

# Analisis Sistem Kinerja PLC Pada *Air Dryer* di Unit *Utilities* PT. X

Melinda Evanglin Hengkesa<sup>a)</sup>, Astrie Kusuma Dewi<sup>\*a)</sup>

(Received 27 Desember 2023 || Revised 22 Juni 2024 || Accepted 30 Juni 2024)

**Abstract:** *The refinery process in PT. X relies on several supporting units, including the air dryer in the utilities section, which is essential for removing water content from compressed air to support refinery operations. This research aimed to analyze the performance of the Programmable Logic Controller (PLC) system in the air dryer units (A, B, C, and D), each comprising two towers that can operate alternately or simultaneously. The conventional TM series controller was replaced with a Schneider Electric Modicon M340 PLC to enhance system reliability and digitization. A methodical approach was adopted, beginning with data collection from sensors connected to the PLC, followed by processing the data using predefined logic instructions. The research findings indicated significant improvements in operational efficiency, response time, and energy consumption with the PLC system compared to the TM series. The PLC system also facilitated continuous and precise control of the drying and regeneration processes. These findings underscore the importance of adopting advanced PLC systems to ensure higher operational efficiency and reliability in industrial applications. Consequently, this research advocates for the comprehensive upgrade of conventional control systems to PLCs in similar industrial settings.*

**Keywords:** *Controller, Air Dryer, Air Instrument, PLC, TM series*

## 1. Pendahuluan

Penelitian ini penting karena sistem pengering udara (*air dryer*) memiliki peran krusial dalam industri kilang minyak. Penggunaan udara terkompresi yang berkualitas tinggi diperlukan untuk berbagai aplikasi, termasuk operasional peralatan pneumatik yang mendukung otomatisasi proses industri. Tanpa sistem pengering udara yang efektif, kelembapan dalam udara terkompresi dapat menyebabkan kerusakan peralatan, penurunan efisiensi, dan peningkatan biaya perawatan [1], [2]. Oleh karena itu, peningkatan kinerja sistem pengering udara melalui teknologi yang lebih canggih adalah hal yang sangat diperlukan.

Pada saat ini, salah satu masalah utama yang dihadapi oleh PT. X adalah keandalan sistem pengering udara yang menggunakan controller konvensional TM series. Sistem ini sering mengalami kegagalan karena komponen yang bekerja terus-menerus, menyebabkan keausan dan kerusakan yang lebih cepat. Selain itu, suku cadang untuk TM series semakin sulit ditemukan karena sudah tidak diproduksi lagi, sehingga pemeliharaan menjadi lebih sulit dan mahal. Kondisi ini mengakibatkan *downtime* yang tidak terduga dan mengganggu kelancaran operasi kilang.

Di era digitalisasi industri, penggunaan *Programmable Logic Controller* (PLC) telah menjadi standar baru dalam pengendalian proses. PLC menawarkan kecepatan respon yang lebih tinggi, kemampuan pemrograman yang fleksibel, dan integrasi yang lebih baik dengan sistem kontrol lainnya [3], [4]. Schneider Electric Modicon M340 adalah salah satu jenis PLC yang banyak digunakan dalam industri proses karena kemampuannya untuk mengontrol dan memonitor berbagai parameter secara *real-time*. Sistem PLC ini juga mendukung komunikasi data yang andal melalui protokol umum seperti Modbus [5], [6].

Pemanfaatan PLC pada sistem pengering sebenarnya sudah dilakukan oleh beberapa peneliti. Wahyuni et al. mengaplikasikan PLC di mesin pemeras dan pengering biji kakao dengan hasil PLC mampu mengendalikan suhu silinder konstan di area 500<sup>o</sup> C dan dapat mengeringkan biji kakao di kisaran waktu 3 sampai dengan 5 jam tergantung berat biji yang dikeringkan dan kandungan airnya [7]. Hamsa et al. mengembangkan prototipe penghasil udara panas untuk alat pengering gabah berbasis PLC dengan hasil suhu panas mampu dikendalikan d antara 35-55<sup>o</sup>C [8]. Maulana et al. merancang alat pengering biji kopi berbasis PLC dengan hasil pengeringan berlangsung lebih cepat dibandingkan dengan cara tradisional [9]. Hermansyah et al. menerapkan PLC di alat

pengering gabah dengan hasil alat mampu mengurangi kadar air gabah rata – rata hingga 2,4 % per jamnya, pada setingan suhu 35<sup>o</sup>C - 45<sup>o</sup>C [10].

