

PENGARUH JUMLAH SLOT ROTOR TERHADAP EFISIENSI, TORSI, DAN ARUS RMS PADA MOTOR INDUKSI 6 KW

Dhimas Pratama

Program Studi Teknik Elektro,
Fakultas Teknik dan Sains,
Universitas Ibn Khaldun
Bogor, Jl. KH. Soleh Iskandar
km 2, Bogor
Email: dhimaspratama1304@gmail.com

Ilham Rizq Fauzaan

Program Studi Teknik Elektro,
Fakultas Teknik dan Sains,
Universitas Ibn Khaldun
Bogor, Jl. KH. Soleh Iskandar
km 2, Bogor
Email : ilhamrizq7@gmail.com

Muhammad Hasbi

Program Studi Teknik Elektro,
Fakultas Teknik dan Sains,
Universitas Ibn Khaldun
Bogor, Jl. KH. Soleh Iskandar
km 2, Bogor
Email : muhasbii28@gmail.com

Abstrak

Motor induksi 3 fasa merupakan jenis motor listrik yang didasarkan pada arus induksi, Motor induksi dibagi menjadi dua berdasarkan jumlah fasanya, yaitu motor induksi satu fasa dan motor induksi tiga fasa. Motor induksi 3 fasa sudah banyak digunakan di industri karena memiliki konstruksi yang baik, stabil ketika berbeban, memiliki efisiensi yang tinggi, dan perawatan yang mudah. Pada penelitian ini fokus pada simulasi desain motor induksi 3 fasa, perhitungan nilai-nilai yang diperlukan untuk mendesain motor induksi 3 fasa yaitu: perhitungan stack height, lilitan perfasa, number of turn, tooth width, diameter luar motor, memperhitungkan jumlah slot rotor dan stator, membuat desain motor, dan simulasi desain yang di rancang. proses simulasi dengan menginput nilai yang sudah diperhitungkan sebelumnya ke dalam software simulasi agar terlihat gambaran motor induksi 3 fasanya. Dengan simulasi dari software Simcenter Motorsolve 2019.1 dengan memasukkan desain motor induksi 3 fasa dengan jumlah slot stator tidak berubah yaitu 36 slot, dan jumlah slot rotor yang bervariasi yaitu 36, 48, dan 60, maka didapatkan grafik hasil yang berisi informasi mengenai, torsi, efisiensi, daya keluaran, arus RMS, dan faktor daya. Dari serangkaian percobaan melalui tahap perhitungan, perancangan dan simulasi dapat disimpulkan bahwa dari ketiga desain dengan slot rotor yang berbeda beda yaitu 36 slot, 48 slot dan 60 slot. Yang merupakan desain paling optimal ialah slot rotor yang berjumlah 36 dengan perbandingan yang didapat yaitu efisiensi 91,1%, torsi 40,6 N.m, dan arus nominal sebesar 11,8 A, akan tetapi desain ini memiliki torsi lebih kecil dibandingkan dua desain lainnya. Dengan catatan untuk slot stator pada ketiga desain disamakan yaitu 36 slot.

Keywords: Motor Induksi 3 Fasa, Slot Rotor, Efisiensi, Torsi, Arus RMS

I. LATAR BELAKANG

Motor induksi 3 fasa merupakan jenis motor listrik yang didasarkan pada arus induksi. Hampir semua

motor AC yang digunakan adalah motor induksi, terutama motor induksi tiga fasa yang paling banyak dipakai diperindustrian.[4] Prinsip operasinya didasarkan pada masuknya medan listrik. Pada motor induksi terdapat celah antara medan stator dan medan rotor. Sumber arus induksi adalah perbedaan relatif antara bidang putar rotor dan stator yang berputar. Motor induksi tidak menggunakan belitan medan. Fluks magnet dihasilkan oleh arus yang disuplai ke stator. Sifat dari gaya ini adalah induktif. Motor induksi dibagi menjadi dua berdasarkan jumlah fasanya, yaitu motor induksi satu fasa dan motor induksi tiga fasa [5].

