

ESTIMASI UMUR PAKAI DAN RUGI DAYA TRANSFORMATOR

The Estimated Age of Use and Loss Power Transformer

Winarso

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Purwokerto
Jl.Raya Dukuh Waluh PO BOX 202 Purwokerto 53182
Telp; (0281) 636751 ext 130. Fax. (0281) 637239
Email: ewinarso@gmail.com

ABSTRAK

Transformator memiliki peran penting dalam jaringan distribusi untuk menyalurkan tenaga listrik dari gardu induk ke beban, agar transformator dapat bekerja terus menerus tanpa adanya kerusakan maka perlu dilakukan pemilihan, penempatan transformator sesuai besar beban (kVA) yang digunakan, dan perawatan berkala dalam jangka waktu tertentu. Dalam perhitungan waktu pakai transformator kita dapat memprediksikan waktu pakai dari transformator dari perhitungan tegangan dan arus yang digunakan setiap harinya, dengan mengetahui waktu pakai suatu transformator maka kita bisa mencegah kerusakan dengan mengganti transformator sebelum transformator tersebut terjadi kerusakan. Prediksi umur pakai transformator dengan asumsi 5 tahun pemakaian adalah 4 tahun 7 bulan dengan nilai error 5,43%. Rugi daya transformator bisa terjadi oleh karena adanya aliran arus melalui titik netral dan pentanahan. Kondisi tersebut dapat terjadi oleh karena adanya ketidakseimbangan beban transformator. Transformator di Universitas Muhammadiyah Purwokerto (UMP) memiliki arus netral dan menyebabkan losses pada titik netral dan pentanahan.

Kata kunci : Umur pakai trafo, ketidakseimbangan, rugi daya

ABSTRACT

The transformer has an important role in the distribution network to deliver electricity from substations to load, so that the transformer can work continuously without any damage it is necessary to elections, the placement of suitably large transformer load (kVA) are used, and regular maintenance in a given period of time. In the calculation of transformer life time we can predict the lifetime of the transformer from the calculation of the voltage and current used every day, knowing when to use a transformer then we can prevent the damage by replacing the transformer transformer before damage occurs. Transformer service life prediction assuming 5 years of use was 4 years 7 months with a 5.43% error rate . The transpformator power loss can occur due to the current flow through the neutral point and earth. The condition can occur due to the transformer load imbalance. Transformer at the University of Muhammadiyah Purwokerto (UMP) has a neutral currents and cause losses in the neutral point and earth.

Keywords: Age-made transformer, imbalance, loss of power

PENDAHULUAN

Salah satu peralatan yang sangat penting dalam penyaluran tenaga listrik yaitu transformator tenaga. Fungsi transformator tenaga ini adalah suatu peralatan tenaga listrik yang berfungsi untuk menyalurkan tenaga/daya

listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya (mentransformasikan tegangan) (Zuhal, 1991). . Oleh karena itu transformator merupakan peralatan yang sangat penting maka diusahakan agar peralatan ini berusia panjang dan dapat lebih lama dipergunakan.

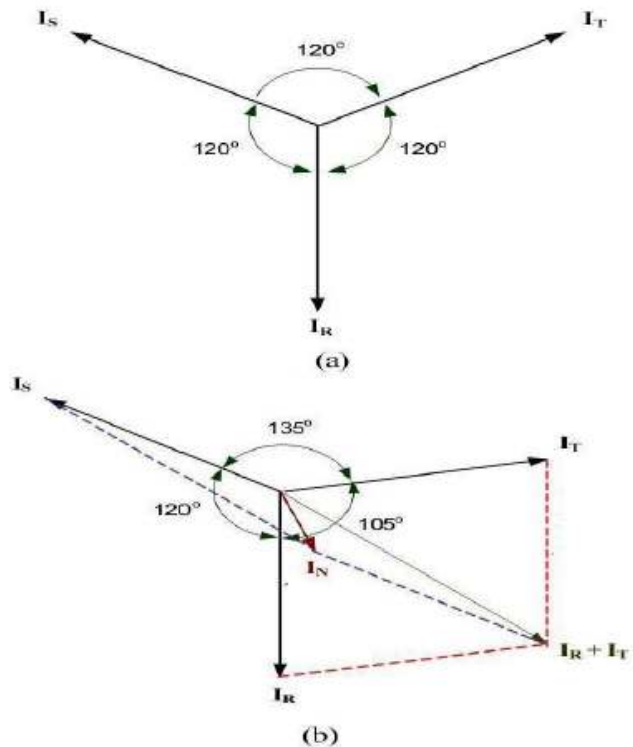
Beberapa faktor terjadinya berkurangnya umur atau kerusakan transformator pada isolasinya karena pengaruh thermal adalah suhu sekitar (*ambient temperatur*), suhu minyak trafo dan pola pembebanan terhadap transformator tersebut.

