

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

Maeli Khusnul Munfiqoh^{1*}, Didik Aribowo²

¹Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Kota Serang, 42117, Indonesia

²Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Kota Serang, 42117, Indonesia

Email: 2283200037@untirta.ac.id^{1}, d_aribowo@untirta.ac.id²

Article History:

Received: 27 Oktober 2022

Revised: 22 November 2022

Accepted: 08 Desember 2022

Keywords: *flow, speed, induction motor, pump, VFD.*

Abstract:

Setting the speed in driving an induction motor which is usually used on machines both in the residential and industrial sectors really needs attention because it can save power in its use. Generally, induction motors move relatively constantly. As is the case in this study which observed a three-phase induction motor in a Pumps Training System (pump system trainer) which is frequency regulated. The movement of the rotor in an induction motor which moves relatively constantly has a direct impact on the speed of the induction motor which affects the movement of the water pump system. The additional impact is of course on the flow rate and water pressure generated during the storage process. The effort to reduce the impact of the movement of the 3-phase electric induction motor is by adjusting the rotational speed of the rotor on the 3-phase electric induction motor in the system. The solution used to regulate the rotational speed of the motor is to use a type of inverter commonly known as a Variable Frequency Drive (VFD). Thus, the purpose of this research is to determine the flow rate and water pressure in the Pumps Training System with the use of VFD as an effort to detect the flow rate and water pressure that are affected by the rotational speed of a three-phase induction motor both in normal and reverse centrifugal pump rotation conditions. inverse).

Keywords: flow, speed, induction motor, pump, VFD.

Pengaturan kecepatan dalam menggerakkan motor induksi yang biasanya digunakan pada mesin baik pada sektor perumahan maupun industri sangat perlu diperhatikan karena dapat menghemat

daya dalam penggunaannya. Umumnya, motor induksi bergerak relatif konstan. Seperti halnya pada penelitian ini yang mengamati motor induksi tiga fasa pada Pumps Training System (trainer sistem pompa) yang diatur frekuensinya. Adanya pergerakan rotor pada motor induksi yang bergerak relatif konstan berdampak langsung pada kecepatan motor induksi yang mempengaruhi pergerakan sistem pompa air. Dampak tambahannya tentu pada laju aliran dan tekanan air yang dihasilkan selama proses penampungan. Adapun upaya untuk mengurangi dampak pergerakan motor induksi listrik 3 fasa adalah dengan mengatur kecepatan putaran rotor pada motor induksi listrik 3 fasa pada sistem tersebut. Solusi yang digunakan untuk mengatur kecepatan putaran motor adalah dengan menggunakan salah satu jenis inverter yang biasa dikenal dengan Variable Frequency Drive (VFD). Dengan begitu, tujuan penelitian ini untuk mengetahui laju aliran dan tekanan air pada Pumps Training System dengan penggunaan VFD sebagai upaya untuk mendeteksi laju aliran dan tekanan air yang dipengaruhi oleh kecepatan putaran pada motor induksi tiga fasa baik pada kondisi arah putaran pompa sentrifugal normal maupun terbalik (invers).

Kata Kunci: aliran, kecepatan, motor induksi, pompa, VFD.

