

Original Article

Analysis Efficiency Performance Capability Transformator

Received 6th December 2022
Accepted 12th December 2022
Published 12th December 2022

Open Access

Susilo 1^a, Mahindra Abhiyaksa 2^a, Mohammad Salman Aji Arwangi 3^a, Angga Firnanda 4^a, M. Alfaqih 5^a, Aryo Bima Pamungkas 6^a, Riski Ade Pradana 7^a, Tubagus Hidayatulloh 8^a

^a Student of Departement Electrical Enginnering, University of PGRI Banyuwangi

* Corresponding E-mail: susilo4017@gmail.com 1*, resiherwinda@gmail.com 2, salmansalmanaji289@gmail.com 3, 071201071201@gmail.com 4, alfaqih2291@gmail.com 5, aryobima37489@gmail.com 6, riskimusik15@gmail.com 7, baqushidayatulloh149@gmail.com 8

Abstract: Step down transformer is a step down voltage from 220 VAC to 12VAC - 32VAC. The output voltage drop is affected by load and efficiency. So this method is carried out to determine the performance of the excell 5A transformer using a 220KΩ load resistor and LED, as well as to obtain the voltage value and load losses to determine the efficiency of the transformer. The test results with a load produce a voltage drop of 3.86V on the secondary, while the transformer without a load produces a voltage drop of 32V. The greater the secondary voltage, the greater the difference between the load and no-load voltages. The value of the secondary voltage is directly proportional to the number of turns for each primary voltage increase. Losses cause potential difference, windings, current and leakage flux. Therefore the transformer is designed so that the power losses that occur are lower and the efficiency produced by the transformer is close to 100%.

Keywords: Electromagnetic Field 1, Transformer 2, Efficiency 3, Performance 4, Faraday 5

Pendahuluan

Praktikum medan elektromagnetik salah satu langkah meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi mahasiswa serta membantu mahasiswa dalam proses pembelajaran untuk membangun fondasi keilmuan medan elektromagnetik dan keilmuan lain yang dipelajari pada tahap lanjut[1]. Pemanfaatan peralatan elektronika saat ini memerlukan peningkatan efisiensi dan teknologi sehingga dapat mengurangi penggunaan energi listrik. Peralatan elektronika pada konsumsi energi rumah tinggal merupakan beban yang dominan terhadap pelayanan pasokan energi listrik[2]. Aplikasi praktisnya dapat ditemukan pada motor listrik, pengeras suara, relay dan sebagainya. Sebatang kawat yang diberikan listrik DC, maka di sekeliling kawat timbul garis gaya magnet yang melingkar disebut medan elektromagnetik. Pemanfaatan efek elektromagnetik telah banyak diteliti pada bidang teknik, diantaranya untuk meningkatkan efisiensi pada pengelasan *Tungsten Inert Gas*

(TIG) merupakan salah satu pengelasan menggunakan sebuah tranformator dengan rangkaian akevalen yang memiliki kelebihan dari berbagai macam proses pengelasan yang membutuhkan kepresisian dan mutu yang baik[3]. Transformator adalah suatu peralatan listrik yang dapat memindahkan dan mengubah energi listrik dari satu atau lebih rangkaian listrik ke rangkaian listrik yang lain. Pada transformator keadaan berbeban, daya yang keluar dari transformator (daya *output* transformator) tidak selalu 100% karena terdapat rugi-rugi pada saat penyaluran ke beban, baik rugi yang disebabkan arus mengalir pada kawat tembaga yang mengakibatkan daya yang keluar (daya *output*) dari transformator ke beban tidak sama dengan daya yang masuk (daya *input*) ke transformator. Oleh karena itu tansformator di desain agar kerugian daya yang terjadi akan mengecil dan efisiensi yang dikeluarkan transformator tersebut mendekati 100%[4]. Penggunaan transformator tidak lepas dari adanya kerugian yang disebabkan oleh pengaruh harmonisa. Pertimbangan harmonisa dan distorsi

