

# ANALISA SISTEM PROTEKSI RELAY ARUS LEBIH TERARAH DI GARDU INDUK ASAHAN

Oleh:

Ichsanul Mahendra <sup>1)</sup>

Rizki Ananda <sup>2)</sup>

Lancar Siahaan <sup>3)</sup>

Jumari <sup>4)</sup>

Universitas Darma Agung, Medan <sup>1,2,3,4)</sup>

*E-mail:*

[ichsanulmahendra@gmail.com](mailto:ichsanulmahendra@gmail.com) <sup>1)</sup>

[rizkiananda@gmail.com](mailto:rizkiananda@gmail.com) <sup>2)</sup>

[lancarsiahaan@gmail.com](mailto:lancarsiahaan@gmail.com) <sup>3)</sup>

[62jumarieska@gmail.com](mailto:62jumarieska@gmail.com) <sup>4)</sup>

## ABSTRACT

*This study aims at analyzing the directed overcurrent relay protection system at the Asahan Substation. Relays work based on the direction of the disturbance where this relay can find out the direction where the disturbance occurs whether in front or behind this relay is installed, including interference near the bus where the relay is installed. With the installation of this directional overcurrent relay for feeder protection which functions as a tie line, reliable power distribution will be obtained continuously between two power generating stations. Because the use of a directional overcurrent relay is better than an undirected overcurrent relay if it is installed on a tie line. This time delay is not a constant value. The length of time can vary according to needs, loading conditions and changes in the network. Every load or network change needs to be checked and adjusted for relays.*

**Keywords :** *Directional Overcurrent Protection System, Current Setting and Relay Time.*

## ABSTRAK

Studi ini bertujuan untuk menganalisis sistem proteksi relay arus lebih terarah di Gardu Induk Asahan. Relay bekerja berdasarkan arah gangguan dimana relay ini dapat mengetahui arah tempat gangguan terjadi apakah di depan atau dibelakang relay ini dipasang, termasuk gangguan yang dekat bus tempat relay terpasang. Dengan dipasangnya relay arus lebih terarah ini untuk proteksi penyulang – penyulang yang berfungsi sebagai tie line akan diperoleh keandalan penyaluran daya secara kontiniu antara dua stasiun pembangkit tenaga listrik. Karena pemakaian relay

arus lebih terarah ini lebih baik dibandingkan relay arus lebih tidak terarah jika dipasang pada tie line. Kelambatan waktu (time delay) ini bukanlah suatu harga yang konstan. Lama waktu dapat berubah – ubah sesuai dengan kebutuhan, keadaan pembebanan dan perubahan pada jaringan. Setiap perubahan beban atau jaringan perlu diadakan pemeriksaan dan penyetelan relay.

**Kata kunci :** *Sistem Proteksi Arus Lebih Terarah, Setting Arus dan Waktu Relay.*

## 1. PENDAHULUAN

Pada suatu penyaluran tenaga listrik tentu diinginkan agar tidak sering terjadi pemadaman, karena hal ini jelas mengganggu pelanggan. Dimana saat ini penggunaan tenaga listrik sudah semakin luas, tidak hanya untuk penerangan dan keperluan industri tetapi sudah sampai untuk kebutuhan rumah tangga yang sekecil – kecilnya. Dengan demikian suatu sistem tenaga listrik sangat diharapkan dapat menyalurkan daya secara terus menerus pada konsumen. Dalam keadaan operasi sistem tenaga listrik sering mengalami gangguan – gangguan yang mana dapat menyebabkan terputusnya penyaluran daya listrik ke konsumen. Pada umumnya gangguan dapat terjadi pada pusat pembangkit, saluran transmisi dan jaringan distribusi. Akibatnya ada gangguan ini dapat menyebabkan terputusnya penyaluran daya listrik, kerusakan peralatan, bahaya – bahaya bagi personilnya dan juga rugi – rugi lainnya. Oleh karena itu, para ahli tetap berusaha untuk mengembangkan sistem proteksi pada sistem tenaga listrik untuk memperkecil atau menghilangkan sama sekali efek – efek yang ditimbulkan gangguan – gangguan tersebut.

