

Analisa Pengaruh Desain Motor Induksi “6 Fasa 2 Lapis Tak Simetris” Terhadap Torsi Dan Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan Metode Elemen Hingga

Zuriman Anthony¹, Jourdan Imran Simanjuntak^{2*}, Sepannur Bandri³, Arfita Yuana Dewi⁴, Anggun Anugrah⁵

antoslah@gmail.com¹, imranjourdan@gmail.com², sepannurbandria@yahoo.com³, arfitarachman.itp@gmail.com⁴, anggunanugrah@gmail.com⁵

¹⁻² Magister Teknik Informatika, Universitas Putra Indonesia “YPTK” Padang
Jl. Jl. Raya Lubuk Begalung Padang, Sumatra Barat

ARTICLE INFO

Article history:

Received : 24 June 2024

Received in revised : 18 November 2024

Accepted : 2 Desember 2024

Available online : 12 Desember 2024

ABSTRACT

Induction motors are components that convert electrical energy into mechanical energy and are very much in demand among industries, with low prices, sturdy construction and easy maintenance making these induction motors used for heavy industrial applications. However, the 3-phase induction motor at this time chooses a low torque and speed so that it affects the efficiency of the induction motor performance, which will decrease. This study examines the effect of unsymmetrical 2-layer 6-phase induction motor design on the torque and speed of 3-phase induction motors using the finite element method. This research was conducted using Ansys software, which aims to see the magnetic flux density and the effect of 6-phase induction motor design on the torque and speed of a 3-phase induction motor using the finite element method. The induction motor that is the reference for this research has specifications of a 3-phase induction motor: 0.75 KW, 1 HP, 220/380 V, 3.5/2 A, 50 Hz, 1390 rpm. From the results of this study, the simulation results of the shape of the flux density ... which is designed with the parameters of a 3-phase induction motor with an unsymmetrical 6-phase 2-layer induction motor coil design.

Keywords: 6-phase induction motor, torque and speed, finite element, Ansys, magnetic flux

1. Pendahuluan

Motor induksi tiga fasa merupakan komponen yang sangat banyak diminati dikalangan industri[1], dengan harga yang murah, konstruksi yang kokoh dan perawatan mudah membuat motor induksi ini digunakan untuk aplikasi industri berat. Motor induksi bekerja mengandalkan prinsip induksi elektromagnetik. Motor induksi terdiri dari dua bagian utama, yaitu stator dan rotor[2]. Motor induksi tiga fasa banyak digunakan untuk berbagai aplikasi di industri untuk menggerakkan crane kerekan, lift, pabrik penggulung, kipas pendingin, operasi tekstil, dan sebagainya [3]. Motor induksi 3 fasa sekarang masih memiliki torsi dan kecepatan yang bisa dikatakan rendah, dimana sering terjadinya peningkatan panas yang tinggi serta juga mempengaruhi tingkat efisiensi yang akan semakin menurun. Yang mana hal ini dapat membuat kinerja motor menjadi berkurang[3]. Motor induksi tiga fasa yang digunakan dalam industri terkhususnya dengan menggunakan motor induksi tiga fasa dengan konsumsi daya yang tinggi. Motor induksi tiga fasa ini memiliki tiga belitan yang identik dengan berjarak 120° tiap fasanya[4], [5]. Beberapa penelitian untuk mencegah penurunan torsi dan kecepatan motor induksi yaitu dengan cara menambah fasa pada kumparan motor atau dengan sistem multifasa dimana hasil yang didapatkannya memiliki keandalan yang lebih baik daripada motor induksi 3 fasa biasa secara umumnya. Penambahan fasa ini meningkatkan torsi dan kecepatan yang stabil dan lebih baik [9]. Dengan menggunakan program Ansys dapat dilihat bentuk grafik yang terjadi pada motor dengan metode elemen hingga sehingga lebih

