

Uji Performa Trafo E-I dengan Variasi Rapat Fluks pada Sumber Tegangan Non-Sinusoidal

Slamet Nurhadi¹⁾, Anang Dasa Nofvowan, Ika Noer Syamsiana, Yanik Lailinas Sakinah,
Masramdhani Saputra, Moch. Nur Rochman

(Artikel diterima : September 2023, direvisi Oktober 2023)

Abstract: *In the industrial field, transformers are used as a step-up voltage and are used as a step-down level. In a loaded transformer, the power that comes out of the transformer (transformer output power) is not always 100% because there are losses when channeling to the load. Both losses caused by current flowing in the copper wire, losses caused by alternating flux in the iron core, and losses caused by Eddy current in the iron core which result in the outgoing power (output power) from the transformer to the load is not the same as the incoming power (input power) to the transformer. This is known as the efficiency of the transformer. From these problems, the solution offered is to design and implement a transformer using an EI-shaped iron core which is arranged alternately which aims to prevent the occurrence of Eddy Current what happens in the coresolid by applying to the inverter. From the test results of the transformer, it can be concluded that the difference in flux density in the transformer when it is loaded will affect efficiency. The smaller the flux density of the transformer, the better the efficiency, while the greater the flux density of the transformer, the lower the efficiency.*

Keywords: Transformer, efficiency, voltage regulations

1. Pendahuluan

Seiring berkembangnya pertumbuhan perekonomian dan pembangunan di Indonesia, kebutuhan listrik untuk setiap wilayah ataupun daerah tidaklah sama satu dengan yang lainnya, semua bergantung pada jumlah kepadatan penduduk dan juga perekonomian yang terdapat pada suatu wilayah tersebut. Kemajuan teknologi yang sangat pesat menjadikan listrik berperan penting dalam kehidupan masyarakat, maka dibutuhkan pendistribusian listrik untuk mentransfer beban-beban yang ada. Untuk bisa memenuhi kebutuhan beban listrik yang semakin meningkat, PT. PLN (Persero) sebagai produsen tenaga listrik harus memiliki sistem yang terpadu dalam penyaluran atau distribusi tenaga listrik kepada konsumen. (Kurniawan, 2017). Salah satu komponen utama dalam sistem tenaga listrik untuk menyalurkan tenaga listrik dari pembangkit sampai ke kelompok-kelompok beban adalah transformator. Transformator berfungsi sebagai penyesuai terhadap tegangan beban.

Transformator merupakan suatu alat listrik yang dapat memindahkan dan mengubah energi listrik dari satu atau lebih rangkaian listrik ke rangkaian listrik yang lain melalui suatu gandingan magnet dan berdasarkan prinsip induksi – elektromagnet tanpa mengubah frekuensinya. (Siburian, 2019). Pada umumnya transformator terdiri atas sebuah inti yang terbuat dari besi berlapis dan dua buah kumparan, yaitu primer dan sekunder. Pada bidang industri, transformator digunakan sebagai penaik tegangan (transformator *step up*) dan digunakan sebagai penurun tegangan (transformator *step down*). Transformator tersebut biasanya dihubungkan ke beban-beban. 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, rugi yang disebabkan fluks bolak-balik pada inti besi, maupun rugi yang disebabkan arus pusar pada inti besi yang mengakibatkan daya yang keluar

Hal ini di kenal sebagai efisiensi transformator. Efisiensi transformator adalah perbandingan antara daya keluar dengan daya masuk. Oleh karena itu pembuatan desain dan implementasi transformator menggunakan inti besi berbentuk EI yang disusun secara selang seling yang bertujuan untuk mencegah terjadinya *Eddy Current* yang terjadi pada inti *solid* dengan diaplikasikan kepada inverter.

2. Metodologi Penelitian

2.1 Waktu dan Tempat

Penelitian dan pengumpulan data dilakukan pada, sebagai berikut :

- Waktu Penelitian : Desember 2022 – Mei 2023
- Tempat Penelitian : Laboratorium Politeknik Negeri Malang

2.2 Metode Pengambilan Data

Pada penyusunan ini, diambil tahapan – tahapan pengambilan data sebagai berikut :

- Mulai

Persiapan awal ini ditujukan untuk mencari sumber informasi tentang sistem dan komponen apa saja yang akan digunakan.

