

# STUDI PENGARUH KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN TERHADAP TRANSFORMATOR DISTRIBUSI MA 01 PADA PENYULANG LW 6 GARDU INDUK BAYU

Muhammad Nazar Pahlawan<sup>1</sup>, Maimun<sup>2</sup>, Zamzami<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe

Email: muhammadnazarr@gmail.com<sup>1</sup>, maimun.s210@gmail.com<sup>2</sup>, zamzami@pnl.ac.id<sup>3</sup>

**Abstrak** – 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-elektromagnet. Pada transformator daya sering terjadi ketidakseimbangan beban antara fasa R, S dan T. Hal tersebut dapat menyebabkan timbulnya arus pada titik netral. Arus yang terdapat pada netral ini akan menyebabkan terjadinya rugi-rugi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya ketidakseimbangan beban pada transformator distribusi MA 01 dan untuk mengetahui besarnya rugi-rugi akibat adanya arus netral pada penghantar netral transformator. Hasil yang diperoleh bahwa persentase ketidakseimbangan beban dan pengukurannya sama, yaitu sebesar 5%. Banyaknya rugi-rugi akibat arus yang mengalir pada penghantar netral trafo berdasarkan perhitungan dengan nilai sebesar 11,38% atau 9,108 kW.

**Kata-kata kunci:** ketidakseimbangan, transformator, distribusi, rugi-rugi, arus

## I. PENDAHULUAN

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-elektromagnet.

Transformator terdiri atas sebuah inti, yang terbuat dari besi berlapis dan dua buah kumparan, yaitu kumparan primer dan kumparan sekunder. Penggunaan transformator yang sederhana dan handal memungkinkan dipilihnya tegangan yang sesuai dan ekonomis untuk tiap-tiap keperluan.

Prinsip kerja transformator adalah berdasarkan Hukum Ampere dan Hukum Faraday, yaitu: arus listrik dapat menimbulkan medan magnet dan sebaliknya medan magnet dapat menimbulkan arus listrik.

Pada saat transformator diberi arus bolak-balik, maka jumlah garis gaya magnet berubah-ubah. Akibatnya pada sisi primer terjadi induksi. Sisi sekunder menerima garis gaya magnet dari sisi primer yang jumlahnya juga berubah-ubah. Maka di sisi sekunder juga timbul induksi, akibatnya antara dua ujung terdapat beda tegangan. Sistem akan selalu berusaha untuk menyeimbangkan beban-beban pada saluran 3 fasa agar dapat mengalirkan arus seimbang pada salurannya. Namun dalam mengalirkan tenaga listrik tersebut terjadi pembagian beban yang pada awalnya merata, tetapi karena ketidaksamaan waktu penyalaan beban dari setiap fasa, maka terjadinya ketidakseimbangan beban yang berdampak pada penyediaan tenaga listrik. Ketidakseimbangan beban antara tiap-tiap fasa (fasa R, fasa S, dan fasa T) menyebabkan mengalirnya arus netral transformator *supply* Y. Arus netral tersebut

menimbulkan rugi-rugi pada transformator sehingga kemampuannya dalam melayani beban menurun.

Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh ketidakseimbangan beban terhadap rugi-rugi pada transformator dibutuhkan data penyaluran. Pada penelitian ini, objek pembahasan yang akan dilakukan pada transformator MA 01 yang berada pada penyaluran penyulang LW 6 gardu induk bayu, pemilihan objek didasarkan pada inspirasi yang diberikan dari pihak PT PLN (persero), karena sering terjadi gangguan yang diakibatkan ketidakseimbangan pembebanan transformator yang cukup tinggi. Pada awalnya pembagian beban seimbang, karena waktu melakukan penyambungan baru tanpa melihat kondisi beban suatu fasanya, maka terjadi ketidakseimbangan tersebut.

