

# ANALISIS PROTEKSI GANGGUAN ARUS LEBIH PADA TRANSFORMATOR DAYA DI PT. PUPUK SRIWIDJAJA (PERSERO) PALEMBANG

**RADEN AHMAD YANI<sup>[1]</sup>, DIAN EKA PUTRA<sup>[2]</sup>**  
(*ray\_azhari@yahoo.co.id*)

<sup>1,2</sup>*Dosen Tetap Yayasan pada Program Studi Teknik Elektro  
Fakultas Teknik Universitas Palembang*

## ABSTRAK

Kesinambungan pelayanan beban dan energi listrik dari suatu pembangkit tenaga listrik kepada konsumen tidak terlepas dari adanya gangguan eksternal adalah gangguan yang bersumber dari luar pembangkit seperti gangguan satu fasa ke tanah, gangguan tiga fasa ke tanah, gangguan fasa ke fasa, baik pada terminal maupun pada sisi transmisi atau distribusinya. Sedangkan gangguan internal adalah gangguan yang bersumber dari dalam pembangkit itu sendiri seperti terjadinya hubung singkat antara belitan pada fasa yang sama, antara belitan fasa yang berbeda, atau antara belitan ke tanah.

Pada arus gangguan karena hubung singkat pada transformator memiliki perhitungan dari sisi tegangan primer dan sisi tegangan sekunder. Transformator adalah alat listrik yang dapat memindahkan dan mengubah energi listrik dari satu atau lebih rangkaian listrik ke rangkaian listrik lain berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik.

Pengaman atau proteksi untuk transformator tenaga pada gardu distribusi PT. Pupuk Sriwidjaja (Persero) Palembang harus memiliki keandalan yang baik, agar peralatan proteksi tersebut dapat melindungi transformator tenaga dari gangguan-gangguan yang mungkin terjadi. Salah satu proteksi yang digunakan pada transformator daya adalah rele arus lebih (OCR). Proteksi arus lebih adalah perlindungan sistem dan peralatan dari arus yang melebihi arus nominalnya. Berdasarkan hasil perhitungan pengaturan (*setting*) rele arus lebih transformator konstanta *setting* arus untuk sisi primer ialah 0,5 dan untuk sisi sekunder 1,2.

Kata kunci : *Gangguan Relay, Relay Arus Lebih, Proteksi Arus Lebih, Transformator.*

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang<sup>[1],[2]</sup>

Alat proteksi pada sistem tenaga listrik merupakan yang penting di bidang ketenagalistrikan seperti pada PT. Pupuk Sriwidjaja (Persero) Palembang. Sistem ketenagalistrikan akan bekerja tidak normal atau tidak seimbang apabila mengalami suatu gangguan yang terjadi diluar sistem tenaga listrik.

Gangguan-gangguan yang terjadi dapat merusak bagian dari sistem seperti generator, transformator tenaga dan peralatan lainnya. Suatu bagian sistem tenaga listrik yang mengalami kerusakan akibat gangguan merupakan suatu kerugian, baik dari sisi penyediaan tenaga listrik maupun dari konsumen.

Transformator adalah suatu alat listrik yang dapat memindahkan dan mengubah energi listrik dari satu atau lebih rangkaian listrik ke rangkaian listrik yang lain melalui suatu gandengan magnet dan berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik.

Pengamanan atau proteksi untuk transformator tenaga pada gardu distribusi PT. Pupuk Sriwidjaja (Persero) Palembang harus memiliki keandalan yang baik, agar peralatan proteksi tersebut dapat melindungi transformator tenaga dari gangguan-gangguan yang mungkin terjadi. Salah satu proteksi yang digunakan pada transformator daya adalah rele arus lebih (OCR).

## 1.2. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menganalisis gangguan eksternal yang terjadi pada transformator tenaga akibat arus lebih.
2. Mengenal dan mengetahui cara kerja dan sistem proteksi terhadap transformator.

