

Pengaturan Kecepatan Motor Induksi 3fasa Dengan Mengatur Frekuensi Menggunakan VSD di PERUMDAM Tirta Madani Serang

Ihsan Faturrohman

Jurusan Pendidikan Vokasional Teknik Elektro FKIP
Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Mohammad Fatkhurrokhman

Jurusan Pendidikan Vokasional Teknik Elektro FKIP
Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Alamat: Jl. Ciwaru Raya, Serang, 42117, Indonesia

Korespondensi penulis: 2283200029@untirta.ac.id

Abstract. *The frequency setting is VSD (variable speed drive) or inverter. In controlling the speed of a 3-phase induction motor using a VSD or inverter, the PWM (pulse width modulation) method is used. PWM is a method of manipulating the signal width, which is described by pulses in one period. In collecting data, the methods used are observation, interviews, documentation, and literature studies. The data obtained in the observation are the values of frequency, voltage, and current at the output of the VSD, which goes to the source of the 3-phase induction motor. The results obtained from setting the motor speed by setting the frequency at 25 Hz are 1500 rpm, 30 Hz is 1800 rpm, 35 Hz is 2100 rpm, 39.1 Hz is 2346 rpm, and 40 Hz is 2400 rpm. By adjusting the input frequency to a 3-phase induction motor using a VSD or inverter, it can be concluded that the higher the frequency, the faster the rotation speed of the pump motor, and the resulting water discharge in sucking water will also be greater.*

Keywords: 3 Phase, Frequency, Motor, PWM (Pulse Width Modulation), VSD (Variable Speed Drive)

Abstrak. Pengaturan kecepatan putar motor induksi 3 fasa dapat dilakukan dengan merubah nilai frekuensi sumber yang ada. Alat yang digunakan dalam pengaturan frekuensi adalah VSD (*Variable Speed Drive*) atau inverter. Dalam mengendalikan kecepatan motor induksi 3 fasa menggunakan VSD/inverter digunakan dengan metode PWM (*Pulse Width Modulation*). PWM merupakan metode dalam memanipulasi lebar sinyal yang digambarkan dengan pulsa dalam satu periode. Dalam pengambilan data metode yang digunakan adalah observasi, wawancara, dokumentasi, dan studi literatur. Adapun data yang diperoleh dalam observasi adalah nilai frekuensi, tegangan dan arus pada keluaran VSD yang menuju pada sumber motor induksi 3 fasa. Hasil yang diperoleh dari pengaturan kecepatan motor dengan mengatur frekuensi sebesar 25Hz adalah 1500Rpm, 30Hz adalah 1800Rpm, 35Hz adalah 2100Rpm, 39,1Hz adalah 2346Rpm, dan 40Hz adalah 2400Rpm. Dengan mengatur frekuensi masukkan pada motor induksi 3 fasa menggunakan VSD/inverter didapatkan kesimpulan bahwa semakin besar frekuensi yang diberikan maka putaran kecepatan motor pompa akan semakin cepat dan debit air yang dihasilkan dalam menghisap air juga akan semakin besar.

Kata kunci: 3 Fasa, Frekuensi, Motor, PWM (*Pulse Width Modulation*), VSD (*Variable Speed Drive*)

LATAR BELAKANG

Pelaksanaan Praktik Industri di Lingkungan Pendidikan Vokasional Teknik Elektro FKIP UNTIRTA merupakan kegiatan yang melibatkan mahasiswa dalam suatu industri yang sesuai dengan bidang studi atau pekerjaannya. Pelaksanaan Praktik Industri yang dilakukan oleh peneliti yaitu di Perusahaan Umum Daerah Air Minum (PERUMDAM) Tirta Madani Kota Serang. Dalam melaksanakan Praktik Industri di PERUMDAM Tirta Madani, peneliti lebih

Received April 07, 2023; Revised Mei 12, 2023; Juni 15, 2023

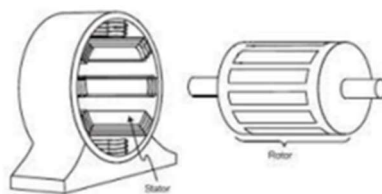
* Ihsan Faturrohman, 2283200029@untirta.ac.id

berfokus pada unit produksi pengolahan air atau biasa disebut dengan Sistem Pengolah Air Minum (SPAM) atau Instalasi Pengolahan Air (IPA). Dalam proses pengolahan air, motor pompa listrik digunakan sebagai penghisap dan pendorong air dapat terus mengalir pada pipa transmisi. Dalam pengontrolan motor pompa dilakukan dengan memberikan nilai frekuensi pada knob potensiometer yang ada pada *variable speed drive* (vsd) atau inverter.

