

# STUDI PENGARUH PEMBEBANAN TERHADAP EFISIENSI TRANSFORMATOR 66 MVA DI PLTMG SUMBAGUT 2 PEAKER 250 MW

Amelia Monica Putri<sup>1</sup>, Yassir<sup>2</sup>, Maimun<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>*Prodi Teknologi Rekayasa Pembangkit Energi*

Jl. Medan-Banda Aceh Km.280,3, Buketrata, Blang Mangat, Kota Lhokseumawe, Aceh 24301

Email: ameliamp98@gmail.com

**Abstrak**-Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efisiensi transformator serta pengaruh pembebanan terhadap efisiensi transformator 66 MVA di PLTMG Sumbagut 2 Peaker 250 MW dilakukan perhitungan secara manual. Perhitungan dengan cara manual dilakukan dengan mengumpulkan data-data berupa data beban terpakai transformator. Pada efisiensi suatu transformator daya sangat dipengaruhi oleh beban yang dilayani oleh transformator. Berdasarkan hasil perhitungan yang didapat pada transformator daya BAO901 beban terendah adalah 30,13 MW dengan efisiensi 99,77% dan rugi-rugi total yang didapat adalah 67,01 kW. Sedangkan untuk beban tertinggi adalah 38,42 MW dengan efisiensi 99,80% dan rugi-rugi yang didapat adalah 75,55 kW

**Kata Kunci** : *Daya, Efisiensi, Rugi-rugi, Transformator*

## I. PENDAHULUAN

Untuk mengkonversi energi listrik maka diperlukan peralatan listrik pendukung, diantaranya adalah transformator. Transformator adalah alat listrik statis yang digunakan untuk mengubah atau menyalurkan energi listrik melalui suatu gandingan magnet dengan prinsip induksi elektromagnetik yang dapat menaikkan dan menurunkan tegangan atau arus dengan frekuensi yang sama.

Pada efisiensi suatu transformator tenaga sangat dipengaruhi oleh beban yang dilayani oleh transformator tersebut. Pembebanan pada suatu transformator dapat menimbulkan panas pada kumparan transformator, beban yang terpasang pada transformator biasanya tidak konstan atau selalu berubah-ubah. Jadi pada saat perubahan beban maka transformator tersebut akan menimbulkan rugi tembaga dan rugi inti besi.

Oleh karena fungsinya yang sangat penting dalam penyaluran daya listrik maka kondisi transformator selalu dipantau setiap waktunya. Pembebanan pada transformator dapat mempengaruhi kinerja transformator. Hal ini ditandai dengan menurunnya efisiensi. Efisiensi transformator yang terus menurun akan mengakibatkan penyaluran daya listrik yang tidak optimal bahkan pada kondisi yang lebih buruk dapat merusak komponen transformator[1].

Penelitian ini dilakukan di PLTMG Sumbagut 2 Peaker 250 MW, yang terdapat 3 unit transformator step up dengan kapasitas yang berbeda, transformator yang akan diteliti adalah transformator berkapasitas 66 MVA yaitu BAO901. Penelitian ini diharapkan dapat membantu pihak yang terlibat dalam keberlangsungan sistem tenaga listrik dalam mengidentifikasi, menganalisis, mempertimbangkan dan mencari solusi masalah yang berkaitan dengan efisiensi transformator dalam penyaluran energi listrik.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Transformator

Transformator daya merupakan suatu peralatan tenaga listrik yang berfungsi untuk menyalurkan tenaga/daya listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya. Dalam operasi penyaluran tenaga listrik transformator dapat dikatakan sebagai jantung dari transmisi dan distribusi, Dalam kondisi ini suatu transformator diharapkan dapat beroperasi secara maksimal. Dalam bidang tenaga listrik pemakaian transformator dikelompokkan menjadi 3 yaitu :

1. Transformator daya
2. Transformator distribusi
3. Transformator pengukuran (transformator arus dan transformator tegangan)

Transformator 2 belitan pada kumparan berfungsi untuk mentransformasikan besaran-besaran ukur tegangan listrik dari tingkat satu ke tingkat yang lain. Kumparan tersebut diisolasi terhadap inti maupun terhadap kumparan lain dengan isolasi padat seperti karton, pertinax dan lain-lain. Pada transformator dua belitan terdapat kumparan primer dan sekunder. Bila kumparan primer dihubungkan dengan tegangan atau arus bolak-balik maka pada kumparan tersebut timbul fluksi yang menginduksikan tegangan, bila pada rangkaian sekunder ditutup maka akan mengalir arus pada kumparan ini. Jadi kumparan sebagai alat transformasi tegangan dan arus[2].

