

PENGARUH PENINGKATAN NILAI TAHANAN KUMPARAN STATOR TERHADAP KINERJA MOTOR INDUKSI 3-FASA

Zuriman Anthony

Jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Padang
Jl. Gajah Mada Kandis Nanggalo Padang, Sumatera Barat
e-mail: antoslah@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini dimaksudkan untuk memberikan gambaran tentang besarnya pengaruh perubahan tahanan stator terhadap kinerja motor induksi 3-fasa akibat terjadi kenaikan suhu pada kumparan motor. Penelitian ini menggunakan parameter motor induksi yang diambil berdasarkan percobaan di laboratorium yang kemudian dianalisa dengan menggunakan rangkaian ekuivalen motor. Untuk mempermudah analisa maka digunakan program Matlab agar dapat dilihat secara detail pengaruh perubahan tahanan stator terhadap kinerja motor. Motor induksi yang dijadikan objek penelitian adalah motor induksi 3-fasa, 1,5HP, 380V, Y, 2,75A, 1400 rpm. Dari penelitian yang telah dilakukan diperoleh hasil bahwa semakin besar kenaikan tahanan kumparan stator, maka semakin jelek kinerja motor, yang ditandai dengan terjadinya penurunan arus masukan, daya mekanik, daya keluaran, dan efisiensi motor. Kecuali pada faktor daya motor, dimana kenaikan tahanan stator akan menaikkan faktor daya karena kenaikan rugi-rugi pada kumparan stator sehingga motor bekerja dengan efisiensi yang rendah.

Kata kunci: kenaikan suhu kumparan motor, tahanan kumparan stator, penurunan kinerja motor

Abstract

This research was purposed to give a drawing characteristic of the 3-phase induction motor when the stator's windings resistance was increased by the temperature. This research used the motor's parameters that are taken based on experiments in the laboratory and then analyzed using the equivalent circuit of a motor. To simplify the analysis, it used a Matlab program to find out the performance detail of the motor. The motor used was the 3-phase induction motor of 1,5 kW, 380V; Y; 50 Hz; 2.75 A; 1400 rpm. The result of this research showed that increasing resistance of the stator winding of the motor will reduce the performance of the motor which are marked by decreasing the input current, mechanical power, output power, and efficiency of the motor. Except for motor power factor, where the increase of resistance of the stator winding will raise the power factor of the motor, but did not improve the performance of the motor.

Keywords: *increase in temperature of the motor's winding, resistance of the stator windings, decrease performance of the motor*

1. Pendahuluan

Motor induksi 3-fasa merupakan motor listrik arus bolak-balik (AC) yang beroperasi dengan menggunakan sistem tenaga listrik AC 3-fasa. Motor ini biasanya diproduksi dengan daya yang besar dan banyak digunakan pada sektor industri. Motor induksi 3-fasa ini biasanya diproduksi dengan berbagai tipe dengan kemampuan yang berbeda sehingga harga motor ini berbeda tergantung dari daya mekanik yang dibangkitkan motor atau bahan yang digunakan untuk memproduksi motor. Semakin besar daya mekanik yang dihasilkan motor atau semakin bagus bahan yang digunakan untuk membuat motor, maka semakin mahal harga motor.

Motor induksi 3-fasa biasanya tidak selalu dioperasikan pada beban yang konstan.

Besar kecilnya beban akan mempengaruhi kumparan motor. Semakin besar beban motor, maka suhu kumparan motor akan meningkat sehingga mengakibatkan terjadi pula peningkatan tahanan pada kumparan motor. Peningkatan tahanan kumparan motor ini tentu akan mempengaruhi kinerja motor. Berdasarkan kondisi ini maka penulis tertarik untuk meneliti seberapa besar pengaruh perubahan tahanan kumparan motor induksi 3-fasa ini terhadap kinerja motor. Pada penelitian kali ini penulis lebih memfokuskan terhadap pengaruh perubahan tahanan stator terhadap kinerja motor induksi 3-fasa.

