

KENDALI KECEPATAN MOTOR INDUKSI MENGGUNAKAN VARIABLE SPEED DRIVE BERBASIS SOFT PLC

Adibya Rizaldy¹, Ibrahim Nawawi², Hery Teguh Setiawan³

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tidar

Jln. Kapten Suparman 39 Potrobangsari, Magelang Utara

adibyarizaldy@gmail.com¹, ibrahimnawawi@untidar.ac.id², heryteguh@untidar.ac.id³

INTISARI

Penelitian ini berfokus pada perancangan sebuah sistem Soft PLC untuk memberi instruksi kepada variable speed drive untuk mengatur kecepatan berdasarkan frekuensi yang diatur pada sistem Soft PLC. Sistem Soft PLC yang diintegrasikan dengan mikrokontroler dan variable speed drive sebagai penerima dan menjalankan sebuah instruksi yang diterima dari Soft PLC. Soft PLC memberi instruksi dalam bahasa ladder diagram yang disesuaikan dengan kebutuhan untuk mengatur variable speed drive. Modbus diperlukan pada penelitian ini sebagai protokol komunikasi antara Soft PLC dengan sebuah mikrokontroler. Soft PLC digunakan sebagai solusi sebagai alihalih pengontrol keamanan. Pengujian dilakukan dengan mengaplikasikan sistem Soft PLC yang diintegrasikan dengan variable speed drive untuk mengatur motor induksi 3 fasa. Data yang diambil antara Soft PLC dengan penggerakannya yaitu data yang dihasilkan dari protokol komunikasi modbus. Penelitian ini mengarah ke pengurangan keseluruhan dalam biaya sistem kontrol terdistribusi.

Kata kunci: Soft PLC, Modbus, TCP/IP, RTU, *Variable Speed Drive*

ABSTRACT

This research focuses on designing a Soft PLC system to instruct the variable speed drive to adjust the speed based on the frequency set in the Soft PLC system. The Soft PLC system is integrated with a microcontroller and variable speed drive as a receiver and executes an instruction received from the Soft PLC. Soft PLC gives instructions in ladder diagram language tailored to the needs of regulating variable speed drives. Modbus is needed in this research as a communication protocol between Soft PLC and a microcontroller. Soft PLC is used as a solution instead of a security controller. Testing is done by applying a Soft PLC system integrated with a variable speed drive to regulate a 3-phase induction motor. The data taken between Soft PLC and the drive is the data generated from the modbus communication protocol. This research leads to an overall reduction in the cost of distributed control systems.

Keyword: Soft PLC, Modbus, TCP/IP, RTU, variable speed drive

I. PENDAHULUAN

Sistem kontrol pada sebuah motor sangat dibutuhkan dalam dunia industri memerlukan sistem kontrol sebagai fungsi untuk kendali mesin produksi ataupun untuk mesin lainnya. Otomasi adalah salah satu cara sektor manufaktur terus berusaha untuk

meningkatkan produktivitas dan menurunkan biaya produksi [1]. Motor listrik merupakan perangkat elektronimekanis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Dalam hal pengoperasian AC (Alternating Current) tiga fasa, motor yang paling banyak digunakan adalah motor induksi 3 fasa, karena motor jenis ini tidak lagi membutuhkan perangkat pengasutan tambahan [2]. Salah satu kelebihan

dari motor listrik ini yaitu kecepatan putaran motor dapat diatur. Pada motor listrik kecepatan dapat diatur dengan merubah besaran frekuensi dengan menggunakan inverter atau *Variable Speed Drive*.

Variable Speed Drive (VSD) merupakan sebuah perangkat elektronik yang digunakan sebagai pengatur kecepatan motor listrik dengan mengatur besaran frekuensi yang masuk ke motor listrik [3]. Selain itu, penggunaan motor induksi saat ini masih banyak menggunakan system *starting* secara langsung (*direct on-line*). Penggunaan cara ini akan mengakibatkan arus *start* yang tinggi pada motor induksi sehingga dapat menyebabkan pemborosan energi listrik. Selain, memudahkan pengoperasian kendali kecepatan putaran motor induksi, *variable speed drive* juga dapat merubah arah putaran motor induksi tanpa perlu membalikkan salah satu sumber fasa yang masuk ke motor. VSD pun dapat dikendalikan secara local maupun remote [4].

