

# Analisa Perubahan Frekuensi Motor Induksi Tiga Fasa Metode V/F dengan Pengaturan Variable Speed Drive

Gatot Suki\*<sup>1</sup>, Heru A<sup>2</sup>, Irmayani<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik UTAMA, Jakarta  
Jl. Letjend TB Simatupang No.152, Jakarta Selatan, Indonesia 12530

<sup>3</sup>Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik ISTN, Jakarta  
Jl. Moh. Kahfi II, Jagakarsa, Jakarta Selatan, Indonesia 12640

e-mail: \*[gatotsuki92@gmail.com](mailto:gatotsuki92@gmail.com), [heruab@gmail.com](mailto:heruab@gmail.com) [ir.irmayani@istn.ac.id](mailto:ir.irmayani@istn.ac.id),

## Abstrak

Motor induksi adalah perangkat elektromagnetik yang digunakan secara luas dalam industri namun disebabkan beberapa kelebihan yang dimiliki, dalam aplikasi tertentu, seperti pada konveyor, pompa, dan mesin pengolah, Motor induksi tiga fasa jika menggunakan sistem direct on-line umumnya arus start yang dibutuhkan besar sehingga diperlukan pengaturan kecepatan motor dengan metode V/F menggunakan pengaturan *Variable Speed Drive* (VSD) yang dapat menambah fleksibilitas dalam pengaturan kecepatan motor, sehingga meningkatkan efisiensi energi dalam operasi. Adanya pengaruh kualitas daya listrik terhadap kinerja motor induksi tiga fasa secara signifikan. Pada umumnya sumber daya listrik yang dipakai untuk motor induksi tiga fasa menggunakan sumber tenaga dari PLN yang notabene nilainya tegangan dan frekwensi konstan/tetap yaitu sumber 3 fasa, 380 Vac, 50 Hz, sehingga untuk pengaturan beban, kecepatan, torsi motor tidak dapat dilakukan secara langsung. Torsi motor berkurang pada kecepatan tinggi, sementara tetap stabil pada kecepatan rendah. Pengaturan frekuensi sampai tahap frekuensi jala-jala PLN sebesar 50 Hz menghasilkan tegangan maksimum dan arus minimum yang stabil. Arus dibutuhkan sangat kecil cenderung stabil, sehingga memungkinkan motor bekerja dengan efisiensi yang maksimum, sehingga mengurangi konsumsi daya dan meningkatkan kinerja secara keseluruhan yang sangat signifikan.

**Kata kunci:** Antena Mikrostrip; IoT, Bentuk L, Frekuensi Ganda

## Abstract

*Induction motors are widely used electromagnetic devices in the industry. However, due to several advantages they possess, in certain applications such as conveyors, pumps, and processing machines, three-Fasa induction motors generally require a large starting current when using a direct-on-line (DOL) system. Therefore, it is necessary to regulate the motor speed using the v/f method through Variable Speed Drive (VSD) systems, which can add flexibility to motor speed control, thereby improving energy efficiency during operation. There is a significant influence of the quality of electrical power on the performance of three-phase induction motors. Generally, the power supply used for three-Fasa induction motors comes from PLN, which, in essence, has a constant voltage and frequency, specifically a three-Fasa source of 380 Vac and 50 Hz. Consequently, load regulation, speed, and motor torque cannot be performed directly. The motor torque decreases at higher speeds while remaining stable at lower speeds. Frequency adjustment up to the PLN grid frequency of 50 Hz results in constant maximum voltage and minimum in stable current. The current required is very small and tends to be stable, allowing the motor to operate at maximum efficiency, thereby reducing power consumption and significantly increasing overall performance.*

**Keywords:** Microstrip Antenna, IoT, L shape, Dual Frequencies,

## 1. Pendahuluan

Motor induksi adalah perangkat elektromagnetik yang digunakan secara luas dalam industri untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Motor induksi dikenal karena keandalannya, biaya pemeliharaan yang rendah, serta kemudahan dalam pengoperasian. Namun, dalam aplikasi tertentu, seperti pada konveyor, pompa, dan mesin pengolah, sering kali dibutuhkan pengaturan kecepatan untuk meningkatkan efisiensi dan performa (Nurshofa, 2024).

Pengaturan kecepatan motor induksi dapat dilakukan melalui berbagai metode, dimana salah satu diantaranya pengaturan frekuensi Motor Induksi Metode V/F dengan pengaturan variable speed drive dapat menambah fleksibilitas dalam pengaturan kecepatan motor, sehingga meningkatkan efisiensi energi dalam operasi. Digunakan Variable Frequency Drive (VFD) berbasis Arduino Mega 2560 sebagai pengendali motor induksi 3 Fase, (Irawan et al. 2023).

