

## **Sistem Kendali Kecepatan Motor Pompa *Booster* Menggunakan VFD dan Sensor Tekanan Berbasis Kendali Smart Relay**

**Eka Samsul Ma'arif**

Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Jakarta  
Jl. Cempaka Putih Tengah 27 No 47  
Email: eka.samsul@umj.ac.id

### **ABSTRAK**

*Kebutuhan pasokan air pada pabrik, gedung dan fasilitas lain adalah salah satu elemen vital dalam kegiatan produksi. Pompa booster merupakan salah satu jenis pompa yang digunakan sebagai penggerak utama dalam memasok air. Pola konsumsi air yang bervariasi menyebabkan pompa booster harus bekerja menyesuaikan permintaan air. Kerja motor induksi 3 fasa sebagai penggerak pompa dengan pengoperasian on/off secara berulang-ulang menyebabkan terjadinya lonjakan arus saat starting. Selain itu, motor yang selalu bekerja pada kecepatan penuh akan mengonsumsi energi listrik lebih besar dengan potensi over supply air. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan pengaturan kecepatan motor pompa booster agar berputar tidak harus pada kecepatan maksimumnya, namun dengan kecepatan sesuai dengan kebutuhan pasokan air. Kecepatan putaran diatur dengan menggunakan VFD yang dikontrol frekuensi keluarannya menggunakan smart relay Zelio. Pressure sensor digunakan sebagai pembaca nilai volume air pada pipa distribusi dengan interface ADC, sehingga smart relay dapat memberikan nilai frekuensi motor sesuai dengan kebutuhan untuk menjaga volume air sesuai dengan standar. Hasil pengembangan program menunjukkan nilai pembacaan sensor tekan dan memiliki tingkat rata-rata simpangan 2,8%. Sistem kendali yang dirancang telah dapat melakukan pasokan air dengan kecepatan motor Pompa 1 dan 2 yang bervariasi sesuai kebutuhan air antara 0–50 Hz, dengan jeda kenaikan 30 detik. Kebutuhan air pada beban rendah dapat tercukupi oleh motor pompa 1 frekuensi tertinggi 40 Hz. Kebutuhan air pada beban sedang dapat tercukupi oleh motor pompa 1 dengan frekuensi operasi 50 Hz dan kombinasi pompa 2 dengan frekuensi tertinggi 40 Hz. Kebutuhan air pada beban penuh belum tercukupi pada jam tertentu walaupun telah menggunakan 2 buah pompa dengan frekuensi 50 Hz..*

**Kata kunci:** motor induksi 3 fasa, pompa *booster*, variable frequency driver, smart relay, pressure sensor

### **ABSTRACT**

Water supply in factories, buildings and other facilities is one of the vital elements in production activities. A booster pump is one type of pump that is used as the main driver in supplying water. Varied water consumption patterns cause the booster pump to work according to water demand. The work of a 3-phase induction motor as a pump driver with repeated on/off operation causes a current surge when starting. In addition, a motor that always works at full speed will consume more electrical energy with the potential for over supplying water. This article describes setting the speed of the booster pump motor so that it does not have to rotate at its maximum speed, but at a speed according to the needs of the water supply. The rotation speed is regulated using a VFD whose output frequency is controlled using a Zelio smart relay. The pressure sensor is used as a reader of the water volume value in the distribution pipe with the ADC interface, so that the smart relay can provide the motor frequency value according to the need to maintain the water volume according to the standard. The results of the program development show the pressure sensor reading value and have an average deviation level of 2.8%. The control system designed has been able to supply water with Pump 1 and 2 motor speeds that vary according to water needs between 0–50 Hz, with a 30 second increment delay. Water requirements at low loads can be met by pump motor 1 with the highest frequency of 40 Hz. Water needs at medium load can be fulfilled by pump motor 1 with an operating frequency of 50 Hz and a combination of pump 2 with the highest frequency of 40 Hz. The need for water at full load has not been fulfilled at certain hours even though it has used 2 pumps with a frequency of 50 Hz.

