

# ANALISA RELAY DIFFERENSIAL PADA GENERATOR DI PLTU SURALAYA 1 X 625 MW UNIT 8

Syahru Romadhon Syah<sup>1</sup>, Didik Notosudjono<sup>2</sup>, Waryani<sup>3</sup>.

<sup>1,2,3</sup> Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Pakuan, Kota Bogor, Indonesia

Email : [syahruruomadhonsyah1234@gmail.com](mailto:syahruruomadhonsyah1234@gmail.com)

*Abstrak : Salah satu pembangkit yang menghasilkan listrik dari berbagai sumber yang tersedia di Indonesia, yaitu Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), Pembangkit ini menggunakan sumber alam yaitu batu bara sebagai bahan bakar utamanya. Pembangkit sangat berperan penting dalam penyaluran listrik kepada konsumen, sehingga dalam penyaluran listrik diharapkan pembangkit dapat menyediakan listrik secara kontinyu serta dalam keadaan handal. Sistem proteksi yang baik akan mencegah kerugian yang tidak diinginkan, ada salah satu sistem proteksi pada generator yaitu relay differensial. Relay Differensial merupakan suatu relay yang prinsip kerjanya berdasarkan keseimbangan (balance), yang membandingkan arus-arus sekunder transformator arus (CT) terpasang pada terminal-terminal peralatan atau instalasi listrik yang diamankan seperti generator. Berdasarkan hasil pengujian relay differensial, telah bekerja secara handal untuk mengamankan Generator dan telah bekerja secara optimal setelah dilakukan pengujian tujuh kali.*

**Kata Kunci :** PLTU, Sistem Proteksi, Relay Differensial, Generator.

---

*Abstract: One of the plants that produces electricity from various sources available in Indonesia, namely the Steam Power Plant (PLTU). This plant uses natural sources, namely coal as its main fuel. Generators play a very important role in distributing electricity to consumers, so that in distributing electricity it is hoped that generators can provide electricity continuously and in a reliable condition. A good protection system will prevent unwanted losses. One of the protection systems for generators is the differential relay. Differential Relay is a relay whose working principle is based on balance, which compares the secondary currents of the current transformer (CT) installed at the terminals of secured electrical equipment or installations such as generators. Based on the result of the differential relay test, it has worked reliably to secure the generator and has worked optimally after being tested seven times.*

**Keyword :** PLTU, Protection System, Differential Relay, Generator.

**Program Studi Teknik Elektro Universitas Pakuan**

## I. PENDAHULUAN

Salah satu pembangkit yang menghasilkan listrik dari berbagai sumber yang tersedia di Indonesia adalah Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). Bahan bakar utama pembangkit listrik ini adalah batu bara yang berasal dari sumber alam. Transformasi energi generator diawali dengan proses pembakaran yang menghasilkan uap panas (energi panas), kemudian turbin mengubah uap panas tersebut menjadi energi mekanik dan terakhir menjadi energi listrik. Kecuali ada kerusakan atau waktu pemeliharaan, produksi energi listrik terus menerus selama 24 jam. Boiler, turbin, generator, kondensor, transformator, dan peralatan konversi energi lainnya membentuk sistem tenaga listrik.

Tentu saja, jumlah listrik yang dipasok ke pelanggan harus memenuhi kebutuhan mereka setelah listrik diperoleh dan didistribusikan kepada mereka. Bayangkan berapa banyak aktivitas yang terhenti atau mungkin menimbulkan kerugian besar jika pasokan listrik terhenti beberapa menit saja. Oleh karena itu, agar sistem tenaga listrik dapat menghasilkan dan memasok energi listrik kepada konsumen, sistem tersebut harus memiliki kelancaran pengoperasian dan keandalan sistem [1].

Generator merupakan suatu alat yang dapat menghasilkan tenaga dengan mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Kecuali jika terjadi kerusakan atau waktu perawatan pada genset, maka dilakukan terus menerus selama 24 jam untuk menghasilkan energi listrik. Jumlah listrik yang dihasilkan harus mencukupi kebutuhan listrik pengguna. Jika terjadi pemadaman listrik, aktivitas akan terhenti atau bisa menyebabkan kerugian yang besar. kemalangan yang sangat besar. Agar pembangkit tenaga listrik padat dapat berjalan sesuai dengan yang diharapkan maka diperlukan sistem kesehatan atau keamanan yang dapat mencegah terjadinya gangguan pada pembangkit tersebut. Ketika terjadi gangguan, sistem proteksi meminimalkan gangguan tersebut agar tidak menyebar ke sistem dan melindungi peralatan dari kerusakan. Kerugian-kerugian yang tidak diinginkan dapat dicegah dengan adanya sistem proteksi yang baik dan dapat

diandalkan, khususnya pada genset, salah satu peralatan pembangkit listrik utama. [2].

## II. DASAR TEORI

### A. Pengertian PLTU

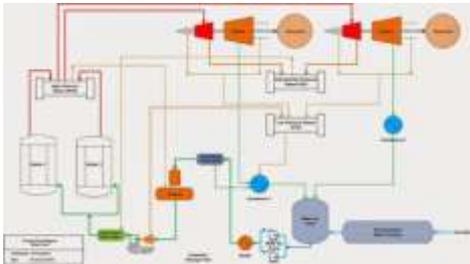
Siklus Rankine digunakan pada pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) yang mengkonversi energi. Umumnya, PLTU beroperasi dengan peralatan reheater tambahan. Alasan penggunaan Reheater adalah untuk meningkatkan produktivitas Siklus Rankine pada tekanan Kettle. Reheater bekerja dengan menggunakan gas pipa yang saat ini bersuhu tinggi untuk menghangatkan uap bekas yang keluar dari turbin tegangan tinggi [3].

