



WIDJONARKO

TENTANG BUKU INI

Dengan semakin bertambahnya populasi manusia, tentu membuat perkembangnya kebutuhan manusia pada suatu produk baik dalam hal ini adalah produk yang nyata seperti makanan, minuman dan produk lainnya serta produk yang bersifat abstrak yang mendukung aktivitas manusia seperti alat bantu untuk pengolahan ladang, peternakan dan lain sebagainya. Namun permasalahan yang dihadapi dunia industri sekarang adalah permasalahan masif nya kebutuhan tersebut sedangkan jumlah industri yang ada terbatas.

Dengan perkembangan teknologi yang ada, tentu permasalahan dalam dunia industri sendiri sudah banyak terselesaikan, terlebih lagi dengan adanya revolusi industri 1.0 sampai dengan 4.0. Perkembangan ini juga sangat pesat dan semakin mendukung untuk manusia dapat lebih produktif lagi. Terutama di era 3.0 sampai 4.0 dimana penggunaan listrik telah menjadi kunci penting pada era tersebut. Dengan adanya listrik, telah membawa pada sebuah teknologi industri yang dapat memproduksi suatu produk dengan masif dan cepat. Oleh karena itu yang menjadi kunci penting dalam perkembangan ini adalah rangkaian elektrik untuk instrumentasi peralatan dalam dunia Industri

Buku ini akan memberikan sekilas gambaran tentang beberapa pengetahuan dasar yang dapat digunakan untuk memahami, merancang dan mengimplementasikan rangkaian elektrik dibidang instrumentasi dan dunia industri. Pada buku ini konsep dibahas dengan menampilkan banyak ilustrasi untuk memudahkan pembaca dalam memahami maksud penulis. Disamping itu buku ini juga dilengkapi dengan soal yang dapat menunjang pengetahuan pembaca agar termotivasi dalam mengembangkan pengetahuannya terutama dalam pengembangan rangkaian elektrik pada instrumentasi dan dunia industri

Lahir di Surabaya, pada tahun 1971 Selama studinya, beliau meraih gelar D3 dibidang Elektronika di Politeknik Universitas Brawijaya, kemudian S1 dibidang Teknik Elektro di Universitas Muhammadiyah Jember pada tahun 2003 dengan konsentrasi Sistem Tenaga dan melanjutkan studinya untuk mendapatkan gelar magister dibidang Teknik Sistem Pengaturan pada tahun 2008 di Institut Teknologi Sepuluh November. Terakhir, beliau mendapatkan gelar Doktor dibidang Konversi Energi pada jurusan Teknik Mesin, Universitas Brawijaya pada tahun 2019.

Beliau kini menjadi tenaga pengajar dan Kepala Program Studi S1 - Teknik Elektro di Universitas Jember. Beliau mengampu beberapa matakuliah seperti Elektronika Industri dan Otomatisasi, Pembangkitan Tenaga Listrik, Energi Baru dan Terbarukan dan Teknologi Penyimpanan Energi Listrik.

Selain aktif menjadi assesor dibidang pembangkitan energi listrik, beliau juga aktif dalam penelitian dibidang Energi dan penerapan Kecerdasan Buatan dalam bidang Teknik Elektro dengan menulis beberapa artikel ilmiah internasional. Di samping itu beliau juga menjadi reviewer di jurnal ilmiah internasional terindeks Scopus.

Anggota APPTI No. 002.115.1.05.2020
Anggota IKAPI No. 127/JTI/2018

ISBN : 978-623-7973-31-7



Jember University Press
Jl. Kalimantan 37 Jember 68121
Telp. 0331-330224, psw. 0319
E-mail: upt-penerbitan@unej.ac.id

WIDJONARKO

PENGANTAR INSTRUMENTASI INDUSTRI

Pengantar

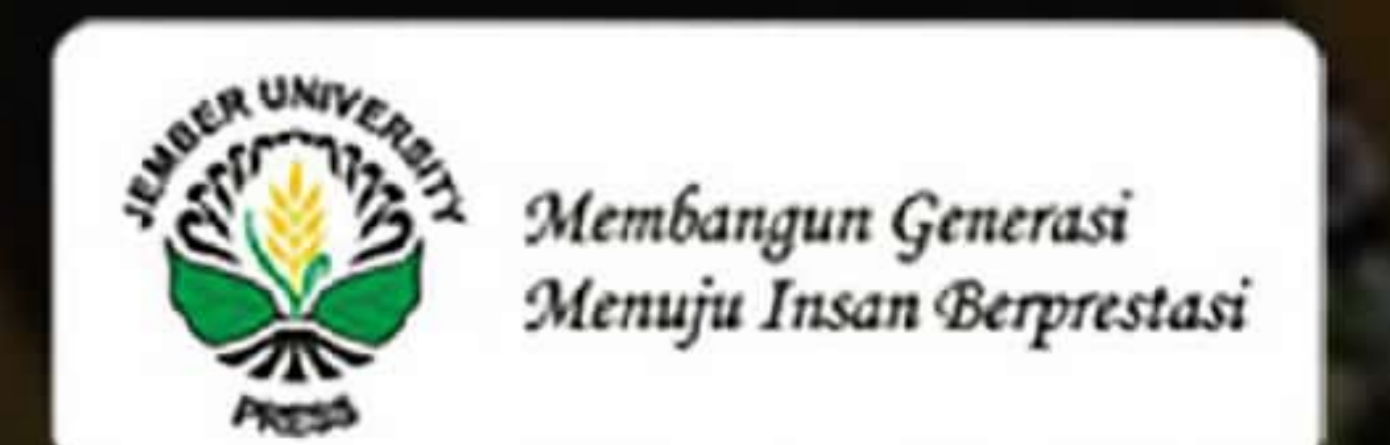
INSTRUMENTASI INDUSTRI



Buku Ini Berisikan:

- > **Pengetahuan** Tentang Dasar Kelistrikan
- > **Mengenal** Tentang Sensor, Aktuator dan Sistem Kendali
- > **Memahami** Rangkaian Elektrik Instrumentasi dan Industri dengan Studi Kasus

WIDJONARKO



PENGANTAR INSTRUMENTASI INDUSTRI

Widjonarko,
Dr., Ir., M.T.

Edisi Pertama, 2020

**UPT PENERBITAN
UNIVERSITAS JEMBER
2020**

PENGANTAR INSTRUMENTASI INDUSTRI

PENULIS :

Widjonarko

LAYOUTER :

Widjonarko

KOREKTOR :

Azizatul Afifah

ISBN :

978-623-7973-31-7

PENERBIT :

UPT Penerbitan Universitas Jember

REDAKSI :

Jl. Kalimantan 37

Jember 68121

Telp. 0331-330224, Voip 00319

Email : uvt-penerbitan@unej.ac.id

DiSTRIBUTOR TUNGGAL :

UNEJ Press

Jl. Kalimantan 37

Jember 68121

Telp. 0331-330224, Voip 00319

Email : uvt-penerbitan@unej.ac.id


©Hak Cipta dilindungi Undang-undang. Dilarang memperbanyak tanpa izin tertulis dari penerbit, sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun, baik cetak, fotoprint maupun microfilm.

UCAPAN TERIMAKASIH

Alhamdulillah robil'alamin, Penulis memanjatkan puji syukur kehadiran Allah SWT, atas rahmat, berkah dan hidayahnya sehingga buku "Pengantar Instrumentasi Industri" dapat diselesaikan.

Penulis tidak lupa mengucapkan terimakasih karena kesempurnaan buku ini tidak lepas dari peran, bantuan dan dukungan berbagai pihak diantaranya

1. Istriku Azizatul Afifah, S.T., dan kedua anakku Nisa Aqilah Aushaf, Nanda Ariba Althaf terimakasih untuk semua doa, semangat dan dukungannya.
2. Guru-guruku yang terhormat sejak sekolah dasar sampai perguruan tinggi yang telah memberikan ilmu dan bimbingan dengan penuh ketekunan dan kesabaran.
3. Seluruh Asisten Laboratorium Sistem Kendali Teknik Elektro UNEJ yang memberiku inspirasi dalam penyusunan buku ini.
4. Dan pihak-pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu per-satu yang telah banyak membantu dalam penyusunan buku ini.



KUPERSEMBAHKAN UNTUK
Spesial untuk Istriku Azizatul Afifah, S.T.
*yang memberikan motivasi semangat di hari Ulang Tahunnya
untuk selalu tulus dan ikhlas.*

KATA PENGANTAR

Dengan semakin bertambahnya populasi manusia, tentu membuat perkembangannya kebutuhan manusia pada suatu produk. Baik dalam hal ini adalah produk yang nyata seperti makanan, minuman dan produk lainnya serta produk yang bersifat abstrak yang mendukung aktivitas manusia seperti alat bantu untuk pengolahan ladang, peternakan dan lain sebagainya. Namun permasalahan yang dihadapi dunia industri sekarang adalah permasalahan masifnya kebutuhan tersebut sedangkan jumlah industri yang ada terbatas. Sekalipun dapat disolusi dengan memperbanyak jumlah industri, itupun juga masih memiliki permasalahan. Permasalahannya adalah pada keterbatasan lahan industri. Jika lahan yang ada digunakan untuk industri, maka lahan produktif dan lahan untuk tempat tinggal manusiapun jadi berkurang. Hal ini tentu akan menyebabkan menyelesaikan masalah dengan masalah.