Jadi pada prinsipnya suatu proteksi harus benar – benar memenuhi syarat – syarat yang ditentukan misalnya : andal, selektif, sensitive dan ekonomis sehingga dapat menjamin penyaluran daya yang kontinyu pada konsumen. Pembangkit Frekuensi nominal suatu sistem pelayanan tenaga listrik tidak selalu konstan. Bila beban turun maka frekuensi akan naik, dan bila beban yang besar dibebankan secara tiba – tiba, misalnya pada saat beban puncak, maka beban akan turun. Hal ini disebabkan karena berubahnya arus beban secara tiba – tiba. Penurunan frekuensi ini terjadi beberapa saat, dan akan pulih

energi listrik banyak sekali timbul permasalahan seperti gangguan hubung singkat, gangguan petir, hubung singkat tiga fasa ke tanah dan masih banyak lagi permasalahannya. Adapun permasalahan pada penulisan skripsi ini adalah bagaimana mengatasi gangguan itu sehingga tidak terjadi kerusakan pada peralatan listrik dan juga pengoperasian atau penyaluran energi listrik ke konsumen dapat berjalan terus menerus.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Tenaga listrik yang disalurkan dari sistem pembangkit hingga ke konsumen selalu mendapat banyak gangguan, baik yang timbul dari sistem itu sendiri ataupun dari luar, yang akan mempengaruhi mutu tenaga listrik yang disalurkan. Oleh sebab itu, mutu pelayanan tenaga listrik perlu mendapat perhatian yang khusus dalam perencanaan ataupun perluasan suatu sistem kelistrikan. Keandalan peralatan pengaman listrik sangat menentukan penyaluran daya listrik [1]. Ada 7 (tujuh) jenis gangguan yang diambil sebagai kriteria dasar mutu pelayanan tenaga listrik, yakni :

### 1. Variasi Frekuensi

Frekuensi yang dimaksud dalam hal ini adalah frekuensi nominal sistem, yaitu 60 atau 50 Hertz. Untuk Negara Indonesia, frekuensi yang digunakan sistem 50 Hertz.

kembali setelah sistem pengatur pada sistem pembangkit bekerja. Naik turunnya frekuensi ini dari harga nominalnya, inilah yang disebut Variasi Frekuensi. Jadi Variasi Frekuensi ini adalah sebagai akibat perubahan – perubahan beban yang mendadak, dan akan pulih kembali secara berangsur setelah sistem pengatur pada pembangkit bekerja.

Variasi Frekuensi ini akan mempengaruhi kerja dan hasil kerja dari peralatan listrik. Pada motor induksi, variasi frekuensi akan menimbulkan perubahan kecepatan dan kopel, bila frekuensi bertambah, maka motor akan mengalami beban lebih (*over load*). Panas yang ditimbulkan akibat kenaikan kecepatan, tentunya akan mempengaruhi umur motor tersebut. Demikian juga untuk beberapa peralatan industri yang memerlukan kecepatan yang konstan dalam operasinya, variasi frekuensi akan memperendah mutu atau bahkan merusak hasil produksinya.

## 2. Variasi Tegangan

Variasi tegangan dapat didefinisikan sebagai perubahan nilai tegangan pelayanan pada kerja normal terhadap nilai tegangan nominal sebagai akibat perubahan beban dan pengaturan tegangan sistem pembangkit atau gardu induk. Variasi tegangan ini merupakan keadaan yang tidak diinginkan pada suatu sistem pelayanan tenaga listrik.

## 3. Harmonisa

Yang dimaksud dengan gejala harmonisa adalah merupakan bentuk gelombang yang timbul pada

- Interferensi dengan rangkaian – rangkaian telepon dan pemancar karena harmonisa deret nol.
- Tidak bekerjanya peralatan pengatur akibat distorsi bentuk gelombang yang mempengaruhi titik kerja thyristor.
- Kesalahan – kesalahan pada meter – meter piringan berputar mengukur pengukur energi.

suatu sistem tenaga listrik, dimana frekuensinya merupakan pergandaan (bilangan bulat) dari frekuensi gelombang dari sistem tenaga listrik. Dan orde harmonisa tersebut merupakan besar bilangan penggandaan tersebut. Akibat timbulnya gelombang harmonisa ini, maka bentuk dasar gelombang dari sistem tenaga listrik akan mengalami perubahan, baik dalam bentuk, amplitudo, dan juga frekuensinya.

Harmonisa ini dapat terjadi sebagai akibat dari penggunaan beban yang tidak linier dan sistem yang tidak simetris, dimana frekuensinya yang dibangkitkan berbeda dengan frekuensi sistem yang ada. Harmonisa ini juga terjadi akibat penyerapan arus yang mempunyai bentuk tidak sinusoidal.

Harmonisa dalam suatu sistem distribusi daya menyebabkan beberapa efek sebagai berikut :

- Terjadinya beban lebih dari koreksi faktor pada saat tuning untuk frekuensi tertentu.
- Resonansi antara reaktansi kapasitansi dan transformator yang mengakibatkan tegangan dan arus yang berlebih.
- Terlalu panasnya mesin – mesin berputar karena bertambahnya kehilangan daya yang disebabkan arus edy seperti halnya kehilangan torque.