2. Landasan Teori

Motor induksi 3-fasa mempunyai 2 kumparan utama yaitu kumparan stator dan

kumparan rotor. Motor ini bekerja berdasarkan induksi medan magnet yang berputar pada kumparan stator yang mempengaruhi kumparan rotor sehingga rotor berputar mengikuti perputaran medan magnet pada kumparan stator. Besarnya kecepatan perputaran medan magnet ini dapat dihitung dengan mengacu ke persamaan berikut.

$$N_s = 120.f/p \tag{1}$$

yang mana :

f = frekuensi sumber AC (Hz)

p = jumlah kutub yang terbentuk pada motor

Ns = kecepatan putaran medan magnet stator (putaran/menit, rpm)

Putaran medan magnet pada stator motor induksi akan diikuti oleh rotor sehingga rotor berputar. Makin berat beban yang diberikan ke motor, maka kecepatan rotor akan turun sehingga terjadi slip (s) yang dapat dihitung seperti persamaan (2).

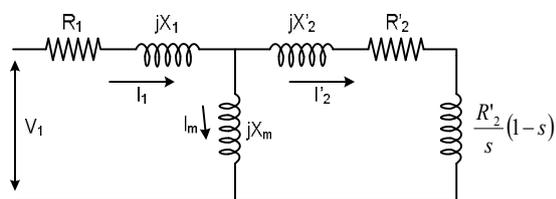
$$s = \frac{N_s - N_r}{N_s} \tag{2}$$

yang mana :

s = slip

Nr = kecepatan putaran rotor pada motor

Besarnya slip akan mempengaruhi kinerja motor karena slip ini berhubungan langsung dengan rangkaian ekivalen motor. Hubungan slip dengan rangkaian ekivalen motor ini diperlihatkan pada gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian ekivalen motor induksi 3-fasa perfasa

yang mana:

V₁ = Tegangan sumber perfasa pada kumparan stator

R₁ = Resistansi kumparan stator

X₁ = Reaktansi Induktif kumparan stator

R₂' = Resistansi kumparan rotor dilihat dari sisi stator

X₂' = Reaktansi Induktif rotor dilihat dari sisi stator

X_m = Reaktansi magnet pada motor

$\frac{R_2'}{s}(1-s)$ = Resistansi yang mewakili beban motor

I₁ = Arus kumparan stator

I₂' = Arus pada kumparan rotor dilihat dari sisi stator

I_m = Arus Magnet

Dari rangkaian ekivalen motor induksi pada gambar 1, dapat dijabarkan sebagai berikut.

$$Z'_2 = \frac{R'_2}{s} + jX'_2 \tag{3}$$

$$Zp_2 = \frac{Z'_2 \cdot jX_m}{Z'_2 + jX_m} \tag{4}$$

$$Z_t = Z_1 + Zp_2 \tag{5}$$

$$I_1 = \frac{V_1}{Z_t} = I \angle \phi \tag{6}$$

$$V_{AB} = V_1 - I_1 \cdot X \cdot Z_1 \tag{7}$$

$$I_2' = \frac{V_{AB}}{Z_2'}$$

$$Pm_{(3\text{fasa})} = 3x(i_2')^2 \cdot \frac{R_2'}{s}(1-s) \tag{9}$$

$$P_{OUT} = Pm_{(3\text{fasa})} - Prot \tag{10}$$

$$P_{in(3\text{fasa})} = \sqrt{3} \cdot V_{LL} \cdot I_L \cdot \cos \phi \tag{11}$$

$$\eta = \frac{P_{OUT}}{P_{IN}} \cdot 100\% \tag{12}$$

yang mana:

Pm_(3fasa) = daya mekanik yang dibangkitkan pada motor (W)

P_{in(3fasa)} = daya masukan pada motor (W)

η = efisiensi motor (%)

P_{OUT} = daya keluaran pada motor (W)

Prot = rugi-rugi putaran (W)

Kumparan stator motor induksi biasanya dibuat dari tembaga yang diberi isolasi. Bila terjadi peningkatan suhu pada kumparan maka akan terjadi peningkatan nilai tahanan kumparan yang persamaannya dapat dibuat sebagai berikut.