## 1.3. Manfaat Penelitian

Dari Penelitian yang dilakukan diharapkan PT. Pupuk Sriwidjaja (Persero) Palembang dapat mengetahui keandalan dari pada sistem proteksi terhadap transformator pada Gardu Distribusi PT. Pupuk Sriwidjaja (Persero) Palembang, serta peralatan proteksi tenaga diharapkan dapat menunjang keseimbangan tersedianya energi listrik.

## 1.4. Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian yang dilakukan adalah tentang pengamanan atau proteksi untuk transformator tenaga pada gardu distribusi PT. Pupuk Sriwidjaja (Persero) Palembang, selain itu juga penelitian dilakukan pada peralatan-peralatan proteksi yang ada di gardu distribusi tersebut.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Transformator Daya<sup>[2],[4],[5]</sup>

Transformator daya adalah merupakan suatu peralatan listrik yang berfungsi untuk menyalurkan tenaga / daya listrik arus bolak-balik dari tegangan rendah ke tegangan tinggi atau sebaliknya pada frekuensi konstan, berdasarkan prinsip elektromagnetis. Penggunaan transformator dalam sistem tenaga dapat di sesuaikan tegangannya sesuai dengan keperluannya. Dalam bidang tenaga listrik pemakaian transformator dikelompokkan menjadi;

- a. Transformator daya
- b. Transformator distribusi
- c. Transformator pengukuran



Gambar : Transformator daya

Transformator daya terdiri dari beberapa bagian :

1. Inti Besi, berfungsi untuk mempermudah jalan fluksi yang di timbulkan oleh arus listrik yang melalui kumparan. Bahan inti terbuat dari lempengan-lempengan besi tipis yang berisolasi untuk mengurangi panas.
2. Minyak Trafo, sebagian transformator Tenaga kumparan-kumparan dan intinya di rendam dalam minyak transformator terutama transformator-transformator tenaga yang berkapasitas besar, karena minyak trafo mempunyai sifat sebagai media pemindah panas (disirkulasi) dan bersifat pula

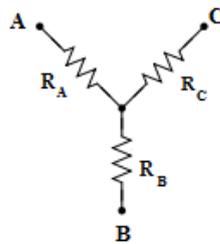
sebagai isolasi (daya tegangan tembus tinggi), sehingga minyak transformator tersebut berfungsi sebagai media pendingin dari isolasi.

3. Bushing, hubungan antara kumparan transformator ke jaringan luar melalui sebuah bushing yaitu sebuah konduktor yang diselubungi oleh isolator yang sekaligus berfungsi sebagai penyekat antara konduktor tersebut dengan tangki transformator.
4. Tangki Minyak, pada umumnya bagian-bagian dari transformator yang terendam minyak trafo berada (di tempatkan) dalam tangki, untuk menampung pemuaiian minyak transformator.
5. Kumparan Trafo, beberapa lilitan kawat yang berisolasi membentuk kumparan-kumparan tersebut di isolasi baik terhadap inti besi maupun terhadap kumparan lain dengan isolasi padat seperti karton, pertinax dan lain-lain. Umumnya pada transformator terdapat kumparan primer dan sekunder. Bila kumparan primer dihubungkan dengan tegangan / arus bolak-balik maka pada kumparan tersebut akan timbul fluksi. Fluksi ini akan menginduksikan tegangan dan bila pada kumparan sekunder di hubungkan pada beban maka akan menghasilkan arus pada kumparan ini. Jadi kumparan merupakan sebagai alat transformasi tegangan dan arus.

### **Hubungan Belitan Pada Transformator Daya**

#### 1. Hubungan Bintang (Yy)

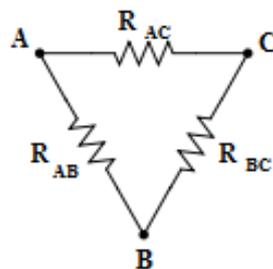
Pada hubungan bintang tiga ujung bersamaan dari ketiga kumparan di hubungkan pada satu titik bintang. Simbol untuk sisi tegangan tingginya adalah Y dengan huruf besar (kapital), dan untuk sisi tegangan rendahnya adalah y dengan huruf kecil.