Dengan perkembangan teknologi yang ada, tentu teknologi sekarang semakin maju dan berkembang. Terutama dalam permasalahan industri sendiri sudah banyak terselesaikan dengan adanya perkembangan dunia industri yang berawal dari revolusi industri 1.0 sampai dengan 4.0. Perkembangan ini juga sangat pesat dan semakin mendukung untuk manusia dapat lebih produktif lagi. Terutama di era 3.0 sampai 4.0 dimana penggunaan listrik telah menjadi kunci penting pada era tersebut. Dengan adanya listrik, telah membawa pada sebuah teknologi industri yang dapat memproduksi suatu produk dengan masif dan cepat.

Tentu hal tersebut tidak terlepas dengan perkembangan teknologi lain selain dari adanya teknologi listrik. Beberapa teknologi yang berkembang adalah teknologi rangkaian elektrik yang dapat menjadi mesin robotik dengan melakukan tugas tertentu dan melakukan pekerjaan layaknya manusia. Perkembangan rangkaian elektrik ini tidak terlepas dari beberapa hal, terutama untuk instrumentasi, diantaranya adalah kemajuan dibidang semikonduktor, perkembangan teknologi sensor, perkembangan teknologi aktuator, perkembangan teknologi *device* kendali dan beberapa algoritma teknologi informasi lainnya. Semuanya telah menjadi satu kesatuan yang mendorong kemajuan perkembangan industri semakin pesat dan kini akan menuju revolusi industri 5.0. Oleh karena itu, sebagai anak bangsa, tentu kita tidak boleh meninggalkan kesempatan ini untuk dapat merevolusi kemajuan bangsa guna menyongsong kemajuan bangsa agar menjadi negara adidaya. Caranya adalah dengan menjadi pionir dibidang ini.

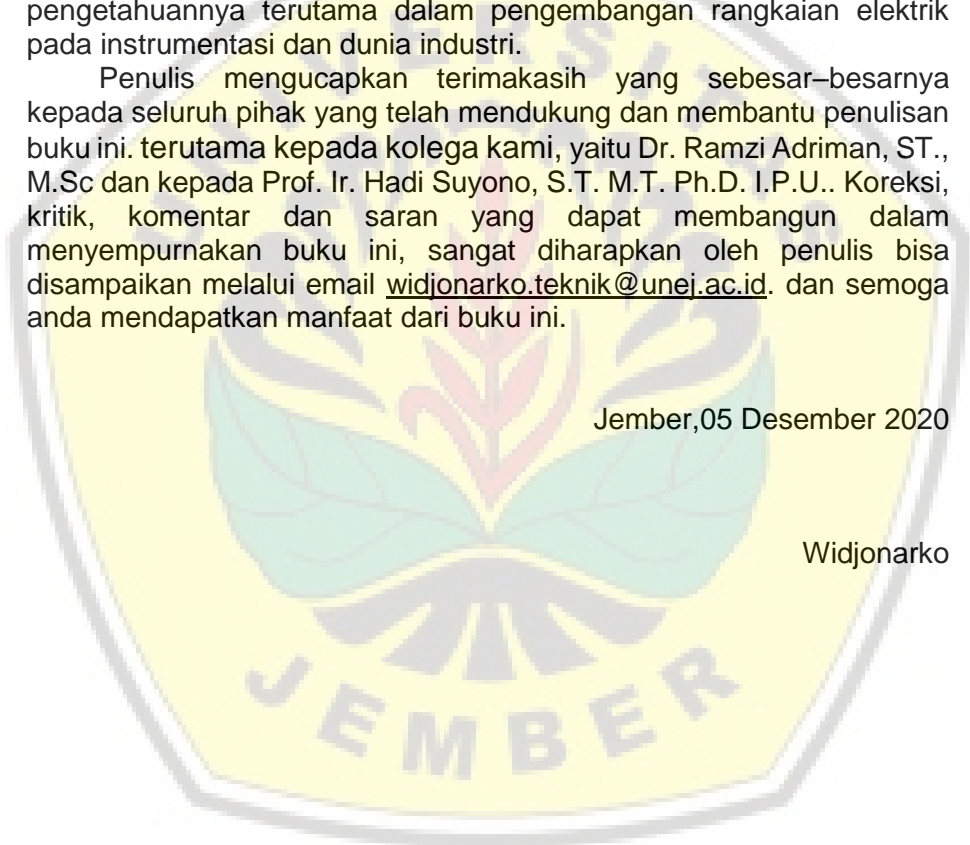
Buku ini akan memberikan sekilas gambaran tentang beberapa pengetahuan dasar yang dapat digunakan untuk memahami, merancang dan mengimplementasikan rangkaian elektrik dibidang

instrumentasi dan dunia industri. Pembahasan dimulai dengan teori dasar rangkaian listrik, terutama besaran dan cara pengukurannya. Kemudian mulai masuk pada beberapa teori tentang sensor dan cara sinkronisasinya, aktuator dan cara sinkronisasinya, sistem kendali, serta diakhir dengan studi kasus yang memberikan gambaran bagaimana cara menyelesaikan masalah secara terstruktur untuk dapat mengimplementasikan rangkaian elektrik secara nyata. Pada buku ini konsep dibahas dengan menampilkan banyak ilustrasi untuk memudahkan pembaca dalam memahami maksud penulis. Disamping itu buku ini juga dilengkapi dengan soal yang dapat menunjang pengetahuan pembaca agar termotivasi dalam mengembangkan pengetahuannya terutama dalam pengembangan rangkaian elektrik pada instrumentasi dan dunia industri.

Penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh pihak yang telah mendukung dan membantu penulisan buku ini. terutama kepada kolega kami, yaitu Dr. Ramzi Adriman, ST., M.Sc dan kepada Prof. Ir. Hadi Suyono, S.T. M.T. Ph.D. I.P.U.. Koreksi, kritik, komentar dan saran yang dapat membangun dalam menyempurnakan buku ini, sangat diharapkan oleh penulis bisa disampaikan melalui email widjonarko.teknik@unej.ac.id. dan semoga anda mendapatkan manfaat dari buku ini.

Jember,05 Desember 2020

Widjonarko



KOMENTAR DAN PESAN PENGANTAR



Prof. Ir. Hadi Suyono, S.T., M.T., Ph.D., IPU., ASEAN Eng.

Profesor pada bidang Rekayasa Sistem Daya dan Kecerdasan Buatan, Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Malang; Ketua Umum Perkumpulan Forum Perguruan Tinggi Teknik Elektro Indonesia (FORTEI), 2020-2022.

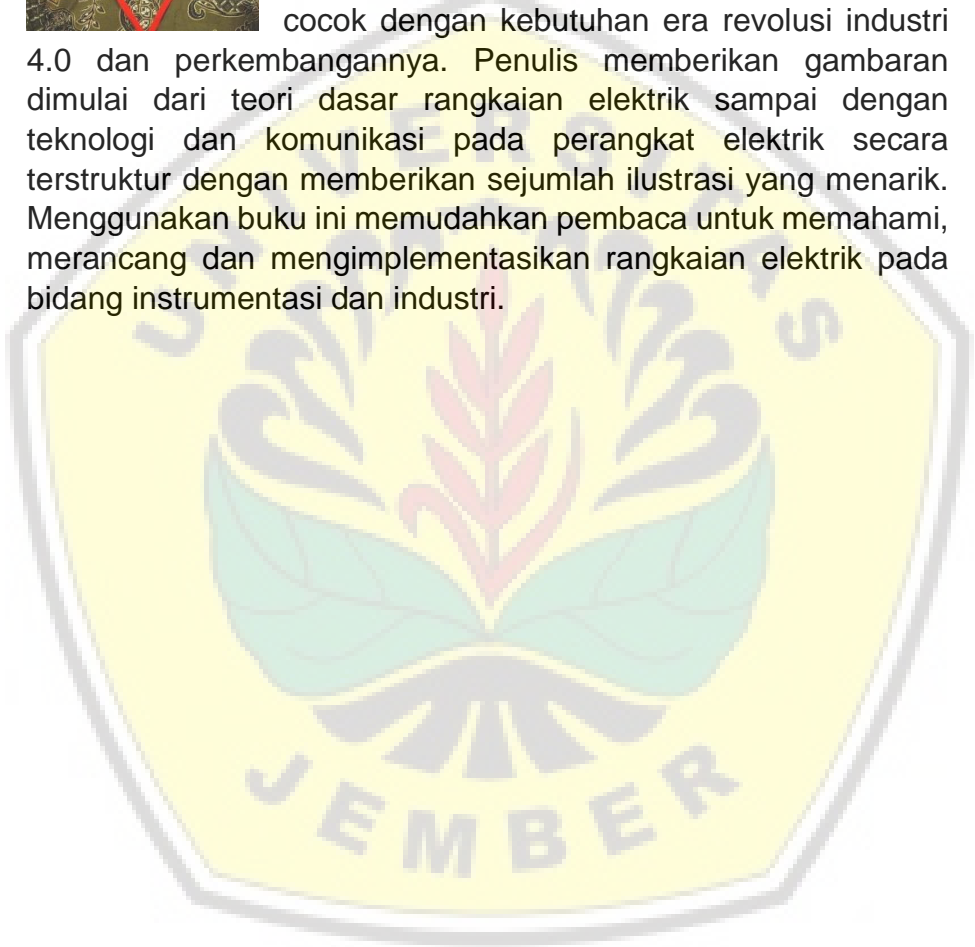
Buku yang sedang Anda pegang ini adalah buku yang lengkap dan komprehensif, baik dari segi isi/substansi ataupun dari sisi Pembaca yang memerlukan buku ini. Secara substansi, buku dengan judul Pengantar Instrumentasi Industri yang ditulis oleh Sdr. Widjonarko, dosen Universitas Jember, telah dipresentasikan dengan runtut mulai dari pengetahuan dasar komponen dan rangkaian elektrik, teknologi sensor dan transduser, serta diskusi yang lebih *advanced* tentang implementasi industri yang maju dan sedang *trending* berbasis *Programmable Logic Control* (PLC), *Wireless Sensor Network* (WSN), *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA), dan *Internet of Thing* (IoT). Buku ini ditulis dengan Bahasa yang cukup mudah dipahami dan sangat runtut sehingga dapat digunakan oleh siswa/mahasiswa yang sedang belajar terutama berkaitan dengan mata-kuliah Instrumentasi Industri ataupun oleh professional yang ingin memahami dan mengajarkan materi yang ada. Untuk lebih memberikan pemahaman yang lebih bagi pembaca, buku ini telah disajikan dengan dilengkapi soal-soal yang berkaitan dengan topik yang dibahas pada setiap Bab yang ada. Pembaca juga telah diberikan referensi kredibel dan terpercaya yang berkaitan dengan topik pada setiap Bab yang ditulis, untuk memberikan informasi dan pemahaman yang lebih dalam bagi Pembaca yang menginginkan. Secara umum, buku ini bagus untuk dimiliki oleh setiap orang yang menekuni dunia Instrumentasi secara khusus dan Teknik Elektro secara umum.