Seperti yang diterangkan terdahulu, bahwa harmonisa itu adalah merupakan bentuk gelombang yang frekuensinya merupakan penggandaan dari frekuensi gelombang dasar, dan umumnya amplitudo gelombang harmonisa

tersebut lebih kecil dari amplitudo gelombang dasarnya. Jadi gangguan yang ditimbulkan oleh harmonisa tersebut terutama disebabkan oleh besar penjumlahan antara amplitudo gelombang dasarnya. Untuk itu beberapa Negara membatasi harga efektif total gelombang harmonisa yaitu tidak lebih dari 5 % dari harga efektif gelombang dasarnya.

#### 4. Tegangan Tidak Seimbang

Yang dimaksud dengan tegangan tidak seimbang adalah perbandingan antara perubahan maksimum dari harga tegangan rata – rata pada sistem tiga fasa, dengan harga rata – rata tegangan tiga fasa, yang dapat dituliskan sebagai berikut :

$$V_{ub} = \frac{\text{Maksimum perubahan dari harga tegangan rata – rata}}{\text{Harga tegangan rata – rata}}$$

Harga tegangan rata – rata

Yang dimaksud dengan pemadaman adalah terputusnya pelayanan tenaga listrik kepada konsumen. Pemadaman tenaga listrik pada sistem pelayanan tenaga listrik pada dasarnya dapat ditimbulkan oleh beberapa sebab, yakni :

- Pemadaman karena kerusakan peralatan  
Pemadaman karena hal ini dapat meliputi keseluruhan dari sistem pelayanan tenaga listrik, dimana hal ini tergantung dari bagian yang mengalami kerusakan.
- Pemadaman karena beban lebih

Dimana :

$$V_{ub} = \text{Besarnya ketidakseimbangan}$$

Jika pada suatu sistem tiga fasa besarnya tegangan masing – masing adalah 220, 215, dan 210 Volt. Maka dapat diketahui perubahan harga tegangan rata – rata nya 215 Volt, maka besar ketidakseimbangannya adalah 0,023 atau 2,3 % bila dinyatakan dalam persen.

Tegangan tidak seimbang ini dapat terjadi sebagai akibat dari beban yang tidak seimbang pada masing – masing fasa pada sistem tiga fasa, dimana hal ini dimungkinkan oleh karena adanya perbedaan karakteristik kerja dari beban – beban satu fasa. Dan dapat sebagai akibat dari sistem tiga fasa yang tidak ditransposisikan pada suatu jarak yang jauh, yang digunakan untuk penyaluran daya listrik.

#### 5. Pemadaman (*Service Interruption*)

Pemadaman ini terjadi pada sistem pembangkit yang mempunyai kapasitas kecil dibandingkan dengan kapasitas beban yang ada, sehingga untuk menghindarkan beban lebih sebagian dari beban tidak dilayani.

- Pemadaman karena perawatan instalasi tenaga listrik  
Pemadaman ini biasanya terjadi dalam rangka perawatan rutin dari sistem pembangkit, jaringan ataupun peralatannya. Pemadaman karena perawatan ini

biasanya mempunyai jadwal tertentu dan sudah direncanakan.

Penyebab yang disebutkan diatas adalah hal yang sering menimbulkan pemadaman, disamping itu ada beberapa hal lain yang menyebabkan terjadinya pemadaman. Antara lain pemadaman karena keadaan darurat, bencana alam, pengembangan jaringan, dan lain – lain. Tapi pemadaman jenis ini jarang terjadi.

#### 6. Voltage Dip

Voltage Dip merupakan gangguan pada sistem pelayanan tenaga listrik, berupa penurunan tegangan sesaat dan terjadinya tidak berulang (fluktuasi tegangan sesaat dan terjadinya tidak berulang) dalam waktu yang singkat.

Voltage Dip ini terjadi akibat dari beberapa keadaan, seperti :

- Start motor listrik

merusak penglihatan. Umumnya flicker ini sebagai akibat dari perubahan beban sistem tenaga listrik yang terjadi secara mendadak dengan karakteristik kerja yang tertentu, yakni :

- Motor – motor listrik
- Dapur listrik
- Las listrik

Suatu hal yang penting dalam mempelajari flicker adalah mengenai kurva flicker. Kurva flicker ini didapat dari hasil penelitian beberapa badan penelitian listrik, sehingga hasil penelitian yang didapat berbeda – beda. Ada beberapa faktor yang menyebabkan perbedaan tingkat pengaruh flicker pada mata manusia, yakni :

Jika pada motor induksi di start secara langsung, maka akan membutuhkan arus yang besar. Besarnya arus start ini dapat mencapai 7 sampai dengan 8 kali dari besarnya arus motor pada saat beban penuh.

