

MONITORING DAN SISTEM KONTROL VARIABLE SPEED DRIVE (VSD) SEBAGAI PENGENDALI MOTOR 3 FASA PADA CONVEYOR

Dimas Nur Prakoso
Program Studi Teknik Listrik
Politeknik Negeri Madiun
Kota Madiun, Indonesia
dimasnur@pnm.com

Basuki Winarno
Program Studi Teknik Listrik
Politeknik Negeri Madiun
Kota Madiun, Indonesia
basuki@pnm.ac.id

Budi Triyono
Program Studi Teknik Listrik
Politeknik Negeri Madiun
Kota Madiun, Indonesia
buditriyono@pnm.com

Abstrak— Pada penelitian dirancang sebuah sistem *monitoring* dan juga sistem kontrol untuk mengatur *variable speed drive* (VSD) jenis *Altivar 320* tipe *ATV320U22N4C*. Sedangkan untuk kontrol dan *monitoring* menggunakan *smart relay Zelio* tipe *SR2B201BD*. Sistem ini akan diaplikasikan untuk pengendali motor 3 fasa pada *conveyor* yang memiliki 3 pilihan kecepatan. Sistem dirancang jika sumber tegangan (*supply*) mengalami fluktuasi tegangan atau bahkan hilang pada salah satu fasa, sistem akan mematikan secara otomatis semua sistem yang berjalan dan akan menampilkan permasalahan apa yang terjadi pada *display* sebagai monitor. Selain itu sistem *monitoring* ini juga difungsikan untuk mengetahui bagian mana yang sudah siap maupun bagian mana yang belum siap untuk diberi perintah selanjutnya dan akan mengetahui permasalahan pada bagian mana yang mengalami kegagalan sistem. Sistem *monitoring* juga akan menampilkan pesan jika motor belum berjalan atau sudah berjalan dengan kecepatan yang telah ditentukan. Dari pengujian Rpm Motor yang dilakukan menggunakan *smart relay* yang memanfaatkan *analog input* pada VSD hasil yang didapatkan pada kecepatan pertama yaitu bernilai 910 Rpm dan dipengukuran *tachometer* bernilai 915 Rpm yang artinya memiliki selisih 5 Rpm, pada kecepatan kedua yaitu bernilai 1810 Rpm dan dipengukuran *tachometer* bernilai 1802 Rpm yang artinya memiliki selisih 8 Rpm dan pada kecepatan pertama yaitu bernilai 3000 Rpm dan dipengukuran *tachometer* bernilai 2990 Rpm yang artinya memiliki selisih 10 Rpm. Lalu untuk waktu tunda sistem mati jika fasa R – N pembacaan tegangan awalnya bernilai 225.7 V dan memiliki waktu tunda sistem mati selama 0.44 s, jika fasa S – N pembacaan tegangan awalnya bernilai 229.4 V dan memiliki waktu tunda sistem mati selama 0.56 s dan jika fasa T – N pembacaan tegangan awalnya bernilai 224.6 V dan memiliki waktu tunda sistem mati selama 0.43 s.

Kata kunci— *Smart Relay; Zelio; Variable Speed Drive / VSD; Monitoring.*

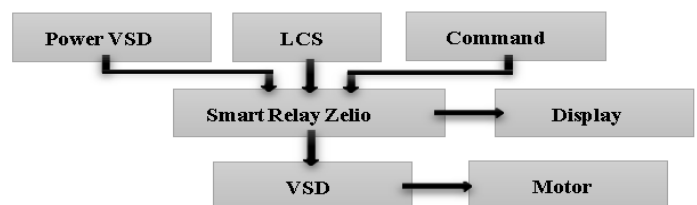
I. PENDAHULUAN

Teknologi di dalam dunia industri semakin hari kian semakin canggih. Pada industri dituntut untuk memiliki teknologi yang dapat menjalankan suatu operasional dengan serba otomatis dan dapat menghasilkan produk dalam jumlah besar dengan waktu yang singkat, salah satu teknologi yang diterapkan menggunakan *variable speed drive* (VSD)[1] atau *variable frekuensi drive* (VFD)[2] yang sering disebut dengan *inverter*. *Variable speed drive* merupakan suatu teknologi canggih[3] yang berfungsi sebagai pengendali kecepatan putar motor sekaligus berfungsi sebagai proteksi motor yang dapat dikontrol dan dimonitor di ruang kontrol proses produksi. *Variable speed drive* digunakan untuk mengatur kecepatan motor pada *conveyor*, *ID fan*, dan motor pada penghancur material[4].