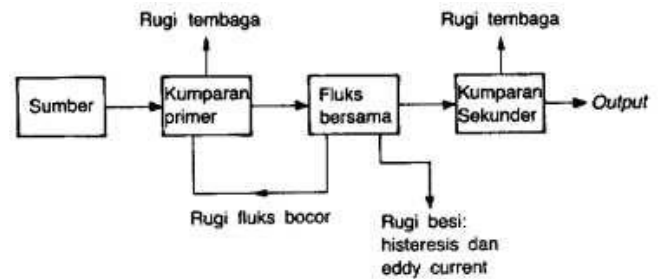
Original Article

gelombang yang terjadi akibat beban reaktif (non linier) memegang peranan yang penting dalam penelitian ini. Harmonisa adalah deretan gelombang arus atau tegangan yang frekuensinya merupakan kelipatan bilangan bulat dari frekuensi dasar tegangan atau arus itu sendiri. Bilangan bulat pengali pada frekuensi harmonisa adalah orde (n) dari harmonisa tersebut. Sebagai contoh, frekuensi dasar dari sistem kelistrikan di Indonesia adalah 50 Hz magnetik di dalam suatu rangkaian bahan penghantar akan menimbulkan tegangan induksi pada rangkaian tersebut (hukum faraday)[6],[7],[8]. Antara sisi primer dan sisi sekunder terdapat penghubung magnetik. Gandengan magnet ini berupa inti besi tempat melakukan fluks bersama. Medan magnet berperan sangat penting sebagai rangkaian proses konversi energi. Melalui medium medan magnet, bentuk energi mekanik dapat diubah menjadi energi listrik, alat konversi ini disebut generator atau sebaliknya dari bentuk energi listrik menjadi energi mekanik, sebagai alat konversi disebut motor. Pada transformator, gandengan medan magnet berfungsi untuk memindahkan dan mengubah energy listrik dari rangkaian primer ke sekunder melalui prinsip induksi elektromagnetik. Dari sisi pandangan elektrik, medan magnet mampu untuk menginduksikan tegangan pada konduktor sedangkan dari sisi pandangan mekanis medan magnet sanggup untuk menghasilkan gaya dan kopel[9].

Metode

Tahap Pengujian dilakukan untuk mengetahui performa dari transformator serta kesesuaian antara performa dengan dasar teori yang sudah diperoleh dari studi literatur. Pengujian yang dilakukan yaitu memberi tegangan sumber 220VAC dan mengukur *output* transformator menggunakan alat ukur multimeter untuk mengetahui beda potensial serta daya *output* transformator dengan beban resistif. Pengujian dilakukan untuk mendapatkan nilai tegangan dan rugi-rugi beban untuk mengetahui efisiensi dari transformator [10].

Journal of Educational Engineering and Environment



Gambar 1. Diagram Blok Rugi-rugi

Efisiensi dan rugi Inti, rugi tembaga pada Transformator menyebabkan panas dan membuat suhu naik, serta menurunkan efisiensi.

1. Rugi Inti (P_i)

Rugi inti besi dibagi menjadi rugi histeresis, dan rugi *eddy current*;

- a. Rugi histeresis, merupakan rugi yang disebabkan oleh fluks bolak-balik pada inti besi. Rugi histeresis dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$P_h = K_h f B_{Maks}^{1,6} watt \quad (1)$$

Dimana,

P_h = rugi histeresis (w/kg)

K_h = konstanta

f = frekuensi (Hz)

B = fluks maksimum (weber)

- b. Rugi *eddy current*, merupakan rugi yang disebabkan oleh arus pusar pada inti besi. Dengan menggunakan material yang semakin tipis itu akan membantu mengurangi besarnya *eddy current*. Laminasi besi yang digunakan biasanya antara 0,35-0,65mm pada 50 Hz. Untuk laminasi tipis pada 400 Hz menggunakan panduan khusus atau *grain oriented* berorientasi. Rugi *eddy current* dinyatakan sebagai berikut.

$$P_e = K_e f^2 B_{Maks}^2 \quad (2)$$

Sehingga, rugi inti besi sebagai berikut.

$$P_i = P_h + P_e \quad (3)$$

2. Rugi Tembaga (P_{cu})

Rugi tembaga merupakan rugi yang disebabkan oleh arus beban yang mengalir pada kawat tembaga. Besar rugi tembaga ini tidak konstan, hal ini karena arus yang mengalir pada beban juga berubah-ubah. Rugi tembaga dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$P_{cu} = I^2 R \quad (4)$$

Transformator juga dibandingkan dan dinilai berdasarkan efisiensinya. Pada transformator daya besar menghasilkan efisiensi yang tinggi sebesar 99,5% untuk pengoperasian normal. Efisiensi tersebut didefinisikan oleh persamaan sebagai berikut.

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (5)$$

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in} + P_{Loss}} \times 100\% \quad (6)$$

Persamaan ini berlaku untuk motor, generator dan transformator, dengan menggunakan rangkaian ekuivalen memudahkan perhitungan efisiensi transformator. Jenis kerugian yang ada pada transformator yaitu:

1. *Chopper (I²R) Losses*. Kerugian ini dicatat oleh resistansi seri di rangkaian ekuivalen.
2. *Hysteresis Losses*, dikaitkan dengan penataan ulang domain magnetik di inti selama setiap setengah siklus. Fungsi nonlinier yang kompleks dari tegangan yang diterapkan pada transformator.
3. *Eddy Current Losses*, adalah rugi-rugi pemanasan resistif dalam inti dari transformator. Sebanding dengan kuadrat dari tegangan yang diterapkan pada transformator.

