



Pengaruh Beban Non-Linear terhadap Kinerja Transformator pada Jaringan Tegangan Rendah

<u>Syamrilla Dewi</u>	<u>INFO ARTIKEL</u>
Nurafni Fausia.S Universitas Muhammadiyah Makassar Nurafnifausias@gmail.com	ISSN: 3026-3603 Vol. 2, No. 2 Oktober 2024 http://jurnal.ardenjaya.com/index.php/ajst
Antarissubhi Universitas Muhammadiyah Makassar Antarissubhisaid@unismuh.ac.id	
Suryani Universitas Muhammadiyah Makassar Suryani_basir@unismuh.ac.id	

© 2024 Arden Jaya Publisher All rights reserved

Saran Penulisan Referensi:

Fausia. S, N., Antarissubhi., & Suryani. (2024). Pengaruh Beban Non-Linear terhadap Kinerja Transformator pada Jaringan Tegangan Rendah. *Arus Jurnal Sains dan Teknologi*, 2 (2), 407-413.

Abstrak

Transformator adalah salah satu peralatan penting dalam system daya. Transformator berfungsi menyalurkan daya dari satu sisi (primer) kesisi lainnya (sekunder) sesuai dengan level tegangan yang dibutuhkan misalnya untuk menyuplai daya dari jaringan rendah ke beban. Jenis beban sangat mempengaruhi kinerja transformator. Pada zaman yang semakin maju ini, banyak bermunculan beban non linier yang menghasilkan harmonisa pada arusnya. Arus yang mengalir pada transformator yang dibebani non linier tidak berbanding lurus dengan penambahan atau penurunan nilai tegangan atau dapat dikatakan bahwa bentuk gelombang masukan dan keluarannya tidak sama. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif dengan tehnik pengumpulan data melalui observasi, wawancara dan dokumentasi. Pengujian ini dilakukan dengan cara mengukur harmonisa tegangan serta arus keluaran pada transformator 100kVA di fase R, S dan T pada waktu pukul 12.04 WIB di PT. PLN (Persero) ULP Mattoangin. Berdasarkan analisa pada transformator terlihat bahwa THD arus pada transformator melebihi standar sedangkan THD tegangan pada transformator tidak ada yang melebihi standar, sehingga semakin besar pembebanan pada tranformator (80.51%), maka rugi-rugi pada transformator semakin besar dengan nilai pada fase R sebesar 1.03, fase S sebesar 1.04 dan fase T sebesar 1.06 dan THD arus naik (18.2) sehingga melebihi standar (8%) yang telah ditetapkan IEEE 519-1992.

Kata kunci : Transformator, Harmonisa, Beban Non-linear, Rugi-rugi.

Abstract

Transformers are one of the important equipment in the power system. Transformers function to channel power from one side (primary) to the other side (secondary) according to the required voltage level, for example to supply power from a low-load network. The type of load greatly affects the performance of the transformer. In this increasingly advanced era, many non-linear loads have emerged that produce harmonics in their currents. The current flowing in a transformer loaded with non-linear loads is not directly proportional to the increase or decrease in the voltage value or it can be said that the input and output waveforms are not the same. The method used in this study is a quantitative method with data collection techniques through observation, interviews and documentation. This test was carried out by measuring the harmonics of the voltage and output current on a 100kVA transformer in phase R, S and T at 12.04 WIB at PT. PLN (Persero) ULP Mattoangin. Based on the analysis of the transformer, it can be seen that the current THD in the transformer exceeds the standard while the voltage THD in the transformer does not exceed the standard, so that the greater the load on the transformer (80.51%), the greater the losses in the transformer with a value of 1.03 in the R phase, 1.04 in the S phase and 1.06 in the T phase and the current THD increases (18.2) so that it exceeds the standard (8%) set by IEE 519-1992.

Keywords: Transformer, Harmonics, Non-linear Load, Losses.

