

ANALISIS PROTEKSI TRANSFORMATOR DAYA GARDU INDUK PT. BUKIT ASAM (Persero) Tbk TANJUNG ENIM

Surya Darma^[1], RM Edi Suherman^[2], Obie Juliandra^[3]

suryadarma.st.mt@gmail.com/redisuherman67@gmail.com/obiejuliandra@gmail.com

*Dosen Tetap Prodi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Palembang^{1&2}
Alumni Prodi Teknik Elektro Universitas Palembang³*

ABSTRAK

Sistem proteksi pada transformator daya terhadap gangguan internal dan eksternal di Gardu Induk Muara Bungo, dimana suatu transformator daya merupakan peralatan kelistrikan yang sangat penting dalam sistem penyaluran daya listrik kepada konsumen dan dapat bekerja secara terus-menerus. Mengingat pentingnya fungsi dari transformator daya tersebut maka, transformator daya harus dilengkapi dengan proteksi yang sebaik-baiknya agar kemungkinan kerusakan pada transformator daya yang diakibatkan oleh gangguan-gangguan dapat dihindarkan dan dikurangi sampai pada tingkat yang sekecil mungkin. Data penunjang dalam penelitian ini didapat dari buku-buku referensi, serta melakukan observasi langsung lapangan dimana penelitian ini dilakukan. Pada akhir penelitian, berdasarkan pada hasil analisa dan pembahasan disimpulkan bahwa terdapat sedikit perbedaan antara setting yang terpasang dan setting hasil perhitungan pada proteksi transformator daya terhadap gangguan internal dan eksternal, tetapi perbedaan ini masih dalam batas yang diizinkan dan tidak melebihi setting terpasang maka tidak perlu dilakukan perubahan setting.

Kata Kunci : Transformator, Proteksi, Relay

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Transformator daya merupakan salah satu peralatan listrik yang sangat penting dalam sistem penyaluran daya listrik kepada konsumen dan diharapkan dapat bekerja secara terus-menerus. Saat beroperasi kadang kala transformator ini mengalami berbagai gangguan yang dapat berasal dari dalam maupun dari luar. Gangguan-gangguan yang terjadi dapat mengurangi kontinuitas penyaluran daya listrik dan dapat merusak transformator itu sendiri, oleh karena itu perlu adanya pengamanan yang baik dan memenuhi persyaratan untuk menanggulangi gangguan yang akan timbul.

Mengingat pentingnya fungsi dari transformator daya tersebut, maka transformator daya harus dilengkapi dengan proteksi yang sebaik-baiknya agar kerusakan dapat dihindarkan dan dikurangi sampai pada tingkat yang sekecil mungkin. Peralatan proteksi transformator daya harus memiliki keandalan yang baik, agar peralatan proteksi tersebut mampu untuk melindungi transformator daya dari gangguan-gangguan yang mungkin timbul. Untuk mencapai tujuan tersebut dalam studi ini terlebih dahulu akan dibahas gangguan-gangguan yang terjadi pada transformator daya yakni gangguan yang berasal dari dalam dan gangguan yang berasal dari luar lalu membahas proteksi yang digunakan untuk menanggulangi gangguan-gangguan tersebut.

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisa gangguan yang terjadi pada transformator daya dan sis kerja peralatan proteksi transformator daya dalam hal ini sudah sampai sejauh mana suatu peralatan proteksi tersebut mampu memberikan suatu perlindungan pada transformator daya dari gangguan-gangguan yang terjadi.

1.3. Manfaat Penelitian

Dengan melakukan penelitian ini diharapkan, hasil dari penelitian dapat dijadikan bahan informasi untuk mengetahui proteksi transformator daya Gardu Induk PT. Bukit Asam (Persero) Tbk Tanjung Enim. Dan sebagai bahan untuk mengembangkan ilmu serta pengetahuan yang telah didapati khususnya pada proteksi transformator daya.

1.4. Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada peralatan proteksi yang digunakan pada Gardu Induk agar dapat memberikan perlindungan yang baik pada transformator daya dari gangguan-gangguan yang akan terjadi, sedangkan peralatan proteksi yang dipakai adalah Rele differensial dan Rele arus lebih.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum

Transformator daya merupakan peralatan listrik yang ada di gardu induk yang berfungsi untuk memindahkan daya listrik dari satu rangkaian ke rangkaian lainnya dengan menggunakan prinsip elektromagnetik. Pada prinsipnya transformator daya tiga fasa sama dengan transformator daya satu fasa, perbedaannya adalah seperti perbedaan sistem listrik satu fasa dengan listrik tiga fasa, yaitu mengenal sistem bintang (Y) dan segitiga (Δ). Transformator daya tiga fasa ini dikembangkan dengan alasan ekonomis, biaya lebih murah karena bahan yang digunakan lebih sedikit dibandingkan dengan tiga buah transformator satu fasa dengan jumlah daya yang sama dengan satu buah transformator daya tiga fasa.

