

Perancangan Prototype Mesin listrik AC Dinamis dan Statis Dengan Pemodelan Rangkaian Ekuivalen

Pengaruh Nilai Parameter L Terhadap $\eta_{\max}$ dan Regulation Transformator

Zainal Abidin

Prodi Listrik, Jurusan Teknik Elektro

Politeknik Negeri Bengkalis

Jl. Bathin Alam Sungain Alam Bengkalis,
Riau - Indonesia

e-mail : zainal@polbeng.ac.id

Adam

Prodi Listrik, Jurusan Teknik Elektro

Politeknik Negeri Bengkalis

Jl. Bathin Alam Sungain Alam Bengkalis,
Riau - Indonesia

e-mail : adam@polbeng.ac.id

Suhardiman

Prodi Mesin, Jurusan Teknik Mesin

Politeknik Negeri Bengkalis

Jl. Bathin Alam Sungain Alam Bengkalis,
Riau - Indonesia

e-mail : suhardiman@polbeng.ac.id

Abstrak — Kondisi ideal transformator tidak mengalami rugi-rugi, karena perbandingan kumparan merupakan perbandingan tegangan dan secara praktek, daya masuk trafo tidak sama dengan daya keluaran, karena terjadi rugi-rugi inti besi dan kumparan. Transformator dapat dimodelkan dengan rangkaian ekuivalen, nilai parameter didapat dengan melakukan uji rangkaian tanpa beban dan uji rangkaian hubung singkat. Drop tegangan parameter R_c dan X_m uji rangkaian tanpa beban sebesar 13,8 V dan 17,2 V, dan uji hubung singkat, diabaikan, karena tegangan yang terukur merupakan tegangan di Z_{eq} . Parameter L meningkat di uji hubung singkat, secara bertahap tegangan primer diturunkan dari 16 V, 14 V, 12 V, dengan nilai L berturut-turut sebesar 4,9315 mH, 13,6148 mH dan 53,7771 mH. Efisiensi dan regulation trafo turun akibat tegangan primer turun, terjadi perpotongan Efisiensi (4,6 kVA) dan regulation (4,5%) saat tegangan primer 195V. Pengujian tanpa beban, daya P_{oc} dan P_{sc} menurun, tegangan primer 190V terjadi titik pertemuan dengan nilai $L = 0,0152$ mH dan pengujian hubung singkat pada tegangan 14 V dengan nilai $L = 13,6148$ mH

Kata kunci : Transformator; Rangkaian ekuivalen; Efisiensi

I. PENDAHULUAN

Transformator merupakan peralatan listrik yang digunakan untuk mengubah energi listrik bolak-balik (AC) dari level tegangan rendah ke level tegangan tinggi atau sebaliknya. Secara teoritis, dalam kondisi ideal, transformator tidak mengalami rugi-rugi, dimana perbandingan kumparan antara kedua sisi kumparan merupakan perbandingan tegangan. Secara praktek (real), daya masukan tidak pernah sama dengan daya keluaran, sehingga terjadi rugi-rugi di inti besi dan kumparan. Rugi-rugi terjadi akibat arus histerisis, arus eddy, resistansi belitan dan fluks bocor. [1,2,4]

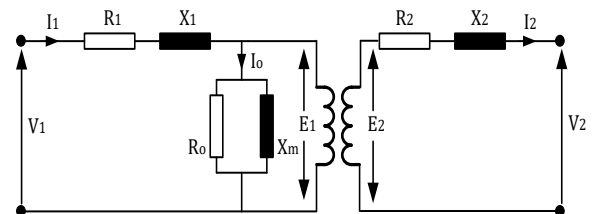
Transformator dapat dimodelkan dengan rangkaian ekuivalen dan nilai parameter didapat dengan melakukan uji transformator, yaitu, uji rangkaian tanpa beban dan uji rangkaian hubung singkat. [1,2,3,4]

peneliti akan membuat prototype mesin listrik AC statis dengan pemodelan rangkaian ekuivalen yang dapat digunakan untuk menganalisa karakteristik dari transformator dan sebagai modul praktikum mesin listrik statis (trafo)