Pada umumnya sumber daya listrik yang dipakai untuk motor induksi tiga Fasa menggunakan sumber tenaga dari PLN yang notabene nilainya tegangan dan frekwensi konstan/tetap yaitu sumber 3 fasa, 380 Vac, 50 Hz, sehingga untuk pengaturan beban, kecepatan, torsi motor tidak dapat dilakukan secara langsung (Darmawansyah et al, 2020).

Addiwanita & Putra (2023), melakukan penelitian tentang perancangan rangkaian forward-reverse pada motor 3 fasa. Ali et al (2008), meneliti tentang pengaturan kecepatan motor induksi tiga fasa dengan teknik artificial intelegent berbasis vektor kontrol. Sedangkan Badruzzaman (2012) melakukan kajian tentang pengasutan konvensional motor induksi tiga fasa rotor sangkar tupai.

Farhan et al. (2021), membahas tentang pengaruh pembebanan terhadap arus eksitasi generator unit 2 PLTMH Curug. Sedangkan Halim et al. (2021), melaksanakan analisis desain dan material pada rotor dan stator motor induksi: pengaruh terhadap efisiensi energi. Sementara itu Harahap (2024) meneliti tentang pengaruh jatuh tegangan terhadap Kerja motor induksi tiga fasa menggunakan Simulink MATLAB.

Hamdani (2019), melakukan analisis pengaruh jatuh tegangan terhadap kerja motor induksi tiga fasa berbasis Matlab. Sedangkan menurut Prasetyo et al. (2022), ada pengaruh sistem pendinginan untuk motor induksi terjadinya dampak terhadap umur dan kinerja. Sari et al. (2020), berpendapat adanya pengaruh kualitas daya listrik terhadap kinerja motor induksi tiga fasa secara signifikan. Penelitian pengendalian kecepatan motor dengan suplai panel surya sudah pernah dilakukan yaitu pada penelitian pengontrolan pergerakan V/f motor induksi tiga fasa yang disuplai dari panel surya untuk sistem pemompaan air, di mana pada penelitian ini dilakukan dua tahap penelitian yaitu pada tahap pertama mendapatkan daya maksimum dari panel surya melalui rangkaian konverter boost DC-DC menggunakan teknik MPPT dan pada tahap kedua yaitu pengendalian motor induksi tiga fasa untuk mensuplai pompa air dengan menggunakan pengontrol kecepatan V/f. Penelitian pengontrolan pergerakan V/f motor induksi tiga fasa yang disuplai dari panel surya untuk sistem pemompaan air dilakukan melalui simulasi dengan menggunakan MATLAB/Simulink (Glenc, 2020)

## 2. Metode Penelitian

### 2.1. Motor Induksi 3 Fasa

Motor induksi 3 Fasa rotor sangkar merupakan motor arus bolak-balik (AC) yang paling banyak digunakan dalam dunia industri, disebut motor induksi karena operasinya didasarkan pada prinsip induksi elektromagnetik. Motor induksi 3 fasa terdiri dari dua bagian utama yaitu stator bagian yang diam dan rotor bagian yang berputar seperti terlihat pada Gambar 1 (Motor et al., 2024). Penamaan berasal dari kenyataan bahwa arus rotor bukan diperoleh dari sumber tertentu, tetapi merupakan induksi gulungan stator ke penghantar rotor. Dimana pada kedua ujung rotor disambung seperti sangkar tupai, akibat induksi dari stator pada penghantar rotor akan membangkitkan GGL sehingga pada batangan rotor akan mengalir arus Listrik dan dari arus ini akan menghasilkan fluk magnet, interaksi fluks magnet di celah udara antara stator dan rotor akan

menghasilkan gaya puntir mekanik yang dikenal dengan istilah torsi.