Namun, terdapat kesenjangan dalam penelitian mengenai implementasi PLC pada sistem pengering udara di kilang minyak. Sebagian besar studi sebelumnya lebih fokus pada aplikasi PLC dalam konteks umum industri manufaktur atau pengolahan, tetapi kurang dalam konteks spesifik pengering udara di kilang minyak. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengisi kesenjangan tersebut dengan memberikan analisis mendalam tentang kinerja PLC dalam sistem pengering udara, serta membandingkannya dengan sistem kontrol konvensional yang ada.

Penelitian ini menawarkan konsep baru dengan mengintegrasikan PLC Schneider Electric Modicon M340 untuk menggantikan TM series. Diharapkan bahwa penggunaan PLC akan meningkatkan efisiensi operasional, mengurangi downtime, dan meningkatkan keandalan sistem pengering udara. Selain itu, integrasi ini diharapkan dapat memberikan data yang lebih akurat dan real-time untuk pengambilan keputusan yang lebih baik dalam pengelolaan sistem pengering udara.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis kinerja sistem pengering udara menggunakan PLC dibandingkan dengan sistem kontrol konvensional TM series di PT. X. Penelitian ini akan mengevaluasi efisiensi, keandalan, dan dampak ekonomis dari penggantian sistem kontrol, serta memberikan rekomendasi implementasi untuk industri sejenis.

## 2. Metode

### 2.1 Spesifikasi *Air Dryer*

Bahan yang akan diuji dalam penelitian ini adalah *Air Dryer* yang dilakukan di unit *Utilities* PT.X, yang memiliki fungsi utama yaitu untuk menghilangkan kandungan *air* pada udara terkompresi. Unit ini terdiri dari unit A, B, C, dan D yang masing- masing unit memiliki kedua tower, yaitu tower kiri dan tower kanan. Kedua tower bekerja secara bergantian maupun bersamaan untuk melakukan *Air Drying* seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2.1.

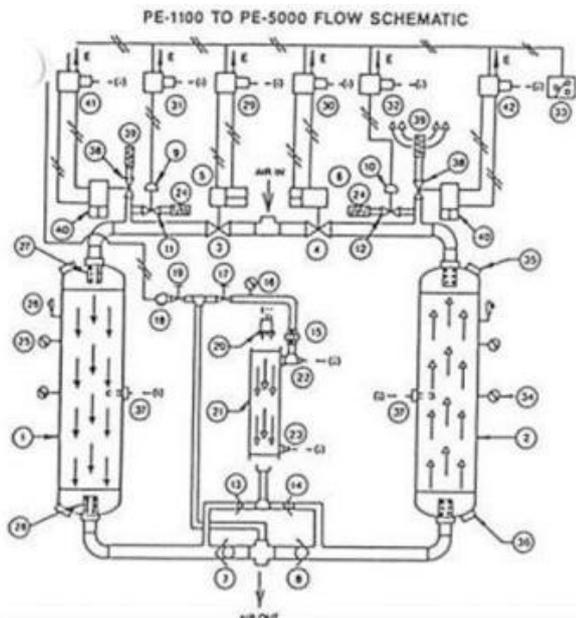
\*Korespondensi: [astrie.dewi@esdm.go.id](mailto:astrie.dewi@esdm.go.id)

a) Prodi Teknik Instrumentasi Kilang, Politeknik Energi Dan Mineral Akamigas, Blora, Indonesia



GAMBAR 2.1 AIR DRYER

Proses *air dryer* dimulai dengan penyimpanan udara untuk mengurangi kandungan air, kemudian udara melewati *filter* untuk menghilangkan partikel yang padat. Setelah itu, udara didinginkan menggunakan *chiller* yang selanjutnya dipisahkan menggunakan pemisah. Proses berikutnya udara dialirkan ke *desiccant* lalu udara dipanaskan menggunakan *heater* untuk menghilangkan kelembaban yang tersisa seperti yang terlihat pada Gambar 2.2.



GAMBAR 2.2 DIAGRAM ALIR PROSES SISTEM AIR DRYER DI PT. X

Gambar 2.2 menjelaskan bagaimana setiap komponen bekerja bersama dalam sistem *Air Dryer* untuk menghasilkan udara terkompresi yang kering dan bebas kelembaban, yang sangat penting untuk keandalan operasi peralatan pneumatik dan proses otomatisasi di kilang minyak.

