

ANALISIS EFISIENSI DAYA MOTOR INDUKSI 3 PHASE 150 KW DENGAN INVERTER SEBAGAI PENGATUR SPEED

ANALYSIS OF POWER EFFICIENCY OF 3 PHASE INDUCTION MOTOR 150 KW WITH INVERTER AS SPEED CONTROL

Michael J.T. Barus¹, Zuraidah Tharo², Pristisal Wibowo³

Fakultas Sains Dan Teknologi, Universitas Pembangunan Panca Budi^{1,2,3}

jefidson@gmail.com¹, zuraidahtharo@dosen.pancabudi.ac.id²,

pristisawibowo@dosen.pancabudi.ac.id³

ABSTRACT

Three phase induction motors are widely found in the industrial world. This is because induction motors have a simple shape, sturdy structure, and easy maintenance. However, induction motors also have weaknesses, namely their speed that cannot be adjusted, and their speed that drops due to changes in load. To overcome this, many companies use inverters to be able to regulate the speed, as well as for the maintenance of the motor so that the current used by the motorcycle does not experience a drastic increase. This system is called VSD (Variable Speed Drive). The use of VSD can reduce the electricity consumption of the motor by 30 - 60%. On inverter there is a screen that displays data such as frequency, voltage, current, and rotational speed of the motor. Then this data can be used to analyze and determine the efficiency of the motor.

Keywords: Motor Induction, Inverter, Efficiency

ABSTRAK

Motor induksi 3 phase banyak ditemui di dunia industri. Hal ini dikarenakan motor induksi memiliki bentuk yang sederhana, struktur yang kokoh, perawatan yang mudah. Namun motor induksi juga memiliki kelemahan yaitu kecepatannya yang tidak bisa diatur, dan kecepatannya yang turun akibat perubahan beban. Untuk mengatasinya banyak perusahaan yang menggunakan inverter agar dapat mengatur kecepatan, serta untuk pengasutan motor agar arus yang digunakan motor tidak mengalami kenaikan yang drastis. Sistem ini dinamakan dengan VSD (Variable Speed Drive). Penggunaan VSD dapat mengurangi konsumsi listrik motor sebesar 30 - 60%. Pada inverter terdapat display yang menampilkan data seperti frekuensi yang dipakai, tegangan output motor, arus motor, dan kecepatan putar motor. Kemudian dari data tersebut bisa dipergunakan untuk menentukan besar nilai efisiensi motor.

Kata Kunci : Motor Induksi, Inverter, Efisiensi.

PENDAHULUAN

Motor listrik berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Kemudian energi tersebut dipergunakan untuk memutar pompa, blower, menjalankan conveyor, bucket, dan lain sebagainya. Motor listrik 3 fasa yang paling ditemukan di pabrik – pabrik dalam pemenuhan kebutuhannya. Motor listrik arus bolak – balik adalah jenis motor yang paling banyak digunakan di dunia industri, meskipun ada motor arus searah, namun jenis motor ini jarang dipergunakan. Motor arus bolak-balik memiliki kecepatan putar yang konstan.

Dalam pengoperasiannya, efisiensi motor daya motor sangat perlu dianalisa. Hal – hal apa saja yang mempengaruhi efisiensi, dan bagaimana cara

mempertahankan efisiensi dari motor tersebut. Apabila sudah diketahui, maka langkah selanjutnya ialah menjalankan perawatan agar motor tidak mengalami penurunan efisiensi.

Motor induksi memiliki keunggulan dan kekurangan. Keunggulan dari motor induksi ialah :

1. Struktur yang sederhana
2. Bentuk yang kokoh
3. Perawatan yang mudah
4. Kecepatan konstan

Sedangkan kelemahannya ialah :

1. Kecepatan tidak dapat diatur
2. Kecepatan akan menurun seiring dengan bertambahnya beban yang diberikan.

Motor induksi memiliki komponen

utama yaitu stator dan rotor. Stator merupakan lilitan tembaga yang mengelilingi shaft utama, yang berfungsi untuk membangkitkan medan magnet di sekitar rotor. Rotor merupakan lilitan tembaga yang menempel bersama di shaft utama motor. Kumparan stator yang menerima tegangan 3 fasa akan menimbulkan medan putar. Untuk menentukan kecepatan putar dapat dihitung dengan persamaan

$$n_s = 120 \frac{f}{P}$$

Untuk menjalankan motor Listrik diperlukan pengasutan. Hal ini dikarenakan adanya lonjakan arus motor sebesar 3-7 kali dari arus yang sudah ditertera di name plate, dan apabila dibiarkan, dapat merusak komponen motor. Pengasutan motor listrik memiliki banyak jenis, antara lain ialah *Direct On Line*, *Star-Delta*, *Soft starter*, *Autotransformer starter*, dan *Frequency Drive*.