- Hubung singkat  
Apabila terjadi hubung singkat pada jaringan, voltage dip ini akan timbul dan akan berakhir sampai peralatan pengaman mengisolir bagian yang mengalami gangguan tersebut.

#### 7. Flicker (*Fluktuasi*)

Flicker (*fluktuasi*) atau tegangan berulang atau disebut juga tegangan sesaat dalam waktu yang singkat adalah merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi mutu pelayanan listrik terhadap konsumen. Flicker ini paling jelas akan menimbulkan perubahan terang cahaya lampu pijar, yang akan

- Amplitudo dan frekuensi dari fluktuasi tegangan
- Lamanya perubahan tegangan yang terjadi
- Jenis penerangan yang digunakan
- Impedensi sistem, dimana peralatannya yang menyebabkan terjadinya fluktuasi tegangan mengambil daya
- Titik pemakaian bersama (TPB) diantara beban yang menimbulkan fluktuasi tegangan dengan konsumen lain
- Kesensitifan konsumen terhadap pengaruh fluktuasi tegangan pada sistem penerangan

Pada sistem tenaga listrik proses menghilangkan hubung singkat (*Short Circuit*) secara otomatis, yaitu tanpa adanya campur tangan manusia. Peralatan yang melakukan pekerjaan ini secara kolektif dikenal sebagai sistem proteksi (*Protection System*).

Untuk melindungi peralatan terhadap gangguan yang terjadi dalam sistem, digunakan alat proteksi dengan tujuan :

- Melindungi peralatan terhadap gangguan yang terjadi dalam sistem, jangan sampai mengalami kerusakan fatal.
- Melokalisir akibat gangguan, jangan sampai meluas dalam sistem.

mencapai tujuan ini relay proteksi harus memenuhi beberapa persyaratan sebagai berikut :

#### a. Sensitivitas

Sensitivitas adalah kepekaan relay proteksi terhadap segala macam gangguan dengan tepat yakni gangguan yang terjadi di daerah perlindungannya. Kepekaan suatu sistem proteksi ditentukan oleh nilai terkecil dari besaran penggerak saat peralatan proteksi mulai beroperasi. Nilai terkecil besaran penggerak berhubungan dengan nilai minimum arus gangguan dalam daerah yang dilindunginya. Relay yang digunakan harus sensitive agar dapat merasakan gangguan yang paling kecil di daerah proteksi dengan kata lain harus dapat mendeteksi suatu keadaan secara pasti.

#### b. Selektivitas

Selektif berarti suatu sistem proteksi harus dapat memilih bagian sistem yang harus diisolir apabila relay proteksi mendeteksi gangguan.

- Memberikan pelayanan tenaga listrik dengan kehandalan dan mutu tinggi kepada konsumen.
- Mengamankan manusia dari bahaya yang ditimbulkan oleh tenaga listrik.

Karena itulah proteksi harus bekerja cepat untuk menghilangkan pemanasan yang berlebihan akibat arus hubung singkat dan alat proteksi harus dapat dikoordinasikan satu sama lain, sehingga alat – alat proteksi yang terdapat dengan gangguan saja yang bekerja.

#### Syarat – syarat Sistem Proteksi:-

Untuk menjamin saluran daya secara terus – menerus dapat dipenuhi, maka sistem perlu dilindungi dari gangguan yang mungkin terjadi. Karena itu untuk

Bagian yang dipisahkan dari sistem yang sehat sebisanya adalah bagian yang terganggu saja. Relay ini harus dapat membedakan pada keadaan mana relay harus bekerja. Peralatan ini harus membedakan bagian yang mengalami gangguan dengan bagian yang tidak mengalami gangguan.

#### c. Keandalan

Keandalan adalah ukuran dari tingkat kepastian atau ukuran dari tingkat kepercayaan bahwa suatu sistem relay penggunaan pada suatu sistem tenaga listrik melakukan kerja yang tepat dan benar, serta dapat mengamankan peralatan sistem dari segala bentuk gangguan. Dalam keadaan normal atau sistem yang tidak pernah terganggu relay proteksi tidak bekerja selama berbulan – bulan mungkin bertahun – tahun, tetapi relay proteksi bila diperlukan harus dan pasti dapat bekerja, sebab bila relay gagal bekerja dapat mengakibatkan kerusakan yang lebih

parah pada peralatan yang diamankan atau mengakibatkan bekerjanya relay lain sehingga daerah itu mengalami pemadaman yang lebih luas. Untuk tetap menjaga keandalannya, maka relay proteksi harus dilakukan pengujian secara periodik.