Untuk menghitung efisiensi transformator pada beban yang diberikan, cukup tambahkan kerugian dari masing-masing resistor. Karena daya keluaran diberikan oleh

$$P_{out} = V_s I_s \cos \theta_s \quad (7)$$

Sehingga efisiensi transformator dapat dinyatakan dengan

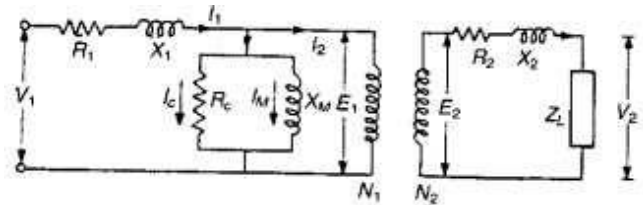
$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{Cu} + P_i + V_s I_s \cos \theta_s} \times 100\% \quad (8)$$

Dimana,

- η = efisiensi trafo
- P_{out} = daya output trafo (w)
- V_s = tegangan sekunder/output (V)
- I_s = arus sekunder/output (A)
- P_{Cu} = rugi tembaga (w)
- P_i = rugi inti trafo (w/kg)

Hasil dan Pembahasan

Untuk menganalisis dan mempermudah perhitungan kerja suatu transformator, diperlukan model rangkaian ekuivalen seperti gambar 3. Berdasarkan gambar, terdapat reaktansi X_1 dan X_2 yang menunjukkan bahwa adanya fluks bocor ϕ_1 dan ϕ_2 . Sedangkan R_1 dan R_2 menunjukkan rugi tahanan.



Gambar 2. Rangkaian Ekuivalen Transformator

Berdasarkan rangkaian di atas dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$V_1 = E_1 + I_1 R_1 + I_1 X_1 \quad (9)$$

$$E_2 = V_2 + I_2 R_2 + I_2 X_2 \quad (10)$$

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} = a \quad (11)$$



Gambar 3. Proses pengukuran transformator

Memprediksi kualitas trafo yaitu menentukan daya keluaran pada sisi sekunder, menimbang berat trafo dan selanjutnya menentukan koefisien berat dengan daya trafonya. Hasil pengujian Trafo *step down* dengan merek *excell* 5A dan frekuensi 50Hz/60Hz. Data hasil pengukuran ditunjukkan pada tabel 1.

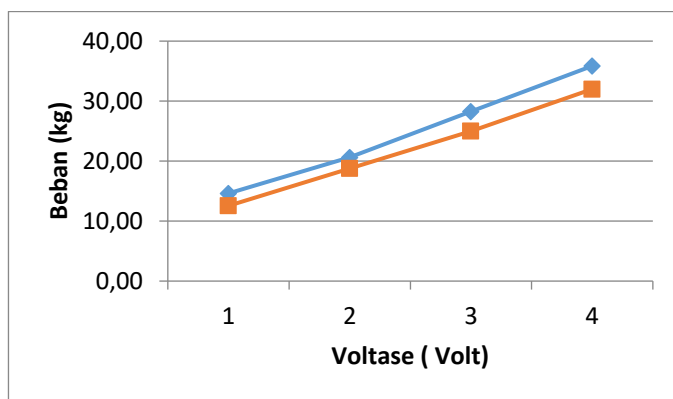
Pengambilan data pengujian dengan menggunakan *supplay* tegangan primer 220VAC, dan tegangan sekunder trafo 12V, 18V, 25V, 32V, dengan beban resistor 220KΩ dan

LED berwanran kuning. Hasil pengukuran tegangan primer terukur 210VAC dengan arus sebesar 2,4A.

Tabel 1. Hasil Pengujian

V Primer	I Primer	V Sekunder	I Sekunder	V Resistor	V Led
210V	2,4A	12,55V	0A	007V	7,62V
210V	2,4A	18,78V	0A	9,55V	11,06V
210V	2,4A	25V	0A	13,41V	14,86V
210V	2,4A	32V	0A	17,22V	18,64V

Hal ini disebabkan oleh adanya toleransi pada jumlah lilitan sehingga tegangan dalam pengukuran lebih besar dari pada tegangan pada data trafo. Hal ini bertujuan agar tidak terjadi kurang tegangan akibat rugi-rugi tembaga dan rugi-rugi inti. Rugi-rugi total (rugi-rugi tembaga ditambah rugi-rugi inti) dapat diketahui dengan menggunakan perbandingan transformasi. Perbedaan pengukuran dan data yang tertera pada transformator tidak terlalu berpengaruh pada kinerjanya dikarenakan tegangan distribusi PLN memiliki rentang antara 110VAC sampai dengan 220VAC.



