

RANCANG BANGUN SISTEM KONTROL KECEPATAN MOTOR INDUKSI 3 FASA JENIS DAHLENDER MENGGUNAKAN PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER

Abdul Muis Prasetya¹, Linda Sartika², Salama³, Ebiet Vebryan⁴

^{1,2,3,4}Universitas Borneo Tarakan, Tarakan, Kalimantan Utara, Indonesia

¹Prasetya.Electric@Borneo.Ac.Id

²Lindasartika75@gmail.com

³Selamalam099@gmail.com

⁴ebietvebrya12@gmail.com

Abstract— *Dahlander motors are a type of asynchronous AC motor with 2 or more revolutions. This will be seen when compared to a 3-phase motor that only has 1 rotation with the same power. The Dahlander motor itself is a squirrel cage rotor type motor. PLC itself has several advantages including making it easier for the wiring system to be changed the way it works without changing the wiring system and being able to replace the performance of several relays using only a PLC. This type of research is quantitative, which is a development using design. From the results of the design of the Dahlander motor control system, the control system works as expected, when the motor rotates slowly, contactor 1 works and when it rotates quickly, contactors 2 and 3 work. To make the installation of the Dahlander type induction motor control system, a control diagram drawing, a power diagram drawing, and a ladder diagram drawing are needed, in the Dahlander type 3 phase induction motor speed control system, the slow speed of the rotor rotation is at 1456 rpm, and at a fast speed the rotor rotation is at 2917 rpm.*

Keywords— *Dahlander control, Dahlander motor, Programmable logic control.*

Intisari— Motor Dahlander adalah jenis motor AC asinkron dengan 2 atau lebih putaran. Hal ini dapat dilihat ketika dibandingkan dengan motor 3 fasa yang hanya memiliki 1 putaran dengan daya yang sama. Motor Dahlander sendiri merupakan motor dengan rotor kandang tupai. PLC sendiri memiliki beberapa keunggulan, termasuk memudahkan perubahan sistem kabel tanpa perlu mengganti sistem kabel dan dapat menggantikan kinerja beberapa relay hanya dengan menggunakan PLC. Jenis penelitian ini bersifat kuantitatif, yang merupakan pengembangan menggunakan desain. Dari hasil desain sistem kontrol motor Dahlander, sistem kontrol berfungsi sesuai harapan, ketika motor berputar lambat, kontak 1 bekerja, dan ketika berputar cepat, kontak 2 dan 3 bekerja. Untuk melakukan instalasi sistem kontrol motor induksi tipe Dahlander, diperlukan gambar diagram kontrol, gambar diagram daya, dan gambar diagram tangga. Pada sistem kontrol kecepatan motor induksi 3 fasa tipe Dahlander, kecepatan rotor yang lambat adalah 1456 rpm, dan pada kecepatan cepat, rotor berputar pada 2917 rpm.

Kata kunci— *Pengendalian Dahlander, Motor Dahlander, Pengendalian Logika Programable.*

I. PENDAHULUAN

Motor induksi tiga fasa merupakan salah satu

perangkat elektromekanis yang paling umum digunakan dalam industri karena daya tahan dan efisiensi energinya yang tinggi. Motor ini memanfaatkan prinsip induksi elektromagnetik untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik, yang mendukung berbagai aplikasi dari penggerak mesin hingga sistem transportasi ([1], [9]). Keunggulan motor induksi terutama terletak pada konstruksinya yang sederhana, bebas perawatan relatif, serta biaya produksi yang lebih terjangkau dibandingkan motor DC [10].

Di sektor industri, kebutuhan akan motor dengan kemampuan kecepatan variatif sangat penting untuk meningkatkan fleksibilitas dan efisiensi produksi. Motor induksi dengan satu kecepatan tidak selalu mampu memenuhi kebutuhan dinamis tersebut, terutama pada mesin-mesin seperti crane, conveyor, dan mesin bubut yang memerlukan pengendalian kecepatan presisi [7]. Oleh karena itu, motor induksi multikecepatan seperti jenis Dahlander menjadi pilihan yang populer karena memungkinkan pergantian kecepatan secara mekanis tanpa perlu menambah motor baru [8].

