

ANALISIS PERBANDINGAN DESAIN MOTOR INDUKSI 12 KW DENGAN MEMVARIASI JUMLAH SLOT PADA ROTOR

Andrea Pangestaka Saat¹
Teknik Elektro, Universitas Ibn
Khalidun, Jl. Sholeh Iskandar,
Bogor
email :
andrea.saat88@gmail.com

Ilham Aldiansyah²
Teknik Elektro, Universitas Ibn
Khalidun, Jl. Sholeh Iskandar,
Bogor
email :
alilham1407@gmail.com

Deni Muswara³
Teknik Elektro, Universitas Ibn
Khalidun, Jl. Sholeh Iskandar,
Bogor
email :
dennymuswara98@gmail.com

Abstract – The industry and transportation technology that continues to growing every year. The electric motor driven drive reduces the use of fossil fuels. Induction motors receive special attention in the general public because of their superior efficiency and compatibility compared to other types of motors, such as low cost, flexibility, easy to control. However, designers face difficulties in designing Induction Motors with high torque, power factor, efficiency and varying number of slots and rotors with special performance, high efficiency and better operational features. This study proposes choice of design type Induction Motors. The design process and analysis program use the Simcenter Motorsolve application. Design model for Induction Motor with output power 12 Kw 50 Hz. The design process focuses on the best analysis of the torque, efficiency, output power, and power factor of the induction motor, with a value of stator slot 24, rotor slot 24, 36, 48 in Simcenter Motorsolve. The performance of the designed motor is analyzed in conditions that are not good, good and very good. The results obtained using the Simcenter Motorsolve application show that the resulting design is accurate and effective.

Keywords: Induction motor design, Performance analysis, Induction Motors efficiency.

I. LATAR BELAKANG

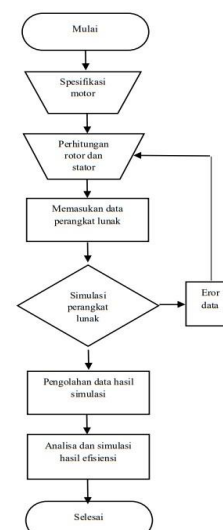
Motor induksi memiliki peran utama dalam kehidupan industri jaman sekarang. Motor induksi digunakan secara luas mulai dari peralatan listrik kecil hingga mesin besar massal yang digunakan dalam industri berat, yang menghabiskan persentase energi listrik total yang tinggi [1]. Penggunaan motor induksi sudah semakin pesat. Untuk mengimbangi hal tersebut diperlukan analisis dan optimasi agar motor induksi efektif dan efisien bekerja sesuai dengan kebutuhan terutama industri. [2]. Oleh karena itu, perbaikan kecil pada desain untuk jenis motor ini dapat menghasilkan penghematan konsumsi energi listrik serta mengurangi kerugian motor dan meningkatkan efisiensi energi listrik [1]. Pada pegerasiannya motor induksi digerakan oleh

sumber energi listrik sehingga berkontribusi pada peningkatan konsumsi listrik dunia sebesar 90% dari total 69% konsumsi motor listrik [3]. Motor listrik dengan efisiensi dan faktor daya yang rendah mengakibatkan pemborosan energi listrik. Pada penelitian ini dilakukan

optimasi parameter rotor dan stator dengan cara memvariasikan jumlah slot dan pole dengan daya yang sama menggunakan perangkat lunak, sehingga diperoleh nilai efisiensi optimal dan nilai efisiensi thermal [4].

II. METODE PENELITIAN

Metode dan rumusan yang dilakukan dalam penelitian, dengan cara melakukan perhitungan empiris terhadap parameter rotor dan stator dengan memvariasikan jumlah slot dan pole. Kemudian hasil perhitungan dimasukkan kedalam perangkat lunak Simcenter Motorsolve software by Siemens untuk mendapatkan pemodelan desain.



