

OPTIMALISASI JUMLAH SLOT ROTOR PADA DESAIN MOTOR INDUKSI 100 KW TIPE ROTOR BELITAN

Muhidin

*Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Ibn Khaldun Bogor,
Jl KH. Soleh Iskandar km 2, Bogor
Email: muhidin@uika-bogor.ac.id*

ABSTRAK

OPTIMALISASI JUMLAH SLOT ROTOR PADA DESAIN MOTOR INDUKSI 100 KW TIPE ROTOR BELITAN. Motor induksi tipe rotor belitan adalah motor arus bolak balik (AC) yang bekerja berdasarkan induksi elektromagnetik, dengan bentuk rotor menggunakan lilitan kawat tembaga sama seperti statornya. Dalam desain motor induksi perbandingan jumlah slot stator dan rotor sangat berpengaruh terhadap kinerja dari motor tersebut. Penelitian ini dilakukan untuk mencari parameter yang optimal antara jumlah slot stator dan rotor, dimana jumlah slot stator dibuat tetap yaitu 48 sedangkan jumlah slot rotor dibuat bervariasi yaitu 24, 48 dan 72. Dari penelitian ini diperoleh perbandingan jumlah slot stator dan rotor yang paling optimal yang memberikan nilai daya, power factor dan efisiensi yang paling baik pada desain motor induksi 100 KW tipe rotor belitan. Seluruh perhitungan dan simulasi pada penelitian ini menggunakan aplikasi Motorsolve. Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa desain terbaik adalah desain dengan perbandingan jumlah slot stator 48 dan slot rotor 48. Dengan perbandingan tersebut diperoleh nilai daya keluaran 100.7 KW, efisiensi 96.4%, dan power faktor 0.90.

Kata Kunci: motor induksi, slot stator dan rotor, daya output, efisiensi, power factor

1. PENDAHULUAN

Motor induksi type rotor belitan adalah motor arus bolak balik (AC) yang bekerja berdasarkan induksi elektromagnetik, dengan bentuk rotor menggunakan lilitan kawat tembaga sama seperti statornya. Motor induksi banyak digunakan dalam berbagai bidang seperti industri, transportasi, dan peralatan rumah tangga. Motor induksi adalah jenis motor arus bolak balik (AC) yang paling banyak digunakan, dikarenakan motor induksi memiliki banyak kelebihan dibandingkan dengan motor lainya. Kelebihan motor induksi diandingkan jenis motor AC lainya adalah kontruksi yang kuat dan sederhana, perawatan yang rendah, dan harga yang murah [1].

Penggunaan motor induksi ini tentunya memerlukan sumber energi listrik dalam pengoperasiannya. Oleh karena itu, tidak mengherankan bahwa 69% konsumsi energi listrik di dunia mengalir ke motor listrik, dan 90% dari 69% tersebut dikosnsumsi motor induksi [2]. Selain itu, pemborosan energi listrik dalam penggunaan motor listrik diakibatkan oleh efisiensi dan faktor daya motor rendah dari motor listrik. Dengan demikian, pemborosan energi

listrik ini menjadi salah satu faktor yang berperan dalam terjadinya krisis energi listrik secara global.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan perbandingan jumlah slot rotor dan stator yang tepat sehingga diperoleh nilai daya keluaran, efisiensi, dan power factor yang paling optimal.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan tahapan sebagai berikut: perhitungan diameter dalam dan panjang stator, perhitungan diameter luar stator, perhitungan *air gap* dan diameter luar rotor, perhitungan jumlah slot rotor dan stator, pembuatan disain gambar rangkaian motor, dan simulasi disain yang dibangun.

2.1. Perhitungan diameter dalam dan panjang stator

Dalam mendesain motor induksi 3 fasa, hal pertama yang harus dilakukan adalah menentukan diameter dan ketebalan stator berdasarkan daya output yang diinginkan. Diameter dan ketebalan stator dari motor induksi, dapat dihitung

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FTUIKA-BOGOR

menggunakan persamaan keluaran dari mesin AC sebagai berikut [3]:

$$Q = C_0 D^2 L n_s \text{ (KW)}$$

$$C_0 = 11 K_w B_{av} ac \times 10^{-3}$$

Dimana,

Q = keluaran mekanik (KW)

C_0 = koefisien keluaran

D = diameter dalam stator (m)

L = panjang besi kotor dari stator (m)

n_s = kecepatan sinkron (rps)

K_w = factor lilitan stator

B_{av} = *specific magnetic loading*

ac = *specific electric loading*

Pada motor induksi, ukuran motor berbanding terbalik dengan putaran sinkron motor, dimana semakin cepat putaran sinkron yang diinginkan maka semakin kecil ukuran motor. Ukuran dari diameter dan panjang motor mempengaruhi efisiensi dan faktor daya dari motor induksi. Untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan disain yang diinginkan maka perbandingan nilai L dan D dapat mengacu pada batasan-batasan sebagai berikut [4,5]:

$\frac{L}{\tau_p} = 1$: untuk efisiensi tinggi dan faktor daya terbaik

$\frac{L}{\tau_p} = 1 \rightarrow 1.25$: untuk faktor daya terbaik

$\frac{L}{\tau_p} = 1.5$: efisiensi (η) tinggi

$\frac{L}{\tau_p} = 1.5$: untuk desain yang ekonomis

$$\tau_p = \frac{\pi D}{P}$$

Dimana,

P = Jumlah Pole

τ_p = pole pitch

2.2. Perhitungan diameter luar stator

Diameter luar stator dapat dihitung menggunakan persamaan berikut [3]:

$$D_0 = D + 2d_{cs} + 2d_s$$

Dimana,

d_{cs} = lebar inti stator (*back iron*) (m)

d_s = kedalaman slot (m)

D_0 = diameter luar (m)

2.3. Perhitungan air gap dan diameter luar rotor

Diameter luar rotor dan *air gap* dapat diperoleh menggunakan persamaan berikut [3]:

$$\delta_0 = (0.2 + 2\sqrt{D \cdot L})$$

$$D_r = D - 2\delta_0$$

Dimana,

D_r = diameter luar rotor (m)

δ_0 = Lebar *air gap* (mm) dan dengan D dan L dalam meter

2.4. Perhitungan jumlah slot rotor dan stator

Jmlah slot rotor dan stator dapat diperoleh dengan persamaan dibawah ini [3]:

$$S_r = q_1 \times P \times fasa$$

$$S_s = q_1 \times P \times fasa$$

Dimana,

S_r = Jumlah slot rotor

S_s = Jumlah slot stator

q_1 = jumlah slot per kutub per fasa

P = jumlah pole

2.5. Menggambar desain Stator dan Rotor

Berdasarkan hasil-hasil dari perhitungan yang telah di peroleh pada langkah sebelumnya, lalu dibuat gambar dari desain stator dan rotor dengan menggunakan aplikasi **Solidworks**.

2.6. Simulasi desain Motor Induksi

Pada tahapan ini dilakukan proses simulasi menggunakan aplikasi **Motorsolve**, dimana gambar desain stator dan rotor pada langkah sebelumnya berfungsi sebagai input pada aplikasi **Motorsolve**.

3. HASIL DAN BAHASAN

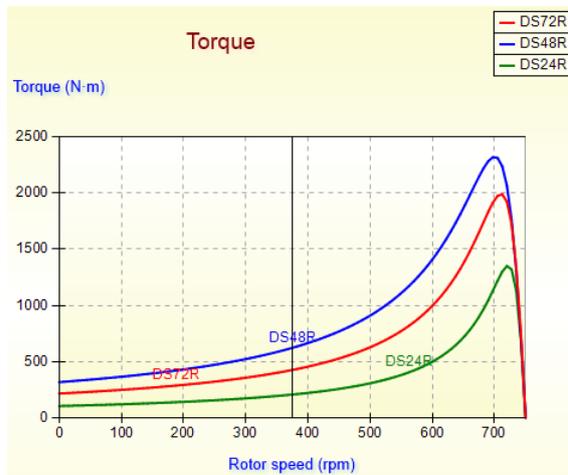
Dari hasil simulasi menggunakan aplikasi **Motorsolve** dengan memasukan desain stator dan rotor dengan jumlah slot stator tetap 24 slot dan variasi jumlah slot rotor yaitu 24, 48 dan 72, diperoleh informasi mengenai torsi dan daya keluaran, efisiensi motor, dan faktor daya.

3.1. Hasil simulasi torsi dan daya keluaran motor

Dari hasil simulasi, diperoleh karakteristik dari torsi dan daya keluaran motor terhadap

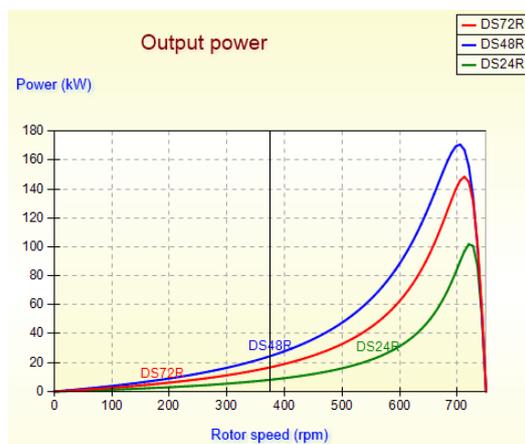
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FTUIKA-BOGOR

putaran rotor seperti ditunjukkan pada Gambar 1 dan 2.