Received June 21, 2024; Revised November 20, 2024; Accepted Desember 2, 2024

* Zuriman Anthony; antoslah@gmail.com

aplikatif. Oleh karena itu, penelitian dengan program Ansys ini sangat mempermudah analisa, pemahaman, dan desain dengan biaya yang sedikit untuk melihat pengaruh desain 6 fasa terhadap torsi dan kecepatan motor induksi 3 fasa [14], [17], [19]. Sehingga luaran yang diharapkan dalam penelitian ini yaitu melihat bentuk karakteristik dan mendapatkan perbedaan pengaruh desain baru dengan desain lama terhadap torsi dan kecepatan pada motor induksi 6 fasa dari standar torsi dan kecepatan pada motor induksi 3 fasa pada umumnya. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh desain 6 fasa tak simetris terhadap torsi dan kecepatan motor 3 fasa dengan menggunakan program Ansys.

2. Metode penelitian

Penelitian ini menggunakan metode elemen hingga yang didukung dengan menggunakan software Ansys. Ansys Maxwell adalah software simulasi yang dapat digunakan untuk berbagai aplikasi, termasuk simulasi motor listrik, Ansys menyediakan berbagai modul dan alat untuk simulasi motor listrik, termasuk modul untuk simulasi medan magnet, elektromagnetik, dan mekanika.

2.1. Tahapan Penelitian

Metode penelitian motor induksi 6-fasa dengan software Ansys dapat dilakukan dengan langkah-langkah berikut:

1. Memodelkan geometri motor, geometri motor dapat dimodelkan secara manual atau menggunakan Ansys software.
2. Memodelkan medan magnet motor. Medan magnet motor dapat dimodelkan menggunakan modul Maxwell dalam Ansys.
3. Memodelkan elektromagnetik motor. Elektromagnetik motor dapat dimodelkan menggunakan modul Maxwell dalam Ansys.
4. Memodelkan mekanika motor. Mekanika motor dapat dimodelkan menggunakan modul maxwell 2D dalam Ansys.
5. Proses simulasi.

Setelah semua model terdefinisi, proses simulasi dapat dilakukan. Proses simulasi akan menghasilkan hasil simulasi yang dapat digunakan untuk menganalisis kinerja motor. Hasil simulasi akan menampilkan bentuk grafik sesuai dengan perintah grafik apa yang akan ditampilkan contohnya: tegangan, arus, daya masukan, daya keluaran, dan torsi.



Gambar 1. Flow Chart Gambar

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Pengujian Metode Elemen Hingga

Simulasi dilakukan menggunakan perangkat lunak FEM yaitu Ansys untuk memodelkan dan menganalisis performa motor induksi 6 fasa 2 lapis tak simetris. Hasil simulasi mencakup distribusi medan magnet, arus, torsi, dan kecepatan motor dalam berbagai kondisi operasi.

3.1.1 Data Rugi Rugi Daya, Daya Keluaran, Daya Rotasi, dan Daya Masukan

Desain motor induksi 3 fasa 1 lapis telah dilakukan pengujian dalam simulasi dengan mengubah daya yang dihasilkan motor induksi tersebut.