**2.2 TM Series/Module (Timer Cam)**

TM Series/Module (Timer Cam) terdiri dari beberapa modul yang saling *interlock*. Peralatan ini biasanya digunakan untuk proses *sequence* berbasis waktu. *Timer Cam* memiliki 6 modul yang memiliki fungsi berbeda. Masing-masing modul terdiri dari motor yang sudah termasuk *clutch*, *dial*, dan *knob*. TM series/modul juga difasilitasi dengan mekanisme *latch switching*. *Timer Cam* terdiri dari motor, *switch*, dan gir sehingga jika terjadi kerusakan diperlukan perbaikan semua komponennya. Spesifikasi *timer cam* dapat dilihat pada Tabel 2.1.

TABEL 2.1 SPESIFIKASI TM/SERIES (TIMER CAM)

Jumlah sirkuit	standar 1-10
----------------	--------------

<i>Repeat Accuracy</i>	kecepatan <i>cam</i> sinkron dengan catu daya
<i>Cam programming Accuracy</i>	<i>Latch</i> atau 50-50 <i>cams</i> Waktu on pada <i>cam</i> yang sama 4% dari <i>Cycle closure</i> . Waktu on antara dua <i>cams</i> yang berbeda: 4% dari <i>cycle time</i> semua <i>cam</i> lainnya. <i>Closure time on</i> pada <i>cam</i> yang sama 1% dari <i>cycle time</i> . <i>Closure time</i> antara dua <i>cam</i> berbeda 1 IN dari <i>cycle time</i> .
<i>Minimum settings (average value)</i>	<i>Latch switching</i> -34% of <i>time cycle</i> . <i>Cam follower</i> with two <i>cam labe</i> -2 % of <i>time cycle</i> . <i>Cam follower</i> (molded, cut, or 50-50 type) -2% of <i>time cycle</i> .
<i>Contact rating</i>	10 Amp. 1/3 Hp. 120/240 VAC ½ Amp. @120 VDC: ¼ Amp @ 240 VDC
<i>Temperature Range</i>	0° hingga 140°F (-10 hingga 60°C)
<i>Voltage/Frequency</i>	120V (10, -15%): 50/60 H 240V (10, -15%): 50/60 Hz
<i>Input Burden (average value)</i>	Standar motor - 3 watt @rated voltage
<i>Laboratory Testing</i>	UL File #E-61735 CSA File LR 27967

Beberapa masalah yang ditemukan ketika pengoperasian *Air Dryer* menggunakan TM Series/Timer Cam antara lain:

- banyak komponen pada timer *cam* yang bekerja secara terus-menerus saat pengoperasian;
- penggunaan berkelanjutan dari komponen dapat menyebabkan kerusakan lebih cepat, memerlukan penggantian atau perbaikan keseluruhan komponen;
- *timer cam* telah usang dan tidak diproduksi lagi, sehingga sulit untuk menemukan pengganti yang baru.

Oleh karena itu sering terjadi pemeliharaan darurat karena penggunaan komponen yang berlebihan, sehingga unit tidak dapat beroperasi normal hingga *toubleshooting* selesai.

**2.3 PLC Schneider Electric Modicon M340**

*Programmable Logic Controller* (PLC) Set yang digunakan pada sistem *air dryer* unit merupakan Schneider Electric Modicon M340 jenis *medium level* yang banyak diaplikasikan di industri [11]. M340 didukung oleh modul-modul tambahan yang memadai, seperti modul I/O, modul komunikasi, dan lain sebagainya serta didukung oleh kemampuannya berintegrasi dengan produk lain melalui protokol yang umum digunakan, Modbus Serial dan Modbus TCP/IP (Ethernet).