Identifikasi Masalah

Tanpa identifikasi yang kuat dan matang, penelitian akan mudah dipatahkan

- Studi Literatur

Metode ini dilakukan dengan cara mencari referensi yang relevan dengan permasalahan untuk dijadikan sebagai landasan dari penelitian

- Perencanaan Alat

Perencanaan pembuatan alat seperti desain alat, pemilihan komponen yang akan digunakan.

Pembuatan Alat Setelah sudah terpenuhi maka pembuatan alat bisa dilakukan sesuai dengan prinsip kerja dan desain alat yang sudah dibuat.

- Pengujian Alat

¹⁾Korespondensi: slamet.nurhadi@polinema.ac.id

a) Prodi Teknik Listrik, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang

Setelah alat selesai dibuat dilakukan pengujian alat apakah sudah bekerja dengan baik sesuai dengan cara kerja alat yang sudah dibuat.

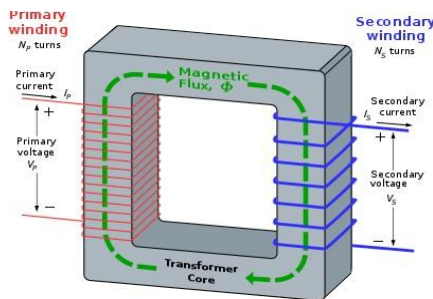
Implementasi dan pengambilan data

Mengimplementasikan serta mengambil data – data yang dibutuhkan

- Evaluasi

2.3 Prinsip Kerja Transformator

Transformator menggunakan prinsip hukum induksi Faraday dan hukum Lorentz dalam menyalurkan daya, dimana apabila kumparan primer dihubungkan dengan sumber tegangan bolak-balik, maka akan mengalir arus dalam kumparan primer menimbulkan perubahan fluks magnetik dalam inti besi. (Badaruddin & Firdianto, 2016)



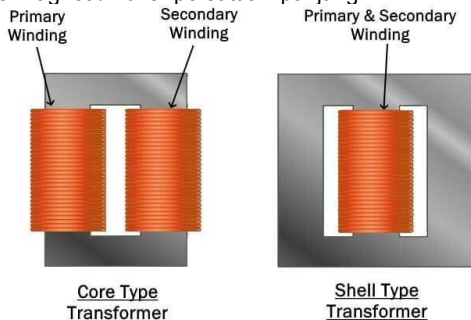
GAMBAR 2.1 PRINSIP KERJA TRANSFORMATOR

prinsip kerja transformator, ketika arus listrik dari sumber tegangan yang mengalir pada kumparan primer berbalik arah (berubah polaritasnya) medan magnet yang dihasilkan akan berubah arah sehingga arus listrik yang dihasilkan pada kumparan sekunder akan berubah polaritasnya. (ZAIN & RIDWAN, 2015)

2.4 Proses Magnetisasi Transformator

Arus listrik yang mengalir pada kumparan transformator menimbulkan gaya gerak magnet (GGM) yang mampu mengalirkan

fluksi pada inti transformator. Kemampuan untuk mengalirkan arus magnet / fluksi persatuan panjang



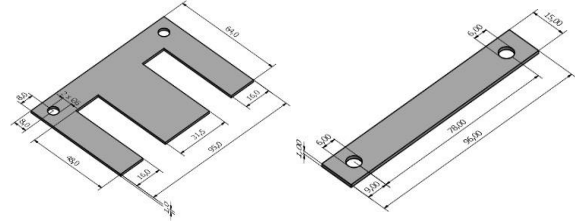
GAMBAR 2.2 TRANSFORMATOR CORE TYPE DAN SHELL TYPE (SUMBER: ENGINEERINGNOTESONLINE.COM)

2.5 Jenis – Jenis Transformator

Transformator memiliki beberapa macam jenis berdasarkan konstruksi dan tipe inti besi yang digunakan. Berdasarkan jenis konstruksi transformator yang

digunakan terdiri dari dua macam jenis, yaitu tipe inti (core type) dan tipe cangkang (shell type).

Untuk transformator tipe inti (core type) adalah transformator yang inti besinya dikelilingi oleh belitan, sedangkan transformator tipe cangkang (shell type) adalah transformator yang belitannya dikelilingi oleh inti besi.



