
Optimalisasi Material Utama Pada Autotransformator 100 MVA

Asep Saepudin^{1*}, Djoko Nursanto²

¹ Program Studi Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Muhammadiyah Cileungsi

² Program Studi Teknik Informatika, Sekolah Tinggi Teknologi Muhammadiyah Cileungsi

Jl. Angrek No. 25 Perum PTSC Cileungsi, Bogor, Jawa Barat

*Email: asep.saepudin@stmcileungsi.ac.id

ABSTRACT

Background Autotransformator is a transformer that has primary and secondary winding with the same common winding, so that it has a lighter weight compared to ordinary power transformers.

Aim The purpose of this study is to optimize the main material used in the three-phase Autotransformer in order to get the most optimum value approaching the calculation results and to know the comparison between the calculation results and the actual use of the main material in the Autotransformer and three-phase power transformer.

Method This study took two samples of a power transformer, one 100 MVA ordinary power transformer and one 100 MVA Autotransformator, which will then be compared with data collection methods and using Equation Mutualism (Ratio) Transformer.

Result The main material in power transformers is copper for winding and silicon steel for cores (transformer cores).

Conclusion Based on this research, it can be concluded that the use of main material in Auto three-phase power transformer is less than the three-phase power transformer for the same voltage and power, the magnitude of the difference in the range of 12.5% for Copper and core (transformer core) range of 47.3% of the main material in the power transformer.

Keywords: Autotransformator, common windings, optimization, windings, cores.

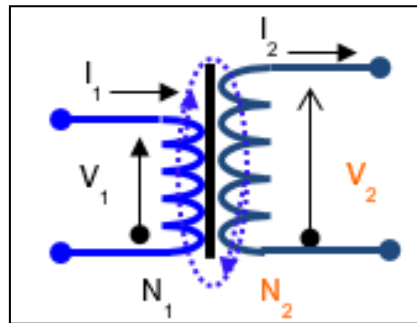
1. PENDAHULUAN

Transformator berfungsi untuk mengubah daya dari tegangan tinggi menjadi tegangan rendah atau sebaliknya dari tegangan rendah menjadi tegangan tinggi dan transformator ini bekerja dengan elektromagnetik statis (Hayt & H, 1989), dengan frekuensi yang sama dan perbandingan transformasi (Widianto, 2003) melalui suatu gandengan magnet dan bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetis (Hayt & H, 1989), dimana perbandingan tegangan antara sisi primer dan sisi sekunder berbanding lurus dengan perbandingan jumlah lilitan dan berbanding terbalik dengan perbandingan arusnya yang dijelaskan pada gambar 1. Konsep transformator (J. & Winders, 2002) daya bisa menentukan material yang dibutuhkan.

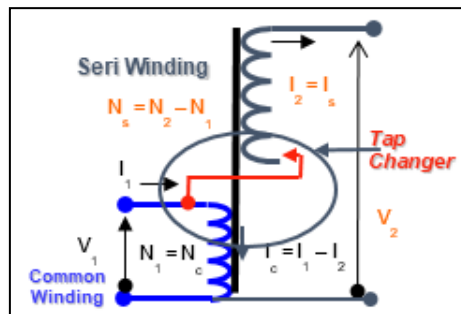
Autotransformator adalah peralatan listrik yang mempunyai efisiensi yang sangat baik diatas 99%. (Patel, 2014). Secara garis besar kerugian yang terjadi pada semua transformator daya baik transformator tiga fasa maupun transformator satu fasa ada dua yaitu rugi tanpa beban (inti) dan rugi berbeban (belitan). Arrangement autotransformator dimana antara belitan primer dan sekunder mempunyai common yang sama, yang dijelaskan pada gambar 2. Kosep autotransformator (H, CEng, & FIEE, 1998), Pemakaian belitan dan inti pada autotransformator lebih hemat dibandingkan dengan transformator daya biasa, dimana dengan lebih sedikitnya penggunaan material utama (belitan dan inti) maka harga autotransformator akan lebih kompetitif dibandingkan dengan harga transformator daya biasa dengan daya yang sama tetapi

Teknosains : Jurnal Sains, Teknologi dan Informatika is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

material utama yang digunakan lebih sedikit.



