

ANALISIS KETIDAKSEIMBANGAN TRANSFORMATOR UNTUK IDENTIFIKASI BEBAN LEBIH GARDU E308

Muhammad Abdul Latif^{*1)}, Dian Budhi Santoso²

^{1,2}Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang

^{1,2}Jl. HS Ronggo Waluyo, Puseurjaya, Kec. Telukjambe Tim., Kabupaten Karawang, Jawa Barat 41361

email: ¹ Muhammad.abdul1707@student.unsika.ac.id, ² Dian.budhi@ft.unsika.ac.id

Abstract – A common disruption to power distribution channels is a load imbalance caused by the customer's one phase low voltage network load. Imbalances that occur in transformers can result in the quality of low electric power, thus affecting the quality of the electric power distribution system, therefore it necessary to equalize the load between the distribution transformer phases. The purpose of this writing is to determine the percentage of loading and load imbalance of the distribution transformer, so that the disruptions that occur in the distribution channel can be overcome. In addition, another goal is to identify more load on the distribution transformer. Based on the results of calculations and simulations, obtained the highest average imbalance percentage result is transformer 1 at night of 21.6%, the percentatse of the value exceeds the standard set by IEEE by 20%. The tiel obtained in the measurement does not indicate any more load on all E308 substation transformers, because the phase current value is less than the nominal current which does not exceed 80% of the standard load limit.

Abstrak – Gangguan yang umum terjadi pada saluran distribusi tenaga listrik ialah ketidakseimbangan beban yang disebabkan karena beban satu fasa jaringan tegangan rendah pelanggan. Ketidakseimbangan yang terjadi pada transformator dapat mengakibatkan kualitas dari tenaga listrik rendah sehingga berpengaruh terhadap kualitas sistem penyaluran tenaga listrik, dengan demikian perlunya pemerataan beban antar fasa transformator distribusi. Tujuan dari penulisan ini adalah untuk mengetahui persentase pembebanan dan ketidakseimbangan beban transformator distribusi, sehingga gangguan yang terjadi pada saluran distribusi dapat diatasi. Selain itu, tujuan lainnya adalah untuk mengidentifikasi beban lebih pada transformator distribusi. Berdasarkan hasil perhitungan dan simulasi, didapatkan hasil persentase rata-rata ketidakseimbangan tertinggi adalah trafo 1 pada malam hari yaitu sebesar 21,6%, persentase nilai tersebut melebihi standar yang telah diatur oleh IEEE sebesar 20%. Adapun hasil yang didapat pada pengukuran tidak menunjukkan adanya beban lebih pada semua transformator gardu E308, karena nilai arus fasa kurang dari arus nominal yaitu tidak melebihi 80% dari standar batas beban lebih.

Kata Kunci – Ketidakseimbangan, pembebanan, beban lebih.

I. PENDAHULUAN

Dewasa ini, listrik menjadi salah satu kebutuhan primer yang merupakan tumpuan utama dalam setiap kegiatan yang dilakukan dimasyarakat umum. Selaras dengan meningkatnya jumlah penduduk terutama dikota-kota besar berbanding pula dengan jumlah pemakaian energi tenaga listrik terutama pada pelanggan jaringan tegangan rendah.

Pemakaian listrik yang tidak merata terjadi pada pelanggan jaringan tegangan rendah (JTR) mengakibatkan terjadinya ketidakseimbangan beban pada transformator distribusi [1]. Ketidakseimbangan beban ini disebabkan karena adanya pola penyebaran antara beban tiga fase dimana koneksi yang terjadi tidak memperhitungkan beban besar pada setiap fase akan menghasilkan distribusi beban yang tidak merata antara tiga fase dalam sistem distribusi sekunder [3].

Analisa pembebanan transformator distribusi ini memiliki tujuan untuk mengidentifikasi beban lebih yang diakibatkan oleh beban tidak seimbang yang sesuai dengan standar. Tujuan utama dari proses penelitian ini adalah untuk mengetahui persentase pembebanan dan ketidakseimbangan beban transformator distribusi. Selain itu, tujuan lain dari penelitian adalah untuk mengidentifikasi beban lebih pada transformator distribusi. Penulis memilih studi kasus ketidakseimbangan beban transformator, yang analisisnya dibatasi pada kasus menghitung ketidakseimbangan transformator serta mengetahui persentase ketidakseimbangannya.