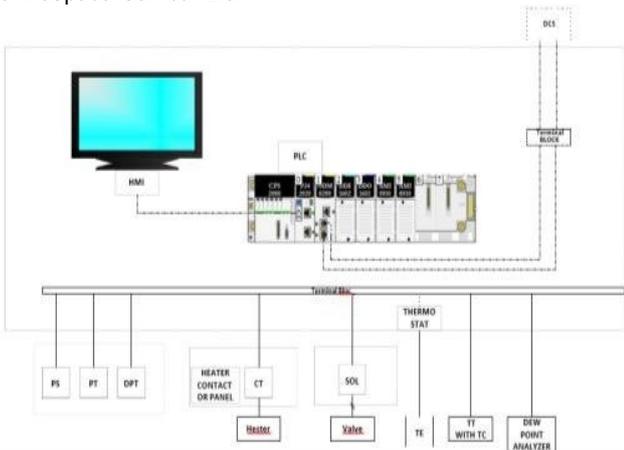
Proses PLC pada *air dryer* dimulai dengan pengumpulan data dari sensor-sensor yang terhubung ke PLC. Sensor-sensor ini dapat meliputi sensor suhu, sensor kelembaban, sensor aliran udara, dan sensor tekanan. Setelah mendapatkan data dari sensor, PLC akan memproses data tersebut menggunakan program yang telah diprogram sebelumnya [12].

Program ini berisi serangkaian instruksi logika yang mendefinisikan bagaimana PLC harus merespons data yang diterima. Instruksi-instruksi ini dapat mencakup perbandingan data, penghitungan matematika, logika boolean, dan lain sebagainya [13]. PLC akan menghasilkan sinyal kontrol yang dikirim ke perangkat-perangkat lain dalam sistem *air dryer*. Misalnya, jika sensor suhu mendeteksi suhu udara yang terlalu tinggi, PLC akan memberikan sinyal untuk mematikan elemen pemanas atau mengatur kecepatan kipas pendingin. Proses PLC pada *air dryer* berjalan

secara terus-menerus, dengan PLC terus memperbarui data dari sensor-sensor dan merespons kondisi yang berubah. Hal ini memungkinkan *air dryer* untuk beroperasi dengan efisien dan sesuai dengan persyaratan yang ditentukan .

**2.4 Konfigurasi dan Komunikasi Sistem PLC Air Dryer Unit**

Perencanaan sistem sangat penting dalam memilih PLC yang sesuai dengan kebutuhan dan banyak pertimbangan yang dibutuhkan, kemampuan pemrosesan, dan fitur lainnya. PLC dihubungkan pada HMI, PLC dan DCS yang ada di PT.X seperti yang terlihat pada Gambar 2.3.



**GAMBAR 2.3 KONFIGURASI DAN KOMUNIKASI SISTEM PLC AIR DRYER UNIT**

Pada Gambar 2.3 terlihat konfigurasi PLC untuk *air dryer* yang terdiri dari beberapa komponen utama yaitu HMI, PLC, Transmitter, DCS. Setiap komponen tersebut terhubung melalui komunikasi data. Sensor-sensor yang terpasang di lapangan mengirimkan data ke PLC melalui sambungan pada *terminal block*. Selanjutnya, PLC akan membaca dan mengolah nilai tersebut dan mengirimkannya ke HMI melalui komunikasi ethernet. HMI berfungsi sebagai antarmuka yang dapat dimengerti oleh pengguna, selain menampilkan informasi, HMI juga dapat memberikan perintah kepada PLC untuk melakukan proses tertentu [14], [15].

Data yang diolah oleh PLC juga dikirimkan ke *Distributed Control System (DCS)* yang digunakan sebagai bahan evaluasi di masa mendatang ketika terdapat masalah di lingkungan *air dryer*. Selain itu data yang telah diolah PLC dikirimkan kembali ke solenoid panel untuk mengendalikan pergerakan valve yang ada di *air dryer* tersebut.

**2.5 Metode Kerja Instalasi PLC Air Dryer**

Proses instalasi PLC di industri *refinery* perlu dilakukan dengan hati-hati untuk memastikan sistem berfungsi dengan baik dan aman. Metode kerja *installing PLC Air Dryer* ini mencakup tiga tahap utama dalam pekerjaan yang melibatkan pengaturan perangkat otomasi, yaitu persiapan, penginstalan, dan pemeriksaan. Dalam tahap persiapan, langkah-langkah yang perlu dilakukan adalah menyiapkan semua perangkat yang akan digunakan, seperti sensor suhu, sensor kelembaban, aktuator, dan perangkat kontrol lainnya. Pada tahap ini, perencanaan yang cermat diperlukan untuk memastikan ketersediaan semua komponen yang dibutuhkan sebelum proses selanjutnya dilakukan.