PENDAHULUAN

Kebutuhan relevansi antara dunia pendidikan dengan dunia kerja menjadi suatu isu penting dalam pendidikan vokasi. Pendidikan vokasi harus dapat memberikan kontribusi yang nyata dengan mencetak Sumber Daya Manusia (SDM) yang unggul. Seperti yang kita tahu bahwa vokasi sendiri merupakan label yang disematkan lembaga pendidikan agar lulusannya dapat diterima bekerja tanpa adanya kompetisi yang ada sebagaimana menjadi suatu harapan dari dunia industri. PT Festo merancang dan mendirikan pusat pelatihan dan laboratorium, sistem pembelajaran, dan program pelatihan pada ahli untuk bekerja secara dinamis dan kompleks. PT. Festo Indonesia ini juga mengembangkan otomatisasi dan pendidikan teknis untuk mempersiapkan masa depan berbasis digital dalam sistem produksi peralatan yang menunjang dalam pendidikan dan untuk teknologi baru. Sebagai penyedia peralatan yang dibutuhkan untuk pelatihan, peralatan atau trainer yang dibuat oleh PT. Festo Indonesia kebanyakan pengoperasiannya menggunakan motor listrik. Pada dasarnya, untuk mengendalikan kecepatan motor induksi dapat dilakukan dengan mengatur frekuensi yang ada pada suplai motor. Pengaturan kecepatan motor induksi dengan mengubah frekuensi suplai dapat dilakukan dengan menggunakan sebuah inverter yang biasa dikenal dengan *Variable Frequency Drive* (VFD). Dalam penggunaannya, motor induksi tiga fasa ini dapat digunakan pada pompa, kompresor, *belt conveyor*, serta grinder.

Dengan banyaknya sistem yang ada di Laboratorium Terpadu Balai Besar Pelatihan Vokasi dan Produktivitas (BBPVP) Serang yang bekerja sama dengan PT. Festo Indonesia sebagai penyedia peralatan yang dibutuhkan untuk pelatihan kebanyakan pengoperasiannya menggunakan motor listrik. Motor listrik yang tersedia di masing-masing laboratorium juga cukup banyak dengan jenis yang sesuai dengan kebutuhan dalam pengoperasian trainer-trainer yang ada di laboratorium. Salah satu jenis motor listrik yang digunakan di Laboratorium *Electromechanical Utility* BBPVP Serang yaitu motor induksi tiga fasa.

Pengendalian kecepatan pada motor dapat dikendalikan menggunakan beberapa cara, seperti mengubah jumlah pasangan kutub dan dengan mengatur frekuensi. Pengendalian kecepatan motor dengan pengaturan frekuensi dapat dilakukan dengan menggunakan suatu inverter yang dapat dikontrol langsung oleh suatu alat salah satunya yaitu *Variable-Frequency Drive* (VFD). Sebagai salah satu komponen yang mendukung dalam pengendalian motor listrik induksi tiga fasa dalam

Pumps Training System, Variabel-Frequency Drive menjadi salah satu inverter (Tanjung, dkk, 2018). *Variabel Frequency Drive* ini digunakan untuk mengendalikan kecepatan motor listrik AC dengan cara mengatur frekuensi daya listrik yang masuk ke motor.

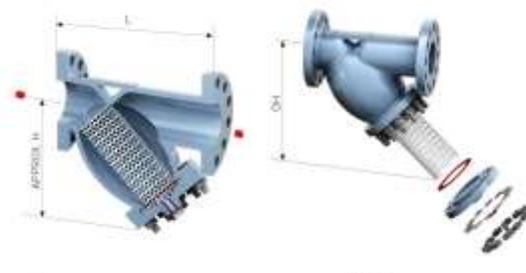
Ada beberapa komponen yang ada pada trainer *Pumps Training System* PT. Festo yang membangun rangkaian dasar sistem pompa air menggunakan motor induksi tiga fasa yaitu sebagai berikut:

Suction Assembly

Pengoperasian pada pompa yaitu dengan prinsip membuat perbedaan tekanan antara bagian hisap (*suction*) dan bagian tekan (*discharge*). Perbedaan pada tekanan tersebut dihasilkan dari sebuah mekanisme misalkan putaran roda impeler yang membuat keadaan pada sisi hisap hampir vakum. Perbedaan tekanan inilah yang nantinya mengisap cairan sehingga cairan dapat berpindah dari suatu reservoir ke tempat lain.

Strainer

Strainer merupakan suatu alat penyaring yang biasanya berada dibagian ujung selang hisap. Seperti pada strainer lainnya, strainer pada pompa juga digunakan untuk memisahkan kotoran aliran air yang masuk sehingga kotoran tersebut tidak dapat masuk ke dalam jaringan pada pipa hydrant.