**d. Kecepatan**

Sistem proteksi perlu memiliki tingkat kecepatan sebagaimana ditentukan sehingga meningkatkan mutu pelayanan, keamanan manusia, peralatan dan Peralatan proteksi harus dapat bekerja dengan stabil walaupun sistem operasi sedang tidak normal, dengan demikian sistem tersebut tetap aman.

**f. Sederhana**

Dimana dituntut pula syarat bahwa sistem proteksi mempunyai bentuk yang sederhana dan fleksibel.

**3. METODE PELAKSANAAN**

Relay terarah adalah relay yang bekerjanya didasarkan pada hubungan sudut phasa antara dua besaran titik yaitu :

1. Besaran patokan (referensi atau *polarizing*) umumnya adalah

stabilitas operasi. Mengingat suatu sistem tenaga mempunyai batas – batas stabilitas serta terkadang gangguan sistem bersifat sementara. Dalam waktu tertentu, gangguan harus dapat diatasi dengan waktu yang diperlukan relay proteksi untuk membuka rangkaian pemutus (*Circuit Breaker*) dari mulai terjadi gangguan. Interval waktu ini harus seminimum mungkin agar dapat membatasi gangguan yang terjadi.

**e. Stabilitas**

tegangan, karena phasanya tidak dipengaruhi oleh letak gangguannya.

2. Besaran kerja yaitu arus, karena phasa atau arahnya ditentukan oleh letak gangguannya.

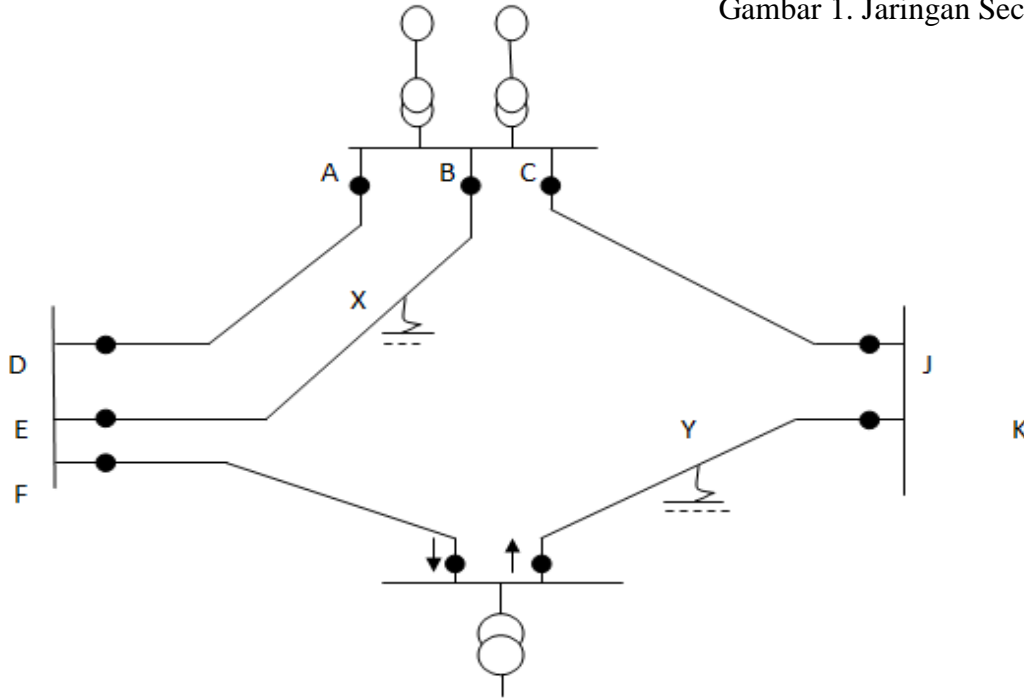
Persamaan kopel relay terarah adalah sebagai berikut :

$$T = K\Phi_o \Phi_p \sin\alpha$$

Dimana :

- $\Phi_o$  = fluksi kerja
- $\Phi_p$  = fluksi palokan
- K = konstanta
- $\alpha$  = sudut antara kedua fluksi
- T = torsi (kopel)

Gambar 1. Jaringan Secara Tipikal



**Elemen – elemen Relay Arus Lebih**

**Terarah**

- 6. Shading coil
- 7. Piringan induksi

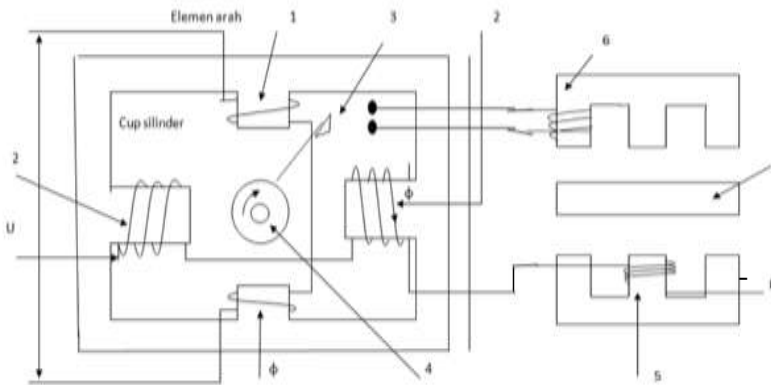
Bagian – bagian relay tersebut adalah sebagai berikut :

