

PERANCANGAN TRANSFORMATOR DAYA SATU FASA CORE TYPE DENGAN BANTUAN PC

Catur Widiatmoko^{*}, Tejo Sukmadi^{**}, Bambang Winardi^{**}

Abstrak - Transformator digunakan secara luas, baik dalam bidang tenaga listrik maupun elektronika. Penggunaan dalam sistem tenaga memungkinkan dipilihnya tegangan yang sesuai dan ekonomis untuk tiap-tiap keperluan.

Dalam bidang elektronika, transformator digunakan antara lain sebagai gandengan impedansi antara sumber dan beban, untuk memisahkan satu rangkaian dengan rangkaian yang lain.

Agar memperoleh hasil perancangan yang baik dan memuaskan diperlukan perancangan dengan menggunakan program Bantu komputer. Perancangan dengan menggunakan program bantu komputer ditujukan untuk mengganti perancangan yang dilakukan secara manual sehingga dapat meningkatkan efisiensi waktu dan tenaga. Program Bantu yang digunakan adalah borland delphi 6.

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Transformator merupakan alat listrik yang dapat mengubah energi listrik dari satu atau lebih rangkainya listrik ke rangkaian listrik yang lainnya berdasarkan Prinsip induksi-elektromagnetik.

Untuk memperoleh suatu transformator daya satu fasa yang mempunyai efisiensi yang tinggi diperlukan suatu perancangan. Proses perancangan transformator satu fasa ini dapat dilakukan secara manual, namun untuk cara ini memungkinkan terjadi kesalahan didalam perhitungan.

Agar permasalahan diatas dapat dihindari dan untuk mempercepat proses perhitungan maka diperlukan bantuan software dalam proses perhitungan.

1.2. Tujuan

1. Dapat mengetahui perancangan Transformator satu fasa core type baik perhitungan secara konvensional maupun secara otomatis dengan menggunakan PC.
2. Pada akhir perancangan ini akan dihasilkan beberapa nilai hasil keluaran yang berupa dimensi utama, parameter kumparan, disain tangki .

1.3. Pembatasan Masalah

3. Jenis trafo yang dirancang adalah trafo daya satu fasa *Core Type* dengan tipe pendingin ON (*Oil Immerset Natural Cooling*).
4. Perancangan meliputi perancangan dimensi utama, perancangan kumparan dan perancangan tangki .
5. Tidak membahas bahan dan isolasi yang digunakan .
6. Tidak membahas volume oli pendingin.

II. DASAR TEORI TRAF0

2.1. Umum

Transformator merupakan suatu alat untuk memindahkan daya listrik arus bolak – balik dari suatu rangkain ke rangkaian lainnya secara induksi magnetik.

Dalam sistem tenaga listrik, trafo digunakan untuk memindahkan energi dari satu rangkaian listrik ke rangkaian listrik lainnya tanpa menubah frekuensinya. Biasanya dapat menaikkan atau menurunkan tegangan maupun arus, sehingga memungkinkan transmisi ekstra tinggi.

2.2. Konstruksi

Konstruksi trafo secara umum terdiri dari:

- a. Inti yang terbuat dari lembaran-lembaran plat besi lunak atau baja silikon yang diklem jadi satu.
- b. Belitan dibuat dari tembaga yang cara membelitkan pada inti dapat konsentris maupun spiral.
- c. Sistem pendingin pada trafo-trafo dengan daya yang cukup besar.

2.3. Jenis trafo berdasarkan letak kumparan

1. *Core type* (jenis inti) yakni kumparan mengelilingi inti.
2. *Shell type* (jenis cangkang) yakni inti mengelilingi belitan

2.4. Prinsip Kerja Trafo satu fasa

Apabila kumparan primer dihubungkan dengan tegangan (sumber), maka akan mengalir arus bolak

^{*} Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro UNDIP

^{**} Dosen Jurusan Teknik Elektro UNDIP

balik I_1 pada kumparan tersebut. Oleh karena kumparan mempunyai inti, arus I_1 , menimbulkan fluks magnet yang juga berubah – ubah, pada intinya. Akibat adanya fluks magnet yang berubah – ubah, pada kumparan primer akan timbul GGL induksi e_p .