Tujuan dari pelaksanaan Praktik Industri ini yaitu, untuk mengetahui proses pengolahan air baku menjadi air bersih sehingga siap untuk disalurkan kepada konsumen, mengetahui sistem pengaturan motor listrik induksi 3 fasa, dan mengetahui pengaruh frekuensi pada motor listrik induksi 3 fasa yang terinstal pada bagian motor pompa *intake* atau masuknya air baku.

KAJIAN TEORITIS

Motor induksi 3 fasa merupakan jenis motor dengan arus bolak-balik (AC) (Wildan et al., 2016). Dengan konstruksinya yang kuat dan memiliki ukuran penggunaan daya (KVA) yang bervariasi, motor induksi 3 fasa sangat banyak digunakan di Industri sebagai penggerak (Sahnur Nasution & Hasibuan, 2018). Salah satu penerapan dari motor induksi 3 fasa yaitu sebagai penggerak utama dalam proses pembersihan dan pengupasan pada permukaan tabung gas LPG 3 kg (Rizqiyana & Fatkhurrohman, n.d.). Motor induksi 3 fasa memiliki 2 bagian utama yaitu stator dan rotor. Diantara bagian stator dengan rotor, terdapat celah yang memisahkan keduanya dengan jarak 0.4mm – 4mm (Zuriman, 2019).



Gambar 1. Penampang stator dan rotor motor induksi 3 fasa

Prinsip kerja dari motor induksi 3 fasa ini berdasarkan dengan Hukum Faraday atau tegangan induksi dan Hukum Lorent perubahan magnetik (Sarjono et al., 2020). Rotor yang dialiri oleh arus pada garis gaya *fluks* berawal dari stator sehingga kumparan rotor mengalami gaya *Lorents*. Gaya Lorents menyebabkan momen gaya yang akan menggerakkan rotor sesuai dengan medan stator (Pranata et al., 2018).Tegangan induksi terbentuk karena adanya pemutusan penghantar rotor yang disebabkan oleh medan putar stator. Kecepatan putaran rotor pada motor induksi 3 fasa dapat dihitung melalui persamaan dibawah ini (Multi & Febryane,

2012). Pada umumnya penggunaan motor induksi 3 fasa belum bekerja dengan kecepatan yang sinkron, namun hanya pada kecepatan dasar atau nonlinear (Nugroho et al., 2021).

$$n = \frac{120 \cdot f}{p} \quad \text{Persamaan (1)}$$

Dimana :

n : Kecepatan putaran rotor (Rpm)

f : Frekuensi kerja (Hz)

p : Jumlah kutub pada motor induksi (*pole*)

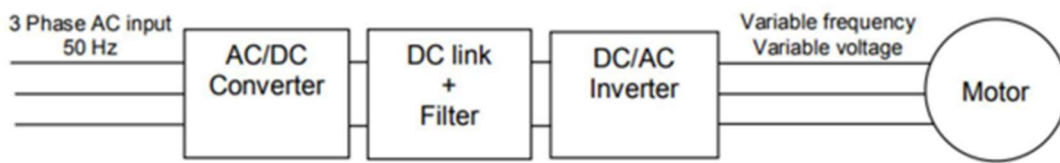
Untuk mengatur kecepatan pada motor induksi 3 fasa dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu merubah jumlah kutub, mengatur frekuensi masukan, mengatur tegangan terminal dan mengatur tahanan luar (Haryanto, 2011). Pengaturan nilai frekuensi sumber dalam motor induksi 3 fasa dapat mengakibatkan besarnya impedansi kumparan pada motor. Hal tersebut dikarenakan kumparan motor induksi mengandung reaktansi induktif (Anthony, 2013).