Motor induksi 3 fasa sudah banyak digunakan di industri karena memiliki konstruksi yang baik, stabil ketika berbeban, memiliki efisiensi yang tinggi, dan perawatan yang mudah. Selain itu, harga jual motor sangkar tupai lebih murah dari proporsi motor DC setengah harga.[7] Karena motor induksi beroperasi dengan daya AC, rasio daya listrik terhadap berat mesin lebih besar daripada motor DC.

Dengan motor induksi ini tentunya membutuhkan sumber daya internal Operasi. Itu sebabnya tidak mengejutkan bahwa konsumsi energi 69%. Sebagian besar listrik yang mengalir di motor listrik dipergunakan untuk motor sangkar tupai.[10] Lalu banyak energi listrik akan terbuang sia-sia dikarenakan nilai dari factor daya mesin dan efisiensi mesin rendah.[8]

Penelitian yang difokuskan untuk mengetahui perbedaan jumlah slot rotor dan stator yang dinilai paling maksimal dengan untuk memperoleh nilai efisiensi, torsi, dan arus RMS.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini fokus pada simulasi desain motor induksi 3 fasa, perlu adanya perhitungan nilai-nilai yang diperlukan untuk mendesain motor induksi 3 fasa yaitu: perhitungan *stack height*, lilitan perfasa, *number of turn*, *tooth width*, diameter luar motor, memperhitungkan jumlah slot rotor dan stator, membuat desain motor, dan simulasi desain yang dirancang.

2.1 Perhitungan Stack Height

Dalam proses mendesain motor induksi 3 fasa, tahap awal yang harus dilakukan adalah memperhitungkan rumusan untuk menentukan nilai *stack height*. Nilai *stack height* dari motor induksi, dapat di hitung menggunakan persamaan sebagai berikut: [2]

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

$$C_o = 11 K_w B_{av} a c \times 10^{-3}$$

$$D^2 L = \frac{Q}{C_{ons}}$$

Dimana,

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

$$C_o = 11 K_w B_{av} a c \times 10^{-3}$$

Dimana,

Q = keluaran mekanik (KW)
 C₀ = koefisien keluaran
 D = diameter dalam stator (m)
 L = panjang besi kotor dari stator (m)
 n_s = kecepatan sinkron (rps)
 K_w = faktor lilitan stator
 B_{av} = *specific magnetic loading*
 a c = *specific electric loading*

Untuk mendapatkan nilai *stack height* yang sesuai dengan nilai desain yang di inginkan maka perumusan nilai D dan L dapat menggunakan persamaan berikut:

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

$$\frac{L}{\tau p} = 1$$

$$\tau p = \frac{\pi D}{P}$$

Dimana,

P = Jumlah pole
 η = Efisiensi (%)
 τp = Pole *pitch*

2.2 Perhitungan Lilitan per Fasa

Lilitan perfasa dapat di hitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\Phi = B_{av} \tau L$$

$$V_{ph} = 4,44 \times K_w \times f \times \Phi \times N_{ph}$$

$$N_{ph} = \frac{V_{ph}}{4,44 \cdot K_w \cdot f \cdot \Phi}$$

Dimana,

V_{ph} = Tegangan stator fasa (volt)
 N_{ph} = Jumlah lilitan per fasa
 Φ = Fluks per kutub (Tesla)

2.3 Memperhitungkan Jumlah Number Of Turn

Nilai dari *Number Of Turn* dapat di peroleh dengan persamaan :

$$Z_{ph} = 2 \cdot N_{ph}$$

$$Z_T = 3 \cdot Z_{ph}$$

$$S_1 = q_1 \cdot \text{Fasa} \cdot P$$

$$N_c = \frac{Z_T}{S_1}$$

Dimana,

Z_{ph} = Jumlah konduktor per fasa
 Z_T = Total konduktor
 S₁ = Jumlah slot stator
 N_c = Jumlah konduktor per slot
 q₁ = Jumlah slot per kutub fasa

