

P-45

**KARAKTERISTIK KURVA KECEPATAN TORSI DAN FAKTOR KERJA
PROTOTYPE MESIN LISTRIK AC DINAMIS DAN STATIS DENGAN
PEMODELAN RANGKAIAN EKIVALEN**

***CHARACTERISTICS OF TORQUE SPEED CURVES AND WORKING FACTORS OF
PROTOTYPE DYNAMIC AND STATIC AC ELECTRIC MACHINES WITH
EKIVALENT CIRCUIT MODELING***

Zainal Abidin^{1*}, Adam², Suhardiman³

^{1,2,3}Politeknik Negeri Bengkalis, Jln Bathin Alam Sungai Alam Bengkalis, Bengkalis- Riau

*E-mail: zainal@polbeng.ac.id

Diterima 19-10-2018	Diperbaiki 28-11-2018	Disetujui 20-12-2018
---------------------	-----------------------	----------------------

ABSTRAK

Mesin listrik AC dinamis dan statis dapat dimodelkan dengan rangkaian ekivalen untuk tujuan menganalisa karakteristik dari mesin listrik AC dinamis dan statis setelah diketahui nilai parameternya. Metodologi untuk mengetahui nilai parameter rangkaian ekivalen dengan melakukan pengujian tanpa beban dan pengujian hubung singkat. Terjadi perbedaan nilai antara mesin listrik AC dinamis dan statis dengan prototypenya. Perbedaan pada kurva kecepatan torsi mesin listrik AC dinamis dengan prototype motor listrik induksi 1,1 kW tipe rotor sangkar tupai, yaitu $T_{start} = 0,6 \text{ N.m}$, $T_{s-max} = - 0,23$ dan $T_{max} = 3,1 \text{ N.m}$, dan faktor kerja mesin listrik AC statis dengan prototype transformator 5kVA, yaitu pf 0,75 dan pf 0,65 ditinjau dari sisi tegangan kerja disisi kumparan sekunder, yaitu 1,7V dan -1,4 V.

Kata kunci:mesin listrik AC, dinamis, statis, rangkaian ekivalen, motor induksi

ABSTRACT

Dynamic and static AC electric machines can be modeled with equivalent circuits for the purpose of analyzing the characteristics of dynamic and static AC electric machines after their parameter values are known. Methodology to determine the value of equivalent circuit parameters by carrying out no-load testing and short circuit testing. There is a difference in value between dynamic and static AC electric machines with the prototype. The difference in the torque speed curve of the AC electrical engine with a prototype induction electric motor 1,1 kW type squirrel cage rotor, namely $T_{start} = 0,6 \text{ Nm}$, $T_{s-max} = - 0,23$ and $T_{max} = 3,1 \text{ N.m}$, and factors work of static AC electrical machines with 5kVA transformer prototypes, namely pf 0.75 and pf 0.65 in terms of the working voltage side of the secondary coil, namely 1.7V and -1.4 V.

Keywords:AC power machine, dynamic, static, equivalent circuit, induction motor

PENDAHULUAN

Secara teoritis, mesin listrik AC dinamis dan statis dapat dimodelkan dengan rangkaian pengganti [1]-[3], [8]-[10]. Nilai parameter rangkaian ekuivalen motor induksi 3phasa didapat pengujian tanpa beban dan pengujian hubung singkat [1]-[3], dan parameter rangkaian transformator didapat dari pengujian tanpa beban sisi tegangan rendah (TR) dan pengujian hubung singkat sisi tegangan tinggi (TT) [8]-[10].

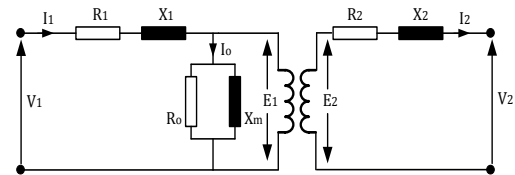
Hasil penelitian terdahulu didapat kesimpulan yang berbeda, yaitu adanya keterbatasan dalam menganalisis dengan menggunakan rangkaian ekuivalen mesin listrik AC dinamis dan statis, dimana tegangan sumber harus sinusoidal, parameter beban rangkaian ekuivalen konstan dan hanya untuk analisis pada kondisi *steady state* serta dalam kondisi operasi sebenarnya [2], [10], [11].