$$R_t = R_0(1 + \alpha_0 t) \tag{13}$$

yang mana:

R_t = tahanan kumparan pada suhu t⁰ C

R₀ = tahanan kumparan pada suhu awal (°C)

α_0 = koefisien suhu tahanan per $^{\circ}\text{C}$ pada suhu nol $^{\circ}\text{C}$

t = suhu saat R_t ($^{\circ}\text{C}$)

Dengan memperhatikan persamaan (13) terlihat bahwa bila terjadi peningkatan suhu pada kumparan stator, maka terjadi pula peningkatan nilai tahanan kumparan stator. Besarnya nilai tahanan kumparan stator ini tergantung kepada besarnya nilai kenaikan suhu pada kumparan.

3. Metode Penelitian

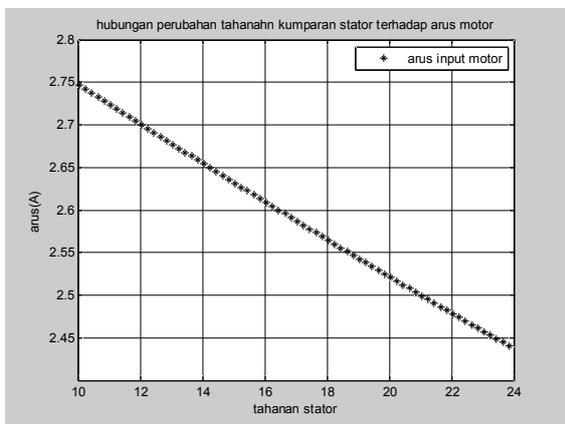
Motor induksi yang diteliti adalah motor induksi 3-fasa 1,5 Hp, 380V, 2,75A, 50Hz, 4 kutup, 1400 rpm, hubungan Y, dengan parameter sebagai berikut.

- $R_1 = 10,05 \text{ ohm}$, $\text{Prot} = 182.7864 \text{ W}$
- $R_2' = 6,4089 \text{ ohm}$
- $X_1 = 9,6231 \text{ ohm}$
- $X_1 = 9,6231 \text{ ohm}$
- $X_m = 99.774 \text{ ohm}$

Untuk menganalisa kondisi motor saat terjadi perubahan nilai tahanan kumparan stator pada motor maka digunakan program Matlab agar diperoleh hasil perhitungan dengan grafik yang akurat dan cepat.

4. Hasil Penelitian dan Pembahasan

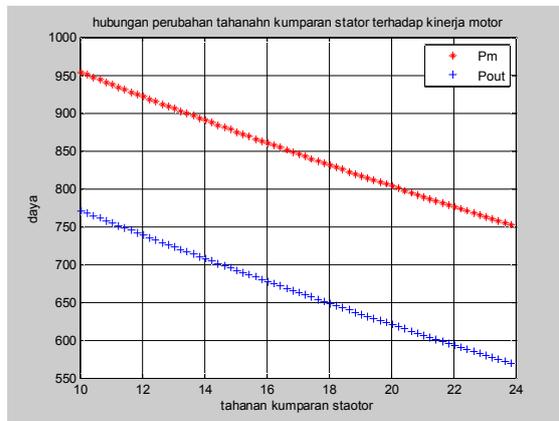
Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dengan menggunakan program Matlab maka diperoleh hasil kinerja motor seperti yang diperlihatkan pada gambar 2 sampai dengan gambar 4.