Putaran dari motor listrik yang konstan menimbulkan penggunaan daya yang cukup besar. Salah satu upaya untuk mengurangi penggunaan daya yang besar pada motor induksi listrik 3 fasa yaitu dengan mengatur kecepatan putaran motor induksi 3 fasa. Hal itu bisa diantisipasi dengan menggunakan *Variable Speed Drive* (Khusnul Munfiqoh & Aribowo, 2022).

Variable Speed Drive atau *Variable Frequency Drive* atau inverter, merupakan alat yang dapat digunakan dalam mengatur kecepatan motor listrik baik 1 fasa maupun 3 fasa. Dengan merubah nilai tegangan dan frekuensi pada masukan motor listrik (Rizqianti & Permata, 2022). Dalam mengendalikan kecepatan motor induksi 3 fasa, membutuhkan modul inverter atau *variable speed drive* (vsd). Didalam inverter/vsd terdiri dari saklar semikonduktor atau transistor, serta sinyal kendali untuk mengatur nyala dan mati dari saklar semikonduktor tersebut. Metode dalam merubah sinyal analog menjadi lama nyala dan mati disebut dengan *Pulse Width Modulation* (PWM) (Efendi Setiawan et al., 2016). PWM merupakan metode dalam memanipulasi lebar sinyal yang digambarkan dengan pulsa dalam suatu periode (Andrianus Sinaga et al., 2017).

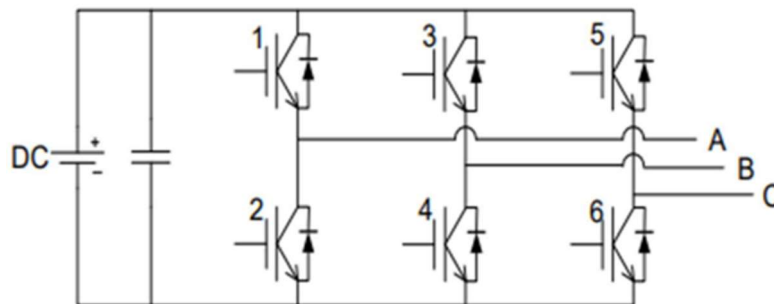
Pengaturan kecepatan motor induksi 3 fasa dapat menggunakan Inverter atau VSD (Suyanto et al., 2019). VSD digunakan untuk mengatur kecepatan putaran motor dengan merubah nilai frekuensi listrik masukan pada motor (Zulfikar et al., 2019). Prinsip dasar dari vsd/inverter yaitu dengan merubah masukan motor induksi listrik 3 fasa menjadi arus searah (DC) kemudian diubah kembali menjadi arus bolak-balik (AC) dengan nilai frekuensi yang

diinginkan sehingga kecepatan putar motor dapat diatur sesuai dengan kebutuhan (Fitria & Pamuji, 2015).



Gambar 2. Konfigurasi umum dari vsd/inverter

Secara umum, vsd/inverter 3 fasa bekerja berdasarkan prinsip *switched mode*. Saklar-saklar pada gambar 3 bekerja sedemikian rupa, yang membuat bentuk tegangan keluaran (A, B, dan C) membentuk tegangan 3 fasa. Kedudukan saklar yang berpasangan (1 dan 2, 3 dan 3, 5 dan 6) diatur hingga setiap pasang tidak akan pernah bersama-sama dalam kondisi menyala (ON) ataupun mati (OFF). Yang berarti jika saklar 1 dalam keadaan ON, maka saklar 2 dalam kondisi OFF ataupun sebaliknya. Demikian pula untuk pasangan 3-4 dan 5-6. Pengaturan pensaklaran ini dilakukan oleh sinyanya PWM (The MathWorks, 1998).



Gambar 3. Rangkaian vsd/inverter 3 fasa dengan IGBT

Untuk mengatur nilai frekuensi dengan *range* 0Hz-50Hz dapat menggunakan panel kontrol atau panel potensiometer pada setiap jenis VSD. Selain itu, VSD ini juga bisa mengontrol arah putaran dari motor induksi 3 fasa secara *forward* atau *reverse* (Luthfi et al., 2022).

