

**PERHITUNGAN ARUS HUBUNG SINGKAT PADA SALURAN
380 VOLT DI P.T. INDOFOOD PALEMBANG**

Choirul Rizal¹, Haris Fadilah², Arahman³

^{1,2} Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Palembang
e-mail : choirulrizal1962@gmail.com

³Politeknik Negeri Sriwijaya

ABSTRAK

Tranformator Berperan penting dalam system kelistrikan, jika terjadi suatu kegagalan pada transformator daya tidak saja menyebabkan terganggunya kontinuitas dan penyaluran daya kekonsumen, tetapi juga menyebabkan kerusakan pada peralatan listrik tersebut. Hal utama yang menjadi jaminan adalah mutu pelayanan dari suatu sistem tenaga listrik adalah kontinuitas. Kontinuitas pelayanan tenaga listrik ditentukan konstruksi sistem pengamanan proteksi yang ada pada sistem tenaga listrik tersebut. Untuk menetapkan besar nilai arus gangguan dan setting dari rele dipakai sistem simetris untuk menyelesaikan permasalahan tersebut. Dalam skripsi ini dipaparkan masalah pengamanan gangguan hubung singkat pada transformator daya 1,25 MVA 20/0,38 KV sistem Kelistrikan P.T. Indofood Palembang., yaitu pada rele proteksi arus lebih dengan menggunakan sistem simetris, dimana rele ini bekerja berdasarkan adanya kenaikan arus yang melebihi setting. Dengan dipasangnya rele arus lebih maka gangguan yang terasa tersebut dapat segera ditanggulangi, sehingga transformator daya dapat bekerja kembali normal dan kelangsungan penyaluran daya ke sistem P.T. Indofood Palembang menjadi maksimal. dan besar arus gangguan sebesar 7306,21 Amper dan setting waktu 0,949 detik.

Kata Kunci : Pembangkit, Transformator, Arus Gangguan, Alat Proteksi

1. PENDAHULUAN

Energi listrik disalurkan ke pusat-pusat beban melalui suatu sistem transmisi yang jaraknya sangat jauh. Dalam penyaluran energi listrik akan terjadi kondisi tidak normal (gangguan) yang menyebabkan terganggunya kelangsungan pelayanan energi listrik terhadap konsumen. Gangguan yang dimaksud antara lain gangguan hubung singkat yang terjadi pada transformator tenaga..

Transformator adalah suatu alat vital dalam penyaluran tenaga listrik, sebab transformator adalah peralatan yang berperan menyalurkan energi listrik langsung pada konsumen baik untuk tegangan tinggi, tegangan menengah maupun tegangan rendah. Dimana sistem penyaluran tidak menutup kemungkinan akan terjadinya gangguan yang disebabkan oleh bermacam sebab, akibat. Gangguan yang sering terjadi antara lain kawat putus, kerusakan pada pembangkit, gangguan petir pada saluran transmisi dan gangguan hubung singkat.

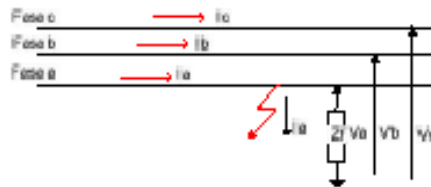
Gangguan-gangguan yang terjadi tersebut jika tidak segera diperbaiki akan dapat merusak peralatan dan sistem tenaga listrikan, seperti generator, transformator dan peralatan listrik lainnya. Maka dari itu perlindungan peralatan sistem tenaga listrik dan bahaya gangguan yang terjadi harus segera diatasi, maka diperlukan sistem pengamanan, yang harus dapat mendeteksi terjadinya gangguan serta membatasi pengaruh-pengaruh lainnya. Dengan adanya sistem pengamanan tersebut maka kontinuitas pelayanan daya listrik terhadap konsumen dapat terjamin. Gangguan-gangguan yang terjadi tersebut jika tidak dengan segera diatasi maka dapat merusak peralatan dan sistem tenaga listrik, seperti generator, transformator dan peralatan listrik lainnya. Dengan adanya gangguan yang tidak dapat diprediksi maka diperlukan suatu peralatan pengamanan (sistem Proteksi) yang tepat dan

dapat diandalkan pada peralatan sistem tenaga listrik serta pengoperasian dan pemeliharaan yang baik. Relai proteksi harus dapat mengenal kondisi abnormal pada sistem tenaga dan melakukan langkah-langkah yang dianggap perlu untuk menjamin pemisahan gangguan dengan kemungkinan gangguan terkecil terhadap operasi normal.^(1,3,4)