**Gambar 1.** Komponen Motor Induksi.

Motor induksi adalah mesin listrik yang berfungsi untuk mengubah energi listrik arus bolak-balik menjadi energi mekanik. Dan pada umumnya digunakan sebagai motor-motor penggerak didalam industri. Untuk daya yang lebih besar dari 1 HP biasanya digunakan dengan sumber daya tiga fasa atau dengan perkataan lain motor induksi tiga fasa. Yang menjadi dasar utama dari pemilihan tersebut dikarenakan motor induksi 3 Fasa rotor sangkar mempunyai keuntungan sebagai berikut:

- Mempunyai konstruksi yang sederhana dan kokoh
- Murah, dibandingkan dengan motor-motor lainnya.
- Efisiensi tinggi dalam keadaan normal, tidak memerlukan sekat dan rugi-rugi gesekan dapat dikurangi.
- Mudah dalam pemeliharaan

## 2.2. Kerja Motor Induksi

Prinsip kerja motor induksi tiga fasa, yaitu apabila sumber tegangan 3 fasa dihubungkan pada kumparan stator, timbullah medan putar yang besarnya kecepatan medan putar ( $N_s$ ) (Ade dan Yoga, 2022):

$$N_s = \frac{120f}{p} \dots\dots\dots (1)$$

Perputaran medan putar pada stator tersebut akan memotong batang-batang konduktor pada bagian rotor. Akibatnya, pada bagian rotor akan timbul tegangan induksi (ggl) sebesar :

$$E_2S = 4,44 f_2 N_2 (1 \text{ fasa}), \dots (2)$$

dimana  $E_2S$  tegangan induksi saat rotor berputar.

Karena pada rotor timbul tegangan induksi, dan rotor merupakan rangkaian yang tertutup, sehingga pada rotor akan timbul arus ( $I$ ). Adanya arus ( $I$ ) didalam medan magnet, akan menimbulkan gaya ( $F$ ) pada rotor.

Bila kopel mula yang dihasilkan oleh gaya ( $F$ ) pada rotor cukup besar untuk memikul kopel beban, maka rotor akan berputar searah dengan medan putar stator. Agar tegangan terinduksi diperlukan adanya perbedaan antara kecepatan medan putar stator ( $n_s$ ) dengan kecepatan berputar rotor ( $n_r$ ). Perbedaan kecepatan antara  $n_r$  dan  $n_s$  disebut slip ( $S$ ) dinyatakan dengan (Prima, 2024):

$$S = \frac{n_s - n_r}{n_s} \times 100\% \dots\dots (3)$$

## 2.3. Pengaturan

### 2.3.1 Kendali Scalar V/F

*Scalar control (V/F)* adalah salah satu metode untuk mengendalikan kecepatan putar motor induksi dengan merubah tegangan dan frekuensi, yaitu dengan cara mempertahankan perbandingan (*ratio*) keduanya tetap konstan. Kontrol kecepatan motor induksi dengna metode ini digunakan tanpa umpan balik kecepatan. Kelemahan dari metode ini adalah belum mencapai nilai yang akurat pada respon kecepatan, dimana control fluks stator dan torsi masih menggunakan kontrol tidak langsung.

### 2.3.2 Kendali Vektor

Vektor kontrol adalah suatu metode pengaturan kecepatan motor induksi dengan mengatur arus medan dan arus torsi yang dilakukan secara terpisah seperti halnya motor DC. Pengontrolan motor induksi dilakukan dengan mengontrol parameter motor dalam besaran vector. Implementasi flux vektor pada motor induksi tiga fasa membutuhkan perhitungan pada orientasi stator, rotor dan torsi.

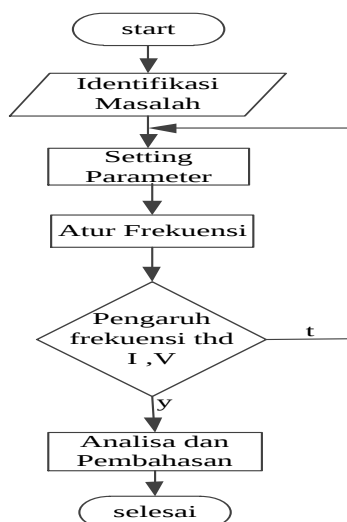
### 2.3.3 Variable Speed Drive (VSD)

Variable Speed Drive merupakan pengatur kecepatan motor induksi yang menggunakan frekuensi dan tegangan untuk kendalinya. Tujuan dari sistem VSD yaitu untuk mengkontrol kecepatan variabel, meningkatkan efisiensi energi, dan fleksibilitas kendali motor induksi dengan mencocokkan output motor

dengan kebutuhan beban sistem. Prinsip kerja dari VSD yaitu dengan menurunkan atau meningkatkan kecepatan motor dengan menyesuaikan frekuensi suplai (Hz). Tegangan diatur secara proporsional terhadap frekuensi untuk menjaga fluks magnetik konstan. Jika frekuensi diatas nominal, tegangan tidak akan meningkat lebih jauh, dan motor memasuki zona *field weakening*, dimana fluks magnetik berkurang, sehingga torsi menurun.