Gambar 1. *Strainer* Pompa Air

Relief Valve Module

Valve atau katup pemisah merupakan bagian dari pompa yang berfungsi untuk memisahkan bagian hisap dan bagian pompa sehingga akan terjadi perbedaan tekanan dan terjadi pemisahan air. Selain sering terdapat di ruang kompresi mesin tertentu, valve juga terdapat pada ujung pipa yang berfungsi untuk menjaga ruangan agar ruangan pompa air akan terus teraliri air dan tidak terisi oleh udara.



Gambar 2. *Relief Valve Module*

Paddle Wheel Flowmeter

Flow rate meter atau *flow meter* merupakan suatu alat ukur yang biasanya digunakan untuk

mengukur laju aliran atau jumlah fluida yang bergerak mengalir dalam suatu pipa tertutup. Jenis fluida yang dapat terdeteksi oleh *flow meter* ini berupa cairan, gas, ataupun solid seperti air, lumpur, madu, kecap, cairan kimia, powder, bahkan biji-bijian (Mardani, 2016). Aplikasi flow meter banyak digunakan untuk mengatur berbagai karakter aliran seperti, kecepatan aliran, kapasitas aliran, volume, atau massa *flow* yang berupa berat fluida.



Gambar 3. *Flow Rate Meter*

Pompa Sentrifugal

Pompa sentrifugal merupakan salah satu jenis pompa yang digunakan untuk memindahkan cairan dengan memanfaatkan gaya sentrifugal yang dihasilkan pada impeler. Jenis pompa ini termasuk ke dalam jenis pompa tekanan dinamis, dimana pompa sentrifugal ini memiliki suatu impeler yang memiliki fungsi untuk mengangkat fluida dari tempat yang rendah ke tempat yang tinggi (Ubaidillah, 2016).



Gambar 4. Pompa Sentrifugal dengan Cover

Pompa sentrifugal terdiri dari sebuah impeller yang berputar di dalam rumah stasioner (pilin). Cairan yang masuk pada pusat impeller akan dikumpulkan oleh baling-baling pada impeller yang kemudian dapat dipercepat dengan kecepatan tinggi dan dikeluarkan secara radial dari pilin dengan gaya sentrifugal.

Variable Frequency Drive (VFD)

Pada dasarnya, kecepatan beban yang digerakkan seringkali bervariasi dengan operasi yang dilakukan. Dalam memvariasikan kecepatan motor induksi yang dapat menggerakkan beban ini yang disebut dengan *Variable Frequency Drive (VFD)*. *Variable Frequency Drive* terdiri dari konverter daya elektronik yang dapat mengubah input daya AC frekuensi konstan menjadi output

frekuensi variabel (Johar, dkk, 2021). Kecepatan pada motor induksi ini sangat bervariasi secara proporsional dengan suatu frekuensi keluaran *Variable Frequency Drive (VFD)*.



Gambar 5. Variable Frequency Drive (VFD)

Digital Pressure Gauge

Digital Pressure Gauge adalah suatu alat yang digunakan untuk menentukan tekanan. Cara kerja dari alat ini sendiri yaitu dengan mengonversikan nilai yang ada dari sensor tekanan yang diubah dan ditampilkan pada *display*. Banyak sekali fungsi dari *Digital Pressure Gauge* ini seperti digunakan untuk mengukur tekanan tiup, tekanan hisap, tekanan rendah ataupun tekanan tinggi yang disesuaikan dengan kebutuhannya (Afifah, dkk, 2019).