2.4 Perhitungan Diameter Luar Stator

Diameter luar stator dapat dihitug menggunakan persamaan berikut [2]

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

Dimana,

D_o = Diamater luar
 d_{cs} = Lebar inti stator
 d_{cs} = Kedalaman slot

2.5 Perhitungan Jumlah Slot Rotor dan Stator

Jumlah slot rotor dan stator dapat diperoleh dengan persamaan dibawah ini:[2]

$$S_r = q_1 \times P \times \text{fasa}$$

$$S_s = q_1 \times P \times \text{fasa}$$

Dimana.

S_r = Jumlah slot rotor
 S_s = Jumlah slot rotor
 q₁ = Jumlah slot per kutub per fasa
 P = Jumlah pole

2.6 Membuat Desain Motor

Nilai-nilai yang di dapat dari perhitungan yang dilakukan pada tahapan sebelumnya akan menjadi patokan nilai ukur untuk mendesain gambar motor dengan menggunakan software simulasi.

2.7 Simulasi Desain Yang Dirancang

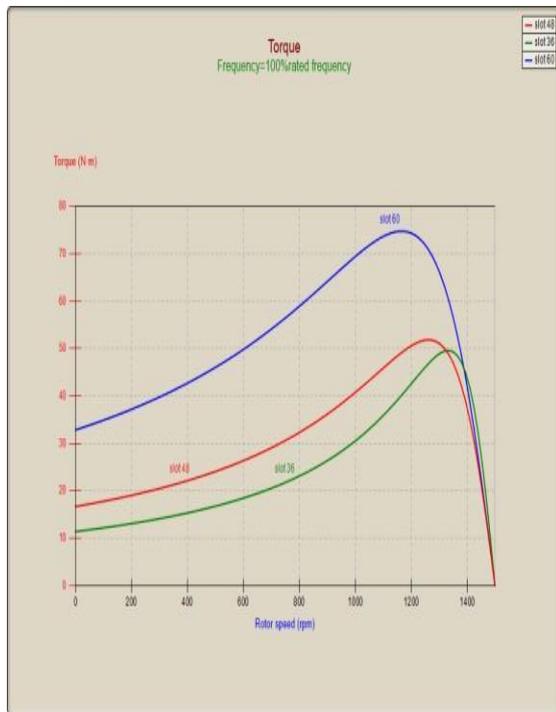
Pada bagian akhir ini proses simuasi dengan menginput nilai yang sudah diperhitungkan sebelumnya ke dalam software sumulasi agar terlihat gambaran motor induksi 3 fasanya.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dengan simulasi dari software **Simcenter Motorsolve 2019.1** dengan memasukkan desain motor induksi 3 fasa dengan jumlah slot stator tidak berubah yaitu 36 slot. Pada ketiga desain ini memiliki perbedaan hanya pada jumlah slot rotor yaitu 36 slot, 48 slot, dan 60 slot, sehingga didapat data grafik mengenai informasi efisiensi, torsi, dan arus RMS.

3.1 Grafik Torsi dari Ketiga Desain

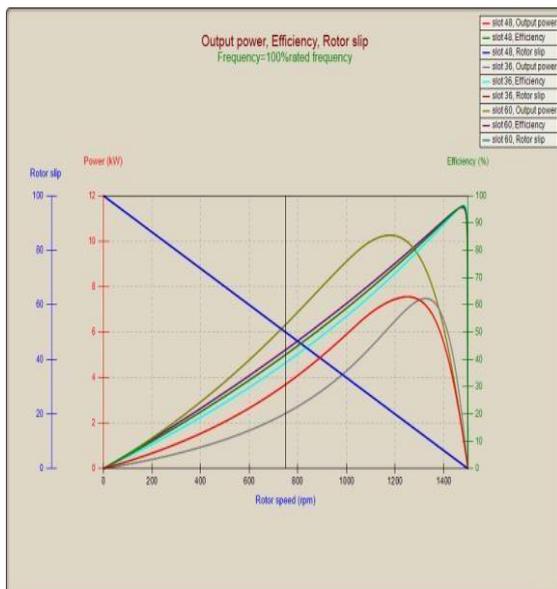
Dari hasil simulasi, data serta karakteristik dari torsi motor induksi 3 fasa terhadap rpm dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1 Grafik Informasi Mengenai Torsi