Motor Dahlander adalah motor induksi 3 fasa yang dirancang dengan dua atau lebih belitan stator yang dapat disambungkan ulang untuk mengubah jumlah kutub magnetik. Teknik ini menghasilkan dua kecepatan putaran yang berbeda dengan efisiensi tinggi ([3], [5]). Motor ini juga dikenal sebagai motor pengubah kutub yang pertama kali dipatenkan oleh Robert Dahlander pada tahun 1897 [4]. Pergantian kutub dalam motor ini berpengaruh langsung pada kecepatan putaran rotor sesuai rumus kecepatan sinkron motor induksi (n_s) yang di pengaruhi frekuensi dan jumlah kutub [6].

Dalam konteks otomasi industri, Programmable Logic Controller (PLC) telah menjadi solusi utama untuk pengendalian motor induksi termasuk motor Dahlander [2]. PLC menawarkan keunggulan dalam fleksibilitas pemrograman, kemudahan instalasi, serta kemampuan untuk mengoptimalkan dan memonitor sistem secara real-time [4]. Selain itu, PLC memungkinkan penggantian sistem relay yang rumit dan rentan kesalahan, sehingga mengurangi biaya dan meningkatkan keandalan operasional [7].

Rancangan sistem kontrol kecepatan motor Dahlander berbasis PLC menjadi sangat relevan untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi pengoperasian motor pada berbagai

kecepatan. Penelitian oleh di [1] menunjukkan bahwa integrasi metode Dahlander dengan kontrol PLC mampu menghasilkan dua kecepatan motor 750 rpm dan 1500 rpm pada satu motor yang sama, dengan kualitas pengoperasian yang optimal. Implementasi ini penting untuk menyesuaikan output motor dengan kebutuhan proses produksi yang berbeda [8].

Berbagai studi menunjukkan bahwa pengendalian kecepatan motor menggunakan PLC juga memungkinkan integrasi fitur keselamatan seperti tombol emergency stop, perlindungan overload, dan pengaturan waktu start delay. Hal ini meningkatkan keamanan kerja dan memperpanjang umur komponen motor [5]. Selain itu, penggunaan software pemrograman ladder seperti CX-Programmer mempermudah pengguna dalam merancang dan memodifikasi sistem kendali motor secara efektif [2].

Teknologi motor Dahlander dengan PLC saat ini juga semakin dioptimalkan melalui inovasi dalam sensor kecepatan dan automasi cerdas. Sistem kontrol cerdas dapat menyesuaikan kecepatan motor secara otomatis berdasarkan feedback beban dan kondisi lingkungan, sehingga meningkatkan efisiensi energi dan performa keseluruhan [3]. Hal ini sejalan dengan tren industri 4.0 yang menuntut sistem industri lebih adaptif dan terintegrasi [9].

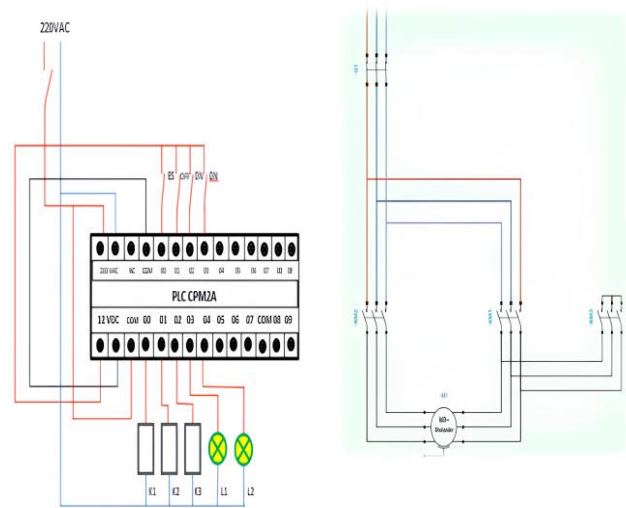
Dengan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan merancang dan membangun sistem kontrol kecepatan motor induksi 3 fasa jenis Dahlander menggunakan PLC. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi signifikan dalam meningkatkan performa dan fleksibilitas motor di aplikasi industri serta memperkaya literatur teknik otomasi dan listrik di Indonesia. Dari tinjauan tersebut penulis berkeinginan merancang sebuah sistem pengendali pergantian kecepatan berbasis PLC. Dengan judul “rancang bangun sistem kontrol motor induksi tiga fasa jenis Dahlander menggunakan PLC” dengan mempertahankan tegangan 380V dengan menggunakan dua jenis belitan dalam satu motor dimana pada saat motor berputar lambat ada 4 kutub yang aktif dan saat motor berputar cepat ada 2 kutub yang aktif.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan pengembangan sistem kontrol motor induksi 3 fasa jenis Dahlander berbasis Programmable Logic Controller (PLC). Pendekatan ini mengacu pada metode yang diuraikan oleh [1] dan [2] dalam sistem kendali motor induksi berbasis PLC, yang mencakup perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, implementasi, serta pengujian sistem secara menyeluruh.

A. Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras mengikuti prosedur standar sebagaimana dijelaskan oleh Abrrham et al. (2020), dengan pemilihan komponen pendukung seperti MCB dan tombol kontrol. Diagram pengkabelan daya dan kontrol dibuat secara rinci, mengikuti standar kelistrikan industri untuk memastikan fungsionalitas dan kepatuhan terhadap regulasi keselamatan yang berlaku.



Gambar 1. Rangkain kontrol dan rangkian daya

B. Perancangan Perangkat Lunak

Pemrograman ladder diagram menggunakan software CX-Programmer dilakukan dengan pendekatan yang sejalan dengan metode yang disampaikan oleh [4], yang menekankan seperti timer dan tombol emergency stop. Implementasi program mengikuti best practice dalam pemrograman PLC untuk motor induksi [5].

Tabel I
Penggunaan I/O pada PLC

No.	Port	Keterangan	Fungsi
1	0.00	(T.ES) tombol emergency stop	Tombol darurat
2	0.01	(T.OFF) tombol stop	Tombol mematikan kontrol
3	0.02	(T.ON L) tombol ON lambat	Tombol menyalakan motor putaran lambat
4	0.03	(T.ON C) tombol ON cepat	Tombol menyalakan motor putaran cepat
5	10.00	(K1) Kontaktor 1	Perubahan konfigurasi belitan putaran lambat
6	10.01	(K2) Kontaktor 2	Perubahan konfigurasi belitan putaran cepat
7	10.02	(K3) Kontaktor 3	Perubahan konfigurasi belitan putaran cepat
8	10.03	(L1) lampu lambat	Lampu indikator putaran lambat
9	10.04	(L2) lampu cepat	Lampu indikator putaran cepat

C. Instalasi dan Pengujian Sistem

Setelah desain perangkat keras dan perangkat lunak selesai, dilakukan instalasi secara fisik pada panel kontrol. Instalasi mengikuti diagram yang telah dibuat, dengan pengecekan sirkuit dan koneksi listrik untuk menghindari kesalahan sambungan. Pengujian awal dilakukan dengan memeriksa fungsi input-output PLC, memastikan tombol start, stop, dan emergency stop berfungsi dengan baik,

serta memastikan indikator lampu menyala sesuai status motor.

D. Pengukuran dan Validasi

Tahap pengujian dan validasi sistem mengacu pada prosedur pengukuran kecepatan rotor dan arus motor yang sudah umum digunakan dalam studi kontrol motor [7]. Pengujian kinerja meliputi evaluasi respon kontrol kecepatan, kestabilan arus, serta efektifitas proteksi sistem, sebagaimana dilakukan dalam penelitian oleh [8].

E. Analisa Data

Analisis data hasil uji coba dilakukan dengan pendekatan statistik deskripsi untuk menilai performa sistem, sesuai metode yang dijelaskan oleh [2] dalam evaluasi sistem kontrol berbasis PLC. Keseluruhan metodologi ini dirancang untuk memastikan bahwa sistem yang dikembangkan dapat bekerja dengan handal dan efisien sesuai kebutuhan aplikasi industri.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Input Output

Pada pengujian input output (I/O) dilakukan untuk mengetahui apakah dapat berkerja dengan baik, hasil pengujian I/O terdapat pada Tabel berikut

Tabel II
Pengujian I/O

No.	Alamat I/O	Device	Fungsi	keterangan
1.	0.00	Tombol ES	Mematikan kontrol keadaan darurat	Aktif
2.	0.01	Tombol OFF	Mematikan kontrol	Aktif
3.	0.02	Tombol ON lambat	Menyalakan kontrol putaran lambat	aktif
4.	0.03	Tombol ON cepat	Menyalakan kontrol putaran cepat	aktif
5.	10.00	Kontaktor 1	Konfigurasi putaran lambat	aktif
6.	10.01	Kontaktor 2	Konfigurasi putaran cepat	aktif
7.	10.02	Kontaktor 3	Konfigurasi putaran cepat	aktif
8.	10.03	Lampu indikator	Tanda putaran lambat	Aktif
9.	10.04	Lampu indikator	Tanda putaran cepat	Aktif