2.5. Tipe Pendinginan

Macam-macam tipe pendinginan pada transformator antara lain :

1. AN (Air Natural Cooling)
Pendingin alam oleh sirkulasi udara sekitarnya, tanpa alat khusus.
2. AB (Air Blast Colling)
Pendinginan oleh udara langsung yang dihasilkan oleh fan (kipas).
3. ON (Oil Immerset Natural Cooling).
Pendinginan dengan menggunakan minyak yang disertai dengan pendinginan alam.
4. OB (Oil Blast Cooling)
Pendinginan ini sistemnya adalah sama dengan ON, yang dilengkapi dengan hembusan udar dari kipas yang dipasang pada dinding trafo.
5. OFN(Oil Foreced Circulation of Air Nautal Cooling)
Pendinginan ini sama dengan sitem ON untuk sirkulasi minyak melalui radiator dengan menggunakan suatu pompa, tetapi tidak memakai kipas.
6. OFB(Oil Forced and Air Blast Cooling)
Sistem pendinginannya sam dengan OFN yang dilengkapi dengan hembusan udara dari kipas.
7. OW (oil and Water Cooling)
Adalah gabungan dari pendinginan air sirkulasi pada dinding luar radiator tanpa memakai kipas .
8. OFW (Forced Oil and Water Cooling).
Sistem pendinginannya sama dengan OFB, tetapi tidak memakai kipas.
9. Sistem campuran
Adalah gabungan dari beberapa system pendinginan, misalnya : AN/OFN/ON/OFB/ dan lain-lain

2.6. Rumus yang Digunakan Rumus Disain Dimensi Utama

1. Tegangan tiap putaran

$$E_t = K \sqrt{kVA}$$

2. Besarnya Fluks

$$\phi = \frac{E_t}{4,44.f}$$

3. Luas area inti

$$A_i = \frac{\phi}{B_m}$$

4. Diametr inti

$$d = \sqrt{\frac{A_i}{0,56}}$$

5. Luas jendela (Windows)

$$A_w = \frac{Q}{2,22 f B_m \delta k_w A_i 10^{-3}}$$

6. Luas area penekan (yoke)

$$A_y = D_y \times H_y$$

7. Tinggi Bingkai (frame)

$$H = H_w + 2H_y$$

- 8 Panjang Bingkai (frame)