II. PENELITIAN YANG TERKAIT

Pada penelitian ini terdapat beberapa rujukan dari penelitian terkait atau penelitian terdahulu yang dijadikan sumber acuan. Adapun penelitian terkait tersebut yaitu sebagai berikut:

1. Pada penelitian yang dilakukan oleh J. Ohoiwutun, dkk. [5] yaitu analisis untuk mengetahui seberapa besar pengaruh rugi-rugi beban terhadap efisiensi transformator pada unit distribusi tenaga listrik.
2. Pada penelitian terkait ini, bertujuan untuk mengetahui pembebanan sebuah Transformator distribusi, kemudian dilakukan pemerataan beban dengan memindahkan fasa beban berat ke fasas yang lebih ringan [7].
3. Penelitian [1] menganalisis sebuah penyulang gardu untuk mengetahui terdapatnya ketidakseimbangan beban sesuai dengan standar IEEE.

III. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini data yang digunakan merupakan sample acak dari hasil pengukuran gardu distribusi yang dilakukan oleh salah satu perusahaan BUMN bidang kelistrikan. Adapun peralatan yang digunakan dalam pengambilan tersebut antara lain, Alat Pelindung Diri (APD),

meliputi helm, sepatu, rompi, dan sarung tangan, Tang Ampere, Multimeter dan, Laptop.

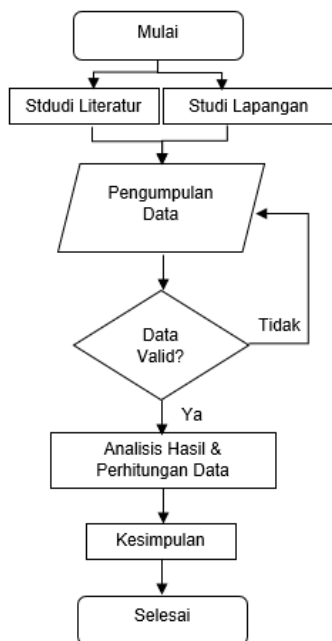
Proses pengambilan data dilakukan bersamaan dengan dilakukannya inspeksi rutin petugas gardu distribusi, yang merupakan kegiatan rutin yang dilakukan untuk melakukan pemeriksaan kelayakan dari unit gardu distribusi. Data yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah hasil pengukuran R, S dan, T dari transformator distribusi, nilai tersebut didapat dari hasil pengukuran pada Papan Hubung Bagi Tegangan Rendah (PHB-TR) yang terhubung pada transformator. Pengukuran dilakukan pada setiap jalur dari PHB-TR tersebut sehingga diapat besar nilai pada R, S dan, T pada tiap jalurnya. Alat yang digunakan untuk mengukur PHB-TR tersebut yaitu menggunakan tang amper.

Adapun transformator yang terdapat pada gardu E308 dapat dilihat pada tabel berikut ini

TABEL I
DATA TEKNIS TRANSFORMATOR GARDU E308

Data	Transformator	
	1	2
Buatan Pabrik	Trafindo	B&D
Tipe	Outdoor	Outdoor
Nomor Seri	10235132	7301990
Daya	630 kVA	630 kVA
Arus	6,8 –359 A	6,8 –359 A
Tegangan Primer	20.000 V	20.000 V
Tegangan Sekunder	400 V	400 V
Hubungan	Dyn5	Dyn5
Impedansi	4%	4%
Fasa	3	3

Dalam prosesnya, penelitian disusun dengan sistematis melalui beberapa tahapan yang dilakukan secara garis besar sebagai berikut:



Gambar I Alur penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Hasil Pengukuran Pembebanan Transformator

Pada pelaksanaannya proses pengukuran beban transformator dilakukan diwaktu yang berbeda yaitu pada

waktu beban puncak (WBP) dan lewat waktu beban puncak (LWBP). Dan berikut adalah data pembebanan transformator.

