

Analisa Pembebanan Transformator Pada PT. Sumber Mas Indah Plywood Gresik

Dio Dwi Prastiyan¹, Hadi Tasmono², Giovanni Dimas Prenata³
Jurusan Teknik Elektro, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
Jl. Semolowaru 45 Surabaya 60118
Telp. (031) 593 1800, Faks. (031) 592 7817
E-mail: diodwi88@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui agar pembebanan yang terpasang tidak melebihi kapasitas transformator distribusi pada PT. Sumber Mas Indah Plywood Gresik Pada penelitian ini diharapkan beban yang dihasilkan tidak akan melebihi standar yang ditentukan yaitu 80%. Beban yang dihasilkan harus seimbang dan nilainya tidak boleh melebihi 2%. Jika tidak seimbang dan melebihi kapasitas maka akan sangat mempengaruhi kemampuan trafo dalam distribusi daya ke beban. Oleh karena itu, perhitungan pada trafo distribusi yang mesti diperhatikan adalah derating yang muncul di trafo, analisa presentase pembebanan, ketidakseimbangan beban, losses akibat adanya arus netral trafo, efisiensi trafo. Hasil penelitian menghasilkan bahwasanya terdapat Derating yaitu sebesar 0,2 KVA atau 0,19 KW. Nilai persentase pembebanan trafo di waktu beban puncak yaitu terbesar 46%. Presentase ketidakseimbangan beban saat waktu beban puncak yaitu 6%. Losses akibat adanya arus netral di penghantar netral transformator waktu beban puncak atau terbesar adalah 0,11%, terletak pada hari pertama pukul 09.00 WIB, kemudian untuk losses terkecil terletak pada hari ketiga sebesar 0,07% pukul 09.00 WIB. Efisiensi transformator terbesar yaitu 99,92% dan yang terkecil 99,89%.

Kata Kunci: Derating Trafo, Efisiensi Trafo, Ketidakseimbangan Beban Trafo, Losses, Persentase Pembebanan Trafo

1. PENDAHULUAN

1.1. Latarbelakang

Pada Kebutuhan listrik sekarang semakin meningkat seiring perkembangan teknologi yang sangat pesat dari pemakaian listrik rumah tangga maupun dibidang perindustrian. Adanya perkembangan pada teknologi energi listrik juga berpengaruh terhadap peningkatan kebutuhan operasi tenaga listrik. Oleh karena itu, memerlukan sistem operasi tenaga canggih dan stabil supaya energi listrik dapat terdistribusi secara berkelanjutan tanpa mempengaruhi pengoperasian suatu sistem.[1]

Saat pengoperasian distribusi listrik, untuk mengubah tegangan AC menggunakan trafo lebih tinggi atau lebih rendah memiliki dua gulungan primer dan satu gulungan sekunder transformator mampu menyalurkan serta mengganti energi listrik dari satu maupun lebih rangkaian listrik lainnya, berlandaskan prinsip induksi. -elektromagnet.

Pada trafo distribusi ini dituntut agar mendistribusikan energy listrik dari pembangkit listrik kepada konsumen ataupun pihak perindustrian seperti pada PT. Sumber Mas Indah Plywood. Dalam system pendistribusian transformator biasanya terjadi kelebihan dan ketidakseimbangan beban terpasang dengan kemampuan kapasitas trafo. [3] Terjadinya ketidakseimbangan beban yang tidak merata akan berpengaruh terhadap efisiensi transformator yang disebabkan oleh tidak seimbangnnya beban tiap fasa. Beban tidak seimbang itu membuat keluarnya arus netral dalam saluran netral transformator.[4] Jika terdapat arus netral pada penghantar netral tersebut membuat adanya losses yang berpengaruh terhadap efisiensi transformator. selain tidak meratanya beban,

penghubungan yang tidak seimbang fasa R, S, T menjadi aspek bisa mempengaruhi tidak seimbangnnya beban.[5]

Dengan hasil pemaparan permasalahan diatas mengenai pembebanan yang terjadi pada transformator agar dapat bekerja sesuai dengan kemampuan maupun kapasitasnya dengan tujuan agar efektivitas serta daya tahan pada transformator terjaga, sehingga kualitas listrik yang didistribusikan tetap stabil dan terdistribusikan secara baik. Lalu peneliti terkesan buat meneliti menggunakan judul “Analisa Pembebanan Transformator Pada PT. Sumber Mas Indah Plywood Gresik”.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Trafo

Trafo yaitu sebuah alat elektromagnetik digunakan untuk menaikkan atau menurunkan tegangan listrik. Berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik pada trafo dapat merubah sebuah energi listrik dengan frekuensi sama melewati medan magnet.