METODE PENELITIAN

Ketika melakukan Praktik Industri di PERUMDAM Tirta Madani Serang, peneliti melakukan beberapa tahapan untuk memperoleh data dan hasil praktik berdasarkan pengamatan dengan cara observasi, wawancara, dokumentasi, dan studi literatur. Observasi dilakukan secara langsung dengan melihat kondisi secara nyata yang ada di PERUMDAM Tirta Madani dalam melakukan proses pengolahan air baku menjadi air bersih. Wawancara

dilakukan dengan bertanya secara langsung pada karyawan dan pembimbing industri yang ada pada unit produksi pengolahan air.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ketika Praktik Industri, peneliti membahas tentang pengaturan kecepatan motor pompa pada bagian *intake* (sumber air baku) berdasarkan nilai frekuensi . Motor pompa *intake* berfungsi sebagai menghisap air baku yang berasal dari aliran sungai Cibanten. Ketika melakukan proses produksi air, nilai frekuensi yang diberikan pada motor pompa intake berkisar dari 35 Hz-40Hz. Data ini diperoleh dari pengamatan langsung dan dicatat oleh peneliti selama kurang lebih 1 minggu. Data tersebut dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 1. Data nilai frekuensi pada vsd/inverter unit motor pompa *intake* di PERUMDAM

Tanggal	Nilai Frekuensi Yang diberikan
26 Desember 2022	37,5 Hz
27 Desember 2022	38,8 Hz
28 Desember 2022	37,4 Hz
29 Desember 2022	39,8 Hz
30 Desember 2022	39,5 Hz
2 Januari 2023	39,6 Hz
3 Januari 2023	39,0 Hz

Pengaturan Kecepatan Motor Pompa *Intake* Dengan Merubah Nilai Frekuensi

Pada Sistem Pengolahan Air Minum di PERUMDAM Tirta Madani Kota Serang, proses penyedotan air baku pada bagian *intake* dilakukan dengan mengatur nilai frekuensi yang masuk pada motor pompa. Untuk dapat mengatur nilai frekuensi, digunakan alat yang bernama *Variable Speed Drive* (VSD) atau inverter. Dengan mengubah nilai frekuensi yang masuk ke motor maka akan dapat mengubah nilai kecepatan putaran dari motor pompa tersebut.

Untuk dapat merubah nilai frekuensi tersebut, kondisi inverter harus berada dalam kondisi menyala atau mendapatkan suplai tegangan. Setelah indikator menyala, untuk mengurangi arus lonjakan pada starter awalan motor pompa maka tekan tombol start pada papan control inverter. Setelah itu, putarlah knop yang ada pada inverter untuk merubah nilai frekuensi yang dibutuhkan agar putaran motor pompa dalam menyedot air.



Gambar 4. Bagian Utama Inverter

Spesifikasi VSD yang digunakan:

<i>Manufacture</i>	: FMZ
Model	: V6-55RG/75RP-T4
Volt	: 380/660 V
kW	: 55kW
Ampere	: 115 A
Hz	: 50-60Hz
Phase	: 3

Tombol utama pada inverter yang perlu diketahui fungsinya dalam Sistem Pengolahan Air Minum di PERUMDAM Tirta Madani Kota Serang adalah:

1. *Setting Dial*, berfungsi untuk menaikkan dan menurunkan nilai frekuensi dengan cara memutarinya.
2. Tombol *STOP*, ketika lampu indikator inverter berkedip, dengan menekan tombol *STOP* akan membuat inverter berhenti memberikan nilai keluarana tegangan dan frekuensi, sehingga motor akan berhenti.
3. Tombol *Mode*, berfungsi untuk mengubah tampilan mode *RUN*, setting dan monitor. Selain itu dengan menekan tombol ini, dapat masuk ke menu pengaturan pada inverter.
4. Tombol *RUN*, ketika tombol ini ditekan, maka lampu *RUN* akan menyala dan berkedip sehingga inverter akan memulai mengaktifkan starter awalan motor. Inverter/VSD akan menyambungkan tegangan dan frekuensi ke motor pompa *intake*.