Dr. Ramzi Adriman, ST., M.Sc

Department of Electrical and Computer Engineering, Universitas Syiah Kuala, Editorial Team Beberapa Jurnal Nasional dan Internasional

Buku Pengantar Instrumentasi Industri sangat cocok dengan kebutuhan era revolusi industri 4.0 dan perkembangannya. Penulis memberikan gambaran dimulai dari teori dasar rangkaian elektrik sampai dengan teknologi dan komunikasi pada perangkat elektrik secara terstruktur dengan memberikan sejumlah ilustrasi yang menarik. Menggunakan buku ini memudahkan pembaca untuk memahami, merancang dan mengimplementasikan rangkaian elektrik pada bidang instrumentasi dan industri.



DAFTAR ISI

UCAPAN TERIMAKASIH.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	viii
TINJAUAN MATAKULIAH	xxi
BAB 1. Pengantar Rangkaian Elektrik.....	1
1.1. Pengantar Rangkaian Elektrik.....	1
1.2. Sejarah Perkembangan Teknologi Rangkaian Elektrik	3
1.3. Rangkuman	8
1.4. Bahan Diskusi	8
1.5. Rujukan.....	9
1.6. Soal	9
Bab 2. Dasar Satuan, Besaran dan Pengukuran Listrik	10
2.1. Pengantar Dasar Besaran dan Pengukuran Listrik	10
2.2. Besaran Listrik	10
2.3. Pengukuran Besaran Listrik.....	25
2.4. Rangkuman	37
2.5. Bahan Diskusi	38
2.6. Rujukan.....	38
2.7. Soal	39
Bab 3. Dasar Sistem Kelistrikan	40
3.1. Pengantar Dasar Kelistrikan	40
3.2. Sistem Kelistrikan AC dan DC.....	40
3.3. Sistem Kelistrikan 1 <i>Phase</i> dan 3 <i>Phase</i>	44
3.4. Rangkuman	47
3.5. Bahan Diskusi	48
3.6. Rujukan.....	48
3.7. Soal	48
Bab 4. Teknologi Sensor dan Tranduser.....	49
4.1. Pengantar Teknologi Sensor dan Tranduser	49

4.2. Pengertian Sensor dan Tranduser	50
4.3. Jenis Sensor dan Tranduser	53
4.4. Teknik Kalibrasi	56
4.5. Teknik Sinkronisasi	65
4.5.1. Penguatan Sinyal	65
4.5.2. <i>Filter</i> Sinyal	66
4.5.3. Konversi Sensor dan Tranduser dengan Perangkat atau Modul Lain	72
4.6. Cara Pemilihan Sensor dan Tranduser yang Tepat	81
4.7. Rangkuman	82
4.8. Bahan Diskusi	83
4.9. Rujukan	83
4.10. Soal	84
Bab 5. Teknologi Aktuator	85
5.1. Pengantar Aktuator	85
5.2. Motor Listrik	85
5.2.1. Motor AC/DC	85
5.2.2. Motor Servo.....	93
5.2.3. Motor Linear	96
5.2.4. Motor Stepper	98
5.3. <i>Magnetic Switch</i>	100
5.3.1. <i>Relay</i>	100
5.3.2. Kontaktor.....	105
5.4. <i>Pneumatik</i>	107
5.5. Sinkronisasi Sistem Kendali dengan Aktuator	111
5.6. Rangkuman	115
5.7. Bahan Diskusi	116
5.8. Rujukan	116
Bab 6. Kontroller Industri	118
6.1. Pengantar Kontrol Industri	118
6.2. Mikrokontroler	118
6.2.1. Pengertian Mikrokontroler	118

6.2.2. Diagram Blok dan Struktur Mikrokontrolerler	122
6.2.3. Jenis Mikrokontrolerler	124
6.2.4. Pemilihan Mikrokontroler	145
6.3. Programmable Logic Controller (PLC)	147
6.3.1. Pengertian PLC	147
6.3.2. Arsitektur Umum PLC	152
6.3.3. Macam PLC	153
6.2.4. Pemilihan PLC	164
6.4. Mini PC	165
6.4.1. Pengertian <i>Mini PC</i>	165
6.4.2. Aplikasi <i>Mini PC</i>	168
6.4.3. Arsitektur Standart <i>Mini PC</i>	170
6.4.4. Jenis-Jenis <i>Mini PC</i>	171
6.4.5. Pemilihan <i>Mini PC</i>	186
6.5. Rangkuman	188
6.6. Bahan Diskusi	188
6.7. Rujukan	188
6.8. Soal	189
Bab 7. Konsep Teknologi dan Komunikasi pada Perangkat Elektrik	190
7.2. Internet of Things (IoT)	191
7.2.1. Pengertian IoT	191
7.2.2. Aplikasi IoT	195
7.2.3. Arsitektur Dasar IoT	199
7.2.4. Perangkat IoT	200
7.3. Radio Frequency Telecommunication (RF)	203
7.3.1. Pengertian RF	203
7.3.2. Aplikasi RF	204
7.3.3. Arsitektur Dasar RF	206
7.3.4. Perangkat RF	209
7.4. Wireless Sensor Network (WSN)	216
7.4.1. Pengertian WSN	216

7.4.2. Aplikasi WSN	219
7.4.3. Arsitektur Dasar WSN	220
7.4.4. Perangkat WSN	221
7.5. Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA)	223
7.5.1. Pengertian SCADA.....	223
7.5.2. Aplikasi SCADA	224
7.5.3. Arsitektur Dasar SCADA	226
7.6. Rangkuman	229
7.7. Bahan Diskusi	229
7.8. Rujukan.....	230
7.9. Soal	230
Bab 8. Studi Kasus Rangkaian Elektrik.....	231
8.1. Pengantar Studi Kasus Rangkaian Elektrik	231
8.2. Desain Sistem Instrumentasi <i>Packing</i> Apel untuk Industri	232
8.3. Desain Sistem Instrumentasi Pengawas pH Air dengan Komunikasi Radio Jarak Jauh	239
8.4. Desain Sistem Instrumentasi <i>Automatic Transfer Switch (ATS)</i>	245
8.5. Desain Sistem Instrumentasi Panel Surya dengan Teknologi IoT	258
8.6. Desain Sistem Instrumentasi Pada Pengendalian <i>Small Scale Compressed Air Energy Storage (SS-CAES)</i>	263
8.7. Rangkuman	272
8.8. Bahan Diskusi	273
8.9. Rujukan.....	273
8.10. Soal	273
DAFTAR PUSTAKA.....	274
DAFTAR ISTILAH	290
DAFTAR INDEKS	293
BIOGRAFI PENULIS.....	297
RINGKASAN BUKU.....	298

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Rangkaian Elektrik Konveyor	2
Gambar 1.2 Peta Perkembangan Teknologi Industri.....	3
Gambar 1.3. Mesin Uap pada Revolusi Industri 1.0	4
Gambar 1.4. Lini Produksi pada Revolusi Industri 2.0.....	5
Gambar 1.5. Teknologi Otomasi yang di Kerjakan oleh Robot.....	6
Gambar 1.6. Teknologi <i>Self Driving</i> pada Revolusi Industri 4.0.....	7
Gambar 2.1. Bentuk Gelombang Tegangan AC dan Simbolnya	11
Gambar 2.2. Bentuk Gelombang Tegangan DC dan Simbolnya	12
Gambar 2.3. Hubungan Tegangan dan Arus	13
Gambar 2.4. Hubungan Arus dan Tahanan	13
Gambar 2.5. Analogi Hubungan Antara Tegangan, Arus dan Tahanan	14
Gambar 2.6. Rangkaian Listrik V, I dan R	15
Gambar 2.7. Segitiga Hukum Ohm	15
Gambar 2.8. Rangkaian Seri Paralel.....	16
Gambar 2.9. Rangkaian Aliran Arus pada Percabangan.....	16
Gambar 2.10. Hukum Kirchoff pada Rangkaian Seri dan Paralel.....	17
Gambar 2.11. Skema untuk R Seri	17
Gambar 2.12. Skema untuk R Paralel.....	19
Gambar 2.13. Skema untuk R Seri Rumus Hubungan Antara Tegangan, Arus, Tahanan dan Daya	20
Gambar 2.14. Segitiga Daya Listrik AC.....	20
Gambar 2.15. Analogi Segitiga Daya pada AC dengan Perumpamaan Minuman.....	21
Gambar 2.16. Hubungan Daya Reaktif dengan Penambahan Beban Induktor (<i>Lagging</i>) dan Beban Kapasitif (<i>Leading</i>)	22
Gambar 2.17. Siklus Sinyal Tegangan Mendahului Arus Sebesar ϕ ..	23
Gambar 2.18. Tegangan Mendahului Arus Sebesar ϕ	23
Gambar 2.19. Siklus Sinyal Arus Mendahului Tegangan Sebesar ϕ ..	23
Gambar 2.20. Arus Mendahului Tegangan Sebesar ϕ	24
Gambar 2.21. Sinyal Tegangan dan Arus yang Ideal.....	24
Gambar 2.22. Mengukur Tegangan dengan Voltmeter yang Harus Terpasang Paralel dengan Titik	25
Gambar 2.23. Multimeter Analog dan Digital.....	26
Gambar 2.24. Mengukur Arus dengan Amperemeter yang Harus Terpasang Seri dengan Titik	27
Gambar 2.25. Tang Ampere untuk Pengukuran Arus AC.....	28
Gambar 2.26. Perbedaan Penggunaan Multimeter dengan Clamp Meter	28
Gambar 2.27. Cara Mengukur Tahanan dengan Menggunakan Multimeter.....	29