### B. Prinsip Kerja PLTU

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) mempunyai beberapa tahapan yang rumit dan terkoordinasi dengan baik yang menjadi prinsip pengoperasiannya. Interaksi ini dimulai dari konsumsi turunan minyak bumi atau pemanasan dengan sumber intensitas lain, dan diakhiri dengan terciptanya energi listrik yang layak untuk disalurkan ke jaringan listrik. Batubara, minyak bumi, dan gas alam merupakan beberapa bahan bakar yang dapat digunakan pada PLTU. Konsumsi bahan bakar ini terjadi di ruang pengapian atau pemanas, sehingga menimbulkan intensitas tinggi. Batubara sering dibakar dalam proses ini. dalam boiler. Dalam pembakaran batu bara, misalnya, batu bara dibakar di dalam ketel untuk menghasilkan panas. Di dalam boiler, panas hasil pembakaran bahan bakar digunakan untuk memanaskan air. Boiler terdiri dari saluran dan silinder yang dimaksudkan untuk memperkuat kontak antara air dan gas panas yang dihasilkan dari penggunaan bahan bakar. Air dalam ketel dihangatkan hingga menjadi uap. Turbin uap digunakan untuk menggerakkan uap yang dihasilkan oleh boiler. Sebuah poros dihubungkan ke bilah turbin uap. Saat uap bergerak melalui bilah, poros berputar. Hal ini menghasilkan energi mekanik dari intensitas yang dihasilkan oleh konsumsi bahan bakar. Generator menerima energi mekanik turbin uap setelah itu. Untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik, generator menggunakan prinsip elektromagnetisme. Pada generator, poros turbin dihubungkan dengan lilitan kawat penggerak yang

diletakkan di antara medan tarik menarik. Putaran poros memotong garis-garis medan magnet sehingga menimbulkan arus listrik pada kawat [4].

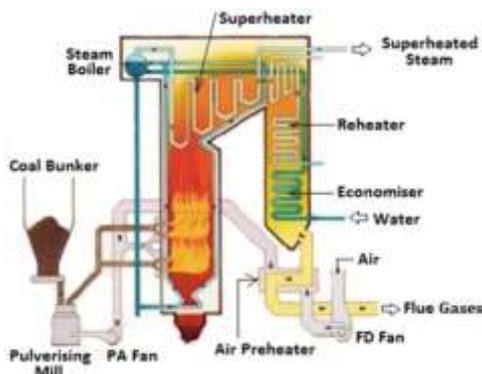
### C. Komponen - Komponen PLTU



**Gambar 1 Blok Diagram PLTU**

#### 1. Boiler

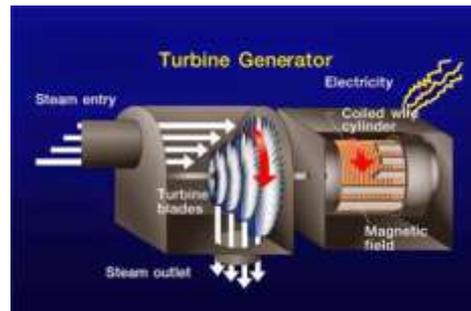
Ketel merupakan salah satu perangkat keras yang mendasar pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) yang mampu mengubah air menjadi uap melalui siklus pemanasan pada tabung evaporator dengan sumber intensitas yang didapat dari cara konsumsi bahan bakar yang paling umum diperoleh dari batu bara di dalam ruangan. Setelah pembakaran, energi panas dipindahkan ke fluida kerja yaitu air sehingga menghasilkan uap bertekanan tinggi yang menggerakkan turbin. Radiasi pada ruang bakar, konveksi pada ruang pemanas air, serta kombinasi radiasi dan konveksi pada superheater dan reheater merupakan tiga proses perpindahan panas yang terjadi pada sebuah boiler. Gambar Boiler dapat dilihat pada gambar 2 [5].



**Gambar 2 Boiler**

#### 2. Turbin Uap

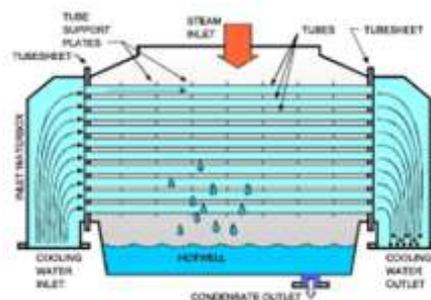
Turbin uap digerakkan oleh uap yang dihasilkan oleh boiler. Turbin ini memiliki ujung tajam yang dipasang pada poros, dan ketika uap melewati turbin, poros tersebut berputar sehingga menghasilkan energi mekanik. Turbin uap merupakan bagian penting dalam Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) yang mengubah tenaga nuklir dari uap menjadi energi mekanik yang selanjutnya digunakan untuk menggerakkan generator dan juga menghasilkan energi listrik. Interaksi ini mencakup berbagai tahapan dan inovasi yang kompleks. Gambar Turbin Uap dapat dilihat pada gambar 3 [6].



**Gambar 3 Turbin Uap**

#### 3. Kondensor

Setelah melewati turbin, uap yang telah kehilangan sebagian besar energinya mengembun kembali menjadi air. Siklus ini terjadi di kondensor, dan air yang dialirkan kemudian dikembalikan ke evaporator untuk dihangatkan. Kondensor Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) merupakan bagian penting dari siklus termal yang mengubah uap dari turbin uap kembali menjadi air sehingga dapat digunakan kembali di boiler. [6]. Gambar Kondensor dapat dilihat pada gambar 4



**Gambar 4 Kondensor**

#### 4. Generator

Energi mekanis yang dihasilkan oleh turbin uap kemudian ditruskan ke generator. Generator mengubah energi menerima energi mekanik turbin uap setelah itu. Melalui penggunaan prinsip elektromagnetik, generator mengubah energi mekanik menjadi energi listrik sehingga terjadi distribusi arus listrik ke jaringan listrik. Bagian Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) yang bertugas mengubah energi mekanis yang dihasilkan turbin uap menjadi energi listrik adalah generator. Pembangkitan tenaga listrik yang kemudian dapat disalurkan ke jaringan listrik sangat terbantu dengan adanya generator ini. [6].