GAMBAR 2.3 DESAIN INTI BESI TRANSFORMATOR EI CATIA

2.6 Desain Transformator Inti EI Menggunakan Aplikasi Catia

CATIA adalah suatu software yang dikembangkan sebagai alat desain sebuah produk. (Computer Aided Three- Dimensional Interactive Application) merupakan program komputer yang dibuat dengan mendasarkan pada teori yang terdapat dalam perumusan metode elemen hingga. Dengan hadirnya program CATIA yang mempunyai kemampuan lebih luas membuka wawasan baru bagi peneliti untuk menyelesaikan permasalahan lebih cepat. Tampilan prototipenya juga bisa ditampilkan pada layar komputer, sehingga orang yang awam dibidang teknik pun dapat mengetahui dengan mudah. Hal inilah yang mendasari penggunaan program komputer CATIA yang berbasis metode elemen hingga untuk melakukan kajian penelitian. Sebelum berkembangnya teknologi informatika/komputer, analisa dengan metode elemen hingga masih menggunakan perhitungan tangan yang panjang dan melelahkan.

2.7. Penentuan Diameter Kawat Email

Untuk menentukan diameter kawat email yang akan digunakan pada kumparan primer dan sekunder, harus mengetahui arus yang akan melewati kawat tersebut, untuk mengetahui arus yang akan melewati kawat email menggunakan rumus seperti berikut:

2.8. Penentuan Efisiensi dan Regulasi Transformator EI

Transformator memiliki efisiensi terbaik 100% berarti idealnya transformator tersebut tidak memiliki rugi – rugi daya sama sekali. Tetapi pada kenyataannya transformator dengan efisiensi terbaik pun tidak bisa mencapai efisiensi 100%.

2.8.1. Alat Penunjang Penelitian

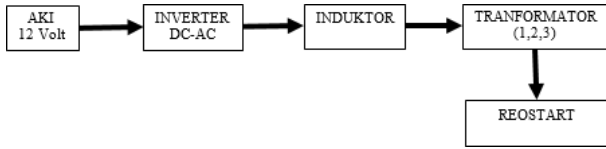
Dalam penelitian ini dibutuhkan alat dan bahan untuk menunjang keberhasilan dan kelancaran penelitian. Alat dan bahan yang dibutuhkan sebagai berikut:

Alat :

1. Multi tester
2. Tang kombinasi, tang cucut, tang potong
3. Obeng
4. Gergaji besi
5. Bor
6. Gerinda
7. Alat penahan koker

- 8. Sarung tangan
- 9. Penggaris

2.7 Diagram Blok Rancangan



GAMBAR 2.4 DIAGRAM BLOK RANCANGAN

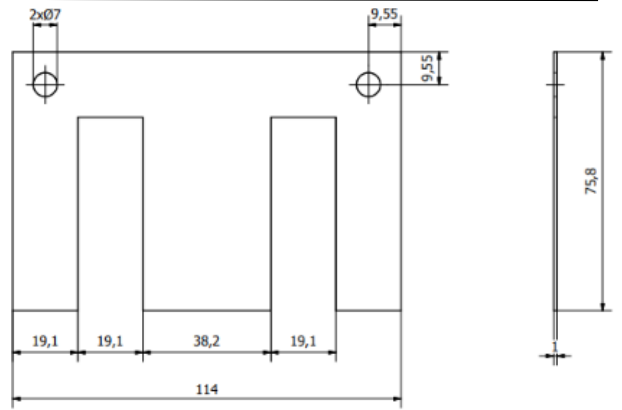
Adapun penjelasan masing-masing blok diagram adalah sebagai berikut: Aki 12 Volt DC berfungsi untuk sumber tegangan DC untuk pengujian transformator. Inverter DC – AC berfungsi untuk merubah tegangan input DC menjadi tegangan output AC untuk menguji transformator dengan tegangan input sesuai dengan yang di butuhkan. Induktor berfungsi untuk menahan arus bolak-balik (AC) Transformator pada diagram diatas digunakan untuk mengubah taraf suatu tegangan Alternating Current (AC) ke taraf yang lain sesuai yang dibutuhkan. Reostart berfungsi untuk mengontrol arus yang mengalir dalam rangkaian atau sirkuit.

