



ANALISIS EFISIENSI TRAFU TOROID *STEP DOWN* DENGAN MENGGUNAKAN MATERIAL INTI BESI *SILICON STEEL* DAN GALVALUM

Titik Nurhana¹, Guido Dias Kalandro², Bambang Sri Kaloko³

Program Studi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember

Jl. Kalimantan, Tegalboto No.37, Krajan Timur, Sumbersari, Kec. Sumbersari, Kabupaten Jember, Jawa Timur, 68121

(0331)330224

E-mail: titiknurhana@gmail.com, Guidokalandro89@unej.ac.id, kaloko@unej.ac.id

ABSTRAK

Received :11-06-2022

Accepted :23-08-2022

Published :15-09-2022

Trafo toroid merupakan salah satu jenis trafo yang memiliki bentuk inti bulat seperti donat. Prinsip kerjanya sama dengan trafo pada umumnya yaitu dengan menggunakan prinsip induksi elektromagnetik. Dalam bidang industri, trafo biasa digunakan untuk menaikkan tegangan (*Step Up*) dan menurunkan tegangan (*Step Down*). Trafo jenis toroid memiliki efisiensi yang lebih baik dibanding dengan trafo jenis lainnya karena bentuk inti yang bulat sehingga tidak ada kebocoran fluks magnetik. Efisiensi trafo dipengaruhi oleh lilitan dan material inti besinya. Penelitian mengenai pengaruh lilitan terhadap kinerja trafo telah banyak dilakukan, sehingga penelitian ini membahas tentang pengaruh material inti besi terhadap efisiensi. Material yang digunakan adalah *Grain Oriented Silicon Steel* dan seng talang galvalum. Dari kedua material tersebut, diambil nilai daya yang digunakan untuk membandingkan besar efisiensi yang dihasilkan dengan beberapa variasi beban dari tanpa beban, hingga beban lampu pijar 500 watt.

Kata kunci : Transformator, Step Down, Trafo Toroid

ABSTRACT

A toroidal transformer is a type of transformer that has a round core shape like a donut, the working principle of this transformer is the same as a transformer in general, namely by using the principle of electromagnetic induction. In the industrial sector, transformers are commonly used to increase the voltage (Step Up) and decrease the voltage (Step Down). The toroid transformer has better efficiency than other types of transformers because it has a round core shape so that there is no magnetic flux leakage. The efficiency of the transformer is influenced by the winding and the iron core material. Many researches on the effect of winding on transformer performance have been carried out, so this research discusses the effect of iron core material on efficiency. The materials used are Grain Oriented Silicon Steel and zinc galvalume. From the two materials, data was taken on the power value used to compare the efficiency produced with several variations of load from no load to 500 watt incandescent lamp load.

Keywords: Transformator, Step Down, Toroidal Transformer

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Transformator atau biasa dikenal dengan trafo merupakan perangkat elektromagnetik statis yang mentransfer energi listrik dari satu sirkuit ke sirkuit

lainnya tanpa merubah frekuensi. Dalam bidang industri, trafo biasa digunakan untuk menaikkan tegangan dan menurunkan tegangan.

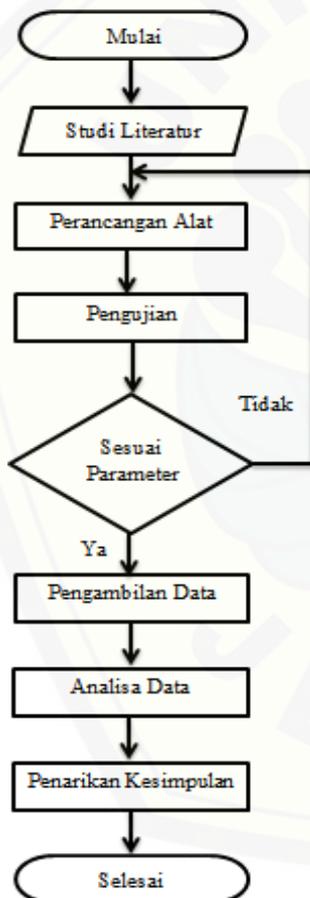
Trafo memiliki banyak tipe, salah satunya adalah trafo jenis toroid yang memiliki kelebihan

yaitu tidak memiliki kebocoran fluks sehingga memiliki efisiensi yang lebih baik jika dibandingkan dengan trafo jenis lainnya. Efisiensi trafo dipengaruhi oleh lilitan dan inti besi.