#### D. Sistem Proteksi Tenaga Listrik

Sistem proteksi tenaga listrik adalah sistem yang melindungi peralatan listrik, seperti generator, dalam sistem tenaga listrik dari kondisi pengoperasian yang tidak normal. Hubungan pendek, tegangan lebih, kelebihan beban, dan kondisi abnormal lainnya termasuk di antaranya. Dengan kata lain, sistem keamanan berguna untuk:

1. Mengurangi atau mencegah kerusakan peralatan akibat interferensi (pengoperasian sistem yang tidak normal) Semakin cepat respons gadget jaminan yang digunakan, semakin kecil dampak impedansi terhadap kemungkinan kerusakan perangkat keras.
2. Kurangi jumlah gangguan secepat mungkin.
3. Dapat memberikan manfaat listrik yang tinggi dan dapat diandalkan oleh konsumen serta kualitas listrik yang baik.
4. Melindungi masyarakat dari bahaya listrik. [7].

#### 1. Jenis-Jenis Sistem Proteksi

##### a. Over Current Relay (OCR)

Relai arus lebih disebut juga dengan relai arus lebih, beroperasi ketika terjadi hubungan pendek yang menyebabkan peningkatan arus. Sebagai relai arus lebih (OCR) dan relai gangguan tanah (GFR), relai arus lebih mempunyai dua fungsi. Perpindahan arus lebih dapat disusun dengan perpindahan yang berbeda atau dengan GFR dengan memberikan jeda waktu yang sebenarnya merupakan inti dari pengaturan hand-off serta pengerjaan pengaturan yang sedang berlangsung. Gambar

Over Current Relay dapat dilihat pada gambar 5 [8].



Gambar 5 Over Current Relay

#### 2. Syarat-Syarat Sistem Proteksi

##### A. Kepekaan (Sensitifitas)

Kepekaan rele proteksi terhadap segala macam gangguan, termasuk yang terjadi pada daerah proteksi disebut dengan sensitivitasnya. Nilai terkecil dari gaya penggerak pada saat peralatan proteksi mulai beroperasi inilah yang menentukan sensitivitas suatu sistem proteksi. Nilai minimum arus gangguan pada daerah yang dilindunginya berkaitan dengan nilai terkecil magnitudo penggerakannya.

##### b. Kecepatan

Kerangka asuransi harus memiliki tingkat kecepatan yang telah ditentukan untuk lebih mengembangkan kualitas administrasi, keamanan manusia, perangkat keras dan soliditas operasi. Mengingat suatu sistem tenaga relai yang seharusnya merespons dengan cepat harus diperlambat (waktu tunda) karena batas stabilitas sistem tenaga dan fakta bahwa gangguan sistem mungkin hanya berlangsung dalam jangka waktu singkat. c. Selektivitas

Spesifik menyiratkan bahwa sistem keamanan harus dapat memilih bagian dari sistem yang harus dipisahkan jika serah terima asuransi menunjukkan dampak yang meresahkan. Bagian yang terisolasi dari kerangka yang sehat, betapapun masuk akal, adalah bagian yang mengecewakan. Suatu sistem perlindungan harus bersifat diskriminatif agar dapat membedakan kondisi normal dan tidak normal. Atau sebaliknya mengetahui apakah kondisi aneh tersebut terjadi di dalam atau di luar wilayah jaminan. Dengan demikian, semua kegiatan akan berjalan dengan baik

sehingga pengaruh-pengaruh yang meresahkan dapat dibuang ke basisnya [9].

#### d. Diskriminatif

Kemampuan relai proteksi dalam membedakan gangguan palsu dan nyata, serta antara gangguan dan kondisi normal ditunjukkan dengan diskriminasi. Arus magnetisasi (Insruh) suatu transformator daya merupakan gambaran gejala yang mirip dengan gangguan internal pada transformator daya [10]. Bagian komparator yang disebut juga komparator relai proteksi berfungsi sebagai pembeda. e. Kualitas yang tak tergoyahkan (Dependability) Kualitas yang tak tergoyahkan adalah nilai kemajuan dari serah terima keamanan dalam mengidentifikasi dan mengendalikan suatu kerangka kerja untuk jangka panjang atau jangka panjang. Kualitas tinggi yang tak tergoyahkan diperoleh dengan asumsi bahwa transfer keamanan direncanakan dan dilakukan dengan baik, dimanfaatkan dan dikelola dengan baik serta dikerjakan oleh individu yang terampil. [10].

F. Kecepatan Aktivitas Relai proteksi terkait perlu menangani gangguan sistem tenaga listrik yang serius dan berbahaya sesegera mungkin agar: 1. Peralatan sistem tenaga listrik yang terganggu tidak mengalami kerusakan. 2. Tipisnya tegangan sistem tenaga listrik tidak terlalu lama. 3. Untuk menjamin stabilitas sistem, batas waktu kritis tidak terlampaui. Setiap jenis pengaruh yang meresahkan memiliki batas waktu pelepasan yang bergantian [10]. G. Faktor Ekonomi yang Perlu Dipertimbangkan Biaya yang masuk akal untuk melindungi sistem tenaga listrik harus mempertimbangkan seberapa besar kerugian yang dialami jika gangguan yang terjadi tidak diselesaikan oleh sistem keamanan. Oleh karena itu, biaya keamanan dikaitkan dengan nilai dan buruknya perangkat keras sistem tenaga listrik yang dilindungi. Relai dan peralatan pelindung biasanya berharga tidak lebih dari lima persen dari nilai peralatan. Untuk perangkat keras dalam sistem tenaga listrik besar seperti generator, trafo dan saluran transmisi tegangan tinggi lainnya, pertimbangan utamanya adalah kualitas yang stabil sehingga biaya jaminan lebih mahal [10].

## E. Transformator

Trafo adalah perangkat listrik yang menggunakan prinsip induksi elektromagnetik untuk mentransfer dan mengubah energi listrik dari satu atau lebih rangkaian listrik ke rangkaian listrik lainnya melalui kopling magnet. Kemampuan trafo adalah memindahkan dan mengubah daya listrik dari satu rangkaian listrik ke rangkaian listrik berikutnya melalui kopling magnet, berbagai jenis listrik dengan frekuensi yang sama dan rasio transformasi tertentu. Gambar Transformator Utama, Transformator UAT A, UAT B, dan SSAT dapat dilihat pada gambar 6, 7, 8 dan 9 [11].