Berdasarkan hukum Ampere dan Faraday, prinsip kerja transformator bertujuan untuk menimbulkan arus listrik melalui medan magnet yang akan mengakibatkan sebuah induksi pada bagian primer. Sedangkan sisi sekunder menerima garis medan magnet dari bagian primer, total garis ini bervariasi. Akhirnya pada bagian sekunder juga terjadi induksi yang mengakibatkan berbeda tegangan di antara kedua ujung.

2.1 Derating Di Transformator

Derating merupakan bentuk upaya untuk mengurangi maupun menurunkan kapasitas pembebanan akibat pengaruh harmonisa di transformator yang bertujuan agar tidak terjadi pemanasan yang berlebih dan berumur panjang. Sehingga bisa menjaga keandalan sistem tenaga listrik agar lebih ekonomis.

Metode nilai THDF (*Total Harmonic Derating Factor*) dapat menghitung besarnya penurunan kapasitas daya terpasang yang diformulasikan sebagai berikut:

$$THDF = \frac{1,414 \times (\text{Arus fasa rms})}{(\text{Arus puncak fasa sesaat})} \times 100\%$$

$$THDF = \frac{1,414 \times (\frac{2}{3} \times (I_r + I_s + I_t) \text{rms})}{\frac{1}{3} \times (I_r + I_s + I_t) \text{puncak}} \times 100\% \quad (1)$$

Dimana $1,414 = \sqrt{2}$ (kondisi fundamental) dan $I_{\text{puncak}} = I_{\text{peak}} / I_{\text{maks}}$

2.3 Pembebanan Transformator

Saat pembebanan trafo diminta nilai pembebanannya tidak melebihi 80% atau dibawah 40% (PT. PLN) menurut standard SPLN 17:1979. Apabila beban belum memenuhi kriteria maka dapat dikatakan overload atau underload maka dilakukan penggantian dan penyisipan transformator. Untuk menghitung daya transformator sisi primer atau tegangan tinggi, dapat diformulasikan persamaan di bawah ini: [6]

$$S = \sqrt{3} \times V \cdot I \quad (2)$$

penjelasannya:

S = Daya Trafo (kVA)

V = Tegangan bagian primer trafo (kV)

I = Arus jala-jala (A)

Sehingga diperoleh perhitungan arus beban full (full load) yang diformulasikan memakai persamaan:

$$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V} \quad (3)$$

Penjelasannya:

I_{FL} = Arus beban full (A)

S = Daya trafo (kVA)

V = Tegangan bagian sekunder trafo (kV)

kalaupun mencari arus rata-rata trafo bisa memakai persamaan seperti :

$$I_{\text{rata-rata}} = \frac{I_r + I_s + I_t}{3} \quad (4)$$

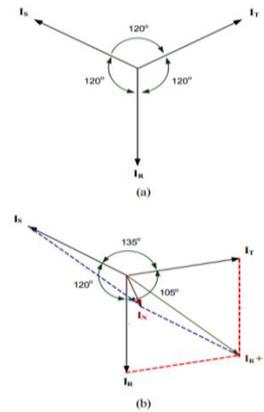
Untuk menghitung persentase pembebanan pada transformator menggunakan persamaan di bawah ini :

$$\% \text{ Pembebanan transformator} = \frac{I_{\text{rata-rata}}}{I_{FL}} \times 100\% \quad (5)$$

2.4 Ketidakseimbangan Beban Transformator

Ketidakseimbangan beban terjadi karena ketidakseimbangan beban dan belum merata mengenai pembagian beban antar fasa pada saat proses produksi. Terdapat batasan beban tidakseimbang tegangan rata-rata yaitu 2% ketika 95% jarak waktu pengukuran [7]

Beban tidak seimbang antar 3 fasa mengakibatkan arus mengalir pada kabel netral trafo dan maka akan mengakibatkan rugi-rugi daya pada jaringan distribusi sisi sekunder mengalami peningkatan berdampak di konsumen dan PLN.