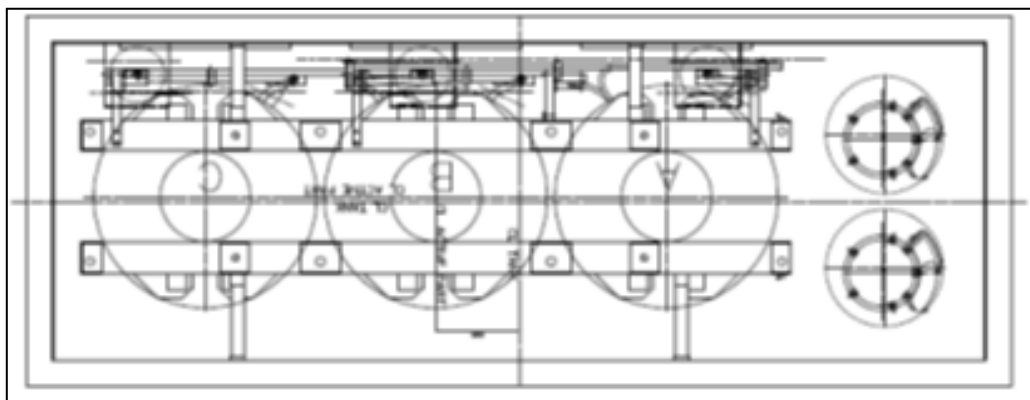
Gambar 1. Konsep transformator daya biasa



Gambar 2. Konsep autotransformator

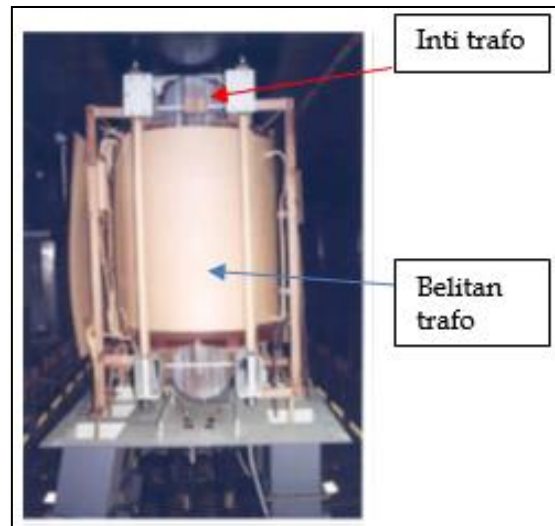
1.1 MODEL AUTOTRANSFORMATOR

Pada penelitian ini menggunakan transformator daya tiga fasa 132 kV 100 MVA dengan tipe inti dan mempunyai tiga inti dimana semua belitan autotransformator berada pada inti, baik belitan HV, FR, LV dan TV. Pada gambar 3 adalah model yang dijadikan objek penelitian. Pada penelitian ini dibatasi hanya pada membahas optimalisasi penggunaan material utama saja (inti dan belitan transformator).



Gambar 3. Model autotransformator daya tiga fasa

Adapun bagian struktur yang dianalisa terbatas pada belitan dan inti autotransformator dijelaskan pada gambar 4 inti dan belitan autotransformator.



Gambar 4. Struktur inti dan belitan autotransformator

2. METODE

Dengan metode pengumpulan data dan menggunakan persamaan mutualisme (*Ratio*) transformator (Harlow & H, 2004). Persamaan ini menjadi pasti, ketika hubungan antara jumlah lilitan (Hayt & H, 1989), arus dan tegangan diketahui.

$$a = \frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1} \quad (1)$$

Dimana :

- a : Ratio perbandingan trafo.
- N_1 : Jumlah belitan tegangan tinggi (primer).
- N_2 : Jumlah belitan tegangan rendah (sekunder).
- V_1 : Tegangan tinggi (primer) (Volt).
- V_2 : Tegangan rendah (sekunder) (Volt).
- I_1 : Arus tegangan tinggi (primer) (Amp).
- I_2 : Arus tegangan rendah (sekunder) (Amp).

Perhitungan jumlah belitan pada autotransformator sedikit dimodifikasi dikarenakan mempunyai belitan primer dan sekunder dengan belitan common yang sama dijelaskan pada gambar 1, persamaan yang digunakan untuk memecahkan penggunaan belitan common yang bersama dinyatakan sebagai berikut:

$$a = \frac{N_1 - N_2}{N_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2 - I_1}{I_1} \quad (2)$$

Dimana:

N1-N2 : Belitan tegangan tinggi
 I1-I2 : Arus tegangan rendah (sekunder) (Amp)