**Gambar 6 Transformator Utama**



**Gambar 7 Transformator UAT A**



**Gambar 8 Transformator UAT B**



**Gambar 9 Transformator SSAT**

### 1. Prinsip Kerja Transformator

Standar fungsi trafo mencakup bagian-bagian utama trafo, khususnya: ikal penting, loop opsional, dan pusat trafo. Inti besi dikelilingi oleh kumparan kumparan. Apabila loop pada sisi esensial transformator dihubungkan dengan sumber tegangan putar sinusoidal ( $V_p$ ), maka arus pertukaran sinusoidal ( $I_p$ ) akan mengalir pada loop tersebut. Di sekitar kumparan, arus bolak-balik ini akan menghasilkan fluks magnet yang sinusoidal dan sefasa ( $\phi$ ). Fluks magnet akan mengalir bersama-sama pada inti trafo dari kumparan primer ke kumparan sekunder karena terdapat inti transformator yang menghubungkan kumparan pada sisi primer dan sekunder [12].

### F. Generator

Generator adalah alat yang mengubah energi mekanik menjadi listrik. menjadi energi listrik yang disuplai ke beban dengan prinsip induksi. Generator dilihat dari jenis tegangan hasil dibagi menjadi generator arus searah (DC) dan generator arus bolak-balik (AC). Sebaliknya,

generator arus bolak-balik (AC) adalah jenis generator yang biasanya digunakan oleh bisnis besar. Gambar Generator dapat dilihat pada gambar 10 [13].



**Gambar 10 Generator**

### 1. Prinsip Kerja Generator

Prinsip kerja dari generator menurut hukum induksi Faraday adalah ketika jumlah garis gaya yang melalui kumparan diubah, maka gaya gerak listrik (GGL) dalam kumparan. Medan putar yang diperoleh dari rotor diinduksikan pada kumparan jangkar sehingga kumparan jangkar yang berada pada stator dapat menghasilkan fluks magnet yang besarnya dapat berubah-ubah terhadap waktu, setiap perubahan yang terjadi pada fluks magnet yang mengelilingi sebuah kumparan akan menciptakan GGL induksi pada ujung kumparan tersebut [14].

### G. Pengertian Relay Proteksi

Transfer keamanan adalah rangkaian tindakan yang diperlukan untuk dapat mendeteksi atau mengukur pengaruh yang meresahkan atau mulai mendeteksi ketidakaturan pada perangkat keras atau bagian dari sistem tenaga listrik dan akibatnya memberikan perintah untuk membuka pemutus daya untuk mengisolasi perangkat keras atau bagian dari rangka yang terganggu dan menjadikan suatu gerak sebagai penerangan. atau sekali lagi dering. Dengan mengukur atau membandingkan besarnya, relai proteksi dapat mendeteksi gangguan pada peralatan yang diamankan. mendapatkan, misalnya arus, tegangan, daya, titik fase, perulangan, impedansi, dan lain-lain, dengan jumlah yang telah ditentukan sebelumnya, maka pada saat itu tentukan pilihan untuk segera atau dengan

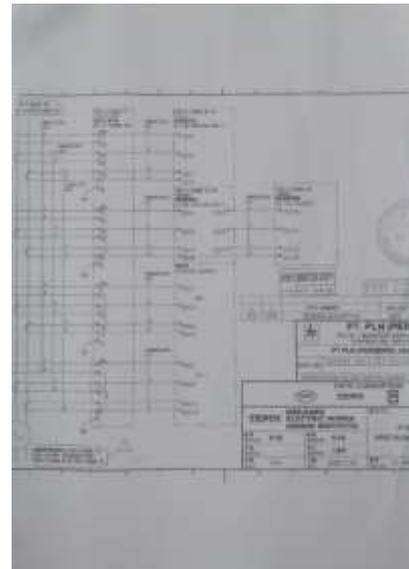
penundaan pembukaan pemutus arus. Pemutus sirkuit pada umumnya dipasang pada generator, transformator daya, saluran transmisi, saluran distribusi, dll sehingga dapat diisolasi sehingga sistem lain tetap dapat bekerja secara teratur. Gambar Diagram Kelistrikan Generator ke Relay Differensial dapat dilihat pada gambar 11 [15].



**Gambar 11 Diagram Kelistrikan Generator ke Relay Differensial**

### 1. Pengertian Relay Differensial

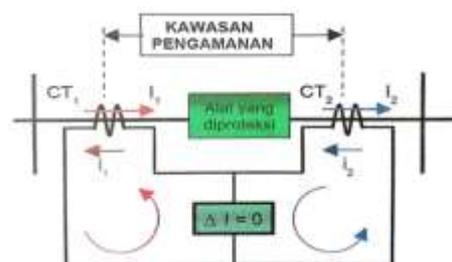
Relay Differensial merupakan suatu transfer yang prinsip kerjanya berdasarkan keseimbangan (keseimbangan), yang membandingkan arus sekunder transformator arus (CT) yang dipasang pada peralatan terminal atau instalasi listrik yang diamankan. Penggunaan transfer differential sebagai pengaman hand-off, antara lain pada generator, transformator daya, dan saluran transmisi. Pada trafo daya, relay diferensial berfungsi sebagai proteksi utama, melindungi belitan trafo jika terjadi gangguan. Penyerahan ini sangat spesifik dan sistem bekerja dengan cepat. Arus mengalir melalui peralatan listrik yang diamankan (generator, trafo, dll) dalam keadaan normal. Gambar Diagram Kelistrikan Generator ke Relay Differensial dapat dilihat pada gambar 12 [16].