Pada saat *over hours* atau *shut down*, pemasangan *variable speed drive* harus *running* dari awal sehingga siap untuk diintegrasikan dengan rangkaian kontrol pada proses produksi dan perangkat-perangkat lain. Pada rangkaian kontrol untuk *variable speed drive* sebagai pengendali motor[5] area 473FN3MO1 menggunakan *relay* elektromagnetik maupun *timer* konvensional. Pada penelitian ini akan dirancang sebuah "*monitoring* dan sistem kontrol *variable speed drive* sebagai pengendali motor 3 fasa pada *conveyor*" dalam bentuk prototipe menggunakan kontrol *smart relay*. Penggunaan *smart relay* ini diharapkan dapat menyederhanakan rangkaian kontrol pada VSD dan mengurangi biaya investasi untuk pembelian *relay* dan *timer* konvensional.

II. METODOLOGI

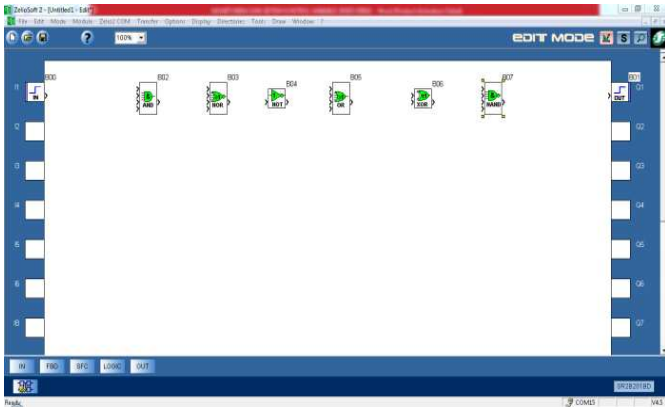
Diagram kerja dibuat untuk mempermudah memberi gambaran kepada pembaca yang akan mempelajari sistem yang telah dibuat.



Gambar 1. Diagram Kerja

Power VSD, *local control station (LCS)*, *command* (pilihan kecepatan 1-3) merupakan bagian-bagian yang akan digunakan sebagai *input* sistem kontrol. Untuk kontrol sistem yang digunakan yaitu *smart relay zelio* tipe *SR2B201BD*. Kemudian *output* dari *smart relay* akan ditampilkan pada *display* sebagai monitor dan juga akan digunakan sebagai *input* VSD untuk mengontrol kecepatan putar motor.

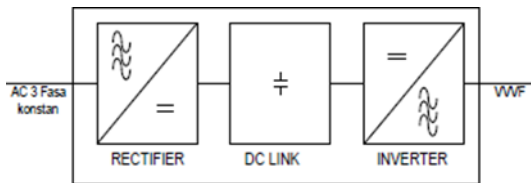
Smart relay bisa dikatakan sebagai keluarga PLC atau versi PLC mini, karena IO *smart relay* lebih sedikit dibandingkan PLC[6]. Pada seri *zelio SR2B201BD* memiliki 12 *input* (6 *digital input* dan 6 *analog input*) dan memiliki 8 *output relay*[7]. Kontrol ini dipilih karena lebih efisien dibandingkan dengan kontrol yang lain, karena sudah terdapat fitur *display* yang bisa digunakan untuk *monitoring*. *Smart relay* seri BD dapat diprogram menggunakan bahasa *Ladder*[8] atau *Fungsi Blok Diagram* (FBD) seperti pada gambar berikut.



