

Analisis Efisiensi Motor Listrik 3 Fasa pada Rubber Tyred Gantry Crane 05 di PT. Bima Terminal Petikemas 1 Makassar

Putra Sakti^{1*}, Akbar², Arif Jaya³, Syarifuddin Nojeng⁴,

^{1,2,3,4,5}Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muslim Indonesia, Makassar, Indonesia

Email: ¹03320210003@umi.ac.id; ²033202100046@umi.ac.id; ³arief.jaya@umi.ac.id; ³syarifuddin.nojeng@umi.ac.id;

⁵bayuadrianashad@umi.ac.id

Received: 20 08 2024 | Revised: 30 08 2024 | Accepted: 05 09 2024 | Published: 18 09 2024

Abstrak

Motor listrik tiga fasa merupakan perangkat elektromekanis yang bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanis. Motor ini memainkan peran penting dalam berbagai aplikasi industri, salah satunya adalah Rubber Tyred Gantry Crane (RTG), yang digunakan di pelabuhan untuk memindahkan kontainer. Efisiensi motor listrik, khususnya motor induksi tiga fasa pada RTG, sangat penting untuk memastikan penggunaan energi yang optimal dan pengurangan biaya operasional. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efisiensi motor induksi tiga fasa yang digunakan pada RTG 05 di PT. Bima (Pelindo) Terminal Petikemas Makassar, serta membandingkan hasil analisis tersebut dengan standar yang ditetapkan oleh International Electrotechnical Commission (IEC) 60034-30-1. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai performa motor induksi dalam aplikasi industri, serta memberikan rekomendasi untuk peningkatan efisiensi energi sesuai dengan standar internasional.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efisiensi motor induksi tiga fasa yang digunakan pada Rubber Tyred Gantry Crane (RTG) 05 di PT Bima (Pelindo) Terminal Petikemas Makassar, serta membandingkan hasil analisis tersebut dengan standar internasional yang ditetapkan oleh IEC (International Electrotechnical Commission) melalui IEC 60034-30-1. Motor induksi tiga fasa pada RTG merupakan komponen penting dalam pengoperasian crane karena berperan dalam menggerakkan mesin untuk proses bongkar muat peti kemas.

Dalam penelitian ini, dilakukan pengukuran kinerja motor induksi tiga fasa untuk mengevaluasi efisiensi motor berdasarkan data operasional yang diperoleh dari RTG 05. Motor 1 dan Motor 2 pada Rubber Tyred Gantry Crane 05 menunjukkan efisiensi rendah sebesar 81,9%, berdasarkan hasil perhitungan dengan daya keluaran masing-masing sekitar 16,9 kW dan 17,3 kW. Kecepatan rotor (Nr) sebesar 1377 RPM menghasilkan slip 8,2%, sesuai karakteristik motor induksi. Daya input mendekati daya output, yaitu 20,6 kW untuk Motor 1 dan 21,1 kW untuk Motor 2. Namun, efisiensi kedua motor tidak memenuhi klasifikasi standar IEC 60034-30-1 karena berada di bawah kategori minimum yang ditetapkan untuk daya keluaran 15 kW.

Kata kunci: motor, efisiensi, petikemas makassar

1. Pendahuluan

Rubber Tyred Gantry Crane (RTG) adalah derek kontainer yang dilengkapi roda karet untuk mobilitas tinggi di terminal peti kemas. RTG menggunakan motor listrik 3 fasa sebagai penggerak utama mekanisme angkat dan geser, serta dilengkapi sistem kontrol presisi. PT Bima Terminal Petikemas 1 Makassar, salah satu pelabuhan utama di Indonesia Timur, menggunakan RTG secara intensif untuk mendukung aktivitas bongkar muat yang padat. Beban kerja tinggi dapat memengaruhi efisiensi motor listrik, meningkatkan konsumsi energi dan biaya operasional, serta berpotensi mengganggu performa alat. Analisis efisiensi motor listrik 3 fasa pada RTG diperlukan untuk mengidentifikasi peluang penghematan energi dan memastikan kinerja optimal, mendukung efisiensi operasional pelabuhan.

Efisiensi motor listrik 3 fasa adalah rasio antara daya mekanis keluaran (output) yang dihasilkan motor dengan daya listrik masukan (input) yang diterima dari sumber energi. Efisiensi ini menunjukkan seberapa baik motor mengonversi energi listrik menjadi energi mekanis tanpa terbuang sebagai panas atau kerugian lainnya. Motor listrik 3 fasa memiliki

tingkat efisiensi yang tinggi dibandingkan dengan motor satu fasa, terutama saat beroperasi pada beban penuh. Faktor-faktor yang memengaruhi efisiensi motor meliputi desain motor, material yang digunakan, serta kondisi operasional seperti beban, suhu, dan perawatan. Efisiensi tinggi pada motor ini sangat penting dalam aplikasi industri karena dapat mengurangi konsumsi energi, menurunkan biaya operasional, dan meminimalkan dampak lingkungan.