A. Pendahuluan

Energi listrik merupakan kebutuhan penting bagi kehidupan manusia dan pembangunan nasional. Semua aktivitas dalam kehidupan manusia dilakukan dengan menggunakan energi listrik. Seiring bertambahnya populasi Indonesia, kebutuhan akan energi listrik juga meningkat. Oleh karena itu, kualitas listrik harus lebih diperhatikan dengan baik agar tidak merugikan konsumen.

Perlu diingat juga dengan pemakai energi listrik tidak hanya masyarakat awam saja, perusahaan dan industri merupakan pengguna listrik yang sangat aktif dalam pemakaian dan penggunaan listrik, jadi listrik ini digunakan untuk memberikan energi kepada industri agar dapat berproduksi dengan baik.

Dari segi kualitas daya listrik terbagi menjadi tiga aspek penting yaitu arus, tegangan dan frekuensi listrik. Kualitas daya listrik harus diperhatikan secara matang dalam penyalurannya dari setiap penyimpangan yang terjadi pada ketiga aspek tersebut dapat mengakibatkan kualitas daya listrik dari pembangkitan, transmisi, distribusi sampai ke konsumen. Kualitas daya listrik yang buruk dapat mengakibatkan kegagalan atau kesalahan operasional pada peralatan dalam hal ini peralatan dari PT. PLN maupun konsumen baik dari pembangkitan, transmisi, distribusi sampai ke konsumen. Akan tetapi permasalahan kualitas daya listrik sendiri berasal dari beban yang digunakan oleh konsumen itu sendiri yang menyebabkan PLN kesulitan dalam menjaga kualitas daya listrik. (Susiono, 1999)

Permasalahan kualitas daya listrik yang dipengaruhi oleh beban konsumen disebabkan oleh penggunaan beban non-linier. Beban non-linier merupakan beban yang memiliki karakteristik bentuk gelombang keluaran yang tidak sebanding dengan tegangan pada setiap setengah siklusnya, sehingga bentuk arus dan tegangan keluarannya tidak sama dengan bentuk gelombang masukannya atau mengalami distorsi.

Pada dasarnya energi listrik yang disalurkan ke beban memiliki bentuk gelombang sinusoidal, namun pada kenyataannya terjadi perubahan bentuk gelombang akibat penggunaan beban non-linier. Beban yang tidak terlampi menyebabkan arus yang mengalir pada beban berbeda dengan bentuk gelombang tegangan sinusoidal. Dalam hal ini beban non-linier merupakan perangkat elektronika yang menggunakan perangkat semikonduktor sebagai sakelar, suatu proses yang menyebabkan terjadinya distorsi arus

Pengaruh penggunaan beban nonlinier menyebabkan munculnya harmonisa pada sistem tenaga listrik. Harmonisa ini merupakan gejala terbentuknya gelombang frekuensi tinggi yang merupakan perkalian bilangan bulat dari frekuensi dasar.

Harmonisa ini menyebabkan terjadinya penyimpangan frekuensi arus atau tegangan yang merupakan aspek penting dalam kualitas daya listrik. Harmonisa menyebabkan frekuensi arus dan tegangan menjadi sinusoidal tidak murni dan menjadikan frekuensi yang terbentuk merupakan perkalian harmonik orde ke-n dengan frekuensi dasar sistem dan frekuensi yang terbentuk melekat pada frekuensi dasarnya. Salah satu akibat dari harmonisa ini adalah timbulnya panas pada peralatan listrik.

Transformator distribusi adalah suatu alat pada sistem kelistrikan yang mempunyai fungsi untuk mereduksi tegangan 20 kV menjadi tegangan 380/220 V untuk penggunaan beban. Transformator distribusi dapat terhubung langsung dengan beban-beban non-linear yang langsung oleh konsumen, sehingga dapat menyebabkan transformator distrisbi ini terkena dampat harmonisa secara langsung.