Dalam mengatasi masalah terjadinya gangguan maka perlu dilakukan pemeliharaan jaringan distribusi, pemeliharaan jaringan itu sendiri meliputi pekerjaan, pemeriksaan, pencegahan, perbaikan dan pergantian peralatan pada suatu jaringan distribusi secara terjadwal maupun tanpa jadwal (Syarifudin, 2011)..

Pemilihan kapasitas KVA Trafo Distribusi didasarkan pada beban yang akan dilayani. Diusahakan presentasi pembebanan Trafo Distribusi mendekati 80% Trafo Distribusi umumnya mencapai efisiensi maksimum (rugi-rugi.Trafo minimum). Bila beban Trafo terlalu besar, maka dilakukan penggantian Trafo atau penyisipan Trafo atau mutasi Trafo (Trafo yang melayani beban kecil dimutasikan ke beban besar, dan begitu sebaliknya). Mutasi antar Trafo dapat dilakukan. setelah hasil pengukuran beban diperoleh Ketidakseimbangan beban pada suatu sistem distribusi tenaga listrik selalu terjadi dan penyebab ketidakseimbangan tersebut adalah pada beban-beban satu fasa pada pelanggan jaringan tegangan rendah. Akibat ketidakseimbangan beban tersebut munculah arus di netral trafo. Arus yang mengalir di netral trafo ini menyebabkan terjadinya *losses* (rugi-rugi), yaitu *losses* akibat adanya arus netral pada penghantar netral trafo dan *losses* akibat arus netral yang mengalir ke tanah [2]. Sistem Jaringan Distribusi tenaga listrik PLN sebelum digunakan untuk melayani konsumen, energi listrik disalurkan dari pusat pembangkit tenaga listrik melalui saluran transmisi udara tegangan tinggi 150 KV hingga gardu induk, dan tegangannya diturunkan melalui trafo distribusi 20 KV kemudian disalurkan ke konsumen hingga tegangannya mencapai 380/220 V.

Pada sistem distribusi tiga fasa empat kawat, beban dikatakan seimbang jika pada masing-masing fasa mengalir arus yang sama besarnya. Gambar 1a menunjukkan vektor diagram arus dalam keadaan seimbang dan membentuk sudut 120° antara fasa yang satu dengan fasa yang lainnya. Di sini terlihat bahwa penjumlahan ketiga vektor arusnya (I_R ,

I_S , I_T) adalah sama dengan nol sehingga tidak muncul arus netral (I_N) (Suhirman, 1991).



Gambar 1. Diagram vektor arus (a) seimbang (b) tidak seimbang

Pemakaian atau pengoperasian beban tidak selalu pada waktu bersamaan pada sistem distribusi tiga fasa empat kawat menyebabkan ketidakseimbangan pada fasa-fasanya.

Ada tiga kategori kemungkinan beban tidak seimbang :

- a. Ketiga vektor sama besar tetapi tidak membentuk sudut 120° satu sama lain.
- b. Ketiga vektor tidak sama besar tetapi membentuk sudut 120° satu sama lain.
- c. Ketiga vektor tidak sama besar dan tidak membentuk sudut 120° satu sama lain.

Jika terjadi ketidakseimbangan beban maka penjumlahan arus pada setiap fasanya tidak sama dengan nol. Gambar 1b menunjukkan vektor diagram arus yang tidak

seimbang. Di sini terlihat bahwa penjumlahan ketiga vektor arusnya (I_R , I_S , I_T) tidak sama dengan nol sehingga muncul sebuah besaran yaitu arus netral (I_N) yang besarnya bergantung dari seberapa besar faktor ketidakseimbangannya.

METODE PENELITIAN

Peralatan

Beberapa peralatan yang digunakan dalam pengambilan data dilapangan diantaranya Analyzer –Fluke 41 B, alat ini dapat digunakan untuk mengukur tegangan, arus, daya 1 fasa dan 3 fasa, cos phi serta kandungan harmonisa tegangan dan harmonisa arus. AC current probe dan Tang ground tester digital untuk mengukur nilai tahanan pembumian netral trafo.