Gambar 1. Ketidakseimbangan Beban

Koefesien beban $a=b=c=1$ dengan arus rata-rata yang merupakan arus fasa saat keadaan seimbang dengan formulasi di bawah ini :

$$I_R = a \cdot I \quad \text{Maka} \quad a = I_R / I_{\text{rata-rata}} \quad (6)$$

$$I_S = b \cdot I \quad \text{Maka} \quad b = I_S / I_{\text{rata-rata}} \quad (7)$$

$$I_T = c \cdot I \quad \text{Maka} \quad c = I_T / I_{\text{rata-rata}} \quad (8)$$

Besarnya koefisien a,b,c adalah 1 Saat keadaan seimbang Maka dari itu rata-rata beban tidak seimbang dalam (%) yaitu :

$$= \frac{|a-1| + |b-1| + |c-1|}{3} \times 100\% \quad (9)$$

2.5 Rugi-Rugi Transformator

(Losses) Rugi-Rugi terdapat arus netral trafo terdapat arus mengalir, disebabkan adanya beban tidak seimbang antar setiap fasa. Losses tersebut mengakibatkan kerugian financial atau secara produksi listrik.

Akibat ketidakseimbangan beban yang dapat diformulasikan persamaan seperti berikut : [8]

$$P_N = I_N^2 \times R_N \quad (10)$$

Penjelasannya :

P_N = rugi-rugi di saluran netral (Watt)

I_N^2 = arus di saluran netral (A)

R_N = tahanan di saluran netral (Ω)

2.6 Efisiensi Transformator

Perbandingan antar daya pengeluaran dengan daya pemasukan disebut efisiensi trafo Efisiensi menunjukkan tingkat efisiensi terhadap suatu kerja yang diperoleh dari transformator tersebut. Maka persamaan yang diformulasikan untuk menghitung tingkat keefesiansian diformulasikan sebagai persamaan berikut ini:

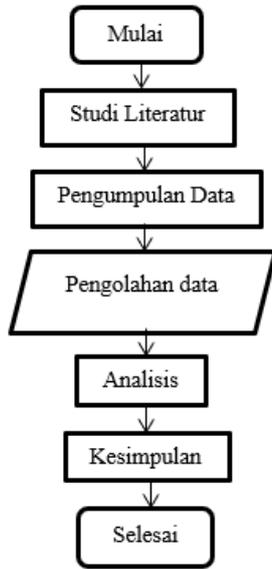
$$Efisiensi (\eta) = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (11)$$

atau

$$Efisiensi (\eta) = \frac{P_{out}}{P_{out} + \sum \text{rugi}} \times 100\% \quad (12)$$

3. Metode Penelitian

3.1 Flowchart Penelitian



Gambar 2. FlowChart Penelitian

Objek pada penelitian tugas akhir ini merupakan transfo distribusi yang memiliki 3 fasa (20 KV/400 V) dengan kapasitas 1600 KVA pada PT. Sumber Mas Indah Plywood Gresik.

Transformator distribusi tersebut digunakan sebagai objek penelitian yang bertujuan untuk mengetahui pembebanan yang terpasang pada perusahaan. Untuk perolehan data yang dibutuhkan pada penelitian ini dengan melakukan pengamatan secara langsung. Serta pengukuran dilakukan pada transformator distribusi 1600 KVA pada PT. Sumber Mas Indah Plywood gresik selama 5 hari dalam rentang waktu satu jam mulai jam 09.00 sampai jam 16.00 agar bisa mengetahui arus dan tegangan perfasa yang terjadi pada saat pagi sampai sore selama jam kerja yaitu jam 09.00 sampai jam 16.00. Pengukuran transformator dilaksanakan menggunakan voltmeter serta tang amperre pada panel utama LVMDP

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Perhitungan Derating

$$THDF = \frac{1,414 \times (\frac{1}{3} \times (996+827+743)_{rms})}{\frac{1}{3} \times (1408,3+1169,3+1050,6)_{puncak/peak}} \times 100\%$$