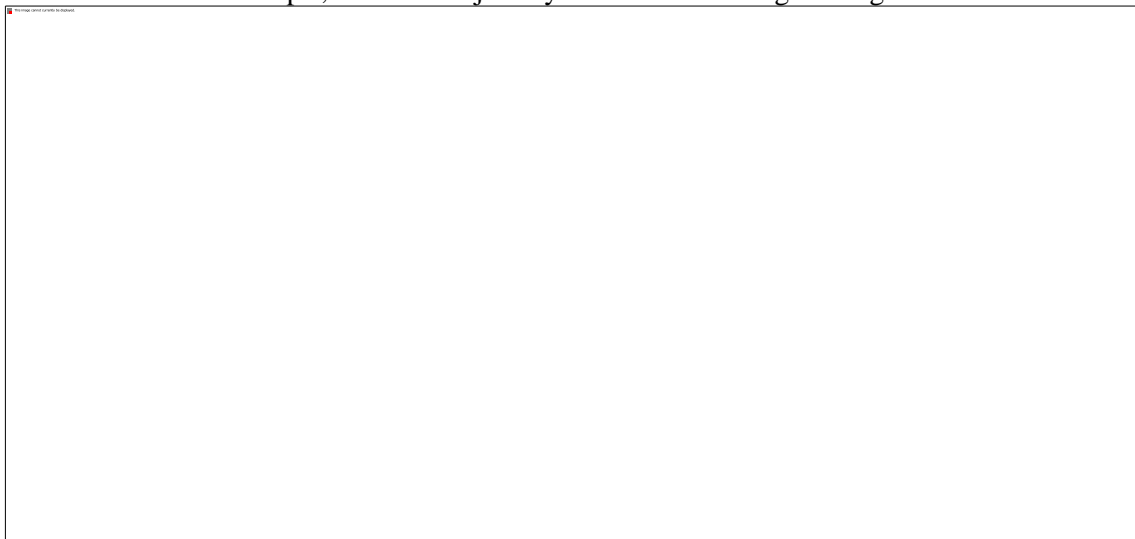
Nama	P _{cu} (Watt)	P _{out} (Watt)	P _{rot} (Watt)	P _{in} (Watt)
1 Lapis 559,73 W	87,40	559,73	40,55	727,93
1 Lapis 615,40 W	95,10	615,39	40,04	798,02
1 Lapis 670,69 W	104,14	670,69	39,53	870,25
1 Lapis 727,60 W	114,67	727,59	38,92	946,51
1 Lapis 784,01 W	126,94	784,00	38,36	1025,68

Gambar 2 Tabel Data Rugi Rugi Daya, Daya Keluaran, Daya Rotasi, dan Daya Masukan pada Motor Induksi 3 Fasa 1 Lapis

Nama	P _{cu} (Watt)	P _{out} (Watt)	P _{rot} (Watt)	P _{in} (Watt)
2 Lapis 550,18 W	99,59	550,10	40,95	727,46
2 Lapis 604,19 W	106,14	604,92	40,49	794,47
2 Lapis 661,32 W	114,07	661,31	40,04	865,46
2 Lapis 715,63 W	123,42	715,63	39,53	936,81
2 Lapis 771,70 W	134,11	771,69	39,97	1012,12

Gambar 3 Tabel Data Rugi Rugi Daya, Daya Keluaran, Daya Rotasi, dan Daya Masukan pada Motor Induksi 3 Fasa 2 Lapis

Desain motor induksi 3 fasa telah dilakukan pengujian dalam simulasi dengan mengubah daya yang dihasilkan motor induksi tersebut, ada beberapa perbedaan yang cukup mempengaruhi daya keluaran motor induksi 3 fasa 2 lapis dan motor induksi 3 fasa 1 lapis tersebut. Perbedaan diantara keduanya yaitu motor induksi 3 fasa 1 lapis lebih tinggi 1% lebih daya keluarannya dibanding motor induksi 3 fasa 2 lapis, untuk lebih jelasnya bisa kita lihat di gambar grafik dibawah ini.



Gambar 4 Grafik Daya Keluaran Hasil Percobaan

Analisa Untuk membuktikan efisiensi motor induksi 3 fasa pada hasil keluaran yang didapatkan pada Software Ansys Maxwell dapat dihitung sebagai berikut :

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

Dimana η = Efisiensi motor (%)