Gambar 6. Digital Pressure Gauge

Motor Induksi

Motor induksi pada umumnya yang sering digunakan adalah motor induksi tiga fasa dan satu fasa. Motor induksi tiga fasa banyak digunakan di dunia industri dengan kapasitas yang besar dan dioperasikan pada sistem tiga fasa. Sedangkan, untuk motor induksi satu fasa sendiri biasanya digunakan untuk peralatan rumah tangga, seperti lemari es, kipas angin, dan pompa air, karena pada motor induksi satu fasa ini mempunyai daya keluaran yang relatif rendah.

Fluksi pada stator biasanya konstan nilainya dengan kecepatan medan putar pada stator dapat dituliskan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

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

Keterangan :

N_s = Kecepatan putaran pada stator (rpm)

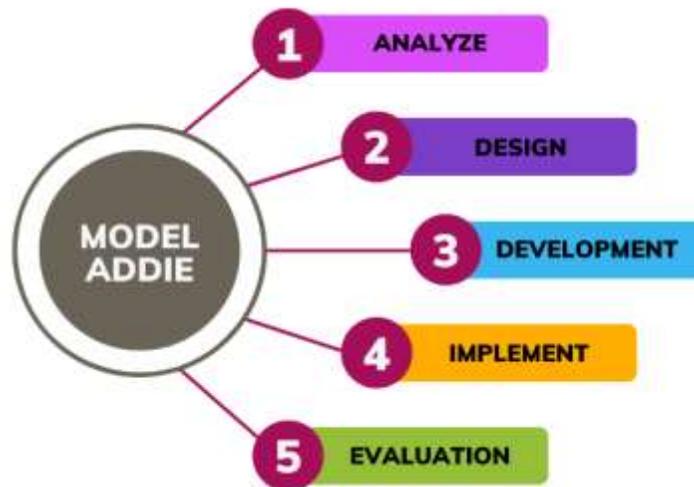
f = Frekuensi (Hz)

P = Jumlah kutub

Putaran motor yang bergerak relatif konstan ini menimbulkan konsumsi daya yang cukup besar. Oleh sebab itu, Tagihan listrikpun berdampak selaras dengan konsumsi daya yang meningkat. Upaya untuk mengurangi permasalahan perputaran motor induksi listrik 3 fasa adalah dengan mengatur kecepatan putaran motor induksi listrik 3 fasa. Hal tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan salah satu jenis *Inverter* yaitu *Variable Frequency Drive* (VFD).

METODE

Dalam melakukan penelitian ini, Penulis menggunakan metode *Research and Development* dengan model desain pengembangan ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation*). Model desain ADDIE ini memiliki tahapan-tahapan desain sistem yang sederhana. Model ini seperti dengan namanya terdiri dari lima tahap utama yaitu *Analysis* (Analisis), *Design* (Desain), *Development* (Pengembangan), *Implementation* (Implementasi), dan *Evaluation* (Evaluasi). Teknik pengambilan data ini bersumber dai jurnal dan buku. Alur skema praktik industri dengan model pengembangan ADDIE dapat dilihat pada Gambar. 7 sebagai berikut.