Gambar 1. Diagram alur penelitian

Pada tampilan tabel 1. Setelah spesifikasi motor ditentukan, selanjutnya melakukan perhitungan parameter motor dan stator dengan rumusan empirik yang ada pada tabel 2. Pada pemodelan ini, diujikan dengan 3 variasi slot yang sama dan jumlah rotor yang berbeda yaitu 24 slot dan 24 rotor (D1), 24 slot dan 36 rotor (D2), 24 slot dan 48 rotor (D3). Data yang dihasilkan dari variasi pemodelan kemudian dibandingkan sehingga didapatkan jumlah slot dan rotor yang efisien teradap daya dan thermal.

Tabel 1. Spesifikasi Motor.

Paramater	Spesifikasi
Daya	12 Kw
Phase	3
Supply type	Voltage Driver
Supply voltage	380
Synchronous speed	2600 rpm

Berikut adalah persamaan yang digunakan untuk menghitung paramater-parameter yang digunakan pada pemodelan.

2.1 Diamter dalam dan panjang stator [6].

$$Q = C_0 D^2 L n_s$$

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

Keterangan persamaan :

Q = Keluaran mekanik (Kw)

C_0 = Koefisien keluaran

D = Diameter dalam stator

L = Panjang besi rotor dan stator (m)

n_s = Kecepatan sinkron (rps)

K_w = Faktor lilitan stator

B_{av} = Spesific magnetic loading

$a c$ = Spesific electric loading

Perbandingan diameter dalam stator dan panjang besi rotor pada stator. Efisiensi dan faktor daya dari motor induksi dipengaruhi ukuran dari diameter motor dan panjang motor. Untuk mendapatkan desain yang sesuai maka terdapat perbandingan nilai L dan D [7] [8].

$\frac{L}{\tau P} = 1$: Efisiensi dan factor daya tinggi

Jika nilai $1 \rightarrow 1,25$: Nilai factor daya terbaik

Jika nilai $1 \rightarrow 1,50$: Efisiensi tinggi dan desain ekonomis.

Perhitungan diameter luar stator [6].

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

Keterangan persamaan :

$$\frac{L}{\tau P}$$

Keterangan persamaan :

P = Jumlah pole

τp = Pole pitch

d_{CS} = Lebar inti stator (black iron) (m)

d_s = Kedalaman slot (m)

D_0 = Diameter luar

2.2 Perhitungan celah udara dan diameter luar rotor [6].

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

$$D_r = D - 2\delta$$

Keterangan persamaan :

D_r = Diameter luar rotor (m)

δ = Lebar celah udara (mm) deangan D dan L (m)

2.3 Perhitungan jumlah slot rotor dan stator [6].

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

Keterangan persamaan :

S_r = Jumlah slot rotor

S_s = Jumlah slot stator

q_1 = Jumlah slot per kutub per fasa

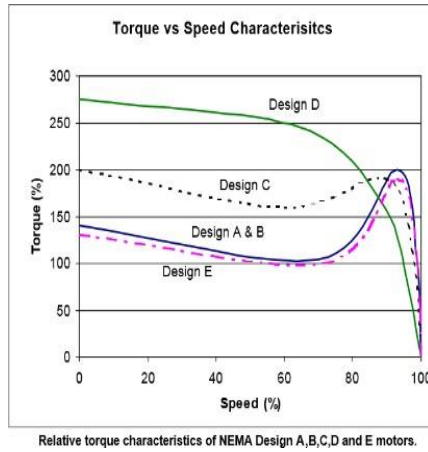
P = Jumlah pole

2.4 Simulasi desain motor induksi

Pada prosedur ini diproses dengan menggunakan simulasi aplikasi Simcenter Motorsolve. Perhitungan dan desain gambar stator dan rotor yang sebelumnya, berfungsi sebagai input pada aplikasi Simcenter Motorsolve.

Standart Motor Induksi NEMA.