Persamaan penghematan tembaga pada autotransformator dengan menggabungkan rumus persamaan 1 dan 2 maka didapat rumus persamaan 3 dibawah:

$$\begin{aligned} \frac{Cu_{autotransformator}}{Cu_{transformatorbiasa}} &= \frac{(N_1 - N_2)I_1 + N_2(I_2 - I_1)}{N_1I_1 + N_2I_2} \\ &= 1 - \frac{2\frac{N_2}{N_1}}{1 + \frac{N_2}{N_1} \times \frac{I_2}{I_1}} \\ &= 1 - \frac{2a}{a} \\ &= 1 - a \end{aligned} \tag{3}$$

Dengan menggunakan persamaan tegangan induksi untuk menentukan luasan inti (*core*) dari transformator dengan nilai belitan, induksi, frekuensi dan tegangan diketahui (Siswoyo, 2008).

$$V = 4,44 * B * A * f * N \tag{4}$$

Dimana :

V : Tegangan (Volt)
 N : Jumlah belitan
 B : Fluks magnet (Tesla)
 A : Luasan inti trafo (m²)
 f : Frekuensi (Hertz)

Persamaan daya

$$P = \sqrt{3} * V * I \tag{5}$$

Dimana P: Daya trafo (Watt)

A. Data Autotransformator dan Transformator 100 MVA

Pada penelitian ini mengambil dua sampel transformator daya yaitu satu transformator daya biasa 100 MVA dan satu autotransformator 100 MVA, kemudian akan dibandingkan dengan data-data sebagai berikut:

Tabel 1. Data transformator daya biasa 100 MVA

| Transformator daya biasa | | |
|--------------------------|-----|---------------|
| Customer | | PLN-Indonesia |
| Engineering Number | | X0822 |
| Rating Daya | MVA | 100 |
| Rating Tegangan HV/LV/TV | kV | 150/66/15 |
| BIL | kV | 650 |
| Arus primer | A | 385 |
| Arus sekunder | A | 875 |

| | | |
|-------------------------|-----------------|------------------|
| Jumlah belitan primer | | $\sqrt{3} * 604$ |
| Jumlah belitan sekunder | | $\sqrt{3} * 266$ |
| Frekwensi | Hz | 50 |
| NLL | kW | 42 |
| LL | kW | 288 |
| Induktansi inti trafo | T | 1.606 |
| Diameter inti trafo | mm | 740 |
| Luasan inti trafo | mm ² | 401297 |
| Berat Tembaga | kg | 19044 |
| Berat inti trafo | kg | 42000 |
| Berat Oil | kg | 29260 |
| Berat total | kg | 122300 |

Tabel 2. Data autotransformator daya 100 MVA

| Autotransformator daya | | |
|--------------------------|-----------------|---------------------------|
| Customer | | Western Power - Australia |
| Engineering Number | | X0476 |
| Rating Daya | MVA | 100 |
| Rating Tegangan HV/LV/TV | kV | 132/69/21.5 |
| BIL | kV | 650 |
| Arus primer | A | 437.4 |
| Arus sekunder | A | 836.7 |
| Jumlah belitan primer | | $\sqrt{3} * 840$ |
| Jumlah belitan sekunder | | $\sqrt{3} * 439$ |
| Frekwensi | Hz | 50 |
| NLL | kW | 28 |
| LL | kW | 245 |
| Induktansi inti trafo | T | 1.6887 |
| Diameter inti trafo | mm | 575 |
| Luasan inti trafo | mm ² | 241900 |
| Berat Tembaga | kg | 16650 |
| Berat inti trafo | kg | 22150 |
| Berat Oil | kg | 28374 |
| Berat total | kg | 100800 |

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Awal Perhitungan

Untuk melakukan perhitungan perlu diketahui volume dan berat tembaga, sebanding dengan panjang dan luas penampang konduktor. Jumlah belitan yang dibutuhkan untuk mengetahui besaran arus listrik, harus di tentukan panjang kawat konduktor dan luas penampang kawat konduktor yang dibutuhkan. Oleh karena itu, berat sebanding dengan produk dan besar arus listrik dan jumlah belitan.

Parameter yang diketahui pada awal pembuatan transformator baik autotransformator atau transformator daya biasa sebagai berikut:

1. Rating daya transformator (P).
2. Rating tegangan primer (V1).
3. Rating tegangan sekunder (V2).
4. Frekuensi sistem (f).
5. Induktansi inti trafo (B).