**Keywords:** 3-phase induction motor, booster pump, variable frequency driver, smart relay, pressure senso

## 1 LATAR BELAKANG

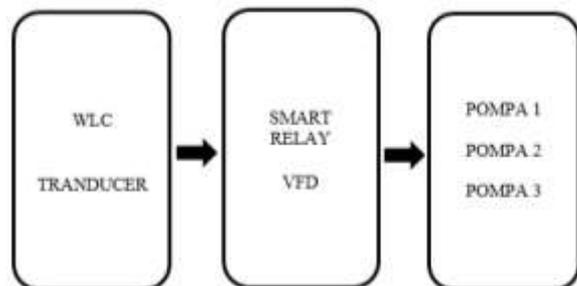
Kebutuhan air bersih merupakan unsur yang terpenting untuk kelangsungan hidup, sehingga hal ini merupakan dasar pengelola fasilitas gedung atau bangunan untuk menyediakan ketercukupan air bagi konsumen. Pompa *booster* merupakan salah satu jenis pompa dengan tipe pendorong yang umumnya digunakan untuk memasok air pada fasilitas bangunan bertingkat. Pompa ini digerakkan dengan menggunakan motor induksi 3 fasa [1]. Permintaan pasokan air yang bervariasi membuat motor induksi harus bekerja menggerakkan pompa. Kerja motor induksi secara on/off dengan kecepatan penuh menyebabkan lonjakan arus yang terjadi saat proses starting, dan memerlukan konsumsi energi listrik yang besar. Motor induksi 3 fasa sebagai penggerak pompa *booster* sejatinya dapat diatur kecepatan dan torsi untuk memenuhi kebutuhan gerak berputar. Untuk dapat meningkatkan efisiensi penggunaan energi listrik, motor tersebut harus dapat dikendalikan kecepatannya pada nilai-nilai tertentu. Sehingga proses starting motor lebih halus dan motor tidak selalu berputar dengan kecepatan penuh [3]. Kecepatan putaran motor tersebut diatur dengan menggunakan variable frequency driver (VFD) melalui variasi nilai frekuensi listrik yang disalurkan pada motor, sehingga motor tidak selalu mengonsumsi arus secara maksimal, namun bervariasi sesuai kecepatan putaran. Nilai frekuensi yang dikeluarkan VFD dapat diatur menggunakan signal analog yang bersumber dari signal generator atau sistem kendali yang dapat menghasilkan signal analog seperti programmable controller. Salah satu jenis programmable controller yang jamak digunakan di industri adalah PLC (Programmable Logic Controller). Penggunaan PLC mencakup banyak penggunaan seperti pengaturan mesin-mesin produksi dan motor listrik [3]. Risiko Anda Rangkuti melakukan pengaturan VFD menggunakan signal digital PLC yang dikonversi menjadi besaran tegangan analog dengan rangkaian digital to analog converter (DAC). Sistem ini mampu melakukan pengaturan kecepatan motor pada beberapa nilai frekuensi [4].

Penelitian ini memaparkan sistem kendali 2 unit motor induksi 3 fasa penggerak pompa *booster* dengan menggunakan VFD yang dikendalikan oleh *Zelio smart relay*. *Smart relay* adalah suatu alat kendali menyerupai PLC yang dapat diprogram dengan menggunakan ladder diagram ataupun FBD (Function Blok Diagram) yang bisa digunakan untuk proses otomatisasi. *Smart relay* dapat menggantikan logika pengerjaan sirkuit kontrol relay yang merupakan instalasi langsung. Dengan menggunakan smart relay ini maka rangkaian

kontrol yang sebelumnya menggunakan relay akan jauh lebih sederhana [5]. *Smart relay* juga dapat mengeluarkan nilai tegangan analog yang diperlukan dalam pengendalian VFD. Referensi *set point* pengaturan kecepatan diperoleh dari pembacaan nilai tekanan air oleh pressure sensor yang menggambarkan *volume* pasokan air. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan kestabilan pasokan air dan menurunkan penggunaan energi listrik pada motor penggerak pompa dengan menyesuaikan kecepatan putaran terhadap kebutuhan pasokan air.