Inti besi merupakan komponen utama yang wajib diperhatikan karena dengan inti besi ini gulungan primer dan gulungan sekunder dapat terhubung. Semakin tipis lapisan inti besi yang digunakan maka akan semakin baik inti besi tersebut. Pemilihan material diperlukan untuk mendapatkan kualitas trafo yang terbaik. Dengan adanya penelitian ini, diharapkan dapat menjadi referensi pemilihan material yang lebih baik dalam pembuatan trafo.

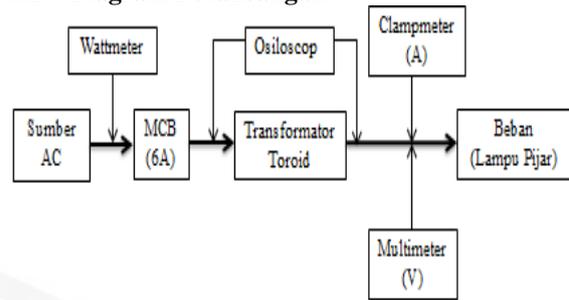
2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Flowchart Penelitian



Gambar 1. Flowchart penelitian

2.2 Diagram Perancangan

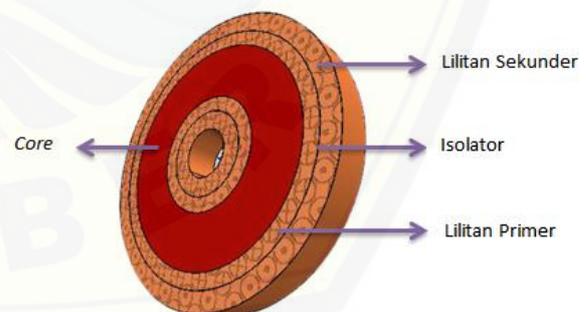


Gambar 2. Blok diagram perancangan

- Sumber AC adalah Suplay arus tegangan dari sumber PLN 220 V
- Wattmeter digunakan untuk mengukur daya input, arus input, dan tegangan input.
- MCB 6A sebagai proteksi
- Osciloskop digunakan untuk mengetahui gelombang tegangan yang dihasilkan
- Multimeter adalah untuk mengukur tegangan output pada lilitan sekunder trafo toroid
- Clamp meter digunakan sebagai pengukur arus output trafo toroid
- Beban adalah sebagai parameter uji dengan menggunakan lampu pijar 100 watt sebanyak 5 buah.

Pengujian dilakukan dua kali yaitu pengujian untuk trafo toroid dengan material *Grain Oriented Silicon Steel* (GOSS) dan pengujian trafo toroid dengan menggunakan seng talang galvalum. Dari masing-masing pengujian akan diambil nilai efisiensi pada variasi beban 0 watt, 100 watt, 200 watt, 300 watt, 400 watt, dan 500 watt.

2.3 Desain Perancangan Alat



Gambar 3. Desain perancangan trafo toroid

Transformator toroid merupakan sebuah transformator yang memiliki bentuk inti bulat. Trafo toroid memiliki bentuk desain yang fleksibel dan ringkas dibandingkan dengan trafo tipe *shell* dan *core* tradisional. Terdapat tiga komponen utama dalam pembuatan trafo, antara lain :

- Inti besi
Inti besi terdiri dari lapisan-lapisan tipis yang membentuk bulatan seperti donat dengan ukuran diameter luar diameter dalam dan tinggi sesuai

dengan yang diinginkan. Inti besi yang digunakan berukuran 15.3 cm x 8 cm x 5 cm untuk masing-masing materialnya.

