**PENGARUH HARMONIK YANG BERDAMPAK PADA RUGI-RUGI TRANSFORMATOR**

Muhammad Surya Baihaqi1, Sapto Nisworo2, Agung Trihasto3

 *Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tidar*

suryabaihaqi97@gmail.com1,saptonisworo@untidar.ac.id2,agungtrihasto@untidar.ac.id 3

**ABSTRAK**

Sistem tenaga listrik didesain untuk bekerja pada frekuensi listrik 50Hz, salah satu komponen penting yang digunakan adalah transformator. Namun, meski sistem dirancang untuk bekerja pada frekuensi 50Hz, jenis beban tertentu itu beban non linear, dapat mengakibatkan sistem tidak bekerja pada frekuensi dasar tersebut. Sebagian besar dari distorsi merupakan gejala pembentukan gelombang dengan frekuensi berbeda yang merupakan perkalian kelipatan frekuensi dasarnya yang dikenal sebagai distorsi harmonik. Pada penulisan ini akan dijelaskan hasil pengamatan atas pengaruh distorsi harmonik pada transformator yang disebabkan oleh adanya beban non linear yang mengakibatkan kinerja transformator dan rugi pada transformator . Berdasarkan hasil pengukuran dan pengujian transformator didapatkan nilai presetase THD arus senilai 2,80% yang menandakan bahwa nilai tersebut masih di bawah toleransi standar IEEE 519-2014 senilai 5%, sedangkan hasil THD tegangan didapatkan persentase senilai 4,9% yang menandakan bahwa nilai tersebut masih di bawah toleransi standar IEEE 519-2014 senilai 8%. Akibat adanya beban non linear rugi-rugi total pada transformator didapatkan nilai 9,071 Watt dari kapasitas trafo sebesar 180 Watt, maka kapasitas transformator mengalami penurunan pada saat melayani beban non linear, sehingga nilainya menjadi 170,93 Watt. Transformator juga mengalami penurunan kinerja pada saat mencatu beban non linear senilai 3,60%, dari sebelumnya kinerja transformator dalam keadaan tanpa beban yaitu senilai 91,80%, dan transformator dalam keadaan melayani beban non linear yaitu senilai 88,20%.

***Kata kunci*:** *Transformator, harmonic, efisiensi, rugi-rugi transformator*

***Abstract –***

Electric power systems are designed to work at 50Hz electric frequency, one of the important components used is the transformer. However, even though the system is designed to work at a frequency of 50Hz, certain types of load are non-linear loads, which can result in the system not working at that basic frequency. Most of the distortion is a symptom of the formation of waves with different frequencies which is the multiple of the basic frequency multiples known as harmonic distortion. This paper will explain the results of observations on the effect of harmonic distortion on the transformer caused by the non- linear load which results in transformer performance and loss of the transformer. Based on the transformer measurement and test results, the current THD presetage value of 2.80% indicates that the value is still below the IEEE 519-2014 standard tolerance of 5%, while the voltage THD result is a percentage of 4.9%, indicating that the value is still under the IEEE 519-2014 standard tolerance of 8%. As a result of the non-linear load of total losses in the transformer obtained a value of 9.071 Watt of the transformer capacity of 180 Watt, the transformer capacity has decreased while serving non-linear load, so the value becomes 170.93 Watt. The transformer also experienced a decrease in performance when supplying a non-linear load of 3.60%, from the previous performance of the transformer in a no-load condition of 91.80%, and the transformer in a state of serving a non-linear load of 88.20%.

***Keywords****: Transformer, harmonic, efficiency, transformer losses*

1. PENDAHULUAN

Distorsi arus dan tegangan pada bentuk gelombang sinusoidal disebabkan oleh harmonik sebagai masalah kualitas daya. Standar IEEE 519-1992 menggambarkan bentuk gelombang yang terdistorsi dengan jumlah tegangan atau arus pada frekuensi fundamental dan orde ke (n) yang disebabkan oleh peralatan elektronik atau beban non linear [1]. Keberadaan *Total Harmonic Distortion* (THD) yang tinggi dan faktor daya yang rendah dapat menambah pembebanan pemakian daya listrik, sedangkan keberadaan harmonic sudah ditentukan batas yang diizinkan sesuai standar IEEE 519-1992 dan IEC 61000-3-2. Besar batasan Total Harmonic Distortion (THD) yang diizinkan yaitu THD tegangan 3% dan THD arus 5% [2].

Sistem tenaga listrik yang bersifat dinamis, bila terjadi gangguan harus segara diperbaiki. Sehingga perlu diketahui apakah kandungan harmonik yang ada pada transformator yang berdampak para rugi-rugi transformator apakah sudah sesuai dengan standar. .