*Gambar : Lilitan transformator hubungan bintang*

#### 2. Hubungan segitiga (Dd)

Dalam hubungan segitiga tiap ujung kumparan di sambung pada ujung kumparannya, sehingga terbentuk semacam segi tiga ( $\Delta$ ). Simbol D untuk sisi tegangan tinggi dan simbol d untuk sisi tegangan rendah.



*Gambar : Lilitan Transformator hubungan segitiga*

### **Transformator Ideal**

Pada transformator ideal tidak ada arus yang mengalir pada kumparan primer jika tidak ada beban terhubung pada sisi sekunder. Ketika suatu beban terhubung pada sisi sekunder maka akan mengalir arus kumparan sekunder demikian pula pada kumparan primer. Tegangan induksi baik pada sisi primer maupun sisi sekunder adalah sebanding dengan jumlah lilitan masing-masing kumparannya. Secara matematis dapat ditulis dalam rumus :

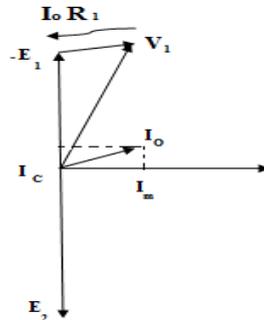
$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s}$$

dengan

$V$  = tegangan (Volt)

$N$  = jumlah lilitan kumparan

Indeks p dan s adalah menyatakan sisi primer dan sekunder



Gambar : Diagram fasor untuk transformator satu fasa dalam kondisi tanpa beban

Keterangan gambar :

$V_1$  = tegangan terminal sisi primer (Volt)

$E_1$  = tegangan induksi sisi primer (Volt)

$E_2$  = tegangan induksi sisi sekunder (Volt)

$I_0$  = arus primer tanpa beban (Ampere)

$I_0R_1$  = tegangan jatuh sisi primer (Volt)

$I_c$  = arus rugi inti sisi primer (Amper)

$I_m$  = arus magnetisasi sisi primer (Ampere)

$\phi_m$  = fluks magnetik maksimum (Weber)

$\cos \phi_0$  = faktor daya tanpa beban

## 2.2. Rele Proteksi Pada Transformator

### A. Pengertian Rele Proteksi

Pengertian rele proteksi secara umum adalah suatu rele yang di gunakan untuk mengamankan peralatan-peralatan listrik terhadap kondisi abnormal (adanya gangguan). Rele proteksi adalah sebuah alat yang bekerja secara otomatis untuk mengatur atau menghubungkan suatu rangkaian listrik (rangkaiannya trip atau alarm) akibat adanya perubahan rangkaian yang lain. Istilah rele paling sering dipakai pada rangkaian listrik, oleh karena itu sering disebut juga dengan rele listrik.

### B. Pembagian lokasi Rele

Menurut pembagian lokasi pengamanan rele proteksi dibagi atas dua kelompok yaitu :

1. Rele proteksi pembangkit
2. Rele proteksi jala-jala atau distribusi

### C. Bentuk Rele Proteksi

Ada dua bentuk rele proteksi yang pokok yaitu elektromagnetik dan semi konduktor (*solid state*). Untuk tujuan-tujuan khusus misalnya proteksi over load di gunakan suatu proteksi termal bimetal. Bentuk-bentuk dasar tipe elektromagnetik antara lain piringan induksi, mangkok industri, armatur berengsel dan aksi plunger. Armatur berengsel dan tipe plunger adalah tipe yang paling sederhana dan bersandar pada penarikan armatur atau plunger akibat suatu gaya elektromagnetik yang dapat di aliri tegangan AC dan DC.

### D. Fungsi Rele dan Peranan Rele Proteksi

Adapun keuntungan penggunaan rele proteksi adalah :

1. Rele-rele digunakan untuk memutuskan suplay pada suatu bagian power sistem yang mengalami gangguan atau operasi tidak normal. Jadi dapat dikatakan bahwa rele memberikan signal

memberikan signal pada circuit breaker untuk segera trip atau mengisolasikan bagian yang terganggu.