- Kumparan
Kumparan difungsikan sebagai penghantar arus dan tegangan. Biasanya terdiri dari kumparan primer dan sekunder. Untuk menentukan jumlah lilitan, dapat dituliskan dengan persamaan berikut.

$$N = GPV \times V \tag{6}$$

Keterangan :

N = Jumlah lilitan

GPV = Jumlah gulungan per volt

V = tegangan baik primer atau sekunder (V)

Untuk mencari nilai GPV dapat menggunakan rumus berikut.

$$GPV = \frac{f}{A} \tag{7}$$

$$A = \left(\frac{R_2 - R_1}{2} \right) \times t \tag{8}$$

Keterangan :

f = Frekuensi (Hz)

A = Luas penampang inti besi (cm²)

R_1 = Diameter luar inti besi (cm)

R_2 = Diameter dalam inti besi (cm)

t = Tinggi inti besi (cm)

- Isolator
Isolator merupakan salah satu komponen utama yang digunakan untuk melindungi antar penghantar listrik agar tidak terjadi loncatan listrik.
Ada beberapa hal tentang isolasi yang perlu diperhatikan sebelum merancang trafo frekuensi tinggi bertegangan tinggi, yaitu (Darsono,2012):
a. Isolasi antara lilitan kabel, hal ini dikarenakan adanya *skin effect* yang menyebabkan arus mengalir di permukaan konduktor.
b. Isolasi antar belitan.
c. Isolasi antar kumparan primer dan sekunder.
d. Isolasi kumparan dengan inti trafo.

3. PEMBAHASAN

3.1 Pengujian Trafo Toroid Material GOSS



Gambar 4. Pengujian trafo toroid dengan menggunakan beban lampu pijar

Pengujian dilakukan dengan menggunakan variasi beban untuk material GOSS dan material

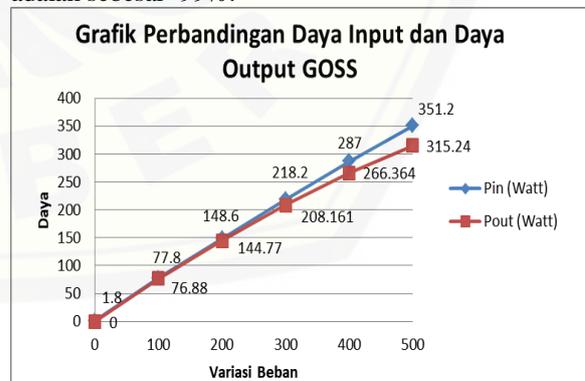
galvalum. Beban yang digunakan berupa lampu pijar 100 watt. Masing-masing pengujian dilakukan sebanyak 6 kali, dari pengujian tanpa beban hingga pengujian berbeban 500 watt. Dari pengujian tersebut, didapat data hasil pengujian seperti pada tabel berikut ini.

Tabel 1. Data hasil pengujian trafo toroid material GOSS

Beban	P_{in} (Watt)	P_{out} (Watt)	Efisiensi
0	1.8	0	0%
100	77.8	76.88	99%
200	148.6	144.77	97%
300	218.2	208.161	95%
400	287	266.364	93%
500	351.2	315.24	90%

Pada tabel 1 menunjukkan bahwa ketika pengujian tanpa beban, daya masukan masih memiliki nilai yaitu 1.8 watt hal ini disebabkan oleh adanya arus yang mengalir walaupun nilainya sangat kecil. Sedangkan untuk daya keluarannya bernilai 0 dikarenakan tidak ada arus yang mengalir pada rangkaian. Ketika daya yang dihasilkan 0, maka efisiensi yang dihasilkan pun juga sama dengan 0.