Pengujian Input Output (I/O) merupakan tahap krusial untuk memastikan bahwa seluruh input dari tombol dan sensor diterima dengan benar oleh PLC serta sinyal output ke aktuator seperti kontaktor dan lampu indikator berfungsi sesuai perintah program. Berdasarkan hasil yang diperoleh, seluruh perangkat input seperti tombol

Emergency Stop (ES), tombol Stop, tombol ON Lambat, dan tombol ON Cepat menunjukkan respon aktif ketika dioperasikan. Hal ini menandakan bahwa rangkain deteksi input dan sambungan ke PLC sudah berjalan baik dan PLC mampu mengenali perintah operator.

Pada sisi output, kontaktor yang mengubah konfigurasi belitan motor Dahlander bekerja sesuai dengan logika kontrol yang diprogram pada ladder diagram. Ketika tombol ON Lambat ditekan, kontaktor 1 aktif sedangkan tombol ON Cepat menyebabkan kontaktor 2 dan 3 aktif bersamaan. Hal ini menunjukkan bahwa sistem pengendalian dapat membuat peralihan konfigurasi belitan motor sesuai kecepatan yang diharapkan, sehingga mendukung kerja motor pada dua putaran berbeda.

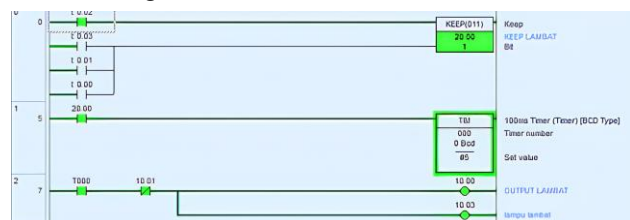
Lampu indikator untuk kecepatan lambat dan cepat menyala sesuai keadaan kontaktor yang aktif, memberikan umpan balik visual operasional kepada pengguna. Fungsionalitas tombol Emergency Stop yang dapat menonaktifkan seluruh kontrol menambah aspek keamanan sistem, yang sangat penting dalam aplikasi industri.

Secara keseluruhan, pengujian I/O ini membuktikan akurasi dan reliabilitas sistem kontrol berbasis PLC. Sistem mampu merespons tiap input secara real-time dan menghasilkan output yang tepat tanpa ada konflik keadaan, seperti dua kontaktor aktif bersamaan yang dapat membahayakan motor. Validasi ini mendukung bahwa program ladder yang dibuat sudah sesuai dengan desain kontrol kecepatan motor induksi Dahlander.

Pengujian ini sesuai dengan hasil penelitian lain yang menunjukkan bahwa PLC memberikan kemudahan dan keandalan dalam sistem kendali motor induksi, memungkinkan pengoperasian yang presisi dan aman (Senter.ee.uinsgd.ac.id,2020; Digilibadmin.unismuh.ac.id, 2020). Dengan demikian, sistem kontrol ini layak digunakan dalam aplikasi industri yang memerlukan pengaturan kecepatan motor secara efisien dan aman.

B. Analisis Perancangan Ladder

Pada analisis perancangan ladder apakah sudah sesuai dengan perintah kerja yang diinginkan, adapun analisis ladder sebagai berikut:



Gambar 2 Ladder ketika input 0.02 dinyalakan

Pada Gambar 2 selain input dan output terdapat intruksi keep dan timer yang digunakan, Pada range pertama menggunakan empat alat input berupa tombol emergency stop dengan alamat 0.00, tombol off dengan alamat 0.01, tombol ON lambat dengan alamat 0.02, tombol ON cepat dengan alamat 0.03 dan intruksi KEEP dengan alamat 20.00. Pada range kedua menggunakan kontak bantu NO dari KEEP 20.00 kemudian menggunakan intruksi timer dengan setting waktu #5 (0,5

detik). Pada range ketiga menggunakan kontak NO dari timer dengan alamat T000, kemudian kontak NC dari alamat output 10.01 sebagai pengaman agar tidak terjadi dua kondisi aktif secara bersamaan kemudian menggunakan output 10.00 sebagai kontaktor 1 dan output 10.03 sebagai lampu tanda.