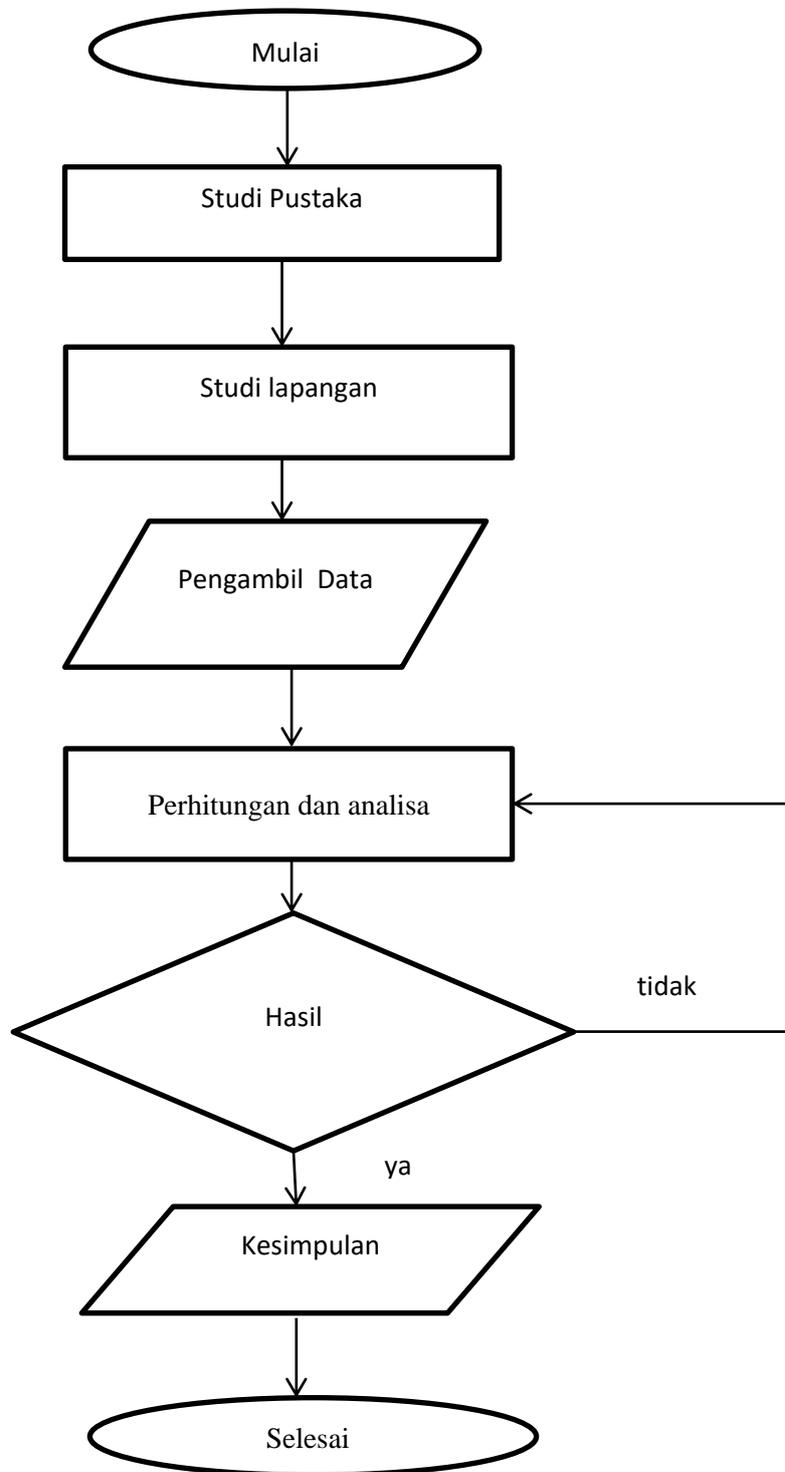
Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui permasalahan yang ada dalam sistem penyaluran tenaga listrik yang khususnya kepada jaringan distribusi tegangan rendah hingga sampai pada konsumen, mengidentifikasi karakteristik dari beban non-linear serta menganalisa dampak beban non-linear yang terjadi pada transfortmator pada jaringan tegangan rendah.