Standart design motor yang umum digunakan di dunia adalah standart NEMA (National Electrical Manufacturing Associate) pada motor induksi adalah Class A, Class B, Class C, Class D, dan Class E.



Gambar 2. Klasifikasi NEMA

- NEMA design A spesifikasi motor dengan arus- locked-rotor & torsi awal yang tinggi serta mempunyai slip sebesar 0,5-5%.
- NEMA design B spesifikasi motor dengan arus- locked-rotor & torsi awal yang normal serta mempunyai slip sebesar 0,5-5%.
- NEMA design C spesifikasi motor dengan arus- locked-rotor normal dengan torsi awal yang tinggi serta mempunyai slip sebesar 1-5%.
- NEMA design D ini efisiensi yang rendah. Merupakan spesifikasi motor dengan arus-locked- rotor yang tinggi dengan torsi awal yang normal serta mempunyai slip yang tinggi sebesar 5-8%.
- NEMA design E spesifikasi motor yang hampir sama dengan NEMA design B akan tetapi mempunyai torsi yang lebih rendah serta mempunyai slip sebesar 0,5-3%.

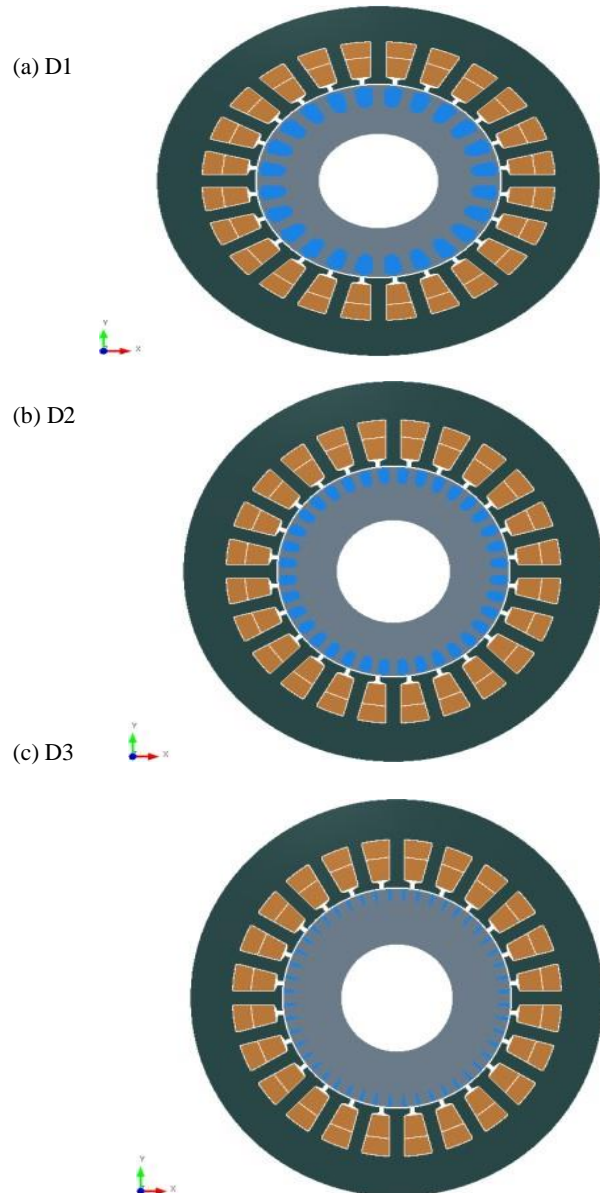
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada langkah ini terdapat parameter – parameter perbandingan nilai. Pada Tabel 3 menunjukkan perbandingan nilai dari setiap parameter yang dimasukkan kedalam perangkat lunak Simcenter Motorsolve. Parameter ini akan berpengaruh pada momen inersia putaran motor [9].

Tabel 2. Perbandingan nilai pemodelan D1, D2, D3.