P_{in} = Daya Masuk

$P_{out} = \text{Daya Keluaran}$
 $P_{in} = P_r + P_s + P_t$
 $P_{out} = P_{in} - (P_{SCL} + [P]_{RCL} + P_{CORE} + P_{ROT})$
 Keterangan :
 P_{in} = daya masuk
 P_{out} = daya keluaran
 P_{SCL} = rugi-rugi kumparan stator
 $[P]_{RCL}$ = rugi-rugi kumparan rotor
 P_{CORE} = rugi-rugi inti
 P_{ROT} = rugi-rugi rotasi
 Analisa Perhitungan Efisiensi Motor Induksi 3 Fasa Pengujian
 $P_{in} = P_r + P_s + P_t$
 $P_{in} = 243,3 + 240,87 + 243,3$
 $P_{in} = 727,47$
 $P_{out} = 727,47 - (87,409 + 30,5477 + 9,7469 + 40,5566)$
 $P_{out} = 561,4877$
 $\eta = P_{out}/P_{in} \times 100\%$
 $\eta = 559,4877/727,47 \times 100\%$
 $\eta = 76,9\%$

Analisa Untuk membuktikan efisiensi motor induksi 3 fasa desain 6 fasa tak simetris 2 lapis pada hasil keluaran yang didapatkan pada Software Ansys Maxwell dapat dihitung sebagai berikut :

$\eta = P_{out}/P_{in} \times 100\%$
 Dimana η = Efisiensi motor (%)
 P_{in} = Daya Masuk
 P_{out} = Daya Keluaran
 $P_{in} = P_r + P_s + P_t$
 $P_{out} = P_{in} - (P_{SCL} + [P]_{RCL} + P_{CORE} + P_{ROT})$
 Keterangan :
 P_{in} = daya masuk
 P_{out} = daya keluaran
 P_{SCL} = rugi-rugi kumparan stator
 $[P]_{RCL}$ = rugi-rugi kumparan rotor
 P_{CORE} = rugi-rugi inti
 P_{ROT} = rugi-rugi rotasi
 Analisa Perhitungan Efisiensi Motor Induksi 3 Fasa Desain 6 Fasa Tak Simetris 2 Lapis
 Pengujian Pertama
 $P_{in} = P_r + P_s + P_t$
 $P_{in} = 242,34 + 243,68 + 243,46$
 $P_{in} = 729,48$
 $P_{out} = 729,48 - (99,5958 + 26,6626 + 10,3455 + 40,956)$
 $P_{out} = 551,9201$
 $\eta = P_{out}/P_{in} \times 100\%$
 $\eta = 551,9201/729,48 \times 100\%$
 $\eta = 75,66\%$

3.1.2 Pemilihan Material Inti dan Penutup

Pemilihan material inti dan penutup motor sangat penting dalam menentukan kinerja motor. Material inti yang digunakan pada motor induksi 6 fasa adalah M53065A dengan permeabilitas

tinggi, yang mampu mengurangi rugi-rugi inti. Penutup motor menggunakan bahan aluminium yang ringan dan tahan korosi, sehingga meningkatkan efisiensi dan umur pakai motor.

4. Kesimpulan

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dampak desain motor induksi 6 fasa 2 lapis tak simetris terhadap torsi dan kecepatan motor induksi 3 fasa menggunakan Metode Elemen Hingga (FEM). Berdasarkan hasil simulasi dan analisis yang telah dilakukan dalam keadaan uji tanpa beban, beberapa kesimpulan utama dapat diambil:

- a. Peningkatan Torsi: Desain motor induksi 6 fasa 2 lapis tak simetris menunjukkan peningkatan torsi yang signifikan dibandingkan dengan motor induksi 3 fasa sebesar 5,28-Nm. Hal ini disebabkan oleh distribusi arus yang lebih merata dan pengurangan konsentrasi medan magnet pada titik-titik tertentu.
- b. Kecepatan yang lebih stabil: Motor induksi 6 fasa memiliki kecepatan yang lebih stabil dan respons yang lebih cepat terhadap perubahan beban. Ini menunjukkan bahwa motor 6 fasa lebih efisien dalam mengatasi variasi beban dan mempertahankan kecepatan operasi yang diinginkan.
- c. Pemilihan material yang optimal: Penggunaan material inti baja silikon dengan permeabilitas tinggi dan penutup aluminium yang ringan dan tahan korosi meningkatkan kinerja motor secara keseluruhan. Material ini membantu mengurangi rugi-rugi inti dan meningkatkan umur pakai motor.
- d. Efisiensi energi : Motor induksi 6 fasa menunjukkan efisiensi energi yang lebih rendah dibandingkan dengan motor induksi 3 fasa sebesar 75,66% sedangkan motor induksi 3 fasa menunjukkan hasil sebesar 76,9%.