Gambar 1 Karakteristik torsi motor

Pada gambar 1 dapat dilihat bahwa torsi awal yang diperoleh dari masing-masing desain, nilai torsi tertinggi diperoleh untuk desain dengan jumlah slot rotor 48 yakni 316,6 N.m. Sedangkan slot rotor 72 adalah 215,2 N.m dan 103.7 N.m untuk slot rotor 24. Adapun *breakdown* torsi untuk slot rotor 24 diperoleh 1350.7 N.m pada slip 4%, slot rotor 24 diperoleh 2320.8 N.m pada slip 7% dan untuk slot rotor 72 sebesar 1990.1 pada slip 5%.



Gambar 2 Karakteristik daya keluaran motor

Sama seperti pada karakteristik torsi, nilai tertinggi daya keluaran motor dicapai pada desain 48 slot rotor seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Adapun daya *breakdown* motor pada masing-masing slot rotor yaitu 101.4 kW pada slip 4% untuk 24 slot rotor, 148.5 kW pada slip 5%, dan 167.8 kW pada slip 6%.

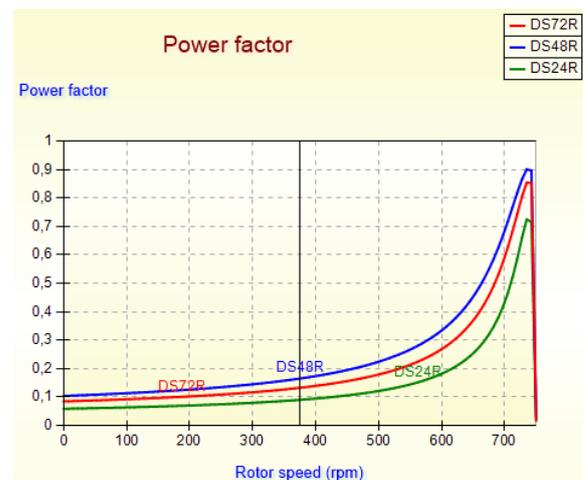
3.2. Hasil simulasi efisiensi dan faktor daya

Berdasarkan hasil simulasi diperoleh karakteristik efisiensi dan faktor daya motor seperti ditunjukkan pada Gambar 3 dan 4.



Gambar 3 Karakteristik efisiensi motor

Gambar 3 menunjukkan karakteristik efisiensi dari masing-masing desain. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa perubahan efisiensi tidak terlalu signifikan. Efisiensi tertinggi diperoleh pada slip 1%, untuk masing-masing desain dengan nilai efisiensi 97.2% untuk slot rotor 24, 97.7% untuk slot rotor 48, dan 97.6% untuk slot rotor 72.



Gambar 4 Karakteristik faktor daya

Faktor daya yang diperoleh dari simulasi ditunjukkan pada Gambar 4. Faktor daya terbaik dicapai pada slip 2% yaitu 0.73 untuk slot rotor 24, 0.9 untuk slot rotor 48, dan 0.85 untuk slot rotor 72. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa agar motor bekerja dengan baik dengan konsumsi energi yang lebih rendah maka motor harus bekerja pada slip 2%. Parameter motor untuk masing-masing desain yang diperoleh pada slip 2% ditunjukkan pada Tabel 1.

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FTUIKA-BOGOR

Tabel 1 Parameter motor untuk masing-masing desain pada slip 2%

No	Desain	Daya (Kw)	Torsi (N.m)	Efisiensi (%)	PF
1	DS24R	86.7	1127.3	95.9	0.72
2	DS48R	100.7	1308.5	96.4	0.90
3	DS72R	103.0	1338.8	96.2	0.86

4. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian desain dengan memvariasikan jumlah slot rotor 24, 48 dan 72 dengan jumlah slot stator tetap yaitu 48 untuk motor induksi 100 KW tipe rotor belitan, dapat disimpulkan bahwa desain terbaik diperoleh dengan perbandingan jumlah slot stator 48 dan slot rotor 48, dengan nilai daya keluaran 100.7 KW, torsi 1308.5 N.m, efisiensi 96.4%, dan faktor daya 0.90.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Cao-minh Ta, C. Chakraborty, Y. Hory, Efficiency Maximization of Induction Motor Driver for Electric Vehicles Based on Actual Measurement of Input Power, Department of Electrical Engineering, University of Tokyo, Japan
- [2] Gupta, V.K., B. Tiwari, B. Dewangan, Efficiency Optimization of Induction Motor Drive, IJSET-international Journal of Innovative Science, Engineering & Technology, Vol 2 Issue 12, Desember 2015.
- [3] Sawhney A.K., Electrical Machine Design, Dhapat Rai and Shons, Delhi, 1974.
- [4] K.G.Upadhyay, Desain of Electric Machine, New Age International Ltd, 2000, ProQuest ebrary, 11 oktober 2016.
- [5] Parkash Ravi, Muhammad Junaid Akhtar, R.K. Beheran, S.K. Parida, *Design of a Three Phase Squirrel Cage Induction Motor for Electric Propulsion System*, Third International Conference on Advances in Control and Optimization of Dynamical Systems, maret 13-15, 2014, Knapur, India