#### 2.4. Hubungan Tegangan dan frekuensi Pada Motor Induksi

Hubungan antara tegangan dan frekuensi sangat penting dalam pengendalian motor induksi, terutama pada motor tiga fasa. Pengaturan tegangan dan frekuensi dilakukan melalui inverter yang memungkinkan kecepatan motor dikontrol secara efisien. Rasio tegangan terhadap frekuensi ( $V/f$ ) dijaga konstan untuk memastikan fluks magnetik di stator tetap stabil. Jika rasio ini berubah, kinerja motor dapat terganggu dan tegangan yang terlalu tinggi pada frekuensi rendah dapat menyebabkan overheating. Sedangkan tegangan rendah pada frekuensi tinggi dapat mengurangi torsi motor. Dengan menjaga  $v/f$  konstan, medan magnet pada motor tetap optimal, menghasilkan efisiensi tinggi dan torsi yang cukup untuk berbagai beban. Pada penelitian ini dilakukan perubahan frekuensi dan pengukuran tegangan dan arus, untuk menganalisa data menggunakan Matlab. Motor yang digunakan yaitu motor induksi 3 fasa dan Daya 1 HP, dengan beban resistif. Diagram alir penelitian terlihat pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Diagram alur disain Antena

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Pengujian Pengaturan Frekuensi

Pengujian motor induksi berdasarkan pengaturan frekuensi terlihat pada Tabel 1. pada frekuensi rendah, tegangan dan arus cenderung lebih kecil, sementara kecepatan rotor meningkat seiring bertambahnya frekuensi, ketika frekuensi mulai meningkat menjadi 5 Hz, tegangan naik secara proporsional agar fluks magnetik tetap konstan, Ketika frekuensi mencapai nilai nominal 50 Hz sesuai frekuensi jala jala PLN, tegangan mencapai nilai maksimum pada tegangan 240 Volt sedangkan arus yang dihasilkan mencapai titik minimal dan konstan sebesar 0,50 A pada tegangan maksimal yaitu 240 Volt dengan putaran tetap meningkat sejalan perubahan bertambahnya frekuensi.

Tabel 1. Uji Pengaturan Frekuensi Induksi

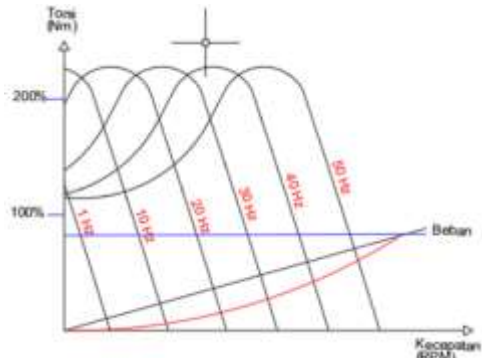
| $f$ (Hz) | Tegangan (V) | Putaran (RPM) | Arus (A) |
|----------|--------------|---------------|----------|
| 0        | 0            | 0             | 0,00     |
| 5        | 95           | 147           | 0,59     |
| 10       | 110          | 295           | 0,61     |
| 15       | 130          | 446           | 0,65     |
| 20       | 150          | 595           | 0,68     |
| 25       | 170          | 742           | 0,69     |
| 30       | 195          | 894           | 0,69     |
| 35       | 210          | 1043          | 0,64     |
| 40       | 235          | 1194          | 0,54     |
| 45       | 240          | 1344          | 0,50     |
| 50       | 240          | 1492          | 0,50     |

#### 3.2. Pengujian Kecepatan Torsi.

Kecepatan terhadap torsi menunjukkan bahwa torsi motor berkurang pada kecepatan tinggi akibat penurunan efisiensi magnetisasi. Sebaliknya, pada kecepatan rendah, torsi cenderung stabil karena rasio  $V/f$  tetap dipertahankan. Karakteristik seperti terlihat pada Gambar 3.

Ditip lipatan frekuensi, kurva kecepatan maksimal terhadap torsi maksimal semakin menjauh. Hal ini disebabkan kebutuhan antara beban dan kecepatan semakin meningkat sehingga membutuhkan penyesuaian torsi

bersamaan dengan peningkatan kecepatan. Pada saat hampir mencapai titik kecepatan maksimal (ditegangan maksimal) torsi yang dibutuhkan mulai berkurang hingga beban semakin ringan.