## 2 METODOLOGI

Penelitian dilakukan pada fasilitas *utility* untuk memasok air di PT. Indobara Bahana. Gambar 1 menunjukkan diagram sistem pengaturan motor pompa.



Gambar 1. Diagram sistem pengaturan motor.

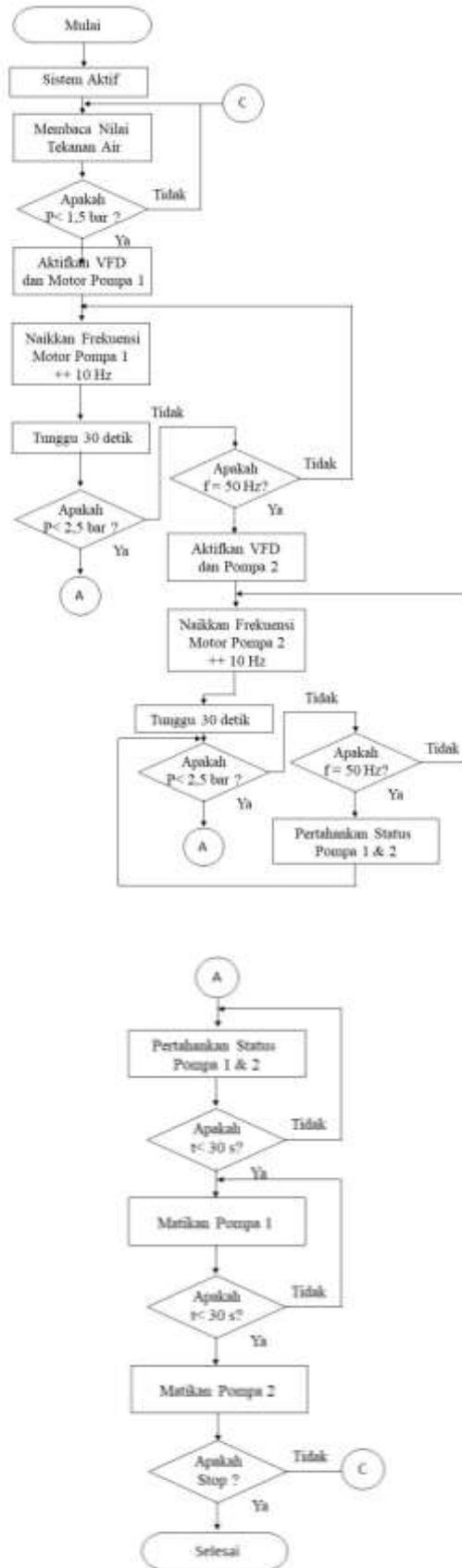
Sistem kendali terdiri dari Water Level Control (WLC) sebagai perangkat input untuk mengindikasikan level air pada kolam penampungan sementara [6]. Transducer adalah *pressure sensor* yang memberi signal analog untuk mengetahui nilai tekanan air. Nilai tekanan air mewakili *volume* air yang ada pada pipa distribusi [7]. Nilai volume air yang terbaca oleh *smart relay* memberikan masukan bagi pengaturan VFD dan jumlah motor yang harus diaktifkan, dan berapa nilai frekuensi pengoperasian motor untuk mendapat tekanan yang standar. Standar tekanan yang diperlukan adalah 2,5 bar untuk memenuhi volume dengan potensi debit 17 L/s. Sistem menggunakan 3 buah pompa, yaitu 1 pompa sebagai operasi *primer* pemasok utama, 1 pompa sebagai *back up* saat pompa utama tidak dapat memenuhi tekanan standar, dan 1 pompa *stand by* yang diistirahatkan untuk keperluan pemeliharaan. Peran 3 pompa secara bergantian diatur penjadwalannya secara manual. Gambar 2 adalah *flowchart* pengaturan sistem pompa.