Perangkat komputer dengan fungsi khusus yang dibuat untuk mengontrol suatu proses disebut Soft Programmable Logic Control (Soft PLC). Proses yang dikendalikan ini dapat berupa sinyal kontinyu atau sistem digital (on/off) yang berjalan secara berurutan dan berulang, seperti yang biasa terjadi pada sistem konveyor, mesin bor, dan sebagainya. Dalam lingkungan kontrol industri saat ini, *Soft PLC* menjadi sebuah alternatif. Melalui software codesys dan berbagai jenis modul PLC, soft PLC memanfaatkan PLC konvensional. IPC (*Industrial Personal Computer*) dibutuhkan sebagai unit control utama, memanfaatkan orientasi modbus, menggunakan komunikasi terbuka antarmuka, dan mengikuti berbagai relevan standar industry internasional [5].

Pengembangan sistem kontrol yang semula mengendalikan *variable speed drive* menggunakan PLC konvensional menjadi *soft PLC* sebagai alternatif dari PLC konvensional yang memiliki harga relatif tinggi. Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan dan beberapa penelitian yang telah dilakukan maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut.

kendali kecepatan motor induksi menggunakan *variable speed drive* berbasis soft plc penghubungan soft PLC kepada miniature konveyor sebagai slave dan master dari *soft PLC* tersebut berupa software Codesys dengan penghubung antara master dan slave menggunakan protokol komunikasi Modbus TCP/IP dan RTU. Alat seperti motor induksi, relay, dan *variable speed drive* sebagai *slavenya*. Prinsip kerjanya yaitu input akan menerima sinyal melalui *master* yang akan mengirim sinyal ke *slave* yaitu berupa relay yang akan mengaktifkan *variable speed drive* yang akan mengatur besaran frekuensi yang akan diterima motor induksi. *Soft PLC* yang digunakan merupakan sebuah *software Codesys* sebagai *master* dari sistem *soft PLC* dan *master* akan mengirim data ke *slave* melalui protokol Modbus TCP/IP dan *slave* yang digunakan pada penelitian ini yaitu Arduino Uno dan ethernet shield yang akan menerima sinyal dan instruksi dari *master* yaitu PC.

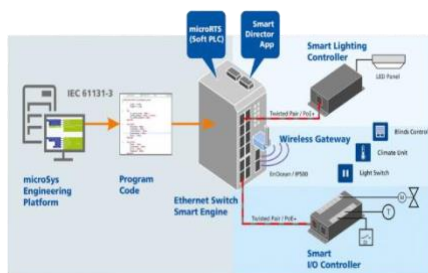
II. LANDASAN TEORI

1. *Soft PLC*

Teknologi Soft PLC adalah jenis teknologi kontrol baru berdasarkan PC, dibandingkan dengan yang tradisional PLC, yang memiliki arsitektur terbuka, kemampuan komunikasi jaringan yang kuat, dan kemampuan pemrosesan data yang meningkat, dapat memenuhi persyaratan otomasi industri modern, merupakan hot spot di bidang otomasi industri saat ini [5]. (Quan dan Li, 2011). Soft PLC merupakan teknologi perangkat lunak yang dirancang untuk mengubah komputer tertanam menjadi pengontrol logika yang berfungsi penuh dan dapat diprogram, juga dikenal sebagai PLC. Soft PLC ini menggabungkan kontrol I/O diskrit, PID, dan analog PLC dengan jaringan komputer berkinerja tinggi, penanganan data, dan kemampuan komputasi. Dengan demikian, Soft PLC menawarkan operasi yang dapat

diandalkan, durasi pemindaian program yang sangat cepat dan deterministik, set instruksi yang bagus, memori tabel data yang jelas, program pengguna yang tidak terbatas, dan yang terpenting, platform arsitektur terbuka yang memungkinkan pengguna untuk terhubung ke berbagai I/O sistem dan jaringan di antara perangkat lain. Ada pula beberapa fitur special dari Soft PLC sebagai berikut:

1. Aplikasi Pemrograman
2. Kapasitas
3. Pengoperasian perangkat keras
4. Komunikasi



Gambar 1. Arsitektur Soft PLC

2. Arduino

Arduino merupakan rangkaian elektronik *open-source* yang di dalamnya terdapat komponen utama, yaitu sebuah chip mikrokontroler dengan jenis AVR. Mikrokontroler adalah chip atau IC (integrated circuit) yang bisa diprogram menggunakan komputer. Rangkaian elektronika tersebut dapat membaca masukan, mengolah masukan tersebut, dan kemudian menghasilkan keluaran yang diinginkan jika suatu program diberikan kepada mikrokontroler. Otak dari rangkaian elektronik yang mengontrol input, proses, dan output adalah mikrokontroler [6].