Frequency Drive membutuhkan rectifier dan inverter. Rectifier berfungsi untuk mengubah tegangan AC menjadi DC dengan menggunakan diode sebagai koomponen utamanya, kemudian diubah kembali menjadi AC dengan IGBT (*Insulated Gate Bipolar Transistor*). Tegangan AC yang dihasilkan dari inverter dapat diatur besarnya dengan mengatur frekuensi inputnya.

Selain frekuensi dapat merubah tegangan, frekuensi juga mempengaruhi kecepatan motor. Hal ini juga mempengaruhi adanya perubahan pada torsi motor. Untuk menentukan torsi motor dapat menggunakan persamaan berikut :

$$\tau = HP \times 5252/n$$

dengan $\omega = 2\pi \cdot n_r/60$

Selain memiliki frekuensi dan torsi, motor juga memiliki daya. Daya pada motor ada tiga jenis, yaitu daya aktif, reaktif, dan daya semu. Untuk menentukan daya tersebut dapat digunakan persamaan berikut:

- Daya Aktif (P) = $\sqrt{3} \times V \times I \times \cos\phi$

- Daya Reaktif (Q) = $\sqrt{3} \times V \times I \times \sin$

- Daya Semu (S) = $\sqrt{3} \times V \times I$

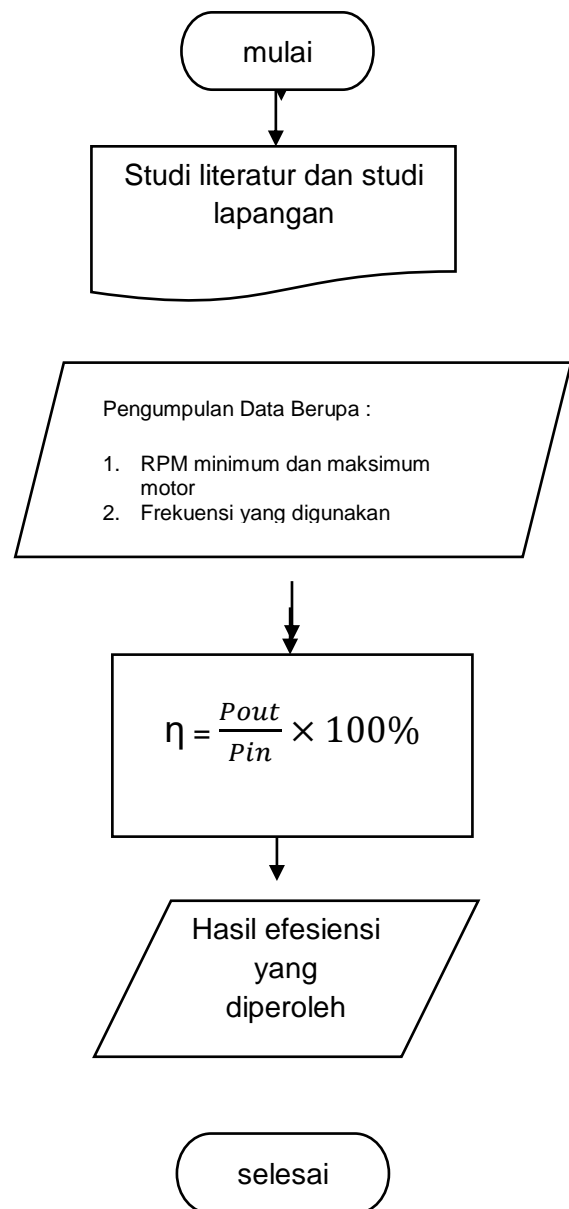
Untuk menentukan daya keluar dan efisiensi daya dapat menggunakan persamaan berikut

$$P_{out} = \tau \times \omega$$

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

METODE

Penelitian dilaksanakan di Gedung Proses PT Medan Sugar Industry yang terletak di Jl. Pulau Tanah Masa II, KIM 2. Subjek penelitian ialah inverter dan motor induksi 3 fasa. Adapun flowchart penelitian ialah sebagai berikut :