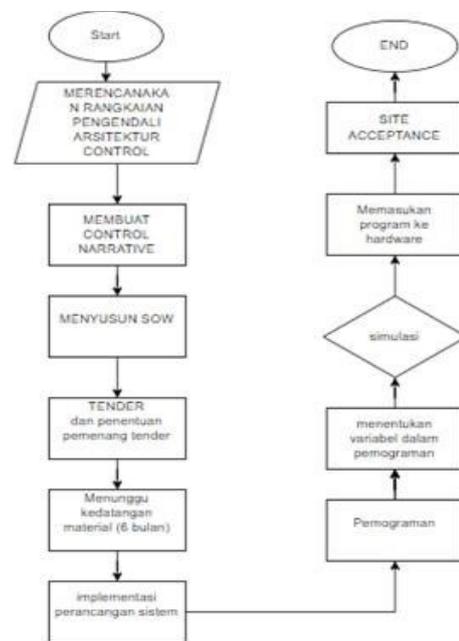
Tahap penginstalan melibatkan serangkaian tindakan teknis yang penting. Langkah pertama adalah menghubungkan kabel dari perangkat *Input/Output (I/O)* ke terminal I/O yang sesuai pada PLC.

Dalam hal ini, rujukan pada dokumentasi PLC menjadi kunci untuk menentukan terminal mana yang harus digunakan untuk setiap jenis I/O. Selanjutnya, penting untuk memperhatikan polaritas yang benar saat menghubungkan kabel ke terminal I/O PLC, dengan memastikan kabel *positif* terhubung ke terminal *positif* dan kabel *negatif* ke terminal negatif yang sesuai. Pemilihan kabel yang sesuai dengan kebutuhan tegangan dan arus listrik juga menjadi aspek penting dalam langkah penginstalan ini.

Setelah tahap penginstalan, pemeriksaan menjadi tahap selanjutnya. Verifikasi koneksi menjadi fokus utama dalam tahap ini. Langkah-langkah melibatkan memeriksa semua kabel yang telah terpasang, memastikan koneksi yang kuat dan aman pada terminal yang sesuai pada PLC dan perangkat I/O. Proses ini penting untuk menghindari potensi gangguan atau kerusakan yang dapat terjadi akibat koneksi yang tidak tepat. Selain itu, pemeriksaan juga mencakup membandingkan koneksi yang telah terbuat dengan diagram koneksi yang diberikan oleh produsen PLC dan perangkat terkait. Keseluruhan sub kompetensi ini menekankan perlunya pemahaman yang mendalam tentang instalasi perangkat otomasi dan keahlian teknis dalam memastikan kualitas koneksi yang optimal.

**2.6 Diagram Alir Penelitian**

Diagram Alir Penelitian adalah alur atau rangkaian langkah-langkah yang digunakan dalam proses penelitian untuk mencapai tujuan penelitian. Dalam konteks perancangan rangkaian pengendalian arsitektur kontrol, diagram alir penelitian akan mencakup tahap perancangan dan pengujian sistem kontrol, seperti yang terlihat pada Gambar 2.4.



**GAMBAR 2.4 DIAGRAM ALIR PENELITIAN**

Gambar 2.4 menjelaskan diagram dalam merancang pengendali yang pertama yaitu rancang arsitektur kontrol yang akan digunakan. Rancangan ini berfungsi sebagai dasar untuk mengatur operasi dan fungsi kontrol sistem secara keseluruhan. Selanjutnya, langkah kedua adalah membuat *narrative control* yang akan menjadi panduan bagi proses pemograman kontrol. Setelah itu, langkah berikutnya adalah menyusun *Statement of Work*

(SOW) yang merupakan dokumen formal yang mendefinisikan lingkup pekerjaan, tanggung jawab, jadwal, dan persyaratan lain.

Setelah SOW disusun, selanjutnya adalah melakukan proses penentuan Tender atau kontaktor pengerjaan. Setelah itu menunggu material yang akan digunakan dalam pengerjaan proyek, pengadaan material harus dilakukan sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan. Setelah material siap, dilakukan implementasi yang melibatkan berbagai kegiatan, termasuk penyediaan dan penginstalan kabel kontrol dan panel *box control*. Berikutnya dilakukan pemrograman untuk PLC agar bekerja sesuai dengan *narative control* yang telah direncanakan sebelumnya.