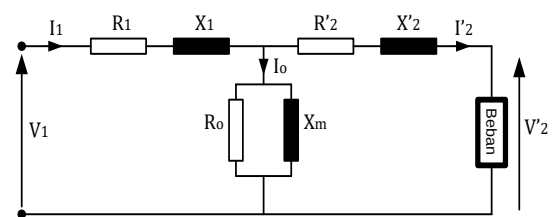
II. METODOLOGI

A. Rangkaian Ekuivalen Transformator

Rangkaian ekuivalen transformator diperlihatkan pada Gambar 1a, di mana resistansi dan reaktansi bocor sisi primer dan sekunder masing-masing diwakili oleh R_1 , X_1 , R_2 , dan X_2 . Gambar 1b memperlihatkan rangkaian ekuivalen dimana sisi sekunder sebagai referensi. [1,2,3,4]



Gambar 1a. Rangkaian ekuivalen transformator



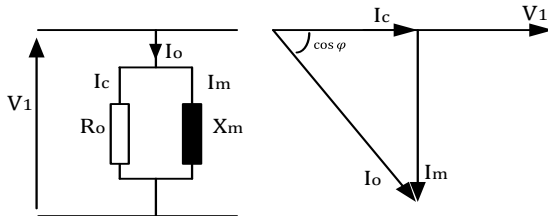
Gambar 1b. Sisi sekunder sebagai referensi

B. Parameter Rangkaian Ekuivalen

Rangkaian ekuivalen Gambar 1a dan 1b digunakan untuk memprediksi kinerja dari transformator, Parameter ditentukan dengan melakukan uji transformator, yaitu uji rangkaian tanpa beban dan uji rangkaian hubung singkat. [1,2,3,4]

C. Uji rangkaian tanpa beban

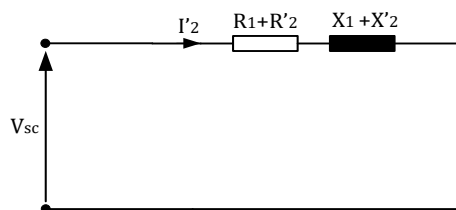
Tujuan, untuk menentukan arus tanpa beban dan rugi-rugi besi. Arus tanpa beban digunakan untuk menentukan rangkaian resistansi dan reaktansi tanpa beban. Metoda pengujian, kumparan primer terhubung ke sumber dengan alat ukur (V, A dan W) dan kumparan sekunder terbuka (tanpa beban), daya input sama dengan rugi-rugi resistansi dan rugi-rugi inti pada kumparan primer. Gambar 2. Memperlihatkan rangkaian ekuivalen uji rangkaian tanpa beban dan phasor diagram. [6,9].



Gambar 2. Rangkaian ekuivalen uji rangkaian tanpa beban dan phasor diagram

D. Uji Rangkaian Hubung Singkat

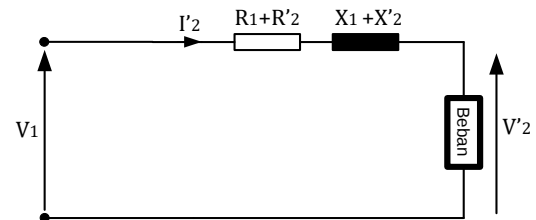
Tujuan, untuk menentukan nilai resistansi, reaktansi, impedansi dan rugi-rugi tembaga beban penuh. Metoda pengujian, kumparan primer terhubung ke sumber dengan alat ukur (V, A dan W) dan kumparan sekunder dihubungkan singkat oleh kawat atau tahanan variabel. Gambar 3. Memperlihatkan rangkaian ekuivalen uji hubung singkat. Jika V_{sc} adalah tegangan yang diberikan untuk menghasilkan arus pengenal (I'_2) di rangkaian hubung singkat, dan P_c adalah daya input daya ke trafo, maka, [6,9]