$$W = D + a$$

Rumus Desain Kumparan

1. Jumlah putaran pada lilitan primer

$$T_p = \frac{V_p}{E_t}$$

2. Jumlah putaran pada sisi sekunder

$$T_s = \frac{V_s}{E_t}$$

3. Arus yang mengalir pada sisi primer

$$I_p = \frac{kVA \text{ per fasa} \cdot 10^3}{V_p}$$

4. Arus yang mengalir pada sisi sekunder

$$I_s = I_p \frac{V_p}{V_s}$$

5. Area konduktor pada sisi primer

$$A_p = \frac{I_p}{\delta}$$

- 6 Area konduktor pada sisi sekunder

$$A_s = \frac{I_s}{\delta}$$

7. Rugi – rugi I^2R pada sisi primer

$$P_{ep} = I_p^2 R_p$$

8. Rugi – rugi I^2R pada sisi sekunder

$$P_{es} = I_s^2 R_p$$

9. Total rugi-rugi I^2R

$$P_e \text{ total} = P_{ep} + P_{es}$$

Rumus Desain Rotor

1. Lebar tangki

$$W_t = 2D + D_e + 2b \quad (\text{trafo untuk 3 fasa})$$

$$= D + D_e + 2b \quad (\text{trafo untuk 1 fasa})$$

2. Panjang tangki

$$L_t = D + 2l$$

3. Tinggi tangki trafo

$$H_t = H + h$$

4. *Dissipation* pada permukaan tangki

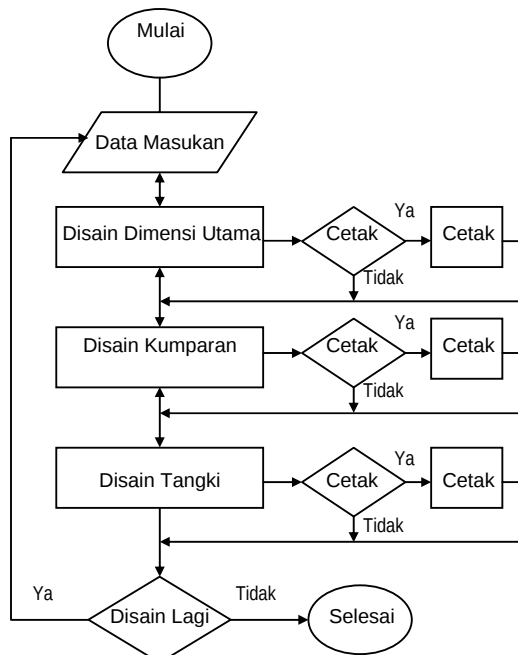
$$S_t = 2(p + l) \times t$$

5. Total area tabung

$$\frac{1}{8,8} \left(\frac{P_i + P_e}{\theta} - 12,5 S_t \right)$$

6. Jumlah tabung yang dibutuhkan

$$n_t = \frac{1}{8,8 \pi d_t l_t} \left(\frac{P_i + P_e}{\theta} - 12,5 S_t \right)$$

III. PERANCANGAN**3.1. Flow Chart (Diagram Alir)**

Gambar 4 Flow Chart Sistem

3.2. Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak ini bertujuan untuk mempermudah dalam perancangan transformator satu fasa. Adapun proses perancangan perangkat lunak ini menggunakan bahasa pemrograman Borland Delphi 6, dan dirancang maupun dikompilasi sepenuhnya dalam lingkungan sistem operasi Microsoft Windows 98. Program ini terdiri dari tujuh buah form utama yaitu :

- Form Cover.

- Form Input.
- Form Disain Dimensi Utama.
- Form Desain Kumparan
- Form Desain Tangki.
- Form Pengoperasian Program.
- Form Biodata.

Form Cover

Pada form Cover ini memiliki tiga buah menu yaitu : File, Help, About Seperti ditunjukkan pada gambar berikut :

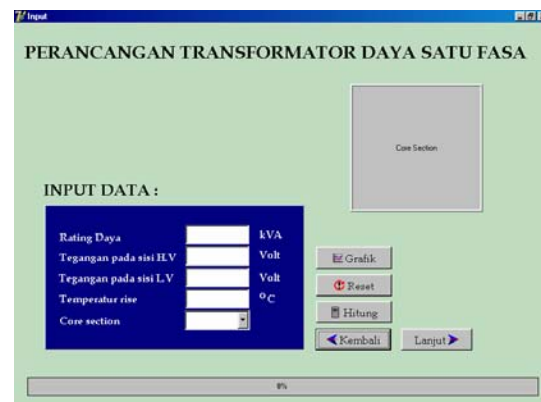


Gambar 5 Tampilan Cover

Pada program ini form-form dihubungkan dengan menu yang ada, dimana form-form yang disebutkan diatas dapat dieksekusi.

Form Input

Form input berfungsi untuk memasukkan data yang terdiri dari : Rating daya, Tegangan sisi L.V dan H.V, Temperatur rise dan core section. Tampilan form masukan adalah sebagai berikut :



Gambar 6 Tampilan form input

Form Disain Dimensi Utama

Form disain dimensi utama menampilkan nilai-nilai dimensi utama dari transformator satu fasa. Nilai-nilai yang ditampilkan adalah sebagai berikut :

- a. Tegangan per turn
- b. Fluks
- c. Diameter inti
- d. Luas area inti
- e. Luas jendela (*windows*)
- f. Tinggi jendela
- g. Lebar jendela
- h. Jarak antar kedua inti
- i. Tinggi penekan (*yoke*)
- j. Lebar penekan
- k. Tinggi bingkai (*frame*)
- l. Panjang bingkai
- m. Lebar bingkai

Tampilan form Disain Dimensi Utama adalah sebagai berikut :

Gambar 7 Tampilan form Dimensi Utama

Form Desain Kumbaran

Form Desain kumbaran menampilkan nilai-nilai kumbaran dari trafo daya satu fasa. Nilai-nilai yang ditampilkan adalah sebagai berikut :

1. Pada sisi L.V :
 - a. Jumlah putaran.
 - b. Arus.
 - c. Luas konduktor.
 - d. Panjang rata rata kumbaran.
 - e. Tahanan.
 - f. Rugi I^2R .
2. Pada sisi H.V
 - a. Jumlah putaran.
 - b. Arus.
 - c. Luas konduktor.
 - d. Panjang rata rata kumbaran.
 - e. Tahanan.
 - f. Rugi I^2R .
3. Reaktansi bocor
4. Rugi total full load.