Gambar 7. Model ADDIE

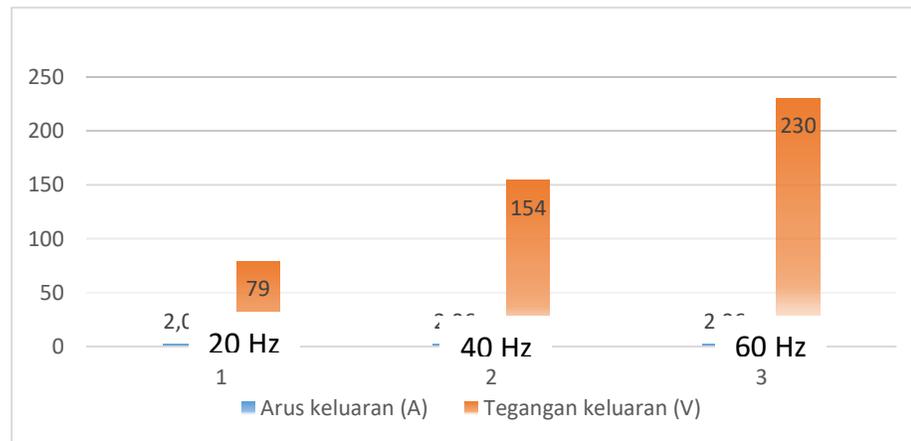
Penulis melakukan penelitian dimulai dengan melakukan analisis , dimana pada tahap analisis ini dilakukan analisis materi yang relevan serta pengkajian literatur materi untuk pengembangan secara sistematis dan intensif terkait masalah yang mencakup materi mengenai motor listrik tiga fasa, *Variable Frequency Drive* (VFD), pompa sentrifugal, cara pengendalian dan *troubleshooting* pada trainer. Setelah materi dianalisis dan dikaji ulang agar materi dan penelitian yang dilakukan dapat sesuai. Kemudian, pada tahap desain (*design*) penulis mulai mengkaji dan menganalisis materi dengan perencanaan pengambilan konten untuk dibahas mengenai *Variabel Frequency Drive* (VFD). Bersamaan dengan pemilihan konten yang akan

frekuensi terendah (frekuensi minimum) hingga mencapai frekuensi maksimum yang tertera pada nam plate motor. Adapun pengujian pertama kali ini yaitu untuk menentukan arus dan tegangan keluaran yang dihasilkan oleh *Variable Frequency Drive* (VFD) dengan hasil data yang di dapatkan yaitu:

Tabel 1. Arus dan Tegangan Keluaran pada Variasi Frekuensi

Frekuensi Keluaran (Hz)	20	40	60
Arus keluaran (A)	2.06	2.06	2.06
Tegangan keluaran (V)	79.0	154.0	230.0

Dari data yang didapatkan dapat terlihat perbedaan nilai tegangan keluaran yang dihasilkan bahwa semakin besar nilai frekuensi dalam pengaturan *Variable Frequency Drive* (VFD), maka nilai tegangan keluaran yang dihasilkan juga semakin besar. Dapat dilihat secara lebih terinci perbandingan nilai tegangan keluaran pada masing-masing variasi frekuensi pada Gambar. 9 berikut.



Gambar 9. Perbandingan Nilai Tegangan Pada Variasi Frekuensi

Pada pengaturan laju frekuensi menggunakan *Variable Frequency Drive* (VFD) sebagai pengaturan kecepatan motor sekaligus pembatas agar motor induksi tidak melampaui arus yang ditentukan atau diuji. Pengujian pengaturan kecepatan dengan menggunakan rumus putaran pada motor induksi ini menggunakan rumus berikut.

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

Dengan, N_s = Kecepatan sinkron motor (rpm)

F = Frekuensi (Hz)

P = Jumlah Kutub

Pengaturan frekuensi pada motor induksi tiga fasa Marathon menggunakan *Variable Frequency Drive* (VFD) yang ketiga dengan diketahui pengaturan frekuensi sebesar 20 Hz dengan jumlah kutub yang ada di motor induksi sebanyak 2. Maka didapatkan nilai sebagai berikut:

$$\begin{aligned} N_s &= \frac{120 \times f}{p} \\ &= \frac{120 \times 20}{2} \\ &= 1200 \text{ rpm} \end{aligned}$$

Kemudian, pengaturan frekuensi pada motor induksi tiga fasa Marathon menggunakan *Variable Frequency Drive* (VFD) dengan diketahui pengaturan frekuensi sebesar 40 Hz dengan jumlah kutub yang ada di motor sebanyak 2. Didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} N_s &= \frac{120 \times f}{p} \\ &= \frac{120 \times 40}{2} \\ &= 2400 \text{ rpm} \end{aligned}$$