### B. Pembebanan Transformator

Efisiensi suatu transformator tenaga sangat dipengaruhi oleh beban yang dilayani oleh transformator tersebut. Pembebanan pada suatu transformator dapat menimbulkan panas pada kumparan transformator. Jumlah beban yang dilayani oleh transformator tersebut sudah selayaknya sesuai dengan rating nameplate transformator itu. Pengaplikasian beban yang melebihi rating nameplate dapat menimbulkan beberapa tingkat resiko.

Ketika suatu transformator diberi energi dan dibebani pada suhu lingkungan, yang disebabkan oleh rugi-rugi inti,

rugi-rugi kumparan dan rugi-rugi bocor merupakan sumber panas dan menyebabkan kenaikan suhu kumparan dan minyak transformator. Rugi rugi bocor dapat mempengaruhi keseluruhan rating transformator karena dapat menimbulkan hot-spot ketika arus yang mengalir menjadi berlebih sehingga mempengaruhi keseluruhan transformator. Untuk mengatasi suhu panas pada transformator maka diperlukan pendingin[1]. Ada beberapa tipe pendingin yang digunakan transformator, yaitu:

1. ONAN (*Oil Natural Air Natural*) Sistem pendingin ini menggunakan sirkulasi minyak dan sirkulasi udarasecara alamiah. Sirkulasi minyak yang terjadi disebabkan olehperbedaan beratjenis antara minyak yang dingin dengan minyak yang panas.
2. ONAF (*Oil Natural Air Force*) Sistem pendingin ini menggunakan sirkulasi minyak secara alami sedangkan sirkulasi udaranya secara buatan, yaitu dengan menggunakan hembusan kipas angin yang digerakkan oleh motor listrik. Pada umumnya operasitransformator dimulai dengan ONAN atau dengan ONAF tetapi hanya sebagian kipas angin yang berputar. Apabila suhu transformator sudah semakin meningkat, maka kipas angin yang lainnya akan berputar secara bertahap.
3. OFAF (*Oil Force Air Force*) Pada sistem ini, sirkulasi minyak digerakkan dengan menggunakan kekuatan pompa, sedangkan sirkulasi udara menggunakan kipas angin.
4. OFOD (*Oil Force –Oil Directed*) Ketika minyak dipaksa mengalir melalui kumparan, ini dinamakan aliran langsung (*Directed Flow*).

### C. Rugi-Rugi Pada Transformator

Rugi daya pada transformator dapat dibagi menjadi 2 bagian utama, yaitu kerugian yang disebabkan oleh perubahan arus beban dan kerugian yang disebabkan oleh fluks inti besi. karena pada keadaan biasa arus beban tidak konstan, maka kerugian kumparan, yaitu  $I^2R$  akan berubah sesuai dengan arus beban. Dalam keadaan normal, fluksi inti dapat dikatakan konstan dan tidak tergantung dari beban. Suatu sumber rugi yang lain adalah kerugian dielektrik pada isolasi, tetapi biasanya kerugian ini kecil dan dapat diabaikan. Dikarenakan arus beban berubah-ubah, maka rugi tembaga juga tidak konstan, tergantung pada besarnya perubahan beban[3]. Besarnya rugi-rugi tembaga pada setiap perubahan beban dapat dilihat dengan persamaan berikut ini :

$$Pt_2 = \left(\frac{S_2}{S_1}\right)^2 \times Pt_1 \quad (1)$$

Dimana :

- $Pt_2$  = Rugi-rugi tembaga pada saat pembebanan (kW)
- $Pt_1$  = Rugi-rugi tembaga beban penuh (kW)
- $S_2$  = Beban yang dioperasikan
- $S_1$  = Nilai pengenalan

Pada rugi inti dapat dikelompokkan dalam dua bagian, yaitu rugi histeris dan rugi arus eddy.