Parameter	Pemodelan		
	D1	D2	D3
Diameter dalam stator	157	157	157
Diameter luar stator	282	282	282
Diameter dalam rotor	76	76	76
Diameter luar rotor	155	155	155
Perhitungan jumlah slot rotor dan stator	S24- R24	S24- R36	S24- 4R8

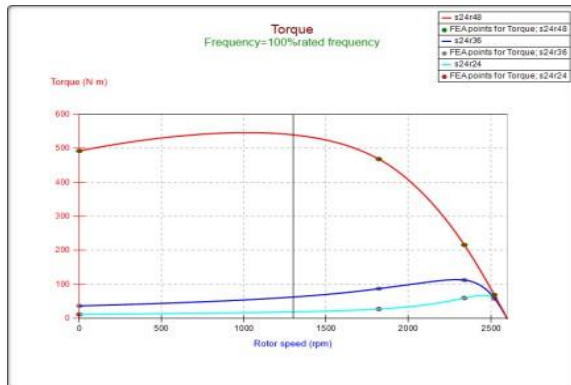
Pada gambar 2 terdapat perbedaan desain slot antar variasi. Slot merupakan tempat lilitan kawat pada inti stator, semakin banyaknya jumlah slot maka akan semakin bertambah banyak jumlah lilitan kawat pada inti stator. Slot yang dililitkan dikuantitas kutub tertentu, lalu jumlah kutub ini menentukan kecepatan putar medan stator yang diinduksikan ke rotornya. Semakin banyak total kutub, maka akan semakin kecil kecepatan putar medan stator serta sebaliknya [10].



Gambar 3. Desain pemodelan stator (a) D1, (b) D2, (c) D3.

Dari gambar 2 didapat desain hasil simulasi menggunakan aplikasi Simcenter Motorsolve dengan memasukan desain jumlah slot stator tetap yaitu 24 slot dan alterasi jumlah slot rotor yaitu 24, 36, serta 48 maka didapat informasi tentang torsi motor, efisiensi motor, faktor daya motor, dan output keluaran motor.

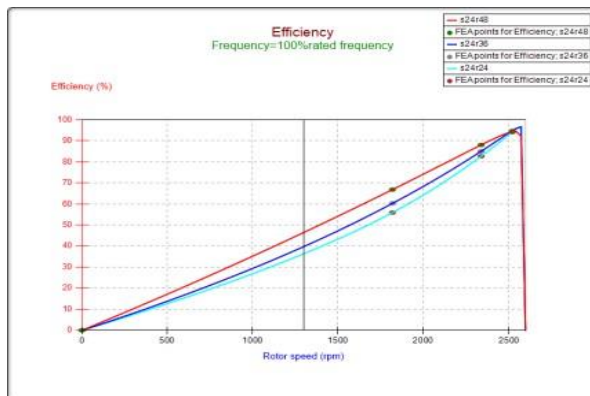
3.1 Hasil simulasi torsi



Gambar 4. Karakteristik torsi motor

Pada gambar 4. Diperoleh torsi awal dari masing-masing desain, nilai torsi tertinggi yaitu pada desain dengan jumlah slot rotor 48 yakni 46.10 N.m. Sementara slot rotor 24 adalah 44.80 N.m dan slot rotor 36 sebesar 45.00 N.m. Adapun torsi breakdown motor pada slot rotor 36 yaitu 74,63 N.m pada slip 4% untuk 36 slot rotor, 86,37 N.m pada slip 5%, dan slot rotor 24, 67,90 N.m pada slip 6%.