Efisiensi motor listrik dibagi menjadi beberapa kelas sesuai dengan presentase dari nilai efisiensi yang dihasilkan. IEC (International Electrotechnical Commission) mengeluarkan klasifikasi tentang nilai efisiensi motor listrik. Berdasarkan IEC 60034-30-1, efisiensi motor diklasifikasikan seperti diperlihatkan pada tabel Berikut ini [1].

Tabel 1. Klasifikasi efisiensi motor listrik

Class type	Class number
Strandrt Efficiency	IE1
High Efficiency	IE2
Premium Efficiency	IE3
Super Premium Efficiency	IE4

2. Metode

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode pengumpulan data observasi secara langsung di PT Bima (Pelindo) Makassar. Dengan metode observasi ini peneliti dapat melakukan Pengukuran secara jelas dan nyata serta pencatatan secara sistematis terhadap gejala atau fenomena yang diselidiki.

- a. Daya input

$$P_{input} = \sqrt{3} V \times I \times \cos \varphi \quad (1)$$

- b. Daya rugi-rugi pada lilitan motor

$$P_{scl} = 3 \times I^2 \times R_s \quad (2)$$

- c. Daya yang dikirim ke celah udara

$$P_{ag} = P_{input} - P_{scl} - P_{core} \quad (3)$$

- d. Daya rugi-rugi pada rotor

$$P_{rcl} = Slip \times P_{ag} \quad (4)$$

- e. Daya yang dikonversikan

$$P_{Convers} = (1 - s) \cdot P_{ag} \quad (5)$$

- f. Daya output

$$P_{Output} = P_{Convers} - P_{rcl} \quad (6)$$

- g. Efisiensi

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (7)$$

3. Hasil dan Pembahasan

Tabel 2. Hasil Pengukuran Motor Listrik

Motor	Arus	Tegangan	Frekuensi	Rpm	Kutub
Motor 1	35,6	380	50	1377	4
Motor 2	36,4	380	50	1377	4

a. Perhitungan motor 1

1. Tegangan

Tegangan yang di dapatkan dapat disesuaikan dari name plate motor listrik yang dimana motor listrik pada RTG menggunakan motor listrik tiga fasa yang juga menggunakan tegangan 380V.

1. Arus

Arus motor listrik di dapatkan dari hasil pengukuran antara arus R,S dan T dengan arus yang telah di ukur dan mendapatkan arus sebesar 35,6A dengan arus yang tertera pada name plate 100A.

2. Kecepatan putaran motor

a. Stator

Adapun rumus untuk menghitung medan putar stator motor induksi dengan jumlah kutub 4 pole, pasokan tegangan 380 V dan frekuensi sumber 50 Hz.

$$N_s = \frac{120 \times f}{P}$$

$$N_s = \frac{120 \times 50}{4}$$

$$N_s = 1.500 \text{ RPM}$$

b. Rotor

Untuk menghitung kecepatan rotor kami menggunakan alat ukur tachometer untuk mengukur kecepatan putaran rotornya sebesar 1.377 RPM.

3. Slip

Adapun persamaan yang digunakan untuk menghitung slip pada motor induksi sebagai berikut :

