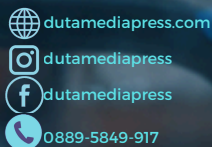


Otomasi Industri

Buku Otomasi Industri menyajikan pembahasan menyeluruh mengenai perkembangan, konsep, arsitektur, serta penerapan sistem otomasi dalam industri modern. Pembahasan dimulai dari evolusi paradigma otomasi sejak Revolusi Industri 1.0 hingga 5.0, yang menunjukkan pergeseran teknologi dari mekanisasi berbasis mesin uap menuju sistem cerdas yang berpusat pada kolaborasi antara manusia, mesin, dan data. Selanjutnya, buku ini menguraikan arsitektur sistem otomasi industri modern, termasuk piramida otomasi, jaringan komunikasi industri, sensor cerdas, aktuator, IIoT, digital twin, serta pemanfaatan kecerdasan buatan. Materi juga mencakup kendali sekuensial, sistem kendali proses industri, serta komponen utama otomasi seperti PLC, HMI, dan SCADA. Pada bagian akhir, pembaca diperkenalkan pada dasar pemrograman PLC sesuai standar IEC 61131-3, instruksi dasar, pengolahan data digital dan analog, serta studi kasus yang aplikatif. Dengan pendekatan sistematis dan kontekstual, buku ini ditujukan bagi mahasiswa, teknisi, dosen, maupun praktisi industri yang ingin memahami otomasi industri secara teoritis dan praktis. Buku ini juga membantu pembaca menyiapkan kompetensi untuk menghadapi transformasi digital, smart factory, serta kebutuhan industri masa depan yang efisien, aman, adaptif, berkelanjutan, dan berorientasi pada nilai kemanusiaan.



Office: Jl. Ngentak, Abiyasa, RT.03,
Bangunjiwo, Kec. Kasihan, Kab. Bantul,
D.I. Yogyakarta



BUKU AJAR

Otomasi Industri

Angga Wahyu Aditya, S.ST., M.T., dkk

Otomasi Industri



Angga Wahyu Aditya, S.ST., M.T.
Hadiyanto, ST, M.Eng
Ihsan, S.Kem., M.T.
Aulia Ananda, S.T., M.T

BUKU AJAR

OTOMASI INDUSTRI

Penulis:

**Angga Wahyu Aditya, S.ST., M.T. I Hadiyanto, ST, M.Eng. I Ihsan,
S.Kom., M.T. I Aulia Ananda, S.T., M.T**

**UNDANG-UNDANG REPUBLIK INDONESIA
NOMOR 28 TAHUN 2014 TENTANG HAK CIPTA**

LINGKUP HAK CIPTA

Pasal 1

1. Hak Cipta adalah hak eksklusif pencipta yang timbul secara otomatis berdasarkan prinsip deklaratif setelah suatu ciptaan diwujudkan dalam bentuk nyata tanpa mengurangi pembatasan sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.

KETENTUAN PIDANA

Pasal 113

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).
3. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf a, huruf b, huruf e, dan/atau huruf g untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 4 (empat) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah).
4. Setiap Orang yang memenuhi unsur sebagaimana dimaksud pada ayat (3) yang dilakukan dalam bentuk pembajakan, dipidana dengan pidana penjara paling lama 10 (sepuluh) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp4.000.000.000,00 (empat miliar rupiah).

BUKU AJAR

Otomasi Industri

Penulis:

Angga Wahyu Aditya, S.ST., M.T.

Hadiyanto, ST, M.Eng

Ihsan, S.Kom., M.T.

Aulia Ananda, S.T, M.T

All rights reserved

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

Hak Penerbitan pada Duta Media Press

ISBN: 978-634-97036-7-3

Editor/Tata Letak Isi:

Mahsun, M.E

Desain Cover:

Miftahul Ulum

iii + 137 hlm: 15,5 x 23 cm

Cetakan Pertama, Juli 2026

Nama penerbit;

PT. Duta Media Press

Anggota IKAPI No.213/DIY/2026

Alama: Jl. Ngentak, Gg. Abiyasa, No.3, Bangunjiwo, Kasihan,

Bantul, D.I Yogyakarta

Web: dutamediapress.com

Email: dutamediapres@gmail.com

No. wa: 0889-5849-917

Pengantar Penerbit

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas terbitnya buku “**Otomasi Industri**” sebagai salah satu karya ilmiah dan akademik yang diharapkan dapat memberikan kontribusi bagi pengembangan pengetahuan, pembelajaran, dan kompetensi di bidang teknologi industri. Kehadiran buku ini menjadi relevan di tengah perkembangan industri yang semakin ditandai oleh integrasi antara sistem kendali, teknologi informasi, komunikasi data, kecerdasan buatan, dan sistem siber-fisik.