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa ke Tanah

Pada gangguan satu fasa ke tanah misal fasa A mengalami gangguan akan menyebabkan kenaikan arus pada fasa A dan drop tegangan di fasa A (menjadi nol) sedangkan arus pada fasa yang lain menjadi nol yang diikuti dengan kenaikan tegangan fasa yang lain (fasa B dan Fasa C tidak sama dengan nol sedangkan arus fasa B sama besarnya dengan fasa C yaitu nol ampere) (Tjahjono, 2000). Gangguan tidak simetris menyebabkan arus tidak seimbang dalam sistem, sehingga dibutuhkan komponen simetris untuk perhitungannya sebagaimana uraian di atas^(3,5,7). Rangkaian gangguan satu fasa ke tanah: Dari persamaan arus untuk gangguan tidak simetris maka diperoleh:



Gambar.1. Gangguan satu fasa ke tanah

Dari persamaan arus untuk gangguan tidak simetris maka diperoleh:

$$I_{a_1} = \frac{1}{3} (I_a + a/b + a^2 I_c)$$

$$I_{a_1} = \frac{1}{3} (I_a + a^2 I_b + a I_c) \dots\dots\dots(1)$$

$$I_{a_1} = \frac{1}{3} (I_a + I_b + I_c)$$

Kondisi di titik gangguan :

$$I_b = I_c = 0$$

$$V_a = 0 \text{ dan } I_a \neq 0$$

$$I_a = \frac{1}{3} (I_a + a I_b + a^2 I_c) \rightarrow I_a = \frac{1}{3} I_a$$

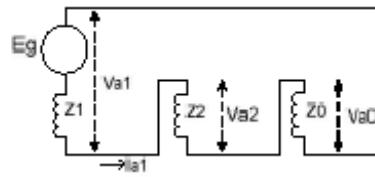
$$I_{a_2} = \frac{1}{3} (I_a + a^2 I_b + a I_c) \rightarrow I_{a_2} = \frac{1}{3} I_a \dots\dots\dots(2)$$

$$I_{a_0} = \frac{1}{3} (I_a + I_b + I_c) \rightarrow I_{a_0} = \frac{1}{3} I_a$$

sehingga

$$I_{a_1} = I_{a_2} = I_{a_0} = \frac{1}{3} I_a \dots\dots\dots(3)$$

Pada gangguan satu fasa ke tanah, rangkaian urutan positif, negatif dan urutan nol terhubung seri, seperti ditunjukkan pada rangkaian di bawah ini.



Gambar.2.Rangkaian urutan pada gangguan satu fasa ke tanah

Dimana :

$$V_{a0} + V_{a1} + V_{a2} = E_a - (Z_0 + Z_1 + Z_2) I_a$$

Mengingat :

$$V_{a0} + V_{a1} + V_{a2} = 0$$

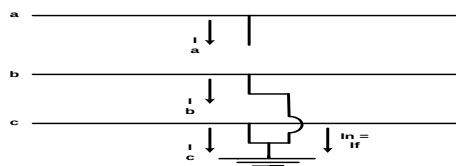
Maka diperoleh :

$$I_{a1} = \frac{E}{Z_0 + Z_1 + Z_2} \dots\dots\dots(4)$$

sehingga

$$I_{a1} = \frac{3xE}{Z_0 + Z_1 + Z_2} \dots\dots\dots(5)$$

2.2. Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa Ke tanah

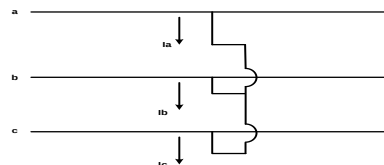


Gambar.3.Rangkaian urutan pada gangguan dua fasa ke tanah

Untuk arus gangguan :

$$I_{f2\phi \text{ ke tanah}} = -3 \frac{V_2}{Z_1 + Z_2 + Z_1 \times Z_0 + Z_2 \times Z_0} E_a \dots\dots\dots(6)$$

2.3. Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa



Gambar.4.Rangkaian urutan pada gangguan tiga fasa

Jika sistem tenaga mengalami gangguan hubung singkat tiga fasa, maka besar arus gangguan dipengaruhi oleh besarnya reaktansi sumber, dan impedansi sistem tenaga. Untuk perhitungan gangguan tiga fasa sistem tenaga, dimana sistem tersebut dianggap simetris^(5,6,7), besarnya arus gangguan adalah:

$$I_{a1} = \frac{Ea}{Z_1} \dots\dots\dots(7)$$

Kondisi awal pada gangguan ini adalah :

$$V_a = V_b, \quad V_c = V_a, \quad I_a + I_b + I_c = 0 \quad \dots\dots\dots(8)$$