Gambar 1 memperlihatkan grafik karakteristik torsi motor, terlihat pada torsi awal dari ketiga desain motor dengan slot rotor yang berbeda. Nilai tertinggi pada torsi awal yaitu desain yang menggunakan slot rotor 60 adalah 32,8 N.m, kemudian slot rotor 48 sebesar 16,7 N.m dan pada slot rotor 36 adalah 11,4 N.m. Ada juga *breakdown* torsi motor pada slot rotor 60 didapat hasil sebesar 74,8 N.m, kemudian 51,9 N.m di slot rotor 48, dan sebesar 49,6 N.m pada desain slot 36.

3.2 Grafik Pada Daya Keluaran Hasil Simulasi



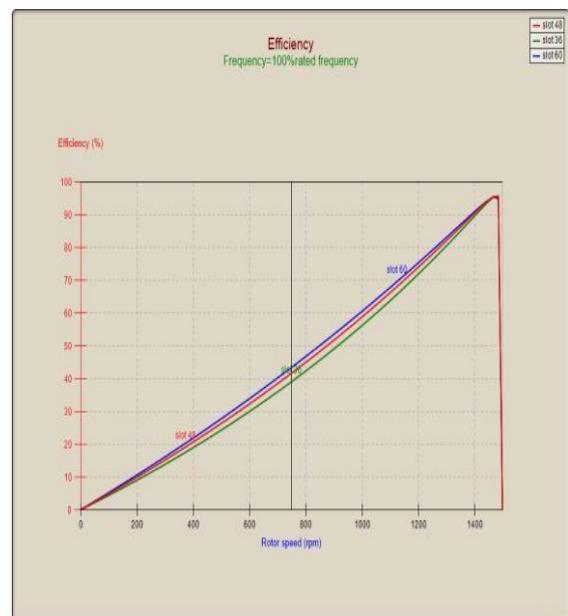
Gambar 2 Grafik Informasi Daya Keluaran

Grafik diatas memperlihatkan bahwa daya keluaran motor yang dikeluarkan. Pada slot rotor 36 mencapai daya 6,02 kW pada slip 5,6% dan efisiensi 91,1%, sedangkan pada slot rotor 48 mencapai daya 6,01 kW pada slip 7,6% efisiensi didapat 89,2%, kemudian untuk slot rotor 60 mencapai daya 6,01 kW pada slip 6,4% dan efisiensi 91,2%.

3.3 Grafik Efisiensi Dari Hasil Simulasi

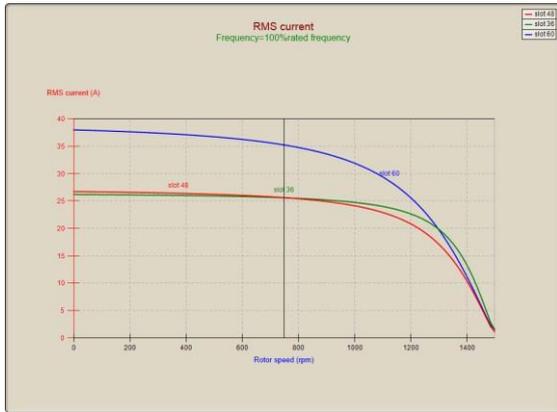
[1] Efisiensi motor dapat didefinisikan sebagai “perbandingan daya keluaran motor yang digunakan terhadap daya masukan pada terminalnya”. Efisiensi motor ditentukan oleh rugi-rugi atau kehilangan dasar yang hanya dapat dikurangi oleh perubahan pada rancangan dasar motor dan kondisi sistem operasi.[9] Kehilangan dapat bervariasi dari kurang lebih dua persen hingga 20 persen.