References

- J. M. Gutierrez-Villalobos, J. Rodriguez-Resendiz, E. A. Rivas-Araiza, and M. A. Martínez-Hernández, 'Sensorless FOC performance improved with on-line speed and rotor resistance estimator based on an artificial neural network for an induction motor drive', *Sensors (Switzerland)*, vol. 15, no. 7, pp. 15311–15325, 2015, doi: 10.3390/s150715311.
- E. S. Nasution and A. Hasibuan, 'Pengaturan Kecepatan Motor Induksi 3 Phasa Dengan Merubah Frekuensi Menggunakan Inverter ALTIVAR 12P', vol. 2, no. 1, pp. 25–34, 2018.
- J. SINAGA, H. Prayitno, F. Panjaitan, and S. Napitupulu, 'Kinerja Pengeraman Motor Induksi Tiga Fasa', *Jurnal Teknologi Energi Uda: Jurnal Teknik Elektro*, vol. 10, no. 2, pp. 114–119, 2021, [Online]. Available: <http://jurnal.darmaagung.ac.id/index.php/teknologienergi/article/view/1363%0Ahttps://jurnal.darmaagung.ac.id/index.php/teknologienergi/article/download/1363/1190>
- C. Ai, C. H. T. Lee, J. L. Kirtley, Y. Huang, H. Wang, and Z. Zhang, 'A hybrid methodology for analyzing the performance of induction motors with efficiency improvement by specific commercial measures', *Energies (Basel)*, vol. 12, no. 23, 2019, doi: 10.3390/en12234497.
- Z. Anthony, J. T. Elektro, and S. Barat, 'ANALISIS KINERJA MOTOR M31-ZA UNTUK STANDAR HUBUNGAN DELTA DENGAN MENGGUNAKAN PARAMETER MOTOR INDUKSI 3-FASA', pp. 1–6.
- J. Mei, C. H. T. Lee, and J. L. Kirtley, 'Design of axial flux induction motor with reduced back iron for electric vehicles', *IEEE Trans Veh Technol*, vol. 69, no. 1, pp. 293–301, 2020, doi: 10.1109/TVT.2019.2954084.