Pada intruksi keep digunakan sebagai alamat semu pada program untuk mengaktifkan timer, kemudian pada intruksi timer digunakan sebagai waktu jeda motor berkerja. Ketika input 0.02 dinyalakan maka keep 20.00 akan aktif kemudian mengaktifkan timer 000 setelah 0,5 detik output 10.00 dan 10.03 akan berkerja ditandai dengan arus yang mengalir pada garis berwarna hijau.

C. Pengujian Panel Kontrol Motor Dahlander

Pada pengujian panel kontrol motor Dahlander bertujuan untuk mengetahui apakah perancangan sistem kontrol dapat berkerja dengan baik, pada pengujian panel kontrol, untuk menyalakan motor Dahlander putaran lambat dengan menekan tombol ON lambat sehingga kontaktor 1 akan berkerja mengubah konfigurasi belitan menjadi delta seri, untuk putaran cepat tekan tombol ON cepat sehingga kontaktor 2 dan 3 akan berkerja mengubah konfigurasi belitan menjadi start paralel, adapun hasil pengujian panel kontrol motor Dahlander pada Tabel berikut:

Tabel III
Hasil Pengujian Panel Kontrol Motor Dahlander

Input	Output	Status
Tombol ON Lambat	Kontaktor 1	Aktif
	Kontaktor 2	
	Kontaktor 3	
	Lampu lambat	Aktif
	Lampu cepat	
Tombol ON Cepat	Kontaktor 1	
	Kontaktor 2	Aktif
	Kontaktor 3	Aktif
	Lampu lambat	
	Lampu cepat	Aktif

Analisis hasil Pengujian Panel Kontrol Motor Dahlander menunjukkan bahwa sistem kontrol yang dirancang dengan PLC mampu mengatur kecepatan dan arah putaran motor secara efektif dan sesuai dengan desain.

Pada pengujian, ketika tombol ON lambat ditekan, kontaktor 1 aktif yang mengubah konfigurasi belitan menjadi delta seri sehingga motor berputar pada kecepatan lambat. Kemudian, saat tombol ON cepat ditekan, kontaktor 2 dan 3 aktif bersamaan dengan konfigurasi belitan menjadi start paralel sehingga motor berputar pada kecepatan cepat. Hasil ini menandakan kontrol pergantian belitan motor Dahlander bekerja sesuai dengan logika ladder diagram yang diimplementasikan dalam PLC.

Selain itu, lampu indikator lambat dan cepat menyala sesuai kondisi putaran motor memberikan umpan balik visual terhadap status operasi motor, meningkatkan kemudahan pemantauan dan keamanan operasional. Fungsi proteksi dan kontrol menggunakan tombol OFF dan emergency stop berjalan dengan baik, mengamankan

sistem dari kondisi tidak diinginkan.

Pengujian ini menunjukkan bahwa panel kontrol mampu menangani komutasi kontaktor dengan benar sehingga tidak terjadi tumpang tindih kerja kontaktor yang bisa merusak motor. Validasi kecepatan rotor dengan pengukuran tachometer juga memastikan bahwa output motor sesuai dengan perintah kontrol.

Secara keseluruhan, pengujian panel kontrol membuktikan keandalan sistem kontrol motor induksi Dahlander berbasis PLC dalam aplikasi industri, dengan kemampuan pengaturan kecepatan dua tingkat yang stabil, pengendalian yang responsif, serta proteksi aman. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian lain yang menggarisbawahi keunggulan PLC dalam otomasi motor induksi multi-kecepatan (jurnal.itscience.org, 2022; repository.ubt.ac.id, 2023).

Dengan panel kontrol yang teruji, sistem ini siap diimplementasikan untuk aplikasi otomasi yang membutuhkan pengendalian motor induksi 3 fasa dengan efisiensi dan keselamatan tinggi.