Transformasi industri dalam beberapa dekade terakhir telah membawa perubahan yang sangat signifikan terhadap sistem produksi. Perkembangan dari otomasi konvensional menuju Industri 4.0 dan Industri 5.0 menuntut pemahaman yang lebih komprehensif mengenai teknologi otomasi. Penguasaan terhadap sistem kendali, PLC, HMI, SCADA, jaringan komunikasi industri, IIoT, serta pemrograman PLC menjadi bagian penting dari kompetensi sumber daya manusia yang akan berhadapan dengan lingkungan industri modern. Buku ini hadir untuk memberikan landasan konseptual sekaligus pemahaman aplikatif mengenai berbagai aspek tersebut.

Buku **Otomasi Industri** disusun secara sistematis dengan pembahasan yang dimulai dari evolusi paradigma otomasi industri, arsitektur sistem otomasi modern, kendali sekuensial, sistem kendali proses industri, PLC-HMI-SCADA, hingga dasar pemrograman PLC. Penyusunan materi secara bertahap tersebut memberikan kesempatan kepada pembaca untuk memahami hubungan antara konsep dasar, perangkat teknologi, sistem kendali, dan penerapannya dalam lingkungan industri. Pembahasan mengenai PLC, HMI, dan SCADA juga ditempatkan dalam konteks perkembangan Industri 4.0 sehingga pembaca dapat melihat keterkaitan antara teknologi otomasi konvensional dan ekosistem industri digital.

Sebagai buku ajar, karya ini memiliki nilai penting bagi proses pembelajaran di perguruan tinggi, khususnya pada bidang teknik elektro, otomasi industri, mekatronika, teknologi rekayasa, informatika industri, dan bidang keilmuan lain yang berkaitan. Struktur pembelajaran yang dilengkapi dengan tujuan instruksional, capaian pembelajaran, rangkuman materi, pembahasan, serta latihan menjadikan buku ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembelajaran yang sistematis. Materi yang disajikan juga memiliki relevansi bagi teknisi dan praktisi yang membutuhkan pemahaman mengenai sistem otomasi dan kendali industri.

Penerbit memandang bahwa kekuatan buku ini terletak pada upayanya menghubungkan aspek teoritis dengan kebutuhan praktis. Pembaca tidak hanya diperkenalkan pada pengertian dan fungsi setiap perangkat, tetapi juga diarahkan untuk memahami bagaimana berbagai komponen tersebut bekerja sebagai suatu sistem yang terintegrasi. Pembahasan mengenai komunikasi data, integrasi PLC-HMI-SCADA, IIoT, edge computing, cloud, digital twin, serta teknologi otomasi cerdas memperlihatkan bahwa sistem otomasi industri merupakan bidang yang terus berkembang dan membutuhkan kemampuan adaptasi secara berkelanjutan.

Penerbit berharap buku ini dapat menjadi salah satu referensi yang bermanfaat dalam memperkuat proses pembelajaran dan pengembangan kompetensi sumber daya manusia di bidang otomasi industri. Bagi mahasiswa, buku ini diharapkan dapat membantu membangun pemahaman konseptual dan keterampilan dasar. Bagi dosen, buku ini dapat digunakan sebagai salah satu alternatif bahan ajar dalam penyelenggaraan pembelajaran berbasis capaian. Sementara bagi teknisi dan praktisi, buku ini diharapkan dapat menjadi referensi pendukung untuk memahami perkembangan sistem otomasi dan teknologi kendali yang digunakan dalam lingkungan industri modern.

Penerbit menyampaikan apresiasi kepada para penulis atas dedikasi, pengetahuan, dan kerja keras dalam menyusun buku ini. Penyusunan buku akademik membutuhkan ketekunan dalam mengembangkan materi, memilih referensi, menyusun struktur pembelajaran, serta menghubungkan teori dengan perkembangan teknologi. Kehadiran karya ini merupakan bagian dari upaya bersama untuk memperluas akses terhadap sumber

belajar yang relevan dengan kebutuhan pendidikan dan perkembangan dunia industri.