Gambar 3. Memperlihatkan rangkaian ekuivalen uji hubung singkat

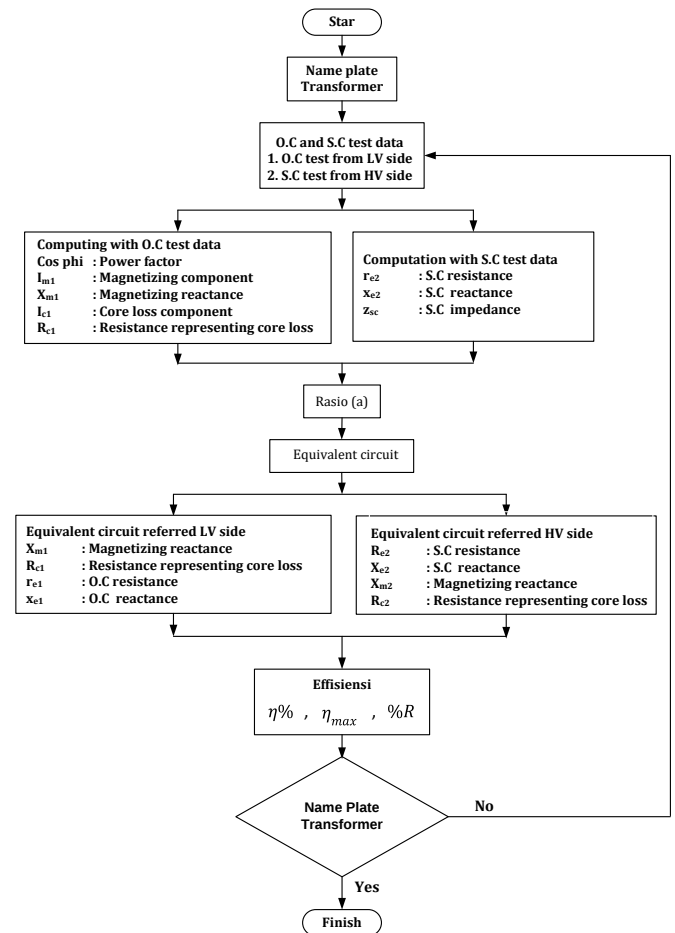
E. Efisiensi dan regulation

Effisiensi transformator ditentukan dengan membandingkan P_{out} dengan P_{in} . Rangkaian ekuivalen penyelesaian regulation transformator diperlihatkan pada Gambar 4, jika tegangan kumparan primer dipertahankan konstan, dan beban pada kumparan sekunder mengalami perubahan, maka tegangan pada kumparan sekunder akan mengalami perubahan, besarnya perubahan tegangan tergantung dari beban, regulation transformator dinyatakan dalam persen (%), [7,10]



Gambar 4. Rangkaian ekuivalen penyelesaian regulation

Diagram alir penelitian yang digunakan dalam penelitian ini diperlihatkan pada Gambar 5. Diagram alir penelitian.



Gambar 5. Diagram alir penelitian.

III. HASIL DAN ANALISA

Spesifikasi transformator : 1phasa, 5kVA, 200/400V
Jenis pengujian :

1. Uji tanpa beban sisi tegangan rendah (TR)
2. Uji hubung singkat sisi tegangan tinggi (TT)

Tabel 1. Data pengujian

Uji Tanpa Beban Sisi Tegangan Rendah (TR)			Uji Hubung Singkat Sisi Tegangan Tinggi (TT)		
V_{oc}	I_{oc}	P_{oc}	V_{sc}	I_{sc}	P_{sc}
(V)	(A)	(W)	(V)	(A)	(W)
200	1,25	150	20	12,5	175
195	1,21	142	18	12,1	171
190	1,18	131	16	11,9	167
185	1,14	119	14	11,5	158
180	1,09	101	12	11,1	133