Tabel II
Data Pengukuran Beban LWBP Trafo 1 Gardu E308

JALUR	Arus Fasa Trafo		
	R(Amp)	S(Amp)	T(Amp)
A	-	-	-
B	115	66	122
C	54	36	54
D	86	48	48
E	84	53	48
F	109	97	113
Jumlah			
Arus Beban per Fasa	I_R	I_S	I_T
	448	300	385

Pada tabel II diatas merupakan data hasil pengukuran trafo 1 gardu e308 yang diambil pada siang hari. Terdapat 6 jalur pada transformator ini, tetapi untuk jalur A tidak terdapat nilai beban dikarenakan jalur tersebut tidak terpakai. Jumlah beban perfasanya terdapat perbedaan yang tidak terlalu signifikan, untuk total fasa R yaitu 448 Amp, pada pasa S berjumlah 300 Amp dan, untuk fasa T yaitu 385 Amp

Tabel III
Data Pengukuran Beban WBP Trafo 1 Gardu E308 WBP

JALUR	Arus Fasa Trafo		
	R(Amp)	S(Amp)	T(Amp)
A	-	-	-
B	184	113	176
C	108	74	107
D	144	89	90
E	99	86	100
F	165	27	169
Jumlah			
Arus Beban per Fasa	I_R	I_S	I_T
	700	389	642

Pada tabel III merupakan data hasil pengukuran trafo 1 gardu e308 yang diambil pada malam hari. Pada malam hari bisa dikatakan sebagai puncak dari penggunaan listrik pada beban, oleh karena itu disebut dengan istilah Waktu beban Puncak (WBP). Jumlah beban perfasanya terdapat perbedaan yang tidak terlalu signifikan, untuk total fasa R yaitu 700 Amp, pada pasa S berjumlah 389 Amp dan, untuk fasa T yaitu 625 Amp.

Tabel IV
Data Pengukuran Beban LWBP Trafo 2 Gardu E308 LWBP

JALUR	Arus Fasa Trafo		
	R(Amp)	S(Amp)	T(Amp)
A	0	0	1
B	150	113	145
C	77	145	99
D	95	88	82
Jumlah			
Arus Beban per Fasa	I_R	I_S	I_T
	322	346	327

Pada tabel IV diatas merupakan data hasil pengukuran trafo 2 gardu e308 yang diambil pada siang hari. Pada siang

hari dikenal dengan LWBP atau lewat beban puncak, karena sudah masuk dimana jumlah pembebanan menurun. Terdapat 4 jalur pada transformator ini, pada jalur A beban R dan S bernilai nol dan untuk nilai T yaitu 1. Jumlah beban perfasanya terdapat perbedaan yang tidak terlalu signifikan, untuk total fasa R yaitu 322 Amp, pada pаса S berjumlah 346 Amp dan, untuk fasa T yaitu 327 Amp.

Tabel V
Data Pengukuran Beban WBP Trafo 2 Gardu E308

JALUR	Arus Fasa Trafo		
	R(Amp)	S(Amp)	T(Amp)
A	0	1	0
B	221	79	264
C	112	184	164
D	138	125	124
Jumlah			
Arus Beban per Fasa	I_R	I_S	I_T
	471	389	552

Pada tabel V merupakan data hasil pengukuran trafo 2 gardu e308 yang diambil pada malam hari. Pada pengukuran malam hari pada trafo 2 ini, untuk total fasa R yaitu 700 Amp, pada pаса S berjumlah 389 Amp dan, untuk fasa T yaitu 625 Amp.

B. Menghitung Persentase Pembebanan Transformator Distribusi

Untuk menentukan persentase pembebanan pada transformator distribusi terlebih dahulu dihitung nilai arus beban penuh.

Diketahui:

S (Daya Semu) = 630 kVA

$V_{\text{phasa-phasa}} = 400 \text{ V}$

$$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3}V} = \frac{630000}{\sqrt{3} \cdot 400} = 909,32 \text{ A}$$

Persentase pembebanan pengukuran siang hari (LWBP) trafo 1.

$$I_{\text{rata-rata}} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3} = \frac{448 + 300 + 385}{3} = 377,66$$

$$\%b = \frac{377,66}{909,32} \times 100\% = 41,53\%$$

Persentase hasil pembebanan yang didapat dari pengukuran malam hari (WBP) trafo 1.

$$I_{\text{rata-rata}} = \frac{700 + 389 + 642}{3} = 577$$

$$\%b = \frac{577}{909,32} \times 100\% = 63,45\%$$

Persentase pembebanan pengukuran siang hari (LWBP) trafo 2.