$$= 99,99 \%$$

$$KVA \text{ baru} = THDF \times KVA \text{ pengenalan}$$

$$= 99,99 \% \times 1600$$

$$= 1599,8 \text{ KVA}$$

$$\text{Derating Trafo (KVA)} = 1600 - 1599,8$$

$$= 0,2 \text{ KVA}$$

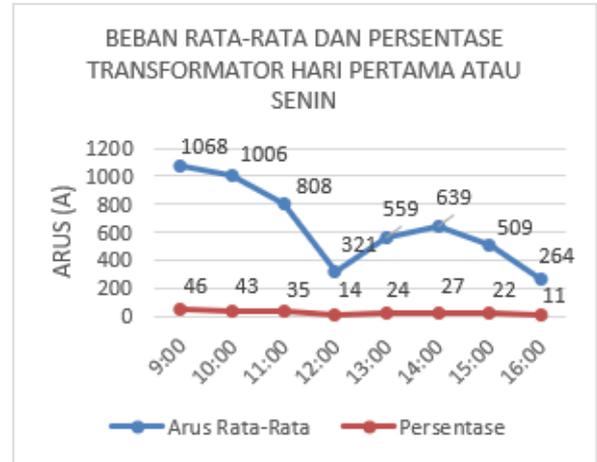
$$\text{Derating Trafo (KW)} = 0,2 \times 0,94$$

$$= 0,19 \text{ KW}$$

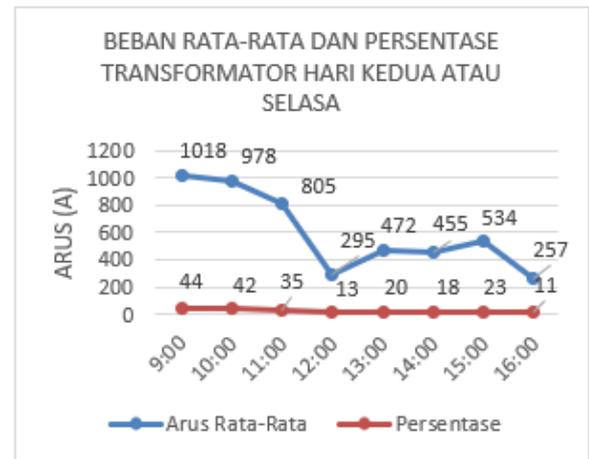
$$\text{Derating Transformator (\%)} = \frac{0,2}{1600} \times 100\%$$

$$= 0,01\%$$

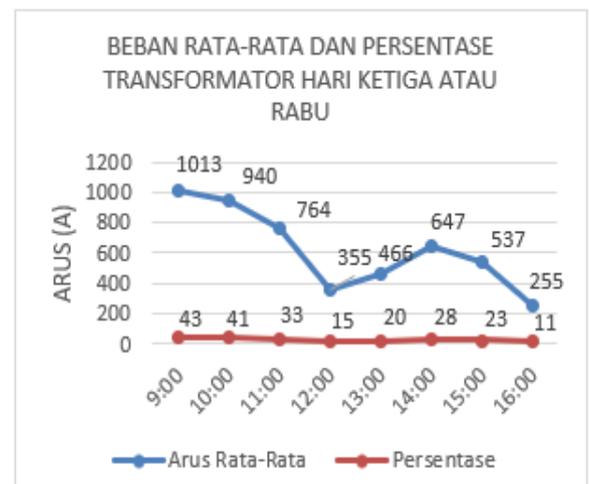
4.2 Analisa Pembebanan Di Transformator



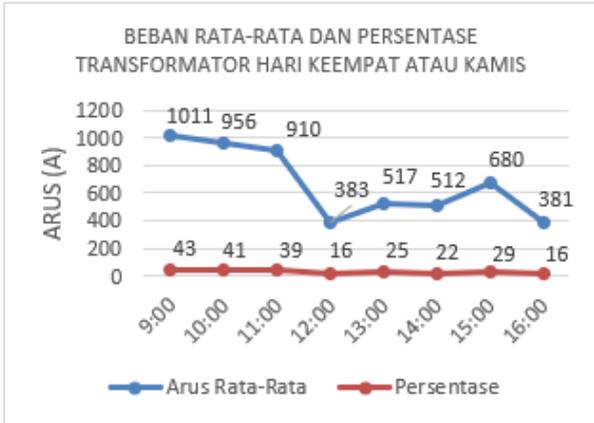
Gambar 3. Grafik Beban Rata-Rata & Presentase Hari Senin