Pengaturan frekuensi pada motor induksi tiga fasa Marathon menggunakan *Variable Frequency Drive* (VFD) yang ketiga dengan diketahui pengaturan frekuensi sebesar 50 Hz dengan jumlah kutub yang ada di motor induksi sebanyak 2. Didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} N_s &= \frac{120 \times f}{p} \\ &= \frac{120 \times 50}{2} \\ &= 3000 \text{ rpm} \end{aligned}$$

Pengaturan frekuensi pada motor induksi tiga fasa Marathon menggunakan *Variable Frequency Drive* (VFD) yang terakhir dengan diketahui pengaturan frekuensi sebesar 60 Hz dengan jumlah kutub yang ada di motor sebanyak 2. Didapatkan nilai sebagai berikut:

$$\begin{aligned} N_s &= \frac{120 \times f}{p} \\ &= \frac{120 \times 60}{2} \\ &= 3600 \text{ rpm} \end{aligned}$$

Setelah pengujian pertama dilakukan, penulis mulai mengatur frekuensi pada *Variable Frequency Drive* (VFD) pada kecepatan minimum 20 Hz dan mengatur ulang kembali VFD untuk mencapai frekuensi maksimum menjadi 60 Hz dengan menyetel waktu akselerasi pada 60 s. VFD ini akan mengukur waktu yang dibutuhkan untuk mencapai frekuensi maksimum. Hasil kecepatan motor untuk nilai frekuensi keluaran ditunjukkan pada Tabel 2. berikut ini.

Tabel 2. Kecepatan Motor dengan Variasi Keluaran Frekuensi

Output Frekuensi (Hz)	20	40	50	60
Kecepatan (r/min)	1150	2300	2875	3450

Kecepatan sinkron pada motor induksi bergantung pada frekuensi input. Agar menjaga kecepatannya tetap konstan, maka tegangan dan frekuensi input variasi harus sama dan sebanding. Apabila frekuensi dibuat dua kali, maka frekuensi juga dibuat dua kali. Ketika frekuensi dan tegangan input dinaikkan, maka kecepatan pada motor juga akan semakin cepat. Dalam hal ini, faktor penting dalam kecepatan motor adalah torsi yang konstan nilainya. Ketika kecepatan motor dinaikkan diharapkan torsi juga akan konstan atau stabil sehingga kekuatan motor tersebut akan menarik atau memutar beban tetap sama walaupun kecepatan motor diubah-ubah.

Pengujian selanjutnya yaitu pengukuran laju aliran dan tekanan pada outlet pompa sentrifugal dalam kondisi sedang beroperasi. Karena sebagian besar pompa sentrifugal tidak dapat memompa udara, pompa tersebut harus disiapkan untuk beroperasi. *Priming* pompa dilakukan

untuk mengeluarkan udara dari pompa dan saluran hisap dengan mengisi area pompa dengan air.

Setelah air berhenti dengan kondisi makin rendah dari tangki, tutup katup dengan memutar pegangan searah jarum jam. Ketika poros pompa sentrifugal menghadap poros motor, arah putaran harus diatur secara terbalik agar pompa dapat berputar ke arah yang benar. Saat pompa diletakkan di samping motor (digerakkan menggunakan sabuk dan katrol), arah putaran harus diatur ke depan. Pengukuran dari hasil uji yang dilakukan untuk mengukur laju aliran dan tekanan ditunjukkan pada Tabel 3. berikut ini.

Tabel 3. Laju Aliran dan Tekanan dari Frekuensi Keluaran (Kecepatan Pompa) dalam Satuan Internasional (SI)

Katup HV-4	Kondisi Terbuka		Kondisi Tertutup	
	30	60	30	60
Frekuensi Keluaran (Hz)	30	60	30	60
Laju Aliran (l/menit)	28.8	63.2	0	0
Tekanan (kPa)	8.3	56.5	33.8	149.6

Pengujian tersebut dilanjutkan dengan membandingkan percobaan untuk mengukur laju aliran dan tekanan pada outlet pompa sentrifugal saat pompa berputar ke arah normal (berbalik pada *Variable Frequency Drive*) dengan membuka katup HV-4 saat mengukur laju aliran dan tutup saat mengukur tekanan. Hasil uji yang dilakukan tercantum pada Tabel 4.