$$S = \frac{N_s - N_r}{N_s} \times 100\%$$

$$S = \frac{1500 - 1377}{1500} \times 100\%$$

$$S = 8,2\%$$

4. Kecepatan sudut

$$\omega = \frac{2\pi \times nr}{60}$$

$$\omega = \frac{2 \times 3.14 \times 1377}{60}$$

$$\omega = 144,1 \text{ rad/s}$$

5. Daya

a. Daya input

$$P_{input} = \sqrt{3} V \times I \times \cos \varphi$$

$$P_{input} = \sqrt{3} \times 380 \times 35.6 \times 0.88$$

$$P_{input} = 20.619,4W$$

b. Daya Rugi – rugi pada lilitan stator

$$P_{scl} = 3 \times I^2 \times R_s$$

$$P_{scl} = 3 \times (35,6^2 \times 0,0648)$$

$$P_{scl} = 246,3W$$

- c. Daya yang dikirim ke celah udara

$$P_{ag} = P_{input} - P_{scl} - P_{core}$$

$$P_{ag} = 20.619,4 - 246,3 - 150$$

$$P_{ag} = 20.223,1$$

- d. Daya Rugi – rugi pada rotor

$$P_{rcl} = Slip \times P_{ag}$$

$$P_{rcl} = 0,082 \times 20.223,1$$

$$P_{rcl} = 1.658,2$$

- e. Daya yang dikonversikan

$$P_{Convers} = (1 - s). P_{ag}$$

$$P_{Convers} = (1 - 0,082). 20.223,1$$

$$P_{Convers} = 18.564,8$$

- f. Daya output

$$P_{Output} = P_{Convers} - P_{rcl}$$

$$P_{Output} = 18.564,8 - 1.658,2$$

$$P_{Output} = 16.906,6 \text{ W}$$

6. Torsi

$$T = \frac{P_{Out}}{\omega}$$

$$T = \frac{16.906,6}{144,1}$$

$$T = 117,3 \text{ n/M}$$

7. Efisiensi

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

$$\eta = \frac{16.906,6}{20.619,4} \times 100\%$$

$$\eta = 81,9\%$$

- b. Perhitungan motor 2

1. Tegangan

Tegangan yang di dapatkan dapat disesuaikan dari name plate motor listrik yang dimana motor listrik pada RTG menggunakan motor listrik tiga fasa yang juga menggunakan tegangan 380V.

2. Arus

Arus motor listrik di dapatkan dari hasil pengukuran antara arus R,S dan T dengan menghitung arus yang telah di ukur dan mendapatkan arus sebesar 36,4A.

3. Kecepatan putaran motor

- a. Stator

Adapun rumus untuk menghitung medan putar stator motor induksi dengan jumlah kutub 4 pole, pasokan tegangan 380 V dan frekuensi sumber 50 Hz.

$$N_s = \frac{120 \times f}{P}$$

$$N_s = \frac{120 \times 50}{4}$$

$$N_s = 1.500 \text{ RPM}$$

b. Rotor

Untuk menghitung kecepatan rotor kami menggunakan alat ukur tachometer untuk mengukur kecepatan putaran rotornya sebesar 1.377 RPM.

4. Slip

Adapun persamaan yang digunakan untuk menghitung slip pada motor induksi sebagai berikut :

$$S = \frac{N_s - N_r}{N_s} \times 100\%$$

$$S = \frac{1500 - 1377}{1500} \times 100\%$$

$$S = 8,2\%$$

5. Kecepatan sudut

$$\omega = \frac{2\pi \times nr}{60}$$

$$\omega = \frac{2 \times 3.14 \times 1377}{60}$$

$$\omega = 144,1 \text{ rad/s}$$

6. Daya

1. Daya input

$$P_{input} = \sqrt{3} V \times I \times \cos \varphi$$

$$P_{input} = \sqrt{3} \times 380 \times 36.4 \times 0.88$$

$$P_{input} = 21.082,7 \text{ W}$$

2. Daya Rugi – rugi pada lilitan stator

$$P_{scl} = 3 \times I^2 \times R_s$$

$$P_{scl} = 3 \times (36,4^2 \times 0,0648)$$

$$P_{scl} = 257,5 \text{ W}$$

3. Daya yang dikirim ke celah udara

$$P_{ag} = P_{input} - P_{scl} - P_{core}$$

$$P_{ag} = 21.082,7 - 257,5 - 150$$

$$P_{ag} = 20.675,2$$

4. Daya Rugi – rugi pada rotor

$$P_{rcl} = Slip \times P_{ag}$$

$$P_{rcl} = 0,082 \times 20.675,2$$

$$P_{rcl} = 1.695,3$$

5. Daya yang dikonversikan

$$P_{Convers} = (1 - s). P_{ag}$$

$$P_{Convers} = (1 - 0,082) \times 20.675,2$$

$$P_{Convers} = 18.975,8$$

6. Daya output

$$P_{Output} = P_{Convers} - P_{rcl}$$

$$P_{Output} = 18.975,8 - 1.695,3$$

$$P_{Output} = 17.280,5 \text{ W}$$

7. Torsi

$$T = \frac{P_{out}}{\omega}$$

$$T = \frac{16.906,6}{144,1}$$

$$T = 119,3=9 \text{ n/M}$$

8. Efisiensi

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

$$\eta = \frac{16.906,6}{20.619,4} \times 100\%$$

$$\eta = 81,9\%$$

4. Kesimpulan dan Saran

Motor 1 dan Motor 2 pada Rubber Tyred Gantry Crane 05 menunjukkan efisiensi yang rendah, yaitu sebesar 81,9% untuk masing-masing motor. Kecepatan putaran stator (Ns) pada kedua motor adalah 1500 RPM, sedangkan kecepatan rotor (Nr) yang diukur menggunakan tachometer adalah 1377 RPM, menghasilkan slip sebesar 8,2%, yang sesuai dengan karakteristik motor induksi. Daya input untuk Motor 1 tercatat sebesar 20.619,4 W dan untuk Motor 2 sebesar 21.082,7 W, sementara daya output yang dihasilkan masing-masing motor adalah 16.906,6 W dan 17.280,5 W. Berdasarkan klasifikasi efisiensi motor listrik menurut standar IEC 60034-30-1, kedua motor tidak termasuk dalam kelas efisiensi mana pun karena nilai efisiensi yang diperoleh sebesar 81,9% dengan daya keluaran berada di titik 15 kW output.