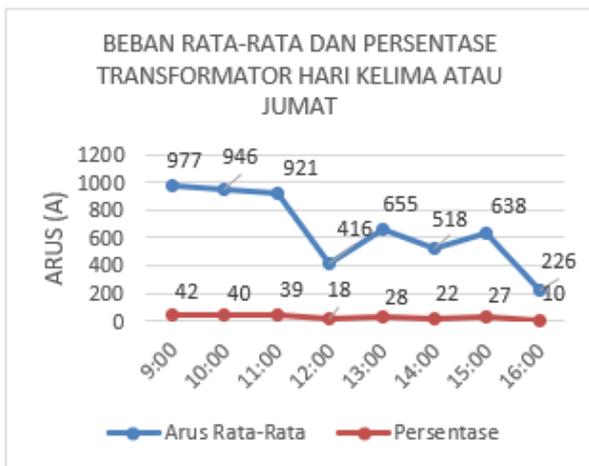
Gambar 4. Grafik Beban Rata-Rata & Presentase Hari Selasa



Gambar 5. Grafik Beban Rata-Rata & Presentase Hari Rabu



Gambar 6. Grafik Beban Rata-Rata & Presentase Hari Kamis



Gambar 7. Grafik Beban Rata-Rata & Presentase Hari Jumat

terukur mulai hari senin sampai hari jumat, dengan waktu jam 09.00 sampai jam 16.00. dapat dilihat hasil tersebut menurut tabel :

Waktu	Arus Rata-Rata Per Fasa		
	I_R	I_S	I_T
09.00	1057	992	1004
10.00	950	975	980
11.00	878	758	889
12.00	354	290	418
13.00	618	528	455
14.00	569	525	568
15.00	634	482	622
16.00	279	298	253

Tabel 1. Perhitungan Arus Rata-Rata Per Fasa

Pada grafik di bawah menunjukkan beban rata-rata tertinggi pada jam 09.00 yaitu :

- Fasa R = 1057
- Fasa S = 992
- Fasa T = 1004

$$I_{rata-rata} = \frac{I_r + I_s + I_t}{3} = \frac{1057 + 992 + 1004}{3} = 1017 \text{ A}$$

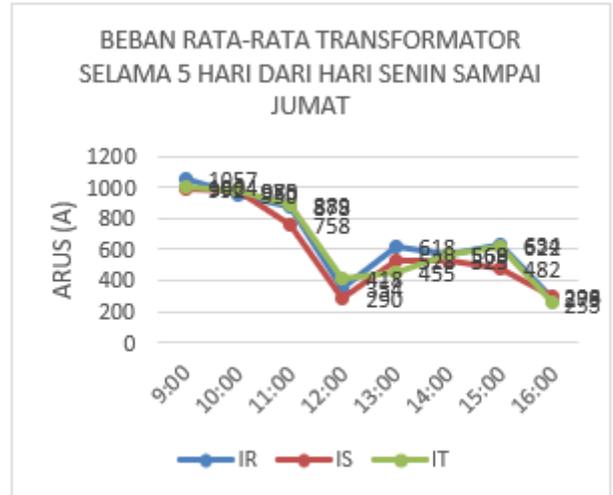
Arus beban full kapasitas trafo tersebut yaitu :

$$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{1599800}{\sqrt{3} \cdot 400} = 2309,18 \text{ A}$$

Persentase pembebanan transformator tersebut yaitu

$$\frac{I_{rata-rata}}{I_{FL}} \times 100\% = \frac{1017}{2309,18} \times 100\% = 44 \%$$

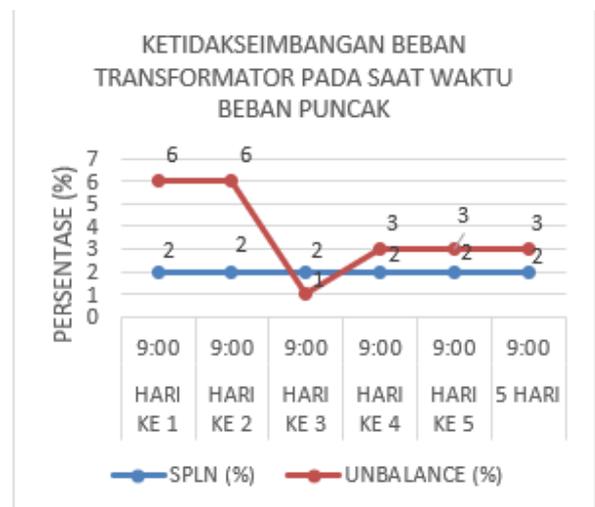
Dari hasil menghitung di atas menunjukkan beban puncak tersebut adalah 44%