D. Pengukuran Kecepatan Motor Dahlander

Pada pengukuran kecepatan motor Dahlander bertujuan untuk mengetahui besaran nilai kecepatan motor Dahlander. Adapun pengukuran sebagai berikut:



Gambar 3. pengukuran kecepatan rotor motor Dahlander

Pada Gambar 3 dapat dilihat saat motor berputar lambat kecepatannya sebesar 1456 rpm, dan saat berputar cepat kecepatannya sebesar 2917 rpm. Adapun pembuktian dilakukan analisis perhitungan sebagai berikut:

1. Perhitungan kecepatan stator, slip dan kecepatan rotor putaran lambat

- a) Kecepatan stator

$$n_s = \frac{f \times 120}{P} = \frac{50,03 \times 120}{4} = 1500,9 \text{ rpm}$$

- b) Slip

$$S = \frac{n_s - n_r}{n_s} \times 100 = \frac{1500,9 - 1457}{1500,9} \times 100 = 2,9\%$$

- c) Kecepatan rotor

$$n_r = n_s \times (1 - s) = 1500,9 \times (1 - 0,029) = 1457,37 \text{ rpm}$$

Dari hasil perhitungan dapat disimpulkan pada putaran lambat terdapat slip 2,991% dan pada putaran cepat

terdapat slip 2,824%, terjadinya slip antara rotor dan stator dikarenakan jenis motor yang digunakan jenis motor sangkar tupai. Untuk putaran rotor hasil perhitungan sesuai dengan hasil pengukuran. Untuk daya yang dikonsumsi motor Dahlander pada putaran lambat bernilai 840,6 W dan pada putaran cepat bernilai 714,2 W. Dengan menggunakan cara yang sama pada putaran lambat untuk putaran cepat dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel VI
Kecepatan rotor motor *Dahlander*

Putaran	Kecepatan Rotor (rpm)		Kecepatan Stator (rpm)	Slip %
	Pengukuran	Perhitungan		
Lambat	1456	1457,37	1500,9	2,9
Cepat	2917	2917,029	3001,8	2,824

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian, dapat disimpulkan bahwa sistem kontrol kecepatan motor induksi 3 fasa jenis Dahlander berbasis Programmable Logic Controller (PLC) telah berhasil dirancang dan diimplementasikan dengan baik. Sistem ini mampu mengendalikan motor pada dua kecepatan, yaitu putaran lambat 1456 rpm dan putaran cepat 2917 rpm, sesuai dengan konfigurasi belitan motor yang diatur oleh program ladder PLC.

Pengujian input output menunjukkan semua perangkat input seperti tombol Emergency Stop, Stop, ON Lambat, dan ON Cepat dapat berfungsi dengan baik dan setiap perintah operator direspons secara akurat oleh sistem. Output berupa kontaktor dan lampu indikator juga bekerja tepat sesuai dengan program kontrol sehingga memastikan perubahan konfigurasi belitan motor berjalan dengan benar dan aman tanpa konflik kerja kontaktor.

Hasil pengujian panel kontrol memperkuat bahwa sistem kontrol motor Dahlander ini tidak hanya mampu mengatur kecepatan motor secara andal, tetapi juga memberikan kemudahan pemantauan status operasi melalui indikator visual serta menjamin keselamatan operasi melalui fitur proteksi tombol darurat. Sistem ini cocok untuk diaplikasikan dalam lingkungan industri yang memerlukan pengendalian kecepatan motor yang efisien, fleksibel, dan aman.

Penelitian ini memberikan kontribusi nyata dalam pengembangan teknologi otomasi industri dengan memanfaatkan PLC sebagai pengendali motor induksi multikecepatan. Keterbatasan penelitian yang ada dapat menjadi bahan rujukan untuk penelitian selanjutnya, seperti pengembangan sistem kontrol dengan fitur kendali cerdas atau integrasi monitoring berbasis IoT untuk peningkatan efisiensi dan keamanan lebih lanjut.

REFERENSI

- [1] Nurseha, R., Sugadul, M., & Syahrizal, M. (2015). Studi Motor Induksi 3 Fasa Double Speed Berbasis Metode Dahlander. *Jurnal Teknik Elektro*, 4(1), 34-42.
- [2] Widharma, I. G. (2021). Kajian Analisis Sistem Kendali Berbasis PLC Dalam Dunia Industri. Politeknik Negeri Bali.
- [3] Akhdan, A. (2020). Motor Dahlander (Motor Dengan Dua Kecepatan). Diakses dari <https://akhdanazizan.com/motor->