Apabila pemrograman selesai, proses selanjutnya adalah melakukan simulasi untuk memastikan bahwa proses berjalan sesuai dengan narasi yang telah disiapkan sebelumnya. Jika simulasi berhasil dan semua aspek sistem berjalan sesuai rencana, kode program dapat dimasukkan ke *hardware* PLC. Langkah terakhir adalah *site acceptance* dengan evaluasi sistem secara keseluruhan dan diuji di lokasi penerapan sesungguhnya.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Perbandingan Efisiensi

Perbandingan efisiensi antara *Timer Cam* dan PLC dari data yang terdapat pada Tabel 3.1, terlihat bahwa *timer cam* memiliki kecepatan yang lebih lambat dengan waktu respon yang dijelaskan sebagai "*Latch*" atau 50-50 cams adalah sebesar 4% dari kondisi ON hal ini justru akan menambah waktu respon alat. Di sisi lain, PLC menawarkan waktu respon yang lebih cepat karena menggunakan mikroprosesor dan perangkat lunak yang dapat diprogram. Dalam industri kilang seperti perusahaan PT.X dengan proses yang memerlukan kontrol waktu yang ketat, kecepatan waktu respon PLC menjadi keunggulan yang signifikan, karena dapat memastikan operasi yang presisi dan efisien.

TABEL 3.1 SPESIFIKASI WAKTU EKSEKUSI

Timer cam	PLC Modicon M340
<i>Latch</i> atau 50-50 cams	0.12 $\mu$ s Boolean
Waktu on pada <i>cam</i> yang sama 4% dari Cycle closure.	0.17 $\mu$ s double-length words 0.25 $\mu$ s single-length words
Waktu on antara dua <i>cams</i> yang berbeda: 4% dari cycle time semua <i>cam</i> lain. Closure time on pada <i>cam</i> yang sama 1% dari cycle time.	1.16 $\mu$ s floating points
Closure time antara dua <i>cam</i> berbeda 1 IN dari cycle time.	

Efisiensi juga menjadi pertimbangan penting jika dilihat dari sisi pengerjaan yaitu *Timer Cam* hanya dapat mengerjakan satu pengerjaan saja, sementara PLC memiliki kemampuan untuk menjalankan banyak program secara bersamaan. Hal ini memungkinkan PLC untuk mengoptimalkan penggunaan sumber daya dan meningkatkan efisiensi operasional. Kemampuan PLC dalam menangani banyak program secara paralel memberikan fleksibilitas dalam mengatur skenario, memaksimalkan produktivitas, dan mengurangi waktu henti sistem.

PLC juga memiliki keunggulan yaitu menggunakan energi yang lebih kecil dibandingkan dengan *timer cam* karena desain dan mekanisme kerjanya yang berbasis pada teknologi digital seperti yang terlihat pada Tabel 3.2.

TABEL 3.2 PENGGUNAAN TEGANGAN *TIMER CAM* DAN PLC

<i>Timer Cam</i>	PLC Modicon M340
120V (10, -15%): 50/60 Hz	95 mA at 24 V DC
240V (10, -15%): 50/60 Hz	

Dalam rencana mendatang penambahan sistem instrumen pada *Air Dryer* yang menggunakan PLC memberikan keuntungan signifikan. Konfigurasi yang dilakukan hanya melalui instalasi kabel dan penambahan program ke dalam PLC dapat dilakukan tanpa menghentikan PLC, berkat rentang waktu respon yang cepat. Ini memungkinkan perubahan dan penambahan sistem dilakukan dengan mudah dan efisien, tanpa mengganggu operasi yang sedang berjalan. Sebagai hasilnya, PLC akan dapat memberikan solusi yang lebih mudah dan responsif terhadap perubahan kebutuhan sistem, yang menjadi keuntungan penting dalam industri yang cepat berubah.

#### 3.2 Analisis

Hasil perbandingan operasional menunjukkan bahwa pengadaan alat PLC lebih mudah daripada *timer cam*, terutama karena industri telah bergerak menuju digitalisasi. Perkembangan teknologi telah menggeser preferensi dari alat kontrol konvensional seperti *timer cam* ke PLC, sehingga menyebabkan suku cadang untuk *timer cam* sulit didapatkan dan biaya perbaikan alat menjadi lebih tinggi. Selain itu, PLC memiliki tingkat keselamatan (*safety*) lebih tinggi karena mudah dimodifikasi dan dapat mengantisipasi atau menangani faktor kegagalan lebih cepat. Penggunaan kotak panel pada PLC juga memberikan perlindungan tambahan bagi komponen utama dalam sistem, sehingga menjaga kestabilan dan keandalan operasional. Dengan demikian, adopsi PLC di industri menjadi pilihan yang lebih menguntungkan dan sesuai dengan tren digitalisasi yang sedang berlangsung seperti yang terlihat pada Tabel 3.3.

TABEL 3.3 PERBANDINGAN *TM SERIES* DAN PLC

Items	<i>Tm Series</i>	PLC
Operasional	Susah	Mudah
Antar muka dan operator	Tidak ada	HMI
Perawatan	Banyak part baik mekanik, <i>seal</i> , dan Motor	Modular Elektronik
Kemudahan pembelian	Tidak diproduksi	Mudah dibeli di pasaran
Purna jual	Tidak ada dukungan	Banyak dan tersedia dukungan

### 4. Kesimpulan

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja sistem pendingin udara (*Air Dryer*) menggunakan PLC dibandingkan dengan sistem kontrol konvensional *TM Series* di unit Utilities PT. X. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan PLC Schneider Electric Modicon M340 memberikan peningkatan yang signifikan dalam efisiensi operasional, keandalan sistem, dan penghematan energi dibandingkan dengan *TM Series*.

Secara kuantitatif, waktu eksekusi instruksi logika pada PLC jauh lebih cepat, dengan waktu eksekusi Boolean sebesar 0.12  $\mu$ s, *double-length words* sebesar 0.17  $\mu$ s, *single-length words* sebesar 0.25  $\mu$ s, dan *floating points* sebesar 1.16  $\mu$ s. Sementara itu, *TM*

Series menunjukkan waktu respon yang lebih lambat dengan *closure time* pada cam yang sama sebesar 4% dari *cycle closure* dan waktu on antara dua cam yang berbeda sebesar 4% dari *cycle time*. Kecepatan respon yang lebih tinggi pada PLC memungkinkan pengendalian proses yang lebih presisi dan efisien.

Implementasi PLC juga mengurangi frekuensi *downtime* yang disebabkan oleh kegagalan komponen yang sering terjadi pada TM Series. Dengan modularitas dan kemampuan pemrograman yang fleksibel, PLC mempermudah proses pemeliharaan dan penggantian komponen tanpa memerlukan penghentian operasi yang lama. Selain itu, PLC menyediakan interface pengguna yang lebih intuitif melalui HMI, yang tidak tersedia pada TM Series.

Dari segi ekonomi, penggantian TM Series dengan PLC menunjukkan penghematan biaya yang signifikan. Biaya pemeliharaan dan perbaikan komponen TM Series yang sering mengalami keausan dapat diminimalkan, sementara efisiensi energi yang lebih tinggi pada PLC juga berkontribusi pada pengurangan biaya operasional secara keseluruhan.

Penelitian ini menyimpulkan bahwa penggunaan PLC Schneider Electric Modicon M340 pada sistem *Air Dryer* memberikan keuntungan yang jelas dalam hal efisiensi, keandalan, dan penghematan biaya. Rekomendasi yang dihasilkan dari penelitian ini adalah untuk mengadopsi teknologi PLC secara menyeluruh dalam sistem pengendalian proses di industri kilang minyak guna meningkatkan kinerja dan efisiensi operasional.