Gambar 2.28. <i>Selector</i> pada Ohmmeter Analog	30
Gambar 2.29. <i>Wiring</i> pada Wattmeter.....	30
Gambar 2.30. Wattmeter Analog	31
Gambar 2.31. Wattmeter Digital.....	31
Gambar 2.32. <i>Wiring</i> pada Alat Ukur Faktor Daya	32
Gambar 2.33. Alat Ukur Faktor Daya Analog	33
Gambar 2.34. Alat Ukur Faktor Daya Digital	33
Gambar 2.35. <i>Wiring</i> Frekuensi Meter	34
Gambar 2.36. Frekuensi Meter Analog	34
Gambar 2.37. Frekuensi Meter Digital	35
Gambar 2.38. Cara Pengukuran Sinyal dengan Menggunakan Oskiloskop	36
Gambar 2.39. Oskiloskop Lama.....	37
Gambar 2.40. Oskiloskop Baru	37
Gambar 3.1. Bentuk Sinyal Tegangan AC	41
Gambar 3.2. Sinyal DC	42
Gambar 3.3. Rangkaian Penyearah Tegangan AC ke DC	43
Gambar 3.4. Tegangan AC 1 <i>Phase</i>	44
Gambar 3.5. Tegangan AC 3 <i>Phase</i>	45
Gambar 3.6. Generator tiga <i>phase</i>	46
Gambar 3.7. Kelebihan listrik 1 <i>phase</i> dan 3 <i>phase</i>	47
Gambar 3.8. Hasil Penyearahan Tiga <i>Phase</i>	47
Gambar 4.1. Cara Menguji Linearitas Sensor	51
Gambar 4.2. Pengukuran Kecepatan Respon Sensor.....	53
Gambar 4.3. Sensor LDR	55
Gambar 4.4. Modul Sensor LDR.....	55
Gambar 4.5. Sensor DHT22	56
Gambar 4.6. Sensor LM35.....	58
Gambar 4.7. Grafik Perbandingan Suhu dengan Keluaran Sensor Analog LM35 yang Merupakan Tegangan	59
Gambar 4.8. Sensor DS18B20 dengan Tiga Pin.....	59
Gambar 4.9. Keluaran dari Sensor Digital DS18B20.....	60
Gambar 4.10. Sensor Accelerometer dengan 4 Pin (SDA-SCL)	60
Gambar 4.11. Keluaran Sensor Accelerometer.....	60
Gambar 4.12. Hasil Kalibrasi Sensor Suhu	62
Gambar 4.13. Kalibrasi Sensor Suhu dengan Pembacaan ADC.....	64
Gambar 4.14. Penguatan <i>Non Inverting</i>	66
Gambar 4.15. Menyelesaikan Sinyal yang Berfluktuasi dengan <i>Filter</i> Kalman	67
Gambar 4.16. Macam <i>Filter</i> Sinyal.....	68
Gambar 4.17. Macam Keluaran <i>Filter</i> Sinyal dengan Masukkan Sinyal Tertentu	69
Gambar 4.18. Menyelesaikan Sinyal yang Berfluktuasi dengan <i>Filter</i> Kalman	70

Gambar 4.19. Implementasi <i>Filter</i> Kalman pada Accelerometer	71
Gambar 4.20. Rangkaian Komparator dengan <i>Op-Amp</i>	73
Gambar 4.21. Teknik Membuat Tegangan Referensi pada Komparator.....	74
Gambar 4.22. Konsep Dasar dari ADC	75
Gambar 4.23. Konsep Dasar dari ADC dengan Banyak Bit dan Pin...75	
Gambar 4.24. Modul ADC ADS1115 dengan Komunikasi I2C	76
Gambar 4.25. Konsep Dasar dari DAC	77
Gambar 4.26. Modul DAC MCP4725 yang Memanfaatkan I2C.....	78
Gambar 4.27. Skema Koneksi Mikrokontroler ke PLC atau <i>Mini PC</i> ..79	
Gambar 4.28. Transistor Sebagai Saklar	79
Gambar 4.29. Transistor Sebagai Saklar dengan <i>Relay</i>	80
Gambar 4.30. Komunikasi Mikrokontroler dengan PLC Menggunakan UART.....	80
Gambar 4.31. Komunikasi <i>Master Slave</i> pada UART.....	81
Gambar 5.1. Motor DC.....	86
Gambar 5.2. Kendali H- <i>Bridge</i> Motor	87
Gambar 5.3. Kendali H- <i>Bridge</i> dengan <i>Relay</i>	87
Gambar 5.4. Motor BLDC	88
Gambar 5.5. Pengendalian Motor BLDC	89
Gambar 5.6. Struktur Motor BLDC	89
Gambar 5.7. <i>Switching Time Table</i> untuk Pengendalian Motor BLDC .90	
Gambar 5.8. Bentuk Fisik Motor AC.....	91
Gambar 5.9. Rangkaian Kontaktor Untuk Membalik Arah Putaran Motor 3 <i>Phase</i>	92
Gambar 5.10. Rangkaian Pengendalian Kecepatan Putaran Motor 3 <i>Phase</i> AC	93
Gambar 5.11. Inverter 3 <i>Phase</i> untuk Motor AC	93
Gambar 5.12. Struktur Motor Servo	94
Gambar 5.13. Bentuk Motor Servo.....	94
Gambar 5.14. Tangan Robot dengan Servo	95
Gambar 5.15. Servo AC.....	96
Gambar 5.16. Struktur dari Motor Linear.....	96
Gambar 5.17. Bentuk dari Motor Linear	97
Gambar 5.18. Robot Tangan dengan Menggunakan Motor Linear97	
Gambar 5.19. Bentuk dari Motor <i>Stepper</i>	98
Gambar 5.20. Wujud Motor <i>Stepper</i>	99
Gambar 5.21. Prinsip Kerja Motor <i>Stepper</i> Secara Ilustrasi	99
Gambar 5.22. Modul L298N untuk Kendali Motor <i>Stepper</i> dengan Mikrokontroler	100
Gambar 5.23. Jenis – Jenis <i>Relay</i> dengan Berbagai Bentuk.....	101
Gambar 5.24. Struktur pada <i>Relay</i>	102
Gambar 5.25. <i>Relay</i> dengan Suplai AC	102
Gambar 5.26. Transistor Sebagai Saklar <i>Relay</i>	103

Gambar 5.27. Bentuk Fisik Kontaktor	105
Gambar 5.28. Kontaktor <i>Thermal Overload Relay</i>	106
Gambar 5.29. Kontaktor <i>Timer</i>	107
Gambar 5.30. Wujud <i>Pneumatik</i>	108
Gambar 5.31. <i>Pneumatik</i> pada Aplikasi Industri.....	108
Gambar 5.32. Komponen Dasar <i>Pneumatik</i>	110
Gambar 5.33. Komponen <i>Solenoid Valve</i>	111
Gambar 5.34. Modul L298N untuk Pengendalian Motor DC.....	112
Gambar 5.35. Modul untuk Pengendalian Motor BLDC.....	112
Gambar 5.36. Modul <i>Relay</i> untuk Mikrokontroler	113
Gambar 5.37. Modul <i>Solid State Relay</i> untuk Mikrokontroler	114
Gambar 5.38. Komunikasi dengan.....	115
Gambar 6.1. Mesin Sangrai Kopi Otomatis	119
Gambar 6.2. Palang Pintu Kereta Otomatis dengan Mikrokontroler .	119
Gambar 6.3. Sistem Otomasi Pengisian Air Tando dengan Menggunakan SMS	120
Gambar 6.4. Modul Sensor yang Tersedia di Pasaran.....	121
Gambar 6.5. Board Mikrokontroler Arduino	121
Gambar 6.6. Arsitektur Mikrokontroler.....	122
Gambar 6.7. Arsitektur Mikrokontroler AVR	127
Gambar 6.8. Kemasan ATtiny2313.....	128
Gambar 6.9. Pin Map ATtiny2313.....	128
Gambar 6.10. Kemasan ATMEGA853	129
Gambar 6.11. Pin Map ATMEGA8535	129
Gambar 6.12. Minimum <i>System</i> ATMEGA16.....	130
Gambar 6.13. Salah Satu <i>Board</i> Arduino UNO	131
Gambar 6.14. Aplikasi CVAVR untuk Memrogram Mikrokontroler AVR dengan Menggunakan Bahasa C.....	132
Gambar 6.15. Aplikasi BASCOM untuk Memrogram Mikrokontroler AVR dengan Menggunakan Bahasa Basic	132
Gambar 6.16. Aplikasi LDMicro untuk Memrogram Mikrokontroler AVR dengan Menggunakan Bahasa Ladder	133
Gambar 6.17. Aplikasi Arduino IDE untuk Memrogram Mikrokontroler AVR dengan Menggunakan Bahasa C++	134
Gambar 6.18. Memrogram Mikrokontroler AVR dengan Menggunakan Bahasa Python	134
Gambar 6.19. Aplikasi Matlab untuk Memrogram Mikrokontroler AVR dengan Menggunakan Bahasa Matlab.....	135
Gambar 6.20. Arsitektur Mikrokontroler MCS-51.....	136
Gambar 6.21. Kemasan ATMEL AT89S51	137
Gambar 6.22. Pin Map Mikrokontroler ATMEL AT89S51	137
Gambar 6.23. Memrogram Mikrokontroler MCS-51 dengan Menggunakan Bahasa Assembly.....	138