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan selama tujuh hari mulai tanggal 16 – 22 Desember 2013 di kampus Universitas Muhammadiyah Purwokerto.

Prosedur Penelitian dan Analisa

a. Teknik Pengambilan data

Data diambil pada malam hari pada pukul 10.00 – 12.00 karena waktu tersebut adalah waktu beban puncak kampus Universitas Muhammadiyah Purwokerto.

b. Analisa Data

Prediksi *time life* suatu transformator dapat dianalisa dengan menggunakan pendekatan nilai error pembebanan trafo. Perhitungan nilai daya nominal menggunakan persamaan berikut dengan $\cos \theta$ adalah faktor daya PLN ($\cos \theta = 0,85$)

$$P_{nominal} = I_{beban} \times V_{out} \times \cos \theta \quad (1)$$

Nilai *error* dapat dihitung dengan persamaan 11 dengan asumsi bahwa nilai ketetapan batasan pemakaian trafo (P) sebesar 85%. Nilai P^* adalah nilai jumlah persentase dari arus, tegangan dan daya [3].

$$E = \left(\frac{P - P^*}{P} \right) \times 100\% \quad (2)$$

Menghitung arus beban penuh dapat menggunakan rumus :

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

dimana :

I : arus beban penuh (A)

V : tegangan sisi sekunder (kV)

S : Daya transformator (kVA)

Menghitung arus rata-rata

$$I_{rata-rata} = \frac{I_1 + I_2 + \dots + I_n}{n} \quad (4)$$

Persentase pembebanan trafo

$$\% \text{ pembebanan} = \frac{I_{rata-rata}}{I_{FL}} \quad (5)$$

Jika (I) adalah besaran arus fasa dalam penyaluran daya sebesar P pada keadaan seimbang, maka pada penyaluran daya yang sama tetapi dengan keadaan tidak seimbang besarnya arus-arus fasa dapat dinyatakan dengan koefisien a , b dan c [2].

$$\begin{aligned} [I_R] &= a [I] \\ [I_S] &= b [I] \\ [I_T] &= c [I] \end{aligned} \quad (6)$$

dengan I_R , I_S dan I_T berturut-turut adalah arus di fasa R, S dan T.

Bila faktor daya di ketiga fasa dianggap sama walaupun besarnya arus berbeda, besarnya daya yang disalurkan dapat dinyatakan sebagai :

$$P = (a + b + c) \cdot [V] \cdot [I] \cdot \cos \phi \quad (7)$$

Sebagai akibat dari ketidakseimbangan beban antara tiap-tiap fasa pada sisi sekunder trafo (fasa R, fasa S, fasa T) akan mengalir arus di netral trafo. Arus yang mengalir pada penghantar netral trafo ini menyebabkan losses [3]. Losses pada penghantar netral trafo ini dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$P_N = I_N^2 \cdot R_N \quad (8)$$

dimana :

P_N : rugi penghantar netral trafo (watt)

I_N : arus pada netral trafo (A)

R_N : tahanan penghantar netral trafo (Ω)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Time Life Transformator daya 400 kVA

Perhitungan dengan menggunakan persamaan 1 dan 2 diperoleh nilai error sebesar 5,43 %.

Tabel 1. Perhitungan nilai error

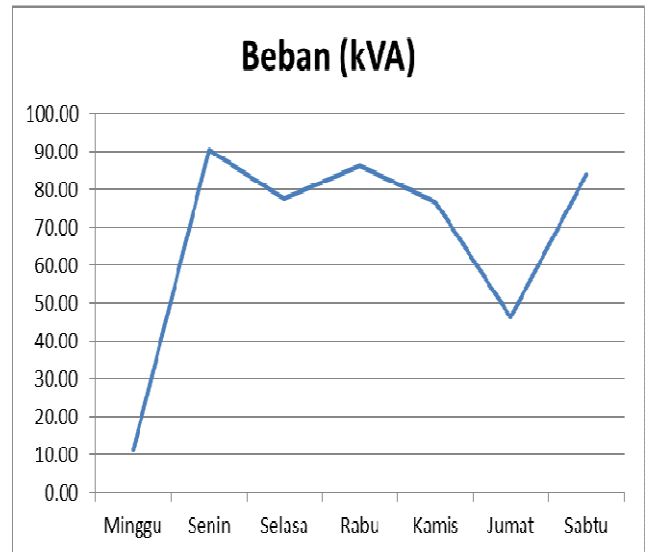
Arus nominal (A)	618.03
Nilai Persentase (%)	69.37
Daya Persentase (%)	80.39
Daya Batasan (%)	85
Nilai Error (%)	5.43

Prediksi waktu pakai transformator dengan asumsi 5 tahun pemakaian berdasarkan nilai error tabel 2, didapatkan sisa waktu pakai adalah 4 tahun 7 bulan dengan dasar 1 tahun adalah 365 hari.