3.1 Desain Transformator EI satu fasa

Transformator inti EI satu fasa merupakan transformator yang terdiri dari 2 kumparan kawat yaitu kumparan kawat primer dan kumparan kawat sekunder, diantara kumparan kawat primer dan kumparan kawat sekunder di tambahkan pembatas menggunakan isolasi agar kawat primer dan kawat sekunder tidak saling bersentuhan.

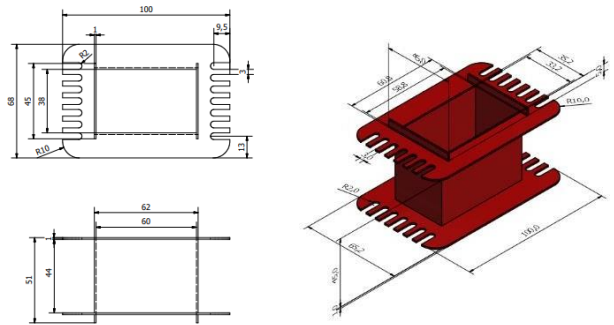


GAMBAR 3.1. INTI BESI TRANSFORMATOR EI



GAMBAR 3.2. SPESIFIKASI INTI BESI EI

Sebelum melakukan pembuatan transformator inti EI dilakukan perhitungan seperti menghitung core area, jumlah lilitan, arus primer dan sekunder, luas penampang kawat. Dalam pembuatan transformator ini menggunakan inti besi EI atau bisa disebut juga transformator kotak, transformator ini memiliki spesifikasi inti seperti pada gambar 8 spesifikasi inti besi EI di atas.



GAMBAR 3.3 SPESIFIKASI KOKER TRANSFORMATOR EI

Untuk koker transformator ini memiliki spesifikasi koker seperti pada gambar 9 spesifikasi koker transformator EI di atas.

Dalam melakukan pembuatan transformator ini dilakukan perhitungan terlebih dahulu, perhitungan tersebut meliputi perhitungan core area atau luas inti, arus, jumlah lilitan, luas penampang kawat. Perhitungan dilakukan dengan mengacu pada spesifikasi transformator dengan daya 350VA beroperasi pada frekuensi 50Hz. Spesifikasi sebagai berikut:

- | | |
|--------------------------|----------|
| 1. Daya, Po | 350Watt |
| 2. Tegangan input, Vin | 6 Volt |
| 3. Tegangan output, Vout | 220 Volt |
| 4. Frekuensi, f | 50 Hz |
| 5. Efisiensi, η | 95% |

3.2. Uji Karakteristik Transformator EI

Dalam penelitian transformator EI satu fasa dilakukan pengujian karakteristik pada setiap transformator. Dalam pengujian ini dilakukan pengujian tegangan tanpa beban, pengujian short circuit / hubung singkat, pembebanan, efisiensi, dan regulasi

1. Uji Tegangan dan Short Circuit Transformator EI 1

Percobaan uji tegangan dilakukan tanpa menggunakan beban

apapun. Pada percobaan ini, kumparan sisi primer diberi tegangan yang bervariasi sehingga menghasilkan tegangan keluaran 220V.

Setelah dilakukan uji tegangan maka selanjutnya dilakukan pengujian short circuit pada transformator EI 1. Pengujian short circuit dilakukan dengan cara menghubungkan singkatkan sisi sekunder pada transformator tersebut.

TABEL 3. 2 HASIL UJI SHORT CIRCUIT TRANSFORMATOR EI 1

Uji Short Circuit	
V (Volt)	I (Ampere)
4	9,2
10	22,7
15	34,4
20	45,8
24	53,5
26	57,7
29	63,4
4	9,2

2. Uji Tegangan dan Short Circuit Transformator EI 2

Percobaan uji tegangan dilakukan tanpa menggunakan beban apapun. Pada percobaan ini, kumparan sisi primer diberi tegangan yang bervariasi sehingga menghasilkan tegangan keluaran 220V. Berikut hasil pengujian tegangan transformator EI 2.