- Elemen Arah

Elektromagnetik terdiri atas dua coil tegangan yang dihubungkan seri dipasang diametral yang berlawanan. Kontak elemen arah D dihubungkan seri dengan shading coil dari elemen kerja sebagai pengontrol arah.

**Elemen Kerja**

Terdiri atas coil utama yang dapat ditap untuk pengaturan setting dipasang pada kaki tengah elektromagnetik berbentuk “E” menghasilkan fluks dikaki magnetis di sebelah kiri menjadi tertinggal fasanya terhadap fluks utama dan menimbulkan torsi putar. Karena shading coil dikontrol oleh kontak D, maka elemen kerja hanya bekerja bila arah gangguan adalah benar.



Gambar2. Relay Arus Lebih Terarah

Keterangan gambar :

- 1. Kumputan tegangan
- 2. Kumputan arus
- 3. Kontak pengontrol arah
- 4. Silinder pengontrol arah
- 5. Kumputan utama



- Tegangan sebagai patokan karena sudut phasanya tetap

- Arus sebagai besaran kerja karena sudut phasanya tergantung pada lokasi gangguan.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Jaringan distribusi sistem tenaga listrik adalah jaringan antara pemakai atau konsumen dengan sumber daya besar (*Bulk Power Source*). Sumber daya besar terdiri dari :

- Pusat pembangkit yang dekat dengan konsumen.
- Gardu Induk (*Transmission Substation*) yaitu gardu yang disupply oleh pembangkit – pembangkit lewat jaringan transmisi.

Suatu sistem distribusi umumnya terdiri dari :

1. Sumber daya besar (*Bulk Power Source*).
2. Jaringan subtransmisi.
3. Gardu Induk distribusi.
4. Jaringan primer (*Primer Feeder*).
5. Transformator distribusi (*Distribution Transformer*).
6. Jaringan sekunder (*Secondaries*).

#### Aplikasi pada Jaringan Distribusi 20

**KV:-**

#### Data – Data Teknik

1. Elemen pengukur (*Measuring Element*)
  - Tegangan nominal PT = 110 Volt (Fasa – Fasa)
  - Ratio CT = 600/5 Ampere
  - Sumber tegangan pembantu DC = 110 Volt
  - Xtr = 12,29 %
  - Tegangan sisi sekunder = 20 KV

2. Kawat penghantar jaringan tegangan menengah
  - Jenis penghantar = AAC
  - Luas penampang penghantar = 185 mm
  - Panjang jaringan = 11,7 Km
  - Kapasitas hantar arus = 514 Ampere
  - Arus nominal = 300 Ampere
  - Reaktansi penghantar = 0,1801 Ohm/Km
- = 2,107 Ohm 11,7 Km
  - Reaksi penghantar = 0,3239 Ohm/Km
- = 3,789 Ohm 11,7 Km
3. Data – data Teknik Relay
  - Merk type = Gec Measurement
- = CDD 31 P 0 D 3 EC 5
  - Time current setting = 10 detik
  - Bardens = 1,0 detik
  - Resetting time = 45 detik dengan TMS 1,0
  - Setting time = 0 – 0,6 detik
4. Data – data Transformator Daya
  - Daya = 30 MVA
  - Tegangan sisi primer = 150 KV
  - MVA hubung singkat min. = 4000 MVA

## Penyetelan Arus Dan Menentukan Setting Arus:-

Untuk menentukan setting (penyetelan) arus dan setting waktu relay – relay *invers defenite minimum time* (IDMT) harus dijamin bahwa relay tidak bekerja bila mana terjadi beban lebih (*over load*). Maka faktor keamanan (*safety of factor*) digunakan untuk menghindarkan kesalahan tripping.