### D. Efisiensi Transformator

Efisiensi transformator adalah perbandingan antara daya listrik yang keluar dari transformator ( $P_{out}$ ) dengan daya listrik yang masuk pada transformator ( $P_{in}$ ), transformator yang ideal efisiensinya 100%, tapi pada kenyataannya efisiensi transformator kurang dari 100%, hal ini dikarenakan rugi-rugi yang telah dijelaskan diatas, sehingga energi listrik menjadi energi panas atau gerak. Kemampuan daya suatu transformator adalah kemampuan daya keluarannya dengan demikian efisiensinya dihitung dengan perbandingan daya keluarannya menentukan besarnya presisi yang dikehendaki, semakin presisi semakin banyak jumlah iterasi yang harus dilakukan[2].

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{out} + \sum \text{rugi}} \times 100\% \quad (2)$$

Dimana :

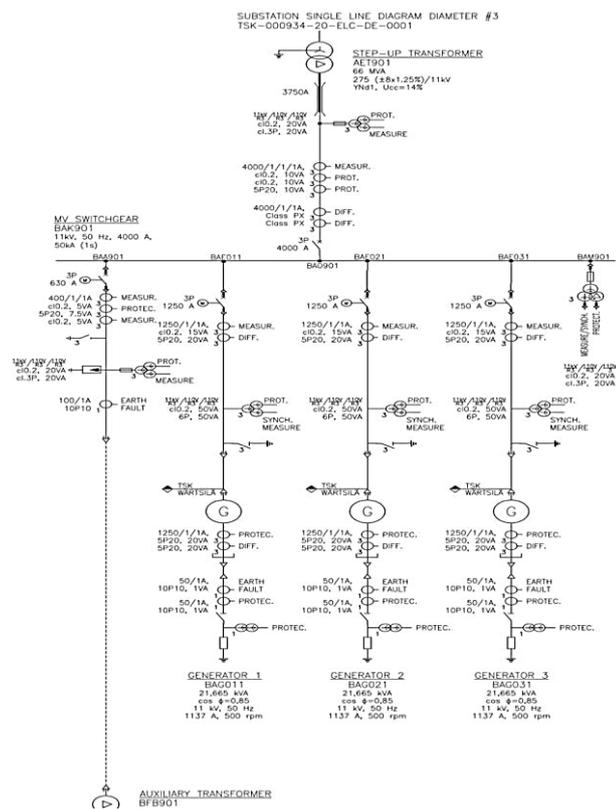
- $\eta$  = Efisiensi transformator
- $P_{out}$  = Daya Keluaran
- $\sum \text{rugi}$  = Total rugi tembaga + rugi inti

## III. METODOLOGI PENELITIAN

### A. Teknik Pengumpulan Data

Informasi yang akurat sangat diperlukan untuk mendapatkan data-data dalam penelitian ini agar hasil penelitian dapat tercapai sesuai dengan rencana. Untuk mendapatkan informasi dan data-data tersebut maka dipakailah beberapa metode, antara lain adalah :

1. Studi Literatur. Dalam melaksanakan penelitian ilmiah harus dilakukan teknik penyusunan yang sistematis untuk memudahkan langkah-langkah yang diambil. Memperoleh informasi dari buku-buku referensi, jurnal, artikel, internet dan bimbingan dari dosen pembimbing agar mendapatkan data-data yang berhubungan dengan permasalahan dalam penulisan tugas akhir ini.
2. Data atau Gambar Single Line Diagram Transformator 66 MVA. Pengambilan data lapangan dilakukan di PLTMG Sumbagut 2 Peaker Power Plant 250 MW Lhokseumawe meliputi, Dokumen, Manual Book. Data lapangan yang merupakan gambar diagram segaris (*single line diagram*) dari transformator penaik tegangan 3 fasa 2 belitan 66 MVA PLTMG sumbagut 2 peaker ditunjukkan oleh gambar 1 sebagai berikut :



Gambar 1 Single Line Diagram Transformator 66 MVA

**B. Teknik Pengumpulan Data**

Adapun data spesifikasi transformator yang diperlukan untuk penelitian ini.

