3] Zuhail (1988). *Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*. Jakarta : PT. Gramedia.
- [4] Ts. Mhd. Soeleman (2020). *Kumpulan Kuliah Mesin Serempak dan Tak Serempak*. Elektronik ITB Bandung.