- K. R. S. Suda, E. Purwanto, B. Sumantri, H. H. Fakhrudin, A. A. Muntashir, and M. R. Rusli, 'Pengaturan Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa Dengan Menggunakan Pemodelan Sistem (Dtc) Direct Torque Control', *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*, vol. 18, no. 2, pp. 237–248, 2021.
- E. P. Hidayat, U. Mujiono, and H. A. Widodo, 'IMPLEMENTASI SUB UNIT KOMPETENSI MERENCANAKAN , MEMPERSIAPKAN PEKERJAAN DAN MEMBONGKAR MOTOR INDUKSI PADA MATA KULIAH PRAKTIKUM PEMELIHARAAN MESIN LISTRIK Oleh : Dosen Jurusan Teknik Kelistrikan , PPNS - ITS Banyaknya jumlah kelulusan sekolah menengah ata', no. 2, pp. 168–177, 2013.
- D. Y. P. Rambe, Z. Anthony, E. Erhaneli, A. Yuana Dewi, and Z. Zulkarnaeni, 'Analisa Pengaruh Desain 6 Fasa dengan Sistem 1 Lapis dan 3 Medan Fluks pada Motor Induksi 3 Fasa Terhadap Torsi dan Kecepatan Motor', *Ranah Research : Journal of Multidisciplinary Research and Development*, vol. 5, no. 2, pp. 140–149, 2023, doi: 10.38035/rj.v5i2.744.
- M. Fidruzal and Z. Anthony, 'Pengaruh Desain 6 Fasa Terhadap Arus Dan Efisiensi Motor Induksi 3 Fasa dengan Sistem Desain 2 Lapis Simetris', *Seminar Nasional Riset & Inovasi Teknologi*, pp. 83–87, 2022, [Online]. Available: <https://e-proceeding.itp.ac.id/index.php/sinarint/article/view/14>
- I. Dengan, S. Desain, D. U. A. Lapis, and S. Simetris, . 'Ini berarti struktur 6-fasa yang asli bisa jadi dikelompokkan sebagai dua set 3-fasa belitan. Untuk mengembangkan 1. 579 |', pp. 579–583, 2020.
- K. Febrian, Z. Anthony, S. Teknik, F. Teknik, and I. T. Padang, 'Studi Pengaruh Desain 6 Fasa Dengan 3 Medan Fluks Pada Motor Induksi 3 Fasa Terhadap Efisiensi Dan Faktor daya motor Program Studi Teknik Elektro , Fakultas Teknik , Institut Teknologi Padang [11], tetapi dengan menambah fasa melakukan biaya yang sangat', pp. 160–166, 2022.
- G. Echagüe, M. Ayala, and J. Rodas, 'Design, analysis and validation of a six-phase induction machine from a commercial three-phase for academic research', *IEEE Latin America Transactions*, vol. 18, no. 11, pp. 1943–1952, Nov. 2020, doi: 10.1109/TLA.2020.9398636.
- Z. Anthony, 'Equivalent Circuits for the M31D-ZA Motor " s Method (Case Studies : Currents and Power Factor of the motor) Equivalent Circuits for the M31D-ZA Motor " s Method (Case Studies : Currents and Power Factor of the motor)', no. July 2015, 2016, doi: 10.14445/22315381/IJETT-V25P208.
- V. Patel, 'Analysis of Different Speed Control Techniques for A Six-Phase Asymmetrical Induction Motor Drive', *5th International Conference on Science Technology Engineering and Mathematics, ICONSTEM 2019*, vol. 1, pp. 325–331, 2019, doi: 10.1109/ICONSTEM.2019.8918853.
- F. S. Ahmed, Z. S. Hussain, and T. K. M. Salih, 'Enhancing performance for three-phase induction motor by changing the magnetic flux density and core material using COMSOL', *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, vol. 12, no. 1, pp. 62–72, 2022, doi: 10.11591/ijece.v12i1.pp62-72.
- I. T. Padang, Z. Anthony, E. Erhaneli, Y. Warmi, Z. Zulkarnaini, and S. Bandri, 'Studi Analisis Pengaruh Desain Kumparan 5 / 6 Fasa Terhadap Kinerja Motor Induksi 3-fasa', *Jurnal Teknik ...*, vol. 11, no. 1, 2022, [Online]. Available: <https://jte.itp.ac.id/index.php/jte/article/view/699%0Ahttps://jte.itp.ac.id/index.php/jte/article/download/699/873>
- N. Evalina and A. A. H, 'Pengaturan Kecepatan Putaran Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan Programmable logic controller', vol. 3, no. 2, 2018.
- J. Güdelhöfer, R. Gottkehaskamp, and A. Hartmann, 'Numerical Calculation of the Dynamic Behavior of Asynchronous Motors with COMSOL Multiphysics', *Proceedings of the COMSOL Conference 2012*, p. 2012, 2012.
- B. Djaidir, B. Nail, and A. Rouibah, 'Fault Detection and Diagnosis of Squirrel Cage Asynchronous Motor Using a New Comsol Multiphysics Software 6.0', *Diagnostyka*, vol. 25, no. 1, 2024, doi: 10.29354/diag/176292.