Pada gambar 4 ditunjukkan grafik efisiensi dari masing masing desain motor. Terlihat pada grafik perbedaan nilai efisiensi setiap desain tidak terlalu jauh. Efisiensi paling tinggi diperoleh dari slot rotor 36 yaitu sebesar 96,5%, lalu pada slot rotor 48 efisiensi sebesar 96,1%, dan pada slot rotor 60 memiliki efisiensi sebesar 95,8%.



Gambar 3 Karakteristik Efisiensi Motor

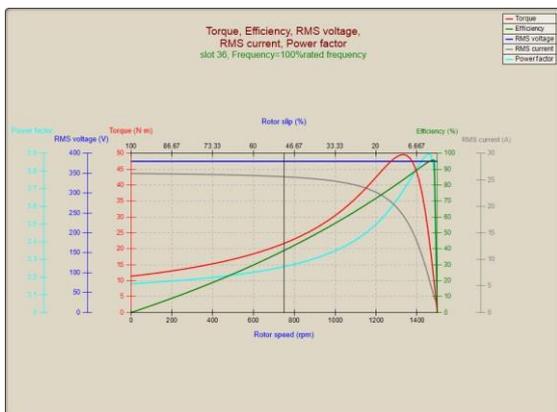
3.4 Grafik Arus RMS Dari Hasil Simulasi



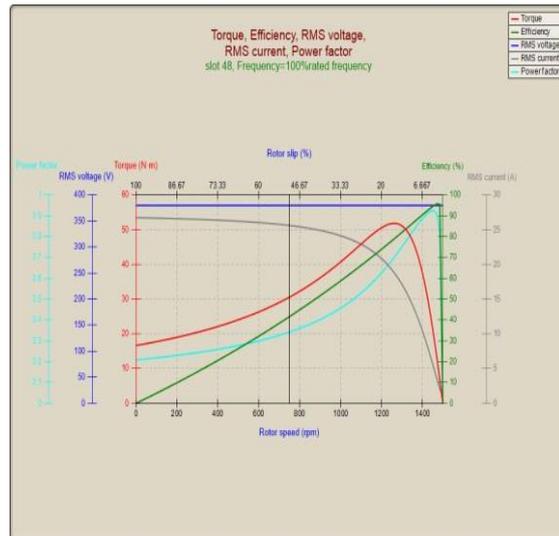
Gambar 4 Grafik Arus RMS

Gambar 5 diatas menunjukkan arus RMS pada masing masing desain motor. Arus starting tertinggi terdapat pada slot rotor 60 yaitu sebesar 48,1 A, kemudian pada slot rotor 48 arus RMS nya sebesar 33,8 A, dan pada slot rotor 36 31,6 A. dan juga arus nominal pada desain slot rotor 36 didapat 11,8 A pada slip 5,6%, pada desain kedua yaitu slot 48 didapat 11,7 A pada slip 7,6%, dan 10,9 A pada slip 6,4% untuk desain dengan slot rotor 60. Ringkasan parameter motor dari masing masing desain motor ditunjukkan pada gambar 5,6,dan 7.

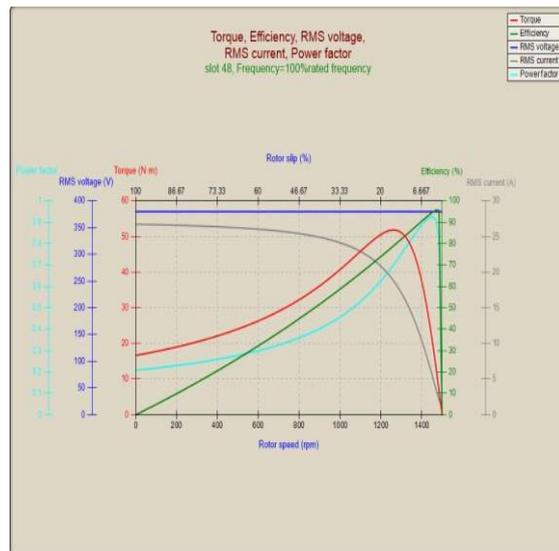
[6]Pada saat motor induksi telah di start akan menarik arus yang tinggi yang disebut *Locked Rotor Current* (RLC) dan motor induksi akan menghasilkan torsi yang biasa disebut *Locked Rotor Torque*. Oleh karena itu ketika di start arusnya akan mengalami kenaikan 4 - 7 kali dari arus nominalnya.