Semoga buku “**Otomasi Industri**” dapat memberikan manfaat yang luas bagi dunia pendidikan, industri, dan masyarakat. Penerbit berharap buku ini tidak hanya menjadi bahan bacaan, tetapi juga menjadi bagian dari proses pembentukan sumber daya manusia yang memiliki kompetensi teknis, kemampuan berpikir sistematis, serta kesiapan menghadapi transformasi teknologi industri yang semakin cepat.

Yogyakarta, Juli 2026

Penerbit,

Pengantar

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga buku **Otomasi Industri** ini dapat diselesaikan dengan baik. Buku ini disusun sebagai salah satu sumber pembelajaran yang diharapkan dapat membantu mahasiswa, dosen, teknisi, praktisi, maupun pembaca yang memiliki ketertarikan terhadap perkembangan teknologi otomasi dan sistem kendali industri. Perkembangan industri yang berlangsung semakin cepat telah mendorong perubahan mendasar dalam cara manusia merancang, mengoperasikan, mengendalikan, dan mengoptimalkan proses produksi. Otomasi tidak lagi terbatas pada penggunaan perangkat kendali secara individual, tetapi telah berkembang menjadi suatu ekosistem yang mengintegrasikan perangkat fisik, sistem komunikasi, perangkat lunak, data, kecerdasan buatan, serta manusia dalam satu lingkungan industri yang semakin terhubung.

Buku ini disusun untuk memberikan pemahaman secara bertahap mengenai konsep dan penerapan otomasi industri, mulai dari perkembangan otomasi sejak Revolusi Industri 1.0 hingga munculnya paradigma Industri 4.0 dan Industri 5.0. Pembahasan diawali dengan evolusi paradigma otomasi industri, kemudian dilanjutkan dengan arsitektur sistem otomasi modern, kendali sekuensial, sistem kendali proses industri, serta teknologi Programmable Logic Controller (PLC), Human Machine Interface (HMI), dan Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA). Bagian akhir buku memberikan pembahasan mengenai dasar pemrograman PLC berdasarkan standar IEC 61131-3, termasuk berbagai bahasa pemrograman, instruksi dasar, pengolahan data, data analog, serta contoh penerapan pemrograman PLC dalam berbagai kebutuhan industri.

Penyusunan buku ini juga mempertimbangkan perubahan kebutuhan kompetensi tenaga kerja pada era transformasi digital. Industri modern membutuhkan sumber daya manusia yang tidak hanya memahami prinsip dasar sistem kendali, tetapi juga mampu mengintegrasikan berbagai teknologi dalam suatu sistem yang kompleks. Integrasi PLC, HMI, SCADA, jaringan komunikasi industri, Industrial Internet of Things (IIoT), edge computing, cloud computing, digital twin, dan kecerdasan buatan menjadi bagian penting dari perkembangan otomasi industri kontemporer. Oleh karena itu, buku ini tidak hanya menyajikan konsep teoritis, tetapi juga berupaya menghubungkan materi dengan perkembangan teknologi dan kebutuhan praktis di lingkungan industri.

Setiap bab dirancang dengan struktur pembelajaran yang sistematis melalui pendahuluan, tujuan instruksional dan capaian pembelajaran, rangkuman materi, pembahasan, serta latihan. Struktur tersebut diharapkan dapat membantu pembaca memahami materi secara bertahap sekaligus melakukan evaluasi terhadap tingkat pemahamannya. Penyajian materi juga dilengkapi dengan tabel, ilustrasi, diagram, contoh penerapan, dan studi kasus sehingga konsep otomasi yang bersifat teknis dapat dipahami secara lebih konkret. Dengan pendekatan tersebut, buku ini diharapkan dapat digunakan tidak hanya sebagai bahan bacaan, tetapi juga sebagai salah satu referensi pendukung dalam proses pembelajaran dan pengembangan kompetensi bidang otomasi industri.

Perkembangan teknologi otomasi industri berlangsung sangat dinamis. Teknologi, standar, protokol komunikasi, perangkat keras, perangkat lunak, dan metode pengendalian terus mengalami perkembangan seiring dengan tuntutan efisiensi, keselamatan, fleksibilitas, keberlanjutan, dan integrasi digital. Karena itu, buku ini tidak dimaksudkan sebagai satu-satunya sumber pengetahuan, melainkan sebagai fondasi untuk membangun pemahaman yang dapat dikembangkan lebih lanjut melalui literatur ilmiah, standar internasional, dokumentasi teknologi, pengalaman praktis, dan perkembangan terbaru di dunia industri.