Gambar 6.24. Memrogram Mikrokontroler MCS-51 dengan Menggunakan Bahasa C	139
Gambar 6.25. Arsitektur Mikrokontroler PIC16F48.....	140
Gambar 6.26. Kemasan Mikrokontroler PIC16F84.....	140
Gambar 6.27. Pin Map Mikrokontroler PIC16F84.....	141
Gambar 6.28. Memrogram Mikrokontroler PIC dengan menggunakan MP-Lab dengan Bahasa C.....	142
Gambar 6.29. Memrogram Mikrokontroler PIC dengan menggunakan LDMicro dengan Bahasa Ladder	143
Gambar 6.30. Perkembangan ARM <i>Cortex</i>	143
Gambar 6.31. Perkembangan Arsitektur ARM <i>Cortex</i>	144
Gambar 6.32. <i>Board</i> Arduinio Due dengan <i>Chip</i> Mikrokontroler AT91SAM3X8E ARM <i>Cortex</i> -M3	144
Gambar 6.33. Memrogram Mikrokontroler ARM dengan menggunakan Arduino IDE dengan C++	145
Gambar 6.34. Contoh PLC Omron.....	147
Gambar 6.35. <i>Wiring</i> Rangkaian <i>Stater</i> Motor (Star-Delta) dengan <i>Relay</i>	148
Gambar 6.36. <i>Wiring</i> Rangkaian <i>Stater</i> Motor (Star-Delta) dengan PLC 148	
Gambar 6.37. <i>Wiring</i> Rangkaian <i>Stater</i> Motor (Star-Delta) dengan PLC 149	
Gambar 6.38. Aplikasi PLC pada Mesin Sortir Buah Apel.....	151
Gambar 6.39. Arsitektur PLC	152
Gambar 6.40. PLC Kompak	154
Gambar 6.41. PLC Modular	155
Gambar 6.42. PLC Omron	156
Gambar 6.43. PLC Schneider Zelio Smart <i>Relay</i>	156
Gambar 6.44. PLC Allen-Bradley.....	157
Gambar 6.45. Pemrograman PLC Omron dengan Menggunakan <i>Console</i>	158
Gambar 6.46. Fitur <i>Timer</i> yang disediakan oleh Zelio <i>Smart Relay</i> ..	158
Gambar 6.47. Contoh Diagram Ladder	159
Gambar 6.48. Contoh Pemrograman dengan Menggunakan FBD.....	160
Gambar 6.49. Contoh Pemrograman dengan Menggunakan SFC...	160
Gambar 6.50. Contoh Pemrograman dengan Menggunakan ST	161
Gambar 6.51. Contoh Pemrograman dengan Menggunakan IL.....	162
Gambar 6.52. Pemilihan Jenis PLC pada Aplikasi CX Programmer.	163
Gambar 6.53. Pemilihan Jenis PLC pada Aplikasi Zelio Soft 2	163
Gambar 6.54. Bagian dari <i>Motherboard</i> PC	166
Gambar 6.55. Bagian dari <i>Mini</i> PC untuk <i>LattePanda</i>	166
Gambar 6.56. Tampilan OS pada <i>LattePanda</i>	167
Gambar 6.57. Pengendalian <i>Raspberry</i> Pi dengan Menggunakan WiFi pada Laptop.....	168

Gambar 6.58. Implementasi <i>Mini PC</i> untuk <i>Self-Driving Car</i>	169
Gambar 6.59. <i>Tracking Object</i> dengan <i>Mini PC</i>	170
Gambar 6.60. Arsitektur <i>Raspberry Pi</i>	171
Gambar 6.61. Tampilan <i>Raspberry Pi</i>	172
Gambar 6.62. <i>Raspberry Pi 4 Board Map</i>	174
Gambar 6.63. <i>Raspberry Pi Out Pin Map</i>	175
Gambar 6.64. Jalur Komunikasi yang dapat Digunakan pada <i>Raspberry Pi</i>	176
Gambar 6.65. Modul ADS1115 untuk Pembacaan ADC.....	177
Gambar 6.66. Modul MCP4725 untuk Mengeluarkan nilai Analog (DAC).....	177
Gambar 6.67. Konfigurasi Sistem <i>Master and Slave</i> pada <i>Mini PC</i> dan <i>Arduino</i>	178
Gambar 6.68. Kemasan <i>Orange Pi</i>	179
Gambar 6.69. Kemasan Tampak Belakang dari <i>Orange Pi</i>	179
Gambar 6.70. Pin Map <i>Orange Pi</i>	180
Gambar 6.71. Kemasan dari <i>NVIDIA Jetson Nano</i>	181
Gambar 6.72. Pin Map <i>Jetson Nano</i>	183
Gambar 6.73. Kemasan <i>LattePanda</i>	184
Gambar 6.74. <i>LattePanda</i> pada Tampilan Layar LED.....	185
Gambar 6.75. Pin Map <i>LattePanda</i>	186
Gambar 7.1. Visualisasi <i>Internet of Things</i>	191
Gambar 7.2. Teknologi Lanjutan dari Implementasi IoT dengan Konsep AI.....	194
Gambar 7.3. Penggunaan Teknologi IoT pada <i>Smart Grid</i>	196
Gambar 7.4. Penggunaan Teknologi IoT pada Perikanan.....	196
Gambar 7.5. Penggunaan Teknologi IoT pada Pertanian dan Peternakan.....	197
Gambar 7.6. Alat Tes Kesehatan Manusia Berbasis Teknologi IoT.....	198
Gambar 7.7. Teknologi IoT pada Transportasi.....	199
Gambar 7.8. Arsitektur <i>Internet of Things (IoT)</i>	199
Gambar 7.9. Modul Keluarga ESP8266.....	200
Gambar 7.10. Gambar Fisik dari ESP-01.....	201
Gambar 7.11. Memrogram ESP8266 dengan <i>Arduino IDE</i>	202
Gambar 7.12. Memrogram ESP8266 dengan <i>FTDI</i>	202
Gambar 7.13. Modul <i>Ethernet</i>	203
Gambar 7.14. Komunikasi Radio Telemetri pada Bak Air.....	205
Gambar 7.15. Sistem Komunikasi pada Sistem Pengawasan Cuaca dengan Menggunakan Teknologi Radio Telemetri.....	206
Gambar 7.16. Sistem Sistem Komunikasi Radio.....	207
Gambar 7.17. Modulasi Sinyal Analog.....	208
Gambar 7.18. Modulasi Sinyal Digital.....	208
Gambar 7.19. Modul FS1000A untuk Radio Telemetri.....	210
Gambar 7.20. Modul NRF24L01 untuk Radio Telemetri.....	211

Gambar 7.21. Modul NRF24L01 untuk Radio Telemetry.....	211
Gambar 7.22. Telemeteri Radio Kit 433MHz.....	213
Gambar 7.23. Modul LoRa dari Dragino.....	214
Gambar 7.24. Perbandingan Antara Teknologi LoRA dan Teknologi Komunikasi Lainnya.....	214
Gambar 7.25. Modul LoRa dari Dragino yang Mendukung Secara Langsung pada Mikrokontroler Arduino.....	215
Gambar 7.26. Modul LG pada Dragino yang Sudah Dilengkapi Teknologi IoT.....	216
Gambar 7.27. Konsep Sederhana dari Teknologi WSN.....	217
Gambar 7.28. Implementasi WSN dengan NRF24L01.....	218
Gambar 7.29. Implementasi WSN pada <i>Greenhouse</i>	219
Gambar 7.30. Implementasi WSN dengan Perangkat Xbee dan Mikrokontroler.....	220
Gambar 7.31. Arsitektur dari WSN yang Sederhana.....	220
Gambar 7.32. Perangkat XBee.....	221
Gambar 7.33. Teknologi XBee yang Mendukung Topologi Mesh.....	222
Gambar 7.34. Modul Untuk Memrogram XBee.....	222
Gambar 7.35. Konektivitas XBee dengan Komputer.....	223
Gambar 7.36. Tampilan Saat Mengatur pada XBee dengan Aplikasi X-CTU223	
Gambar 7.37. Ruang SCADA di Dunia Industri.....	224
Gambar 7.38. Aplikasi SCADA pada Suatu Rangkaian Industri.....	225
Gambar 7.39. Aplikasi SCADA pada Satu Rangkaian Industri untuk Cairan.....	226
Gambar 7.40. Arsitektur SCADA.....	227
Gambar 7.41. Rangkaian SCADA.....	227
Gambar 7.42. SCADA dengan Arduino sebagai RTU.....	228
Gambar 7.43. SCADA dengan Arduino.....	228
Gambar 8.1. Gambaran Permasalahan <i>Packing</i> Apel.....	233
Gambar 8.2 Diagram Blok <i>Packing</i> Apel.....	233
Gambar 8.3. Tombol <i>Start / Stop</i> Berupa Saklar <i>Push Button</i>	234
Gambar 8.4. Sensor Laser.....	234
Gambar 8.5. <i>Relay</i> dengan Ampere Besar.....	235
Gambar 8.6. Modul <i>Relay</i>	236
Gambar 8.7. <i>Pinout</i> Modul <i>Relay</i>	237
Gambar 8.8. Arduino UNO.....	238
Gambar 8.9. Sinkronisasi PLC dengan Sensor dengan Tegangan yang Lebih Rendah.....	239
Gambar 8.10. Gambaran Permasalahan untuk Pengawasan pH Air.....	240
Gambar 8.11. Gambaran Permasalahan untuk Pengawasan pH Air.....	240
Gambar 8.12. Modul Sensor pH.....	241
Gambar 8.13. Komponen Buzzer.....	242
Gambar 8.14. Modul LCD dan I2C.....	243