2.2. Konstruksi transformator daya biasanya terdiri atas bagian-bagian sebagai berikut

1. Inti atau teras (*core*) yang dilaminasi
2. Dua buah kumparan, yaitu kumparan primer dan sekunder
3. Tangki
4. Terminal
5. Bis kabel (*bushing*)

Berdasarkan letak kumparan terhadap inti, transformator daya terdiri dari dua macam konstruksi, yaitu :

a. Transformator Jenis Inti

Dimana kumparan atau lilitan transformator mengelilingi inti, sedangkan konstruksi dari inti transformator jenis ini umumnya berbentuk huruf L atau huruf U.

- Konstruksi (peletakan) kumparan pada praktiknya diatur saling berhimpitan antara kumparan primer dan kumparan sekunder.
- Kumparan tegangan tinggi diletakkan di sebelah luar karena pertimbangan isolasi tegangan tinggi lebih kompleks mengatasinya dan lebih sering terkena gangguan dibanding dengan tegangan rendah, sehingga jika terjadi kerusakan lebih mudah membuka kumparan tersebut.

b. Transformator Jenis Cangkang

Pada transformator jenis ini kumparan atau belitan transformator dikelilingi oleh inti, sedangkan konstruksi intinya umumnya berbentuk huruf E, huruf I atau huruf F.

2.3. Jenis-Jenis Hubungan Belitan Transformator Daya

Didalam pelaksanaannya, tiga buah lilitan fasa pada sisi primer dan sisi sekunder dapat dihubungkan dalam bermacam-macam hubungan, seperti bintang dan segitiga, dengan kombinasi Y – Y, Y – Δ , Δ – Y, Δ – Δ .

3. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penelitian ini menggunakan metodologi sebagai berikut :

1. Observasi secara langsung kelapangan guna mengetahui tempat akan dilakukannya penelitian sehingga dapat menentukan dan langkah langkah yang akan dilakukan pada saat penelitian, wawancara langsung dengan para stake holder pemangku kebijakan, karyawan dan

karyawati yang terkait langsung dalam penelitian ini sehingga dapat memudahkan memperoleh data data yang diperlukan untuk bahan penelitian.

2. Studi Literatur dimana kita melakukan dan membaca Refrenci buku buku yang ada baik buku cetak maupun buku buku diktat sebagai refrenci pengoperasian alat alat yang ada dengan data data yang sudah tersedia dilapangan,refrenci dari internet sehingga dapat diolah untuk dijadikan objeck penelitian serta dikombinasikan dengan data yang dapat secara langsung tempat object penelitian untuk nantinya selesai penelitian ini dibahas dan dianalisis untuk di publikasikan.

4. HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1. Pembahasan Secara Umum

Pada gardu induk terdapat empat buah transformator daya yaitu :

1. Transformator daya 10 MVA 70/20 kV. Transformator ini mempunyai empat buah penyulang Kemampuan memikul bebannya 288 Ampere, karena kapasitas yang ditransfer dari dua penyulang ini sudah mendekati nilai maksimum.
2. Transfomator daya 5 MVA 70/12 kV. Transformator ini mempunyai 3 buah penyulang penyulang pemakaian sendiri (PS) Kemampuan memikul bebannya 251 Ampere. Transformator ini tidak beroperasi (tidak aktif) dikarenakan Transformator distribusi 12 kV sulit untuk diproduksi. Penyulang dipindahkan pada transformator tiga.
3. Transformator daya 10 MVA 70/12 kV. Transformator inimempunyai empat buah penyulang Kemampuan memikul bebannya adalah 502 Ampere.
4. Transformator daya 10 MVA 70/20 kV. Transformator ini mempunyai 5 buah penyulang penyulang yang beroperasi kemampuan memikul bebannya adalah sebesar 288 Ampere.

