



Analisis efisiensi motor induksi 3 phasa pada auxiliary sea water cooling pump di Kapal MT. Minas / P.35

Yhosua Kharisman Sinambela, Afandi Sahputra*, Eka Nurmala

Politeknik Pelayaran Malahayati

E-mail: *afandi_sahputra@poltekpelaceh.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis efisiensi dari motor induksi 3 phasa pada Auxiliary Sea Water Cooling Pump di Kapal MT. Minas/ P.35. Sistem kelistrikan kapal sangat penting dalam kegiatan pelayaran. Ketika kapal berlayar dari Bali menuju Balikpapan terjadi kerusakan motor induksi yang merupakan penggerak dari auxiliary sea water cooling pump dan menurunkan peforma dari diesel generator (D/G) dan A.C accomodation, sebab pompa tersebut berfungsi menyuplai air laut sebagai pendingin dalam sistem permesinan D/G dan A.C accommodation. Sehingga dilakukan tindakan overhaul dan untuk memastikan motor tersebut layak digunakan maka digunakan perhitungan efisiensi (η_m) menggunakan metode voltage compensated ampere ratio. Pengukuran dan perhitungan dilakukan selama sembilan hari dan hasil perhitungan dibandingkan dengan IEC 60034-30-1. Hasil yang diperoleh menyatakan bahwa nilai rata-rata efisiensi (η_m) sebesar 87,44% maka motor induksi berada diantara kelas IE1 dan IE2. Dengan nilai dan kelas dari efisiensi tersebut disimpulkan motor induksi layak dan baik untuk digunakan, sehingga auxiliary sea water cooling pump secara optimal menyuplai air laut dan menjaga peforma diesel generator (D/G) dan A.C accomodation agar tetap memenuhi standar operasional.

Kata Kunci: Efisiensi motor induksi, voltage compensated ampere ratio, motor induksi, IE classes.

ABSTRACT

This study analyzed the efficiency of a 3-phase induction motor on the Auxiliary Sea Water Cooling Pump on the MT. Minas/ P.35 Ship. The ship's electrical system is essential in shipping activities. When the ship sailed from Bali to Balikpapan, there was damage to the induction motor, which was the driver of the auxiliary sea water cooling pump, and reduced the performance of the diesel generator (D/G) and A.C accommodation because the pump functions to supply seawater as a coolant in the D/G and A.C accommodation machinery systems. So that an overhaul was carried out and to ensure that the motor was suitable for use, the efficiency calculation (η_m) was used using the voltage-compensated ampere ratio method. Measurements and calculations were carried out for nine days, and the calculation results were compared with those of IEC 60034-30-1. The results stated that the average efficiency value (η_m) was 87.44%, so the induction motor was between classes IE1 and IE2. With the value and class of efficiency, it is concluded that the induction motor is suitable and sound for use so that the auxiliary sea water cooling pump optimally supplies sea water and maintains the performance of the diesel generator (D/G) and A.C. accommodation to continue to meet operational standards.

Keywords: Efficiency of induction motor, voltage compensated ampere ratio, induction motor, IE classes.



Tersedia pada: <https://doi.org/10.62391/ejmi.v6i2.108>

Disubmit pada 26/09/2024	Direview pada 14/11/2024	Direvisi pada 05/12/2024
Diterima pada 05/12/2024	Diterbitkan pada 12/12/2024	

PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan kebutuhan primer yang mendukung berbagai aktivitas manusia, baik dalam sektor perkantoran, industri, maupun rumah tangga. Penggunaan listrik secara luas mencakup aktivitas sosial ekonomi di berbagai bidang, seperti produksi, distribusi, dan konsumsi [1-2]. Menurut proyeksi International Energy Agency (IEA), permintaan energi global diperkirakan akan meningkat sebesar 45% hingga tahun 2030, dengan rata-rata kenaikan tahunan 1,6%. Dari total energi primer yang digunakan, sekitar 80% berasal dari bahan bakar fosil, dan energi listrik menjadi yang paling dominan dibutuhkan [3].

Sebagai negara kepulauan dan maritim, Indonesia memiliki potensi besar di sektor transportasi laut. Hal ini diperkuat oleh pengakuan internasional melalui Konvensi Hukum Laut PBB ke-3 (UNCLOS 1982). Data menunjukkan bahwa muatan nasional mencapai 502 juta ton per tahun, termasuk 55 juta ton crude oil yang diangkut dengan kapal tanker [4]. Untuk menjaga keberlanjutan potensi ini, perhatian terhadap sistem kelistrikan kapal menjadi sangat penting. Di atas kapal, energi listrik mendukung berbagai operasi, seperti penggerak utama kapal, penerangan, alat navigasi, permesinan bantu, dan peralatan lainnya.