Gambar 8.15. Modul Radio Komunikasi FPV	243
Gambar 8.16. <i>Buffer</i> pH	244
Gambar 8.17. <i>Buffer</i> pH	246
Gambar 8.18. Skema Penyambungan Saklar pada ATS	247
Gambar 8.19. Skema Penyambungan Saklar pada ATS	247
Gambar 8.20. Tranduser Tegangan AC	248
Gambar 8.21. Tranduser Arus AC 1	249
Gambar 8.22. Tranduser Arus AC 2	249
Gambar 8.23. Tranduser Untuk Tegangan dan Arus AC Dalam Satu Modul Sekaligus	250
Gambar 8.24. Resistor Sebagai Pembagi Tegangan	252
Gambar 8.25. Mode Komparator pada OPAMP	253
Gambar 8.26. Mode Komparator pada OPAMP dengan VRef Berupa Resistor Sebagai Pembagi Tegangan	254
Gambar 8.27. Mode Tidak Pembalik pada OPAMP Sebagai Penguat Tegangan Keluaran Sensor	255
Gambar 8.28. Arduino dengan Komunikasi RS485	256
Gambar 8.29. PLC dengan Komunikasi RS485	257
Gambar 8.30. Skema Penyambungan Saklar pada ATS	257
Gambar 8.31. ATS dengan Menggunakan Kontaktor	258
Gambar 8.32. Skema Panel Surya Sederhana dengan IoT	259
Gambar 8.33. Diagram Blok Sistem ATS dengan IoT	260
Gambar 8.34. Sensor INA219 DC	261
Gambar 8.35. NodeMCU ESP8266	262
Gambar 8.36. Modul <i>Relay</i> dengan 4 <i>Relay</i>	263
Gambar 8.37. <i>Small Scale Compressed Air Energy Storage</i> (SS-CAES) dengan Pengaturan Udara	264
Gambar 8.38. Rancangan Kendali SS-CAES dengan Pengaturan Udara	265
Gambar 8.39. Diagram Blok SS-CAES dengan Pengaturan Udara ..	265
Gambar 8.40. Sensor Tegangan	266
Gambar 8.41. Sensor Arus	266
Gambar 8.42. Sensor Tekanan MPX5700	267
Gambar 8.43. Sensor Kecepatan LM393	267
Gambar 8.44. Sensor Kecepatan Hall (Sensor Magnetik)	268
Gambar 8.45. Servo Kontinyu 360	269
Gambar 8.46. Contoh Penggunaan Resistor Sebagai Pembagi Tegangan untuk Sensor Tegangan	271
Gambar 8.47. Penggunaan Sensor LM393 untuk Pendeteksian Kecepatan	271
Gambar 8.48. Penggunaan Sensor Hall untuk Pendeteksian Kecepatan	272

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Jenis Sensor dan Transduser.....	54
Tabel 4.2. Data Kalibrasi Sensor Suhu	62
Tabel 4.3. Contoh Pembacaan Sensor pada Mikrokontroler	63
Tabel 6.1. Seri Mikrokontroler AVR.....	125
Tabel 6.2. Produk Keluarga Mikrokontroler MCS-51 Atmel	136
Tabel 6.3. Varian <i>Raspberry Pi</i>	173
Tabel 7.1. Spesifikasi NRF24L01.....	212
Tabel 8.1. Peta <i>Input / Output</i> untuk <i>Packing Apel</i>	237
Tabel 8.2. Peta <i>Input / Output</i> untuk Pengawasan pH Air Jarak Jauh.....	243
Tabel 8.3. Peta <i>Input / Output</i> untuk Sistem ATS.....	251
Tabel 8.4. Peta <i>Input / Output</i> untuk Sistem Energi Terbarukan dengan IoT	262
Tabel 8.5. Peta <i>Input / Output</i> untuk <i>Small Scale Compressed Air Energy Storage (SS-CAES)</i>	269

TINJAUAN MATAKULIAH

Buku ini berisikan tentang pengantar dan pengetahuan umum dari teknik instrumentasi pada dunia industri dari sisi rangkaian elektriknya. Pada buku ini menjabarkan beberapa pokok poin penting, yaitu: pentingnya mengenal perkembangan dari kemajuan teknologi industri dan juga kebutuhan manusia, pentingnya mengetahui teori besaran listrik dan cara pengukurannya, pengenalan sensor, transduser, aktuator dilengkapi penjelasan singkat terkait teknik sinkronisasi dan kalibrasi, pengenalan sistem kendali terutama dalam perangkat yang digunakan, teori pendukung teknologi komunikasi dari tiap perangkat *device* elektronik serta studi kasus pada setiap pembahasan babnya.

Tiap-tiap pembahasan pada buku ini dikemas dengan ulasan singkat, juga dilengkapi dengan bahan diskusi serta pembahasan soal agar dapat meningkatkan wawasan dan dapat dikembangkan lebih lanjut. Buku ini dilengkapi visual grafis yang bertujuan memudahkan pembaca memahami tentang maksud dari penulis. Buku ini sangat cocok untuk dijadikan penunjang bagi matakuliah yang berkaitan dengan sensor dan aktuator, sistem kendali, rangkaian elektronika instrumentasi dan sistem kendali.



BAB I

PENGANTAR RANGKAIAN ELEKTRIK

Kemampuan Akhir yang Diharapkan:

1. Setelah mempelajari ini, peserta dapat memahami bagaimana korelasi hubungan antara perkembangan teknologi dan instrumentasi industri dengan kebutuhan manusia tiap masa.
2. Setelah mempelajari ini, peserta dapat mengerti kenapa sebuah rangkaian instrumentasi industri sangat penting dalam dunia industri.

1.1. Pengantar Rangkaian Elektrik

Secara umum, rangkaian elektrik didefinisikan sebagai sebuah jalur listrik atau rangkaian listrik yang didalamnya dialiri oleh listrik. Namun secara khusus rangkaian elektrik dapat diartikan sebagai sebuah susunan dari komponen kelistrikan yang memiliki tugas khusus untuk diselesaikan, sehingga tidak sebatas pada perlengkapan elektronik yang biasa ditemui saat ini.

Sesuai dengan penjelasan sebelumnya bahwa pemanfaatan rangkaian elektrik ternyata tidak sebatas pada peralatan keseharian yang sering kita pakai seperti HP, Televisi, Radio, Gagdet permainan dan lain sebagainya, tetapi lebih luasnya lagi diaplikasikan didunia industri. Beberapa aplikasi dari rangkaian elektrik yang diterapkan didunia industri diantara lain adalah seperti sistem sortir barang dengan kamera, sistem robot penghantar otomatis, sistem lampu merah, sistem pengapian bahan bakar kereta otomatis dan masih banyak yang lainnya. Bahkan jika dibandingkan teknologi yang sering kita jumpai dengan teknologi dunia industri, pada sisi kemajuan teknologi, justru di dunia industri yang mengalami kemajuan teknologi lebih pesat. Hal inilah yang kemudian menciptakan sebuah istilah yang disebut dengan revolusi industri.

BAB II

DASAR SATUAN, BESARAN DAN PENGUKURAN ELEKTRIK

Kemampuan Akhir yang Diharapkan:

1. Setelah mempelajari ini, peserta dapat memahami tentang beberapa besaran dalam dunia listrik.
2. Setelah mempelajari ini, peserta dapat mengerti konsep kerja dari pengukuran tiap – tiap besaran listrik dan fenomena yang terjadi apabila dihubungkan dengan konsep dari besaran listrik.