Gambar 1. Flowchart Penelitian

Tahapan penelitian diawali dengan observasi di lapangan dan studi literatur terkait masalah yang diteliti. Kemudian mengumpulkan data yang diperlukan untuk melakukan perhitungan efisiensi daya motor. Berikut adalah data yang sudah dikumpulkan saat melakukan penelitian. Data yang dikumpulkan diambil dari pengukuran dan data yang tertera di display inverter.

Berikut adalah data – data yang diperoleh saat melakukan penelitian: RPM dimulai dari yang terendah sampai ke yang tertinggi, menggunakan inverter ABB tipe ACS800, dapat dilihat dari tabel berikut ini :

Tabel 1. Data Pengukuran

NO	HZ	RPM	A	V
1.	3,4	50	40,5	22
2.	6	90	52,8	53,8
3.	12,6	190	115,7	173,2
4.	35	526	120,2	232,3
5.	66,7	1000	211	452,4

HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk menentukan efisiensi daya motor, maka perlu ditentukan besar daya masuk dan daya keluar menggunakan data yang sudah dikumpulkan.

Perhitungan Daya Masuk

Menentukan daya masuk (Pin) dari putaran terendah, menengah dan tertinggi dari data yang sudah dikumpulkan

- Putaran Terendah :

$$P_{in} = \sqrt{3} \times V_{in} \times I \times \cos \theta$$
 (Persamaan 4)

$$P_{in} = 1,73 \times 22 \times 40,5 \times 0,8$$

$$P_{in} = 1233,14 \text{ Watt}$$

$$P_{in} = 1,23 \text{ KW} = 1,65 \text{ HP}$$

(1 HP = besar daya dibagi dengan 745,7)
- Putaran Menengah :

$$P_{in} = \sqrt{3} \times V_{in} \times I \times \cos \theta$$
 (Persamaan 4)

$$P_{in} = 1,73 \times 232,3 \times 120,2 \times 0,8$$

$$P_{in} = 38.628 \text{ Watt}$$

$$P_{in} = 38,62 \text{ KW} = 51,80 \text{ HP}$$
- Putaran Tertinggi :

$$P_{in} = \sqrt{3} \times V_{in} \times I \times \cos \theta$$
 (Persamaan 4)

$$P_{in} = 1,73 \times 211 \times 452,4 \times 0,8$$

$$P_{in} = 132.111,65 \text{ Watt}$$

$$P_{in} = 132 \text{ KW} = 177,16 \text{ HP}$$

Perhitungan Torsi Motor

Setelah ditentukan nilai dari daya masuk, maka dapat ditentukan besar torsi dari motor dengan menggunakan persamaan 2.

- Putaran Terendah :

$$\tau = \frac{HP \times 5252}{n}$$

$$\tau = \frac{1,65 \times 5252}{50}$$

$$\tau = 173,31 \text{ Nm}$$

- Putaran Menengah :

$$\tau = \frac{HP \times 5252}{n}$$

$$\tau = \frac{51,80 \times 5252}{526}$$

$$\tau = 517,21 \text{ Nm}$$

- Putaran Tertinggi :

$$\tau = \frac{HP \times 5252}{n}$$

$$\tau = \frac{177,16 \times 5252}{1000}$$

$$\tau = 930,44 \text{ Nm}$$

Perhitungan Daya Keluar

Maka langkah selanjutnya adalah menentukan daya keluar (Pout) menggunakan persamaan 7.