Motor induksi menjadi komponen vital dalam sistem kelistrikan kapal karena perannya sebagai penggerak utama berbagai perangkat elektrik. Motor ini digunakan untuk menjalankan pompa, konveyor, peralatan mesin, mesin sentrifugal, mesin press, elevator, peralatan pengemasan, blower, kompresor, purifier, alat pengangkat beban, dan lainnya [5]. Secara global, konsumsi energi listrik mencatatkan 68% penggunaan pada sektor industri, di mana 46% di antaranya digunakan untuk mengoperasikan motor induksi [5].

Namun, penggunaan motor induksi dalam waktu lama dapat menurunkan torsi dan efisiensi, sehingga memengaruhi kinerja dan berpotensi merusak komponen penyusunnya [6-7]. Dalam konteks pelayaran, kerusakan pada motor induksi tiga fasa yang menggerakkan auxiliary sea water cooling pump dapat menghambat operasi kapal. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengukur efisiensi motor induksi tersebut, yang dinyatakan melalui perbandingan daya output dan daya input [8].

Metode yang digunakan untuk menghitung efisiensi adalah voltage compensated ampere ratio. Pendekatan ini memungkinkan pengukuran tanpa menghentikan operasional kapal dengan memanfaatkan data seperti tegangan, arus, dan faktor daya yang diukur dari panel listrik, serta informasi pada nameplate motor [9]. Hasil perhitungan efisiensi kemudian dibandingkan dengan standar IEC 60034-30-1. Tujuan perhitungan ini adalah untuk memastikan performa motor induksi tetap optimal, serta mendukung kinerja generator diesel (D/G) dan A.C accommodation.

Efisiensi motor induksi yang optimal memiliki peran penting dalam mencegah kerusakan peralatan listrik, mengurangi kerugian daya di kapal, dan memastikan keselamatan operasi [10]. Industri pelayaran, sebagai sektor dengan tingkat risiko kecelakaan yang tinggi, membutuhkan pemahaman mendalam tentang kelistrikan kapal. Pemeliharaan rutin berupa pengukuran,

pengecekan, pendataan, dan perbaikan peralatan listrik sangat diperlukan untuk menjamin kelayakan peralatan. Pengukuran efisiensi motor induksi dapat diterapkan secara praktis dalam dunia pelayaran untuk memastikan setiap perangkat, seperti motor induksi, berada dalam kondisi layak pakai. Langkah ini mendukung kelancaran operasional dan keberhasilan pelayaran secara keseluruhan.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode penelitian *action research* yakni pendekatan yang digunakan untuk menguji, mengembangkan, menemukan, dan menciptakan langkah-langkah baru. Dengan menerapkan hasil penelitian ini dalam suatu pekerjaan, diharapkan proses pekerjaan menjadi lebih efisien dan menghasilkan *output* yang berkualitas [11]. *Action research* melibatkan pendekatan-pendekatan yang menjadi landasan kuat dalam melakukan analisis data dan menemukan cara atau solusi baru dalam suatu bidang pekerjaan (dalam hal ini menganalisis efisiensi dari motor induksi). Pendekatan observasi: digunakan untuk merekam secara langsung kejadian dan tindakan yang dilakukan dengan menyertakan data yang telah dimiliki. Pendekatan wawancara: bertanya dan diskusi dengan *4th Engineer* dan *Chief Engineer* guna mendapatkan tujuan yang pasti dan jelas akan suatu permasalahan, hingga ditemukan faktor penyebab dan solusi dari sebuah permasalahan. Pendekatan studi pustaka: Tindakan berupa menelaah buku-buku, catatan, *manual book* kapal dan laporan yang relevan dengan masalah yang ditangani sebagai bentuk pengumpulan data.

Motor induksi merupakan perangkat yang sangat cocok digunakan di sektor industri karena memiliki keunggulan berupa perawatan yang mudah, keandalan tinggi, dan kemampuan beroperasi di lingkungan ekstrem [12-13]. Contohnya, pada kapal MT. Minas/P.35, motor induksi digunakan sebagai penggerak *auxiliary sea water cooling pump* tipe GH100. Pompa ini adalah tipe sentrifugal satu tingkat hisap dengan orientasi horizontal, yang terhubung ke motor melalui kopling fleksibel. Desainnya yang sederhana mempermudah proses penanganan, perawatan, dan pemeliharaan [14].