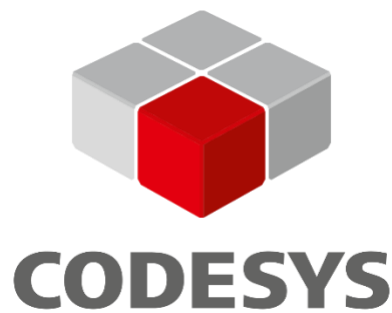


Gambar 2 Arduino

Arduino UNO memiliki sejumlah fasilitas untuk berkomunikasi dengan komputer, Arduino type lain, atau mikrokontroler. ATmega328 ini menyediakan UART TTL (5V) komunikasi serial yang tersedia pada pin digital 0 (RX) dan 1 (TX). Firmware Arduino menggunakan USB driver standar COM, dan tidak ada driver eksternal yang dibutuhkan. Saat terjadi komunikasi antara Board Arduino dengan perangkat lain maka, lampu LED RX dan TX di Board. Itu menandakan bahwa data sedang dikirim melalui chip USB-to-serial dan koneksi USB ke perangkat tersebut.

3. CODESYS

CODESYS merupakan singkatan dari *Controlled Design System* yaitu sebuah perangkat lunak pengontrol pemrograman sesuai dengan standar industri internasional IEC 61131-3 [7]. Codesys adalah sistem PLC lunak yang lengkap. Ini termasuk bagian pengembangan dan operasi yang: dua sistem yang independen satu sama lain dan tidak terpisahkan. Mereka dapat berjalan secara terpisah. Waktu nyata sistem operasi adalah untuk mengkonfigurasi sistem, menangani input sinyal, memanggil program PLC dan mengendalikan output sinyal akhir. Codesys juga dapat berkomunikasi dengan perangkat keras (I/O) melalui fieldbus atau protokol TCP/IP. Sistem yang tertanam pada codesys membutuhkan sistem operasi untuk mendukung waktu nyata yang lebih baik. Proses penghubungan soft PLC ke komputer atau laptop harus sesuai dengan peraturan yang telah ditentukan. Sendiri adalah membuat visualisasi dari sebuah teknologi atau sistem secara *real time*.



Gambar 3 Software Codesys

Ada beberapa penerapan perangkat lunak codesys yaitu berupa; penerapan komunikasi untuk penyambungan perangkat keras, mengendalikan beberapa pengaturan perangkat keras, pengaplikasian perintah pada beberapa perangkat keras. Perangkat lunak codesys dapat diterapkan pada bidang industri.

Sistem *soft PLC* di program melalui perangkat lunak Codesys dengan menggunakan bahasa pemrograman ladder diagram. Ladder diagram memiliki beberapa komponen yang menjadi parameter pembantu dalam sistem kontrol motor dc berbasis soft PLC.

4. Motor Induksi 3 Fasa

Motor listrik merupakan perangkat elektronimekanis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Dalam hal pengoperasian AC (Alternating Current) tiga fasa, motor yang paling banyak digunakan adalah motor induksi 3 fasa, karena motor jenis ini tidak lagi membutuhkan perangkat pengasutan tambahan [8]. Jenis motor ini dikenal sebagai motor induksi self-starting. Lebih dari 85% motor yang digunakan pada industri yang digunakan pada saat ini merupakan motor induksi. Motor Induksi 3 fasa terdiri dari 2 bagian utama, yaitu:

- Stator

Stator motor induksi tiga fasa terdiri dari sejumlah slot untuk membangun rangkaian belitan 3 fasa yang kami sambungkan dengan sumber ac 3 fasa. Belitan yang diatur belitan tiga fasa sedemikian rupa

dalam slot sehingga menghasilkan satu medan magnet berputar ketika menyalakan sumber suplai AC tiga fasa.

- Rotor

Rotor pada motor induksi tiga fasa terdiri dari inti laminasi silinder dengan slot parallel yang dapat membawa konduktor. Konduktor pada rotor motor induksi merupakan batang tembaga atau aluminum berat yang dipasang setiap slot dan dihubungkan oleh cincin ujung. Pengaturan slot tidak persis sejajar dengan sumbu poros tetapi ditempatkan sedikit miring dikarenakan pengaturan ini dapat mengurangi kebisingan dengung magnet dan dapat menghindari motor macet.