- Daya keluar pada putaran rendah :

$$P_{out} = \tau \times \omega$$

$$P_{out} = 173,31 \times \frac{2 \times 3,14 \times 50}{60}$$

$$P_{out} = 173,31 \times 5,23$$

$$P_{out} = 906,41 \text{ Watt} = 0,91 \text{ KW}$$

- Daya keluar pada putaran menengah :

$$P_{out} = \tau \times \omega$$

$$P_{out} = 517,21 \times \frac{2 \times 3,14 \times 526}{60}$$

$$P_{out} = 517,21 \times 55,05$$

$$P_{out} = 28.472,41 \text{ Watt} = 28,47 \text{ KW}$$

- Daya keluar pada putaran tertinggi :

$$P_{out} = \tau \times \omega$$

$$P_{out} = 930,44 \times \frac{2 \times 3,14 \times 1000}{60}$$

$$P_{out} = 930,44 \times 104,66$$

$$P_{out} = 97.380 \text{ Watt} = 97,38 \text{ KW}$$

Perhitungan Efisiensi Motor

Setelah menentukan daya keluar dan daya masuk, maka dapat ditentukan efisiensi daya dimulai dengan frekuensi terendah, menengah, dan tertinggi menggunakan persamaan 8

- Efisiensi pada putaran terendah :

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{0,91}{1,23} \times 100\%$$

$$\eta = 73,98\%$$

- Efisiensi pada putaran menengah :

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{28,47}{38,62} \times 100\%$$

$$\eta = 73,71\%$$

- Efisiensi pada putaran tertinggi :

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{97,38}{132} \times 100\%$$

$$\eta = 73,77\%$$

Dari hasil perhitungan tersebut, dapat dilihat bahwa efisiensi tertinggi ada di RPM terendah yaitu 73,98%.

SIMPULAN

Berdasarkan uraian dari hasil perhitungan berdasarkan data yang diambil di lapangan, maka dapat disimpulkan :

1. Perubahan putaran motor, dapat mempengaruhi besarnya tegangan, frekuensi, terhadap motor. Hal ini dapat dilihat dari table 1, dimana saat putaran motor 50 – 1000 RPM tegangan dan frekuensi mengalami kenaikan yang signifikan.
2. Torsi dan arus juga mengalami peningkatan dari putaran minimum hingga ke putaran maksimum. Hal ini dapat dilihat pada table 1 dan perhitungan menentukan torsi motor.
3. Efisiensi daya motor dipengaruhi oleh putaran motor, torsi, dan daya motor.
4. Efisiensi motor tertinggi terdapat di putaran terendah dan tertinggi.

5. Cara perusahaan untuk mempertahankan efisiensi adalah dengan melakukan *predictive maintenance* dan *corrective maintenance*. *Predictive Maintenance* adalah tindakan perawatan yang dilakukan secara berkala yang sudah ditetapkan, seperti pengecekan temperatur, vibrasi, dan pelumasan. Sedangkan *corrective maintenance* merupakan tindakan perawatan saat motor mengalami kerusakan.

Adapun saran yang dapat diberikan ialah:

1. Saat ini efisiensi motor sudah menurun, dan perlu dilakukan pemeliharaan karena dari hasil perhitungan, nilai efisiensi motor tidak mencapai 80%.
2. Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui perbandingan kinerja motor berdasarkan durasi pemakaian motor, agar dapat diketahui penurunan efisiensi motor pertahun atau waktu yang ditentukan

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Ahmad., Elvira Zondra., Hazra Yuvendius. (2020) Analisis Efisiensi Motor Induksi Tiga Fasa Akibat Perubahan Tegangan. *SainETIn: Jurnal Sains, Energi, Teknologi, dan Industri*, 5(1), 36-41
<https://journal.unilak.ac.id/index.php/SainETIn/article/view/6280/2995>
- Ahmad Dani., Dino Erivianto., (2024). Evaluasi Kinerja Motor Induksi Tiga Fasa dengan Modifikasi Resistansi Motor: Pendekatan Simulasi dengan Automation Studio. *Journal of Social Science Research*. 4(3), 5-13.
<https://j-innovative.org/index.php/Innovative/article/view/12650/8556>
- Ahmad Rizal Nurika., Beni Satria., Zulkarnain Lubis. (2024). An Increase Performance Of Unbalanced Induction Motor At High Temperature. *Jurnal Scientia*. 13(2), 1318-1322.
<http://seaninstitute.org/infor/index.php/pendidikan/article/view/2324>