B. Metodologi

Penelitian ini akan dilakukan pada bulan Juli 2024, Lokasi penelitian ini akan bertempat di PT. PLN (Persero) ULP Mattoangin. Metode penelitian yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah metode kuantitatif. Penelitian kuantitatif merupakan pendekatan ilmiah yang mengumpulkan data dan menganalisis data berupa angka atau variabel kuantitatif untuk menjawab pertanyaan penelitian. Tujuan utama dari penelitian kuantitatif adalah untuk mengidentifikasi antara variabel-variabel yang diukur dan mengukur dampak suatu variabel terhadap variabel lainnya.

Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian tentang ini “ Pengaruh Beban Non Linear Terhadap Kinerja Transformator Pada Jaringan Tegangan Rendah” adalah metode observasi, wawancara, dan dokumentasi.

Analisis data pada penelitian ini dilakukan setelah pengumpulan data dari menggunakan data yang diperoleh di lapangan serta data yang diperoleh langsung dari pihak PT. PLN (Persero) ULP Mattoangin yaitu berupa data transformator distribusi, rugi-rugi tranformator. Setelah data teknis yang dibutuhkan telah lengkap, selanjutnya data-data tersebut dianalisis secara kuantitatif. Penelitian ini menggunakan beberapa rumus perhitungan sehingga data yang dihasilkan dari penelitian berupa kesimpulan dari rumusan masalah.



C. Hasil dan Pembahasan

Data pengukuran ini dilakukan pada siang hari pada sisi primer transformator GT MGT002 yang berlokasi pada di Jl, Komp. Samalona dengan singe line sebagai berikut.

Berikut adalah pengukuran harmonisa arus dan tegangan pada transformator 100kVA di fase R, S dan T pada tabel 4.1 pukul 12.04 WIB. Sedangkan untuk pengukuran kandungan harmonisa arus ganjil dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 1 Data hasil pengukuran pada transformator

Fase	Tegangan (V)	Arus (A)	Cos ϕ	VTHD %	IHD %
R	230	155.5	0,85	2.1	12.4

S	230	113.5	0.85	2.4	18.2
T	231	120	0.85	2.4	18.2

a. Perhitungan hasil pengukuran THD_I pada standar IEEE 519-1922 maka dapat diperoleh nilai sebagai berikut:

1. Arus hubung singkat

Keterangan :

$$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3} \times V} = \frac{100000 \text{ VA}}{\sqrt{3} \times 400} = 144.51 \text{ A}$$

$$I_{SC} = \frac{\%Z \times \sqrt{3} \times K_v}{4 \sqrt{3} \times 0.4} = \frac{100 \times 100}{4 \sqrt{3} \times 0.4} = 3612.72 \text{ A}$$

b. Analisa pembebanan pada transformator

$$R = \frac{\text{arus nominal}}{I_{\text{full load}}} = \frac{115,5}{144,51} = 79,93\%$$

$$S = \frac{\text{arus nominal}}{I_{\text{full load}}} = \frac{113,5}{144,51} = 78,55\%$$

$$T = \frac{\text{arus nominal}}{I_{\text{full load}}} = \frac{120}{114,5} = 83,04\%$$

Dari hasil perhitungan diatas dapat disimpulkan bawah pembebanan pada tiap-tiap fase pada transformator distribusi hampir seimbang dengan rata-rata pembebanan ketiga phase yaitu 80.51%.

1. Analisa THD arus

Tabel 3 Analisa THD arus pada transformator

Fase	Pengukuran ITHD (%)	Standar (%)	Melebihi standar/Tidak
R	12.4	8	Melebihi
S	18.2	8	Melebihi
T	18.2	8	Melebihi

Dari tabel di atas dapat dilihat dari bahwa THD arus pada transformator melebihi standar yang telah ditetapkan dalam distorsi harmonisa arus pada tabel 2.1 menurut IEEE 519-1992 standar THD yaitu $I_{sc}/I_l = 20 < 50$, THD (8%) sedangkan yang kita lihat pada tabel 4.4 diatas melebihi batas yang telah ditetapkan.