Hasil Perhitungan

Tabel 2. Nilai Parameter sisi TR

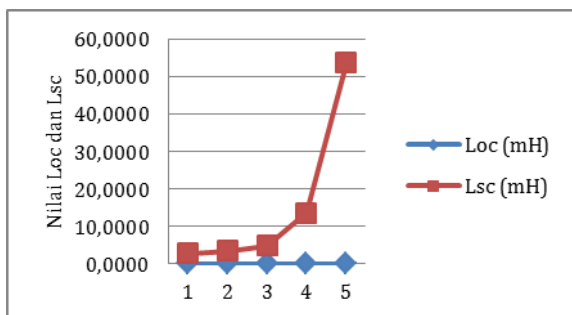
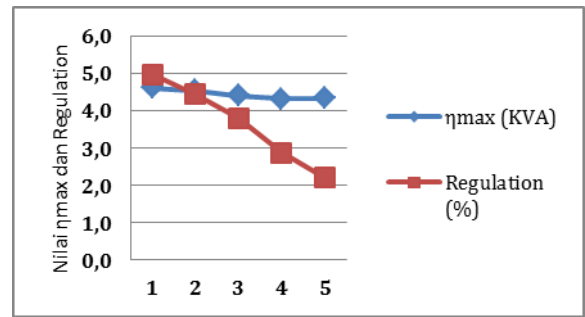
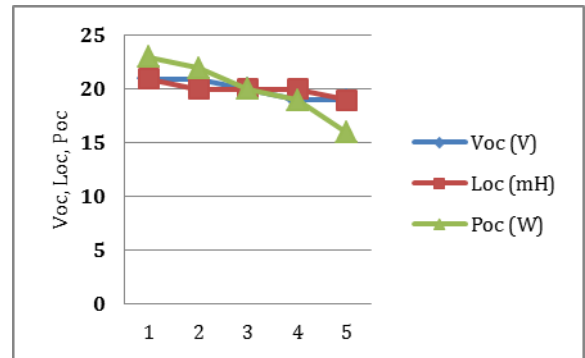
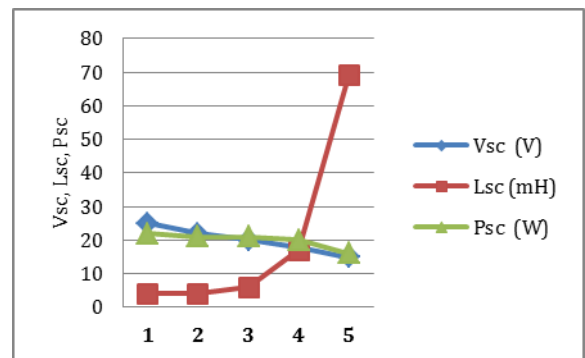
Rangkaian Tanpa Beban Sisi TR					Rangkaian Hubung Singkat Sisi TT			
I_{m1}	I_{c1}	X_{m1}	L	R_{c1}	r_{e2}	Z_{sc}	X_{e2}	L
(A)	(A)	(Ω)	(mH)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(mH)
1,000	0,750	200,0	0,0159	266,7	1,12	1,60	1,14	2,787
0,966	0,728	207,0	0,0154	274,6	1,17	1,49	0,92	3,457
0,958	0,689	208,9	0,0152	290,1	1,18	1,34	0,65	4,932
0,941	0,941	212,5	0,0150	310,9	1,19	1,22	0,23	13,615
0,934	0,934	214,0	0,0149	356,4	1,08	1,08	0,06	53,777

Tabel 3. Parameter Rangkaian ekivalen

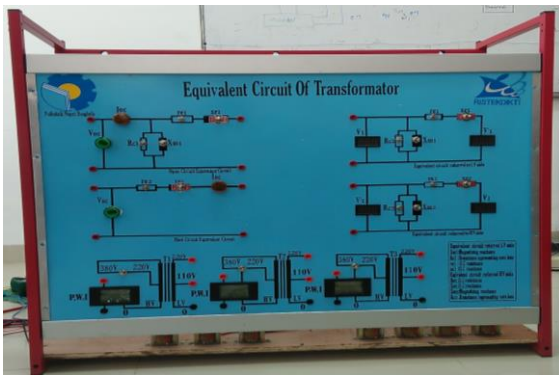
Sisi Tegangan Rendah (TR) sebagai referensi			Sisi Tegangan Tinggi (TT) sebagai referensi		
r_{e1}	x_{e1}	L	R_{c2}	X_{m2}	L
(Ω)	(Ω)	(mH)	(Ω)	(Ω)	(mH)
0,28	0,29	11,1487	1066,67	800,00	0,0040
0,29	0,23	13,8266	1098,59	827,86	0,0038
0,29	0,16	19,7260	1160,31	835,41	0,0038
0,30	0,06	54,4590	1243,70	849,99	0,0037
0,27	0,01	215,1084	1425,74	856,09	0,0037

Tabel 4. Karakteristik transformator

Karakteristik transformator		
η	η_{max}	Regulation
(%)	(KVA)	(%)
91,4	4,6	5,0
91,7	4,6	4,5
92,1	4,4	3,8
92,7	4,3	2,9
93,7	4,4	2,2