2. Rele dapat menunjukkan indikasi tipe gangguan yang terjadi, lokasi gangguan sehingga dapat membantu untuk mencari gangguan dan mempermudah perbaikan.

### 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1. Proteksi Gangguan Pada Transformator <sup>[2],[3]</sup>

##### *Gangguan Internal*

Gangguan internal ini dapat di bagi dalam dua kelompok gangguan, yaitu :

- Gangguan permulaan (*incipient fault*)
- Gangguan permulaan yang berkembang (*through fault*)

##### *Gangguan Eksternal*

- Gangguan Arus Lebih Karena Hubung Singkat (*Short Circuit*)
- Gangguan Arus Lebih Karena Beban Lebih (*Overload*)

#### 3.2. Proteksi Transformator Terhadap Gangguan Arus Lebih

Pada prinsipnya, skema sistem rele proteksi dapat digolongkan menjadi dua jenis, yaitu :

- Sistem rele proteksi utama atau proteksi umum
- Sistem rele proteksi cadangan

#### Rele Arus Lebih

Rele arus lebih merupakan alat proteksi transformator tenaga yang peka terhadap perubahan-perubahan arus listrik yang mengalir. Bilamana besar arus gangguan melampaui batas arus yang telah disetel pada rele arus lebih, maka rele tersebut akan bertindak memberi tanda bahaya atau menggerakkan pemutus daya (*circuit breaker*).

#### Prinsip Kerja Rele Arus Lebih

Prinsipnya, rele arus lebih ini bekerja berdasarkan asas electromagnet, dimana sebuah cakram berputar dan dapat memutuskan kontak penghubung. Rele arus lebih ini terdapat dua komponen yang dapat diatur, yaitu :

- Kumparan kerja (*trip coil*)
- Kumparan penahan (*restraint coil*)

#### Karakteristik Beberapa Rele Arus Lebih

Adapun karakteristik rele arus lebih adalah :

- a. *Definite time*
- b. *Inverse Definite Minimum Time (IDMT)*
- c. *Very Inverse*
- d. *Extremly Inverse*

### 4. PERHITUNGAN DAN ANALISA

#### 4.1. Analisis Proteksi Arus Lebih Pada Transformator <sup>[3]</sup>

##### Data Sistem Proteksi

Sistem proteksi yang digunakan untuk melindungi transformator adalah rele gangguan fasa berupa rele arcs lebih atau OCR (Over Current Relay) dengan spesifikasi :

- Pada sisi tegangan tinggi/sisi primer

$$I_n = 5 \text{ A} \quad I_{\text{setting}} = 0,5 \text{ In}$$

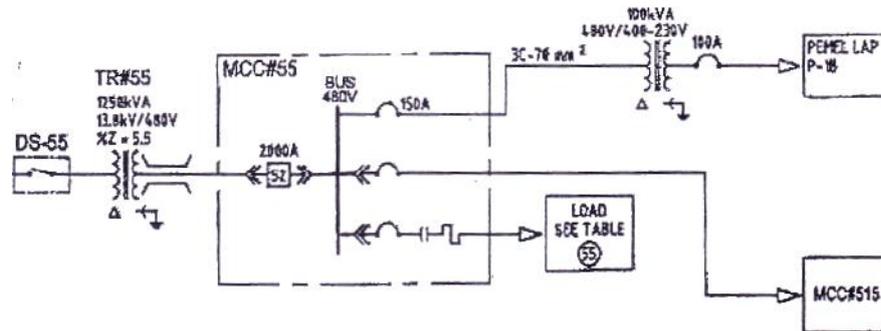
rasio transformasi trafo arus = 400/5 A

- Pada sisi tegangan rendah/sisi sekunder

$$I_n = 5 \text{ A} \quad I_{\text{setting}} = 0,8 \text{ In}$$

rasio transformasi trafo arus = 5000/5 A

## Diagram Hubungan Transformator



Gambar : Line Diagram Transformator

### 4.2. Perhitungan Arus Lebih karena Hubung Singkat

Tabel : Besar arus gangguan karena hubung singkat Pada transformator No. ID TR#55 di PT. Pupuk Sriwidjaja (Persero) Palembang