Tabel 1. Spesifikasi (Name Plate) Transformator 66 MVA

Project Name	Step-up trnsformator Sumbagut 2 Peaker Power Plant 250 MW
Standart	IEC 60076
Rated frequency	50 Hz
Range Type	MPT
Range Capacity (MVA)	40/66
Rated voltage (kV)	
a High Voltage (HV)	275
b Low Voltage (LV)	11
Rated Current (A)	
a High Voltage (HV)	840/138.6
b Low Voltage (LV)	2099.5/3464.1
Quantity	1
Vector Group	Ynd1
Placement Position	outdoor

Data beban untuk transformator adalah data-data yang diperoleh dari pembangkit (generator) dalam penelitian ini merupakan data masukan untuk transformator yang diperoleh dari data-data tiga pembangkit (generator).

Tabel 2. Data Beban Transformator

Jam (WIB)	Data Masukan			Data Keluaran				Suhu Minyak (°C)
	V (kV)	I (A)	P (MW)	V (kV)	I (A)	P (MW)	S (MVA)	
1:00	11,3	932	18,28	290,52	36,80	36,80	18,51	49
2:00	11,3	936	18,28	290,32	37,28	37,28	18,74	49
3:00	11,2	936	18,28	291,61	37,23	37,23	18,80	49
4:00	11,3	932	18,28	291,05	36,49	36,49	18,39	49
5:00	11,4	936	18,28	290,85	37,17	37,17	18,72	49
6:00	11,3	940	18,28	289,38	37,02	37,02	18,55	50
7:00	11,4	936	18,24	290,81	37,36	37,36	18,81	50
8:00	11,4	940	18,28	289,03	36,53	36,53	18,28	50
9:00	11,3	768	14,84	285,93	30,22	30,22	14,96	52
10:00	11,3	768	14,84	285,55	30,13	30,13	14,90	53
11:00	11,6	956	18,28	284,54	37,97	37,97	18,71	54
12:00	11,6	948	18,15	285,84	37,05	37,05	18,34	55
13:00	11,6	948	18,28	287,31	37,06	37,06	18,44	56
14:00	11,6	956	18,28	287,30	38,30	38,30	19,05	56
15:00	11,5	956	18,28	284,14	38,42	38,42	18,90	57
16:00	11,6	936	18,28	290,81	37,89	37,89	19,08	57
17:00	11,7	940	18,28	286,07	37,41	37,41	18,53	55
18:00	11,7	940	18,28	286,74	36,98	36,98	18,36	54
19:00	11,6	956	18,28	282,06	37,84	37,84	18,48	54
20:00	11,6	959	18,28	288,00	36,78	36,78	18,34	53
21:00	11,7	959	18,28	288,00	30,58	30,58	15,25	53
22:00	11,7	959	18,28	288,75	30,69	30,69	15,34	53
23:00	11,9	0	0	284,75	0	0	0	52
24:00	11,9	0	0	286,79	0	0	0	52