Tabel 2. Prediksi time life trafo

Sisa pakai (%)	94.57
Dalam hari jika 5 th	1825.00
Dalam Hari	1725.98
Dalam tahun	4.73
Sisa waktu pakai	4 tahun 7 Bulan

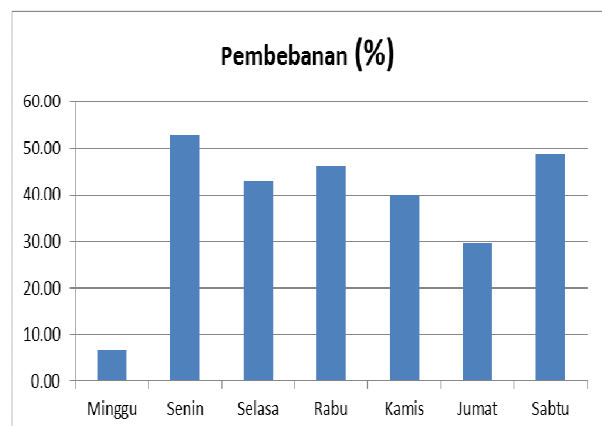
Pemakaian beban selama tujuh hari memperlihatkan bahwa pada hari minggu terjadi pemakaian yang sangat kecil sebesar 11,30 kVA dan sedangkan pemakaian tertinggi pada hari senin sebesar 90,43 kVA.



Gambar 2. Grafik pemakaian beban selama tujuh hari

Analisa Pembebanan

Persentase pembebanan selama seminggu menggambarkan bahwa selama seminggu pemakaian beban tidak sama. Pembebanan tertinggi pada hari senin sebesar 52,64% sebagai awal aktivitas mingguan disusul pada hari sabtu. Pada hari sabtu, pembebanan sekitar 48,53% hal ini disebabkan oleh karena kampus UMP tidak libur pada hari sabtu seperti halnya kampus negeri lainnya. Pembebanan terendah pada hari minggu oleh karena libur sebesar 6,58% dan disusul pada hari jumat sebesar 29,78% oleh karena pada hari jumat terjadi jam istirahat terlama.

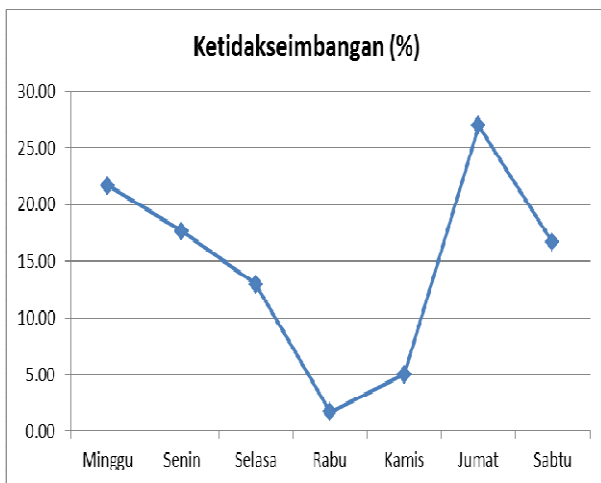


Gambar 3. Persentase Pembebanan Selama Seminggu

Ketidakseimbangan Beban

Gambar 4 menjelaskan tentang persentase ketidakseimbangan pemakaian beban pada setiap phasanya. Ketidakseimbangan tertinggi terjadi pada hari jumat oleh karena pada hari tersebut beban hanya phasa T sedang phasa lainnya sebagian besar tidak dimanfaatkan (jam istirahat).