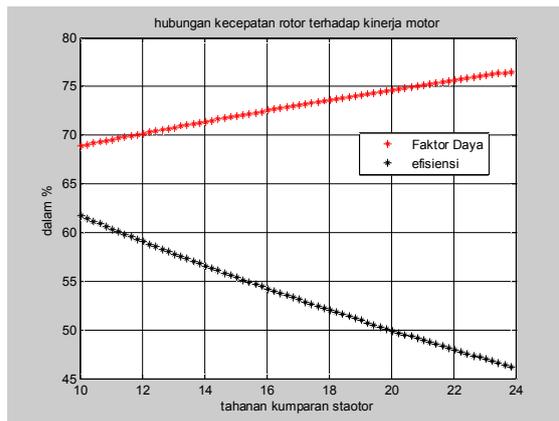
Gambar 2. Grafik hubungan pengaruh perubahan nilai tahanan kumparan stator terhadap arus masukan motor

Dengan memperhatikan gambar 2 terlihat bahwa dengan naiknya nilai tahanan kumparan stator, maka arus masukan motor akan semakin kecil karena dengan naiknya nilai tahanan kumparan akan memperbesar nilai impedansi

total motor sehingga arus masukan semakin kecil. Tetapi efek dari naiknya nilai tahanan ini akan memperkecil daya mekanik (P_m) yang dibangkitkan motor sehingga daya keluaran motor (P_{out}) juga menjadi kecil seperti yang diperlihatkan pada gambar 3. Kondisi ini akan memperjelek kinerja motor karena akan menurunkan kemampuan motor untuk mengkopel beban sesuai dengan standar yang tertera pada pelat nama motor.



Gambar 3. Grafik hubungan pengaruh perubahan nilai tahanan kumparan stator terhadap daya mekanik dan daya keluaran motor



Gambar 4. Grafik hubungan pengaruh perubahan nilai tahanan kumparan stator terhadap efisiensi dan faktor daya motor

Dengan memperhatikan gambar 4 juga terlihat bahwa dengan naiknya tahanan kumparan stator motor induksi akan mengakibatkan turunnya efisiensi motor karena dengan naiknya nilai tahanan kumparan stator akan memperbesar rugi-rugi pada motor sehingga motor mempunyai kinerja yang sangat jelek. Dari gambar 4 juga terlihat bahwa dengan naiknya nilai tahanan kumparan stator ternyata menaikkan faktor daya pada motor. Ini terjadi

karena dengan naiknya nilai tahanan kumparan stator akan memperbesar rugi-rugi daya pada motor sehingga daya aktif total yang diserap motor semakin besar dibandingkan dengan daya reaktif yang dihasilkan motor. Dengan kata lain bahwa faktor daya yang besar terjadi bukan karena kinerja motor yang baik tetapi karena rugi-rugi dayayang besar pada motor. Ini dibuktikan dengan tampilan grafik efisiensi yang terdapat pada gambar 4, dimana dengan semakin besarnya faktor daya ternyata efisiensi motor semakin mengecil (rugi-rugi semakin besar).

process optimization”, IEEE, No. 0-7803-4962-8198, pp. 1-6.

Sen, P.C., 1989, “*Principles of Electric Machines and Power Electronics*”, John Wiley & Son, New York.

5. Kesimpulan

Dari hasil penelitian motor induksi 3-fasa yang telah dilakukan dapat dibuat kesimpulan sebagai berikut.

1. Naiknya nilai tahanan kumparan stator dari nilai standar nominalnya akan memperjelek kinerja motor yang tergantung dari seberapa besar naiknya nilai tahanan kumparan stator ini.
2. Semakin besar naiknya nilai tahanan kumparan stator akan memperkecil arus masukan motor, daya mekanik, daya keluaran dan efisiensi motor.
3. Semakin besar naiknya nilai tahanan kumparan stator akan mempebesar nilai faktor daya motor karena meningkatnya rugi-rugi kumparan motor sehingga motor bekerja dengan efisiensi yang semakin rendah (jelek).

Daftar Pustaka

Anthony Zuriman, 2007, “Pembuatan filter pasif untuk memperkecil harmonik yang timbul akibat perbaikan faktor daya pada motor induksi 3-fasa”, *Semninar Nasional Mesin dan Industri (SMN3)*, September 2007.

Chapman Stephen J, 1999, “*Electric machinery fundamentals*”, WBC McGraw-Hill, New York, USA.

Cowern ED, PE, 2000, “Keep up to speed with motor terms”, *EC & M*, Januari 2003, pp. 52 & 56.

Lukitsch Walter J, Allen and Milwaukee, 1988, “Selecting motor protection for plant and