- Dahlander-motor-kecepatan.
- [4] Nnarth, A. M. I., Muljono, B. A., Sultan. (2017). Visualisasi Pengasutan Motor Induksi Tiga Fase Berbasis Programmable Logic Controller. *Jurnal Dielektrika*, 4(1), 58-69.
- [5] Herdiana, H. (2016). Rancang Bangun Pengasutan Langsung Double Speed Forward Reverse Motor Induksi 3 Fasa Berbasis PLC. Politeknik Negeri Bandung.
- [6] Sumanjaya, R. (2015). Perancangan Sistem Kontrol Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa Dengan Metode Kontrol Skalar. *Jurnal Teknik Elektro*, 3(2), 23-30.
- [7] Rahmadillah, A. (2017). Pengendalian Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan Programmable Logic Controller (PLC). *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, 5(3), 157-165.
- [8] Sugadul, M., & Syahrizal, M. (2021). Perancangan dan Pembuatan Modul Belajar Rangkaian Motor Dahlander 2 Kecepatan Berbasis PLC. *Jurnal Teknik Elektro*, 15(1), 45-52.
- [9] Polsri. (2023). Sistem Monitoring Daya Pada Pengoperasian Motor Induksi 3 Fasa. *Jurnal Politeknik Negeri Sriwijaya*, 12(2), 120-130.
- [10] Sinaga, D. H. (2021). Penggunaan dan Pengaturan Motor Listrik untuk Industri. Tesis Universitas Negeri Medan.
- [11] Tohir, T. (2019). Rancang Bangun Kendali Motor Induksi 3 Fasa Berbasis PLC Dengan Metoda Pemograman Function Block Diagram. *Proceedings of the Applied Business and Engineering Conference*.
- [12] Hartawan, F. Y., & Yongkimandalan, N. (2022). Implementasi Programmable Logic Control (PLC) Omron CPlE Pada Sistem Kendali Motor Induksi Star-Delta untuk Kebutuhan Industri. *Jurnal Teknologi Terapan*, 32-38.
- [13] Lakshmi et al. (2023). Speed Control of Three Phase Induction Motors using PowerFlex 525 Compact AC Drive. *Journal of Electrical Engineering*.
- [14] Rahmadillah, A., & Putra, I. M. P. (2020). Implementasi Pengatur Kecepatan Ganda Motor pada Mesin Conveyor Penyortir Logam Otomatis. *Jurnal Teknologi Terapan*, 32-38.
- [15] Fajri, A., & Yongkimandalan, N. (2022). Rancang Bangun Sistem Kendali Motor Induksi 380 VAC menggunakan Sumber Listrik Variabel Berbasis PLC. *Jurnal Teknologi Terapan*.
- [16] S. M. Metev and V. P. Veiko, *Laser Assisted Microtechnology*, 2nd ed., R. M. Osgood, Jr., Ed. Berlin, Germany: Springer-Verlag, 1998.
- [17] J. Breckling, Ed., *The Analysis of Directional Time Series: Applications to Wind Speed and Direction*, ser. Lecture Notes in Statistics. Berlin, Germany: Springer, 1989, vol. 61.
- [18] S. Zhang, C. Zhu, J. K. O. Sin, and P. K. T. Mok, "A novel ultrathin elevated channel low-temperature poly-Si TFT," *IEEE Electron Device Lett.*, vol. 20, pp. 569-571, Nov. 1999.
- [19] M. Wegmuller, J. P. von der Weid, P. Oberson, and N. Gisin, "High resolution fiber distributed measurements with coherent OFDR," in *Proc. ECOC'00*, 2000, paper 11.3.4, p. 109.
- [20] R. E. Sorace, V. S. Reinhardt, and S. A. Vaughn, "High-speed digital-to-RF converter," U.S. Patent 5 668 842, Sept. 16, 1997.
- [21] (2002) The IEEE website. [Online]. Available: <http://www.ieee.org/>
- [22] M. Shell. (2002) IEEEtran homepage on CTAN. [Online]. Available: <http://www.ctan.org/tex-archive/macros/latex/contrib/supported/IEEEtran/>
- [23] *FLEXChip Signal Processor (MC68175/D)*, Motorola, 1996.

- [24] "PDCA12-70 data sheet," Opto Speed SA, Mezzovico, Switzerland.
- [25] A. Karnik, "Performance of TCP congestion control with rate feedback: TCP/ABR and rate adaptive TCP/IP," M. Eng. thesis, Indian Institute of Science, Bangalore, India, Jan. 1999.
- [26] J. Padhye, V. Firoiu, and D. Towsley, "A stochastic model of TCP Reno congestion avoidance and control," Univ. of Massachusetts, Amherst, MA, CMPSCI Tech. Rep. 99-02, 1999.
- [27] *Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specification*, IEEE Std. 802.11, 1997.