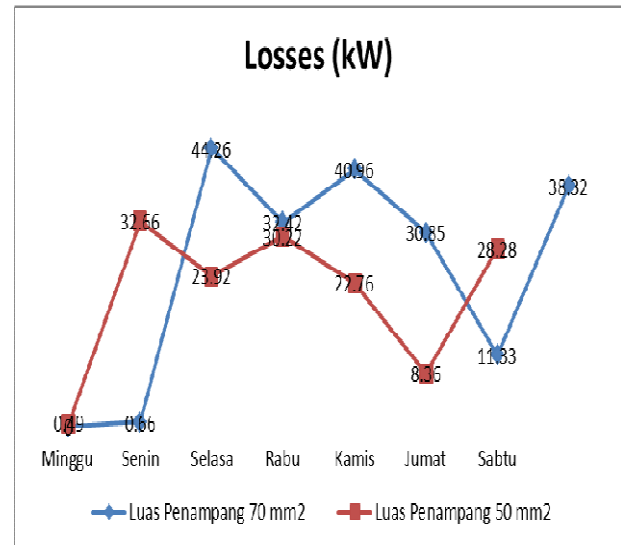
Ketidakseimbangan terendah terjadi pada hari rabu yaitu hanya sekitar 1,67% oleh karena pada hari tersebut hampir semua beban difungsikan secara bersamaan.



Gambar 4. Ketidakseimbangan Beban Selama Seminggu

Analisa Losses Titik Netral

Losses pada penghantar netral berbanding lurus dengan kuadrat arus yang mengalir. Mengacu pada persamaan 8 diperoleh losses sebagai berikut. Penghantar netral dengan luas penampang 70 mm² memiliki tahanan sebesar 0.5049 ohm/km dan 50 mm² dengan tahanan 0,6842 ohm/km.

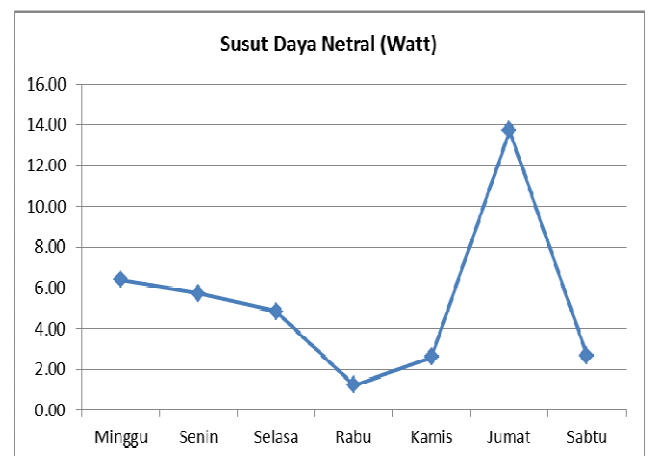


Gambar 5. Perbandingan Losses Titik Netral

Losses pada titik netral paling kecil pada hari minggu yaitu sebesar 0.19% dan tertinggi pada hari senin sebesar 13,02%. Semakin tinggi pembebanan, maka losses titik netral juga semakin tinggi.

Analisa Susut Daya

Besarnya susut daya berbanding lurus dengan nilai ketidakseimbangan beban dan besarnya nilai tahanan penghantar netral. Susut daya tertinggi pada hari jumat sebesar 13,71 watt, hal ini disebabkan oleh karena pada hari jumat terjadi ketidakseimbangan beban tertinggi sebesar 27%. Hal berbeda pada hari rabu hanya sebesar 1,23 watt.



Gambar 6. Susut daya akibat tahanan penghantar netral

KESIMPULAN

1. Ketidakseimbangan beban pada trafo terjadi oleh karena penggunaan beban listrik dari setiap konsumen tidak merata dan bersamaan.
2. Ketidakseimbangan beban menyebabkan arus netral dan persentase ketidakseimbangan berbanding lurus dengan losses pada titik netral.
3. Prediksi umur pakai trafo dengan asumsi 5 tahun pemakaian adalah 4 tahun 7 bulan dengan nilai error 5,43%.

DAFTAR PUSTAKA

- Sudirham, Sudaryanto, 1991 , Pengaruh Ketidakseimbangan Arus Terhadap Susut Daya pada Saluran, Bandung : ITB, Tim Pelaksana Kerjasama PLN-ITB, 1991.
- Sulasno, Ir., Distribusi Tenaga Listrik, Badan penerbit UNDIP, Semarang, 2001.
- Syarifuddin, Perhitungan Lama Waktu Pakai Transformator Jaringan Distribusi 20 kV di APJ Yogyakarta, Jurnal Teknologi, Vol. 4 No. 1, 2011
- Zuhal, Dasar Tenaga Listrik, Bandung : ITB, 1991.