Dalam penelitian ini akan dilakukan analisis hasil pengukuran dan perhitungan atas pengaruh distorsi harmonik pada kinerja transformator pada kinerja transformator yang didtentukan melalui parameter rugi-rugi daya yang terjadi pada transformator pada saat melayani beban linear dan non-linear.

1. PEMBAHASAN
2. ***Harmonik***

Harmonisa adalah gangguan yang terjadi dalam sistem distribusi tenaga listrik yang disebabkan adanya distorsi gelombang arus dan tegangan. Distorsi gelombang arus dan tegangan ini disebabkan adanya pembentukan gelombang-gelombang dengan frekuensi kelipatan bulat dari frekuensi fundamental-nya.

1. ***Pengaruh yang ditimbulkan***

Pengaruh harmonik pada peralatan tenaga listrik berupa nilai arus dan tegangan rms menjadi lebih besar, nilai arus dan tegangan puncak lebih besar, dan frekuensi sistem turun.

Elemen membangkitkan distorsi yang spesifik. Nilai rms lebih besar dapat menyebabkan pemanasan yang lebih tinggi pada konduktor. Frekuensi dapat mempengaruhi impedansi kabel semakin tinggi frekuensi semakin sering kabel menerima tegangan puncak sehingga semakin besar tegangan jatuh yang terjadi.

Pada transformator distribusi yang mecatu daya ke beban non linier menimbulkan arus harmonik kelipatan tiga ganjil. Harmonik dapat menghasilkan arus netral yang lebih tinggi dari arus fasa. Akibatnya terjadi peningkatan temperatur suhu pada kawat netral. Sebagai dampak lanjutnya, Balkan terjadi sirkulasi arus urutan nol pada beitan delta transformator sehingga temperaturnya akan meningkat. Peningkatan temperatur ini akan menurunkan efisiensi pada transformator dan lebih jauh lagi akan mengakibatkan kerusakan pada transformator.

1. ***Perhitungan rugi-rugi transformator***

***T***ransformator yang beroperasi normal tidak ada yang ideal dan mengalami rugi-rugi sebagai berikut:

1. Rugi-rugi tembaga

Arus$ (I$) akan menjadi lebih besar nilainya apabila terdapat harmonik. begitu pula dengan nilai tahanan $(R)$, saat terjadi distorsi harmonik maka nilai $R$ berubah menjadi nilai tahanan arus searah ($R\_{DC})$ ditambah $R\_{AC}$ yang merupakan nilai tahanan tambahan akibat efek kulit (*skin effect*) dan akibat efek kedekatan penghantar *(proximity effect)* sebagai dampak adanya frekuensi-frekuensi harmonik. Besar rugi-rugi tembaga dihitung menggunakan persamaan (1)

$P\_{R}=\sum\_{h=1}^{h\_{max}}I\_{h}^{2}×R\_{h}$ (1)

Dengan PR sebagai rugi-rugi tembaga, Ih sebagai arus komponen harmonic, dan Rh sebagai tahanan untuk rekuensi harmonik k-h.

1. Rugi-rugi *arus eddy*

Perhitungan rugi arus eddy menggunakan persamaan (2)

$P\_{eddy current}=0,33×P\_{total stray losses}$ (2)

0,33 sebagai ketetapan dan Ptotal *stray losses* sebagai total rugi lainnya

1. Rugi-rugi histerisis

Perhitungan rugi-rugi histerisis data yang digunakan menggunakan THDi. Persamaan (3)

$Ph=Kh×\sum\_{h=1}^{\infty }Ih×h$ (3)

Dengan Kh sebagai Konstanta harmonik, Ih sebagai arus harmonik, dan h sebagai orde harmonik

1. Rugi-rugi lainnya

Perhitungan rugi-rugi lainya menggunakan persamaan (4)

$P\_{other stray losses}=P\_{total stray losses}-P\_{eddy current}$ (4)

 keterangan :

 Pother stray losses = Rugi-rugi lain

Ptotal stray losses = Total rugi-rugi lain

Peddy current = Rugi arus eddy

1. METODE PENELITIAN

Objek penelitian pada harmonik yang berdampak pada rugi transformator. Melakukan pengumpulan data yang dilakukan dengan cara pengujian hubung terbuka (*open* circuit), hubung singkat (*short circuit*), dan pengujian transformator dengan keadaan berbeban (beban non linear).

Melakukan analisa perhitungan persentase *Total Harmonic Distortion* (THD) arus dan tegangan dengan parameter perbandingan IEEE 519-2014. Dari pengukuran tersebut didapatkan totall rugi-rugi yang disebabkan harmonik akibat sifat beban non linear tersebut, berakibat pada perbandingan kinerja transformator pada keadaan tanpa beban dan dengan beban non linear serta mendapatkan perbandingan kinerja trafo dalam keadaan tanpa beban dan dengan beban non linear.