Lama pengoperasian motor pompa *intake* di PERUMDAM Tirta Madani Kota Serang adalah selama 8-10 jam dengan batasan maksimal pengaturan frekuensi sebesar 40 Hz. Hal ini

dilakukan untuk meminimalisir penggunaan motor pompa secara maksimal agar usia pakai alat dapat bertahan lama. Adapun spesifikasi VSD yang digunakan yaitu:

Data Motor Pompa *Intake*



Gambar 5. Name plate motor induksi 3 fasa

<i>Manufacture</i>	: Grundfos (china)
Model	: MMG250M-2p-60-w3
Volt	: 380/660 V
Ampere	: 97.3 A
kW	: 55-63 kW
Hz	: 50-60Hz
Rpm	: 2970-3575 rpm
Cos-Phi	: 0,90-0,92
Efisiensi	: 94,3%
Phase	: 3
Kutub	: 2

Analisa Data

Pengambilan data pada penelitian dilakukan ketika proses perbaikan pada mesin pompa *intake* dan dilakukan hanya 1 kali uji coba. Hal tersebut dikarenakan peraturan yang sudah diterapkan oleh pihak industri. Selama pengambilan data, pihak industri selalu mendampingi. Data yang digunakan adalah frekuensi, tegangan, kecepatan putaran motor dan arus. Data tersebut diperoleh dengan mengatur frekuensi pada inverter, perubahan frekuensi akan mengakibatkan perubahan putaran pada motor. Adapun data hasil pengukuran VSD adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil Pengukuran kontrol motor pompa dengan VSD

Frekuensi (Hz)	Tegangan (V)				Arus (A)			
	R-S	S-T	R-T	V	R	S	T	A
25	390	386	388	388	26	36	35	32,4
30	390	387	390	389	30	38	37	35
35	391	388	392	390,4	45	43	44	44
39,1	390	387	393	390	54	58	55	55,7
40	384	388	390	387,4	67	73	79	73

Dari tabel di atas maka dapat dihitung kecepatan putaran motor pompa *intake* (Rpm) berdasarkan pada persamaan (1) dengan nilai frekuensi kerja yang berbeda-beda sebagai berikut:

1. Frekuensi 25 Hz

$$n = \frac{120.25}{2} = 1500 \text{ Rpm}$$

2. Frekuensi 30 Hz

$$n = \frac{120.30}{2} = 1800 \text{ Rpm}$$

3. Frekuensi 35 Hz

$$n = \frac{120.35,0}{2} = 2100 \text{ Rpm}$$

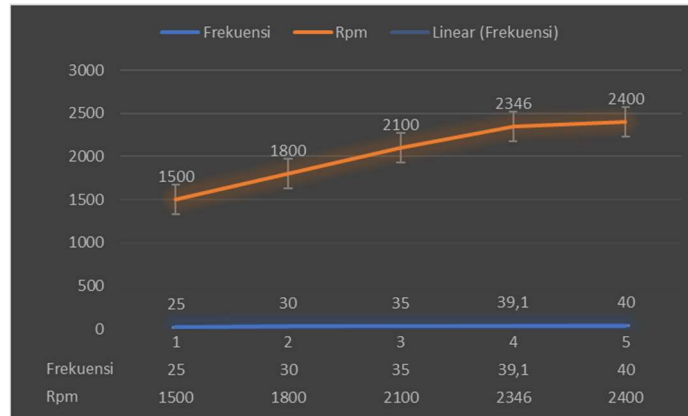
4. Frekuensi 39,1 Hz

$$n = \frac{120.39,1}{2} = 2346 \text{ Rpm}$$

5. Frekuensi 40 Hz

$$n = \frac{120.40}{2} = 2400 \text{ Rpm}$$

Dari Proses perhitungan di atas dapat diketahui bahwa pada pengujian pertama dengan frekuensi pada inverter diatur 25 Hz dapat diketahui putaran motor yang terjadi adalah 1500 Rpm, pada pengujian kedua frekuensi pada inverter diatur 30 Hz maka kecepatan yang daapt diketahui menjadi 1800 Rpm, pada pengujian ketiga frekuensi pada inverter diatur 35 Hz maka kecepatan yang daapt diketahui menjadi 2100 Rpm, pada pengujian keempat frekuensi pada inverter diatur 39,1 Hz maka kecepatan yang daapt diketahui menjadi 2346 Rpm, pada pengujian kelima frekuensi pada inverter diatur 40 Hz maka kecepatan yang daapt diketahui menjadi 2400 Rpm. Jika dilihat secara langsung debit air yang keluar mengalami penambahan dari yang sebelumnya, begitupun seterusnya hingga pada pengujian terakhir.