Memperhatikan hasil penelitian terdahulu, penelitian ini bertujuan untuk mencoba menjawab kesimpulan dari beberapa penelitian yang telah dilakukan, yaitu dengan cara membandingkan pengujian secara langsung dengan hasil perancangan prototype mesin listrik AC dinamis dan statis dengan ruang lingkup penelitian dibatasi terhadap torsi kecepatan putar motor induksi 3phasa type rotor sangka tupai dan faktor kerja pada transformator 1phasa

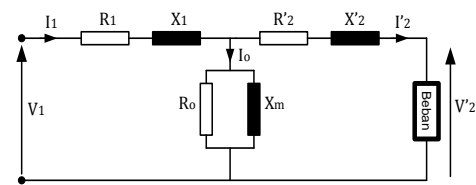
METODOLOGI

Penelitian dan pengujian dilakukan di Lab Mesin Listrik dan Sistem Tenaga Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bengkalis. Bahan dan peralatan yang digunakan, yaitu : Motor induksi tiga phasa type rotor sangkar tupai (*squirrel-cage rotor*), klas isolasi B, kumparan stator Δ/Y , 220/380V, 4,3/2,5A, 1,1 KW, 0,67, 1475 rpm, 50Hz dan Transformator 1phasa, 5kVA, 200/400V. Metoda pengujian motor induksi tiga phasa dengan metoda pengujian tanpa beban dan pengujian hubung singkat [1,2,3], sedangkan untuk transformator dengan metoda pengujian tanpa beban sisi tegangan rendah (TR) dan pengujian hubung singkat sisi tegangan tinggi (TT) [8]-[10].

Rangkaian ekuivalen digunakan untuk menprediksi kinerja dari mesin listrik AC, Gambar 2 untuk mesin listrik AC dinamis (motor induksi 3phasa type rotor sangkar tupai), nilai parameter didapat dengan melakukan tes beban nol dan tes rotor ditahan. Sedangkan untuk mesin listrik AC statis (Transformator) Gambar 3, nilai parameter didapat dengan melakukan uji tanpa beban dan uji rangkaian hubung singkat [2]-[3], [8]-[10].



Gambar 2. Rangkaian ekuivalen mesin listrik AC dinamis



Gambar 3. Rangkaian ekuivalen mesin listrik AC statis

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian motor induksi 3phasa 1,1 kW diperlihatkan pada Tabel 1 dan Tabel 2, sedangkan nilai parameter rangkaian ekuivalen diperlihatkan pada Tabel 3.

Tabel 1. Pengujian tanpa beban motor

Parameter	Pengujian Tanpa Beban		
	Test 1	Test 2	Test 3
V_{L-nl} (V)	230	220	210
I_{L-nl} (A)	2,5	2,2	1,9
P_{nl} (W)	106	101	97

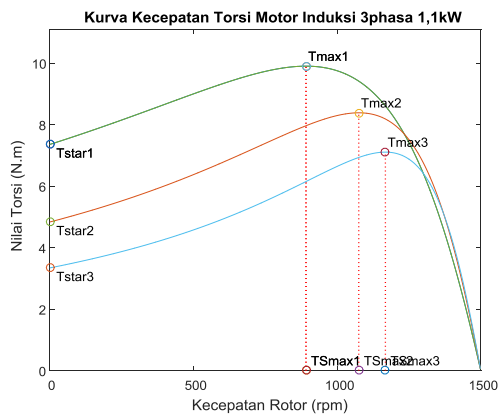
Tabel 2. Pengujian hubung singkat

Parameter	Pengujian Hubung Singkat		
	Test 1	Test 2	Test 3
V_{L-br} (V)	64	72	83
I_{L-br} (A)	2,6	2,8	3,0
P_{br} (W)	169	171	183

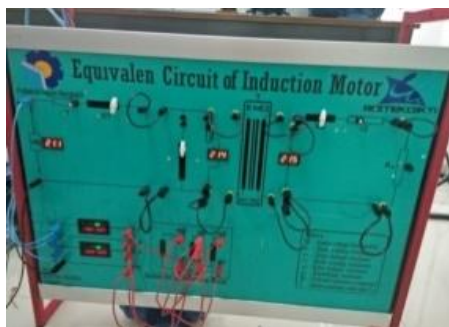
Tabel 3. Parameters motor induksi 3phasa 1,1 kW