**Gambar 12 Diagram Kelistrikan Generator ke Relay Differensial**

### 2. Prinsip Kerja Relay Differensial

Prinsip kerja relay diferensial adalah transfer aturan fungsinya bergantung pada keseimbangan, yang melihat aliran opsional transformator aliran yang dimasukkan ke terminal perangkat keras atau instalasi listrik yang diperoleh. Jika terjadi gangguan, relay diferensial busbar berfungsi sebagai alat pengaman utama. Penyerahan ini sangat spesifik dan sistem bekerja dengan cepat. Dalam keadaan normal, arus mengalir melalui peralatan listrik yang diamankan (Generator, Trafo) dalam relay diferensial. Gambar Bagan Pengkabelan Transfer Dasar. Gambar Diagram Pengawatan Dasar Relay Differensial dan Nameplate Relay Differensial dapat dilihat pada gambar 13 dan 14 [17].



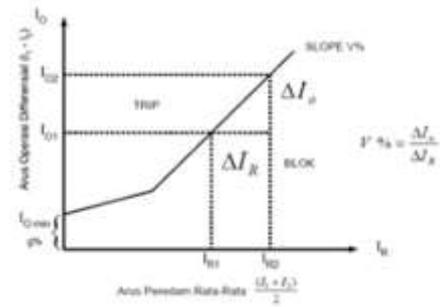
**Gambar 13 Diagram Pengawatan Dasar Relay Differensial**



**Gambar 14 Nameplate Relay Differensial**

### 3. Karakteristik Relay Differensial

Karakter Differential Transfer dibuat sesuai dengan arus miring ( $I_{\mu}$ ), untuk menghindari kesalahan kerja. Lilitan trafo daya yang disambungkan (Y) – () mengakibatkan terjadinya pergeseran fasa sehingga menimbulkan kesalahan kerja yang disebut juga dengan ketidaksesuaian rasio CT. Anda dapat menambahkan kumparan yang mencegah relay diferensial beroperasi di wilayah I untuk mengatasi masalah ketidakseimbangan arus (I). Kumparan yang mengendalikan relay disebut Operating Coil, sedangkan kumparan ini disebut Restraining Coil. Arus diferensial diperoleh dengan menjumlahkan bagian-bagian arus pilihan yang semakin mudah pada belitan 1 ( $I_{11}$ ) dan belitan 2 ( $I_{12}$ ) secara a untuk setiap tahapan vektor. Dengan asumsi arus berbanding terbalik di satu sisi jika keduanya masuk atau keluar dari relay, maka keduanya akan saling menambah jika arus mengalir searah. Jika salah satu pergi ke estafet dan yang lain pergi, mereka akan saling mengurangi. Gambar Karakteristik Relay Differensial dapat dilihat pada gambar 15 [18].



**Gambar 15 Karakteristik Relay Differensial**

### 4. Jenis-Jenis Relay Differensial

a. Relay Diferensial Impedansi Tinggi Dengan Arus Sirkulasi Transformator ArusU(Berdasarkan Jumlah Arus)

Untuk menstabilkan kondisi relay dan mengurangi besarnya arus yang mengalir, proteksi ini didasarkan pada perbandingan perbedaan vektor arus dalam suatu susunan yang dihubungkan dengan suatu hambatan yang dapat dihubungkan secara seri dengan relay. Relay diferensial dengan sistem bias disebut juga relay impedansi tinggi sama dengan relay jenis ini.

b. Relay Differensial Impedansi (Berdasarkan Drop Tegangan)

Asuransi ini juga bekerja dengan adanya korelasi vektor arus, hanya saja tegangan yang dihasilkan CT lebih menonjol. Selama keadaan umum jumlahnya vektor arus dalam susunan ini adalah nol, dan apabila selama gangguan pada bus-bar keseimbangan arus terganggu, maka arus tidak seimbang ini akan mengalir melewati impedansi tinggi (ZH) dan menimbulkan drop tegangan (VZH).

c. Relay Diferensial Impedansi Tinggi (Berdasarkan Besar Tegangan)

Relay diferensial impedansi tinggi memecahkan masalah saturasi dalam pola ini, yang menggunakan CT konvensional. Kesalahan arus diferensial transformator arus, yang lebih besar dari kumparan relay yang beroperasi, harus diatasi dalam keadaan ini. Busing CT, CT dengan reaktansi kebocoran yang dapat diabaikan dan impedansi sekunder

yang rendah, dapat digunakan dalam situasi ini untuk mencapai resistansi sekunder CT yang rendah. [19].

### III. METODE PENELITIAN

Metode Penelitian yang digunakan dalam Analisa Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

#### 1. Waktu dan Tempat Penelitian

Proses penelitian tugas akhir ini dilaksanakan pada tanggal 4 Desember 2023 sampai dengan 2 Februari 2024 mulai pukul 07.00 WIB sampai dengan pukul 16.00 WIB berlokasi di PLTU Banten 1 Suralaya  $1 \times 625$  MW, Jl. Yos Sudarso PLTU Suralaya 8, Kelurahan Suralaya, Kecamatan Pulo Merak, Cilegon, Banten 42439.

#### 2. Teknik Pengumpulan Data

Sesuai dengan jenis data yang digunakan, sehingga teknik pengumpulan data yang dipakai pada penelitian tugas akhir ini adalah :

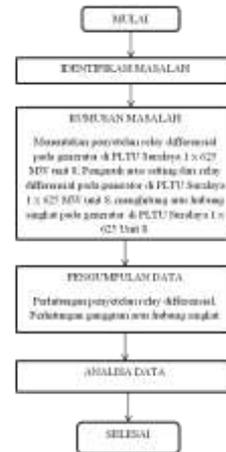
##### a. Perhitungan Penyetelan Relay Differensial

Relay Differensial pada Generator digunakan sebagai alat yang digunakan untuk menghitung setting relay differensial. Relay ini diletakkan diantara kedua CT trafo arus yang terpasang pada terminal-terminal peralatan listrik yang diamankan.

##### b. Perhitungan Gangguan Arus Hubung Singkat

Gangguan Arus Hubung Singkat adalah gangguan yang terjadi dapat dianalisa dengan menghubungkan singkat semua sumber tegangan yang ada pada sistem dan mengganti titik (node) gangguan dengan sebuah tegangan di titik gangguan tersebut.