Daya listrik adalah kecepatan transfer energi listrik dalam suatu rangkaian, yang diukur dalam satuan watt, yaitu jumlah energi listrik yang dialirkan per satuan waktu (joule/detik) [15]. Daya aktif, atau daya nyata, adalah daya listrik yang dikonversi menjadi energi mekanik, seperti pada motor induksi [16]. Besarnya daya aktif dapat dihitung menggunakan persamaan tertentu, termasuk untuk sistem tiga fasa. Sementara itu, daya semu, hasil perkalian antara arus efektif dan tegangan efektif, dinyatakan dalam volt ampere (VA). Rasio antara daya aktif dan daya semu disebut faktor daya, yang dihitung menggunakan persamaan tertentu [17-18].

$$P = V \times I \times \cos \varphi \quad (1)$$

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \varphi \quad (2)$$

$$S = V \times I \quad (3)$$

$$\text{Faktor daya} = \cos \varphi = \frac{\text{daya aktif (W)}}{\text{daya semu (VA)}} \quad (4)$$

Data Penelitian

Data motor induksi pada *auxiliary sea water cooling pump* diperoleh dari kapal MT. Minas/ P.35, yakni tertera pada *name plate* motor dan *manual book panel starter*. Perlu diketahui bahwa kapal MT. Minas/ P.35 merupakan kapal buatan PT. PAL Surabaya tahun 1985 sehingga umurnya terbilang cukup tua, ini terlihat dari data pada *name plate* motor induksi yang tergores dan hampir rusak.



Gambar 1. Name plate motor induksi.

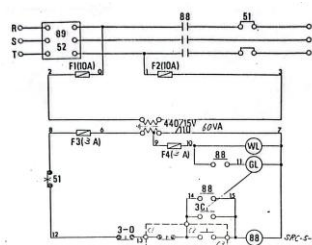
Tabel 1. Data motor induksi pada name plate motor induksi auxiliary sea water cooling pump.

Deskripsi	Tertulis
Perusahaan	Siemens
Daya	5,5 kW
Jumlah Putaran	3600 RPM
Frekuensi	60 Hz
Tegangan	440 VAC
Arus	9,1 A
Cos φ	0,9
Poles	2

Data tambahan diperoleh dari *manual book* MT. Minas/P.35. Manual tersebut mencakup *wiring diagram* panel starter *auxiliary sea water cooling pump*. Diagram ini meliputi detail *starter* (individual dan group), serta *outlet* dan *connection diagram*.



(a)



(b)

Gambar 4. Panel starter auxiliary sea water cooling pump

(a) Tampak luar.

(b) Wiring diagram panel starter.

Tabel 2. Data panel starter auxiliary sea water cooling pump [19].

No	Jenis Alat	Keterangan
----	------------	------------

1	<i>Name Plate:</i>	
	<i>Circular Number</i>	P-ACP-M
	Fungsi	<i>Auxiliary Sea Water Cool Pump</i>
2	<i>Miniature circuit Board :</i>	
	Tipe	NF1000-S
	Rating	15 A
3	Motor Listrik :	
	Daya	5,5 kW
	Arus	9,5 A
	Tegangan	440 V
	Frekuensi	60 Hz
	<i>POLE</i>	2
	<i>Start Methode</i>	<i>Line Start</i>
	Jumlah Putaran	3600 RPM

Efficiency Induction Motor

Kemampuan atau keefektifan sebuah motor induksi dalam mengubah energi listrik menjadi mekanik disebut dengan efisiensi motor induksi. Nilai ini diukur melalui perbandingan daya output terhadap daya input yang dibutuhkan oleh motor induksi dan dapat dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$Load = \frac{I_{ukur} \times V_{ukur}}{I_{nameplate} \times V_{nameplate}} \quad (5)$$

$$Load = \frac{I \times V}{I_r \times V_r} \quad (6)$$

Setelah nilai *load* dan daya aktif diketahui, maka efisiensi motor dapat dihitung dengan persamaan berikut [20]:

$$\eta_m = \frac{0,7457 \times HP \times Load}{P_i} \times 100\% \quad (7)$$

$$\eta_m = \frac{Pr (kW) \times Load}{P_i} \times 100\% \quad (8)$$

$$\eta_m = \frac{P_{nameplate} \times Load}{P_{ukur}} \times 100\% \quad (9)$$

International Electrotechnical Commission dalam IEC 60034-30-1 membahas tentang mesin listrik berputar dan kelas efisiensi motor induksi AC yang dioperasikan [21]. Di dalam IEC 60034-30-1 telah diklasifikasikan efisiensi motor induksi dan diperlihatkan pada Tabel 3. Menurut IEC 60034-30-1 minimum efisiensi energi motor induksi 3 fasa 60 Hz dengan daya 5,5 kW terdapat pada Tabel 4.

Tabel 3. Klasifikasi efisiensi.

Tipe kelas efisiensi	Nomor kelas
Standar	IE1
Tinggi	IE2
Premium	IE3
Super premium	IE4

Tabel 4. Batas nominal efisiensi (%) untuk motor induksi 3 fasa 5,5 kW pada 60Hz.

Nomor Kelas	Jumlah kutub/ kecepatan sinkron motor (rpm)			
	2/3600	4/1800	6/1200	8/900
IE1	86,0	87,0	85,0	84,0
IE2	88,5	89,5	89,5	85,5
IE3	89,5	91,7	91,0	86,5
IE4	90,2	92,4	91,7	88,5

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data penelitian yang didapat di kapal MT. Minas/ P.35 dilakukan selama sembilan hari setelah motor induksi selesai diperbaiki. Dilakukan pengujian dengan dan tanpa beban. Ketika diuji tanpa beban hasilnya baik, kemudian dilakukan pengujian dengan beban (menggerakkan pompa) dan di waktu tersebutlah dilakukan pendataan, pengukuran, dan perhitungan. Dalam pelaksanaannya yang perlu dilakukan dijelaskan dalam subbagian selanjutnya.

Pengujian Motor Induksi

Dengan melakukan pengujian motor induksi maka akan didapatkan data pengukuran berupa nilai tegangan, dan arus listrik yang nantinya dapat memberikan data untuk perhitungan daya ukur (aktif) dan efisiensi (%) dari motor induksi. Pengujian dan pengambilan data dilakukan di *engine control room*, tepatnya pada *panel starter auxiliary sea water cooling pump* dan dimulai pada tanggal 25 Februari 2023 hingga 05 Maret 2023 dengan menggunakan avometer dan Tang Meter. Tabel 5 menunjukkan data hasil pengukuran dari hasil pengujian motor.

Tabel 5. Data pengukuran dan pengujian motor induksi.

Tanggal	Tegangan (V)				Arus (V)				Cos φ
	R-S	R-T	S-T	Rata-rata	R	S	T	Rata-rata	
25/02/23	441	441	440	440,6	5,2	5,3	5,2	5,23	0,9
26/02/23	440	440	440	440	5,2	5,4	5,6	5,4	0,9
27/02/23	439	440	440	439,6	5,2	5,2	5,3	5,23	0,9
28/02/23	440	441	441	440,3	5,2	5,3	5,5	5,33	0,9
01/03/23	440	440	440	440	5,4	5,2	5,6	5,4	0,9
02/03/23	441	442	440	441	5,2	5,5	5,3	5,33	0,9
03/03/23	441	440	440	440,3	5,2	5,3	5,5	5,33	0,9
04/03/23	440	440	440	440	5,2	5,2	5,3	5,23	0,9
05/03/23	440	440	440	440	5,5	5,3	5,2	5,33	0,9

Berdasarkan Tabel 5, rata-rata tegangan tertinggi adalah 441 Volt AC yang tercatat pada 2 Februari 2023. Rata-rata arus tertinggi mencapai 5,4 ampere pada 26 Februari 2023 dan 1 Maret 2023. Setelah pengukuran, dilakukan perhitungan daya aktif dan efisiensi (η_m) motor induksi untuk analisis lebih lanjut.