Gambar 5 Ringkasan Parameter pada Slot Rotor 36



Gambar 6 Ringkasan Parameter pada Slot Rotor 48



Gambar 7 Ringkasan Parameter pada Slot Rotor 60

IV. KESIMPULAN

Dari serangkaian percobaan melalui tahap perhitungan, perancangan dan simulasi dapat disimpulkan bahwa dari ketiga desain dengan slot rotor yang berbeda beda yaitu 36 slot, 48 slot dan 60 slot. Yang merupakan desain paling optimal ialah slot rotor yang berjumlah 36 dengan perbandingan yang didapat yaitu efisiensi 91,1%, torsi (Putra, Wijaya, & Janardana, 2021) N.m, dan arus nominal sebesar 11,8 A, akan tetapi desain ini memiliki torsi lebih kecil dibandingkan dua desain lainnya. Dengan catatan untuk slot stator pada ketiga desain disamakan yaitu 36 slot.

V. REFERENCES

- [1] A. Kristianto. "Perencanaan Lilitan Motor Induksi 3 Fasa 220/380 V". *Proyek Akhir*. 2016. 24-26
- [2] Muhidin, "Optimalisasi Jumlah Slot Rotor Pada Desain Motor Induksi 100 Kw Tipe Rotor Belitan". *JUTEKS*, no. Vol 5, No 1, 2018.
- [3] A. Khoir. "Analisis Perbandingan Faktor Daya Pada Motor Kompresor Type Ga 250 Kw Di Pt Waruna Shipyards Indonesia". *Diss. Umsu*, 2020.
- [4] Sarjono, R. Gianto & A. Hiendro. "Evaluasi Kinerja Motor Induksi 3 Fasa 100 Hp / 75 Kw Pada Panel Star-Delta Di Pdam Tirta Raya Adi Sucipto Kubu Raya". *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura* 2.1 (2020).
- [5] Ahmad, E. Zondra, dan H. Yuwendius. "Analisis Efisiensi Motor Induksi Tiga Fasa Akibat Perubahan Tegangan." *SainETH: Jurnal Sains, Energi, Teknologi, dan Industri* 5.1 (2020): 35-43 A.
- [6] A. Nurmalitawati, dan A. Rahardjo. "Analisis Perbandingan Besarnya Arus Start Motor Induksi Berkapasitas Besar Terhadap Jatuh Tegangan Bus". (2014).
- [7] WT. Putra, Dan M. Malyadi. "Analisa Efek Perubahan Venturi Karburator Terhadap Performance Mesin Pada Sepeda Motor Yamaha Vega". *Komputek* 3.1 (2019): 1-13.
- [8] ES. Nasution, Et Al. "Simulasi Pengoperasian Motor Pompa Air Berbasis Programmable Logic Control." *INVENTORY: Industrial Vocational E-Journal On Agroindustry* 1.2 (2020): 78-82.
- [9] Y. Ambabunga, "Peningkatan Effisiensi Kerja Motor Induksi 3 Fasa (Pengujian Karakteristik Motor Induksi 3 Fasa)." *Journal Dynamic Saint* 5.1 (2020): 884-889.
- [10] B. Utomo. "Hubungan Antara Konsumsi Bahan Bakar dengan Berbagai Perubahan Kecepatan pada Motor Diesel Penggerak Kapal". *Jurnal Rekayasa Mesin* 15.2(2020): 163-170.