Gambar 6. Kurva antara Rpm dan Frekuensi

Hasil pengujian pengamatan yang dilakukan antara perubahan frekuensi dan kecepatan motor induksi pada bagian *intake* bahwa kecepatan motor akan konstan jika frekuensi yang diberikan adalah konstan sedangkan percobaan dengan merubah nilai frekuensi pada inverter akan mempengaruhi kecepatan putaran motor juga berubah. Dari hasil pengujian tersebut dapat dilihat bahwa dengan mengatur frekuensi pada inverter maka kecepatan motor juga dapat berubah yang membuat debit air yang dikeluarkan menjadi berubah. Adapun bisa dikatakan putaran motor dapat diatur dengan merubah frekuensi pada inverter. Semakin besar frekuensi yang diberikan maka putaran motor semakin besar, sebaliknya jika semakin kecil frekuensi maka putaran motor semakin menurun.

KESIMPULAN DAN SARAN

Sistem pengolahan Air Minum pada PERUMDAM Tirta Madani Kota Serang dilakukan dengan mengolah air baku yang berasal dari aliran sungai Cibanten hingga menjadi air bersih yang layak dikonsumsi terdiri dari beberapa proses mulai dari pengambilan air baku, pencampuran air dengan bahan koagulan (PAC) lalu masuk unit koagulasi dan flokulasi untuk mencampurkan PAC tersebut yang berfungsi untuk memisahkan partikel flok-flok yang terdapat pada air baku, lalu menuju proses sedimentasi yang merupakan pengendapan flok, kemudian disaring kembali pada bak filter yang di dalamnya terdiri atas batu kerikil dan pasir silica setelah itu, air diberikan disinfektan berupa cairan kaporit dan menuju bak penampungan akhir (reservoir) sebelum nantinya didistribusikan ke konsumen.

Dalam proses pengambilan air baku menggunakan motor pompa listrik induksi 3 fasa yang dihubungkan dengan VSD/inverter sebagai pengontrol kecepatan motor agar daya hisap air dapat disesuaikan dengan kebutuhan ketika proses produksi air. Pengaturan kecepatan motor pompa dilakukan dengan merubah nilai frekuensi dengan alat yang bernama *Variable Speed Drive (VSD)* atau inverter. VSD/ inverter ini akan sangat akurat dalam mengontrol

kecepatan induksi pada motor pompa listrik yang digunakan. Dengan VSD, kontrol kecepatan dan torsi dapat dicapai dari 0 rpm hingga kecepatan maksimal kerja dari VSD/Inverter. VSD/Inverter akan memanipulasi frekuensi keluaran dengan merubah arus AC yang masuk ke DC dan kemudian diatur dengan pengaturan tegangan modulasi lebar pulsa (PWM) agar dapat membuat ulang arus AC dan bentuk gelombang yang lebih baik lagi.

Dari hasil percobaan pengambilan data yang tertera pada *name plate* motor pompa dan tampilan nilai frekuensi dari VSD dapat disimpulkan bahwa pengaruh frekuensi terhadap putaran motor (rpm) adalah yaitu, semakin tinggi pengaturan nilai frekuensi pada VSD maka akan berdampak pada naiknya atau kencangnya putaran motor pompa sehingga debit air yang dikeluarkan pun akan naik. Ketika nilai frekuensi diatur konstan maka kecepatan putar motor pompa akan konstan juga.