TABEL 3.3 HASIL UJI TEGANGAN TRANSFORMATOR 2

Uji Tegangan	
V _p (Volt)	V _s (Volt)
10	0,285
30	0,834
50	1,382
80	2,242
V _p (Volt)	V _s (Volt)
120	3,321
150	4,152
180	4,982
220	6

Setelah dilakukan uji tegangan maka selanjutnya dilakukan pengujian short circuit pada transformator EI 2. Pengujian short circuit dilakukan dengan cara menghubungkan singkatkan sisi sekunder pada transformator tersebut.

TABEL 3.4 HASIL UJI SHORT CIRCUIT TRANSFORMATOR EI 2

Uji Short Circuit	
V (Volt)	I (Ampere)
4	8,2
10	18,1
15	25,2
20	34,9
24	43,8
26	46,8
29	53,2

3. Uji Tegangan dan Short Circuit Transformator EI 3

Berikut hasil pengujian tegangan transformator EI 1.

Percobaan uji tegangan dilakukan tanpa menggunakan beban apapun. Pada percobaan ini, kumparan sisi primer diberi tegangan yang bervariasi sehingga menghasilkan tegangan keluaran 220V. Berikut hasil pengujian tegangan transformator EI 3.

TABEL 3. 5 HASIL UJI TEGANGAN TRANSFORMATOR 3

Uji Tegangan	
V _p (Volt)	V _s (Volt)
10	0,295
30	0,866
50	1,456
80	2,345
120	3,509
150	4,48
180	5,37
220	6,54

Setelah dilakukan uji tegangan maka selanjutnya dilakukan pengujian short circuit pada transformator EI 3. Pengujian short circuit dilakukan dengan cara menghubungkan singkatkan sisi sekunder pada transformator tersebut

TABEL 3.6 HASIL UJI SHORT CIRCUIT TRANSFORMATOR EI 3

Uji Short Circuit	
V (Volt)	I (Ampere)
4	11,6
10	26,4
15	40,0
20	52,4
24	60,8
25	61,2

3.3. Uji Efisiensi dan Regulasi

Pada pengujian efisiensi dilakukan menggunakan perbandingan antara rating output (keluaran) terhadap input (masukan) dan dinyatakan pada persamaan (7). Pada pengujian regulasi dilakukan untuk mencari beda tegangan sekunder sewaktu trafo tanpa beban dengan tegangan sekunder beban penuh menggunakan beban kawat Nikelin dengan panjang yang berbeda. Regulasi dapat dinyatakan pada persamaan (6).

TABEL 3.7 HASIL DATA KARAKTERISTIK TRANSFORMATOR EI 1

Uji Pembebanan Transformator 1							
V _p (V)	I _p (A)	V _s (V)	I _s (A)	P _{in} (watt)	P _o (watt)	η (%)	g (%)
220	1,6	5,98	0	352	0	0%	0%
220	0,75	5,711	24,65	165	140,78	85%	4%
220	1,04	5,463	39,13	228,8	213,77	93%	9%
220	1,3	5,38	46,3	286	249,09	87%	10%
220	1,88	5,08	70,1	413,6	356,11	86%	15%

Pada tabel pengukuran transformator 1, transformator 2, dan transformator 3 diatas dengan input arus yang berbeda dapat diketahui bahwa memiliki nilai pengukuran rapat fluksjuga berbeda yang dapat mempengaruhi efisiensi dari

masing – masing trafo.

TABEL 3. 8 HASIL DATA KARAKTERISTIK TRANSFORMATOR EI 2

Uji Pembebanan Transformator 2							
V _p (V)	I _p (A)	V _s (V)	I _s (A)	P _{in} (watt)	P _o (watt)	η (%)	α (%)
220	1,6	6,1	0	352	0	0%	0%
220	1,09	5,79	25,4	239,8	147,07	61%	5%
220	1,28	5,53	38,3	281,6	211,80	75%	9%
220	1,45	5,52	46,9	319	258,89	81%	10%
220	2,05	5,189	69,9	451	362,71	80%	15%

TABEL 3. 9 HASIL DATA KARAKTERISTIK TRANSFORMATOR EI 3

Uji Pembebanan Transformator 3							
V _p (V)	I _p (A)	V _s (V)	I _s (A)	P _{in} (watt)	P _o (watt)	η (%)	α (%)
220	1,6	6,54	0	352	0	0%	0%
220	1,06	6,34	25,4	233,2	161,04	69%	3%
220	1,35	5,932	38,3	297	227,20	76%	9%
220	1,68	5,76	46,9	369,6	270,14	73%	12%
220	2,35	5,4	69,9	517	377,46	73%	17%