Gambar 4 Motor Induksi

Prinsip kerja pada motor induksi 3 fasa yaitu menghasilkan perputaran motor pada arus bolak-balik ditimbulkan oleh adanya medan putar (fluks yang berputar) yang dihasilkan dalam kumparan statornya. Medan putar ini terjadi apabila kumparan stator dihubungkan dalam banyak fasa umumnya 3 fasa. Hubungan dengan motor dapat berupa hubungan bintang atau delta.

Kecepatan motor induksi 3 fasa dihubungkan pada kumparan stator, maka akan timbul fluksi resultan yang sama besar dan berputar dengan kecepatan sebesar:

$$n = \frac{120 \cdot f}{p} \quad (2.1)$$

Keterangan:

n = Kecepatan serempak (RPM)

f = Frekuensi stator (Hz)

p = Jumlah kutub

Berdasarkan persamaan diatas dapat disimpulkan bahwa besaran frekuensi pada stator akan mempengaruhi kecepatan motor induksi.

5. Variable Speed Drive

Variable speed drive (VSD) merupakan jenis dari pengendali motor yang menggerakkan motor listrik dengan memvariasikan frekuensi dan tegangan berdasarkan perangkat catu dayanya. VSD juga memiliki kapasitas untuk mengontrol ramp-up dan ramp-down motor selama start atau stop [9]. Meskipun, mengontrol frekuensi dan tegangan dayanya yang disuplai ke motor, biasa disebut sebagai kontrol kecepatan, dikarenakan hasilnya adalah penyesuaian kecepatan motor.



Gambar 5 Variable Speed Drive

Gambar 5 merupakan jenis VSD ATV12H075M2 merupakan pengendali motor listrik dengan mengatur frekuensi dan suplai tegangan yang disuplai ke motor listrik. VSD ini dapat mengatur frekuensi sehingga menghasilkan rentang dari 0-400 Hz.

III. METEDOLOGI PENELITIAN

Penelitian dimulai dengan melakukan studi literatur terlebih dahulu.

Tahapan ini ditujukan untuk mempermudah dan sebagai referensi tahapan berikutnya. Selanjutnya dilakukan perancangan yang meliputi perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak. Perancangan perangkat keras meliputi perancangan diagram blok sistem dan penentuan komponen yang akan digunakan. Perancangan perangkat lunak dimulai dengan penentuan metode yang digunakan, pengumpulan *dataset*, dan penyusunan kode program.

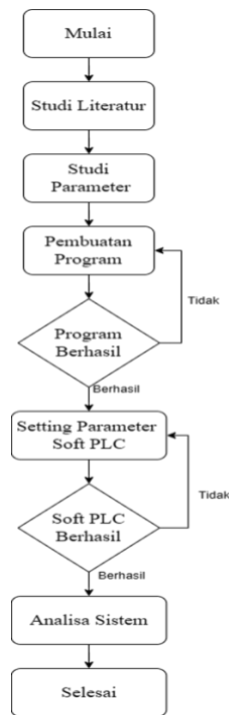
A. ALAT DAN BAHAN

Alat dan bahan yang digunakan dalam peneltian ini adalah sebagai berikut:

1. Arduino
2. PC
3. Kabel Jumper
4. Motor Induksi
5. *Variable Speed Drive*
6. Relay
7. Power Supply
8. *Software Arduino*
9. *Software Codesys*
10. *Software Qmodbus*

B. DIAGRAM ALIR SISTEM

Diagram alir sistem komunikasi Modbus sebagai berikut;



Gambar 6 Diagram Alir Sistem

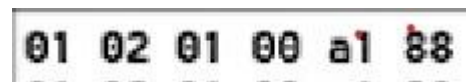
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini akan dijelaskan sebuah prototipe sistem kendali kecepatan motor menggunakan *variable speed drive* berbasis *soft PLC*. Sistem ini membutuhkan sebuah motor listrik dan PC sebagai modbus master dan Arduino uno sebagai slave. Fungsi dari penelitian ini diharapkan dapat diimplementasikan pada dunia industri sebagai kendali motor induksi dan sebagainya. Alur sistem kendali kecepatan putaran motor induksi menggunakan *variable speed drive* berbasis *soft PLC* akan mengatur kecepatan motor sesuai dengan yang diinstruksikan oleh *soft PLC*, yang kemudian *variable speed drive* akan menerima nilai besaran frekuensi yang diatur pada sistem *soft PLC*. Prototipe ini akan mengaktifkan motor induksi 3 fasa dan kecepatan putaran motor akan diatur melalui *variable speed drive* dan *soft PLC*.