Maka arus gangguan menjadi

$$I_{f3\phi} = \frac{Ea}{Z_1} \dots\dots\dots(9)$$

2.4. Setting Kerja Rele Arus Lebih (OCR)

- Menghitung setting arus pada rele arus lebih(2,3,5)

$$I_{Set} = \frac{Kfk}{Kd} \times I_n \times 1/CT \quad \dots\dots\dots(10)$$

Dimana,

- I_{Set} = penyetelan arus
- Kfk = Faktor keamanan (1,1 – 1,2)
- Kd = Faktor perbandingan (0,7 – 0,98)
- I_n = Arus nominal transformator (amper)

$$I_n = \frac{KVA_{base}}{\sqrt{3} \times KV_{base}} \quad \dots\dots\dots(11)$$

Dimana,

- KVA_{base} = Daya dasar sistem (KVA)
- KV_{base} = Tegangan dasar transformator (KV)

- Menghitung setting waktu pada rele arus lebih

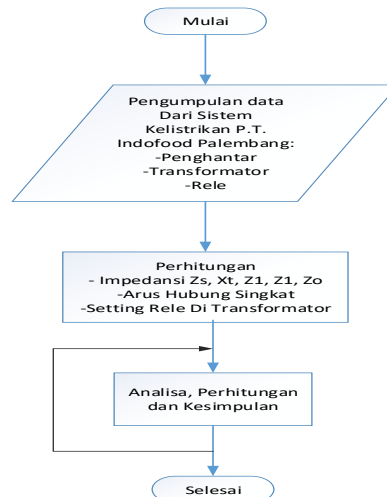
$$T_{ms} = \frac{tx \left| \frac{I_r}{I_{setting}} \right|^{0,02} - 1}{0,14} \quad \dots\dots\dots(12)$$

Dimana,

- T = Waktu setting terpasang pada rele arus lebih (Detik)
- $I_{setting}$ = Setting arus hasil perhitungan (Amper)
- I_r = Arus gangguan pada transformator (Amper)

3. METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian ini penulis melakukan obserpasi pengumpulan data di sistem kelistrikan yang diteliti , melakukan analisa data berdasarkan perhitungan dengan teori yang berhubungan dengan masalah Perhitungan Arus Gangguan hubung singkat pada system, serta menyimpulkan hasil akhir dari penelitian ini.Seperti pada Diagram Alir dibawah ini



Gambar. 5. Diagram Alir

4. ANALISA ARUS GANGGUAN HUBUNG SINGKAT

4.1. Kondisi Kelistrikan P.T. Indofood Palembang

Perhitungan arus gangguan hubung singkat pada Trafo 20 KV/380 V 1250 KVA pada system kelistrikan P.T. Indofood Palembang. dengan panjang saluran dari sisi sekunder Trafo ke sel incoming 380 V 0,20 Kms dan impedansi Trafo sebesar 6,0 %.

4.1.1. Data Genset

Kapasitas	1250 KVA
Tegangan	20 KV
Arus	1899 Amper
Reaktansi	10 %

4.1.2. Data Transformator

Lokasi	P.T. Indofood Palembang
Kapasitas	1250 KVA
Impedansi (%)	7,5 %
Tegangan	20 KV /380 V

4.1.3. Data Saluran

Panjang penghantar 0,2 Km

$Z = (R + j X) \times \text{panjang saluran}$

$X_{\text{saluran}} = 0,3413 \Omega/\text{Km}$

$R_{\text{saluran}} = 0,293 \Omega/\text{Km}$

41

$Z_{\text{saluran}} = (0,293 + j 0,3413) \times 0,20 \text{ Km}$

$Z_{\text{saluran}} = (0,01717 + j 0,06826) \text{ ohm}$

$\text{Impedansi Dasar} = \frac{(KV)^2}{MVA} = \frac{(0,38)^2}{1,25} = 0,81 \text{ Ohm}$

Jadi $Z (\text{pu}) = \frac{0,01717 + j 0,06826}{0,81} = (0,021 + j 0,084) \text{ pu}$