3.4. Uji Karakteristik Transformator EI Aplikasi Inverter

Pada pengujian karakteristik transformator EI aplikasi inverter pada transformator 1,2 dan 3. Pada sisi primer dipasang dengan inverter dan pada sisi sekunder diberi beban resistif menggunakan kawat nikelin. hasil pengujian dapat dilihat pada tabel berikut ini:

TABEL 3.10 UJI PEMBEBANAN TRANSFORMATOR 1 APLIKASI INVERTER

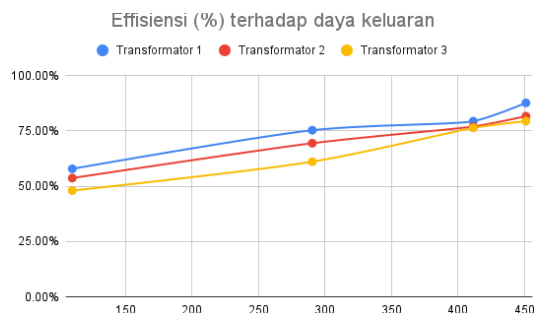
Uji Pembebanan Resistif Inverter Transformator 1							
V _p (V)	I _p (A)	V _s (V)	I _s (A)	P _p (Watt)	P _s (Watt)	η (%)	
6.79	28	220	0.5	190.12	110	57.86%	
6.65	58	220	1.32	385.7	290.4	75.29%	
6.4	81	220	1.87	518.4	411.4	79.36%	
6.2	83	220	2.05	514.6	451	87.64%	

TABEL 3.11 UJI PEMBEBANAN TRANSFORMATOR 2 APLIKASI INVERTER

Uji Pembebanan Resistif Inverter Transformator 2							
V _p (V)	I _p (A)	V _s (V)	I _s (A)	P _p (Watt)	P _s (Watt)	η (%)	
6.83	30	220	0.5	204.9	110	53.68%	
6.64	63	220	1.32	418.32	290.4	69.42%	
6.6	81	220	1.87	534.6	411.4	76.95%	
6.5	85	220	2.05	552.5	451	81.63%	

TABEL 12 UJI PEMBEBANAN TRANSFORMATOR 3 APLIKASI INVERTER

Uji Pembebanan Beban Resistif Inverter Transformator 3						
V _p (V)	I _p (A)	V _s (V)	I _s (A)	P _p (Watt)	P _s (Watt)	η (%)
6.94	33	220	0.5	229.02	110	48.03%
6.89	69	220	1.32	475.41	290.4	61.08%
6.82	79	220	1.87	538.78	411.4	76.36%
6.76	84	220	2.05	567.84	451	79.42%



GAMBAR 3.1 GRAFIK EFFISIENSI TERHADAP DAYA KELUARAN

Pada grafik diatas terlihat bahwa perbedaan rapat fluks pada setiap trafo akan mempengaruhi efisiensi pada setiap trafo, maka semakin kecil nilai rapat fluks pada trafo akan semakin baik efisiensi yang dimiliki trafo tersebut, sedangkan semakin besar nilai rapat fluks pada trafo akan semakin menurun nilai efisiensi yang dimiliki trafo

4. PENUTUP

4.1. Kesimpulan

Dari hasil desain dan implementasi trafo serta pembahasan diatas yang telah dilakukan, maka didapat kesimpulan sebagai berikut :

1. Pembuatan transformator dilakukan dengan melakukan pendekatan geometri inti dengan mengitung daya total trafodan electrical condition sehingga dapat mengetahui spesifikasi inti besi yang akan digunakan.
2. Dari hasil pengujian transformato, dapat disimpulkan bahwa dengan perbedaan rapat fluks pada trafo saat diberi beban akan mempengaruhi efisiensi.
3. Dapat disimpulkan semakin kecil rapat fluks pada trafo akan menghasilkan efisiensi yang semakin baik, sedangkan semakin besar rapat fluks pada trafo maka efisiensi akan semakin menurun.
4. Tahapan pengujian transformator dilakukan dengan berbagai beban. Karena ada faktor yang berbeda untuk setiapbeban yang diuji, mengubah efisiensi beban transformator juga akan mengubahnya