Ketika beban yang diberikan sebesar 100 watt, daya masukan yang dihasilkan tidak mencapai 100 watt juga dikarenakan adanya drop tegangan. Daya yang dihasilkan adalah 77.8 watt yang memiliki selisih sedikit dengan daya keluarannya yang memiliki besar 76.88 watt. Trafo dikatakan baik apabila memiliki efisiensi sebesar 100% dimana besar daya masukan sama dengan daya keluarannya. Sehingga dengan selisih daya masukan dan daya keluaran sebesar 0.22 watt, efisiensi yang dihasilkan adalah sebesar 99%.



Gambar 5. Grafik perbandingan daya masukan dan daya keluaran trafo toroid material GOSS

Pada gambar 5 menunjukkan bahwa semakin besar beban yang diberikan, maka akan semakin besar pula daya yang dihasilkan. Ketika beban yang diberikan sudah mencapai 300 watt, selisih daya masukan dengan daya keluaran semakin lebih besar,

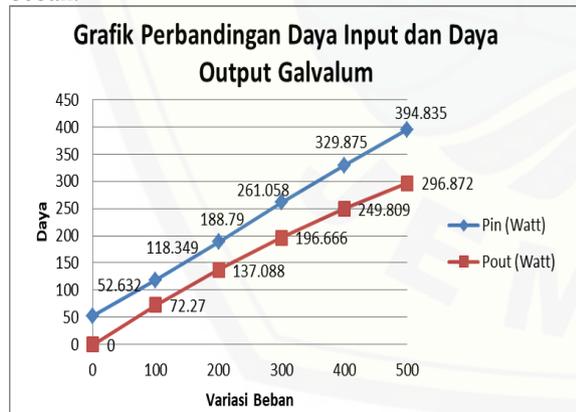
terutama pada beban 500 watt dimana selisih yang dimiliki adalah sebesar 35.96 watt. Dengan selisih yang semakin besar, maka efisiensinya akan semakin menjauhi angka sempurna yaitu 100%.

3.2 Pengujian Trafo Toroid Material Galvalum

Tabel 2. Data hasil pengujian trafo toroid material galvalum

Beban	Pin (Watt)	Pout (Watt)	Efisiensi
0	52.632	0	0%
100	118.349	72.27	61%
200	188.79	137.088	73%
300	261.058	196.666	75%
400	329.875	249.809	76%
500	394.835	296.872	75%

Pengujian kedua adalah pengujian trafo toroid dengan menggunakan material galvalum. Data yang diambil adalah sama seperti pengujian dengan menggunakan trafo toroid material GOSS. Dengan menggunakan beban 0 hingga 500 watt seperti tabel 2, daya yang dihasilkan semakin besar seiring dengan kenaikan beban. Hal ini dikarenakan dengan bertambahnya beban, maka arus yang mengalir pada alat akan semakin besar sehingga menyebabkan daya yang dihasilkan semakin besar pula. Pada trafo toroid material galvaalum ini, daya masukan yang dihasilkan ketika pengujian tanpa beban nilainya cukup besar yaitu sebesar 52.632 watt. Hal ini disebabkan oleh adanya kebocoran arus pada alat sehingga terdapat arus ketika alat belum diberikan beban.



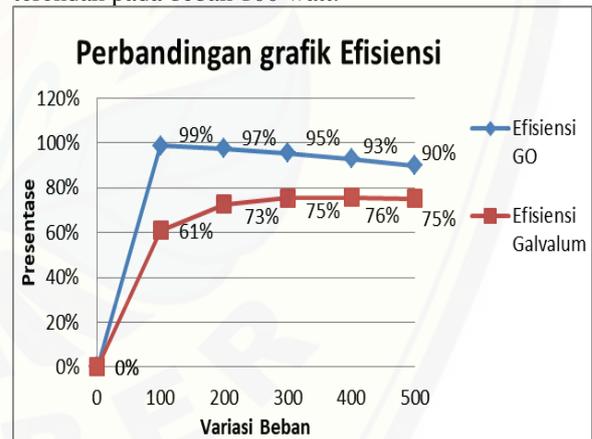
Gambar 6. Grafik perbandingan daya masukan dan daya keluaran trafo toroid material galvalum