1. HASIL DAN DISKUSI
2. *Pengukuran transformator*

Data pengukuran transformator digunakan untuk perhitungan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data pengujian transformator berbeban

|  |
| --- |
| PENGUKURAN TRAFO BEBAN 100W |
| INPUT |
| Tegangan (V) | 209,9 |
| Arus (I) | 0,38 |
| Daya (P) | 79,76 |
| OUTPUT |
| Tegangan (V) | 201 |
| Arus (I) | 0,35 |
| Daya (P) | 70,35 |

Data pengujian transformator berbeban berupa lampu pijar sebesar 100 Watt di sisi input dan sisi output yang dapat dilihat kinerjanya.

1. *Perhitungan THD*

Hasil pengukuran dan perhitungan yang dievaluasi berasarkan standar berbeban THDi dan THDv pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Perbandingan pengukuran dan perhitungan eavluasi THDi

|  |  |
| --- | --- |
| %THD arus | Evaluasi |
| Pengukuran | Perhitungan | Standar |
| 4,90% | 3,72% | 8% | Dibawah standar |

Hasil perbandingan total arus harmonik di masih di bawah stanadr yang ditentukan IEEE 51-2014 yaitu 8%.

Tabel 3. Perbandingan pengukuran dan perhitungan eavluasi THDv

|  |  |
| --- | --- |
| %THD tegangan | Evaluasi |
| Pengukuran | Perhitungan | Standar |
| 2,80% | 2,93% | 5% | Dibawah standar |

. Hasil perbandingan total tegangan harmonik di masih di bawah stanadr yang ditentukan IEEE 51-2014 yaitu 5%.

1. *Perhitungan total rugi-rugi transformator*

Estimasi total rugi-rugi transformator dihitung menggunakan persamaan 1,2,3 dan 4 dengan hasil terdapat pada Tabel 4.

Tabel 4. Total rugi-rugi transformator

|  |  |
| --- | --- |
| Jenis | Rugi-rugi (Watt) |
| Rugi Tembaga | 0,00104 |
| Rugi *eddy current* | 2,639 |
| Rugi *other stray losses* | 5,359 |
| Rugi Histerisis | 1,0188 |
| Total | 9,071 |

Data jenis rugi-rugi didapat total rugi-rugi sebesar 9,071 Watt dengan beban 100 Watt berupa lampu pijar. Pengukuran rugi-rugi setelah diberi beban dari nilai THD tegangan 2,80% pengukuran dan 2,39% pada perhitungan masih dibawah standar nilai IEEE 519-2014. Sedangkan besaran nilai THD arus sebesar 4,90% pada hasil pengukuran dan 3,72% hasil perhitungan, persentase tersebut masih jauh di bawah toleransi yang ditetapkan IEEE 519-2014. Akibat adanya beban non linier tersebut maka akan berdampak pada rugi-rugi transformator sebesar 9,071 Watt dengan kapasitas transformator yaitu 180 Watt, maka kapasitas transformator setelah mengalami pembebanan yaitu sebesar 170,93 Watt grafik penurunan dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Gambar perbandingan kinerja transformator

1. KESIMPULAN

Hasil pengukuran THD arus tertinggi sebesar 4,9%, sedangkan berdasarkan perhitungan nilai THD arus sebesar 3,7% dengan THD arus pada transformator normal dari batas toleransi IEEE 519-2014 yaitu sebesar dengan 8%. Hasil pengukuran THD tegangan tertinggi sebesar 2,8%, sedangkan berdasarkan hasil perhitungan nilai THD tegangan sebesar 2,9% dengan THD tegangan transformator normal dari batas toleransi IEEE 519-2014 yaitu sebesar dengan 5%. Rugi-rugi teknis pada transformator saat melayani beban linear adalah sebesar 9,071Watt dengan kapasitas trafo saat melayani beban non linear yaitu sebesar 170,93 Watt. Beban non linear menyebabkan menurunnya kinerja transformator sebesar 3,60 %, dari nilai transformator dalam keadaan sebelum berbeban yaitu sebesar 91,80% dan nilai transformator setelah diberi beban non linear yaitu sebesar 88,20%.

**DAFTAR PUSTAKA**

[1] Renade. S. J and W. Xu. 2011. “And Overview OF Harmonic Modeling and Simulation, New Mexico State University, Las Cruces, NM, USA University Of Alberta, Edmonton, Alberta, Canada;

[2] Blagouchine, I,V.2011. “Analytic Method For The Computation Of The Analitic Method OF The Residuses IEEE Transactions On Communications”,59,PP 2478-2491;

[3] Efendy Luthfe, “Analisis rugi-rugi pada trafo daya akibat harmonisa”.