4.2. Data Peralatan Terpasang Transformator Daya

a. Data Transformator Daya

Merek	: Hyundai
Kapasitas daya	: 10 MVA
Jumlah Phasa	: 3 Phasa
Frekuensi	: 50 Hz
Tegangan primer	: 70 kV
Tegangan Sekunder	: 20 kV
Pendinginan	: Onaf
Hubungan belitan	: Yyn0

b. DataTransformatorArus

- a) Transformator Arus sisi primer tegangan 70 kVPerbandingan transformator arus : 150 / 5
Sisi primer : 150 A
Sisisekunder : 5 A
- b) Transformator Arus sisi sekunder tegangan 20 kVPerbandingan transformator arus 400 / 5
Sisi primer : 400 A
Sisi sekunder : 5 A

c. Data Proteksi

1.. Data ReleDifferensial

Tipe	: MBCH 12
Merek	: GEC
Frekuensi	: 50 Hz

2.Data ReleArusLebih

Tipe	: MCGG 52
Merek	: GEC
Frekuensi	: 50 Hz

1. Arus Nominal (I_n) Transformator daya sisi primer tegangan 70 kV

$$I_n = \frac{MVA}{kV \cdot \sqrt{3}} = \frac{10 MVA}{70 kV \cdot \sqrt{3}} = \frac{10.000 kV}{70 kV \cdot 1,732} = \frac{10.000 kV}{121,24} = 82,481 \text{ A}$$

2. Arus Nominal (I_n) Transformator daya sisi sekunder tegangan 20 kV

$$I_n = \frac{MVA}{kV \cdot \sqrt{3}} = \frac{10 MVA}{20 kV \cdot \sqrt{3}} = \frac{10.000 kV}{20 kV \cdot 1,732} = \frac{10000}{34,64} = 288,68 \text{ A}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, maka dapat ditentukan besarnya kapasitas transformator arus yang akan dipasang pada sisi primer dan sisi sekunder dari transformator daya. Untuk sisi tegangan tinggi (primer) arus nominal (I_n) dalam perhitungan adalah sebesar 82,481 Ampere, dan berdasarkan standar yang telah ditentukan besarnya kapasitas transformator arus yang mendekati 82,481 Ampere adalah 150 Ampere. Untuk sisi tegangan rendah (sekunder) arus nominal (I_n) dalam perhitungan adalah sebesar 288,68 Ampere, dan berdasarkan standar yang telah ditentukan besarnya kapasitas transformator arus yang mendekati 288,68 Ampere adalah 400 Ampere.

Sedangkan besarnya rating arus untuk sekunder transformator arus pada sisi tegangan tinggi dan sisi tegangan rendah adalah sebesar 5 Ampere. Maka, besarnya arus pada transformator arus yang menuju rele adalah sebagai berikut :

➤ Arus yang masuk ke rele pada sisi primer tegangan 70 kV

$$I_{\text{primer}} = \frac{82,481 \cdot 5}{150} = \frac{412,405}{150} = 2,749 \text{ Ampere}$$

➤ Arus yang masuk ke rele pada sisi sekunder tegangan 20 kV

$$I_{\text{sekunder}} = \frac{288,68 \cdot 5}{400} = \frac{1443,4}{400} = 3,6085 \text{ Ampere}$$

4.3. Perhitungan Impedansi Bocor Transformator Daya

$$X \text{ (p.u)} = X \% \left[\frac{MVA_{\text{base}}}{MVA_{\text{rating}}} \right] \left[\frac{kV_{\text{rating}}}{kV_{\text{rating}}} \right] = 9,45 \% \left[\frac{10 MVA}{10 MVA} \right] \left[\frac{70 kV}{70 kV} \right] = 0,0945 \text{ ohm}$$

4.4. Perhitungan Impedansi Transformator

$$Z_{1T} = Z_{2T} = Z_1 \cdot \frac{V_{d^2}}{S_d} = 9,45 \% \cdot \frac{20^2}{10} = 0,0945 \cdot \frac{400}{10} = 3,78 \text{ ohm}$$

Impedansi transformator urutan positif dan urutan negatif tersebut selanjutnya diubah dengan menggunakan persamaan 3.9.

$$Z_{1T} \text{ (p.u)} = \frac{3,78}{\left(\frac{70 \cdot 20}{70} \right)^2} = j 0,0945 \text{ ohm}$$

Untuk impedansi urutan nol dapat menggunakan persamaan 2.10. sehingga didapatkan sebagai berikut : $Z_{0T} = 10 \cdot Z_{1T} = 10 \cdot 0,0945 = j 0,945 \text{ p.u}$