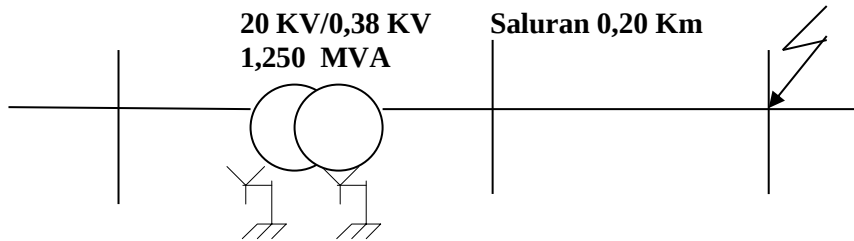
$I_{\text{dasar}} = \frac{1,25 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \times 0,38 \text{ KV}} = 1899,69 \text{ Amper}$

4.1.4. Data Rele Arus Lebih (OCR)

Jumlah : 1

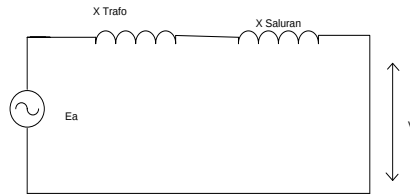
Arus Setting	: 1 Amper
Waktu Setting	: 1 Detik
Rasio CT	: 2500/5A
Kfk (Faktor Keamanan)	: 1,1
Kd (Faktor Arus Kembali)	: 0,95

4.1.4. Perhitungan Impedansi total Dari sistem yang ditinjau :



Gambar. 4.1. Diagram Segaris Sistem di P.T. Indofood Palembang

Dimana Impedansi Trafo adalah :



Gambar 4.2. Reaktansi Urutan Positif, Negatif, Nol

$$Z_{trafo} = 0,075 \left[\frac{KV_{lama}}{KV_{barur}} \right]^2 \left[\frac{MVA_{baru}}{MVA_{lama}} \right]$$

$$= 0,075 \left[\frac{0,38}{0,38} \right]^2 \left[\frac{1,25}{1,25} \right] = j0,075 \text{ pu}$$

$$Z_{total} = Z_{trafo} + Z_{saluran}$$

$$= j0,1 + j0,075 + (0,021 + j0,084)$$

$$= (0,021 + j0,259) \text{ pu}$$

Jadi impedansi urutan positif = impedansi urutan negatif = $(0,021 + j0,259) \text{ pu}$, karena sistem transformator ditanahkan langsung maka impedansi urutan Nol nya adalah sama juga dengan impedansi urutan positif dan negatif.

4.2. Perhitungan Arus Gangguan

Perhitungan besar arus hubung singkat pada transformator daya 1,25 MVA 20/0,38 KV ini, gangguan terjadi pada sisi 0,38 KV. Dengan memasukkan harga-harga impedansi total urutan jala-jala dari sistem maka dapat kita hitung besar arus hubung singkat.

4.2.1. Gangguan Hubung Singkat Satu Fasa, Dua fasa dan Tiga Fasa.

$$I_{hs1\Phi} = \frac{3.E}{Z_1 + Z_2 + Z_o}, \text{ karena trafo ditanahkan langsung maka } Z_1 = Z_2 = Z_o, \text{ maka}$$

$$I_{hs1\Phi} = \frac{3.E}{3.(0,021 + j.0,259)} = \frac{1\angle 0^0}{0,26\angle 85,36^0} = 3,846 \angle -83,36^0 \text{ pu}$$

$$If_{hs1\Phi} = 3,846 \times 1899,69 = 7306,21 \text{ Amper}$$

Arus Gangguan Dua Fasa :

$$\begin{aligned} I_{hs2\Phi} &= \frac{\sqrt{3}.V_f}{Z_1 + Z_2} \\ &= \frac{\sqrt{3}.(1 + j.0)}{(0,021 + j.0,259) + (0,021 + j.0,259)} = \frac{1,73\angle 0^0}{0,520\angle 85,36^0} \\ &= 3,33 \angle -85,36^0 \end{aligned}$$

$$IF_{2\Phi} = 3,33 \times 1899,69 = 6325,92 \text{ Amper}$$

Arus Gangguan Tiga Fasa:

$$I_{hs3\Phi} = \frac{V_f}{Z_1} = \frac{(1 + j.0)}{(0,021 + j.0,259)} = \frac{1\angle 0^0}{0,260\angle 85,36^0} = 3,846 \angle -64,29^0$$

$$IF_{3\Phi} = 3,846 \times 1899,69 = 7306,21 \text{ Amper}$$

4.3.Penyetelan Rele Arus Lebih (OCR)

$$I_{set} = \frac{I_{hs}}{K_s}$$

Dimana,

$$I_{set} = \text{Arus hubung singkat} , K_s = 1,5$$

Setting Gangguan Arus Hubung Singkat Satu Fasa :