## II. METODOLOGI

### A. Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan cara melakukan pengukuran langsung menggunakan Tang Ampere dan Earth Tester. Ada beberapa tahapan yang diterapkan dalam melakukan pengumpulan data ini, yaitu:

1. Identifikasi Masalah  
Identifikasi masalah merupakan langkah awal dari kegiatan, yaitu melakukan pengambilan data yang akan digunakan dalam menganalisis data, melakukan perhitungan dan menentukan pengaruh yang terjadi pada objek yang diteliti.
2. Studi literatur  
Studi dalam mencari informasi atau memperoleh keterangan dengan mempelajari buku-buku yang berhubungan dengan topik permasalahan.

3. Pengumpulan Data Materi  
Pengumpulan data materi dilakukan dengan pengambilan data awal di PT PLN (Persero) Rayon Geudong sebagai data yang dibutuhkan dalam penelitian, antara lain :
  1. Data *Single Line Diagram*.
  2. Data Timbangan Beban Trafo.
  3. Data Trafo.
4. Perhitungan  
Perhitungan dilakukan berdasarkan hasil data-data acuan mengenai materi-materi yang diangkat dalam penelitian berikut :
  1. Perhitungan rugi-rugi pada trafo.
  2. Penelitian ketidakseimbangan beban pada Transformator Distribusi MA 01.

**B. Teknik Pengolahan Data**

Setelah pengumpulan data dilakukan di PT. PLN (Persero) Rayon Geudong, seperti data *single line diagram*, data informasi global transformator distribusi, dan data timbangan beban trafo, tahap selanjutnya pengolahan data yang telah didapat sebagai berikut :

1. Penyiapan data yang telah diambil.
2. Pengolahan data hasil perhitungan ketidakseimbangan beban.
3. Analisis hasil pengolahan data untuk menentukan persentase pembenan trafo distribusi.
4. Analisis hasil pengolahan data ketidakseimbangan beban untuk menentukan persentase arus yang mengalir pada penghantar netral trafo.

**C. Metode Analisa Data**

Metode analisa data yang penulis lakukan adalah metode simetris. Metode simetris adalah suatu analisa yang bertujuan dalam memecahkan suatu persoalan seperti pada jaringan berfasa yang berstatus beban tidak seimbang. Kamal Idris (1983:260) mengatakan bahwa pada keadaan tegangan dan arus yang simetris, tidak akan ada arus yang mengalir pada penghantar netral. Oleh karena itu ketiga fasanya simetris.

**III. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Transformator distribusi merupakan alat yang memegang peranan penting dalam sistem distribusi listrik. Transformator distribusi digunakan untuk membagi atau menyalurkan arus atau energi listrik dengan tegangan distribusi supaya jumlah energi yang terbuang dan hilang sia-sia pada penyaluran listrik tidak terlalu banyak.

Pada transformator distribusi 100 KVA di Desa Meuria Bluek yang berfungsi untuk menyalurkan energi listrik dan membagikan pada setiap rumah yang ada pada kawasan tersebut. Dengan adanya perubahan kondisi pembebanan trafo distribusi pada area tersebut, maka perhitungan persentase ketidakseimbangan beban

harus dilakukan, karena ketidakseimbangan beban pada trafo akan mengakibatkan rugi-rugi secara teknis.

Rugi-rugi yang diakibatkan ketidakseimbangan beban pada trafo distribusi yaitu rugi-rugi akibat adanya arus netral pada penghantar netral dan rugi-rugi akibat netral yang mengalir ke tanah (ground).

Pada bab ini akan dibahas salah satu rugi-rugi yang disebabkan oleh arus netral sebagai akibat dari pembebanan yang tidakseimbang di setiap fasa.

Pengaruh ketidakseimbangan beban pada trafo menyebabkan mengalirnya arus pada penghantar netral dan pada penghantar pentanahan.

Oleh sebab itu, untuk mengetahui nilai ketidakseimbangan beban antara tiga fasa tersebut harus dilakukan teknik perhitungan.