Gambar 6 menunjukkan grafik perbandingan daya masukan dan daya keluaran trafo toroid dengan material galvalum. Berbeda dengan daya pada trafo toroid material GOSS, selisih antara daya masukan dan daya keluaran disini terlihat lebih jelas perbedaannya. Ketika beban yang diberikan sebesar 100 watt, daya masukannya sebesar 118.349 watt

dengan daya keluaran 72.27 watt. Hal ini menyebabkan efisiensi yang dihasilkan semakin rendah yaitu sebesar 61%. Pada beban 300 watt, daya masukannya sebesar 261.058 watt dan daya keluarannya sebesar 196.666 watt. Selisih keduanya adalah 64,392 watt yang nilainya lebih kecil dibanding dengan selisih pada beban 100 watt sehingga efisiensinya juga semakin besar yaitu 75%. Namun, ketika beban yang diberikan sebesar 500 watt, efisiensinya juga mencapai 75% yang nilainya menurun dibandingkan dengan beban 400 watt dengan efisiensi 76%.

3.3 Perbandingan Efisiensi Trafo Toroid Materian GOSS dan Galvalum

Pada gambar 7 menunjukkan bahwa perbedaan efisiensi antara trafo toroid material GOSS dan galvalum memiliki perbedaan yang signifikan. Semakin besar beban yang diberikan, maka efisiensi pada trafo toroid GOSS semakin menurun namun pada trafo galvalum efisiensinya semakin meningkat. Ketika efisiensi trafo GOSS mencapai 99% pada trafo galvalum efisiensinya hanya 61%. Efisiensi tertinggi pada trafo toroid galvalum terletak pada beban 400 watt dimana nilainya adalah sebesar 76%. Untuk efisiensi terendah trafo GOSS berada pada beban 500 watt sedangkan pada trafo galvalum memiliki efisiensi terendah pada beban 100 watt.



Gambar 7. Grafik perbandingan efisiensi trafo toroid material GOSS dan galvalum

4. PENUTUP

4.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan bahwa pada trafo toroid dengan material GOSS semakin besar beban yang diberikan, maka daya yang dihasilkan akan semakin besar dimana pada beban 100 watt daya keluaran yang dihasilkan sebesar 76.88 watt sedangkan pada beban 500 watt daya keluaran yang dihasilkan adalah 315.24 watt. Berbeda dengan daya, semakin besar beban yang diberikan maka efisiensi pada trafo ini akan semakin menurun seperti pada beban 100

watt efisiensinya mencapai 99% sedangkan pada beban 500 watt, efisiensi yang dihasilkan menurun menjadi 90%.

Pada trafo toroid material galvalum, seiring dengan penambahan beban yang diberikan maka daya yang dihasilkan juga semakin besar. Seperti halnya pada beban 100 watt daya keluaran yang dihasilkan adalah sebesar 72.27 watt sedangkan daya yang dihasilkan pada beban 500 watt adalah sebesar 394.835 watt. Efisiensi yang dihasilkan juga semakin meningkat seiring dengan peningkatan beban hingga mencapai beban maksimum yaitu 400 watt dengan besar efisiensi 76%.

Jika kedua trafo toroid dibandingkan, trafo toroid dengan material GOSS memiliki daya yang lebih besar dengan selisih besar 4.61 watt pada beban 100 watt. Sedangkan efisiensinya juga lebih besar trafo dengan material GOSS yang memiliki selisih besar 38%.

4.2. Saran

Sebaiknya untuk peneliti selanjutnya menggunakan material yang lainnya agar dapat menambah referensi dalam menentukan material inti besi yang lebih baik.