#### Referensi

- [1] S. Anam, "ANALISIS KINERJA MESIN PENGERING UDARA (AIR DRYER) FX 16 4,13 KW UNTUK PENGGERAK KATUP AKTUATOR PNEUMATIK," *ISMETEK*, vol. 12, no. 01, 2021.
- [2] J. E. Siswanto, "ANALISA KEANDALAN DAN PENENTUAN PERSEDIAAN KOMPONEN PENGERING UDARA (AIR DRYER) DI PT. PETROCHINA INTERNATIONAL JABUNG LTD GERAGAI-JAMBI," *J. Inov.*, vol. 2, no. 2, pp. 27–36, Nov. 2019, doi: 10.37338/INOVATOR.V2I2.121.
- [3] M. Amin, R. Harahap, R. Bangun, R. Harahap, and Z. Pelawi, "Rancang Bangun Sistem Kendali Dan Monitoring Pengolahan Air Limbah Berbasis PLC," *JET (Journal Electr. Technol.)*, vol. 8, no. 2, pp. 43–48, Aug. 2023.
- [4] M. N. Hidayat, E. Causa Nursal, F. Ronilaya, and M. F. Hakim, "Perencanaan Control Valve Pada Head Tank PLTA Tulungagung Menggunakan PLC," *Elposys J. Sist. Kelistrikan*, vol. 10, no. 2, pp. 130–135, 2023, doi: 10.33795/ELPOSYS.V10I2.2676.
- [5] L. Martín-Liras, M. A. Prada, J. J. Fuertes, A. Morán, S. Alonso, and M. Domínguez, "Comparative analysis of the security of configuration protocols for industrial control devices," *Int. J. Crit. Infrastruct. Prot.*, vol. 19, pp. 4–15, Dec. 2017, doi: 10.1016/J.IJCIP.2017.10.001.
- [6] C. E. Peters, Y. Luo, R. Vondrasek, C. Dickerson, A. Germain, and M. Power, "PLC BASED VACUUM CONTROLLER UPGRADE AND INTEGRATION AT THE ARGONNE TANDEM LINEAR ACCELERATOR SYSTEM," pp. 724–727, doi: 10.18429/JACoW-ICALEPCS2017-TUPHA131.
- [7] retno tri Wahyuni, D. Saputra, E. Susianti, and A. Amirul, "Alat Pemerias Lendir (Depulper) dan Pengering Biji Kakao Berbasis Programmable Logic Controller (PLC)," *J. Elem. (Elektro dan Mesin Ter.)*, vol. 6, no. 2, pp. 19–31, Nov. 2020, doi: 10.35143/ELEMENTER.V6I2.4431.
- [8] T. Panggabean, A. Neni Triana, and A. Hayati, "Kinerja Pengerian Gabah Menggunakan Alat Pengering Tipe Rak dengan Energi Surya, Biomassa, dan Kombinasi," *Agritech*, vol. 37, no. 2, p. 229, Sep. 2017, doi: 10.22146/AGRITECH.25989.
- [9] R. Maulana, Jamaluddin, and A. Finawan, "Rancang Bangun Pengendalian Proses Pada Sistem Pengering Biji Kopi Berbasis Mikrokontroler," *J. Tektro*, vol. 2, no. 2, pp. 37–42, 2018.
- [10] L. Hermansyah, H. Kharis, and P. Slamet, "Perancangan Alat Pengering Gabah Berbasis PLC," *El Sains J. Elektro*, vol. 1, no. 1, 2019, doi: 10.30996/elsains.v1i1.1860.
- [11] B. Won and E. Tran, "Plant Growing Control with Modicon M580," *Electr. Eng.*, Jun. 2020.
- [12] G. Corbò, C. Foglietta, C. Palazzo, and S. Panzneri, "Smart Behavioural Filter for Industrial Internet of Things: A Security Extension for PLC," *Mob. Networks Appl.*, vol. 23, no. 4, pp. 809–816, Aug. 2018, doi: 10.1007/S11036-017-0882-1/METRICS.
- [13] H. Gunawan, "PELATIHAN PERAWATAN PROGRAMABLE LOGIC CONTROLLER (PLC) SEBAGAI ALAT PENGENDALI ELEKTRONIKA UNTUK PARA TEKNISI DI PT. PACIFIC MEDAN INDUSTRI," *PEDAMAS (PENGABDIAN Kpd. MASYARAKAT)*, vol. 2, no. 03, pp. 637–645, May 2024.
- [14] A. Amin and R. Risfendra, "Human Machine Interface for Automation System of Handling Station," *Motiv. J. Mech. Electr. Ind. Eng.*, vol. 1, no. 3, pp. 13–20, Sep. 2019, doi: 10.46574/MOTIVECTION.V1I3.10.
- [15] M. S. Nashir, W. Kartika, and S. A. Wibowo, "SISTEM KONTROL SMART AHU MENGGUNAKAN PLC DAN HMI DI RUANG OPERASI RSUD SITI FATIMAH PALEMBANG," *BINER J. Ilmu Komputer, Tek. dan Multimed.*, vol. 1, no. 3, pp. 731–744, Aug. 2023, doi: 10.18196/MT.V3I2.12401.