Gambar 2. Fungsi Blok Diagram (FBD)

Selanjutnya untuk *variable speed drive* yang digunakan jenis *altivar 320* tipe *ATV320U22N4C*. VSD ini memiliki daya 2,2kW – 3HP dengan *rating input output* 380 – 500 V AC. Untuk arus *input* sebesar 8,7 A dan arus *output* sebesar 5,5 A.

Prinsip kerja dari *variabel speed drive* yang sederhana adalah sebagai berikut:



Gambar 3. Blok diagram *variable speed drive* 3 fasa

Dari gambar 3 merupakan blok diagram cara kerja *variable speed drive*, sehingga dapat dijelaskan dalam poin-poin berikut:

1. Tegangan yang masuk dari jala - jala 220/380 V dan frekuensi 50 Hz merupakan tegangan arus bolak-balik (AC)[9] dengan nilai tegangan dan frekuensi yang konstan. Kemudian dialirkan ke *board rectifier* penyearah DC. Jadi dari AC di jadikan DC. Jika penyearah yang digunakan adalah penyearah terkendali, maka tegangan DC nya bisa diatur (variabel).
2. Untuk meratakan tegangan DC, maka tegangan dimasukkan ke *DC link*. Komponen yang terdapat pada *DC link* berupa kapasitor atau induktor.
3. Tegangan DC kemudian diumpungkan ke rangkaian *inverter* untuk dijadikan AC kembali dengan frekuensi sesuai kebutuhan. Jadi dari tegangan DC diubah kembali ke tegangan AC 3 fasa. komponen *switching*-nya adalah semikonduktor aktif seperti IGBT atau mosfet.

VSD inilah yang nantinya akan dikontrol menggunakan *smart relay* dengan memanfaatkan *analog input* pada VSD (0-10 V DC). Jika motor dengan kecepatan 3000 Rpm dan akan dikontrol dengan 3 pilihan kecepatan yang telah ditentukan sebelumnya, maka untuk menentukan nilai sebagai *setpoint* kecepatan harus dihitung sebagai berikut :

Jika 10 VDC = 300 Rpm
 Maka : $\frac{3000Rpm}{1000mV} = 3000Rpm/mV$ (1)

Jika 100mV = 0.1 V
 Maka : $0.3 Rpm \times 100mV = 30Rpm/0.1 V$ (2)

Jadi setiap *input* 0,1 V pada *analog input* VSD akan menghasilkan kecepatan 30 Rpm pada motor *rating* 3000Rpm. Kemudian untuk mendapatkan nilai tegangan *input* untuk sesuai dengan Rpm yang diinginkan, harus menggunakan pembagi tegangan karena *output smart relay* seri *SR2B201BD* hanya berupa *relay*. Jika kecepatan 1 yang diinginkan 900Rpm, kecepatan 2 1800Rpm, dan kecepatan 3 nilai maksimal yaitu 3000Rpm. Untuk menentukan berapa nilai tegangan *input* VSD yang dibutuhkan sekaligus berapa nilai R yang digunakan sebagai pembagi tegangan dapat dihitung dengan persamaan berikut:

Kecepatan 800 Rpm
 $\frac{3000Rpm}{10v} = \frac{900Rpm}{x}$ (3)

$3000Rpm \cdot X = 9000Rpm/V$
 $X = \frac{9000Rpm/V}{3000Rpm}$
 $X = 3 V$

Kecepatan 800 Rpm
 $\frac{3000Rpm}{10v} = \frac{1800Rpm}{x}$ (4)

$3000Rpm \cdot X = 18000Rpm/V$
 $X = \frac{18000Rpm/V}{3000Rpm}$
 $X = 6 V$

Untuk mendapatkan kecepatan 900Rpm *analog input* VSD membutuhkan 3 V sedangkan kecepatan 1800Rpm *analog input* VSD membutuhkan 6 V. Selanjutnya untuk mendapatkan nilai tersebut harus menggunakan pembagi tegangan dari tegangan awal 10 V.