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, masukan, pengetahuan, dan kontribusi selama proses penyusunan buku ini. Apresiasi juga diberikan kepada rekan-rekan akademisi, praktisi, teknisi, mahasiswa, serta berbagai pihak yang secara langsung maupun tidak langsung turut memperkaya gagasan dan materi yang disajikan dalam buku ini. Kontribusi tersebut menjadi bagian penting dalam upaya menghadirkan bahan pembelajaran yang relevan dengan perkembangan otomasi industri dan kebutuhan pendidikan vokasi maupun pendidikan tinggi.

Penulis berharap buku ajar ini dapat memberikan manfaat bagi mahasiswa dalam memahami dasar-dasar otomasi, bagi dosen dalam mengembangkan proses pembelajaran, serta bagi teknisi dan praktisi sebagai referensi dalam memahami berbagai konsep dan teknologi sistem otomasi industri.

Semoga buku ini dapat memberikan kontribusi bagi pengembangan pengetahuan dan kompetensi di bidang otomasi industri serta ikut mendukung terbentuknya sumber daya manusia yang adaptif, kompeten, inovatif, dan mampu menghadapi perubahan teknologi industri pada masa yang akan datang.

Balikpapan, Juli 2026
Penulis,

Daftar Isi

Kata Pengantar Penerbit	iv
Kata Pengantar Penulis.....	vii
Daftar Isi	xi

BAB I

EVOLUSI PARADIGMA OTOMASI INDUSTRI

A. Pendahuluan.....	9
B. Tujuan Instruksional dan Capaian Pembelajaran.....	10
C. Rangkuman Materi.....	10
D. Isi Materi.....	10
1. Otomasi Awal dan Revolusi Industri 1.0–2.0	10
2. Digitalisasi dan Revolusi Industri 3.0	13
3. Revolusi Industri 4.0 dan Otomasi Cerdas.....	15
4. Menuju Revolusi Industri 5.0.....	17
5. Latihan.....	20

BAB II

ARSITEKTUR SISTEM OTOMASI INDUSTRI MODERN

A. Pendahuluan.....	21
B. Tujuan Instruksional dan Capaian Pembelajaran.....	22
C. Rangkuman Materi.....	22
D. Isi Materi.....	23
1. Piramida Otomasi dan Tingkatan.....	23
2. Ekosistem Jaringan Industri	27
3. Sensor Cerdas dan Aktuator	32
4. IioT.....	34
5. Integrasi Digital dan Masa Depan.....	38
6. Latihan.....	42

BAB III

KENDALI SEKUENSIAL

A. Pendahuluan.....	43
B. Tujuan Instruksional dan Capaian Pembelajaran.....	44
C. Rangkuman Materi.....	44
D. Isi Materi.....	45
1. Definisi dan Kategori Kendali Sekuensial	45
2. Elemen Dasar Kendali Sekuensial	48
3. Alat Analisis Kendali Sekuensial	52
4. Studi Kasus Kendali Sekuensial.....	55
5. Kendali Sekuensial pada Era Otomasi Modern.....	57
6. Latihan.....	59

BAB IV

SISTEM KENDALI PROSES INDUSTRI

A. Pendahuluan.....	61
B. Tujuan Instruksional dan Capaian Pembelajaran.....	61
C. Rangkuman Materi.....	62
D. Isi Materi.....	63
1. Otomasi Industri dalam Sistem Kendali Proses Industri.....	63
2. Otomasi Industri dan Revolusi Industri	64
3. Implementasi Otomasi Industri Berbagai Bidang	65
4. Tantangan Otomasi Industri dalam Sistem Kendali Proses	67
5. Peluang Transformasi Sistem Kendali Proses.....	68
6. Latihan.....	69

BAB V

PLC, HMI, & SCADA

A. Pendahuluan.....	71
B. Tujuan Instruksional dan Capaian Pembelajaran.....	71
C. Rangkuman Materi.....	73
D. Isi Materi.....	74

1. Programmable Logic Controller (PLC).....	74
2. Komponen Utama PLC	75
3. Mekanisme PLC dan Pin I/O	76
4. Komunikasi Data PLC	78
5. Keunggulan dan Keterbatasan PLC	81
6. Human Machine Interface (HMI)	84
7. Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA)	92
8. Integrasi PLC, HMI, dan SCADA pada Era Industri 4.0	97
9. Latihan.....	98