### 3. Diagram Alir Penelitian



**Gambar 16 Diagram Alir Penelitian**

#### 4. Prosedur Penelitian

##### a. Persiapan Alat dan Bahan

Pada tahap ini dilakukan persiapan alat dan bahan yang meliputi data pada nameplate relay differensial, 4 data nameplate transformator, dan data nameplate generator.

##### b. Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan pada Penelitian Tugas Akhir ini meliputi data penyetelan relay differensial, dan data gangguan arus hubung singkat.

##### c. Data Sesuai Kebutuhan?

Apabila data yang telah terkumpul sesuai dengan kebutuhan Tugas Akhir ini, maka dilanjutkan dengan tahap Analisis Data. Namun jika belum, maka kembali ke tahap Pengumpulan Data.

##### d. Analisa

Pada tahap ini akan dilakukan analisa untuk mengetahui penyetelan relay differensial, dan gangguan arus hubung singkat.

e. Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dan analisa yang diperoleh maka ditahap ini akan dibuat beberapa kesimpulan dari penelitian ini.

**IV. ANALISA DAN PEMBAHASAN**

**A. Perhitungan Arus Hubung Singkat**

Perhitungan ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui nilai Arus Hubung Singkat pada Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa ke Tanah, Gangguan Hubung Singkat 2 Fasa ke Tanah, Gangguan Arus Hubung Singkat 2 Fasa dan Gangguan Arus Hubung Singkat 3 Fasa

- Analisa

Hasil perhitungan pada Gangguan Hubung Singkat 1 Fasa ke Tanah, dengan nilai tegangan dititik gangguan adalah sebesar 1 Pu, nilai impedansi urutan positif adalah sebesar 4,687 Pu, impedansi urutan negatif sebesar 3,933 Pu, dengan ini didapatkan hasil sebesar j 0,075 Pu.

$$I_h = \frac{V_f}{Z_0 + Z_1 + Z_2}$$

$$I_h = \frac{1 \text{ Pu}}{j3,933 + j4,687 + j4,687}$$

$$I_h = \frac{1 \text{ Pu}}{j13,30}$$

$$I_h = j0,075 \text{ Pu}$$

Hasil perhitungan pada Gangguan Hubung Singkat 2 Fasa ke Tanah, dengan nilai tegangan dititik gangguan adalah sebesar 1 Pu, nilai impedansi urutan positif adalah sebesar 4,687 Pu, impedansi urutan negatif adalah sebesar 4,687 Pu, impedansi urutan nol adalah sebesar 3,933 Pu, dengan ini didapatkan hasil sebesar j 9,374 Pu.

$$I_{a1} = \frac{V_f}{Z_1 + \frac{Z_2 \times Z_0}{Z_2 + Z_0}}$$

$$I_{a1} = \frac{1 \text{ Pu}}{j4,687 + \frac{j4,687 \times j3,933}{j4,687 + j3,933}}$$

$$I_{a1} = \frac{1 \text{ Pu}}{j4,687 + \frac{j18,43}{j8,62}}$$

$$I_{a1} = \frac{1 \text{ Pu}}{j4,687 + j2,090}$$

$$I_{a1} = j2,138 \text{ Pu}$$

Hasil perhitungan pada Gangguan Hubung Singkat 3 Fasa, dengan nilai tegangan dititik gangguan adalah sebesar 1 Pu, nilai impedansi urutan positif adalah sebesar 4,687 Pu, dengan ini didapatkan hasil sebesar j 0,21 Pu.

$$I_h = \frac{V_f}{Z_1}$$

$$I_h = \frac{1 \text{ Pu}}{j5,687}$$

$$I_h = j0,21 \text{ Pu}$$

Hasil perhitungan pada Gangguan Hubungan Singkat 2 Fasa, dengan nilai tegangan dititik gangguan adalah sebesar 1 Pu, nilai impedansi urutan positif adalah sebesar 4,687 Pu, impedansi urutan negatif adalah sebesar 4,687 Pu, dengan ini didapatkan hasil sebesar j 0,106 Pu.

$$I_{a1} = \frac{V_f}{Z_1 + Z_2}$$

$$I_{a1} = \frac{1 \text{ Pu}}{j4,687 + j4,687}$$

$$I_{a1} = \frac{1 \text{ Pu}}{j9,374}$$

$$I_{a1} = j0,106 \text{ Pu}$$

**Tabel 1. Hasil Perhitungan Arus Hubung Singkat**

No	Jenis Perhitungan	Hasil
1	Perhitungan Arus Hubung Singkat 1 Fasa ke Tanah	j0,075 Pu
2	Perhitungan Arus Hubung Singkat 2 Fasa ke Tanah	j2,138 Pu
3	Perhitungan Arus Hubung Singkat 2 Fasa	j0,106 Pu
4	Perhitungan Arus Hubung Singkat 3 Fasa	j0,21 Pu

## B. Perhitungan Penyetelan Relay Differensial

- Analisa

Hasil perhitungan pada Arus Nominal Generator Dikedua Sisi CT, dengan nilai daya sebesar 735 MW, nilai tegangan 20.000 V, dengan ini didapatkan hasil sebesar 0,050 A.

$$I_n = \frac{S}{\sqrt{3} \times V}$$

$$I_n = \frac{735 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \times 20.000 \text{ V}}$$

$$I_n = \frac{735 \text{ MVA}}{1.73 \times 20.000 \text{ V}}$$

$$I_n = \frac{735}{14.600}$$

$$I_n = 0,050 \text{ A}$$

Hasil perhitungan pada Arus Sekunder Kedua CT, dengan nilai ratio CT 1 adalah sebesar 15.000/5, ratio CT 2 adalah sebesar 15.000/5, nilai arus nominal adalah sebesar 0,050 A, dengan ini didapatkan hasil ratio CT 1 dan ratio CT 2 sebesar 1,66 A.