Sisi Tegangan	Arus Gangguan (kA)		
	1 Fasa ke Tanah	Fasa ke Fasa	3 Fasa
13,8 kV	0,14	0,82	0,95
0,48 kV	3,94	23,68	27,33

### 4.3. Analisis Setting Rele Arus Lebih

a) Sisi tegangan tinggi atau sisi primer

$$\text{Arus nominal} : I_n = \frac{KVA}{\sqrt{3} \cdot KV} = \frac{1250}{\sqrt{3} \cdot 13,8} = 52,30 \text{ A}$$

Arus setting : Berdasarkan persamaan (3.5)

Isc min = arus hubung singkat minimum, dipilih 1,1

berarti  $I_s \text{ rele} = 41,09 \times 400 \times I_n = 0,5 \cdot I_n \approx 0,5 \cdot I_n$

b) Sisi tegangan rendah atau sisi sekunder

$$\text{Arus Nominal} : I_n = \frac{KVA}{\sqrt{3} \cdot KV} = \frac{1250}{\sqrt{3} \cdot 13,8} = 1505,52 \text{ A}$$

Arus Setting : Berdasarkan persamaan (3.5)

Isc<sub>min</sub> = arus hubung singkat minimum, dipilih 1,1

KSF = K<sub>d</sub> = faktor keamanan, dipilih 1,4

$$I_s = \frac{1,1}{K_d} I_n$$

$$I_s = \frac{1,1}{1,4} \times 1503,52 = 1181,34$$

berarti  $I_s \text{ rele} = 1181,34 \times \frac{5}{100} \times I_n = 1,18 \cdot I_n \approx 1,2 \cdot I_n$

Tabel : Perbandingan arus setting rele (I<sub>s</sub>) terpasang dengan hasil perhitungan

Sisi Tegangan	Setting Arus Rele (I <sub>s</sub> )	
	Terpasang	Hasil Perhitungan
13,8 kV	0,5 · I <sub>n</sub>	0,5 · I <sub>n</sub>
0,48 kV	0,8 · I <sub>n</sub>	1,2 · I <sub>n</sub>

Hasil perhitungan setting rele sebesar 0,5 · I<sub>n</sub> sama dengan setting rele yang terpasang yaitu 0,5 · I<sub>n</sub>. Ini artinya bahwa perhitungan setting rele arus lebih pada sisi primer oleh PT. Pupuk Sriwidjaja (Persero) tidak memperhitungkan koordinasi rele dengan bagian / peralatan lain. Ketika terjadi gangguan arus lebih karena hubung singkat pada sisi primer maka rele arus lebih pada transformator langsung bekerja (trip) karena rele arus lebih (OCR) yang digunakan dari jenis *definite time*. Rele lainnya pada bagian / peralatan lain yang juga terkena gangguan akan bekerja sesuai setting waktu yang ditentukan pada rele tersebut, tidak bergantung dari bekerja atau tidaknya rele arus lebih ini.

Adapun waktu kerja maksimum rele arus lebih pada transformator ini dapat diketahui melalui persamaan berikut:

$$t = \frac{\text{capability}}{I_f \text{ pu}}$$

Untuk nilai capability transformator TR#55 adalah sebesar 20. Kapabilitas transformator adalah kemampuan transformator bekerja dengan arus tak normal sebelum terjadinya kerusakan (misal karena hubung singkat, beban lebih, inrush, dan sebagainya).

- Untuk gangguan satu fasa ke tanah

$$I_f (\text{pu}) = 2,62 \text{ pu}$$

$$t = \frac{20}{15,75} = 7,63 \text{ detik}$$

- Untuk gangguan dua fasa ke tanah

$$I_f (\text{pu}) = 2,62 \text{ pu}$$

$$t = \frac{20}{15,75} = 1,27 \text{ detik}$$

- Untuk gangguan fasa ke fasa

$$I_f (\text{pu}) = 15,75 \text{ pu}$$

$$t = \frac{20}{18,8} = 1,10 \text{ detik}$$

Angka-angka waktu tersebut diatas adalah nilai waktu maksimum (paling lambat) rele arus lebih harus bekerja sebelum terjadi kerusakan pada transformator. Misal untuk gangguan dua fasa ke tanah, rele arus lebih harus “melepas” transformator selambat-lambatnya 1,27 detik. Bila rele diset melebihi waktu tersebut sudah dipastikan transformator akan rusak akibat arus lebih bila terjadi gangguan dua fasa ke tanah.