Gambar 3. Karakteristik kecepatan torsi

**3.3. Perhitungan Kecepatan Motor Induksi**  
Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 1, maka dapat dilakukan perhitungan kecepatan frekuensi berdasarkan persamaan 1, seperti terlihat pada Tabel 2. Perubahan frekuensi mengakibatkan kecepatan putaran bertambah cepat.

**Tabel 2.** Perhitungan kecepatan berdasar perubahan frekuensi

| Frekuensi | VSWR |
|-----------|------|
| 5         | 150  |
| 10        | 300  |
| 15        | 450  |
| 20        | 600  |
| 25        | 750  |
| 30        | 900  |
| 35        | 1050 |
| 40        | 1200 |
| 45        | 1350 |
| 50        | 1500 |

**3.4. Perhitungan Slip**

Berdasarkan kecepatan putaran sinkron dan hasil perhitungan kecepatan rotor dapat dihitung slip motor, dengan menggunakan persamaan 3, hasil perhitungan slip terlihat pada Tabel 3. Dengan meningkatnya frekuensi mendekati frekuensi mendekati frekuensi nominal 50 Hz sesuai frekuensi jala jala

PLN slip yang dihasilkan sangat kecil sekali.

**Tabel 3.** Perhitungan Slip Pada Motor Induksi

| f (Hz) | Teg (V) | Kec. Sinkron ns | Kec. Sinkron ns | Slip (s) |
|--------|---------|-----------------|-----------------|----------|
| 5      | 95      | 150             | 147             | 2%       |
| 10     | 110     | 300             | 295             | 1.67%    |
| 15     | 130     | 450             | 446             | 0.89%    |
| 20     | 150     | 600             | 595             | 0.83%    |
| 25     | 170     | 750             | 742             | 1.07%    |
| 30     | 195     | 900             | 894             | 0.67%    |
| 35     | 210     | 1050            | 1043            | 0.67%    |
| 40     | 235     | 1200            | 1194            | 0.50%    |
| 45     | 240     | 1350            | 1344            | 0.44%    |
| 50     | 240     | 1500            | 1492            | 0.53%    |

**4. Kesimpulan**

Peningkatan frekuensi diiringi dengan peningkatan tegangan dan kecepatan rotor, yang mencerminkan pentingnya rasio tegangan dan frekuensi dalam kinerja motor induksi, pengaturan frekuensi mendekati frekuensi nominal tegangan yang dihasilkan maksimum cenderung stabil, sedangkan arus dibutuhkan sangat kecil cenderung stabil, sehingga memungkinkan motor bekerja dengan efisiensi yang maksimum, sehingga mengurangi konsumsi daya dan meningkatkan kinerja secara keseluruhan yang sangat signifikan.

**Daftar Pustaka**

Addiwanita, S.M. & Putra, A.Y.W., (2023). Perancangan Rangkaian Forward-Reverse pada Motor 3 Fasa. *Circuit: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, 7(1), pp.97–102. DOI: 10.22373/crc.v7i1.16035.

Ali M, Lubis A, Prabowo G, Jaya A, Purwanto E, (2024) Pengaturan Kecepatan Motor Induksi Tiga Fasa Dengan Teknik Artificial Intelegent Berbasis Vektor Kontrol [Internet]. 2008 [cited 2024 Feb 10]. Available from: <http://repo.pens.ac.id/1207/1/peper.pdf>

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE), 2008. *Fundamentals of HVAC Control Systems: SI Edition*. Elsevier Science. Pp.45-55.

Badruzzaman Y. Pengasutan Konvensional Motor Induksi Tiga Fasa Rotor Sangkar Tupai [Internet].