$$I_{sct} = \frac{I_n}{\text{Ratio CT}}$$

$$I_{sct} = \frac{0,050 \text{ A}}{15.000/5}$$

$$I_{sct} = \frac{0,050}{3.000}$$

$$I_{sct} = 1,66 \text{ A}$$

Hasil perhitungan pada Error Mismatch, dengan nilai tegangan generator adalah sebesar 20.000 V, nilai CT 2 adalah sebesar 15.000/5, CT ideal adalah sebesar 3.000, nilai CT terpasang adalah sebesar 15.000, dengan ini didapatkan hasil Error Mismatch sebesar 0,2 %.

$$\frac{CT1}{CT2} = \frac{V_g}{V_g}$$

$$CT 1 \text{ ideal} = CT 2 \times \frac{V_g}{V_g}$$

$$CT 1 \text{ ideal} = \frac{15.000}{5} \times \frac{20.000}{20.000}$$

$$CT 1 \text{ ideal} = 3.000 \text{ A}$$

Hasil perhitungan pada Arus Differensial, dengan nilai arus sekunder kedua CT adalah sebesar 1,66 A, dengan ini didapatkan hasil arus differensial 0 A.

$$I_d = I_{sct2} - I_{sct1}$$

$$I_d = 1,66 - 1,66$$

$$I_d = 0 \text{ A}$$

Hasil perhitungan pada Arus Penahan (Restrained), dengan nilai Isct 1 adalah sebesar 1,66 A dan Isct 2 adalah sebesar 1,66 A dengan ini didapatkan hasil Arus Penahan (Restrained) sebesar 1,66 A.

$$I_r = \frac{I_{sct 1} + I_{sct 2}}{2}$$

$$I_r = \frac{1,66 + 1,66}{2}$$

$$I_r = \frac{3,32}{2}$$

$$I_r = 1,66 \text{ A}$$

Hasil perhitungan pada Percent Slope, dengan nilai arus restrain adalah sebesar 1,66 A, dengan ini didapatkan hasil Slope 1 dan Slope 2 sebesar 0 %.

$$\text{Slope} = \frac{I_d}{I_r} \times 100 \%$$

$$\text{Slope} = \frac{0}{1,66} \times 100 \%$$

$$\text{Slope} = 0 \%$$

Hasil perhitungan Arus Setting, dengan nilai slope 1 adalah sebesar 0 %, nilai arus restrain adalah sebesar 1,66 A, dengan ini didapatkan hasil arus setting sebesar 0 A.

$$I_{set} = \text{Slope } 1 - I_r$$

$$I_{set} = 0 \% - 1,66$$

$$I_{set} = 0 \text{ A}$$

Hasil perhitungan pada Penyetelan Relay Differensial, dengan nilai kesalahan generator Setting Relay Differensial = Kesalahan Generator (%) + Error Mismatch CT 1 (%) + Error Mismatch CT 2 (%) + Toleransi (%) + Slope (%)

$$= 5\% + 0,2\% + 0,2\% + 5\% + 0\%$$

$$= 0,052\%$$

Jadi untuk Penyetelan Relay Differensial adalah sebagai berikut :

$$I_{df} = 0,052\% \times 1,66 \text{ A} = 0,086 \text{ A}$$

## V. PENUTUP

### a. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis Relay Differensial Pada Generator di PLTU Suralaya 1 x 625 MW Unit 8 dapat disimpulkan sebagai berikut :

#### 1. Perhitungan Arus Hubung Singkat

Hasil analisa perhitungan hubung singkat pada Analisa Relay Differensial Pada Generator Di PLTU Suralaya 1 x 625 MW unit 8 adalah sebagai berikut :

a. Pada perhitungan hubung singkat satu fasa ke tanah

Pada perhitungan hubung singkat satu fasa ke tanah dengan nilai tegangan dititik gangguan adalah sebesar 1 Pu, sementara nilai impedansi urutan positif adalah sebesar 4,687 Pu, impedansi urutan negatif adalah sebesar 4,687 Pu, dan impedansi urutan nol adalah sebesar 3,778 Pu. Maka dapat menghasilkan nilai sebesar j 0,076 Pu.

b. Pada perhitungan hubung singkat dua fasaa-

Pada perhitungan hubung singkat dua fasa dengan nilai tegangan dititik gangguan adalah sebesar 1 Pu, sementara nilai impedansi urutan

adalah sebesar 5 %, nilai error mismatch CT 1 adalah sebesar 0,2 %, nilai error mismatch CT 2 adalah sebesar 0,2 %, nilai toleransi adalah sebesar 5 %, nilai slope adalah sebesar 0 %, dengan ini didapatkan hasil sebesar 0,086 A

positif adalah sebesar 4,687 Pu, impedansi urutan negatif adalah sebesar 4,687 Pu. Maka dapat menghasilkan nilai sebesar j 9,374 Pu.

#### 2. Perhitungan Penyetelan Relay Differensial

Hasil analisa Perhitungan Penyetelan Relay Differensial pada Analisa Relay Differensial Pada Generator Di PLTU Suralaya 1 x 625 MW adalah sebagai berikut :

a. Pada perhitungan arus nominal dengan menggunakan nilai daya adalah sebesar 735 MVA, dengan tegangan 20.000 V. Maka didapatkan hasil perhitungan sebesar 0,050 A

b. Pada perhitungan arus sekunder kedua CT dengan menggunakan nilai ratio CT 1 adalah sebesar 15.000/5, ratio CT 2 adalah sebesar 15.000/5, dan nilai arus nominal adalah sebesar 0,050. Maka didapatkan hasil perhitungan Isct 1 sebesar 0,000014 A dan Isct 2 sebesar 1,66 A.

c. Pada perhitungan error mismatch dengan menggunakan nilai tegeangan generator adalah sebesar 20.000 V, nilai pada CT 2 adalah sebesar 15.000/2, nilai CT ideal adalah sebesar 3.000, nilai CT terpasang adalah sebesar 15.000. Maka didapatkan hasil perhitungan sebesar 3000 A.