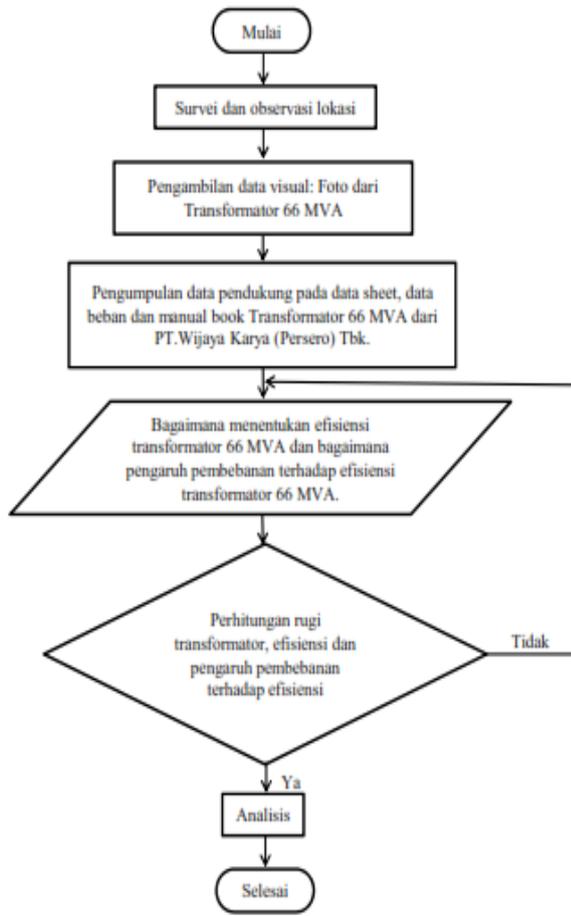
Data rugi-rugi transformator 66 MVA diambil dari data manual book transformator tersebut.

Tabel 3. Data Rugi-Rugi Transformator

Rated Power (MVA)	Voltage (kV)	Load Losses (kW)	No Load Losses (kW)
66	275/11	275	53

**C. Flowchart**

Setelah memperoleh data yang dibutuhkan, langkah berikutnya dengan mengolah data tersebut sehingga mendapatkan hasil yang dimana selanjutnya akan di analisa. Langkah terakhir adalah menuliskan penelitian kedalam laporan penelitian dan memberikan kesimpulan dari penyelang telah dilakukan, ditunjukkan oleh gambar 2 sebagai berikut :



Gambar 2.Flow Chart

**IV.HASIL DAN PEMBAHASAN**

**A. Hasil**

Efisiensi transformator adalah perbandingan antara daya listrik yang keluar dari transformator (out) dengan daya listrik yang masuk pada transformator (in), transformator yang ideal efisiensinya adalah 100%, tapi pada kenyataannya efisiensi transformator kurang dari 100%, hal ini dikarenakan adanya rugi-rugi , sehingga energi listrik menjadi energi panas.

Perhitungan Efisiensi Transformator Daya BAO901 Pada Tanggal 19 Juni 2020 Di Jam 1.00 WIB Sebagai Berikut :

1. Menghitung rugi tembaga saat berbeban

$$Pt_2 = \left(\frac{S_2}{S_1}\right)^2 \times Pt_1$$

$$Pt_2 = \left(\frac{18,51}{66}\right)^2 \times 275$$

$$Pt_2 = 21.63 \text{ kW}$$

2. Menghitung rugi total ( $\sum \text{rugi}$ )= rugi tembaga + rugi inti

$$\sum \text{rugi} = 21.63 \text{ kW} + 53 \text{ kW}$$

$$\sum \text{rugi} = 74.63 \text{ kW}$$

3. Menghitung efisiensi transformator saat berbeban adalah :

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{out} + \sum \text{rugi}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{36800}{36800 + 74.63} \times 100\%$$

$$\eta = 99.79 \%$$

Berdasarkan data beban yang diperoleh maka dapat dibuat tabel hasil perhitungan efisiensi yang dilakukan pada transformator daya BAO901 selama 24 jam pada tanggal 19 Juni 2020, ditunjukkan oleh tabel 4 sebagai berikut :