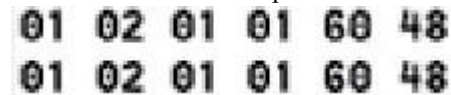
Sistem pengoperasian pada kendali kecepatan motor membutuhkan sistem *soft plc* sebagai kontroller yang akan berjalan sesuai dengan intruksi berupa ladder diagram yang

ada pada software codesys. Penelitian ini mengganti semula plc konvensional menjadi *soft plc*. Arduino sebagai Modbus Slave dan PC atau laptop menjadi masternya dengan pemrograman menggunakan CODESYS, dimana nantinya Arduino akan berfungsi sebagai pengganti PLC konvensional yaitu berupa sistem *soft PLC*, dan komunikasi penghubung antara Master dan Slave menggunakan kabel ethernet. 1. Serial komunikasi pada *Variable Speed Drive*

Pada komunikasi modbus RTU yang dilakukan kepada konveyor, yang nantinya digantikan menggunakan *variable speed drive* sebagai tanda sedang melakukan proses instruksi yang dikirim dari *master* ke *slave*, maka serial data yang dihasilkan oleh komunikasi serial pada *variable speed drive* dapat dilihat pada gambar 5 dan juga gambar 6 untuk data yang dihasilkan oleh tombol on dan tombol off.



Gambar 7 Serial data pada tombol on



Gambar 7 Serial data pada tombol off

Gambar 7 menunjukkan data yang diterima pada slave dari *soft PLC* yang dikirim dari master sebuah *soft PLC* yang berupa masukan dari fungsi start dan stop untuk mengaktifkan dan menonaktifkan *variable speed drive* dan menonaktifkan motor induksi. Gambar 4.12 maka bisa dijelaskan tentang pembacaan data yang diuji melalui software QModbus sebagai berikut: Hasil data yang diuji {01 02 01 00 a1 88} dalam bentuk heksadesimal 01 : Slave Address

02 : Function Code

01 : Output Address

00 A1 : Output Value (OFF)

88 : CRC

Pembacaan discrete input, yaitu dengan request read discrete input di slave address 01

dengan function code 02 mewakili tombol stop. Output address 01 mewakili tipe data discrete input dan 00 a1 mewakili output value menandakan bahwa inputan 0 atau untuk menonaktifkan *variable speed drive* dan motor induksi

Hasil data yang diuji {01 02 01 01 60 48} dalam bentuk heksadesimal
 01 : Slave Address 02
 : Function Code
 01 : Output Address
 01 60 : Output Value (ON)
 48 : CRC

Penampilan data pada discrete input, yaitu dengan request read discrete input dengan slave address 01 dengan function code 02 mewakili discrete input. Output address 01 mewakili pengalamatan output yang digunakan, dan 01 60 mewakili output value yang menandakan bahwa inputan 1 atau untuk mengaktifkan motor pada miniature konveyor.

C. Hasil data yang diuji adalah {01 0f 00 00 02 d4 0a} dalam bentuk hex
 01 : Slave Address
 0f : Function Code
 00 00 : Output Address
 00 02 : Output Value D4
 0a : CRC

01 0f 00 00 00 02 d4 0a
 01 0f 00 00 00 02 d4 0a

Gambar 8 Serial data pada write multiple coils

Gambar 8 menunjukkan data write multiple coils. Penampilan pengiriman data pada write multiple coils, yaitu dengan menulis pada menu write single coil dengan slave address 01, function code 0f, dengan output address 00 00, output value jika diberikan nilai high maka data yang didapatkan yaitu 00 02, dan CRC yang dihasilkan D4 0A. Data yang dihasilkan pada pengujian pengiriman datanya menandakan bahwa nilai pada single coil berupa nilai high untuk memberi sinyal on pada relay.

2. Kendali Kecepatan Motor Induksi

Perancangan kendali kecepatan motor induksi menggunakan variable speed

drive berbasis soft plc software CODESYS sebagai master dari sistem soft PLC. Arduino digunakan sebagai slave untuk mengaktifkan Variable Speed Drive untuk mengendalikan kecepatan pada motor induksi dengan cara mengatur besar frekuensi. Catu daya 24vdc digunakan untuk mengaktifkan pin yang akan digunakan pada Variable Speed Drive yang berguna untuk mengatur frekuensi yang akan mempengaruhi kecepatan motor induksi 3 fasa.