Kecepatan 1, *analog input* VSD 3 V.

$V_{out} = \frac{R1}{(R1 + R2)} \times V_{in}$ (5)
 $3V = \frac{100 \Omega}{(100 \Omega + R2)} \times 10 V$
 $3 V = \frac{1000 \Omega V}{(100 \Omega + R2)}$

$1000 \Omega V = 3 V(100 \Omega + R2)$
 $1000 \Omega V = 300 \Omega V + 3 V \cdot R2$
 $3 V \cdot R2 = 1000 \Omega V - 300 \Omega V$
 $3 V \cdot R2 = 700 \Omega V$
 $R2 = \frac{700 \Omega V}{3 V}$
 $R2 = 233,3 \Omega$

Kecepatan 2, analog input VSD 6 V

$$V_{out} = \frac{R_1}{R_2 + R_1} \times v_{in} \quad (6)$$

$$6V = \frac{100\Omega}{R_2 + 100\Omega} \times 10V$$

$$6V = \frac{1000\Omega V}{R_2 + 100\Omega}$$

$$1000.\Omega V = 6V(100.\Omega + R_2)$$

$$1000.\Omega V = 600.\Omega V + 6V.R_2$$

$$6V.R_2 = 1000.\Omega V - 600.\Omega V$$

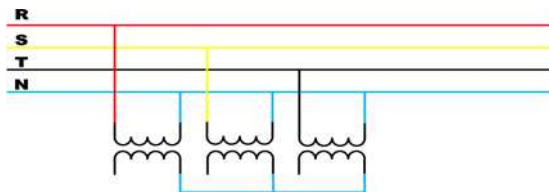
$$6V.R_2 = 400.\Omega V$$

$$R_2 = \frac{400\Omega V}{6V}$$

$$R_2 = 66.6\Omega$$

Jadi untuk mendapat nilai 3V dari input 10V, menggunakan pembagi tegangan dengan nilai R1 100 Ω dan R2 233,3 Ω. Sedangkan untuk mendapatkan nilai 6 V dari input 10 V, menggunakan pembagi tegangan dengan nilai R1 100 Ω dan R2 66,6 Ω.

Kemudian sensor tegangan 3 fasa menggunakan 3 buah trafo *stepdown* dengan konfigurasi *star* untuk menurunkan tegangan pada setiap fasa yang nantinya akan diubah menjadi 10 V DC dan menjadi *input analog smart relay*. Karena *input analog smart relay* maksimal 10 V DC, di dalam program harus dikalibrasi kembali sama seperti tegangan nyata pada setiap fasanya dan bisa ditampilkan pada *display smart relay*.



Gambar 4. Rangkaian Sensor Tegangan

Selanjutnya ditentukan berapa nilai untuk *setpoint fluctuation voltage*, *over voltage* maupun *under voltage* sesuai dengan *user* yang dikonfigurasi dalam program. Untuk *display monitoring* semua konfigurasi terdapat di dalam program FBD pada *smart relay zelio*.

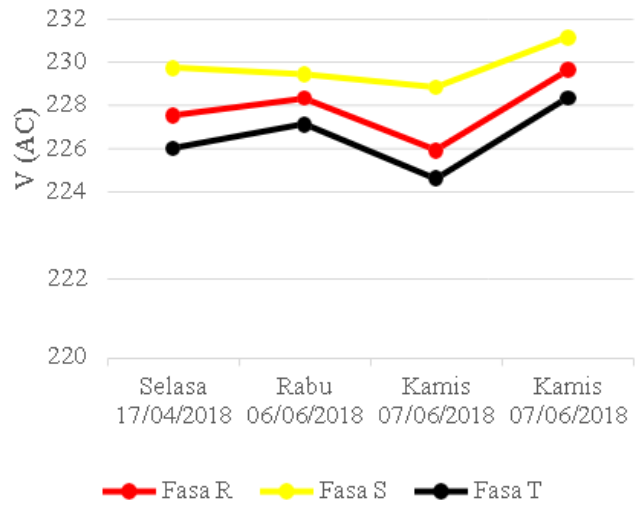
III. HASIL DAN ANALISA

Untuk melihat hasil dari alat, maka perlu adanya pengujian alat dan ada 6 pengujian yang dilakukan sebagai berikut:

1. Pengujian Sensor dan Tegangan

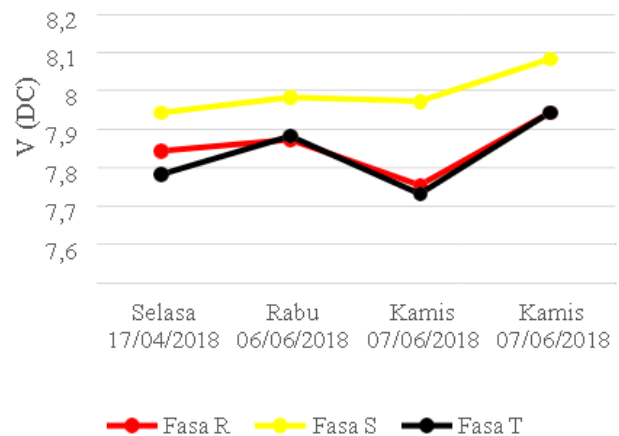
Sensor tegangan diuji apakah sudah bekerja sesuai dengan yang diharapkan. Untuk pengujian sensor tegangan menggunakan alat ukur *multimeter*. Kemudian yang diukur meliputi *input* trafo yang bernilai tegangan AC dan *output rectifier* yang bernilai tegangan DC. Pengambilan data dilakukan dalam beberapa *sampling* dihari yang berbeda dan juga ada dihari yang sama.

Input Sensor Tegangan



Gambar 5. Grafik Input Sensor Tegangan

Output Sensor Tegangan



Gambar 6. Grafik Output Sensor Tegangan

Dari grafik yang ditampilkan di atas dapat dilihat bahwa nilai tegangan berubah - ubah bahkan dalam hari yang sama terjadi perbedaan nilai tegangan yang lumayan tinggi. Hal itu semua terjadi karena sensor tegangan menggunakan konfigurasi *star*. Jadi setiap fasa dengan *netral* pasti memiliki nilai tegangan yang berbeda.

2. Kalibrasi Tegangan

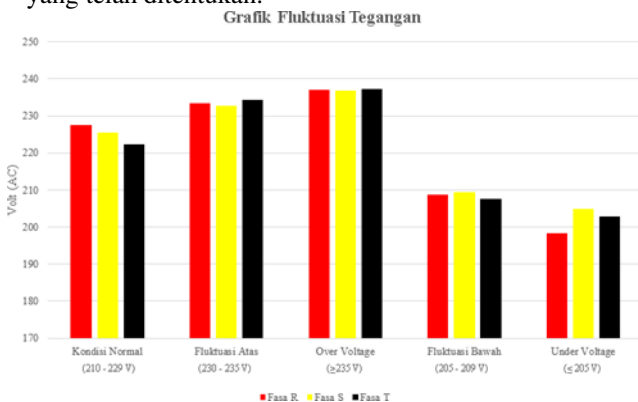
Input smart relay yang diterima dari sensor tegangan masih bernilai maksimal 10 V DC dan harus dikalibrasi kembali sama seperti tegangan nyata pada setiap fasanya. Kalibrasi dilakukan diprogram FBD *smart relay*. Hasil darikalibrasi dapat dilihat dalam tabel berikut ::

Tabel 1. Hasil Kalibrasi Tegangan

Fasa	Pembacaan Multimeter	Hasil Kalibrasi
R – N	228 V	229 V
S – N	229 V	230 V
T – N	224,4 V	225 V