Saat tekanan pada pipa distribusi turun hingga 1,5 bar, maka menggambarkan nilai volume turun atau potensi debit pasokan yang dimiliki oleh pipa

distribusi turun. Pompa 1 diaktifkan dengan diberikan nilai frekuensi secara bertahap dengan interval 10 Hz dari 0–50 Hz untuk mencapai nilai 2,5 bar. Saat tekanan 2,5 bar terpenuhi pada frekuensi tertentu, maka nilai tersebut dipertahankan. Namun jika belum terpenuhi, maka nilai frekuensi terus dinaikan hingga 50 Hz. Saat Pompa 1 telah mencapai frekuensi 50 Hz namun tekanan belum mencapai 2,5 bar, hal ini mengindikasikan penggunaan air oleh pelanggan sangat tinggi, sehingga Pompa 2 harus diaktifkan dengan cara pengaturan putaran seperti pada Pompa 1. 30 detik Setelah tekanan tercapai, pompa akan dimatikan secara bertahap diawali dengan Pompa 2, kemudian Pompa 1.

Pengaturan VFD dan kecepatan motor dilakukan oleh smart relay dengan output digital sebagai pemicu on/off VFD dan output analog sebagai pengatur nilai frekuensi [8]. Gambar 3 menunjukkan diagram penyambungan output *smart relay* pada VFD. Relay X9 dan X10 dikendalikan oleh signal output digital yang digunakan sebagai pengatur signal on/of VFD. Output analog QB dan QC memberi nilai tegangan analog dengan rentang 0-10V pada terminal Analog Input VFD, untuk dikonversi menjadi keluaran frekuensi 0-50%.

Sensor tekanan memberikan signal analog arus 4-20 mA yang diterima oleh modul *Analog to Digital Converter (ADC) smart relay*. Nilai variable arus terbaca sebagai besaran digital pada resolusi ADC 0-1023 [9]. Pembacaan nilai dilakukan dengan melakukan *scaling* nilai digital untuk mendapatkan nilai pembacaan tekanan. Gambar 4 adalah pengaturan skala dengan metode *gain*.



Gambar 2. Flowchart pengendalian pompa .





Gambar 7. Panel kontrol sistem pengaturan motor pompa

Tabel 1. Klasifikasi waktu penggunaan air.

No	Jam Operasional	Jenis Beban
1	06.00-09.00	Rendah
2	09.00-11.00	Sedang
3	11.00-14.00	Penuh
4	14.00-16.00	Sedang
5	16.00-17.00	Penuh
6	17.00-19.00	Sedang
7	19.00-21.00	Rendah

Pengujian awal dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi pembacaan sensor tekanan yang dilakukan oleh *smart relay* dibandingkan dengan nilai pada *pressure gauge*. Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali pada masing-masing beban rendah, sedang dan penuh. Hasil pengujian ditunjukkan oleh Tabel 2. Hasil pengujian menunjukkan simpangan rata-rata pada pembacaan sensor tekanan adalah 2,13 %.

Tabel 2. Penilaian simpangan pembacaan tekanan (bar).

No	Nilai Pressure Gauge (A)	Data Smart Relay (B)	Simpangan  A-B	% Simpangan
<b>Beban Rendah</b>				
1	2,2	2,2	0	0
2	2,5	2,4	0,1	4
3	2,3	2,3	0	0
4	1,5	1,6	0,1	6,7
5	1,8	1,8	0	0

<b>Beban Sedang</b>				
1	2,1	2,0	0,1	4,7
2	1,9	1,9	0	0
3	1,8	1,7	0,1	5,6
4	2,0	2,0	0	0
5	2,1	2,0	0,1	4,7
<b>Beban Sedang0</b>				
1	1,9	1,9	0	0
2	1,8	1,8	0	0
3	1,6	1,5	0,1	6,25
4	2,0	1,9	0,1	5
5	2,1	2,0	0,1	4,7
<b>Rata-rata</b>			<b>0,053</b>	<b>2,8</b>

Pengujian berikutnya saat sistem beroperasi dengan mengambil sampel dalam 1 hari, mulai jam 06.00 hingga jam 22.00.