Gambar 9 Uji Coba Pada Motor Induksi

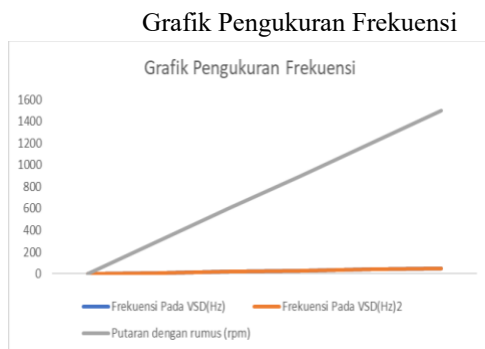
Hasil yang dilakukan pada pengujian sistem start-stop motor dc berbasis soft PLC pada miniature konveyor didapatkan ketika menekan tombol start pada sistem master dari soft PLC maka Arduino sebagai slave akan membaca instruksi dan melakukan perintah sesuai dengan pada master dari soft PLC. Pin

2 pada Arduino digunakan sebagai pengalamatan ladder diagram untuk tombol stop. Pin 4 pada Arduino digunakan sebagai pengalamatan ladder diagram start yang berfungsi untuk menghidupkan sebuah motor induksi 3 fasa.

Tabel 1 Pengukuran Frekuensi dan RPM

Frekuensi pada VSD(Hz)	Frekuensi pada Codesys(Hz)	Putaran dengan rumus (rpm)
50	50	1500
40	40	1200
30	30	900
20	20	600
10.2	10	300

0	0	0
---	---	---



Tabel 1 dan grafik dapat dilihat bahwa pada pengujian pertama saat frekuensi pada VSD di atur pada 0 Hz maka kecepatan motor induksi yang disesuaikan dengan rumus menunjukkan sebesar 0 rpm

V. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa performa *soft PLC* yang diterapkan pada sistem *start-stop* motor DC pada miniatur konveyor dapat berjalan dengan baik, hal tersebut dibuktikan dari motor pada sebuah miniatur konveyor dapat berjalan dan berhenti sesuai dengan perintah yang ada pada sistem *soft PLC*. *Soft PLC* dapat berjalan dengan sebuah instruksi yang dikirim dari *master* ke *slave* melalui protokol komunikasi Modbus yang di desain dan implementasi berdasarkan tinjauan, dan mengikuti standar IEC61131-3. Arsitektur dalam sistem *soft PLC* ini transparan antara pengguna dan perangkat, yang berarti model dapat digunakan secara luas dalam berbagai situasi kontrol industry.

REFERENSI

- [1] P. M. Astra, "Politeknik manufaktur astra," vol. 11, no. 8, 2020.
- [2] C. F. Hadi, "Pengaruh Variasi Frekuensi Terhadap Tegangan dan Kecepatan yang Dihasilkan Pada *ATV12_User_manual_v2*, no. BBV28581, pp. 1–131, 2010, [Online]. Available: www.schneider-electric.com

Mesin Pengupas Kelapa Muda Berbasis PLC," *J. Zetroem*, vol. 04, no. 02, pp. 18–22, 2022, [Online]. Available:

<http://ejournal.unibabwi.ac.id/index.php/Zetroem/article/view/2184>

- [3] 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, doi: 10.31849/sainetin.v2i2.1218.
- [4] B. Firman, T. Hariyadi, and M. Suyanto, "APLIKASI VIRTUINO PADA ANDROID," pp. 14–22, 2018.
- [5] P. Drahoš, E. Kučera, O. Haffner, and E. Stark, "Industrial Communication and Industry 4 . 0," *Reseachgate.Net*, no. April, pp. 40– 44, 2018.
- [6] D. Setiawan, "Sistem Kontrol Motor DC Menggunakan PWM Arduino Berbasis Android System," *J. Sains, Teknol. dan Ind.*, vol. 15, no. 1, pp. 7–14, 2017.
- [7] F. Yan, H. Zhou, Z. Peng, M. Chen, Y. Xiong, and Z. Ren, "An industrial environmental security monitoring system in mobile device based on soft plc," *Proc. - 2020 Int. Conf. Intell. Transp. Big Data Smart City, ICITBS 2020*, pp. 711–715, 2020, doi: 10.1109/ICITBS49701.2020.00157.
- [8] 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, doi: 10.24176/simet.v9i1.1988.
- [9] S. Electric, "Altivar 12 Variable speed drives for asynchronous motors User manual,"