4.2. Saran

Dari hasil analisis data percobaan yang dilakukan, terdapat beberapa saran penelitian untuk dapat dikembangkan, dan berikut beberapa saran yang diajukan:

1. Dapat menggunakan beban yang bervariasi baikdigunakan untuk rangkaian charger Accu, atau untuk beban AC 220Volt menggunakan inverter.
2. Dapat dikembangkan lagi untuk pengujian transformator yang telah dibuat dengan beban maksimal transformator
3. Dapat ditemukan efisiensi paling bagus yaitumendekati100% dengan menggunakan beban tertentu

Daftar Pustaka

- [1] Miarso, Y. (2004). Menyemai Benih Teknologi Pendidikan. Jakarta : Preneda Media.
- [2] Norton, P., and Apargue, D. (2001). Technology for Teaching. Boston, USA : Allyn and Bacon.
- [3] Diana, F. (2000). Pengaruh Cara Belajar pada Siswa SMP terhadap Prestasi. Skripsi. Tidak diterbitkan. Jakarta : Fakultas Psikologi Universitas Indonesia.
- [4] G. Eason, B. Noble, and I.N. Sneddon, "On certain integrals of Lipschitz-Hankel type involving products of Bessel functions," *Phil. Trans. Roy. Soc. London*, vol. A247, pp. 529-551, April 1955. (references)
- [5] J. Clerk Maxwell, "A Treatise on Electricity and Magnetism," 3rd ed., vol. 2. Oxford: Clarendon, 1892, pp.68-73.
- [6] I.S. Jacobs and C.P. Bean, "Fine particles, thin films and exchange anisotropy," in *Magnetism*, vol. III, G.T. Rado and H. Suhl, Eds. New York: Academic, 1963, pp. 271- 350.
- [7] K. Elissa, "Title of paper if known," belum dipublikasikan.
- [8] R. Nicole, "Title of paper with only first word capitalized," *J. Name Stand. Abbrev.*, in press
- [9] Hasan, S., Rambe, A. H., Bukit, F. R., Alfian, A., & Nurfahasdi, M. (2023, June). PENGARUH HARMONISA PADA TRANSFORMATOR DAYA. In *Prosiding Seminar Nasional Teknik UISU (SEMNASTEK)* (Vol. 6, No. 1, pp. 1-7).
- [10] Raharjo, R. M. (2019). *PEMODELAN TRANSFORMATOR NONLINEAR SATU FASA MENGGUNAKAN MATLAB* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Indonesia).
- [11] Qisty, G. P., Hani, S., & Handajadi, W. (2015). Pengujian Motor Induksi Menggunakan Diagram Lingkaran Testing of Induction Motor Induction Using Circle Diagram. *Jurnal Elektrikal*, 2(1), 50-58.
- [12] Hakim, M. F., Saputra, M., Ananto, R. A., Harijanto, P. S., & Santoso, A. H. (2023). Voltage Improvement on the Feeder Using the Load Breaking Method. *International Journal of Electrical Engineeri*
- [13] Saputra, M., Ridzki, I., Santoso, A. H., Wiwaha, S. S., & Anindyasani, E. (2023). Desain Dan Implementasi Transformator Satu-Fasa Dry-Type Dengan Pendekatan Core Geometry. *ELPOSYS: Jurnal Sistem Kelistrikan*, 10(1), 7-12.
- [14] Sutjipto, R., Kusuma, W., & Zulfianta, K. (2022). Analisis Pengaruh Harmonisa Terhadap Losses Transformator 500kVA. *ELPOSYS: Jurnal Sistem Kelistrikan*, 9(2), 40-45. *ng and Applied Sciences (IJEEAS)*, 6(1).
- [15] Li, H., Chen, W. Z., Chen, E. Y., Tan, X. J., Wang, X. G., Hu, Y. J., & Wang, Y. X. (2020, October). Optimization Analysis of Suki Kinari Underground Powerhouse Caverns Based on an Efficient CATIA-Abaqus Model. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 570, No. 5, p. 052062). IOP Publishing