Daftar Pustaka

- [1] M. Y. Irawan, "Perancangan Kendali Motor Listrik Berbasis Smart Relay (Zelio)," *J. Tek. Elektro dan Komput. TRIAC*, vol. 8, no. 2, pp. 44–46, 2021, doi: 10.21107/triac.v8i2.10510.
- [2] D. Metode et al., "Jambura Industrial Review Jambura Industrial Review," vol. 1, no. 2, pp. 1–10, 2021.
- [3] Muhammad Iqbal Naufal and Irwanto Irwanto, "Motor Listrik 3 Fasa Sebagai Sistem Penggerak Motor Roll Pada Mesin Case Sealer di Pt. Matahari Megah," *J. Sains dan Teknol.*, vol. 2, no. 1, pp. 32–45, 2023, doi: 10.58169/saintek.v2i1.132.
- [4] B. Rahmania, H. Abdillah, and M. Misri, "Analisa Perbandingan Rangkaian Forward Reverse pada Motor Listrik 3 Fasa Manual dengan Berbasis PLC Schneider TM221CE24R," *Resist. (Elektronika Kendali Telekomun. Tenaga List. Komputer)*, vol. 5, no. 2, p. 157, 2022, doi: 10.24853/resistor.5.2.157-162.
- [5] A. Ikhsan, I. Nurichsan, and I. Nawawi, "Pembuatan Aplikasi Sistem Kontrol Dan Monitoring Motor Listrik 3 Fasa Berbasis Web," *Penelit. dan Pengemb. Tek. Elektro Telekomun. Indones.*, vol. 9, no. 1, pp. 1–6, 2018, [Online]. Available: <https://journal.uniga.ac.id/index.php/JPPB/article/download/702/788>
- [6] D. Novianto, E. Zondra, and H. Yuwendius, "Analisis Efisiensi Motor Induksi Tiga Fasa Sebagai Penggerak Vacuum Di PT. Pindo Deli Perawang," *SainETIn J. Sains ...*, vol. 4, no. 2, pp. 73–80, 2022, doi: 10.31849/sainetin.v6i2.9734.
- [7] H. F. Sitorus, Armansyah, and R. Harahap, "Pemeliharaan Motor Induksi 3 Fasa Tegangan 380 V Pada GT 2.1 di PT. PLN (Persero) Unit Pelaksana Pengendalian Pembangkitan Belawan," *JET (Journal Electr. Technol.*, vol. 7, no. 3, pp. 119–123, 2022, [Online]. Available: <https://jurnal.uisu.ac.id/index.php/jet/article/view/6306>
- [8] P. N. Bnadung, "Praktikum Motor Listrik Sederhana," *J. Prakt. Mot. List. Sederhana*, 2021.

- [9] K. Keahlian, “Instalasi Motor Listrik Jenis – Jenis Motor Listrik Dan Karakteristiknya Oleh Teknik Instalasi Tenaga Listrik Smk Negeri 2 Surakarta,” 2021.
- [10] C. Alkalah, “Teori Dasar Motor Listrik,” vol. 19, no. 5, pp. 1–23, 2022.
- [11] A. Kurnia Pratama, E. Zondra, and H. Yuvendius, “Analisis Efisiensi Motor Induksi Tiga Fasa Akibat Perubahan Tegangan,” *J. Sain, Energi, Teknol. Ind.*, vol. 5, no. 1, pp. 35–43, 2020.
- [12] M. Sayid, I. Abdillah, and E. A. Zuliari, “Analisa Kinerja Motor Induksi 3 Fasa Pada Pompa Sentrifugal Di Favehotel Rungkut Surabaya,” *Inst. Teknol. Adhi Tama Surabaya*, pp. 605–610, 2019.
- [13] D. H. Sinaga and O. Y. Hutajulu, “Penggunaan Dan Pengaturan,” 2021.
- [14] M. M. Alam, *Analisis Efisiensi Motor Induksi Tiga Fasa Pada Kipas Sentrifugal di PT. Kimia Farma TBK. Plant Semarang*. 2022.
- [15] A. Nurfauziah, S. Nurhaji, and H. Abdillah, “Penggunaan rangkaian forward-reverse sebagai pengontrol motor 3 fasa,” *Vocat. Educ. Natl. Semin.*, vol. 1, no. 1, pp. 26–29, 2022, [Online]. Available: <https://jurnal.untirta.ac.id/index.php/VENS/article/view/15277>