Tabel 4. Efisiensi Transformator Daya

Jam (WIB)	Data Masukan			Data Keluaran				Suhu Minyak (°C)	Rugi Total (kW)	Efisiensi (%)
	V (kV)	I (A)	P (MW)	V (kV)	I (A)	P (MW)	S (MVA)			
1:00	11,3	932	18,28	290,52	36,80	36,80	18,51	49	74,63	99,79
2:00	11,3	936	18,28	290,32	37,28	37,28	18,74	49	75,19	99,79
3:00	11,2	936	18,28	291,61	37,23	37,23	18,80	49	75,31	99,79
4:00	11,3	932	18,28	291,05	36,49	36,49	18,39	49	74,35	99,79
5:00	11,4	936	18,28	290,85	37,17	37,17	18,72	49	75,12	99,79
6:00	11,3	940	18,28	289,38	37,02	37,02	18,55	50	74,72	99,79
7:00	11,4	936	18,24	290,81	37,36	37,36	18,81	50	75,33	99,79
8:00	11,4	940	18,28	289,03	36,53	36,53	18,28	50	74,09	99,79
9:00	11,3	768	14,84	285,93	30,22	30,22	14,96	52	67,12	99,77
10:00	11,3	768	14,84	285,55	30,13	30,13	14,90	53	67,01	99,77
11:00	11,6	956	18,28	284,54	37,97	37,97	18,71	54	75,10	99,80
12:00	11,6	948	18,15	285,84	37,05	37,05	18,34	55	74,16	99,80
13:00	11,6	948	18,28	287,31	37,06	37,06	18,44	56	74,46	99,79
14:00	11,6	956	18,28	287,30	38,30	38,30	19,05	56	65,46	99,82
15:00	11,5	956	18,28	284,14	38,42	38,42	18,90	57	75,55	99,80
16:00	11,6	936	18,28	290,81	37,89	37,89	19,08	57	75,98	99,79
17:00	11,7	940	18,28	286,07	37,41	37,41	18,53	55	74,67	99,80
18:00	11,7	940	18,28	286,74	36,98	36,98	18,36	54	74,28	99,79
19:00	11,6	956	18,28	282,06	37,84	37,84	18,48	54	74,56	99,80
20:00	11,6	959	18,28	288,00	36,78	36,78	18,34	53	74,23	99,79
21:00	11,7	959	18,28	288,00	30,58	30,58	15,25	53	67,68	99,77
22:00	11,7	959	18,28	288,75	30,69	30,69	15,34	53	67,85	99,77
23:00	11,9	0	0	284,75	0	0	0	52	0	0
24:00	11,9	0	0	286,79	0	0	0	52	0	0
<b>Rata-rata Efisiensi</b>										99,78

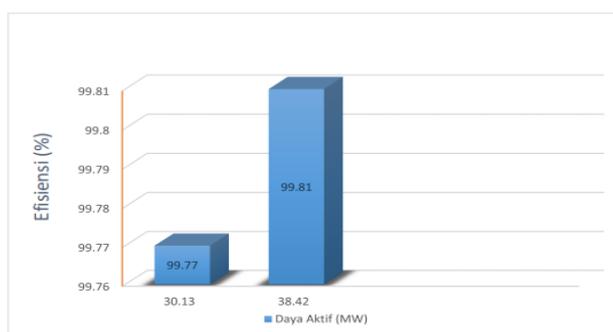
**B. Pengaruh Pembebanan Terhadap Efisiensi Transformator**

Pembebanan sangat berpengaruh terhadap efisiensi transformator yang apabila beban transformator semakin besar, maka untuk rugi-rugi pada transformator juga semakin besar, sehingga dapat berpengaruh pada menurun nya efisiensi transformator tersebut. Pada perubahan efisiensi transformator ini tidak terlalu signifikan dikarenakan rugi-rugi yang

dihasilkan tergolong kecil, maka hal ini tidak berpengaruh banyak pada efisiensi transformator 66 MVA. Untuk efisiensi ini sangat mempengaruhi kinerja transformator, semakin besar efisiensi transformator maka kinerja transformator akan semakin baik.