Gambar 8. Grafik Beban Rata-Rata & Presentase Selama 5hari

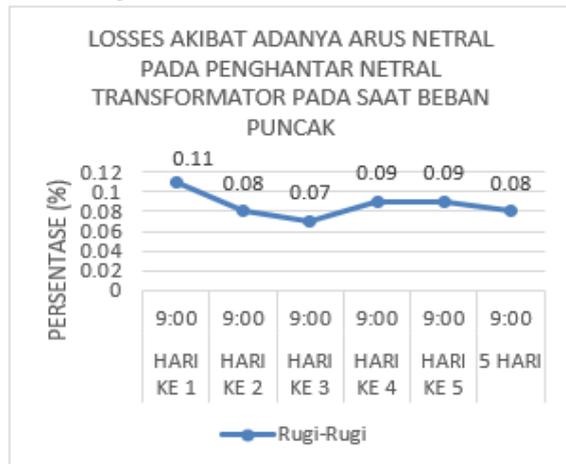
4.3 Analisa Ketidakseimbangan Beban Trafo

Gambar Grafik di bawah merupakan hasil perhitungan ketidakseimbangan beban pada saat waktu beban puncak yaitu menunjukkan ketidakseimbangan yang melebihi standart SPLN terletak pada hari pertama, kedua, keempat, kelima dan selama 5hari. Sedangkan ketidakseimbangan beban yang masih di bawah SPLN terletak pada hari ketiga jam 9. Beban tidak seimbang tersebut disebabkan oleh tidak meratanya pembagian beban, akibatnya akan muncul arus netral di penghantar netral transformator mengakibatkan kerugian bertambah dan kualitas tenaga rendah.



Gambar 9. Grafik Ketidakseimbangan Beban Saat Waktu Beban Puncak

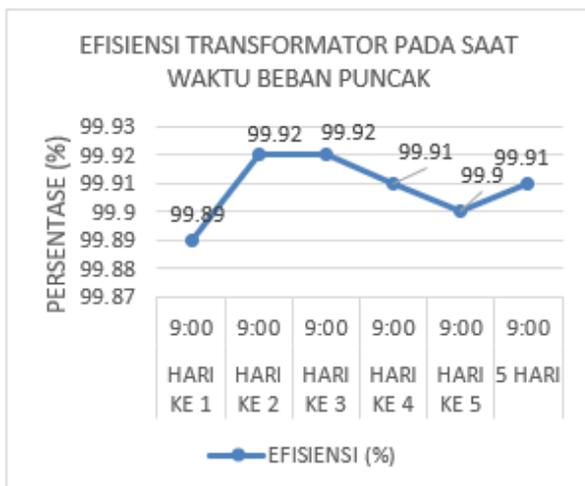
4.4 Analisa Rugi-Rugi Akibat Adanya Arus Netral Di Penghantar Netral Transformator



Gambar 10. Grafik Losses Akibat Adanya Arus Netral Di Penghantar Netral Trafo Saat Beban Puncak

Grafik diatas merupakan hasil Dari menghitung Losses akibat adanya arus netral di saluran netral transformator pada waktu beban puncak atau terbesar adalah 0,11%, terletak pada hari pertama atau senin tanggal 18 April 2022 pukul 09.00 WIB, kemudian untuk losses terkecil terletak pada hari ketiga atau rabu tanggal 20 April 2022 sebesar 0,07% pukul 09.00 WIB. Sehingga dapat diketahui arus netral yang muncul di trafo dipengaruhi oleh makin besar arus netral maka losses yang dihasilkan semakin besar karena besarnya rugi-rugi yang dihasilkan

4.5 Analisa Efisiensi Trafo



Gambar 11. Grafik Efisiensi Beban Puncak

Efisiensi terbesar terletak di hari rabu tanggal 20 April 2022 pukul 09.00 WIB sebesar 99,92%. Sedangkan efisiensi terkecil terletak di hari senin tanggal 18 April 2022 pukul 09.00 WIB sebesar 99,89%. Jadi semakin kecil rugi-rugi maka efisiensi transformator semakin besar sehingga kinerja transformator dapat dioptimalkan. sedangkan semakin besar rugi-rugi maka efisiensi transformator akan semakin kecil, Akibatnya adalah pada saat pendistribusian ada energi yang hilang atau energi

yang keluar lebih kecil besarnya daripada energi yang masuk.

5. KESIMPULAN

Setelah melakukan pengukuran, perhitungan, dan pembahasan dapat disimpulkan seperti di bawah ini :

1. Pada transformator PT. Sumber Mas Indah Plywood Gresik terdapat Derating yaitu sebesar 0,2 KVA atau 0,19 KW. Nilai presentase pembebanan transformator pada saat waktu beban puncak di PT. Sumber Indah Plywood Gresik yaitu sebesar 46%. dari hasil nilai presentase pembebanan tersebut maka masih bisa dilakukan penambahan beban pada transformator, karena masih underload dari range pembebanan atau masih di bawah 80% menurut Standart pembebanan SPLN 17 : 1979.
2. Presentase ketidakseimbangan beban saat waktu beban puncak adalah 6%. Maka dari hasil nilai persentase beban tidak seimbang di trafo tersebut melewati standart ketidakseimbangan beban yaitu 2% menurut SPLN D5.004-1,2012. . Beban tidak seimbang tersebut disebabkan oleh tidak meratanya pembagian beban, akibatnya akan muncul arus netral di penghantar netral transformator mengakibatkan kerugian bertambah dan kualitas tenaga rendah.
3. Losses akibat adanya arus netral di penghantar netral transformator pada saat waktu beban puncak atau terbesar adalah 0,11%, terletak pada hari pertama atau senin tanggal 18 April 2022 pukul 09.00 WIB, kemudian untuk losses terkecil terletak pada hari ketiga atau rabu tanggal 20 April 2022 sebesar 0,07% pukul 09.00 WIB. Efisiensi transformator di PT. Sumber Mas Indah Plywood Gresik yang terbesar yaitu 99,92% dan yang terkecil 99,89% Jadi semakin kecil rugi-rugi maka efisiensi transformator semakin besar sehingga kinerja transformator dapat dioptimalkan. sedangkan semakin besar rugi-rugi maka efisiensi transformator akan semakin kecil, Akibatnya adalah pada saat pendistribusian ada energi yang hilang atau energi yang keluar lebih kecil besarnya daripada energi yang masuk.

6. SARAN

1. Saran di perusahaan yaitu saat perencanaan trafo hal yang harus diperhatikan adalah keseimbangan beban pada saat pembebanan masih underload sebesar 46% maka masih bisa ditingkatkan penambahan beban untuk memaksimalkan kinerja transformator sampai dengan range pembebanan 80%. Sedangkan untuk pembagian beban. sebaiknya perusahaan membagi rata beban antar fasa agar beban tidak seimbang tidak melebihi standart. sehingga dapat mengurangi atau meminimalisir munculnya arus netral pada saluran netral yang menyebabkan losses daya sehingga efisiensi pada transformator tersebut tetap baik.
2. Untuk Penelitian berikutnya dapat membahas bagaimana cara memperbaiki beban tidak seimbang di transformator

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. T. Pln and P. W. Rayon, "RUGI-RUGI DAYA PADA TRANSFORMATOR U . 019," vol. 3, no. 1, pp. 177–182, 2018.
- [3] D. E. Esmaul, A. L. Wardani, M. T. Elektro, D. T. Elektro, and J. T. Elektro, "Analisa pembebanan transformator di pt. indoprime gemilang surabaya," 2020.
- [4] Z. Pelawi, K. Kunci, K. Beban, R.-R. Daya, and A. Netral, "Analisis Rugi-Rugi Daya Pada Penghantar Netral Jaringan Distribusi Sekunder Akibat Ketidakseimbangan Beban," *Cetak) Bul. Utama Tek.*, vol. 13, no. 2, pp. 1410–4520, 2018.
- [5] O. Priyono, "Analisa Pengaruh Beban Tidak Seimbang Terhadap Efisiensi Transformator Distribusi," *J. Ilm. Elektrokrisna Vol. 6 No.1 Oktober 2017*, vol. 6, no. 1, pp. 33–41, 2017.
- [6] SPLN, "SPLN 17 - Pedoman Pembebanan Transformator Terendam Minyak." p. 3, 1979.
- [7] SPLN, D5.004-1 : 2012 "Power Quality (Regulasi Harmonisa, Flicker dan KetidakSeimbangan Tegangan)." 2012.
- [8] D. I. Pt and H. Farma, "Analisa pembebanan transformator di pt.henson farma," no. 45.