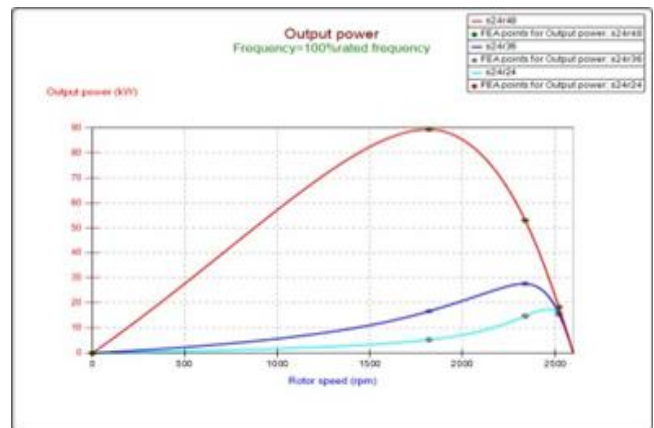
3.2 Hasil simulasi efisiensi



Gambar 5. Karakteristik efisiensi motor

Pada gambar 5. Menentukan karakteristik efisiensi dari masing - masing desain.. Efisiensi tertinggi didapat atas slip 2%, untuk tiap - tiap desain untuk slot rotor 24 dengan nilai efisiensi 95.80% , untuk slot rotor 36 sebesar 96.10%, dan untuk slot rotor 48 sebesar 94.40% . Efisiensi dengan 90% keatas merupakan efisiensi motor yang baik.

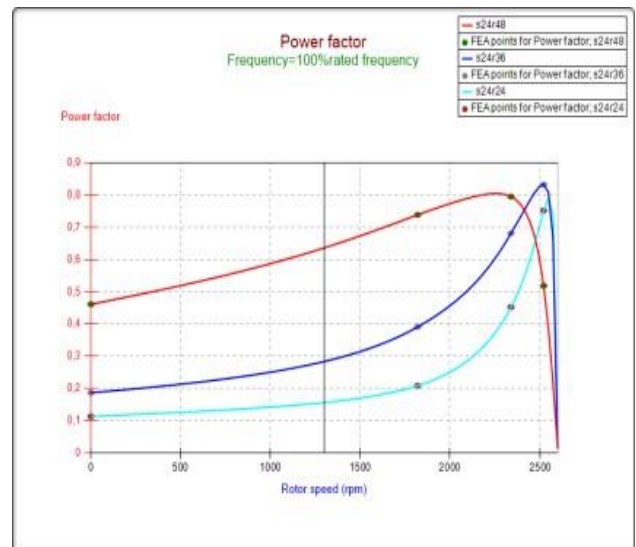
3.3 Hasil simulasi output power



Gambar 6. Karakteristik output power

Pada gambar 6. Ouput power yang diperoleh ditunjukkan dari simulasi pada gambar 5. Nilai Slot rotor 24, 36, dan 48 keluaran output motor didapati pada keluaran output power yang sama yaitu bernilai 12Kw.

3.4 Hasil simulasi factor daya



Gambar 7. Karakteristik faktor daya

Pada gambar 7. Diperoleh simulasi factor daya yang terbaik sebesar 0.82 yaitu untuk slot rotor 36, sedangkan slot rotor 24 sebesar 0.78 dan slot rotor 48 sebesar 0.39. Motor Induksi akan bekerja secara optimal dan baik ketika mengkonsumsi energi yang lebih rendah, sedangkan faktor daya terbaik mendekati $\cos\phi = 1$ [4].

Tabel 3. Parameter desain dengan slip NEMA C.

DESAIN SLOT	DAYA (KW)	TORSI (N.m)	EFISIENSI (%)	FAKTOR DAYA
24 Stator – 24 Rotor	12	44.80	95.80	0,78
24 Stator – 36 Rotor	12	45.00	96.10	0,82
24 Stator – 48 Rotor	12	46.10	94.40	0.39

IV. KESIMPULAN

Dari hasil kesimpulan dalam pengujian perbandingan desain dengan jumlah slot stator tetap yaitu 24 serta memvariasi pemodelan jumlah slot rotor 24, 36, 48 untuk motor induksi 12 Kw, dapat disimpulkan sebagai berikut :

a) 24 slot stator dan 24 slot rotor.