- S. Kocman, P. Pecinka, and T. Hruby, 'Induction motor modeling using COMSOL multiphysics', *Proceedings - 2016 17th International Scientific Conference on Electric Power Engineering, EPE 2016*, no. May, 2016, doi: 10.1109/EPE.2016.7521727.
- D. Istardi and A. Triwinarko, 'Induction heating process design using comsol® multiphysics software', *Telkonnika*, vol. 9, no. 2, pp. 327–334, 2011, doi: 10.12928/telkonnika.v9i2.704.
- V. Wilow, 'Electromagnetical model of an induction motor in COMSOL Multiphysics', pp. 1–41, 2014.
- F. Zidat, J. P. Lecointe, F. Morganti, J. F. Brudny, T. Jacq, and F. Streiff, 'Non invasive sensors for monitoring the efficiency of AC electrical rotating machines', *Sensors*, vol. 10, no. 8, pp. 7874–7895, 2010, doi: 10.3390/s100807874.
- H. Haryanto and R. Munarto, 'Analisis Karakteristik Motor Induksi Tiga Fasa XYZ Standar NEMA', *Setrum : Sistem Kendali-Tenaga-elektronika-telekomunikasi-komputer*, vol. 3, no. 1, p. 35, 2016, doi: 10.36055/setrum.v3i1.496.
- A. I. S. Juhaniya, A. A. Ibrahim, M. A. A. Mohd Zainuri, M. A. Zulkifley, and M. A. Remli, 'Optimal Stator and Rotor Slots Design of Induction Motors for Electric Vehicles Using Opposition-Based Jellyfish Search Optimization', *Machines*, vol. 10, no. 12, Dec. 2022, doi: 10.3390/machines10121217.
- P. Dan and P. Elektromotor, 'PERAWATAN DAN PERBAIKAN ELEKTROMOTOR 3 PHASE CARA GULUNG ULANG (REWINDING) ELEKTROMOTOR 3 PHASE'.
- 'Lesson 12a: Three Phase Induction Motors ET 332b Ac Motors, Generators and Power Systems'. 'Jurnal+Surianto+Kohesi'.
- V. Sandeep and K. Chaurasia, 'Winding Analysis of Six Phase Induction Motor Dual Degree Project & Internship in Caterpillar', 2016.
- S. E. Iduh and S. E. Omugbe, 'The design and practical implementation of a six-phase induction motor', *Journal of Advances in Science and Engineering*, vol. 3, no. 1, pp. 1–77, Aug. 2020, doi: 10.37121/jase.v3i1.95.
- Sandeep Kumar Chaurasia EE11B118, 'Winding Analysis of Six Phase Induction Motor', 2016.
- Z. Anthony, *Buku Ajar Mesin Listrik Dasar*, 2nd ed. Padang, 2021.
- M. Aishwarya and R. M. Brisilla, 'Design of Energy-Efficient Induction motor using ANSYS software', *Results in Engineering*, vol. 16, Dec. 2022, doi: 10.1016/j.rineng.2022.100616.
- N. MULYONO, D. SEPTIYANTO, and S. SUYANTO, 'Pemodelan Arus Stator Motor Induksi Tiga Fasa dengan Metode Gear', *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, vol. 8, no. 3, p. 657, Aug. 2020, doi: 10.26760/elkomika.v8i3.657.
- O. Ujang Faturohman, 'SIMULASI MAGNETOSTATIK PADA MOTOR INDUKSI TIGA FASA MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA', 2015.
- A. Iqbal, G. K. Singh, and V. Pant, 'Steady-state modeling and analysis of six-phase synchronous motor', *Systems Science and Control Engineering*, vol. 2, no. 1, pp. 236–249, 2014, doi: 10.1080/21642583.2014.895970.
- P. Studi *et al.*, 'Analisis Efisiensi Motor Induksi Tiga Fasa Sebagai Penggerak Vacuum Di PT . Pindo Deli Perawang', vol. 4, no. 2, pp. 73–80, 2022, doi: 10.31849/sainetin.v6i2.9734.