5. Efisiensi.
6. Regulasi.

Tampilan form Desain Kumbaran adalah sebagai berikut :

Gambar 8 Tampilan form Desain Kumbaran

Form Disain Tangki

Form tangki menampilkan nilai-nilai dimensi tangki dari trafo satu fasa. Nilai-nilai yang ditampilkan adalah sebagai berikut :

- a. Tinggi tangki.
- b. Panjang tangki.
- c. Lebar tangki.
- d. Dissipation pada permukaan tangki.
- e. Total area tabung.
- f. Jumlah tabung yang dibutuhkan

Tampilan form Desain Rotor adalah sebagai berikut :

Gambar 9 Tampilan form Desain Tangki.

IV. PENGUJIAN PROGRAM

- Rating Daya = 100 kVA
- Tegangan pada sisi L.V = 400 Volt
- Tegangan pada sisi H.V = 6600 Volt
- Temperatur rise = 35°C

Setelah program dijalankan maka akan didapat hasil sebagai berikut :

A. Disain Dimensi Utama

- a. Tegangan tiap putaran = 8 Volt.

- b. Fluks = 0,036 Wb.
- c. Luas area inti = 24024,024 mm²
- d. Diameter inti = 231,0557 mm
- e. Luas jendela = 33272,727 mm²
- f. Lebar jendela = 115,365 mm
- g. Tinggi jendela = 288,4126 mm
- h. Jarak antar inti = 346,4207 mm
- i. Tinggi penekan = 164,0495 mm
- j. Lebar penekan = 164,0495 mm
- k. Tinggi bingkai = 616,5116 mm
- l. Panjang bingkai = 510,470 mm
- m. Lebar bingkai = 164,0495 mm

B. Desain Kumpanan.

1. Pada sisi L.V :

- a. Jumlah putaran = 50
- b. Arus = 250 A.
- c. Luas konduktor = 90,9091 mm²
- d. Jumlah putaran = 2
- e. Jumlah putaran tiap lapisan = 14
- f. Diameter rata-rata Kumpanan = 261,05 mm
- g. Panjang rata-rata Kumpanan = 0,8197 m
- h. Resistansi kumpanan = 0,0095 Ω
- i. Rugi I²R = 591,7316 Watt

2. Pada sisi H.V

- a. Jumlah putaran = 825
- b. Arus = 15,1515 A
- c. Luas konduktor = 5,5096 mm²
- d. Jumlah lapisan = 6
- e. Jumlah putaran tiap lapis = 70
- f. Diameter rata-rata Kumpanan = 310,05 mm
- g. Panjang rata-rata Kumpanan = 0,9736 m
- h. Resistansi kumpanan = 3,0614 Ω
- i. Rugi I²R = 702,799 Watt

3. Resistansi Trafo = 6,2029 Ω

4. Reaktansi bocor = 2,6553 Ω

5. Total rugi inti = 440,4491 Watt

6. Total rugi full load = 1864,4 Watt

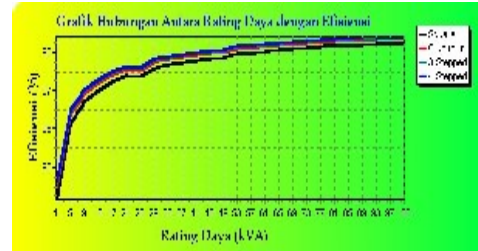
7. Efisiensi = 98,1697 %

8. Regulasi = 1,8707 %

C. Desain Tangki

- 1. Tinggi tangki = 1,0665 m
- 2. Panjang tangki = 0,7535 m
- 3. Lebar tangki = 0,4271 m
- 4. Dissipation pada permukaan tangki = 2,518 m²
- 5. Total area tabung = 2,476 m²
- 6. Jumlah tabung = 19