### b. Saran

Untuk menghindari kemungkinan gangguan yang tidak diinginkan maka disarankan untuk melakukan pemeliharaan dengan baik terhadap relay differensial sebagai pengaman generator beserta peralatan bantu lainnya, tidak hanya pemeliharaan saja namun ada baiknya bila relay tersebut di uji coba dalam jangka waktu yang telah ditentukan untuk mengetahui apakah relay tersebut benar-benar bekerja dengan baik bila terjadi gangguan.

## V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wahyudin SN, R. A. Diantari, T. M. Rahmatullah, "Analisa Proteksi Differensial Pada Generator Di PLTU Suralaya," *Energi & Kelistrikan*, Vol. 9, no. 9, pp. 84-92, 2017.
- [2] Wahyu Ardianto, "Analisa Relay Differensial Pada Generator Di Gas Turbin 1.2 PLTGU Semarang," Universitas Muhammadiyah Surakarta, pp. 1-12, 2020.
- [3] S. A. S. Sianturi, "Pemeliharaan Dearator PLTU PT. PLN (Persero) Unit Pelaksana Pembangkitan Belawan," Universitas Medan Area, 2024.
- [4] *Pembangkit Energi Listrik : Instalasi dan Prinsip Kerja*, Penerbit Yayasan Kita Menulis, Indonesia, 2024, pp. 1-192
- [5] G. Gumilar, and Tarsisius Kristyadi, "Simulasi perpindahan Panas Pada Pipa Secondary Superheater (SSH) PLTU 600 MW Dengan CFD," *Jurnal Teknik: Media Pengembangan Ilmu dan Aplikasi Teknik*, Vol. 22, no 01, pp. 65-75, Mei 2023.
- [6] *Pembangkit Energi Listrik : Instalasi dan Prinsip Kerja*, Penerbit Yayasan Kita Menulis, Indonesia, 2024, pp. 1-192
- [7] I. Hajar, and M. R. Mercury, "Analisa Setting Rele Differensial Pada Generator PT. PJB UBJ O & M PLTU Rembang," *Jurnal Ilmiah Sutet*, vol. 9, no. 1, pp. 2356-1505, 2019, doi: 10.33322/SUTET.v9i1.325
- [8] E. Dermawan, D. Nugroho, "Analisa Koordinasi Over Current Relay dan Ground Fault Relay Di Sistem Proteksi Feeder Gardu Induk 20 kV Jababeka," Vol. 14, no. 2, pp. 43-48, doi: 10.24853/elektum.14.2.43-48
- [9] T. Aryanto, Sutarno, dan S. Sunardiyo, "Frekuensi Gangguan Terhadap Kinerja Sistem Proteksi di Gardu Induk 150 KV Jepara," *Jurnal Teknik Elektro*, Vol. 5, no. 2, pp. 107-115. 2013
- [10] *Proteksi Sistem Tenaga Listrik*, CV ANDI OFFSET, Yogyakarta, Indonesia, 2022, pp. 1-234
- [11] E. Permata and I. Lestari, "Maintenance Preventive Pada Transformator Step-Down AV05 Dengan Kapasitas 150 KV Di PT. Karakatau Daya Listrik" in *Seminar Nasional Pendidikan FKIP, Pendidikan Vokasional Teknik Elektro UNTIRTA*, 2020. vol. 3, no. 1, pp. 485-493
- [12] R. Nugroho, "Analisa Kegagalan Autotransformer Antara UAT (Unit Auxiliary Transformer) dan SST (Station Service Transformer) Di Kawasan GTG Indonesia Power", Universitas Semarang, 2021.
- [13] M. D. Satrio, "Analisis Pengaruh Arus Eksitasi Terhadap Tegangan Keluaran Dan Daya Reaktif Generator PLTU Tanjung Jati B Unit 3 Jepara", Universitas Islam Sultan Agung Semarang, 2022
- [14] A. Fernandes, N. P. Saputri, and Samsurizal, "Prediksi Sisa Umur Generator Dengan Metode Pengujian Dielektrik Pada Stator Generator Unit 2 PLTU Ombilin," vol. 12, no. 2, pp. 10-19, 2023, DOI: <https://doi.org/10.33322/kilat.v12i1.1994>
- [15] Wahyudin SN, R. A. Diantari, dan T. M. Rahmatullah, "Analisa Proteksi Rele Differensial Pada Generator Di PLTU Suralaya
- [16] E. S. Nasution, F. I. Pasaribu, Yusniati, and M. Arfianda, "Rele Differensial Sebagai Proteksi Transformator Daya Pada Gardu Induk," *Regional Devolepment Industry & Healty Science, Technology and Art of Life*, pp. 2686-6641
- [17] I. Kartika. F, "Penerapan Rele Differensial Di Transformator 30 MVA," Vol. 1, no. 2, pp. 60-69, 2016.
- [18] Zulkarnaini and F. Hafni, "Studi Analisa Relay Differensial Pada Proteksi Transformator 60 MVA Gardu Induk

Pauh Limo,” Jurnal Teknik Elektro ITP,  
vol. 9, no. 2, pp. 80-84, 2020, P-ISSN:  
2252-3472, E-ISSN: 2598-8255

- [19] Yusmartato, R. Nasution, Armasnyah.  
”Menentukan Setting Rele Differensial  
Pada Bus-Bas Di Gardu Induk Paya  
Pasir Medan,” Journal of Electrical  
Technology, Vol. 4, no. 1, pp. 47-52,  
2019, SSN : 2598 – 1099 (Online) ISSN  
: 2502 – 3624 (Cetak)

#### **BIODATA PENULIS**

- 1) **Syahru Romadhon Syah, S.T** Alumni  
(2024) Program Studi Teknik Elektro –  
Fakultas Teknik – Universitas Pakuan  
[Syahruromadhonsyah739@gmail.com](mailto:Syahruromadhonsyah739@gmail.com)
- 2) **Prof. Dr. Ir. H. Didik Notosudjono,**  
**M.Sc. IPU., Asean. Eng. APED. Eng.**  
Dosen Program Studi Teknik Elektro –  
Fakultas Teknik – Universitas Pakuan
- 3) **Ir. Waryani, MT.** Dosen Program Studi  
Teknik Elektro – Fakultas Teknik –  
Universitas Pakuan