Apabila terjadi gangguan hubung singkat pada sisi beban maka rele arus lebih atau OCR (*Over Current Relay*) pada sisi sekunder transformator akan merasakan adanya gangguan. Sebagian arus gangguan akan mengalir melalui peralatan pentanahan, dalam hal ini untuk TR#55 berupa elektroda batang (pentanahan langsung / solid). Arus gangguan lain yang terdeteksi oleh OCR, bila sudah memenuhi arus pick-up rele, maka rele tersebut akan kontak.

Jika rele OCR gagal mendeteksi arus gangguan, maka rele pada peralatan lain akan kontak. Namun waktu kontak rele lain harus lebih rendah atau sekurang-kurangnya sama dengan kapabilitas transformator TR#55. Bila lebih besar dari nilai waktu perhitungan kapabilitas, sudah dipastikan transformator akan mengalami kerusakan.

Jadi penentuan urutan dan setting rele harus dikoordinasikan dengan rele lain atau peralatan lain dalam sistem.

## 5. PENUTUP

Hasil perhitungan dan analisis yang dilakukan terhadap gangguan arus lebih karena hubung singkat pada transformator distribusi TR#55 di PT. Pupuk Sriwidjaja (Persero) unit P1B dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu :

1. Berdasarkan hasil perhitungan, arus gangguan karena hubung singkat pada transformator TR#55 sebagai berikut :
  - a. Sisi tegangan tinggi atau sisi primer 13,8 kV
    - Gangguan satu fasa ke tanah 0,14 kA
    - Gangguan fasa ke fasa 0,82 kA
    - Gangguan tiga fasa 0,95 kA
  - b. Sisi tegangan rendah atau sisi sekunder 0,48 kV
    - Gangguan satu fasa ke tanah 3,94 kA
    - Gangguan fasa ke fasa 23,68 kA
    - Gangguan tiga fasa 27,33 kA
2. Berdasarkan hasil perhitungan, transformator TR#55 memiliki ketahanan terhadap kondisi kerja tak normal sebelum terjadinya kerusakan sebagai berikut :
  - Untuk gangguan satu fasa ke tanah, paling lama 7,63 detik
  - Untuk gangguan fasa ke fasa, paling lambat 1,27 detik
  - Untuk gangguan tiga fasa, paling lama 1,10 detik

3. Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa, pengaturan (*setting*) rele arus lebih transformator TR#55 diatur sebagai berikut :
  - a. Waktu operasi (*time dial*) 1,1 detik
  - b. Konstanta *setting* arus : 0,5 untuk sisi primer dan 1,2 untuk sisi sekunder
4. Perbedaan *setting* rele menurut perhitungan dengan yang terpasang terjadi karena adanya koordinasi proteksi dengan rele-rele di bagian / peralatan lain

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Anderson, P.M. 1999. *Power System Protection*. New York : IEEE Press.
- [2]. Cekdin, Cekmas. 2007. *Sistem Tenaga Listrik*, Penerbit ANDI, Yogyakarta.
- [3]. Rosidi, Kurnia, 2010. *Pengaruh Pengetanahan Sistem pada Koordinasi Rele Pengaman PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang*. Teknik Sistem Tenaga Jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Surabaya, Indonesia.
- [4]. Hadha Alamajibuwono, 2012.  
[http://www.elektro.undip.ac.id/el\\_kpta/wpcontent/uploads/2012/05/L2F007034MKP.pdf](http://www.elektro.undip.ac.id/el_kpta/wpcontent/uploads/2012/05/L2F007034MKP.pdf) .
- [5]. <http://eprints.polsri.ac.id/1675/2/BAB%20I.pdf>