Dengan daya 12Kw bekerja pada area slip 1.94 %.Nilai torsi motor sebesar 44.80 N.m. Nilai efisiensi motor sebesar 95.80 %. Nilai factor daya sebesar 0.78.

b) 24 slot stator dan 36 slot rotor.

Dengan daya 12Kw bekerja pada area slip 2.02 %.Nilai torsi motor sebesar 45.00 N.m. Nilai efisiensi motor sebesar 96.10 %. Nilai factor daya sebesar 0.82.

c) 24 slot stator dan 48 slot rotor.

Dengan daya 12Kw bekerja pada area slip 1.92 %.Nilai torsi motor sebesar 46.10 N.m. Nilai efisiensi motor sebesar 94.40 %. Nilai factor daya sebesar 0.39.

Dari simulasi 3 desain slot rotor didapat data pada motor dengan spesifikasi NEMA design C yaitu spesifikasi motor dengan arus-locked-rotor normal dengan torsi awal yang tinggi serta mempunyai slip sebesar 1-5%. Kerapatan fluks juga menunjukkan bahwa semakin dekat nilai ke titik operasi, semakin besar efisiensi motor induksi yang dapat dicapai.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] MR Feyzi and H. V. Kalankesh, "Optimization of Induction Motor Design by Using the Finite Element Method", Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering, 2001.
- [2] R. I. Sudjoko, H. Hartono, "Desain dan Simulasi Motor Induksi 3 Fasa dengan menggunakan MatLab," *Juteks*, 2019. [https://researchgate.net/publication/Desain dan Simulasi Motor Induksi 3 Fasa dengan Menggunakan Matlab](https://researchgate.net/publication/Desain_dan_Simulasi_Motor_Induksi_3_Fasa_dengan_Menggunakan_Matlab).
- [3] V. K. Gupta, B. Tiwari, and B. Dewangan, "Efficiency optimization of induction motor drive: a review," *Int. J. Innov. Sci. Eng. Technol.*, vol. 2, no. 12, pp. 650–665, 2015.
- [4] Muhidin, "Optimalisasi Jumlah Slot Rotor Pada Desain Motor Induksi 100 Kw Tipe Rotor Belitan," *Juteks*, No. Vol 5, No 1 (2018), 2018, [Online]. Available: [Http://Ejournal.Uika-Bogor.Ac.Id/Index.Php/Juteks/Article/View/2343/1488](http://Ejournal.Uika-Bogor.Ac.Id/Index.Php/Juteks/Article/View/2343/1488).
- [5] A. K. Sawhney, *A Course in Electrical Machine Design*. Dhanpat Rai & Sons, 1984.
- [6] R. Prakash, M. J. Akhtar, R. K. Behera, and S. K. Parida, "Design of a three phase squirrel cage induction motor for electric propulsion system," *IFAC Proc. Vol.*, vol. 47, no. 1, pp. 801–806, 2014.
- [7] K.G.Upadhyay, *Desain of Electric Machine*, New Age Internataional Ltd, 2000, ProQuest ebray, 11 October 2016.
- [8] N.Bianchi, L.Alberti.(June 1,2006) "Finite Element Analysis of the Induction Motor". Department of Electrical Engineering,University of Padova.
- [9] A. G. Yetgin, A. İ. Çanakoglu, A. Gün, M. Turan, and B. Cevher, "Effect of the Induction Motor Stator Outer/Inner Diameter Ratio on the Motor Performance."
- [10] S. A. E. Sumawang, "Pengaruh Jumlah Slot pada Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG) Terhadap Nilai Back EMF dan KE yang Berbasis Finite Element Method (FEM)," *TEKNIK*, vol. 43, no. 2, pp. 140–146.
- [11] Nagrath, I.J. , "Electric Machines", Tata Mc-Graw Hill Company, New Delhi : 1987.