Pemilihan plug setting perlu diperhatikan aspek – aspek sebagai berikut :

- Perbandingan CT (CT Ratio)
- Arus beban puncak
- Perbandingan reset atau pick up

$$plug\ setting = \frac{Arusbebanpuncakprimer}{\frac{perbandinganCT}{faktorkeamanan}} \times$$

*(resetpickup)*

Bila terjadi hubung singkat disisi primer, setting relay harus bekerja tanpa mengalami kegagalan. Arus setting harus lebih kecil dari arus sekunder yang dihubungkan dengan arus gangguan minimum, sehingga :

$$\left\langle \frac{plug\ setting}{\frac{Arusbebanpuncakprimer\ minimum}{CT\ Ratio}} \times \frac{1}{Faktor\ keamanan} \right.$$

Dari kedua hal diatas dapat dibedakan yaitu :

Perhitungan setting arusnya :

- Reaktansi Tegangan Tinggi (XTT) adalah sebagai berikut :

$$XTT = \frac{(KV)^2}{MVA\ hs\ min} = \frac{(20)^2}{4000} = 0,1\ Ohm$$

- Reaktansi Tegangan Menengah (XTM) adalah :

$$XTM = \frac{Xt\ (KV)^2}{\frac{100\ MV\ A\ transformator\ daya}{(12,29)(20)^2}} = \frac{100 \times 30}{100 \times 30} = 1,638\ Ohm$$

1. Untuk menghindari kesalahan tripping akibat arus beban lebih, maka :

$$plug\ setting \leq \frac{Arusbebanpuncakprimer}{\frac{perbandinganCT}{faktorkeamanan}} \times$$

*(resetpickup)*

Untuk menjamin tripping pada arus gangguan minimum maka :

$$\left\langle \frac{plug\ setting}{\frac{Arusbebanpuncakprimer\ minimum}{CT\ Ratio}} \times \frac{1}{Faktor\ keamanan} \right.$$

Untuk menentukan setting arus harus diperhatikan jenis jaringan dan metode pentanahan. Dalam sistem ini dapat diketahui bahwa sistem jaringannya adalah dengan pentanahan netral langsung. Relay proteksi ditentukan sebagai berikut :

1. Setting arus ( $I_s$ ) dengan kelambatan waktu (time delay).  
 $I_s = 120\%$  dari arus nominal transformator arus.
2. Setting arus ( $I_m$ ) untuk relay instantaneous (sesaat)  
 $I_m = 125\%$  sampai dengan  $150\%$  sari hubung singkat tiga fasa minimum.
3. Setting waktunya dapat ditentukan berdasarkan karakteristik.

- Arus hubung singkat tiga fasa minimum adalah :

$$I_{hs\ 3\Phi\ min} = \frac{(KV) \times 1000}{\sqrt{3} + \sqrt{(2,107)^2 + (0,1 + 1,638 + 3,789)^2}}$$

$$= \frac{20 \times 1000}{\sqrt{3} \times \sqrt{(2,107)^2 + (0,1 + 1,638 + 3,789)^2}}$$

$$= 1952,57\ Ampere\ untie\ primer$$

$$1952,57/120$$

16,26 Ampere  
 Dimana 120 didapat dari hasil perbandingan transformator arus 600/5 = 120. His 3 Φ

Min = 16,26 ampere untuk sekunder CT. Dari perhitungan diatas maka didapat :

1. Arus setting untuk relay kelambatan waktu (time delay).

$$I_s = 120\% \text{ dari arus nominal transformator arus.}$$

$$= 120\% \times 5 = 6 \text{ Ampere.}$$

2. Arus setting untuk waktu sesaat (Instantaneous Relay).

$$I_m = 125\% \text{ sampai dengan } 150\% \text{ dari His 3 } \Phi.$$

$$= (125\% - 150\%) \times 16,26$$

Tabel 1. Setting Arus dan Waktu Extremely Inverse Time

Time Multiplier Setting (TMS)	Multiplies Plug Setting Current (I <sub>s</sub> )	Time (Second)
1	2,5	2,5
1	10	0,6
1	20	0,33
1	40	0,25

Tabel diatas menggambarkan bahwa untuk arus 10 x I<sub>s</sub> relay akan bekerja setelah 0,6 detik. Untuk menghitung besar

$$= 20,35 \text{ sampai dengan } 24,39 \text{ Ampere}$$

Setting arus I<sub>s</sub> dipilih yang rendah, maka I<sub>s</sub> = 20,35 Ampere

3. Setting waktu dapat dilihat dari gambar karakteristik.

Sebagai contoh untuk arus lebih dengan karakteristik waktu *extremely inverse time* seperti terlihat pada tabel berikut :

kelambatan waktu relay dan beberapa parameter yang perlu diketahui, yaitu :

1. Arus beban penuh yang diizinkan = 300 Ampere.

2. Arus hubung singkat tiga fasa pada ujung jaringan 2930 Ampere.

$$\text{Plug setting current} = \frac{\text{Arus beban penuh}}{\text{Perbandingan CT}} = \frac{300}{600/5} = 2,5$$