- 2012 [cited 2024 Feb 10]. Available from:  
<https://jurnal.polines.ac.id/index.php/itet/article/download/7/7>
- Darmawansyah D., M.Khairul Amri Rosa M.K.A, Ika Novia Anggraini I.N.** (2020), Sistem Proteksi Motor Induksi 3 Fasa Terhadap Berbagai Gangguan Menggunakan Mikro-kontroller, Jurnal Amplifier Vol. 10, No. 1, pp. 9-17,
- Eddy Currents and Magnetic Damping,** College Physics, 23.4 diakses pada 2024: [pressbooks.online.ucf.edu](https://pressbooks.online.ucf.edu).
- Farhan, M., Hidayat, R. & Saragih, Y.,** 2021. Pengaruh Pembebanan terhadap Arus Eksitasi Generator Unit 2 PLTMH Curug. Jurnal Simetrik, 11(1), pp.400–407.
- Genc N. (2020),** “PV Based V/F Controlled Induction Motor Drive For Water Pumping,” IJTPE, Vol. 12, No. 45, pp. 103–108,
- Halim, A., Sari, A. and Prasetyo, B.,** 2021. Desain dan Material pada Rotor dan Stator Motor Induksi: Pengaruh terhadap Efisiensi Energi. Jurnal Energi dan Manufaktur, 10(1), pp. 45-52.
- Harahap P. (2024)** Pengaruh Jatuh Tegangan Terhadap Kerja Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan Simulink MATLAB. Media Elekrika [Internet]. 2016 [cited Feb 10];9(2). Available from:  
<https://media.neliti.com/media/publications/149225-ID-none.pdf>
- Hamdani, Hasibuan A.** Analisis Pengaruh Jatuh Tegangan Terhadap Kerja Motor Induksi Tiga Fasa Berbasis Matlab. Rekayasa Elektrikal dan Energi: Jurnal Teknik elektro [Internet]. 2019 [cited 2024 Feb 10];1 No. 2. Available from:  
<https://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RELE/article/viewFile/3014/2749>
- Irawan D., Murdiyat P., dan Rusdiansyah R. (2023),** Variable Frequency Drive (VFD) Berbasis Arduino Mega 2560 Sebagai Pengendali Motor Induksi 3 Fase, PoliGrid Vol. 04 No. 02, pp. 52-61, DOI: <https://doi.org/10.46964/poligrd.v4i2.3052>
- Jangid, M., (2021).** Soft Starter for Induction Motor. Journal of Electrical Engineering, 44, pp.130-133.
- Nurshofa K.K., Ramadan A.F., Faiz N.F., Manurung P., Karlina D.L. (2024),** Penggunaan Kontaktor pada Sistem Pengaman Motor Induksi 3 Phasa, Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro dan Informatika Vol. 3, No. 4, pp 280-289  
 DOI: <https://doi.org/10.55606/jtmei.v3i4.4567>
- Prasetyo, B., Wahyu, S. & Setiawan, D.,** 2022. Sistem Pendinginan untuk Motor Induksi: Dampak terhadap Umur dan Kinerja. Jurnal Teknologi dan Rekayasa, 8(3), pp. 78-85.
- Rijono Y.** Dasar Teknik Tenaga Listrik. Yogyakarta: Andi Offset; 1997. 310 p.
- Sari, A., Prasetyo, B. and Halim, A.,** 2020. Pengaruh Kualitas Daya Listrik terhadap Kinerja Motor Induksi Tiga Fasa. Jurnal Teknik Listrik, 15(2), pp. 123-130.
- Setiawan, H.A.,** 2019. Analisis Pembebanan Instalasi Listrik dan Sistem Kontrol Starting Motor Induksi di PT Hadtex. Universitas Pendidikan Indonesia.
- Soebaykto.** Fisika Terapan 2. Tegal: Badan Penerbit Universitas Pancasakti Tegal; 2017.
- Soedjanaatmadja AM, Cipta F, Puspanegara A, Hardiansyah H, Nainggolan B, Marpaung J.** Pengaruh Kecepatan Putar Terhadap Back emf Pada Permanent Magnet Synchronous Generator. Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta [Internet]. 2019;123–8. Available from:  
<http://seminas.mesin.pnj.ac.id>
- Wahjono E, Soebagio.** Pengaturan Kecepatan Motor Induksi Tiga Fasa dengan Metoda Direct Torque Control Menggunakan Fuzzy Logic Controller. Seminar Nasional Informatika [Internet]. 2009 [cited 2024 Feb 10]; Available from:  
<https://media.neliti.com/media/publications/174913-ID-none.pdf>
- Wiranto, A., Nafiri, F. & Bakhri, S.,** Perancangan Inverter Satu Fasa Sebagai Penggerak Motor Induksi Satu Fasa, Universitas Pamulang, Tangerang Selatan, Indonesia.

**Yusmartato, RN A.** Analisis Arus Motor Induksi Rotor Sangkar Dengan Mengubah Jumlah Kutub [Internet]. Vol. 14, Cetak) Buletin Utama Teknik. Online; 2019 [cited 2024 Feb 10]. Available from: <https://jurnal.uisu.ac.id/index.php/but/article/viewFile/1094/850>

**Zuhal dan Zhanggischan.** Prinsip Dasar ELEKTROTEKNIK. Gramedia, Jakarta. Hal:690. Jakarta: Gramedia; 2004. p. 690