DAFTAR REFERENSI

- Andrianus Sinaga, Y., Saudi Samosir, A., & Haris, A. (2017). Rancang Bangun Inverter 1 Fasa dengan Kontrol Pembangkit Pulse Width Modulation (PWM). *Jurnal Rekayasa Dan Teknologi Elektro-ELECTRICAN*, 11(2).
- Anthony, Z. (2013). Studi Pengaruh Perubahan Frekwensi Sumber Terhadap Faktor Daya Motor Induksi 3-Fasa. *Jurnal Teknik Elektro ITP*, 2(2).
- Efendi Setiawan, A., Odinanto, T., & Muharom, S. (2016). Rancang Bangun Inverter 3 Fasa Sebagai Pengendali Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa 1/2 Hp 0.37 Kw Menggunakan Metode SPWM Berbasis ARM Mikrokontroler (STM32F4). *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan IV*.
- Fitria, D., & Pamuji, M. (2015). Inverter Motor Pompa Pada PDAM Tirta Musi Palembang. *Jurnal Desiminasi Teknologi*, 3(1).
- Haryanto, H. (2011). Pembuatan Modul Inverter sebagai Kendali Kecepatan Putaran Motor Induksi. *Rekayasa*, 4(1).
- Khusnul Munfiqoh, M., & Aribowo, D. (2022). Pengendalian Kecepatan Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan Variable Frequency-Drive (VFD) Untuk Mendeteksi Aliran dan Tekanan Air Pada Modul Pumps Training System PT. Festo Indonesia Controlling the Speed of a Three-Phase Induction Motor Using a Variable Frequency-Drive (VFD) to Detect Water Flow and Pressure in the Pumps Training System Module of PT. Indonesian Festival. *Jurnal Sains Dan Teknologi (SAINTEK)*, 1(2).
- Luthfi, M. A., Rasyad, S., & Pratama, D. A. (2022). Three-Phase Motor Speed Regulation with Reverse Rotation Using Variable Speed Drive (VSD) Pengaturan Kecepatan Motor Tiga Fasa Dengan Arah Putar Reverse Menggunakan Variabel Speed Drive (VSD). *IJEERE: Indonesian Journal of Electrical Engineering and Renewable Energy*, 2(1). <https://doi.org/10.57152/ijeere.v2i1>
- Multi, A., & Febryane, E. (2012). Penggunaan Varible Speed Drive Pada Motor Induksi Untuk Penghematan Konsumsi Energi Listrik. *Sainstech*, 3(2).

- Nugroho, S. E., Aribowo, W., & Hermawan, A. C. (2021). Sitem Pengendalian Kecepatan Motor Tiga Fasa Menggunakan Metode Direct Torque Control (DTC). *Jurnal Teknik Elektro*, 10(1).
- Pranata, Y., Arfianto, T., Taryana, N., & Nasional, I. T. (2018). Analisis Unjuk Kerja Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan Inverter 3 Fasa. *TELKA*, 4(2), 91–102.
- Rizqianti, Z., & Permata, E. (2022). Analisis Pengasutan Motor Jenis Variable Speed Drive (VSD) dan Soft Starter Pada Fan Cooler Sistem Di PT. Cemindo Gemilang TBK Bayah. *Jurnal Riset Rumpun Ilmu Teknik*, 1(2).
- Rizqiyana, A., & Fatkhurrokhman, M. (n.d.). Pengoperasian Shotblasting Machine (Tochu) TG-7.5 FTJ Menggunakan Motor Induksi 3 Phasa pada Proses Repaint Tabung Gas LPG 3 Kg di PT. Gasbumi Sarana Karya. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 2022(19), 48–58. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7162496>
- Sahnur Nasution, E., & Hasibuan, A. (2018). Pengaturan Kecepatan Motor Induksi 3 Phasa Dengan Merubah Frekuensi Menggunakan Inverter ALTIVAR 12P. *Jurnal Sistem Informasi*, 2(1), 26–2.
- Sarjono, Gianto, R., & Hiendro, A. (2020). Evaluasi Kinerja Motor Induksi 3 Fasa 100 HP/75KW Pada Panel Start-Delta Di PDAM Tirta Raya Adi Sucipto Kubu Raya. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*, 2(1). <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jteuntan/article/view/42557/75676587020>
- Suyanto, M., Subandi, Syafrudin, & Maulana Fikri, A. (2019). Kendali Putaran Motor Asinkron 3 Phasa Dengan VSD Tipe ATV312HU15N4. *Seminar Nasional TEKNOKA*, 4. <https://doi.org/10.22236/teknoka.v%0vi%i.4190>
- The MathWorks, I. (1998). *SimPowerSystems™ User's Guide R2013a Hydro-Québec*. www.mathworks.com
- Wildan, F. M., Hakim, E. A., & Suhardi, D. (2016). Sistem Pengaturan Kecepatan Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan Kontroler PID Berbasis Genetic Algorithm. *Kinetik*, 1(1).
- Zulfikar, Evalina, N., H Azis, A., & Nugraha, Y. T. (2019). Analisis Perubahan Kecepatan Motor Induksi 3 Phasa Dengan Menggunakan Inverter 3G3MX2. *SEMNASTEK UISU*.
- Zuriman, A. (2019). *Mesin Listrik Arus Bolak-Balik* (A. Dian, Ed.; Edisi Revisi). Penerbit Andi.