BAB VI

DASAR PEMROGRAMAN PLC

A. Pendahuluan.....	99
B. Tujuan Instruksional dan Capaian Pembelajaran.....	101
C. Rangkuman Materi.....	102
D. Isi Materi.....	102
1. Bahasa Pemrograman PLC Standar IEC 61131-3.....	102
2. Bahasa Pemrograman Diagram Ladder (LD).....	103
3. Bahasa Pemrograman Function Block Diagram (FBD).....	104
4. Bahasa Pemrograman Instruction List (IL)	105
5. Bahasa Pemrograman Structured Text (ST).....	106
6. Bahasa Pemrograman Sequential Function Chart (SFC)	108
7. Instruksi Dasar PLC	109
8. Tipe Data dalam Pemrograman PLC	110
9. Instruksi Perbandingan Data	111
10. Instruksi Pemindahan Data.....	112
11. Instruksi Aritmetika Data dan Konversi Data	113
12. Pengolahan Data Analog dan ADC.....	115
13. Studi Kasus Pemrograman PLC	116
14. Latihan.....	118

DAFTAR PUSTAKA	122
-----------------------------	------------

PENULIS	124
----------------------	------------

BAB I

EVOLUSI PARADIGMA OTOMASI INDUSTRI

A. PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan perjalanan sejarah otomasi industri dari awal hingga saat ini. Di era pertama Revolusi Industri, mesin uap menjadi awal otomasi mekanis. Kemudian, Revolusi Industri 2.0 membawa era listrik dan produksi massal. Revolusi Industri 3.0 ditandai dengan hadirnya komputer dan sistem kendali yang dapat diprogram, seperti PLC. Selanjutnya, Revolusi Industri 4.0 hadir dengan sistem siberfisik, Internet of Things (IoT), dan kecerdasan buatan. Revolusi Industri 5.0 merupakan kolaborasi antara manusia dan mesin. Kita akan melihat produk yang lebih personal, berkelanjutan, dan berfokus pada nilai sosial. Dengan memahami perjalanan ini, mahasiswa dapat memahami posisi industri saat ini dan mengantisipasi masa depan otomasi.

B. TUJUAN INTRUKSIONAL DAN CAPAIAN PEMBELAJARAN

Tujuan Instruksional Umum (TIU)

Setelah mempelajari bab ini, mahasiswa diharapkan mampu memahami secara komprehensif evolusi paradigma otomasi industri sejak Revolusi Industri 1.0 hingga arah perkembangan Revolusi Industri 5.0, serta mampu menganalisis implikasi setiap tahap terhadap praktik industri kontemporer di Indonesia maupun di tingkat global.

Tujuan Instruksional Khusus (TIK)

1. Mahasiswa mampu menjelaskan karakteristik teknologi serta konteks sosial-ekonomi pada setiap fase revolusi industri.
2. Mahasiswa mampu mengidentifikasi peran teknologi kunci seperti mesin uap, tenaga listrik, PLC, IoT, AI, dan kolaborasi manusia-mesin pada setiap era.
3. Mahasiswa mampu membandingkan paradigma otomasi pada Revolusi Industri 4.0 dengan Revolusi Industri 5.0.
4. Mahasiswa mampu menganalisis tantangan dan peluang implementasi otomasi cerdas di Indonesia.

Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK)

CPMK – 1:

Mampu memahami, menganalisis, dan merumuskan strategi otomasi industri yang berkelanjutan.

➤ Sub – CPMK – 1:

Mampu menjelaskan perkembangan revolusi industri beserta teknologi inti otomasi pada setiap tahap secara sistematis.

➤ Sub – CPMK – 2:

Mampu mengevaluasi implikasi etis, sosial, dan lingkungan dari otomasi cerdas serta merumuskan strategi adopsi teknologi yang berkelanjutan dan berorientasi pada manusia.