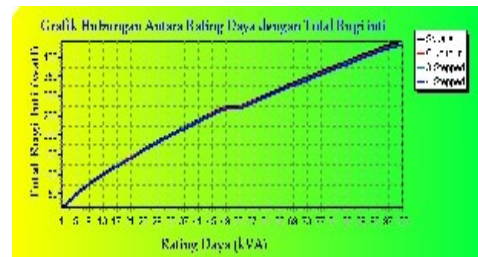
Setelah dilakukan pengujian program didapatkan grafik sebagai berikut :



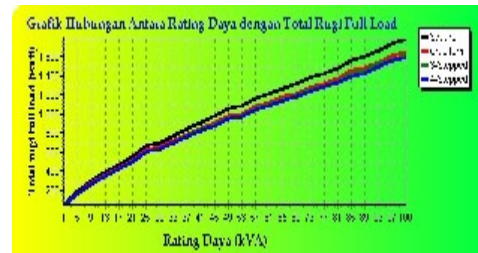
Grafik 1 Hubungan Rating daya – Efisiensi dengan variasi *core section*.



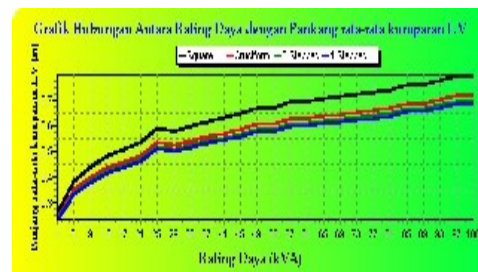
Grafik 2 Hubungan Rating daya – diameter inti dengan variasi *core section*.



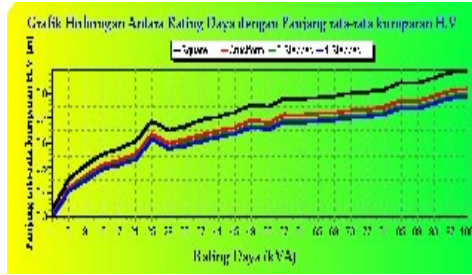
Grafik 3 Hubungan Rating daya – total rugi inti dengan variasi *core section*



Grafik 4. Hubungan Rating daya – total rugi full load dengan variasi *core section*



Grafik 5. Hubungan Rating daya – panjang rata-rata kumpanan L.V dengan variasi *core section*



Grafik 6. Hubungan Rating daya – panjang rata-rata kumparan H.V dengan variasi *core section*

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Perancangan transformator dengan menggunakan bentuk *core section* 4-Stepped mempunyai nilai efisiensi yang paling besar bila dibandingkan dengan bentuk square, cruciform maupun 3-stepped.
2. Perancangan transformator dengan menggunakan bentuk *core section* 4-Stepped mempunyai nilai rugi-rugi yang paling kecil bila dibandingkan dengan bentuk square, cruciform maupun 3-stepped.
3. Besarnya nilai dari rating daya berpengaruh pada disain dimensi transformator, semakin besar rating dayanya maka disain dimensi utama juga akan semakin besar

4. Semakin besar rating dayanya maka semakin besar pula panjang rata-rata kumparannya.

5.2. Saran

Karena keterbatasan reverensi, program ini hanya dapat digunakan untuk merancang transformator daya satu fasa *core type* saja. Untuk selanjutnya dapat dikembangkan agar dapat digunakan untuk merancang transformator daya satu fasa dengan jenis yang berbeda misalkan *shell type*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Abdul Kadir, Prof.Ir, Transformator, PT Pradnya Paramita Jakarta, 1981.
- [2]. Abdul Kadir, Dasar Pemograman Delphi 5, Andi Offset Yogyakarta, 2001.
- [3]. Parker smith, Elektrical Engineering Design Manual, 2nd Edition Revised, Chapman And Hall Ltd, London, 1950.
- [4]. Shanmugasundaram. A, Gangdaran. G, Palni. R, Elektrical Machine Design Data Book, Wiley East Tern Limited, New Delhi.
- [5]. Singh Barbir, Elektrical Machine Design, Vakas Publising House PVT, Bambay.
- [6]. Sumanto, Drs.MA, Teori Transformator ,Andi Offset Yogyakarta, 1991.
- [7]. Zuhal, Dasar Tenaga Listrik, Bandung, ITB, 1997