Analisa THD Tegangan

Tabel 4 Analisa THD tegangan pada transformator

Fase	VTHD pengukuran (%)	VTHD standar (%)	Keterangan
R	2.4	5	Tidak melebihi
S	2.4	5	Tidak melebihi
T	2.4	5	Tidak melebihi

Dari tabel di atas dapat dilihat dari bahwa THD tegangan pada transformator tidak melebihi standar yang telah ditetapkan dalam distorsi harmonisa tegangan pada tabel 2.2 menurut IEEE 519-1992.

c. Analisa pengaruh harmonisa pada transformator

1. Terhadap netral transformator

THD arus urutan nol phasa

$$R = (I_{HD3}^2 + I_{HD9}^2 + I_{HD15}^2)^{1/2} = (10.7^2 + 2.6^2 + 0.7^2)^{1/2} = 11.03\%$$

$$I_{\text{arutan nol R}} = 11.03\% \times I_R = 11.03\% \times 115.5 = 12.74 \text{ A}$$

Tabel 5 Pengaruh THD Arus Harmonisa Pada Transformator

Fase	I _{arutan nol} (A)	THD arus arutan nol (%)
R	12.74	11.03
S	16.44	14.49
T	16.36	13.36
Netral	45.54	38.88

Dari tabel 5 dilihat bahwa arus harmonisa urutan nol pada masing-masing fase saling dijumlah di netral transformator.

2. Analisa rugi-rugi Transformator pada transformator

Dari hasil pengukuran yang telah dilakukan maka perhitungan rugi beban *load loss* (P_{LL}) dalam perunit pada fase R dapat dilihat pada tabel dibawah sebagai berikut:

Tabel 6 Arus Fase R

h	I _h (A)	I _h (pu)	I _h ²	I _h ² x h ²
1	115.5	1.00	1.0000	1.0000
3	12.24	0.12	0.0144	0.1296
5	6.11	0.07	0.0049	0.1225
7	2.77	0.03	0.0009	0.0441
9	0.81	0.03	0.0009	0.0729
11	0.81	0.01	0.0001	0.0121
13	0.69	0.01	0.0001	0.0169
15	1.04	0.01	0.0001	0.0225
Jumlah			1.0214	1.4176

Maka untuk mencari rugi-rugi transformator *Load loss* perunit sesuai dengan rumus yang adap pada (2.12) $P_{LL} = \sum I_h^2 + (\sum I_h^2 + h^2) P_{ER-C} I^2R$ dimana nilai dari P_{ER-C} sesuai tabel (2.3) dengan menggunakan ketetapan 0.01

$$= 1.0214 + 1.41676 \times 0.01$$

$$= 1.03 \text{ pu}$$

Bersadarkan hasil yang telah diperoleh dari untuk mencari hasil kompoen harmonisa perunit pada fase R maka rugi tembaga yang didapatkan mengalami peningkatan sebesar 0.0214 pu dan rugi arus *eddy current* sebesar 0.0042 pu

Tabel 7 Perhitungan Rugi-rugi Perbeban (P_{II}) Dalam Per-unit

Fase	$\sum I_h^2$ p.u	I _h ² x h ²	P _{ERC} (p.u)	PLL (p.u)	Pertambahan I ² R	Pertambahan Eddy Current p.u
R	1.0214	1.4176	0.01	1.03	0.0214	0.0042
S	1.0256	1.4834	0.01	1.04	0.0265	0.0048
T	1.0432	2.104	0.01	1.06	0.0423	0.0010

Dari tabel 4.10 dapat dilihat bahwa semakin tinggi total arus harmonisa pada fase maka semakin tinggi pula rugi-rugi beban (P_{II}), pertambahan I²R dan ertambahan *Eddy Current* p.u.

Bersadarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan dimana rugi-rugi daya transformator akibat beban non-linear membuktikan bahwa komponen-komponen harmonisa turut menyebabkan bertambahnya rugi-rugi daya yang terjadi pada saat transformator bekerja melanyani beban non-linear pada transformator.

Hal ini disebabkan karena diakibatkan oleh bertambahnya rugi-rugi tembaga, rugi-rugi arus eddy current yang selalu terdapat pada transformator pada saat bekerja melanyani beban non-linear. Dibawah ini rangkuman analisa pembebanan standar THD arus dan rugi-rugi pada transformator.