Gambar 4. Tegangan Sekunder Terhadap Beban

Pengukuran tegangan sekunder tanpa beban mendapatkan hasil yang optimal, penambahan beban mengakibatkan kenaikan tegangan sehingga terjadi selisih tegangan dapat dilihat pada gambar 4, dengan selisih tertinggi sebesar 3,86V. Semakin besar nilai tegangan sekunder berbanding lurus

dengan arus listrik yang mengalir dan berbanding terbalik dengan hambatan. hal ini tidak lepas dengan hukum Kirchof dan hukum ohm. Pengukuran arus listrik sekunder pada tabel sebesar 0A, hal ini disebabkan oleh *short circuit*. Sehingga pembacaan arus pada multimeter nilai arus nya sebesar 0A.

Kesimpulan

Trafo *step down* merupakan penurunan tegangan 220 VAC sampai 12VAC - 32VAC. Penurunan tegangan *output* dipengaruhi oleh beban dan efisiensi. Hasil pengujian dengan beban menghasilkan drop tegangan sebesar 3,86V pada sekunder, sedangkan trafo tanpa beban menghasilkan drop tegangan sebesar 32V. Semakin besar tegangan sekunder, maka selisih tegangan beban dan tanpa beban semakin besar. Nilai tegangan sekunder berbanding lurus dengan jumlah lilitan setiap kenaikan pada tegangan primer. Rugi-rugi menyebabkan beda potensial, lilitan, arus dan fluks bocor. Oleh karena itu transformator didesain agar rugi-rugi daya yang terjadi semakin rendah dan efisiensi yang dihasilkan transformator mendekati 100%.

Daftar Pustaka

- [1] A. Irfan, "Pengembangan Modul Pembelajaran Pada Mata Kuliah Medan Elektromagnetik I di Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Surabaya," *J. Pendidik. Tek. Elektro*, vol. 3, no. 3, pp. 543–551, 2014.
- [2] C. Cholish, R. Rimbawati, and A. A. Hutasuhut, "Analisa Perbandingan Switch Mode Power Supply (SMPS) dan Transformator Linear Pada Audio Amplifier," *CIRCUIT J. Ilm. Pendidik. Tek. Elektro*, vol. 1, no. 2, pp. 90–102, 2017, doi: 10.22373/crc.v1i2.2079.
- [3] A. S. Baskoro, "Peningkatkan Penetrasi Pengelasan pada Las TIG (Tungsten Inert Gas) Menggunakan Pengaruh Medan Elektromagnetik," *J. Tek. Mesin*, vol. 14, no. 1, pp. 7–13, 2013, doi: 10.9744/jtm.14.1.7-13.
- [4] Y. P. Tondok, L. S. Patras, and Fielman Lisi, "Perencanaan Transformator Distribusi 125 kVA," *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 8, no. 2, pp. 83–92, 2019.
- [5] D. Suhantono, "Rancang Bangun Ac Power Supply Satu Fasa Step Down 230v / 12v Dengan Mengoptimalkan Pengurangan Rugi-Rugi Dan Perbaikan Harmonisa," *J. Log.*, vol. 14, no. 2, pp. 75–81, 2014.

- [6] D. Firmansyah and Y. H. P. I. Mila Kusumawardani, "Analisis Pengaruh Dan Jumlah Lilitan Pada Wireless Charger Smartphone Terhadap Daya Output Wireless Charger," *J. JARTEL*, vol. 10, no. 1, pp. 20–25, 2020.
- [7] M. Amirul Haq, M. Rivai, and T. Tasripan, "Rancang Bangun Sistem Pengisian Baterai Nirkabel Menggunakan Mikrokontroler Teensy," *J. Tek. ITS*, vol. 7, no. 2, pp. 368–373, 2018, doi: 10.12962/j23373539.v7i2.31323.
- [8] B. M. Panggabean, H. Halomoan, and N. Purwasih, "Perancangan Sistem Transfer Energi Secara Wireless Dengan Menggunakan Teknik Resonansi Induktif Medan Elektromagnetik," *J. Inform. dan Teknik Elektro Terap.*, vol. 2, no. 2, p. 255, 2014.
- [9] A. P. Harahap, Partaonan, Muhammad Adam, "Analisa Penambahan Trafo Sisi Sisi Distribusi 20 Kv Mengurangi Beban Overload Dan Jumlah Tegangan Pada Trafo Bl 11 Rayon Tanah Jawa Dengan Simulasi Etab 12.6.0," *J. Tek. Elektro*, vol. 1, no. 2, pp. 62–69, 2019.
- [10] T. Nurhana, *Analisis Efisiensi Trafo Toroid Step Down Dengan Menggunakan Material Core Grain Oriented Silicon Steel 0,23 (23pm85) Dan Seng Talang Galvalum*, skripsi. 2022.