Tabel 3. Pencatatan operasional pompa pada beban rendah

		Jam Operasional													
		6.00	6.15	6.30	6.45	7.00	7.15	7.30	7.45	8.00	8.15	8.30	8.45	9.00	
<b>Pompa 1</b>		OFF	OFF	OFF	OFF	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF	OFF	ON	ON	
	Frekuensi	-	-	-	-	20	30	30	40	-	-	-	30	30	
<b>Pompa 2</b>		OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	
	Frekuensi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Jam Operasional													
		19.00	19.15	19.30	19.45	20.00	20.15	20.30	20.45	21.00	21.15	21.30	21.45	22.00	
<b>Pompa 1</b>		ON	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF	ON	ON	OFF	OFF	OFF	
	Frekuensi	30	30	30	40	40	40	-	-	30	40	-	-	-	
<b>Pompa 2</b>		OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	
	Frekuensi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Pada Tabel 3 dapat diketahui bahwa kebutuhan pasokan air dalam waktu beban rendah dapat dipenuhi oleh Pompa 1 dengan frekuensi kerja minimum pada 20 Hz dan maksimum pada 40 Hz. Frekuensi operasi pompa terbanyak pada nilai 30 Hz.

Tabel 4. Pencatatan operasional pompa pada beban sedang

		Jam Operasional								
		9.00	9.15	9.30	9.45	10.00	10.15	10.30	10.45	11.00
<b>Pompa 1</b>	Frekuensi	ON	ON	ON	OFF	OFF	OFF	ON	ON	ON
		40	50	50	-	-	-	30	50	50
<b>Pompa 2</b>	Frekuensi	OFF	OFF	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	ON
		-	-	30	-	-	-	-	-	30

		Jam Operasional								
		14.00	14.15	14.30	14.45	15.00	15.15	15.30	15.45	16.00
<b>Pompa 1</b>	Frekuensi	ON	ON	ON	OFF	ON	ON	ON	OFF	ON
		50	50	50	-	30	40	50	-	50
<b>Pompa 2</b>	Frekuensi	OFF	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	ON
		-	30	-	-	-	-	30	-	30

		Jam Operasional								
		17.00	17.15	17.30	17.45	18.00	18.15	18.30	18.45	19.00
<b>Pompa 1</b>	Frekuensi	ON	ON	OFF	OFF	OFF	ON	ON	OFF	OFF
		20	50	-	-	-	40	50	-	-
<b>Pompa 2</b>	Frekuensi	OFF	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	OFF
		-	30	-	-	-	-	20	-	-

Pada Tabel 4 dapat diketahui bahwa kebutuhan pasokan air dalam waktu beban sedang belum dapat dipenuhi oleh Pompa 1 yang bekerja hingga frekuensi 50 Hz. Pompa 2 mendukung dengan frekuensi kerja minimum pada 20 Hz dan maksimum pada 50 Hz. Frekuensi operasi Pompa 2 terbanyak pada nilai 30 Hz.

Tabel 5. Pencatatan operasional pompa pada beban penuh

		Jam Operasional												
		11.00	11.15	11.30	11.45	11.00	11.15	12.30	12.45	13.00	13.15	13.30	13.45	14.00
<b>Pompa 1</b>	Frekuensi	OFF	OFF	ON	ON	ON	OFF	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF	ON
		-	-	30	40	50	-	50	50	50	50	-	-	50
<b>Pompa 2</b>	Frekuensi	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF	ON
		-	-	-	-	30	-	50	50	50	50	-	-	50

		Jam Operasional				
		16.00	16.15	16.30	16.45	17.00
<b>Pompa 1</b>	Frekuensi	ON	ON	ON	OFF	OFF
		50	50	50	-	-
<b>Pompa 2</b>	Frekuensi	ON	ON	ON	OFF	OFF
		50	50	50	-	-

Pada Tabel 5 dapat diketahui bahwa kebutuhan pasokan air dalam waktu beban penuh belum dapat dipenuhi oleh kerja bersama antara Pompa 1 dan Pompa 2. Status pompa yang terus menerus yang bekerja hingga frekuensi 50 Hz. Hal ini menandakan tekanan dalam pipa tidak pernah mencapai 2,5 bar yang disebabkan penggunaan air yang tinggi oleh konsumen.