- Budi Setio Utomo., Irfan Irfan. (2022). Efisiensi Energi Listrik Menggunakan Variable Speed Drive (VSD) Pada Motor Induksi 3 Fasa. *EEICT (Electric, Electronic, Instrumentation, Control, Telecommunication)*, 5(2), 36-38
<https://ojs.uniska-bjm.ac.id/index.php/eeict/article/view/9214>
- Dian Nova Kusuma Hardani. (2018). Analisis Torsi dan Efisiensi Pada Motor Induksi Tiga Fasa Rotor Sangkar. *Techno (Jurnal Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Purwokerto)*, 19(2), 83-85
<https://jurnalnasional.ump.ac.id/index.php/Techno/article/view/3070/2169>
- Dino Erivianto., Ahmad Dani. (2023). PELATIHAN PEMASANGAN INSULATED GATE BIPOLAR TRANSISTOR (IGBT) INVERTER SEBAGAI PENGATUR KECEPATAN MOTOR PADA PT. PRIMA MULTI PERALATAN. *PEDAMAS (PENGABDIAN PADA MASYARAKAT)*, 1(2), 421-423.
<https://pekatpkm.my.id/index.php/JP/article/view/77/54>
- Elvy Sahnur Nasution., Arnawan Hasibuan. (2018). Pengaturan Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa Dengan Merubah Frekuensi Menggunakan Inverter ALTIVAR 12P. *Sisfo: Jurnal Ilmiah Sistem Informasi*, 2(1), 27-33
- Hendi Purnata., Anindya Dwi Risdhayanti., Shabrina Adani Putri., Achmad Komarudin. (2017). Penerapan Metode Hysteresis Space Vector Pulse Width Modulation pada Inverter Tiga Fasa untuk Pengaturan Kecepatan dan Efisiensi Motor Induksi. *INOVTEK POLBENG*, 7(2),
<http://103.174.114.133/index.php/IP/article/view/213/191>
<https://telka.ee.uinsgd.ac.id/index.php/TELKA/article/view/telka.v4n2.91-102/pdf>
- Kukuh Pambudi., Amani Darma Tarigan., Hamdani Hamdani. (2024). Analysis Efficiency Of 3 Phase AC Motor Use A Centrifugal Pump Drive On The Water Tower Of PDAM Tirtanadi, North Sumatera. *Jurnal Scientia*. 13(2), 2122-2126.
<http://seaninstitute.org/infor/index.php/pendidikan/article/view/2431/2155>
- Moch Sayid Irfan Adillah., Efrita Arfah Zuliari (2018). Analisa Kinerja Motor Induksi 3 Fasa Pada Pompa Sentrifugal Di Favehotel Rungkut Surabaya. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan*. 606-609
<https://ejurnal.itats.ac.id/sntekpan/article/view/397/262>
- Prian Gagani Chamdareno., Ahmad Hairul Hamimi. (2022). Efisiensi Konsumsi Energi Listrik Pada Eskalator Menggunakan Inverter Di Pusat Perbelanjaan. 5(1), 27-29
<https://jurnal.umj.ac.id/index.php/resistor/article/view/12563/6980>
- Sigi Syah Wibowo., Abdul Manaf., Tresna Umar. (2020). Analisis Pembebanan Belt Conveyor Menggunakan Motor Induksi 3 Fase 1,5 Kw Dan Vsd Sebagai Speed Controller. *Jurnal Teknik Ilmu dan Aplikasi*, 1(1), 92-95.
<https://jurnal.polinema.ac.id/index.php/jtia/article/view/1574/1144>
- Solly Aryza., Zulkarnain. (2020). Enhance Parameter Speed Estimation of Induction Motor Using Modified Voltage Model Flux Estimation. *Jurnal Teknik Elektro dan Telekomunikasi*, 7(1), 31-35.
<https://jurnal.pancabudi.ac.id/index.php/eletrotelekomunikasi/article/view/3884>
- ST Zuriman Anthony. (2012). Pengaruh Perubahan Frekuensi Dalam Sistem Pengendalian Kecepatan Motor Induksi 3-Fasa Terhadap Efisiensi Dan Arus Kumparan Motor. *Jurnal*

Teknik Elektro. 1(1), 26-29
<https://jte.itp.ac.id/index.php/jte/article/view/453>

Yogi Pranata., Teguh Arfianto., Nandang Taryana. (2018). Analisis Unjuk Kerja Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan Inverter 3 Fasa. *TELKA - Jurnal Telekomunikasi, Elektronika, Komputasi dan Kontrol*, 4(2), 93-102