Parameter	Nilai
Resistance stator (R_1)	3,5 Ω
Reactance stator (X_1)	
Resistance rotor (R_2)	3,22 Ω
Reactance rotor (X_2)	4,83 Ω
Magnetising reactance (X_m)	8,29 Ω
Stator copper losses (P_{sc1})	49,89 W
Rotational losses (P_{rot})	65,63 W 40,37 W

Kurva kecepatan torsi motor induksi 3phasa 1,1kW diperlihatkan pada Gambar 4, dengan nilai kecepatan torsinya diperlihatkan pada Tabel 4.



Gambar 4. Kurva Kecepatan Torsi Motor Induksi 3phasa 1,1kW



Gambar 5. Prototype Mesin Listrik AC Dinamis

Tabel 4. Nilai Kecepatan Torsi

Parameter	Test 1	Test 2	Test 3	SI Unit
T_{start}	7,4	4,8	3,3	N.m
T_{S-max}	0,4	0,3	0,2	
T_{max}	9,9	8,4	7,1	N.m

Pengujian Prototype Mesin Listrik AC Dinamis dengan pemodelan rangkaian ekivalen diperlihatkan pada Tabel 5 dan Tabel 6

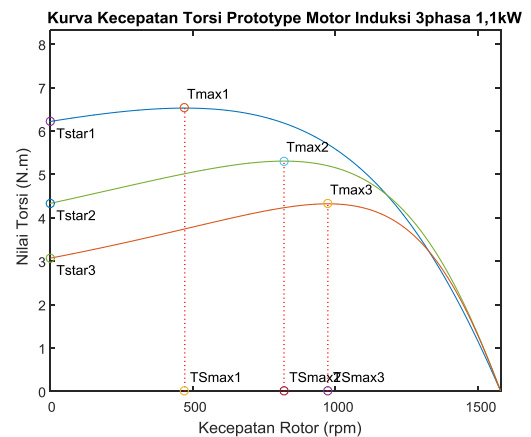
Tabel 5. Pengujian tanpa beban motor

Parameter	Pengujian Tanpa Beban		
	Test 1	Test 2	Test 3
V_{L-nl} (V)	177,1	169,4	161,7
I_{L-nl} (A)	1,9	1,7	1,5
P_{nl} (W)	81,6	77,8	74,7

Tabel 6. Pengujian hubung singkat

Parameter	Pengujian Hubung Singkat		
	Test 1	Test 2	Test 3
V_{L-br} (V)	51,8	58,3	67,2
I_{L-br} (A)	2,1	2,3	2,4
P_{br} (W)	136,9	141,9	148,2

Kurva kecepatan torsi prototype motor induksi 3phasa 1,1kW diperlihatkan pada Gambar 4, dengan nilai kecepatan torsinya diperlihatkan pada Tabel 7.



Gambar 6. Kurva Kecepatan Torsi Prototype Motor Induksi 3phasa 1,1kW

Tabel 7. Nilai Rata-Rata Kecepatan Torsi

Parameter	Test 1	Test 2	Test 3	SI Unit
T_{start}	6.2	4.3	3.1	N.m
T_{S-max}	0.7	0.5	0.4	
T_{max}	6.5	5.3	4.3	N.m

Selisih kedekatan nilai kecepatan torsi antara motor Induksi 3phasa 1,1kW dengan prototypenya diperlihatkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Nilai kedekatan kurva Kecepatan Torsi

Parameter	Test 1	Test 2	Test 3	SI Unit
T_{start}	1.2	0,5	0,2	N.m
T_{S-max}	-0,3	-0,2	-0,2	
T_{max}	3,4	3,1	2,8	N.m

Nilai rata-rata kedekatan kurva kecepatan torsi antara motor Induksi 3phasa 1,1kW dengan prototype sebesar :

$T_{start} = 0,6 \text{ N.m,}$

$T_{S-max} = - 0,23 \text{ dan}$

$T_{max} = 3,1 \text{ N.m}$

Pengujian transformator 1phasa, 5kVA, 200/400V diperlihatkan pada Tabel 9, dengan nilai parameter diperlihatkan pada Tabel 10