2.1. Pengantar Dasar Besaran dan Pengukuran Listrik

Untuk dapat merangkai sebuah rangkaian listrik terutama di dunia industri, tentu kita tidak serta merta begitu saja merangkai tanpa memperhatikan beberapa dasar ilmu pengetahuan yang paling fundamental untuk dapat merangkai rangkaian elektrik. Pasalnya, Dasar Besaran dan Pengukuran Listrik adalah ilmu yang paling dasar yang perlu diketahui dan dikuasai untuk membuat rangkaian listrik. Tanpa adanya pengetahuan dasar ini tentu kita akan mengalami kesulitan membuat bahkan menyusun sebuah konsep yang benar tentang bagaimana rangkaian elektrik tersebut dapat bekerja dengan baik. Oleh karena itu, bab ini akan disampaikan materi dasar terkait dengan dasar satuan, besaran dan pengukuran listrik. Pada pembahasan bab ini untuk mengenalkan apa saja satuan listrik, apa saja besaran listrik dan apa saja parameter pengukuran listrik dan bagaimana cara mengukur listrik. Bab ini menyampaikan materi pengantar yang sangat dasar agar dengan mempelajari topik ini, maka kita dapat mengenal beberapa macam besaran listrik dan satuannya yang paling sering digunakan dalam merangkai dan menganalisa sebuah rangkaian listrik. Disamping itu, selain mengenal kita juga dapat melakukan pengukuran dengan cara yang benar terhadap beberapa parameter tersebut untuk dijadikan bahan analisa pada rangkaian elektrik yang hendak kita susun ataupun yang hendak kita perbaiki.

2.2. Besaran Listrik

Besaran merupakan segala sesuatu yang dapat diukur dengan menggunakan satuan tertentu. Besaran selalu didefinisikan dengan

BAB III

DASAR SISTEM KELISTRIKAN

Kemampuan Akhir yang Diharapkan:

1. Setelah mempelajari ini, peserta dapat memahami tentang beberapa teori tentang kelistrikan yang ada didunia dalam dunia listrik.
2. Setelah mempelajari ini, peserta dapat memanfaatkan teori tersebut untuk kemudian dapat digunakan sebagai sumber energi dalam rangkaian listriknya.

3.1. Pengantar Dasar Kelistrikan

Didalam sistem kelistrikan yang ada, terdapat beberapa jenis sumber energi listrik yang secara umum dapat digunakan untuk menyuplai rangkaian elektrik yang kita gunakan. Jenis – jenis tegangan tersebut mempunyai karakteristik dan kegunaan masing – masing, sehingga tidak serta merta dapat kita gunakan secara bebas untuk dapat diaplikasikan kepada rangkaian elektrik kita.

Oleh karena itu perlu kita memahami beberapa jenis dari kelistrikan tersebut. Mulai dari namanya atau jenisnya, fungsinya, sifatnya dan tentu kelebihan dan kegunaan. Hal ini penting untuk diperhatikan karena tanpa kita tahu fungsi dari sistem kelistrikan yang ada, justru akan menimbulkan kekacauan pada rangkaian elektrik yang hendak kita bentuk. Oleh karena itu pada bab ini akan dibahas tentang hal tersebut untuk memberikan gambaran tentang sistem kelistrikan yang ada didunia saat ini.

3.2. Sistem Kelistrikan AC dan DC

Didalam sistem kelistrikan didunia, terdapat dua sumber energi listrik yang dapat dimanfaatkan, yaitu tegangan AC dan DC. Kedua tegangan tersebut memiliki sifat yang berbeda dan penggunaan yang berbeda.

Pertama adalah tegangan AC atau *alternating current*. Tegangan AC adalah tegangan bolak – balik dimana selalu akan terjadi kutub positif dan negatif didalam satu siklusnya yang bergantian. Tegangan AC identik dengan frekuensi karena terdapat perbedaan kutub tersebut. Oleh karena itu, inilah ciri khas dari tegangan AC bahwa

BAB IV

TEKNOLOGI SENSOR DAN TRANSDUSER

Kemampuan Akhir yang Diharapkan:

1. Setelah mempelajari ini, peserta dapat memahami tentang beberapa jenis komponen sensor dan transduser beserta dengan besaran fisis yang diukurnya.
2. Setelah mempelajari ini, peserta dapat mengerti konsep dari penggunaan sensor pada sebuah sistem instrumentasi industri, baik berkaitan dengan cara sinkronisasi dan cara kalibrasi.
3. Setelah mempelajari ini, peserta dapat memilih jenis sensor apa dan tipe sensor apa yang tepat untuk instrumentasi yang hendak disusunnya.

4.1. Pengantar Teknologi Sensor dan Transduser

Sensor dan otomasi ibarat surat dengan perangkat. Dua hal tersebut adalah hal yang tidak dapat dipisahkan fungsi dan tujuannya. Hal ini disebabkan karena sensor merupakan sebuah perangkat untuk mendeteksi besaran fisis yang berada dilingkungan tempat sensor ataupun transduser itu berada. Dengan besaran fisis yang dideteksi oleh sensor dan kemudian diubah ke sebuah informasi yang dapat dibaca oleh perangkat kontrol, maka secara otomatis sensor merupakan mata bagi perangkat kontrol. Dengan data tersebutlah sistem kendali pada industri dapat bekerja sesuai dengan logika – logika yang telah diprogramkan pada dirinya.

Dari sekian perkembangan di dunia sensor dan banyaknya produk sensor yang dapat dimanfaatkan untuk mendeteksi besaran fisis suatu lingkungan, tentu kita sebagai pengguna harus tetapi harus tepat dalam memilih sensor mana yang dapat digunakan pada permasalahan yang kita hadapi. Hal ini berkaitan dengan beberapa informasi yang sangat mendasar yang akan diketahui apabila kita telah lama bermain di dunia sensor seperti keefektifan sensor, spesifikasi sensor, kehandalan sensor, kemudahan dalam mengomunikasikan sensor dengan perangkat yang kita gunakan dan lain sebagainya. Hal itulah yang perlu kita pertimbangkan sebelum kita dapat menggunakan sensor. Oleh karena itu pada bab ini, akan disampaikan beberapa teori dasar dari apa itu sensor dan transduser, macam – macam sensor, teknik kalibrasi

BAB V

TEKNOLOGI AKTUATOR

Kemampuan Akhir yang Diharapkan:

1. Setelah mempelajari ini, peserta dapat memahami tentang beberapa jenis komponen aktuator beserta dengan jenis gerakan yang dihasilkannya.
2. Setelah mempelajari ini, peserta dapat mengerti konsep dari penggunaan aktuator pada sebuah sistem instrumentasi industri, baik berkaitan dengan cara sinkronisasi.
3. Setelah mempelajari ini, peserta dapat memilih jenis aktuator apa dan tipe aktuator apa yang tepat untuk instrumentasi yang hendak disusunnya.

5.1. Pengantar Aktuator

Komponen terpenting selain dari sensor dalam sebuah rangkaian elektrik untuk industri adalah bagaikan *end user*, yaitu bagian penggerak yang lebih dikenal dengan aktuator. Aktuator ini merupakan peralatan yang lebih bersifat mekanis seperti gerakan memutar, mendorong, menarik dan lain sebagainya, ataupun fisis seperti menghasilkan api, air dan lain sebagainya yang dapat dikendalikan oleh sebuah rangkaian elektrik. Dalam dunia industri, jenis – jenis pengaplikasian dari aktuator banyak sekali. Bahkan dalam satu mesin saja, bisa terdiri dari 3 jenis aktuator yang dibutuhkan untuk menyelesaikan satu tugas. Oleh karena itu karena aktuator ini merupakan komponen terpenting, maka pada bab ini akan dibahas terkait beberapa jenis aktuator yang sering digunakan oleh dunia industri. Pada bab ini akan dibahas beberapa pengenalan terkait aktuator tersebut, cara kerja, cara mengendalikan dan cara mensinkronisasikan aktuator dengan *device* atau sistem yang kita bangun.

5.2. Motor Listrik

5.2.1. Motor AC/DC

Motor AC atau motor DC adalah beberapa motor yang paling banyak digunakan didunia industri dan juga pada beberapa rangkaian elektrik. Hal ini disebabkan karena kedua motor tersebut memiliki cara

BAB VI

KONTROLLER INDUSTRI

Kemampuan Akhir yang Diharapkan:

1. Setelah mempelajari ini, peserta dapat memahami tentang beberapa jenis kontroller pada industri dan bagaimana kriteria atau spesifikasinya.
2. Setelah mempelajari ini, peserta dapat mengerti konsep dasar yang perlu dipahami dari penggunaan kontroller pada dunia industri.

6.1. Pengantar Kontrol Industri

Pada setiap industri, tentu akan dikenal sebuah istilah sistem otomasi. Sistem otomasi adalah sebuah sistem yang dapat mengendalikan semua aktivitas pada sebuah garis sistem yang bekerja berdasarkan logika-logika tertentu. Logika-logika ini tentu akan bekerja berdasarkan nilai masukan yang berasal dari sensor dan kemudian diolah kedalam pengendali. Pengendali ini akan mengambil semua masukkan yang berasal dari sensor dan merespon dengan aktuator sesuai dengan logika yang diprogramkan kepadanya. Dan pengendali ini banyak jenisnya.

Pada bab ini kita akan dikenalkan dengan berberapa macam jenis pengendali yang umumnya digunakan pada dunia industri. Mulai dari jenis pengendalinya, spesifikasi, arsitektur, kelebihan dan kekurangan, serta beberapa tips untuk memilih jenis pengendali apa yang kira – kira cocok dengan sistem yang akan kita bangun.

6.2. Mikrokontroler

6.2.1. Pengertian Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sebuah komputer kecil yang terbentuk atau sudah terintegrasi kedalam satu *chip*. Mikrokontroler secara arsitektur memiliki beberapa komponen layaknya PC, seperti *processor* (CPU), Memori : RAM, ROM, serta perangkat *input* dan *output* yang dapat diprogram agar sesuai dengan kehendak *programmer*. Dikarenakan ukurannya yang *mini*, baik dari segi performa, konsumsi daya dan ukuran apabila dibandingkan dengan PC, maka mikrokontroler hanya akan melakukan tugas – tugas yang ringan saja dan lebih bersifat *tiny, embedded and portable*.