C. RANGKUMAN MATERI

Otomasi industri telah mengalami empat perubahan besar. Pada awalnya, Revolusi Industri 1.0 yang terjadi pada akhir abad ke-18 menggunakan mesin uap untuk melakukan mekanisasi. Kemudian, Revolusi Industri 2.0 pada akhir abad ke-19 memperkenalkan tenaga listrik, jalur perakitan, dan produksi massal. Setelah itu, Revolusi Industri 3.0 di pertengahan abad ke-20 memungkinkan otomasi digital dan kontrol terprogram melalui teknologi komputer, mikroprosesor, dan PLC. Lalu, Revolusi Industri 4.0 yang dimulai sekitar tahun 2011 memadukan dunia fisik dan dunia siber melalui *Cyber-Physical Systems* (CPS), IoT, *big data*, *cloud computing*, serta kecerdasan buatan untuk menghasilkan pabrik cerdas yang adaptif dan sepenuhnya terintegrasi. Saat ini, Revolusi Industri 5.0 yang sedang berkembang menempatkan manusia kembali ke pusat sistem produksi melalui kolaborasi dengan robot kolaboratif, personalisasi massal, keberlanjutan lingkungan, dan ketahanan sosial. Perubahan ini mencerminkan pergeseran dari logika efisiensi murni ke logika nilai yang lebih holistik dengan mengakomodasi dimensi ekonomi, sosial, serta ekologis secara seimbang.

D. ISI MATERI

Otomasi Awal dan Revolusi Industri 1.0 – 2.0

Konsep otomasi industri sebagaimana dipahami saat ini tidak muncul secara tiba-tiba, melainkan tumbuh dari proses panjang yang berakar pada

BAB II

ARSITEKTUR SISTEM OTOMASI INDUSTRI MODERN

A. PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan arsitektur sistem otomasi industri modern sebagai kerangka teknis yang menyatukan *hardware*, *software*, dan jaringan komunikasi dalam satu kesatuan operasional yang terintegrasi. Pembahasan diawali dengan piramida otomasi model hierarkis konvensional yang menggambarkan tingkatan kendali mulai dari perangkat lapangan hingga sistem manajemen perusahaan, yang dilanjutkan dengan ekosistem jaringan industri yang mencakup protokol komunikasi seperti Modbus, Profibus, dan OPC-UA, serta integrasi antara *cloud computing* dan *edge computing*. Bab ini juga membahas peran sensor cerdas dan aktuator sebagai antarmuka antara dunia fisik dan dunia digital, serta konsep *Industrial IoT* (IIoT) yang memungkinkan konektivitas masif pada perangkat-perangkat pintar di dunia industri. Bagian akhir mengulas integrasi digital menuju Industri 4.0 yang ditandai oleh teknologi *digital twin* dan penerapan kecerdasan buatan untuk mengoptimalkan proses produksi. Pemahaman terhadap arsitektur ini menjadi prasyarat penting bagi mahasiswa agar dapat merancang, mengintegrasikan, dan mengevaluasi sistem otomasi industri secara komprehensif.

B. TUJUAN INTRUKSIONAL DAN CAPAIAN PEMBELAJARAN

Tujuan Instruksional Umum (TIU)

Setelah mempelajari bab ini, mahasiswa diharapkan mampu menjelaskan arsitektur sistem otomasi industri modern secara komprehensif, mulai dari piramida otomasi konvensional hingga arsitektur terdistribusi berbasis IIoT, serta mampu menganalisis komponen-komponen kunci yang membentuk sistem otomasi industri kontemporer.

Tujuan Instruksional Khusus (TIK)

1. Mahasiswa mampu menjelaskan lima tingkatan piramida otomasi serta fungsi spesifik dari masing-masing level.

2. Mahasiswa mampu menguraikan karakteristik dan perbedaan protokol komunikasi industri utama seperti Modbus, Profibus, dan OPC-UA.
3. Mahasiswa mampu mendeskripsikan konsep edge computing dan cloud computing serta relasi keduanya dalam arsitektur otomasi modern.
4. Mahasiswa mampu menjelaskan peran sensor cerdas, aktuator, dan drive dalam menjalankan loop kontrol pada sistem.
5. Mahasiswa mampu menganalisis konsep IIoT, digital twin, dan penerapan AI dalam smart factory.

Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK)

CPMK – 1:

Mampu memahami, menganalisis, dan merumuskan strategi otomasi industri yang berkelanjutan.

➤ Sub – CPMK – 1:

Mampu menggambarkan piramida otomasi dan menempatkan komponen sistem pada level yang tepat.

➤ Sub – CPMK – 2:

Mampu memilih protokol komunikasi industri yang sesuai dengan karakteristik aplikasi.

➤ Sub – CPMK – 3:

Mampu mengevaluasi kebutuhan komputasi pada layer edge maupun cloud.

➤ Sub – CPMK – 4:

Mampu merancang arsitektur sistem otomasi berbasis IIoT untuk kebutuhan industri spesifik.

➤ Sub – CPMK – 5:

Mampu menjelaskan penerapan digital twin dan AI untuk optimasi proses produksi.

C. RANGKUMAN MATERI

Arsitektur sistem otomasi industri modern secara klasik digambarkan melalui piramida otomasi yang terdiri atas lima tingkatan: *field level* (sensor dan aktuator), *control level* (PLC dan DCS), *supervisory level* (SCADA dan HMI), *planning level* (MES), dan *management level* (ERP). Setiap tingkatan memiliki karakteristik waktu respons, volume data, dan tujuan fungsional yang berbeda. Integrasi antarlevel dimungkinkan melalui ekosistem jaringan

Penulis



Angga Wahyu Aditya, S.ST., M.T. merupakan akademisi di Politeknik Negeri Balikpapan. Penulis lahir di Pacitan, 01 November 1994. Penulis menamatkan pendidikan jenjang Diploma IV di Politeknik Elektronika Negeri Surabaya pada tahun 2016 dan jenjang Magister Terapan pada tahun 2018 di perguruan tinggi yang sama. Bidang keilmuan dan minatnya berkaitan dengan otomasi industri, mesin listrik, konversi daya, sistem kendali, serta penerapan teknologi digital dalam industri. Melalui buku ini, penulis berkontribusi dalam penyusunan materi pembelajaran yang dapat membantu mahasiswa, teknisi, dan praktisi memahami konsep dasar hingga implementasi otomasi industri secara sistematis dan aplikatif.



Hadiyanto, ST, M.Eng. lahir di Kota Samarinda, Kalimantan Timur, pada tanggal 8 Juli 1980. Penulis memperoleh gelar Magister dalam bidang Teknik Elektro di Universitas Gadjah Mada pada Tahun 2011 melalui beasiswa BPDN dari DIKTI. Gelar Sarjana Teknik juga diperoleh dari Universitas Gadjah Mada pada Tahun 2004 untuk bidang Teknik Elektro.



Ihsan, S.Kom., M.T. lahir di Kecamatan Samboja, Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur, pada tanggal 27 Agustus 1990. Pendidikan Magister (S2) dalam bidang Teknik Elektro – Sistem Komunikasi dan Informatika (SKI) diselesaikan di Universitas Brawijaya pada tahun 2017. Gelar Sarjana diperoleh dari Jurusan Teknik Informatika, Institut Teknologi Nasional Malang, pada tahun 2013. Penulis menjadi dosen di Politeknik Negeri Balikpapan sejak tahun 2018. Penulis mengampu beberapa mata kuliah di Jurusan Rekayasa Elektro yaitu Sistem Komputer, Jaringan Komputer, Jaringan Nirkabel, dan

Pemrograman Web. Aktif sebagai instruktur dan asesor kompetensi Junior Web Programming dan Junior Network Administrator.



Aulia Ananda, S.T., M.T. merupakan dosen pada Program Studi Teknik Elektronika, Jurusan Rekayasa Elektro di Politeknik Negeri Balikpapan. Penulis menyelesaikan pendidikan Sarjana (S.T.) di bidang Teknik Elektro di Universitas Hasanuddin dan melanjutkan pendidikan Magister Teknik (M.T.) pada Jurusan Teknik Elektro di Perguruan Tinggi yang sama. Dalam menjalankan tugas akademik, penulis

mengampu beberapa mata kuliah di bidang keteknikan, antara lain Instalasi Listrik Dasar, Pengukuran Listrik dan Instrumentasi, Mesin-Mesin Listrik, Otomasi Industri, Manajemen Energi Listrik, Gambar Teknik Kelistrikan, Dasar Elektronika, Rangkaian Listrik, dan mata kuliah lain yang relevan dengan bidang Teknik Elektro. Selain melaksanakan kegiatan pendidikan dan pengajaran, penulis juga melakukan penelitian yang berfokus pada bidang Jaringan komunikasi optik, *Routing and Wavelength Assignment* (RWA), *Wavelength Division Multiplexing* (WDM) dan *Dense Wavelength Division Multiplexing* (DWDM). Hasil penelitian tersebut telah dipublikasikan dalam prosiding seminar internasional, serta menjadi dasar pengembangan bahan ajar dan modul pembelajaran