Tabel 4. Pengukuran Laju Aliran dan Tekanan dalam Arah Rotasi Normal dan Terbalik dalam Satuan Internasional (SI)

	Arah Putaran	
	Normal (Terbalik pada Variable Frequency Drive)	Terbalik/Inverse (Maju pada Variable Frequency Drive)
Laju Aliran (l/menit)	51.9	12.4
Tekanan (kPa)	101.4	24.1

Jika baling-baling tidak dikencangkan dengan benar ke dalam rakitan poros bantalan, baling-baling dapat terlepas selama pengoperasian. Dari hasil pengujian diatas dapat dikatakan bahwa pompa sentrifugal dapat memompa di kedua arah putaran. Tetapi, jauh lebih efisien ketika berputar pada arah rotasi norma (terbalik pada *Variable Frequency Drive*). Saat cairan yang

dikeluarkan meninggalkan pinggiran impeller, pengurangan tekanan terjadi pada mata impeller yang menyebabkan cairan baru masuk ke dalam pompa.

KESIMPULAN

Pengendalian kecepatan pada motor induksi tiga fasa dapat berpengaruh kepada kecepatan putar motor, laju aliran pada pompa, tekanan air, tegangan, serta arus yang dihasilkannya. Semakin besar nilai frekuensi yang diberikan maka, tegangan, aliran, serta tekanan pada sistem pompa juga semakin meningkat. Untuk menghindari permasalahan yang ada pada sistem pompa dapat dilakukan pengecekan rutin untuk mengetahui laju aliran dan tekanan yang rendah dengan dilakukan perawatan melihat dari *troubleshooting* yang ada.

PENGAKUAN/ACKNOWLEDGEMENTS

Penulis ucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu penelitian ini sehingga berjalan dengan lancar dan baik, khususnya kepada PT. Festo Indonesia yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan penelitian dan Dosen Pembimbing Praktik Industri, Bapak Didik Aribowo, S.T., M.T. yang telah memberikan bimbingannya dalam menyelesaikan laporan penelitian ini. Tak lupa pula untuk rekan-rekan Pendidikan Vokasional Teknik Elektro Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.

DAFTAR REFERENSI

- Afifah, S., & Rahmawati, T. (2019). *Prototipe Alat Ukur Komposisi Gas Utama Pada Ban Kendaraan Bermotor Menggunakan Sensor Oksigen Tipe ke 25* (Doctoral dissertation, Akademi Metrologi dan Instrumentasi).
- Eri, S., & Kevin, H. (2016). Pengaturan Kecepatan Putaran Motor Induksi 3 Fasa Dengan Inverter. *Jurnal Sains & Teknologi Fakultas Teknik*, 6 (2), 76-84.
- Johar, L. W., Djufri, S. U., & Matalata, H. (2021). Perancangan VFD Motor Induksi 1 Phase Untuk Pengaturan Awal Kecepatan Mobil Listrik. *Journal of Electrical Power Control and Automation (JEPCA)*, 4(2), 47-50.
- Mardani, M. (2016). Pembuatan alat ukur debit air menggunakan sensor aliran berbasis mikrokontroler Atmega328P. *Pillar Of Physics*, 8(2).
- Tanjung, A. (2018). Analisis Penggunaan Energi Listrik Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan Variable Speed Drive (VSD). *SainETIn: Jurnal Sains, Energi, Teknologi, dan Industri*, 2(2), 52-59.
- Ubaedilah, U. (2016). Analisa Kebutuhan Jenis dan Spesifikasi Pompa untuk Suplai Air Bersih di Gedung Kantin Berlantai 3 PT Astra Daihatsu Motor. *Jurnal Teknik Mesin Mercu Buana*, 5(3), 119-127.