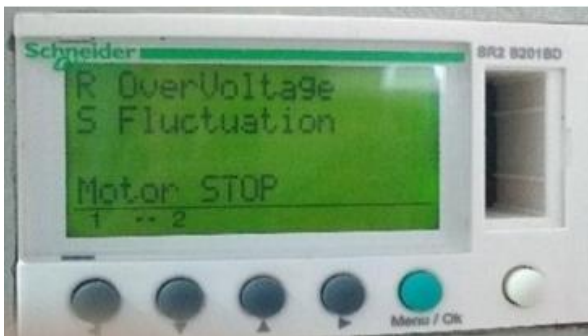
3. *Fluctuation Voltage*

Fluctuation voltage terjadi karena ketidak seimbangan tegangan pada setiap fasa[10]. Pengujian dilakukan menggunakan *voltage regulator* untuk menguji memberikan nilai tegangan apakah sistem sudah bekerja seperti *setpoint* yang telah ditentukan.



Gambar 7. Grafik Fluktuasi Tegangan

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan dengan mengatur tegangan pada *range* yang telah ditentukan, sistem dapat bekerja dengan baik dan akan langsung mematikan seluruh sistem jika terjadi *over voltage* dan *under voltage*. Selain itu *display* juga akan menampilkan pesan sesuai dengan permasalahan yang terjadi.



Gambar 8. Display Pesan Error

4. *Phase Loss*

Phase loss atau hilang fasa terjadi dalam sekejap[11], kemudian jika sistem mendeteksi hilang salah satu fasa akan langsung mematikan keseluruhan sistem yang berjalan. Tetapi dalam sistem yang dibuat terdapat kapasitor yang difungsikan untuk *filter* gelombang dari *rectifier AC to DC*. Selain untuk *filter*, kapasitor akan menghambat pembacaan hilang fasa atau menghasilkan waktu tunda sistem mati karena kapasitor sendiri

memiliki sifat menyimpan tegangan. Waktu tunda yang dihasilkan dari *error system* dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Waktu tunda sistem mati

Fasa	Pembacaan Awal Tegangan	Waktu Tunda Sistem Mati
R-N	225.7 V	0.44 s
S-N	229.4 V	0.56 s
T-N	224.6 V	0.43 s

5. Rpm Motor

Untuk mengetahui hasil kalibrasi apakah sudah sesuai dengan Rpm sebenarnya diperlukan pengujian RPM. Kecepatan motor atau Rpm (*Rotation Per Menit*) motor diuji menggunakan alat ukur *tachometer*. Rpm juga ditampilkan pada *display* dan sebelumnya juga telah dikalibrasi dalam program. Hasil pengujian dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil Kalibrasi Rpm

Kecepatan	Pembacaan Tachometer	Hasil Kalibrasi Rpm
Kecepatan 1	915 RPM	910 RPM
Kecepatan 2	1802 RPM	1810 RPM
Kecepatan 3	2990 RPM	3000 RPM

6. *Display*

Display yang digunakan sebagai *monitoring* akan menunjukkan bagian mana yang sudah *on* dan bagian manayang *off*. Selain itu *monitoring* juga akan menampilkan *error* atau permasalahan yang terjadi.

Tabel 3. Hasil Kalibrasi Rpm

Kondisi LCS	Pembacaan Tachometer	Hasil Kalibrasi Rpm
ON	OFF	LCS ON VSD OFF
OFF	ON	LCS OFF VSD ON
ON	ON	COMMAND READY



Gambar 9. Display Pesan Command Ready

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan akhir yang didapatkan dalam penelitian

pembuatan sistem *monitoring* dan sistem kontrol VSD menggunakan *smart relay zelio* dengan seri *zelio SR2B201BD* antara lain :