Perhitungan Efisiensi Motor Induksi

Setelah mendapatkan data pengujian motor seperti pada Tabel 5, digunakan metode *voltage compensated ampere ratio* untuk mendapatkan nilai efisiensi dari motor induksi selama proses pengujian berlangsung. Cara menghitung nilai efisiensi dari motor induksi adalah dengan menggunakan persamaan 2, 6 dan 8. Hasil perhitungan efisiensi motor induksi dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil perhitungan efisiensi motor induksi

Tanggal	Load	Arus (I)		Tegangan (V)		Daya (Watt)		$\eta_m(\%)$
		I_r	I Rata-rata ukur	V_r	V Rata-rata ukur	P_r	P_i	
25/02/23	0,57	9,1	5,23	440	440,6	5500	3587,85	87,37
26/02/23	0,59	9,1	5,4	440	440	5500	3699,43	87,71
27/02/23	0,57	9,1	5,23	440	439,6	5500	3579,71	87,57
28/02/23	0,58	9,1	5,33	440	440,3	5500	3653,96	87,30
01/03/23	0,59	9,1	5,4	440	440	5500	3699,43	87,71
02/03/23	0,58	9,1	5,33	440	441	5500	3659,77	87,16
03/03/23	0,58	9,1	5,33	440	440	5500	3653,96	87,30
04/03/23	0,57	9,1	5,23	440	440	5500	3582,96	87,49
05/03/23	0,58	9,1	5,33	440	440	5500	3651,47	87,36
Rata-rata	0,578	9,1	5,31	440	440,16	5500	3640,94	87,44

Berdasarkan Tabel 6, efisiensi motor induksi tiga fasa terendah tercatat sebesar 87,16% pada 2 Maret 2023, sedangkan efisiensi tertinggi sebesar 87,71% pada 26 Februari 2023 dan 1 Maret 2023. Dari Tabel 5 dan 6, diketahui rata-rata tegangan pengukuran adalah 440,16 V, arus 5,31 A, *load* 0,578, daya nominal 5500 W, daya terukur 3640,94 W, dan efisiensi 87,44%. Dengan rata-rata efisiensi sebesar 87,44% dan mengacu pada IEC 60034-30-1, motor induksi ini tergolong dalam kelas IE1 (efisiensi standar) hingga IE2 (efisiensi tinggi). Berdasarkan nilai tersebut, motor induksi dinyatakan layak dioperasikan dan berfungsi dengan normal.

KESIMPULAN

Analisis efisiensi motor induksi pada *auxiliary sea water cooling pump* yang didapat dari perhitungan melalui perlakuan berupa pengumpulan data dan pengukuran motor induksi pada *panel starter* menghasilkan bahwa nilai rata-rata efisiensi motor induksi sebesar 87,44% dan tergolong ke dalam kelas IE1 dan IE2 sesuai dengan IEC 60034-30-1. Nilai tersebut menunjukkan bahwa motor induksi layak digunakan dan mampu beroperasi dengan normal. *Engineer* selalu memastikan *auxiliary sea water cooling pump* dalam kondisi baik, sehingga