$$I_{set} = \frac{I_{hs} 1\Phi}{K_s} = \frac{7306,21}{1,5} = 4870,81$$

$$I_n = \frac{4870,81}{\frac{2500}{5}} = 9,74 \text{ Amper}$$

$$I_{ins tan} = 9,74 . I_n$$

Setting waktu kerja rele arus lebih adalah sebesar : Karena rele di stel pada waktu, $t = 1$ detik, maka pengali waktu (Tms) adalah :

$$\begin{aligned} Tms &= \frac{tx \left| \frac{I_{1\Phi}}{I_{sett}} \right|^{0,02} - 1}{0,14} \\ &= \frac{1x \left| \frac{4870,81}{9,74} \right|^{0,02} - 1}{0,14} \\ &= 0,949 \text{ detik} \end{aligned}$$

Setting Gangguan Arus Hubung Singkat Dua Fasa :

$$I_{set} = \frac{I_{hs} 2\Phi}{K_s} = \frac{6325,97}{1,5} = 4217,31$$

$$I_n = \frac{4217,31}{\frac{2500}{5}} = 8,43 \text{ Amper}$$

$$I_{ins \tan} = 8,43 \cdot I_n$$

Setting waktu kerja rele arus lebih adalah sebesar : Karena rele di stel pada waktu, $t = 1$ detik, maka pengali waktu (Tms) adalah :

$$\begin{aligned} Tms &= \frac{tx \left| \frac{I_{2\Phi}}{I_{sett}} \right|^{0,02} - 1}{0,14} \\ &= \frac{1x \left| \frac{4217,31}{8,43} \right|^{0,02} - 1}{0,14} \\ &= 0,945 \text{ detik} \end{aligned}$$

Setting Gangguan Arus Hubung Singkat Tiga Fasa :

$$I_{set} = \frac{I_{hs} 3\Phi}{K_s} = \frac{7306,21}{1,5} = 4870,81$$

$$I_n = \frac{4870,1}{\frac{2500}{5}} = 9,74 \text{ Amper}$$

$$I_{ins \tan} = 9,74 \cdot I_n$$

Setting waktu kerja rele arus lebih adalah sebesar : Karena rele di stel pada waktu, $t = 1$ detik, maka pengali waktu (Tms) adalah :

$$\begin{aligned} Tms &= \frac{tx \left| \frac{I_{3\Phi}}{I_{sett}} \right|^{0,02} - 1}{0,14} \\ &= \frac{1x \left| \frac{4879,81}{9,74} \right|^{0,02} - 1}{0,14} \\ &= 0,949 \text{ detik} \end{aligned}$$

5. PENUTUP

Dari hasil penelitian dan perhitungan dapat disimpulkan sebagai berikut:
 Dari hasil analisa dan perhitungan terhadap gangguan pada transformator daya 1,25 MVA 20 KV/0,38 KV di Sistem Kelistrikan P.T. Indofood Palembang , besar arus hubung singkat yang terbesar adalah hubung singkat tiga fasa yaitu sebesar 7306.21 Amper dengan setting rele sebesar 0,949 detik

DAFTAR PUSTAKA

1. Abdul Kadir, Prof,Ir Pengantar Teknik Tenaga Listrik, Jakarta. 1983
2. A.E. Fitzgerald, Charles Kingsley,Jr, Stephen D, Umans, Ir, Joko Achyanto, MSc,EE, Mesin-
mesin Listrik, Edisi keempat,Penerbit Erlangga, Jakarta, 1986
3. B.M. Weedy, “**Sistem Tenaga Listrik**”, Aksara PersadaIndonesia, 1978.
4. Dipi. Renaldo Zoro., “**Proteksi Sistem Tenaga**”, Diktat Kuliah bagian 2 ITB, 1987
5. Samiudin. Studi Tentang Pentanahan Saluran Transmisi 500 KV Suralaya-jakarta Tugas Akhir
Mahasiswa ITB. Bandung: 1976.
6. Stevenson, William, D. Jr. Idris Kamal. Analisis Sistem Tenaga Listrik. Edisi Keempat.
Penerbit Erlangga. Jakarta: 1984.
7. Theraja, B.L. Electrical Technology. Schand and Compaby Ltd. New Delhi. 1978.
8. Pabla, AS, dan Abdul Hadi, “ Sistem Distribusi Daya Listrik” Erlangga, Jakarta, 1986
9. Sulasno ,Ir, Teknik dan Sistem Distribusi Tenaga Listrik, Jilid I, Penerbit Universitas
Dipenogoro, Semarang, 1980.