**A. Data Teknik Transformator Distribusi**

Pada pengujian ini dilakukan pengambilan data teknis trafo dengan cara melakukan survey lapangan. Survey lapangan dilakukan sesuai dengan instruksi dan safety dari pihak PT PLN (Persero) Rayon Geudong. Tabel 1 adalah data yang didapatkan pada plat nama transformator distribusi.

Tabel I  
Data Teknis Transformator Distribusi

Daya (KVA)	PHS Ø	Arus (A) High Voltage	Arus (A) Low Voltage	Tegangan (kV) High Voltage	Tegangan (V) Low Voltage
100	3	2,9	144	20	400
Jenis Penampang (mm <sup>2</sup> )					
Kabel Induk			Out Going		
4 × 50			NYFGBY 4 × 25 mm <sup>2</sup>		

Ukuran kabel untuk penghantar kabel induk trafo adalah 4×50 mm<sup>2</sup> dengan R = 0,387 Ω/km. Sedangkan untuk kabel 4 penghantar Out Going, yaitu 3 fasa dan 1 netral digunakan kabel NYFGBY 4×25 mm<sup>2</sup> dengan Resistansi 0,727 Ω/km. Diketahui panjang kabel NYFGBY yaitu 0,95 km, maka  $R = \frac{0,727 \Omega/km}{0,95 km} = 0,765 \Omega$ . Pada tabel penghantar out going terdapat 3 kabel perfasanya dan 3 kabel untuk penghantar netral. Hal ini berfungsi sebagai pembagian arus beban trafo menuju panel utama tegangan rendah (400 V). Cara ini digunakan sebagai safety. Apabila terjadi peningkatan pembebanan trafo, maka kabel masih mampu melayani arus karena kuat hantar arus kabel belum mencapai batas maksimal, sehingga mampu melayani hingga mencapai nilai arus beban penuh trafo. Datasheet kabel NYFGBY seperti pada Tabel 2.

Berdasarkan tabel tersebut dapat dilihat bahwa kabel NYFGBY ukuran 4×25 mm<sup>2</sup>, yang ditempatkan di tanah mampu menghantarkan arus hingga 134 A per kabel. Jika konstruksi kabel digunakan Desa Meuria Bluek MA 01 menggunakan 3 kabel tiap fasanya, berarti total kemampuan kuat hantar arus menjadi  $134 \times \sqrt{3} = 232$  A. Nilai tersebut sangat aman digunakan karena arus beban penuh pada trafo distribusi 100 kVA.

Tabel II  
Data Kelistrikan Kabel NYFGBY

Size M <sup>2</sup>	DC Resistance at 20°C		Current carrying Capacity at 30°C		Conductor short Circuit Current Capacity at :		
	Conductor (Max) Ohm/km	Insulation (Min) M.Ohm. km	In Ground	In Air	0.1 s kA	0.5 s kA	1.0 s kA
1,5	12,1	50	27	21	0,67	0,3	0,21
2,5	7,41		36	29	1,12	0,5	0,36
4	4,61		47	34	1,8	0,8	0,57
6	3,08		59	48	2,69	1,2	0,85
10	1,83		78	66	4,49	2,01	1,42
16	1,15	40	102	90	7,18	3,21	2,27
25	0,727		134	120	11,23	5,02	3,55
35	0,524		160	150	15,72	7,03	4,97
50	0,387	30	187	180	22,34	10,04	7,1
70	0,268		230	230	31,43	14,06	9,94
95	0,193		280	275	42,66	19,08	13,49

B. Data Hasil Pengukuran

Teknik pengumpulan data pada penelitian ini digunakan teknik observasi, yaitu pengumpulan data yang dilakukan dengan sengaja, sistematis mengenai fenomena dan memperlihatkan hasil penelitian secara akurat. Penelitian dilakukan dengan cara turun langsung ke lapangan menjadi partisipan (obsevasi parsitipatif) untuk menemukan dan mendapatkan data yang berkaitan dengan fokus penelitian. Tabel 3 adalah data hasil pengukuran.