4.5. Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat Internal

• Arus Gangguan Hubung Singkat 3 Fasa

$$I_{f3\phi} = \frac{V_f}{Z_1} = \frac{1}{0,0945} = 10,582 \text{ A}$$

$$I_{f3\phi} (70 \text{ kV}) = I_{f3\phi} \cdot I_n (70 \text{ kV}) = 10,582 \cdot 82,481 = 872,81 \text{ Ampere}$$

$$I_{f3\phi}(20\text{ kV}) = I_{f3\phi} \cdot I_n(20\text{ kV}) = 10,582 \cdot 288,68 = 3054,81 \text{ Ampere}$$

• **Arus Gangguan Hubung Singkat 2 Fasa**

$$I_{f2\phi} = \frac{Vf}{Z_1 + Z_2} = \frac{1}{0,0945 + 0,0945} = 5,291 \text{ Ampere}$$

$$I_{f2\phi}(70\text{ kV}) = I_{f2\phi} \cdot I_n(70\text{ kV}) = 5,29182,481 = 436,40 \text{ Ampere}$$

$$I_{f2\phi}(20\text{ kV}) = I_{f2\phi} \cdot I_n(20\text{ kV}) = 5,21288,68 = 1527,40 \text{ Ampere}$$

4.6. Perhitungan Arus Gangguan Hubung Singkat Eksternal

1. Arus Gangguan Hubung Singkat 1 fasa Ketanah

$$I_{hs1\phi-t} = \frac{3 \cdot Vf}{Z_1 + Z_2 + Z_0} = \frac{3 \cdot 1}{j0,0945 + j0,0945 + j0,945} = \frac{3}{j1,134} = 3,207 \% <$$

20,70 Ampere.

$$I_{hs1\phi-t}(70\text{ kV}) = I_{hs1\phi-t} \cdot I_{base}(70\text{ kV}) = 3,20782,481 = 264,51 \text{ Ampere}$$

$$I_{hs1\phi-t}(20\text{ kV}) = I_{hs1\phi-t} \cdot I_{base}(20\text{ kV}) = 3,207 \cdot 288,68 = 925,79 \text{ Ampere}$$

2. Arus Gangguan Hubung Singkat Dua Fasa Ketanah

$$I_{hs2\phi-t} = \frac{V}{Z_1 + Z_2 + Z_0 / (Z_2 + Z_0)} = \frac{1,0}{j0,0945 + j0,0945 \cdot j0,945 / (j0,0945 + j0,945)}$$

$$= \frac{1,0}{j0,090} = 1,478 < 47,46 \text{ Ampere}$$

$$I_{hs2\phi-t}(70\text{ kV}) = I_{hs} \cdot I_{base}(70\text{ kV}) = 1,478 \cdot 82,481 = 121,90 \text{ Ampere}$$

$$I_{hs2\phi-t}(20\text{ kV}) = I_{hs} \cdot I_{base}(20\text{ kV}) = 1,478 \cdot 288,68 = 426,66 \text{ Ampere}$$

3. Arus Gangguan Hubung Singkat Tiga Fasa Ketanah

$$I_{hs3\phi-t} = \frac{V}{Z_1} = \frac{1}{0,0945} = 1,0044 < 5,39^\circ \text{ Ampere}$$

$$I_{hs3\phi-t}(70\text{ kV}) = I_{hs} \cdot I_{base}(70\text{ kV}) = 1,0044 \cdot 82,481 = 82,84 \text{ Ampere}$$

$$I_{hs3\phi-t}(20\text{ kV}) = I_{hs} \cdot I_{base}(20\text{ kV}) = 1,0044 \cdot 288,68 = 289,95 \text{ Ampere}$$

4.7. Hasil Pemeriksaan Dan Analisa Masalah

Pengamandifferensialpadaumumnyaterdiridari :Transformatorarus, transformatorarus Bantu, kabel-kabelpenghubung, danreledifferensialdalamkeadaantidakadakesalahn-kesalahn.

➤ Ratio TransformasiTransformatorArus

Dari perhitungan arus nominal di dapat :

$$I_{n\text{ primer}} = 82,481 \text{ Ampere}$$

$$I_{n\text{ sekunder}} = 288,68 \text{ Ampere}$$

Dari hasil tersebut maka pemilihan standar arus pada sisi primer transformator arus harus diambil sedekat mungkin dengan harga arus nominal transformator tersebut agar keseimbangan arus yang disebabkan perbandingan transformasi menjadi sedekat mungkin.