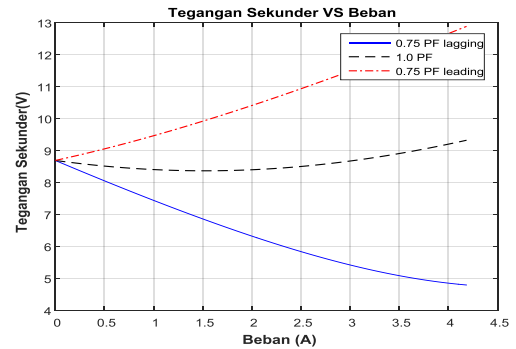
Tabel 9. Data pengujian

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

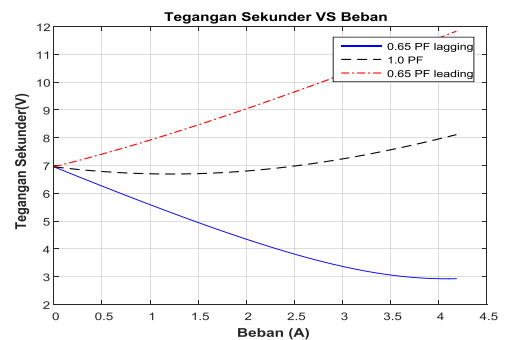
Tabel 10. Parameter Rangkaian ekivalen

Sisi Tegangan Rendah (TR) sebagai referensi		Sisi Tegangan Tinggi (TT) sebagai referensi	
$r_{e1}(\Omega)$	$x_{e1}(\Omega)$	$R_{c2}(\Omega)$	$X_{m2}(\Omega)$
0,28	0,29	1066,67	800,00
0,29	0,23	1098,59	827,86
0,29	0,16	1160,31	835,41
0,30	0,06	1243,70	849,99
0,27	0,01	1425,74	856,09

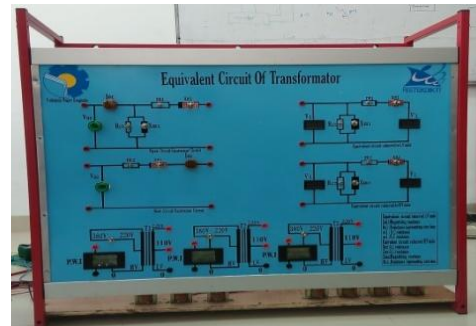
Kurva faktor kerja (PF) transformator 1phasa 5 kVA terhadap beban, diperlihatkan pada Gambar 7 dan Gambar 8 dengan PF 0,75 dan 0,65



Gambar 7. Kurva PF 0,75 Trafo 5 kVA

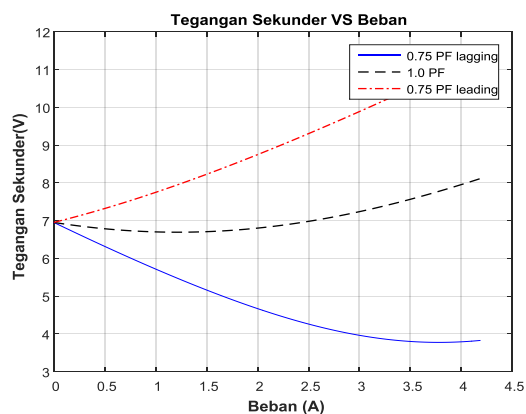


Gambar 8. Kurva PF 0,65 Trafo 5kVA

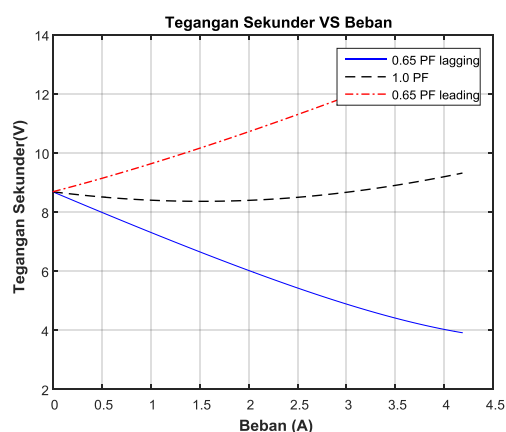


Gambar 9. Prototype Mesin Listrik AC Statis

Kurva faktor kerja (PF) prototype transformator 1phasa 5 kVA terhadap beban, diperlihatkan pada Gambar 10 dan Gambar 11 dengan PF 0,75 dan 0,65