$$I_{\text{rata-rata}} = \frac{322 + 343 + 327}{3} = 330,66$$

$$\%b = \frac{330,66}{909,32} \times 100\% = 36,36\%$$

Persentase pembebanan pengukuran malam hari (WBP) trafo 2.

$$I_{\text{rata-rata}} = \frac{471 + 389 + 552}{3} = 470,66$$

$$\%b = \frac{470,66}{909,32} \times 100\% = 51,75\%$$

C. Menghitung Ketidakseimbangan Beban Pada Transformator Distribusi

Sebelum menghitung nilai ketidakseimbangan beban tentukan arus rata-rata pada transformator distribusi dahulu sesuai dengan data waktu pengamatan.

Dari hasil perhitungan arus rata-rata yang telah didapat sebelumnya, kemudian nilai dari masing-masing fasa dibagi dengan arus rata, maka untuk menentukan nilai tersebut digunakan koefisien a, b, dan c dengan hasil perhitungan pada trafo 1 LWBP sebagai berikut.

$$a = \frac{I_R}{I_{\text{rata-rata}}} = \frac{448}{377,66} = 1,18$$

$$b = \frac{I_S}{I_{\text{rata-rata}}} = \frac{300}{377,66} = 0,79$$

$$c = \frac{I_T}{I_{\text{rata-rata}}} = \frac{385}{377,66} = 1,01$$

Besar masing-masing koefisien dalam kondisi seimbang akan bernilai 1. Oleh karena itu, dapat diketahui rata-rata untuk mengetahui ketidakseimbangan beban (%) yaitu:

$$= \frac{\{|a-1|+|b-1|+|c-1|\}}{3} \times 100\% = \frac{\{|1,18-1|+|0,79-1|+|1,01-1|\}}{3} \times 100\% = 13,33\%$$

Berikut merupakan rata-rata persentase ketidakseimbangan beban untuk seluruh hail perhitungan pada transformator distribusi pada gardu E308.

Tabel VI
Hasil rata-rata ketidakseimbangan beban transformator distribusi

Trafo E308	Persentase Pembebanan (%)	Rata-rata Ketidakseimbangan beban (%)
Trafo 1 LWBP	41,53	13,33
Trafo 1 WBP	63,45	21,6
Trafo 2 LWBP	36,36	2,6
Trafo 2 WBP	51,75	12

Dapat dicermati dari tabel diatas persentase ketidakseimbangan beban dari masing-masing transformator dengan pengambilan data pengukuran pada 2 waktu yang berbeda, besar persentase pada WBP memiliki ketidakseimbangan yang cukup besar dibandingkan dengan LWBP. Pada trafo 1 WBP rata-rata ketidakseimbangan yang

diperoleh persentasenya melebihi batas toleransi yang telah diatur oleh standar IEEE std. 446 1980. Adapun batasan toleransi yang diatur oleh IEEE yaitu antara 5% sampai dengan 20%.

Ketidakseimbangan beban ini terjadi karena pembagian beban yang tidak merata antar fasa transformator akibat adanya ketidaksamaan waktu penggunaan beban dan kapasitas beban. Dengan demikian diperlukan pemerataan beban terutama pada trafo 1 WBP.

D. Identifikasi Adanya Beban Lebih

Dalam proses identifikasi adanya beban lebih yang terjadi pada setiap fasa transformator distribusi terlebih dahulu dilakukan perbandingan antara arus nominal dengan arus tiap fasa. Maka diketahui arus nominal transformator daya 630 kVA yaitu:

$$S = \sqrt{3} \cdot V \cdot I_n$$

$$S = \text{Daya pada Transformator (kVA)} = 630 \text{ kVA}$$

$$V = \text{Tegangan/voltage Sisi Primer Transformator (V)} = 400 \text{ V}$$

$$630000 = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot I_n$$

$$I_n = \frac{630000}{\sqrt{3} \cdot 380} \times 0,8$$

$$= 727,46 \text{ Amper}$$

Tabel VII

Perbandingan Hasil Identifikasi Beban Lebih Trafo Distribusi Gardu E308

Trafo E308	Arus Fasa Trafo			Arus Nominal 80%	Ket.
	R	S	T		
Trafo 1 LWBP	448	300	385	727,46	IR<In, IS<In, IT<In
Trafo 1 WBP	700	389	642	727,46	IR<In, IS<In, IT<In
Trafo 2 LWBP	322	346	327	727,46	IR<In, IS<In, IT<In
Trafo 2 WBP	471	389	552	727,46	IR<In, IS<In, IT<In