REFERENSI

- [1] SVKulkarni and SAKhparde, "Transformer Engineering: Design and Practice," 2004.
- [2] dan J. Elin Nuraini Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan and B. Kotak Pos, "DESAIN TRAF0 TEGANGAN TINGGI BERFREKUENSI TINGGI 40kHz/17,5kV UNTUK STT COCKCROFT WALTON MBE LATEKS," vol. 14, 2012.
- [3] D. Deza Azkia, I. Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, and U. Sultan Ageng Tirtayasa, "PERFORMANCE ANALYSIS OF STEP DOWN TYPE-TRANSFORMATOR OF FACTORIES AT THE COMPANY OF SURYA TOTO INDONESIA CIKUPA," *JPVTI*, vol. 2, no. 1, pp. 7–19, 2020, [Online]. Available: <http://jurnal.fkip.unila.ac.id/index.php/>
- [4] E. Permata and I. Lestari, "MAINTENANCE PREVENTIVE PADA TRANSFORMATOR STEP-DOWN AV05 DENGAN KAPASITAS 150KV DI PT. KRAKATAU DAYA LISTRIK," *Pros. Semin. Nas. Pendidik. FKIP Univ. Sultan Ageng Tirtayasa*, vol. 3, no. 1, pp. 485–493, 2020.
- [5] "dasar teknik tenaga listrik dan elektronika daya zuhal 1988".
- [6] "JONI PRANATA-141910201034.pdf_".
- [7] K. Chakraborty, "Comparative Study of Transformer Core Material," 2018. [Online]. Available: www.ijisrt.com
- [8] K. G. N. B. Abeywickrama, T. Daszczyński, Y. V. Serdyuk, and S. M. Gubanski, "Determination of complex permeability of silicon steel for use in high-frequency modeling of power transformers," *IEEE Trans. Magn.*, vol. 44, no. 4, pp. 438–444, Apr. 2008, doi: 10.1109/TMAG.2007.914857.
- [9] P. Huang *et al.*, "Optimal design and implementation of high-voltage high-power silicon steel core medium-frequency transformer," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 64, no. 6, pp. 4391–4401, Jun. 2017, doi: 10.1109/TIE.2017.2674591.
- [10] N. GGrellet HMore and Jjr. DLigot, "OPTIMAL DESIGN OF A TOROIDAL TRANSFORMER FED BY NON SINUSOIDAL HIGH FREQUENCY CURRENTS key-words: transformer, magnetic material, high j-e q u e n q optimisation."
- [11] I. Journal, H. Sawant, K. Patel, R. Tapare, and P. Darshit, "Analysis and Design of Toroidal Transformer," *Int. Res. J. Eng. Technol.*, 2018, [Online]. Available: www.irjet.net
- [12] J. A. Dayton, "DESIGN OF TOROIDAL TRANSFORMERS FOR MAXIMUM EFFICIENCY CORE View metadata, citation and similar papers at core.ac.uk provided by NASA Technical Reports Server." [Online]. Available: <https://ntrs.nasa.gov/search.jsp?R=19720015546>
- [13] "ELECTRICAL MACHINE ANALYSIS USING FINITE ELEMENTS."
- [14] "Computational Electromagnetics with MATLAB ® Fourth Edition."

- [15] “07 Wildi_ElectricalMachinesDrivesandPowerSystems”.
- [16] S. J. Chapman, “ELECTRIC MACHINERY FUNDAMENTALS FIFTH EDITION.”
- [17] M. Gavrilas, Institutul Politehnic din Iași. Faculty of Electrical Engineering, IEEE Romania Section, Institutul Politehnic din Iași. Societății Absolvenților Facultății de Electrotehnică din Iași, and Institute of Electrical and Electronics Engineers, *EPE 2016 : proceedings of the 2016 International Conference and Exposition on Electrical and Power Engineering (EPE)*.