**Gambar 6.** Loc VS Lsc**Gambar 7.** η_{max} VS Regulation**Gambar 8.** Karakteristik parameter Loc terhadap Voc dan Poc**Gambar 9.** Karakteristik parameter Lsc terhadap Vsc dan Psc

Penelitian ini menghasilkan prototype mesin listrik AC statis. Gambar 10 memperlihatkan prototype mesin listrik AC statis



Gambar 10. Prototipe mesin listrik AC statis

IV. KESIMPULAN

1. Uji rangkaian tanpa beban, nilai parameter R_c dan X_m jauh lebih besar jika dibandingkan nilai R_{eq} dan X_{eq} , sehingga terjadi drop tegangan yang besar di parameter R_c dan X_m , yaitu sebesar 13,8 V dan 17,2 V. Uji hubung singkat, drop tegangan di R_c dan X_m dapat diabaikan karena tegangan yang terukur merupakan tegangan di Z_{eq} .
2. Peningkatan nilai parameter L terjadi dipengujian hubung singkat (L_{sc}), dimana tegangan primer secara bertahap diturunkan, yaitu sebesar 16 V, 14 V, 12 V, (pengujian no 3, 4 dan 5), yaitu sebesar 4,9315 mH, 13,6148 mH dan 53,7771 mH.
3. Efisiensi dan regulation trafo turun secara bertahap akibat tegangan primer secara bertahap turun, pada tegangan 195 V sisi primer, terjadi perpotongan Efisiensi (4,6 kVA) dan regulation (4,5%).
4. Daya pada P_{oc} dan P_{sc} menurun dalam tahapan pengujian, pengujian tanpa beban terjadi titik pertemuan pada tegangan primer 190 V dengan nilai $L = 0,0152$ mH (pengujian No 3) dan pengujian hubung singkat pada tegangan 14 V dengan nilai $L = 13,6148$ mH (pengujian No 4)

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini merupakan bagian dari Penelitian Strategis Nasional tahun anggaran 2018. Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Ditjen Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi. Peneliti juga mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Bengkalis atas bantuan dan dukungan sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Francisco de León, Ashkan Farazmand, and Pekir Joseph, "Comparing the T and Equivalent Circuits for the Calculation of Transformer Inrush Currents" IEEE Transactions On Power Delivery, Vol.27, No.4, October 2012, Senior Member, IEEE, Student Member, IEEE
- [2] Antônio Flavio Licarião Nogueira "Calculation Of Power Transformers Equivalent Circuit Parameters Using Numerical Field Solutions" IJRRAS 17 (1), November 2013
- [3] Jan Kyncl, Adithya Hariram, Zdeněk Novák, "Equivalent Circuit Model for a Single Phase Transformer" Dept. of Electrical Power Engineering Faculty of Electrical Engineering, Czech Technical University Prague, Czech Republic kyncl, hariradi,
- [4] Joanna Baraniak, Krzysztof Pachowicz, Andrew Nafalski, Hugh Considine & Zorica Nedjic, "Determination of parameters of an equivalent circuit of a single-phase transformer using a remote laboratory" World Transactions on Engineering and Technology Education, Vol.14, No.4, 2016,
- [5] Zhan Zhang, CaiXia Gao, and YuMei Wang, "Research on Calculation of Transformer's Parameters with Modern Information Technology" Electrical Engineering Department, Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454000, China
- [6] T. Aly Saandy, M. Rakotomalala, Said Mze, A. F. Toro, A. Jaomary, "Analytical Determining Of The Steinmetz Equivalent Diagram Elements Of Single-Phase Transformer" International Journal Of Scientific & Technology Research Vol.4, Issue 12, December 2015,
- [7] R Gouws and O Dobzhanskyi, "Efficiency analysis of a three-phase power transformer" , IEEE Transactions On Instrumentation And Measurement, Vol.56, No.1, February 2007
- [8] Xavier Margueron and Jean Pierre Keradec, "Identifying the Magnetic Part of the Equivalent Circuit of n-Winding Transformers" , Member, IEEE
- [9] Aeso, "Transformer Modelling Guide", Version 2, 2014
- [10] Kharagpur, "Testing, Efficiency & Regulation " Version 2 EE IIT