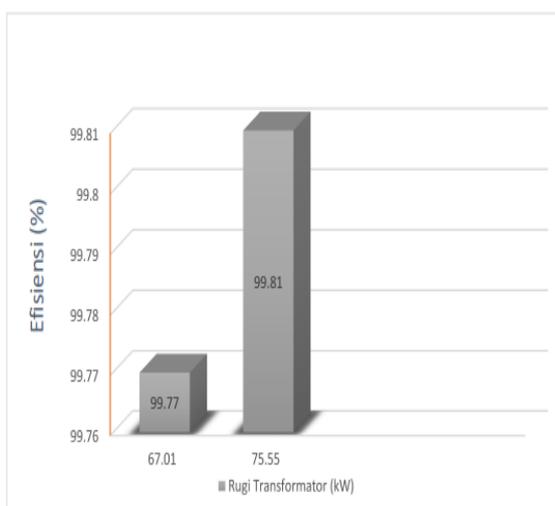
### C. Grafik Efisiensi Transformator

1. Dari hasil perhitungan efisiensi transformator daya selama 24 jam di tanggal 19 Juni 2020, maka diperoleh beban terendah 30,13 MW dengan hasil efisiensi 99,77% di jam 10.00 dan beban tertinggi 38,42 MW dengan hasil efisiensi 99,80% di jam 15.00, maka ditunjukkan oleh gambar 3 sebagai berikut :



Gambar 3. Grafik Pembebanan Terhadap Efisiensi

2. Semakin besar rugi transformator yang dihasilkan maka, untuk hasil efisiensi yang dihasilkan akan semakin mengecil, hal ini dikarenakan besarnya rugi-rugi transformator disebabkan oleh perubahan beban yang terpasang. Maka untuk hasil rugi transformator terkecil adalah 67,01 di jam 10.00 dengan hasil efisiensi 99,77% dan untuk hasil rugi transformator terbesar adalah 75,55 di jam 15.00 dengan hasil efisiensi 99,80%, maka ditunjukkan oleh gambar 4 sebagai berikut :



Gambar 4. Grafik Rugi Transformator Terhadap Efisiensi

### V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dari data yang didapat, maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Efisiensi merupakan perbandingan antara daya input (Pin) dan daya output (Pout) transformator, maka untuk beban terendah 30,13 MW di jam 10.00 dengan hasil efisiensi 99,79% dan beban tertinggi 38,42 MW di jam 15.00 dengan hasil efisiensi 99,80% selama 24 jam.
2. Pembebanan sangat berpengaruh terhadap efisiensi transformator yang apabila beban transformator semakin besar, maka untuk rugi-rugi juga akan semakin besar, sehingga dapat berpengaruh menurunnya efisiensi transformator tersebut.
3. Semakin besar rugi transformator yang dihasilkan maka, untuk hasil efisiensi yang dihasilkan akan semakin mengecil, hal ini dikarenakan besarnya rugi-rugi transformator disebabkan oleh perubahan beban yang terpasang. Maka untuk hasil rugi transformator terkecil adalah 67,01 di jam 10.00 dengan hasil efisiensi 99,77% dan untuk hasil rugi transformator terbesar adalah 75,55 di jam 15.00 dengan hasil efisiensi 99,80%.
4. Efisiensi sangat mempengaruhi kinerja transformator, semakin besar efisiensi transformator maka kinerja transformator akan semakin baik.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Al Choiri, Emir Sabilillah, 2017, "Analisis Pengaruh Pembebanan Terhadap Efisiensi Transformator 20kV/150kV di PLTU Cilacap Unit 1&2 2x300 MW PT. Sumber Segara Primadya Cilacap", Jurnal Efisiensi, 2017.
- [2] Ohoiwutun Johanes, 2019, "Analisis Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Efisiensi Transformator Distribusi 100 kVA Pada PT. PLN (Persero) Unit Aimas", Jurnal Elektro Luceat Vol. 5 No. 2, November 2019.
- [3] Rs Siregar, R Harahap, 2017, "Perhitungan Arus Netral, Rugi-Rugi, dan Efisiensi Transformator Distribusi 3 Fasa 20 KV/400V Di PT. PLN (Persero) Rayon Medan Timur Akibat Ketidakseimbangan Beban", Journal of Electrical Technology, Vol. 2, No. 3, Oktober 2017.
- [4] Sofyan, Herawati Afriyastuti, 2015, "Pengaruh Pembebanan Terhadap Efisiensi dan Usia Transformator (Studi Kasus Transformator IV Gardu Induk Sukamerindu Bengkulu) Berdasarkan Standar IEC 60076-7", Jurnal Amplifier Vol. 5 No. 2, Nopember 2015.
- [5] Zuhail. 1998. "Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya". Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama.