

ANALISIS PEMBEBANAN TRANSFORMATOR DI PT.MHE DEMAG INDONESIA

Dimas Arya Kesuma¹, Hadi Tasmono²
Jurusan Teknik Elektro, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
Jl. Semolowaru 45 Surabaya 60118
Telp. (031) 5931800. Faks. (031) 5927817
E-mail: dimasarya408@gmail.com

ABSTRAK

Pengkajian tentang trafo penyaluran harus diketahui supaya transformator yang terbebani tidak melebihi kapasitasnya. Kondisi ini terlalu berdampak atas keandalan transformator pada mengalirkan tenaga listrik pada beban itu. Maka dari itu nilai di transformator penyaluran bahwa sudah terbebani wajib memperhatikan yakni derating yang timbul di transformator, analisa persen beban, ketidakseimbangan beban, rugi dampak keadaan arus netral di transformator, dan efisiensi transformator. perhitungan trafo yg ditemukan dengan hasil nilai menerima derating yang terjadi di transformator yakni sebanyak 0,07 kw, presentase pembebanan paling tinggi di hari ke satu serta keempat sebesar 42%, lalu yang paling rendah di hari ke 2 sebesar 40% (beban puncak) namun rata-rata persentase pembebanan selama lima hari 39%, masih dibawah standart pembebanan. Nilai ketidakseimbangan tertinggi sebesar 7% di hari keempat, sedangkan terendah pada hari pertama, kedua, ketiga, serta kelima sebanyak 2%. Nilai rugi-rugi adanya arus netral tertinggi sebesar 0,28% di hari pertama serta hari keempat, sedangkan rugi-rugi adanya arus netral terendah 0,21% pada hari ke 2 serta kelima. Efisiensi transformator tertinggi 99,78% di hari kedua dan kelima, sedangkan efisiensi transformator terendah 99,71% pada hari pertama serta keempat. Maka nilai perhitungan ini pembebanan transformator ini bisa nyatakan underload dengan jarak pembebanan serta bisa melakukan menambahkan beban trafo dipergunakan sebanyak 473,34 A.

Kata Kunci: efisiensi trafo, beban tidakseimbang, derating, rugi-rugi arus netral

1. PENDAHULUAN

1.1. Latarbelakang

pada zaman ini listrik terhadap kelangsungan hidup insan sangatlah penting, maka dari karena itu diharapkan adanya penyediaan energi listrik tadi menjadi kebutuhan primer, baik buat kebutuhan sehari-hari maupun untuk kebutuhan industri. Hal ini dikarenakan energi listrik mudah buat di konversikan serta di transportasikan berupa energi lain. ketersediaan energi listrik yang konstan serta kontinyu menjadi kondisi mutlak yang wajib dipenuhi pada kebutuhan tenaga listrik.

Pada operasi pelayanan kepada konsumen, keandalan dan kestabilan sistem penyaluran energi listrik pada tuntutan harus dipenuhi setiap sektornya agar bisa memberikan kesejahteraan kepada pelanggan. Hal ini agar di perhatikan syarat dari peralatan-peralatan listrik yg terpakai. di satu peralatan pada operasi sistem tenaga listrik yang sangat penting adalah transformator. Transformator atau dikenal dengan trafo, trafo artinya suatu alat listrik yang berfungsi buat memindahkan serta membarui tenaga listrik asal satu ataupun banyak di rangkaian listrik yang lain. energi yang diubah serta dipindahkan yaitu tegangan serta arus bolak-balik (AC). Tidak sama dengan tegangan serta arus searah tidak dikonversikan trnsformator. pada sistem distribusi, transformator merupakan komponen serta kegunaannya sangat vital dan tidak bisa pada pisahkan.

berdasarkan fungsi operasinya atau penggunaannya transformator dapat dikategorikan beberapa jenis. diantaranya yaitu transformator daya transformator distribusi, transformator pengukuran, serta

transformator proteksi namun pada tulisan ini, aku hanya membahas transformator distribusi. di sistem penyaluran umumnya terkadang ada beban berlebih serta terdapat ketidak sesuaian pada beban yang terhubung dibanding menggunakan kekuatan maupun daya transformator.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Transformator

Transformator ialah suatu alat listrik elektromagnetik yang dapat memindahkan serta mengganti tenaga listrik berasal satu ataupun lebih rangkaian listrik kedalam rangkaian listrik yang lain, menggunakan frekuensi yangisama, melewati suatu rangkaian magnet serta sesuai prinsip dasar induksi elektromagnet. tenaga listrik yg diubah dan dipindahkan yaitu arus serta tegangan bolak-balik (AC). tidak sinkron dengan arus serta tegangan searah yang tidak dirubah oleh transformator. Kebanyakan transformator terdiri dari sebuah inti, yang terbentuk berasal besi berlapis serta 2 butir kumparan, yakni kumparan primer serta kumparan sekunder. Rasio transformasi tegangan tergantung serta rasio jumlah lilitan dari kedua kumparan itu. Umumnya kumparan terbentuk berasal belitan kawat tembaga yang dililit disekitar “kaki” inti transformator[1].

Prinsip kerja trafo artinya pada dasar hukum Amper serta aturan Faraday, yakni arus listrik bisa memunculkan medan magnet begitu juga sebaliknya medan magnet bisa menyebabkan arus listrik. apabila satu kumparan transformator diberikan arus bolak-balik, maka jumlah garis gaya magnet berubah-ubah.

Maka disisi sekunder pula akan muncul induksi, dampak dikedua ujungnya terdapat beda tegangan.

2.2. Pembebanan Transformator

Berdasarkan SPLN transformator distribusi di upayakan supaya tidak dibeban lebih 80% maupun kurang dari 40%. Bila melebihi maupun dibawah nilai itu berarti transformator dapat dinyatakan *overload* atau *underload*. Diupayakan supaya transformator tidak terbebani pada range yang sudah ditentukan. jika beban tranformator terlalu besar maka dari perlu diterapkkn pergantian ataupun penyisipan transformator. Berikut rumus yang bisa dipergunakan buat melihat kapasitas trafo[2].

$$\% \text{Presentase beban trafo} = \frac{kVA \text{ beban}}{kVA \text{ Trafo}} \times 100 \quad (1)$$

Maka dapat menggunakan perhitungan arus beban full (full load) memakai persamaan rumus :

$$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V} \quad (2)$$

Dimana:

I_{FL} = Arus beban penuh (A)

S = Daya transformator (KVA)

V = Tegangan sisi sekunder transformator (KV)

mencari arus rata-rata yang terdapat di transformator dapat memakai rumus :

$$I_{\text{rata-rata}} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3} \quad (3)$$

2.3. Derating Transformator

Derating ialah usaha penurunan kapasitas trafo yang terbebani disebabkan akibat beban mendapatkan gangguan harmonik supaya pemanasan berlebih pada transformator tidak terjadi (*overheating*), supaya transformator dapat memiliki jangka penggunaan (life time) yang Panjang, agar dari segi ekonomi dapat bermanfaat serta bersamaan menjaga keandalan sistim tenaga listrik. cara mengerjakan menghitung penurunan kapasitas daya terhubung transformator, dipergunakan proses menghitung nilai THDF (*Transformer Harmonic Derating Factor*). artinya sebuah nilai maupun faktor penjumlah untuk dipergunakan sebagai menghitung besar kapasitas baru (kVA baru) transformator. intinya, THDF pada suatu transformator ditentukan oleh adanya THD pada transformator tadi sebagai akibat berasal adanya penggunaan beban non linier di sisi beban. Besar nilai THD dipengaruhi sebelumnya dengan cara pengukuran. Sedangkan nilai THDF dapat dipengaruhi dengan memakai rumus[3].

$$kVA \text{ baru} = THDF \times kVA \text{ pengenal}$$

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

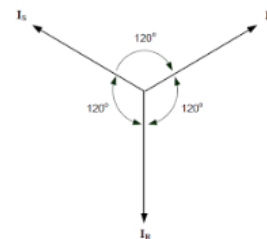
$$THDF = \frac{1,414 \times \left(\frac{1}{3} \times (I_r + I_s + I_t)\right)_{rms}}{\frac{1}{3} \times (I_r + I_s + I_t)} \times 100\% \quad (4)$$

Dimana THDF merupakan faktor derating pada transformator dampak harmonisa. Transformator tidak akan mengalami penurunan kapasitas apabila transformator tidak mengalami gangguan harmonisa sistem nilai THDF=1, pada saat keadaan ideal.

2.4. Ketidakseimbangan Beban

Ketidakseimbangan ditimbulkan beban fasa terhadap fasa tersebut tidak berimbang, baik dampak ketidaksamaan beban fasa terhadap fasa maupun sifatbeban pada suatu metode penerapan yang terbebani tiap fasa di kurun waktu berbeda. Batasan beban tidakseimbang tegangan rata-rata merupakan 2% pada 95% jarak kurun pengukuran. Ketidakseimbangan antar tiga fasa dapat berakibat arus merambat di kabel netral trafo. sebab di kabel netral trafo dialiri arus, lalu rugi daya yang terjadi di jaringan distribusi menyebabkan semakin semakin tinggi. Kerugian terhadap dampak beban tidak seimbang yaitu berdampak pada pihak konsumen juga pihak Perusahaan Listrik Negara (PLN)[4].

Ketidakseimbangan merupakan suatu kondisi dimana terjadinya satu ataupun seluruh fasa di transformator mengalami perbedaan. Adanya perbedaan ini dapat ditinjau berasal besarnya nilai vektor arus ataupun tegangan serta sudut di setiap fasa.



Gambar Diagram Vektor kondisi Seimbang

Dengan memakai koefisien beban yakni $a = b = c = 1$, bahwa rata-rata arus ialah arus fasa pada kondisi seimbang. maka guna mendapatkan seberapa besar ketidakseimbangan beban dapat digunakan rumus :

$$I_R = a \cdot I \quad \text{jadi} \quad a = I_R / I_{\text{rata-rata}} \quad (5)$$

$$I_S = b \cdot I \quad \text{jadi} \quad b = I_S / I_{\text{rata-rata}} \quad (6)$$

$$I_T = c \cdot I \quad \text{jadi} \quad c = I_T / I_{\text{rata-rata}} \quad (7)$$

saat kondisi seimbang besar koefisien a, b, c ialah 1. maka rata-rata ketidakseimbangan beban (%) merupakan :

$$\frac{\{|a+1|+|b-1|+|c-1|\}}{3} \times 100\% \quad (8)$$

2.5. Efisiensi Transformator

Efisiensi transformator ialah perbedaan suatu daya listrik keluaran serta daya masukan. Efisiensi memberikan keefisienan kerja suatu alat. Secara teratur bisa dijelaskan dalam persamaan dibawah ini[5].

$$\text{Efisiensi } (\eta) = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (9)$$

ataupun,

$$\text{Efisiensi } (\eta) = \frac{P_{out}}{P_{out} + \varepsilon_{rugi}} \times 100\% \quad (10)$$

2.6. Rugi – rugi Transformator

Rugi - rugi (*losses*) tercipta bila ditemukan sirkulasi arus di tiap fasanya di sisi sekunder trafo terhadap netral trafo. Hal seperti ini ditimbulkan dengan keadaan beban tidakseimbang terhadap masing-masing phasanya. jika kondisi seperti ini tidak kunjung ditanggulangi, bahwa akan mengakibatkan kerugian secara financial juga secara produksi listrik itu sendiri. Besar nilai rugi - rugi (*losses*) di artikan menjadi besar daya yang hilang dampak terhadap beraneka aspek, salah satunya dikarenakan beban yang tidakseimbang. Maka rumus guna menngetahui besar nilai rugi-rugi daya yang hilang di penghantar netral trafo merupakan sebagai berikut[5].

$$P_N = I_N^2 \times R_N \quad (11)$$

Dimana:

P_N =Rugi-rugi daya atau *losses* pada penghantar netral (watt).

I_N =Arus pada penghantar netral (A).

R_N =Tahanan pada penghantar netral (Ω).

Wujud antara lain *losses* / rugi-rugi ialah adanya sirkulasi pada arus netral trafo menuju grounding trafo. buat mengetahui besarnya nilai rugi-rugi daya yang mengalir ke ground transformator di persamaan berikut:

$$P_G = I_G^2 \times R_G \quad (12)$$

Dimana:

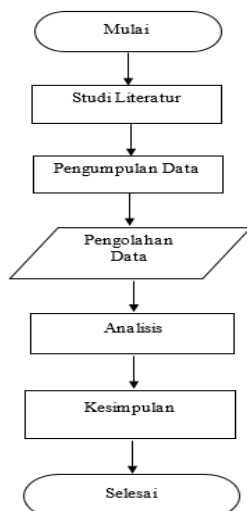
P_G = Rugi-rugi daya atau *losses* pada penghantar ground (watt)

I_G = Arus pada penghantar ground (A)

R_G = Tahanan pada grounding trafo (Ω)

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Diagram Alir



Gambar3.1 Diagram alir

3.2. Jenis Penelitian

Penelitian ini memakai metode kuantitatif dimana datanya berupa data aktual didapatkan dari hasil pengukuran langsung dilapangan pengukuran tersebut diselesaikan di bentuk matematis. Sebelum melakukan penelitian dilakukan pengumpulan referensi buku, jurnal, melakukan konsultasi bimbingan dengan dosen yg berkaitan.

Tabel Name plate transformator

| Parameter | Nilai |
|------------------|-----------------------------------|
| Frekuensi | 50 Hz |
| Kapasitas | 800 kVA |
| Nominal Tegangan | Primer : 2000 Sekunder : 400 |
| Nominal Arus | Primer : 18,2 Sekunder : 909,2 |
| Impedansi | 4 % |
| Tipe pendingin | ONAN |
| Tahun | 2012 |

pengkajian ini diperlukan pengumpulan data yaitu menggunakan metode pengamatan secara langsung pada lapangan serta mengambil data-data secara aktual yang mendukung. Pengukuran ini dilakukan transformator distribusi 800 kVA PT. MHE Demag Indonesia selama 5 hari. Dimulai pada hari senin hingga jumat tanggal 7 Maret hingga 11 Maret dengan kurun waktu 8 jam. Pengukuran dilakukan di rentang waktu satu jam guna mengetahui arus per fasa yg terjadi di saat pagi hingga sore disaat jam kerja. Pengukuran transformator dilakukan memakai clamp meter.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Menghitung Derating Transformator

THDF (Transformator Harmonic Derating Factor) bisa diketahui menggunakan rumus :

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

Dimana 1,414 = $\sqrt{2}$ (kondisi fundamental) serta

$I_{puncak} = I_{peak} / I_{maks}$

$I_{peak} \quad R = 485$

$S = 445$

$T = 458$

$I_{rms} \quad R = 485 / \sqrt{2} = 484$

$S = 445 / \sqrt{2} = 314$

$T = 458 / \sqrt{2} = 323$

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

$$= \frac{1,414 \times (\frac{1}{3} \times (484 + 314 + 323) \text{ rms})}{\frac{1}{3} \times (485 + 445 + 458) \text{ puncak}} \times 100\%$$

= 99,81%

KVAbaru = THDF x KVA pengenal

= 99,81% x 800 kVA

= 798,48 kVA

Derating Trafo (KVA) = 800kVA – 798,48 KVA

= 0,08 KVA

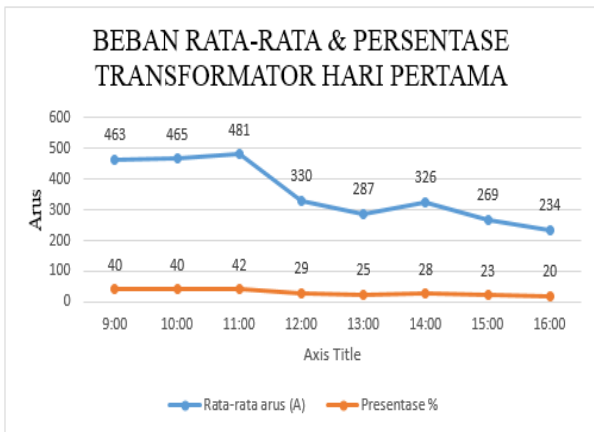
Derating trafo (KW) = 0,08 x 0,94

= 0,07 KW

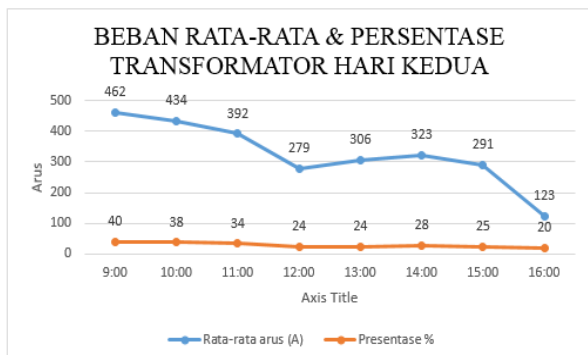
Derating Trafo (%) = $\frac{0,08}{800} \times 100\%$

= 0,01%

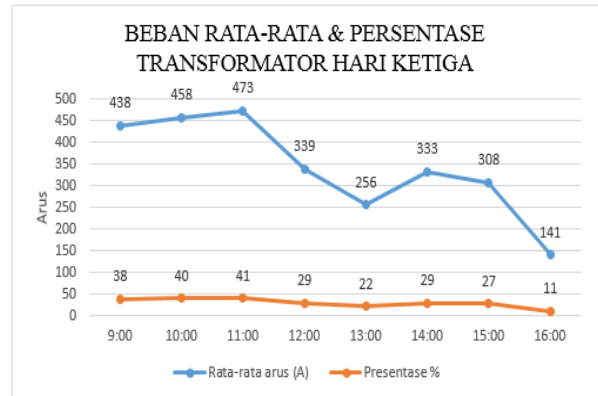
4.2 Analisis Pembebanan Persentase Transformator



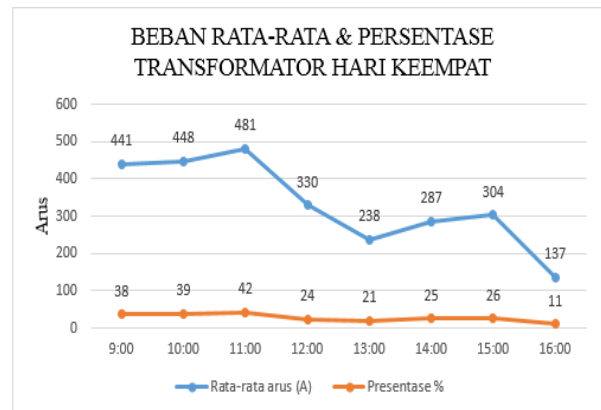
gambar 4.1 Rata-rata beban Hari Pertama



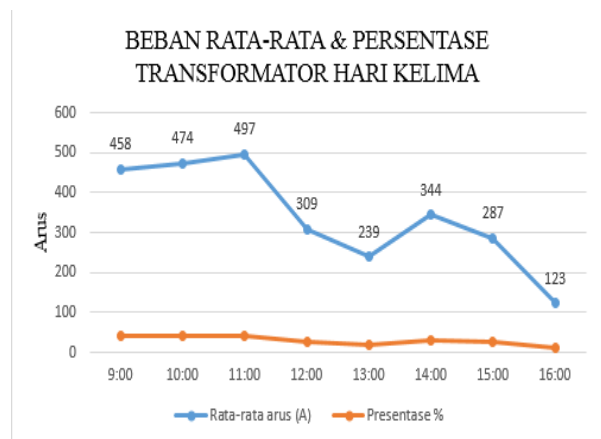
gambar 4.2 Rata-rata beban Hari kedua



Gambar 4.3 Rata-rata beban Hari Ketiga



Gambar 4.4 Rata-rata beban Hari Keempat

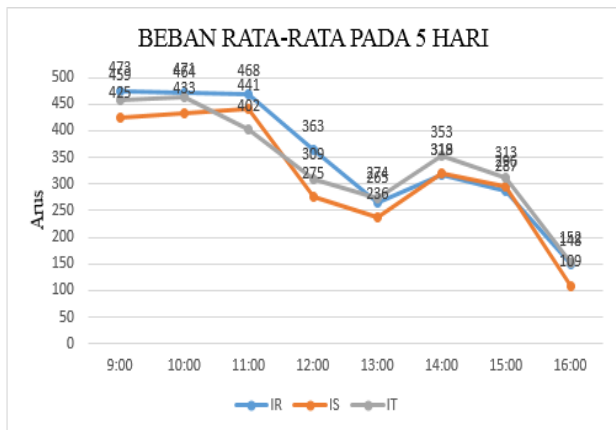


Gambar 4.5 Rata-rata beban Hari Kelima

Berdasarkan nilai perhitungan beban terukur rata-rata selama hari senin hingga jumat ketika waktu kerja pukul 09.00-16.00 dinyatakan dalam tabel dibawah.

Tabeli4.1 arus rata-rata 5 hari tiap fasa

| Waktu | Arus rata-rata per fasa 5 hari | | |
|-------|--------------------------------|-----|-----|
| | Ir | Is | It |
| 09.00 | 473 | 425 | 459 |
| 10.00 | 471 | 433 | 464 |
| 11.00 | 468 | 441 | 402 |
| 12.00 | 363 | 275 | 309 |
| 13.00 | 265 | 236 | 274 |
| 14.00 | 318 | 319 | 353 |
| 15.00 | 287 | 296 | 313 |
| 16.00 | 148 | 109 | 152 |



Gambar 4.6 Rata-rata selama 5 hari

Berikut merupakan grafik rata-rata beban tertinggi pada pukul 10.00 yaitu :

$$\text{Fasa R} = 471$$

$$\text{Fasa S} = 433$$

$$\text{Fasa T} = 464$$

$$\text{Irata-rata} = \frac{IR+IS+IT}{3} = \frac{471+433+464}{3} = 456 \text{ A}$$

Arus beban penuh kapasitas transformtor :

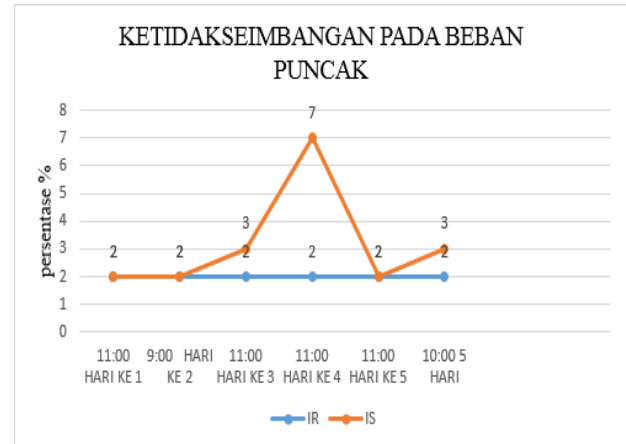
$$\begin{aligned} \text{IFL} &= \frac{s}{\sqrt{3} \cdot V} \\ &= \frac{798480}{\sqrt{3} \cdot 400} \\ &= 1154,5 \text{ A} \end{aligned}$$

Persentase pembebanan transformator adalah:

$$\frac{\text{Irata-rata}}{\text{IFL}} \times 100\% = \frac{456}{1154,5} \times 100\% = 39\%$$

Maka didapatkan perhitungan diatas bahwa beban puncaknya yaitu 39%

4.3 Ketidakseimbangan Beban



Gambar 4.7 Grafik ketidakseimbangan beban puncak

Dengan menggunakan persamaan (2.33), (2.34), (2.35), koefisien a, b, dan c dapat dihitung

$$I_{Ri} = i_a \times I_{maka} \text{ ai} = \frac{IR}{I_{rata}} = \frac{471}{456} = 1,01 \text{ A}$$

$$I_S = b \times I_{maka} \text{ b} = \frac{IS}{I_{rata}} = \frac{433}{456} = 0,96 \text{ A}$$

$$I_T = c \times I_{maka} \text{ c} = \frac{IT}{I_{rata}} = \frac{464}{456} = 1,02 \text{ A}$$

saat kondisi seimbang, besar koefisiennya a, b, serta c ialah 1. bahwa rata-rata dalam bentuk (%) digunakan rumus :

% Ketidakseimbangan beban

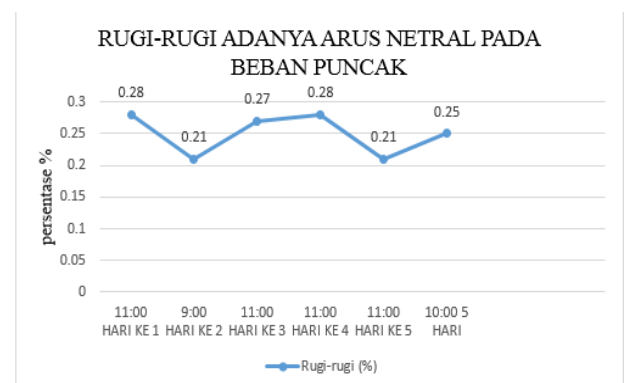
$$= \frac{\{|a-1|+|b-1|+|c-1|\}}{3} \times 100\%$$

% Ketidakseimbangan beban

$$= \frac{\{|1,03-1|+|0,94-1|+|1,01-1|\}}{3} \times 100\%$$

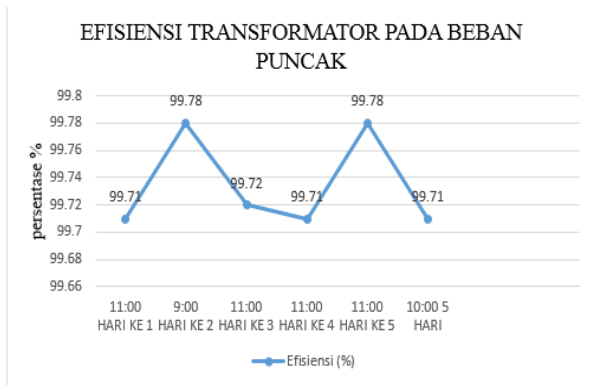
% ketidakseimbangan beban = 3%

4.4. Rugi-rugi Arus Netral Pada Penghantar Netral Transformator



Gambar 4.8 Rugi Arus Netral Pada Beban Puncak

4.5 Efisiensi Transformator



gambar 4.9 Efisiensi Keadaan Beban Puncak

Nilai efisiensi yang bagus ialah 100 %, tetapi adanya rugi-rugi menghasilkan nilai efisiensi di transformator kurang dari 100%. Adanya rugi-rugi dapat terjadi perubahan sebagai panas. Efisiensi terbesar di hari selasa pada pukul 09.00WIB serta hari jumat di pukul 11.00WIB 99.78%. jadi semakin sedikit rugi-rugi yg dihasilkan maka transformator akan mendapatkan efisiensi yang optimal, maka kinerja transformator bisa dimanfaatkan dengan baik.

5. KESIMPULAN

Dapat disimpulkan bahwa perhitungan, dan pembahasan sebagai berikut :

1. Derating yang terjadi di transformator ialah se banyak 0,08kVA atau 0.07 kW. Pada saat beban puncak Presentase pembebanan transformator 39% atau kurang dari 40%. bahwa bisa dinyatakan maka transformator tersebut bisa dikatakan kurang dari minimal pembebanan (*underload*) dengan minimal pembebanan yaitu 40%. Sehingga transformator tersebut dikatakan masih layak dilakukan penambahan beban.
2. Rugi-rugi arus netral mengalir pada penghantar netral yaitu 0.28% di hari senin serta kamis pukul 11.00 WIB, lalu rugi-rugi terkecil yaitu 0.21% hari selasa serta jumat pada pukul 09.00WIB serta pukul 11.00 WIB.
3. Efisiensi pada transformator yang dihasilkan yaitu semakin sedikit rugi-rugi yang di dapatkan maka efisiensi yang didapatkan semakin besar, kinerja transformator bisa di optimalkan.

REFERENCES

- [1] N. Rinanda, "Analisis Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral Dan Rugi – Rugi (*Losses*) Pada Transformator Distribusi Pt. Pln Cabang. Medan, " *Anal. Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral Dan Rugi–Rugi Pada Transform Distrib. Pt. Pln Cab. Medan*, 2009.

- [2] SPLN 49 -1 Minyak Isolasi, "TEFIENr ' AM," 1979.
- [3] O. G. I. A. L. Farishi, P.Studi, T.Elektro, F. Teknik, and U.M. Surakarta, "Perhitungan Dan Analisis Derating Trafo Daya Karena Pembebanan Non - Linier Penghitungan serta Analisa Derating Trafo Daya Karena Pembebanan Non - Linier," 2021.
- [4] A. P. Kawihing, M. Tuegeh, L. S. Patras, and M. Pakiding, "Pemerataan Beban Transformator Pada Saluran Distribusi Sekunder," *e-journal Tek. Elektro dan Komput.*, pp. 1–9, 2013.
- [5] Zuhail, "Dasar Tenaga Listrik Dan Elektronika Daya." p. 264, 2000.