Ampere

Tiap yang dipilih adalah tap 2,5 dalam hal ini relay ditentukan besarnya multiples of plug setting current 10. Dari karakteristik di dapat waktu kerja relay 0,6 detik pada time multiples setting 1,0 dengan demikian time delay dapat dihitung besarnya :

$$\text{Time delay} = \frac{\text{Arus hubung singkat 3\phi pada ujung jaringan}}{\text{Perbandingan transformator arus}} = \frac{2930}{600/5} =$$

24,42 Ampere. Atau

$$= 2,442 \times 10$$

multiplies of plug setting current

Karena tiap 2,442 tidak ada, maka tap yang mendekati 2,442 adalah 2,5. Jadi

dengan demikian kelambatan waktu (time delay) dapat ditentukan besarnya yaitu :

Tabel 2. Setting Arus dan Waktu TK<sub>1</sub> di Lapangan

Nama feeder	Over Current O/C (Amp)	Instantaneous INS (Amp)	Time Delay T (detik)
TK <sub>1</sub>	5	20	0,1

Tabel 3. Setting Arus dan Waktu TK<sub>1</sub> Sesuai Perhitungan

Nama feeder	Over Current O/C (Amp)	Instantaneous INS (Amp)	Time Delay t (detik)
TK <sub>1</sub>	6	20,35	0,24

Maka total waktu kerja circuit breaker feeder TK<sub>1</sub> adalah :

$$t_{TK_1} = 0,6 + 0,1 + 0,24 + 0,05 = 0,99 \text{ detik}$$

Dimana :

$$\text{Waktu kerja relay TK 1} = 0,6$$

$$\text{Waktu pembukaan CB sampai hilangnya bunga api} = 0,1 - 0,3 \text{ detik}$$

$$\text{Kelambatan waktu} = 0,24 \text{ detik}$$

$$\text{Faktor keamanan} = 0,05 \text{ detik}$$

Dengan demikian bilamana relay bekerja secara inverse time maka waktu kerja relay circuit breaker (CB) feeder TK<sub>1</sub> adalah 0,87 – 0,99 detik.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

J Napitupulu, Y Ginting, MI Gaol, 2019. Keandalan Peralatan Pengaman Jaringan Distribusi Pada Pt Pln Rayon Medan Timur, Jurnal Teknologi Energi Uda: Jurnal Teknik Elektro 8 (2), 62-72

$$t = 0,6/2,5 = 0,24 \text{ detik}$$

## 5. SIMPULAN

Berdasarkan uraian – uraian dalam tulisan ini maka dalam hal ini penulis dapat mengambil beberapa kesimpulan, yang mana adalah sebagai berikut :

1. Relay ini bekerja berdasarkan arah gangguan dimana relay ini dapat mengetahui arah tempat gangguan terjadi apakah di depan atau dibelakang relay ini dipasang, termasuk gangguan yang dekat bus tempat relay terpasang.
2. Dengan dipasangnya relay arus lebih terarah ini untuk proteksi penyulang – penyulang yang berfungsi sebagai tie line akan diperoleh keandalan penyaluran daya secara kontiniu antara dua stasiun pembangkit tenaga listrik. Karena pemakaian relay arus lebih terarah ini lebih baik dibandingkan relay arus lebih tidak terarah jika dipasang pada tie line.
3. Kelambatan waktu (time delay) ini bukanlah suatu harga yang konstan. Lama waktu dapat berubah – ubah sesuai dengan kebutuhan, keadaan pembebanan dan perubahan pada jaringan. Setiap perubahan beban atau jaringan perlu diadakan pemeriksaan dan penyetelan relay.

GEC. Measurements, 1987, “*Protective Relay*”, The General Electric Company, Ltd st, Leonard work Stafford st. 17. 4. Lx England.

Madhava Rao, TS, 1982, “*Power Sistem Protective Static Relay*”, Tata MC. Graw Hill Publishing Company, Ltd Reprinted.

Lancar Siahaan, 2019, Jurnal Teknologi Energi UDA Volume VIII, Nomor 1, Maret 2019 : 40-54 **Studi Pengaruh Flicker Pada Industri “Petunjuk operasi dan memelihara peralatan proteksi jaringan tegangan menengah”**, 1986, PT. PLN (Persero) Pusat.

Rao, Sunil. S, 1983, **“Switchegear and Protection”**, 6th Edition, Khana Publisher Delhi.

Soekarno. J, Ir, **“Pendahuluan dan Filosofi Pengaman”**, Diklat Ancol PLN Pusat.

Titarenko. M and Noskop-Dukelsky. I, **“Protective Relaying In Electric Power Sistem”**, Translated from the Russian by Jakob Feinberg, Peace Publisher Moskow.

Uppal, S. L., DR, 1986, **“Electric Power”**, 12th Edition, Khana Publisher.