3.2 Hasil Perhitungan

Berdasarkan persamaan yang sudah ditampilkan diatas dan menggunakan data-data transformator daya biasa maupun autotransformator yang ada pada tabel 1 dan tabel 2, serta data awal perhitungan sudah ada semua, maka akan didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil perhitungan transformator daya biasa 100 MVA

| Transformator daya biasa | | |
|------------------------------|-----------------|-----------------|
| Customer | | PLN - Indonesia |
| Engineering Number | | X0822 |
| Rating Daya (P) | MVA | 100 |
| Rating Tegangan Primer (V1) | kV | 150 |
| Rating Tegangan Sekunder | kV | 66 |
| Arus primer (I1) | A | 384.9 |
| Arus sekunder (I2) | A | 874.8 |
| Jumlah belitan primer (N1) | | 1047.8 |
| Jumlah belitan sekunder (N2) | | 461.0 |
| Frekuensi (f) | Hz | 50 |
| Induktansi inti trafo (B) | T | 1.6069 |
| Diameter inti trafo | mm | 740 |
| Luasan inti trafo (A) | mm ² | 401297 |
| Berat Tembaga | kg | 19044 |
| Berat inti trafo | kg | 42000 |

Tabel 4. Hasil perhitungan autotransformator 100 MVA

| Auto transformator daya | | |
|-----------------------------|-----|---------------------------|
| Customer | | Western Power - Australia |
| Engineering Number | | X0476 |
| Rating Daya (P) | MVA | 100 |
| Rating Tegangan Primer (V1) | kV | 132 |
| Rating Tegangan Sekunder | kV | 69 |
| Arus primer (I1) | A | 437.4 |
| Arus sekunder (I2) | A | 836.7 |
| Jumlah belitan primer (N1) | | 1455.6 |

| | | |
|------------------------------|-----------------|--------|
| Jumlah belitan sekunder (N2) | | 760.9 |
| Frekuensi (f) | Hz | 50 |
| Induktansi inti trafo (B) | T | 1.6887 |
| Diameter inti trafo | mm | 575 |
| Luasan inti trafo (A) | mm ² | 241900 |
| Berat Tembaga | kg | 16650 |
| Berat inti trafo | kg | 22150 |

Tabel 5. Perbandingan berat tembaga dan inti trafo untuk transformator biasa dan autotransformator 100 MVA

| Hasil | Transformator daya biasa | Auto Transformator | Perbedaan dalam (%) |
|---------------------------|--------------------------|--------------------|---------------------|
| Berat Tembaga (kg) | 19.044 | 16.650 | (2.394 kg) 12.5% |
| Berat Core (kg) | 42.000 | 22.150 | (19.850 kg) 47.3% |

Berdasarkan model yang diteliti seperti pada table 5, ada perbedaan yang cukup besar pada berat core (inti trafo) sekitar 47.3% dan tembaga sekitar 12.5%, sehingga autotransformator bisa lebih murah dan compact dibandingkan dengan transformator daya biasa dan harga trafonya akan lebih murah.

4. SIMPULAN

Hasil penelitian yang didapat dengan menggunakan perhitungan sederhana hingga konsisten dengan analisis teoritis, itu menggambarkan validitas metode. Ada optimalisasi penggunaan material utama pada autotransformator dibandingkan transformator daya biasa yang cukup besar pada berat core (inti trafo) sekitar 47.3% dan tembaga sekitar 12.5%. Berdasarkan hasil perhitungan Autotransformator bisa lebih murah dan *compact* dibandingkan dengan transformator daya biasa dan harga trafonya akan lebih murah.

DAFTAR PUSTAKA

- H, M. J., CEng, & FIEE. (1998). *The J & P Transformer Book* (Twelfth ed). England: Johnson & Philips Ltd.
- Harlow, & H, J. (2004). *Electric Power Transformer Engineering*. USA: CRC Press LLC.
- Hayt, & H, W. (1989). *Elektromagnetika Teknologi (edisi ke lima)*. Jakarta: Erlangga.
- J., J., & Winders. (2002). *Power Transformers Principles and Applications*. New York: Marcel Dekker, Inc.,
- Kulkarni, S. V., & Khaparde, S. A. (2004). *Transformer Engineering: Design and Practice*. Marcel Dekker, Inc. New York.
- Patel, S. (2014). LE Peer. *IEEE PES Chicago Chapter*.
- Siswoyo. (2008). *Teknik Listrik Industri (Jilid 1)*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan,.
- Widianto. (2003). *Power Transformer Design Aspect*. Jakarta: Areva.