Beban kerja sebuah transformator umumnya ideal sampai 80%. Maka dari Tabel 6 di atas dapat dilihat besar masing-masing arus fasa kurang dari arus nominal sehingga tidak terjadi beban lebih, baik pada Trafo 1 LWBP, Trafo 1 WBP, Trafo 2 LWBP, maupun Trafo 2 WBP

V. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan dan simulasi maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Persentase pembebanan tertinggi adalah Trafo 1 pada malam hari yaitu sebesar 76,02%
2. Pada Trafo 1 WBP rata-rata persentase ketidakseimbangan bebannya sebesar 21,6%, merupakan persentase terbesar dibandingkan dengan Transformator lainnya.
3. Transformator akan mengalami beban lebih satu fasanya apabila semakin besar terjadinya ketidakseimbangan beban, yang diakibatkan salah satu fasa transformator mengalirkan arus yang besar.
4. Hasil yang didapat pada pengukuran tidak terjadi beban lebih pada semua transformator gardu E308, karena nilai arus fasa kurang dari arus nominal yaitu tidak melebihi 80% dari batas beban lebih.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Budiman and A. Munair, "Analisa Beban Transformator Distribusi 3 Fasa Pada Penyulang 13 PT.PLN (Persero) ULK Tarakan," *J. Elektr. Borneo*, vol. 4, no. 2, pp. 17–23, 2018.
- [2] N. Pasra and P. P. Ruswandi, "Pelaksanaan Manajemen Pemeliharaan Gardu Distribusi," *Jurnal SUTET*, vol. 6, no. 2, pp. 1–70, 2016.
- [3] R. Lumbantombing, "Optimasi Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral Dan Rugi-Rugi Pada Transformator Distribusi PT.PLN (Persero) Rayon Belawan," p. 90, 2016.
- [4] Y. Simamora, P. S. M. L. Tobing, K. Kunci, T. Distribusi, and K. Beban, "Analisis Ketidakseimbangan Beban Transformator Distribusi Untuk Identifikasi Beban Lebih Dan Estimasi Rugi-Rugi Pada Jaringan Tegangan Rendah," *Singuda ENSIKOM*, vol. 7, no. 3, pp. 137–142, 2014.
- [5] J. Ohoiwutun, M. Dwiyanto, and T. Sogen, "ANALISIS PENGARUH KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN TERHADAP EFISIENSI TRANSFORMATOR DISTRIBUSI 100 kVA PADA PT.PLN (PERSERO) UNIT AIMAS," vol. 5, no. 2, 2019.
- [6] R. Sutjipto, A. D. Novfowan, and R. Duanaputri, "Studi Perencanaan Peningkatan Kinerja Trafo Distribusi Dengan Relokasi Antara 2 Buah Trafo," *J. Eltek*, vol. 17, no. 2, p. 69, 2019.
- [7] Alimuddin, Suhendar, Herudin, T. Firmansyah, and R. Sachroni, "Analisis Ketidakseimbangan Beban Trafo Distribusi Untuk," *3rd Natl. Conf. Ind. Electr. Electron. Proc.*, pp. 208–213, 2007.
- [8] H. Brahim, *Pengantar Teknik Tenaga Listrik*. Yogyakarta: Andi, 1991
- [9] S. T. Wrahatnolo, *SMK Teknik Distribusi Tenaga Listrik*, Jilid III. Jakarta: Suhadi, 2008.
- [10] Markoni, *Operasi sistem dan pemeliharaan jaringan distribusi tenaga listrik*. Yogyakarta: TEKNOSAIN, 2018.
- [11] A. Aziz, N. Nurdiana, and U. Lathifatun Nisa, "Rugi-Rugi Daya Pada Transformator U . 019," *Jurnal Ampere*, vol. 3, no. 1, pp. 177–182, 2018.