Tabel III  
Data Hasil Pengukuran

Fasa	Arus (A)	Cos φ	Daya (KVA)	Pemakaian (%)	I <sub>G</sub> (A)	R <sub>G</sub> (Ω)
R	123	0,8	90,39	90,39	0,2 A	3,2 Ω
S	124	0,8				
T	138	0,8				
N	63	-				

Keterangan:

I<sub>G</sub> (A) : Arus netral yang mengalir ke tanah

R<sub>G</sub> (Ω) : Tahanan pembumian netral trafo

C. Menentukan Arus Beban Terpasang

Arus beban terpasang adalah arus pemakaian trafo yang ditinjau dari sisi tegangan tinggi (primer trafo). Perhitungan arus beban terpasang berdasarkan pada Tabel 3 adalah sebagai berikut :

$$I_{\text{beban terpasang}} = \frac{S}{\sqrt{3}V} = \frac{100 \text{ KVA}}{\sqrt{3} \cdot 20 \text{ KV}} = 2,88 \text{ A}$$

D. Menentukan Arus Beban Penuh

Perhitungan Arus Beban Penuh (*full load*) berdasarkan pada Tabel 3 adalah sebagai berikut :

$$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3}V}$$

$$I_{FL} = \frac{100 \text{ KVA}}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V}} = 144,33 \text{ A}$$

E. Menentukan Persentase Pembebanan

Untuk menentukan rata-rata persentase pembebanannya, terlebih dahulu kita hitung persentase pembebanan perfasa sebagai berikut :

$$\%b = \frac{I_m}{I_n} \times 100\%$$

dengan I<sub>R</sub> = 123 A, I<sub>S</sub> = 124 A, dan I<sub>T</sub> = 138 A.

$$\%b_R = \frac{123}{144} \times 100\% = 85\%$$

$$\%b_S = \frac{124}{144} \times 100\% = 86\%$$

$$\%b_T = \frac{138}{144} \times 100\% = 95\%$$

Jadi rata-rata persentase pembebanannya adalah :

$$\% \text{ rata-rata pembebanan} = \frac{\%b_R + \%b_S + \%b_T}{3} = \frac{85 + 86 + 95}{3} = 88,6\%$$

F. Analisa Ketidakseimbangan Beban pada Transformator Distribusi

Pada suatu sistem distribusi tenaga listrik khususnya pada trafo, beban tidak seimbang selalu terjadi dan penyebab ketidakseimbangan tersebut adalah pada beban satu fasa pada konsumen jaringan tegangan rendah.

Berikut ini menjelaskan tentang perhitungan persentase ketidakseimbangan beban pada trafo distribusi. Dengan berdasarkan pada tabel kita dapat menentukan arus-arus sebagai berikut:

$$I_{\text{rata-rata}} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3}$$

$$I_{\text{rata-rata}} = \frac{123 + 124 + 138}{3}$$

$$I_{\text{rata-rata}} = 128 \text{ A}$$

Dengan mengetahui nilai rata-rata arus sekunder, kita dapat mengetahui besarnya koefisien a, b, c dimana besarnya arus fasa dalam keadaan seimbang (I) sama besarnya arus rata-rata (I<sub>rata-rata</sub>).

$$I_R = a \cdot I, \text{ maka : } a = \frac{I_R}{I} = \frac{123}{128} = 0,96 \text{ A}$$

$$I_S = b \cdot I, \text{ maka : } b = \frac{I_S}{I} = \frac{124}{128} = 0,96 \text{ A}$$

$$I_T = c \cdot I, \text{ maka : } c = \frac{I_T}{I} = \frac{138}{128} = 1,07 \text{ A}$$

Pada keadaan seimbang terlihat bahwa koefisien a, b dan c adalah 1. Dengan demikian rata-rata ketidakseimbangan beban (%) sebagai berikut :