#### 4 KESIMPULAN

Sistem kendali pompa yang dirancang dan dibuat telah dapat melakukan pengaturan nyala pompa dan pengaturan kecepatan sesuai pembacaan nilai sensor tekanan air. Sensor tekanan air memiliki rata-rata

persentase simpangan 2,8%. Sistem pompa dapat memenuhi kebutuhan pasokan air pada beban rendah dengan mengoperasikan Pompa 1 pada frekuensi tertinggi 40 Hz. Sistem pompa dapat memenuhi kebutuhan pasokan air pada beban sedang dengan mengoperasikan Pompa 1 pada frekuensi 50 Hz dan Pompa 2 pada frekuensi tertinggi 40 Hz. Sistem pompa belum dapat memenuhi pasokan air di waktu-waktu tertentu dalam beban penuh, walaupun telah mengaktifkan Pompa 1 dan Pompa 2 dengan frekuensi 50 Hz.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] P.G. Chamdareno., And H. H. Ahmad, “Efisiensi Konsumsi Energi Listrik Pada Eskalator Menggunakan Inverter Dipusat Perbelanjaan,” Jurnal Resistor, Vol. 5 No. 1 e-ISSN : 2621-9700, p-ISSN : 2654-2684, 2021.
- [2] A. Deni, And R. I. Taqwa, “Analisis Kebutuhan Motor Listrik untuk Meningkatkan Efisiensi Waktu Tunggu Elevator,”. Jurnal Resistor, Vol. 4 No. 2 e-ISSN : 2621-9700, p-ISSN : 2654-2684, 2021.
- [3] E. S. Ma’arif, R. Aditya, and Budiyo,” Endplate Auto Feeder untuk Peningkatan Produktifitas Manhour pada Mesin Autoglue di PT FSCM,” Jurnal Resistor, Vol. 5 No. 1 e-ISSN : 2621-9700, p-ISSN : 2654-2684, 2022.
- [4] R. A. Rangkuti, Atmam, E. Zondra, “Studi Pengaturan Kecepatan Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan Variable Speed Drive (VSD) Berbasis Programmable Logic Controller (PLC)”. Jurnal Teknik–Volume 14, Nomor1, Edisi April 2020, Halaman 121-128.
- [5] I. Setiadi dan I. Kustianto, “Otomatisasi Kontrol Pompa Ultrafiltrasi dan Pompa Tekanan Tinggi Reverse Osmosis pada Unit Air Siap Minum Menggunakan Schneider Zelio Smart Relay”. Pusat Teknologi Lingkungan, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. JRL. Vol. 14 No. 1, Juni – 2021: 49 – 59
- [6] A.M. Ulya, I P.E.D Nugraha, R. Agung. “Rancang Bangun Sistem Kendali Tinggi Muka Air pada Tandon dengan Water Level Control Omron 61F-G-AP Berbasis Internet of Things (IoT), Jurnal SPEKTRUM Vol. 11, No. 2 Juni 2024
- [7] A. Ridowi, R. Fatkhur Rizal, F. Yumono. “Prototype Kontrol Tekanan Air Menggunakan Sensor Pressure Transduser

untuk Kerja Pompa Air Berbasis Arduino.”  
Zetroem Vol 05. No 01 Tahun 2023.

- [8] D. Irawan, P. Murdiyat, Rusdiansyah. “Variable Frequency Drive (VFD) Berbasis Arduino Mega 2560 Sebagai Pengendali Motor Induksi 3 Fase”. PoliGrid Vol. 04 No. 02, Desember 2023.
- [9] H. Mahakim, M. Rifa’i, D Dewatama. “Perancangan Sistem SCADA Pada Kontrol Flow dan Pressure Dengan Metode PID.” Jurnal Elkolind Volume 8, Nomor 2, Juli 2021
- [10] M.N Laili, M.C. Bagaskoro, L. Gumilar, M.R. Faiz, Aripriharta. “Perancangan Kendali Motor Induksi Menggunakan Variable Speed Drive.” Jurnal Kajian Teknik Elektro - Vol. 8