1. Berdasarkan pengujian dan pengamatan yang telah dilakukan, *smart relay zelio* sangat sensitif terhadap perubahan data *input* yang diterima. Seperti nilai tegangan dalam setiap fasa dengan *netral* dapat terbaca sesuai dengan *real input* yang diberikan. Jika ada perubahan nilai *input* akan langsung terbaca dan tanpa ada *delay* akan langsung diolah sesuai program.
2. Penggunaan kontrol *smart relay zelio* lebih mudah, ekonomis dan kuat dibandingkan dengan kontrol yang lain. Seperti terdapat *display* pada unit *smart relay* yang bisa digunakan sekaligus untuk *monitoring*.
3. Untuk proses kalibrasi masih kurang bagus karena menggunakan *range* yang kecil, 0 – 10 V DC yang akan di *convert* menjadi 8 bit (0-255).
4. Respon atau tindakan dari *smart relay zelio* masih kurang cepat jika digunakan untuk sistem proteksi.
5. Sensor tegangan didesain seperti rangkaian bintang (*star*) sehingga nilai tegangan fasa tidak sama.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. A. Nugroho, "Implementasi Sistem Kendali Variable Speed Drive Pada Inverter 3 Fasa Menggunakan Mikrokontrol At89S52," *Simetris J. Tek. Mesin, Elektro dan Ilmu Komput.*, vol. 9, no. 1, pp. 413–424, 2018.
- [2] Atmam, A. Tanjung, and Zulfahri, "Analisis Penggunaan Energi Listrik Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan Variable Speed Drive (VSD)," *SainETIn*, vol. 2, no. 2, pp. 52–59, 2018.
- [3] A. Kale, N. R. Kamdi, M. P. Kale, and P. A. A. Yeotikar, "a Review Paper on Variable Frequency Drive," *Int. Res. J. Eng. Technol.*, vol. 4, no. 1, pp. 1281–1284, 2017.
- [4] A. Sujatmiko, "Pengaturan Kecepatan Putaran Motor Induksi 3 Fasa dengan Labview Berbasis Ethernet PLC Omron Via Ethernet Omron CJ1M dan Labview," *J. Teknol. Elektro ; Mercuri Buana Univ.*, vol. 9, no. 2, pp. 58–72, 2018.
- [5] Asmeati and H. Abbas, "Analisis Total Preventive Maintenance dalam Meminimasi Downtime Tools Kritis dan Meningkatkan Reliability pada Mesin Finish Mill (Studi Kasus: PT. SBM)," *Pros. Semin. Nas. Rekayasa Mater. Sist. Manufaktur, dan Energi*, pp. 1–165, 2014.
- [6] S. W. Nasution, Muhaimin, and S. Azmi, "Rancang Bangun Stempel Otomatis Dan Penghitung Produksi Barang Menggunakan Elektro Pneumatik Berbasis Smart Relay SR2B121FU," *Tektro*, vol. 3, no. 1, 2019.
- [7] H. B. Niranjan Banik, Adam Koesoemadinata, Charles Wagner, Charles Inyang, "No Title Стационарная медицинская помощь (основы организации)," pp. 25–37, 2013.
- [8] D. Yuhendri, "Penggunaan PLC Sebagai Pengontrol Peralatan Building Automatis," *J. Electr. Technol.*, vol. 3, no. 3, pp. 121–127, 2018.
- [9] P. Raflesia and V. S. Drive, "ANALISIS PERUBAHAN

BEBAN TERHADAP ARUS LISTRIK PADA MOTOR INDUKSI 3 FASA DENGAN KENDALI VSD DI LABORATORIUM CENTER OF EXCELLENCE SMK NEGERI 1 REJANG LEBONG SMKN 1 Rejang Lebong , 2 Politeknik Raflesia , 3 Politeknik Raflesia," vol. 2, no. 1, pp. 1–5, 2022.

- [10] F. Rahman, A. Saleh, and D. K. Setiawan, "Pengendalian Tegangan Inverter 3 Fasa Menggunakan Space Vector Pulse Width Modulation (SVPWM) Pada Beban Fluktuatif," *Berk. Sainstek*, pp. 12–16, 2014.
- [11] P. P. Rezky, O. Penangsang, and N. K. Aryani, *Studi Analisa Stabilitas Transien Sistem Jawa-Madura-Bali (Jamali) 500kV Setelah Masuknya Pembangkit Paiton 1000 MW Pada Tahun 2021*, vol. 5, no. 2. 2016.