Pemilihan transformator arus sisi primer tegangan 70 kV sebesar 150 Ampere sudah merupakan harga arus yang paling mendekati harga standar. Sedangkan transformator arus sisi sekunder tegangan 20 kV sebesar 400 Ampere juga sangat baik dan mendekati standar yang ditetapkan. Pemilihan ratio 150/5 dan 400/5 sudah memenuhi persyaratan yang diizinkan.

4.8. Perhitungan Setting Rele Arus Lebih

Setting Waktu Kerja Rele Arus Lebih Pada Sisi Primer 70 kV

Dalam perhitungan setting waktu kerja rele arus lebih, diambil arus gangguan hubung singkat yang terbesar yaitu gangguan hubung singkat 3 fasa. Arus gangguan yang terjadi pada sisi primer 70 kV adalah sebesar 872,81 Ampere. Maka arus gangguan yang masuk ke rele adalah :

$$I_f = \frac{5 \cdot 872,81}{150} = 29,09 \text{ Ampere}$$

Karena rele arus lebih dengan arus nominal sebesar 5 Ampere maka didapat setting arusnya sebagai berikut :

$$I_{fr} = \frac{29,09}{5} = 5,818 \text{ Ampere}$$

Dari hasil ini dapat dipilih setting arus yaitu 6 ampere, maka :

$$= \frac{29,09}{6} = 4,848 \text{ Ampere}$$

$$TMS = \frac{5 \cdot 4,848}{150} = 0,1616 \text{ s}$$

Dengan demikian didapat setting kerja rele arus lebih (OCR) pada sisi primer adalah :

$$I_{sett} = 5,818$$

$$t = 0,1616 \text{ S}$$

Setting Waktu Kerja Rele Arus Lebih Pada Sisi Sekunder 20 kV

Arus gangguan yang terjadi pada sisi sekunder 20 kV adalah sebesar 3054,81 Ampere. Maka, arus gangguan yang masuk ke rele adalah :

$$I_f = \frac{5 \cdot 3054,81}{400} = 38,185 \text{ Ampere}$$

Karena rele arus lebih dengan nominal arus sebesar 5 Ampere maka didapat hasil arusnya sebagai berikut :

$$I_{fr} = \frac{38,185}{5} = 7,637 \text{ Ampere}$$

Dari hasil ini dapat dipilih setting arus yaitu 8 Ampere, maka :

$$= \frac{38,185}{8} = 4,773 \text{ Ampere}$$

$$TMS = \frac{5 \cdot 4,773}{400} = 0,059 \text{ s}$$

Dengan demikian didapat setting kerja rele arus lebih (OCR) adalah :

$$I_{sett} = 7,637 \text{ Ampere}$$

$$t = 0,059 \text{ s}$$

5. PENUTUP

1. Berdasarkan hasil perhitungan, besar arus nominal (I_n) pada transformator daya dengan kapasitas 10 MVA adalah arus nominal pada sisi primer 70 kV sebesar 82,481 Ampere dan arus nominal pada sisi sekunder 20 kV sebesar 288,68 Ampere
2. Berdasarkan hasil perhitungan, arus yang masuk menuju ke rele pada sisi primer 70 kV adalah sebesar 2,749 Ampere dan arus yang masuk menuju ke rele pada sisi sekunder 20 kV adalah sebesar 3,6085 Ampere.
3. Peralatan proteksi yang digunakan untuk melindungi transformator daya harus memenuhi persyaratan-persyaratan suatu rele proteksi seperti selektifitas, sensitifitas, keandalan, kecepatan

dan ketepatan kerja untuk melindungi dan mencegah kerusakan pada transformator daya akibat adanya gangguan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Analisis Ketidakseimbangan beban akibat gangguan asimetris terhadap kerja rele gangguan tanah di PT.PLN (PERSERO) Gardu induk Tanjung Enim.
- [2] Moh. Dahlan. Akibat ketidakseimbangan beban terhadap arus netral dan losses pada transformator. Fakultas Teknik Universitas Muria Kudus.
- [3] Pabla,A.S., Abdul Hadi. Ir.1991, Sistem distribusi daya listrik , Jakarta. Cetakan kedua penerbit Erlangga.
- [4] Weddy.B.M.1978 Sistem Tenaga Listrik, Edisi ketiga Penerbit Aksara Persada Indonesia
- [5] Djiteng Marsudi. Operasi Sistem Tenaga Listrik penerbit Graha Ilmu
- [6] Dr.Suyitno M.,M.Pd. Pembangkit Energi Listrik Penerbit Rineka Cipta
- [7] Ir.Muslimin Marappung. Teknik Tenaga Listrik. Armico Bandung