Tabel 8 standar THD arus dan rugi-rugi pada transformator.

Fase	Load	Standar arus (%)	THD arus	THD pengukuran (%)	Rugi-rugi (pu)
R	79.86	8		12.4	1.03
S	78.54	8		18.2	1.04
T	83.30	8		18.2	1.06

D. Kesimpulan

Dari uraian data diatas dengan mencari hasil perhitungan dan dapat dianalisa pada pengaruh beban non linear terhadap harmonisa pada transformator, maka dapat disimpulkan: Berdasarkan analisa yang telah dilakukan pengaruh beban non linear pada kinerja transformator dapat dilihat bahwa THD arus pada transformator melebihi standar yang telah ditetapkan sedangkan THD tegangan pada transformator tiap fase tidak melebihi standar yang telah ditetapkan Sesuai pada tabel 8 semakin besar pembebanan pada tranformator (80.51%), maka rugi rugi pada transformator semakin besar pada fase R nilai yang didapatkan sebesar 1.03 pu, fase S nilai yang didapatkan sebesar 1.04 pu dan untuk fase T nilai yang didapatkan sebesar 1.06 pu dan THD arus naik (18.2) dan melebihi standar (8%) yang telah ditetapkan IEEE 519-1992 Beban non-linear yang dominan pada transformator adalah peralatan elektronik seperti komputer, mesin kopi, printer dan sejenisnya.

E. Referensi

- Arrillaga, J., & Watson, N. R. (2003). Power System Harmonics. In John Wiley & Sons Ltd. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-823346-7.00002-5>
- Boby H. (2014). Beban Non Linear. Diakses pada 20 Mei 2024 <https://repositori.usu.ac.id/handle/123456789/81866>
- Candra Riawan, D., & Soediby, I. (n.d.). Modeling And Analysis of Transformer With Non Linier Load.
- Daniel J Carnovale P.E. (1992). "Standar Harmonisa IEEE 519.
- Darsono, dkk. (2014). Inti Pada Tranformator Transformator. *General Of Jurnal Nuclear And Teknologi*, 7 ;101-110.
- Farel. (2010). Study Perbaikan Faktor Daya Pada Sistem Radikal 20Kv Analisis Menggunakan Etap. *Jurnal Departemen Teknik Elektro. Universitas Sumarta Utara.* <https://repositori.usu.ac.id/handle/123456789/81866>
- Harmonisa, A., & Fadhliyansyah, M. (n.d.). Analisa Perhitungan Rugi-Rugi Transformator Akibat Harminisa.
- Julius Sentosa Setiadji, Tabrani Machmudsyah, Yanuar Isnanto. (2006). Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan Losses pada Transformator Distribusi, *Jurnal Teknik*
- Liklikwati, Y. (2014). *Mesin-mesin Listrik Edisi Pertama*. Penerbit Deepublish.
- M. Rusli. (2009). "Analisis Dan Evaluasi Dampak Harmonisasi Pada Transformer PT PLN (Persero) Penyaluran dan Pusat Beban Sumatra Utara.
- Nugroho, T., & Reza, I. (2022). Analisa Pengukuran Dan Perhitungan Total Harmonic Distortion (THD) Pada Beban Non Linier. *Jurnal Sains & Teknologi*, 12(1), 1-8.
- Sentosa, Dkk. (2006). "Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral Dan Losses Pada Trafo Distribusi". Jawa Timur : PT. PLN (Persero), Julius@Petra.Ac.Id Vol 6 No.1, Maret 2006: 68 - 73
- Susiono. (1999). "Kualitas Daya Listrik (Power Quality)". Surabaya. Program Studi Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh November.
- Venikar, P. A., Ballal, M. S., Umre, B. S., & Suryawanshi, H. M. (2015, June). Transformer incipient inter-turn fault detection based on no-load current harmonic analysis. In *2015 IEEE Eindhoven PowerTech* (pp. 1-5). IEEE.