Gambar 10. Kurva PF 0,75 Prototype Trafo 5kVA



Gambar 11. Kurva PF 0,65 Prototype Trafo 5kVA

KESIMPULAN

Secara garis besar, nilai kecepatan torsi motor induksi 3phasa jika dibandingkan dengan kurva kecepatan torsi prototype motor induksi 3phasa menunjukkan arah yang sama hanya terjadi perbedaan nilai, yaitu sebesar :

$$\begin{aligned} T_{\text{START}} &= 0,6 \text{ N.M,} \\ T_{\text{S-max}} &= - 0,23 \text{ dan} \\ T_{\text{max}} &= 3,1 \text{ N.m} \end{aligned}$$

Faktor kerja transformator 5 kVA dengan PF 0,75, tegangan sekunder sebesar 8,7 V dan 7 V dengan PF 0,65. Sedangkan Faktor kerja prototype transformator 5 kVA dengan PF 0,75, tegangan sekunder sekitar 7 V dan 8,4V dengan PF 0,65. Terjadi penurunan pada tegangan sekunder.

SARAN

Masih banyaknya nilai parameter perbandingan yang belum dihasilkan dari prototype mesin listrik AC dinamis dan statis untuk menjawab hasil dari penelitian yang telah dihasilkan.

Mohon Saran dan bantuan agar tujuan penelitian ini dapat tercapai dan penelitian ini

menjadi lebih baik serta adanya peningkatan terhadap hasil penelitian selanjutnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini merupakan hasil dari penelitian di 2 tahun anggaran, yaitu Penelitian Produk Terapan (PPT) tahun 2017 dan Penelitian Strategis Nasional Institusi (PSNi) tahun 2018.

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi, dan Peneliti juga mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Bengkalis atas bantuan dan dukungan sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Krause, P. C.; Wasynczuk, O.; Sudhoff, S. D. – “Analysis of Electrical Machinery”.*IEEE Press*, IEEE, Inc., New York, N.Y.
- [2] IEEE Std. 112-1978. “IEEE Standard Test Procedure for Polyphase Induction Motors and Generators”, *IEEE, Inc.*, New York, N.Y.
- [3] IEEE St. 112-1996: “IEEE Standard Test Procedure for Induction machines”.*IEEE, Inc.*, New York, N.Y.
- [4] G.R. Slemon, “Modeling of Induction Machines for Electric Drives”, *IEEE Trans. on Ind. Applications*,25.6 (1989): 26-31.
- [5] Standard IEC 60034-2-1, “Standard Methods for Determining Losses and Efficiency from test Electrical Machines”, (2008).
- [6] A.F.L. Nogueira“Calculation Of Power Transformers Equivalent Circuit Parameters Using Numerical Field Solutions”*IJRRAS*,17.1, (2013):19-26.
- [7] J. Kyncl, A. Hariram, Z. Novák, “Equivalent Circuit Model for a Single Phase Transformer” *Czech Technical University Prague, Czech Republic* kyncl, hariradi,2013
- [8] J. Baraniak, K. Pachowicz, A. Nafalski, H. Considine and Z. Nedic, “Determination of parameters of an equivalent circuit of a single-phase transformer using a remote laboratory”, *World Transactions on Engineering and*

- Technology Education*, 14.4 (2016): 445-450
- [9] T.A. Saandy, M. Rakotomalala, S. Mze, A. F. Toro, A. Jaomiary, "Analytical Determining Of The Steinmetz Equivalent Diagram Elements Of Single-Phase Transformer" *International Journal Of Scientific & Technology Research*, 4.12(2015): 382-389
- [10] R. Gouws and O. Dobzhanskyi," Efficiency analysis of a three-phase power transformer", *IEEE Transactions On Instrumentation And Measurement*,56.1 (2007): 61-65.
- [11] Aeso,*Transformer Modelling Guide, Version 2*, (2014).