dengan adanya perhitungan dan analisis ini dapat dipercaya bahwa *auxiliary sea water cooling pump* secara optimal menyuplai air laut dan menjaga performa *diesel generator (D/G)* dan *A.C accomodation* agar tetap memenuhi standar operasional. Di sisi lain, di dunia maritim dengan adanya penerapan analisis efisiensi ini maka akan sangat membantu *Engineer* dan *Electrician* di atas kapal untuk memastikan bahwa motor induksi layak dan berfungsi dengan baik saat beroperasi, baik sebelum maupun setelah dilakukan perbaikan (*overhaul*).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mulyani, D., & Hartono, D. (2018). Pengaruh efisiensi energi listrik pada sektor industri dan komersial terhadap permintaan listrik di Indonesia. *Jurnal Ekonomi Kuantitatif Terapan*, vol. 11, no. 1, pp. 1–17.
- [2] Sunardi, Su'udy, A. H., Cundoko, A., & Istiantara, D. T. (2021). Optimalisasi pemanfaatan SHM (Solar Home System) sebagai pembangkit energi listrik ramah lingkungan. *Eksergi*, vol. 17, no. 2, pp. 76-85.
- [3] Sartika, Y., & Amar, S. (2020). Pengaruh perekonomian dan jumlah penduduk terhadap permintaan bahan bakar minyak di Indonesia. *JKEP: Jurnal Kajian Ekonomi dan Pembangunan*, vol. 2, no. 4, pp. 7–16.
- [4] Lasabuda, R. (2013). Pembangunan wilayah pesisir dan lautan dalam perspektif Negara Kepulauan Republik Indonesia. *Jurnal Ilmiah Platax*, vol. I, no. 2, pp. 92–101.
- [5] Pujiyanto, F., & Darmana, E. (2022). Analisis perubahan temperatur induksi motor tiga phase berbasis Fuzzy Inference System (FIS). *Jurnal Saintek Maritim*, vol. 23, no. 1, pp. 15–30.
- [6] Da Silva, A. (2006). *Induction Motor Fault Diagnostic And Monitoring Methods*. Tesis pada Marquette University, Milwaukee, Wisconsin, United States.
- [7] Winarso, & Hardani, D. N. K. (2018). Analisis torsi dan efisiensi pada motor induksi tiga fasa rotor sangkar. *Jurnal Techno*, vol. 19, no. 2, pp. 79-86.
- [8] Sarjono, Gianto, R., & Hiendro, A. (2020). Evaluasi kinerja motor induksi 3 fasa 100 Hp/75 Kw pada Panel Star – Delta Di PDAM Tirta Raya Adi Sucipto Kubu Raya. *Jurnal Ilmiah UNTAN*, vol. 2, no. 1, pp. 1-8.
- [9] Alam, M. M. (2022). *Analisis Efisiensi Motor Induksi Tiga Fasa Pada Kipas Sentrifugal di PT. Kimia Farma Tbk. Plant Semarang*. Skripsi pada Universitas Semarang, Semarang.
- [10] Situmeang, J. M., & Hamid, M. A. (2023). Analisis perbandingan faktor daya pada motor kompresor type electromotor 15 KW. *Emitor: J. Tek. Elektro*, vol. 23, no. 2, pp. 106–112.
- [11] Sugiyono. (2018), *Metode Penelitian Manajemen (Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, Kombinasi (Mixed Methods), Penelitian Tindakan (Action Research, dan Penelitian Evaluasi)*. Bandung: Penerbit Alfabeta.
- [12] Wilutomo, R. M. M., & Yuwono, T. (2017). Rancang bangun memonitor arus dan tegangan serta kecepatan motor induksi 3 fasa menggunakan web berbasis Arduino Due. *Gema Teknologi*, vol. 19, no. 3, pp. 19-24.
- [13] Viantama, I., & Suyitno, B. M. (2021). Analisis perbandingan sistem kinerja motor penggerak pada mobil listrik kapasitas 75 kWh. *Jurnal Asimetrik: Jurnal Ilmiah Rekayasa dan Inovasi*, vol. 3, no. 2, pp. 157–164.

- [14] PT. PAL Indonesia dan Mitsui Engineering & Shipbuilding. (1985), *Instruction Manual Aux. Cool. S.W. Pump, Manual Book Tanker 3500 DWT PC*, List. No. MG-3, No. Kerja 049.
- [15] Melipurbowo, B. G. (2016). Pengukuran daya listrik real time dengan menggunakan sensor arus acs.712. *ORBITH*, vol. 12, no. 1, pp. 17–23.
- [16] Rofii, A., & Ferdinand, R. (2014). Analisa penggunaan kapasitor bank dalam upaya perbaikan faktor daya. *Jurnal Kajian Tek. elektro*, vol. 3, no. 1, pp. 39-51.
- [17] Apribowo, C. H. B., Adhiguna, M. H., Adriyanto, F., & Maghfiroh, H. (2020). Performance analysis of three phase induction motor based on atv12hu15m2 inverter for control system practicum module. *JEEICT*, vol. 2, no. 1, pp. 9–13.
- [18] Medina, J. M. G., Ramos, J. d. l. T. y., Monteagudo, F. E. L., Rodríguez, L. d. C. R., Esparza, D., Rivas, J. M., Arredondo, L. R., Moyano, A. A. R. (2022). Power factor prediction in three phase electrical power systems using machine learning. *Sustainability*, vol. 14, no. 15, pp. 1-14.
- [19] PT. PAL Indonesia dan Mitsui Engineering & Shipbuilding. (1985). *Starter (Individual & Group) (Outline & Connection Diagram, Manual Book Tanker 3500 DWT PC*. List No. EP-11, No. Kerja 048.
- [20] U. S. D. of Energy. (1997). *Determining Electric Motor Load Ranges*. Washington: EERE Publication and Product Library.
- [21] IEC (International Electrotechnical Commission). (2014). *IEC 60034-31: Rotating Electrical Machines - Part 30-1: Efficiency Classes of Line Operated AC Motors (IE code), Edition 1.0*. Geneva: International Electrotechnical Commission.