Ketidakeimbangan rata-rata

$$= \left\{ \frac{|a-1|+|b-1|+|c-1|}{3} \right\} \times 100\%$$

$$= \left\{ \frac{|0,96-1|+|0,96-1|+|1,07-1|}{3} \right\} \times 100\%$$

$$= \left\{ \frac{(0,04)+(0,04)+(0,07)}{3} \right\} \times 100\%$$

$$= 5\%$$

#### G. Analisa Rugi-rugi Akibat Adanya Arus Netral pada Penghantar Netral

Berdasarkan pada Tabel 3 diketahui panjang kabel penghantar netral 0,95 km dengan nilai  $R_N = 0,765 \Omega/\text{kabel}$ . Pada penghantar netral mempunyai 3 kabel penghantar, jadi  $R_N = 0,765 \Omega / \text{kabel} \times 3 = 2,295 \Omega$ . Rugi-rugi akibat adanya arus netral pada penghantar netral trafo dapat dihitung besarnya yaitu :

$$P_N = I_N^2 \cdot R_N$$

$$P_N = (63)^2 \times 2,295 = 9108 \text{ watt} \approx 9,108 \text{ kW}$$

Dengan daya aktif trafo (P):

$$P = S \times \cos \phi, \text{ dengan } \cos \phi = 0,8.$$

$$P = 100 \times 0,8 = 80 \text{ kW}.$$

Sehingga persentase rugi-rugi akibat adanya arus netral pada penghantar netral trafo adalah :

$$\%P_N = \frac{P_N}{P} \times 100\%$$

$$\%P_N = \frac{9,108 \text{ kW}}{80 \text{ kW}} \times 100\% = 11,38\%$$

#### H. Analisa Rugi-rugi Akibat Adanya Arus Netral yang Mengalir ke Tanah

Berdasarkan pada Tabel 3, Rugi-rugi akibat adanya arus netral yang mengalir ke penghantar pentanahan trafo ( $I_G$ ), yaitu :

$$P_G = I_G^2 \times R_G$$

$$P_G = (0,2)^2 \times 3,2 = 0,128 \text{ Watt} \approx 0,000128 \text{ kW}$$

Sehingga Persentase rugi-rugi akibat adanya arus netral yang mengalir ke tanah adalah :

$$\%P_G = \frac{P_G}{P} \times 100\%$$

$$\%P_G = \frac{0,000128 \text{ kW}}{80 \text{ kW}} \times 100\% = 0,00016 \%$$

## IV. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan di atas, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Besarnya ketidakseimbangan pada transformator dapat diperoleh dengan mengetahui arus sekunder trafo, dengan demikian dapat ditentukan nilai arus

tiap-tiap fasa. Persentase ketidakseimbangan beban sesuai dengan perhitungan diperoleh sebesar 5%.

2. Besarnya rugi-rugi akibat arus yang mengalir pada penghantar netral trafo berdasarkan perhitungan dengan nilai sebesar 11,38 % atau 9,108 kW.

## REFERENSI

- [1] Edy julianto. 2007. Melakukan studi pengaruh ketidakseimbangan pembebanan transformator distribusi 20 KV PT.PLN (PERSERO) Cabang Pontianak.
- [2] Hariansyah, Muhammad. 2005. melakukan setudi kasus dengan judul teknik pemeliharaan tranformator distribusi pada gardu tiang portal.
- [3] Idris, Kamal. 1983. Analisa Sistem Tenaga Listrik Edisi Keempat. Jakarta Erlangga.
- [4] Muhamad Rifqi, Karnoto. 2010. Operasi Dan Pemeliharaan Jaringan Distribusi Tegangan Menengah 20 Kv. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Semarang.
- [5] Nasrul Harum. 2013. Transformer Recondition in order to overcome Reduction of Insulation Performancein Distribution Transformer 20 kV. Politeknik Negeri Padang.
- [6] Setiadji. 2006. Melakukan studi pengaruh ketidakseimbangan beban terhadap arus netral dan losses pada trafo distribusi. Jurusan Teknik Elektro, Universitas Kristen Petra.