BAB VII

KONSEP TEKNOLOGI DAN KOMUNIKASI PADA PERANGKAT ELEKTRIK

Kemampuan Akhir yang Diharapkan:

1. Setelah mempelajari ini, peserta dapat memahami tentang beberapa jenis teknologi komunikasi pada perangkat elektrik dan instrumentasi industri.
2. Setelah mempelajari ini, peserta dapat mengerti konsep dari penggunaan teknologi komunikasi ini pada perangkat instrumentasi elektrik industri ditinjau dari kelebihan dan kelemahannya serta kombinasi dari beberapa teknologi yang ada.
3. Setelah mempelajari ini, peserta dapat mengerti beberapa perangkat yang dibutuhkan serta algoritma dan mekanisme pengguna perangkat komunikasi pada instrumentasi rangkaian elektrik industri.

7.1. Pengantar Teknologi dan Komunikasi pada Perangkat Elektrik

Dengan kemajuan teknologi sekarang, sebuah rangkaian elektrik tidak hanya bekerja secara *stand-alone* atau sendirian. Kini, rangkaian elektrik telah dilengkapi dengan beberapa teknologi yang mampu membuat dirinya untuk dapat berkomunikasi baik satu arah dan dua arah. Jadi sistem komunikasi tersebut mampu menjadi fungsi pengawas (satu arah) dan pengawas serta pengendali (dua arah). Kemampuan ini tidak lain dan tidak bukan karena munculnya beberapa permasalahan yang ada di dunia industri. Permasalahan tersebut seperti instalasi perangkat yang sangat rumit dan membutuhkan kabel yang panjang, luasnya area implementasi rangkaian elektrik, pengawasan peralatan yang harus datang ke tempat rangkaian bekerja, begitu pula pada saat hendak melakukan pengaturan ulang perangkat, dan masih banyak beberapa alasan yang melatarbelakanginya. Oleh karena itu, pada bab ini akan dibahas terkait beberapa konsep dan teknologi dari komunikasi perangkat elektrik yang telah digunakan secara luas untuk mengatasi problematika yang telah dijelaskan sebelumnya.

BAB VIII

STUDI KASUS RANGKAIAN ELEKTRIK

Kemampuan Akhir yang Diharapkan:

1. Setelah mempelajari ini, peserta dapat memahami tentang beberapa kasus yang umum dan sering ditemui dalam dunia industri.
2. Setelah mempelajari ini, peserta dapat mengerti konsep dari penggunaan beberapa teori dasar dalam menyusun sebuah solusi dari rangkaian instrumentasi pada suatu masalah.
3. Setelah mempelajari ini, peserta dapat mengerti beberapa cara yang sering digunakan dalam proses sinkronisasi dan kalibrasi pada perangkat sensor ataupun aktuator yang digunakan.

8.1. Pengantar Studi Kasus Rangkaian Elektrik

Salah satu cara untuk tercepat dalam memahami dan belajar tentang bagaimana sebuah sistem dapat dibentuk, baik dari proses pendesainan sistem, pemilihan sensor, sinkronisasi I/O (*Input/Output*) dan sebagainya adalah dengan belajar dari studi kasus. Dengan mempelajari studi kasus, memungkinkan kita untuk mendapatkan pengalaman yang belum pernah kita dapatkan sebelumnya dan pengalaman tersebut merupakan salah satu cara cepat atau trik yang sangat berguna bagi kita. Berbagai trik tersebut memang jarang sekali kita temui pada pembahasan materi berupa teori dasar yang kita dapatkan dibangku sekolah atau perkuliahan. Oleh karena itu, pada Bab ini akan dibahas tentang beberapa contoh implementasi dari beberapa ilmu pengetahuan yang telah didapatkan dari beberapa bab sebelumnya.

Pembahasan pada bab ini akan dibuat dengan seurut mungkin agar dapat membentuk pola pikir seorang desainer rangkaian elektrik industri. Beberapa urutan tersebut juga dapat dikembangkan lebih jauh tergantung bagaimana seseorang tersebut dapat menyelesaikan permasalahan. Namun cara ini adalah cara yang sering digunakan penulis untuk dapat menyelesaikan berbagai problematika yang dihadapi saat melakukan pendesaianan sistem. Beberapa langkah tersebut diantaranya adalah:

DAFTAR PUSTAKA

Referensi Buku dan Artikel Ilmiah

- Ahmed., M.D., S. 2018. *Speed Control of Sensorless Brushless DC Motor*. Amazon Digital Services LLC
- Akyildiz, I.F., Vuran, M.C. 2010. *Wireless Sensor Networks*. West Sussex : John Wiley & Sons Ltd.
- Bakshi, U. A., Bakshi, M. V. 2009. *Electrical Drives And Control*. Pune: Technical Publications Pune.
- Blake, M. Idris, F. 2020. *Start Programming, Simulating HMI and PLC in Your Laptop. Independently published*.
- Bolton, W. 2015. *Mechatronics: Electronic Control Systems in Mechanical and Electrical Engineering, 6th Edition*. Pearson.
- Canals, J., Heukamp, F. 2020. *The Future Of Management In An AI World: Redefining Purpose And Strategy In The Fourth Industrial Revolution*. Palgrave Macmillan
- Collegaro, L. 2012. *Electrical Impedance: Principles, Measurement, and Applications*. Boca Raton: CRC Press.
- Davies, J. 2020. *The Internet of Things: From Data to Insight*. Haboken: John Wiley & Sons Ltd.
- Giri, F. 2013. *AC Electric Motors Control: Advanced Design Techniques and Applications*. Wiley.
- Grob, B. 1982. *Electronic Circuit and Applications*. McGraw-Hill
- Hasad, A. 2019. *Dasar Listrik dan Elektronika*. Erlangga.

- Holler J., Tsiatsis, V., Mulligan, C., Karnouskos, S., Avesand, S., Boyle, D. *From Machine to Machine Internet of Things Introduction to a New Age of Intellegence*. Waltham: Academic Press Elsevier Ltd.
- Jung, W. 2004. *Op Amp Applications Handbook*. Newnes.
- Koul A., Ganju, S. Kasam, M. 2019. *Practical Deep Learning for Cloud, Mobile, and Edg : Real-World AI & Computer-Vision Projects Using Python, Keras & TensorFlow*. O'Reilly.
- Krivts. I. L., Krejnin, G., V. 2006. *Pneumatic Actuating Systems for Automatic Equipment: Structure and Design*. Boca Raton: CRC Press.
- Kurniawan, A. 2019. *Getting Started with NVIDIA Jetson Nano*. PE Press.
- Lansky, Z.J.. 2020. *Industrial Pneumatic Control*. New York: Marcel Dekker Inc.
- Monk, S, Scherz, P. 2016. *Practical Electronics for Inventors, 4th Edition*. McGraw-Hill Education TAB. McGraw-Hill Education TAB.
- Monk, S. 2017. *Hacking Electronics: Learning Electronics with Arduino and Raspberry Pi*. McGraw-Hill.
- Popkova, E, G. Ragulina, Y, V. Bogoviz, A.V. 2019. *Industry 4.0: Industrial Revolution of the 21st Century*. Springer
- Purkaitm P. 2013. *Electrical and Electronics Measurements and Instrumentation*. New Delhi: McGraw Hill Education.
- Putra, E. A. 2002. *Penapis Aktif Elektronika*. Gaya Media.
- Radvanovsky, R. Broadsky, J. 2020. *Handbook of SCADA/Control Systems Security 2nd Edition*. CRC Press.
- Rusmadi, D. 2005. *Pengetahuan Teknik Elektronika*. Bumi Aksara.

Sadiku, M, Alexander, C. 2012. *Fundamentals of Electric Circuits*. McGraw-Hill.

Saputra, A. S. 2019. *Programmable Logic Control (PLC) & Arduino UNO: PLC & Arduino UNO*. Jakarta: Gaya Gerak Listrik.

Slusarczyk, B., Haseeb, M., Hussain, H., I. 2016. *Fourth industrial revolution: a way forward to attain better performance in the textile industry. Engineering Management in Production and Services*. Vol 11, Issue 2.

Smith, S. 2020. *Programming with 64-Bit ARM Assembly Language : Single Board Computer Development for Raspberry Pi and Mobile Devices 1st ed. Edition*. Gibson: Apress.

Sutarno. 2014. *Instrumentasi Industri dan Kontrol Proses*. Graha Ilmu.

Weijers, L., Wright, C., Mayerhorfer, M., Griffin, L., Weddie, P. 2019. *Trends in the North American Frac Industry: Invention through the Shale Revolution. Society of Petroleum Engineers*. Texas : The Woodlands.

Referensi Gambar

<http://insauin.blogspot.com/2014/12/pengertian-belt-konveyor-dan-bagian.html>

<http://nusantaratraisser.co.id/responsiveweb/blog/2020/02/17/pengenal-an-revolusi-industri-1-0-hingga-4-0/>

<https://rizknareedh.wordpress.com/2012/03/06/bagaimana-cara-kerja-mesin-uap/>

<https://www.ruangkerja.id/blog/sejarah-dan-masa-depan-revolusi-industri>

<http://nusantaratraisser.co.id/responsiveweb/blog/2020/02/17/pengenal-an-revolusi-industri-1-0-hingga-4-0/>

<https://www.exaltsolutions.com/blog/make-your-sales-opportunities-run-self-driving-cars>

<https://teknikelektronika.com/pengertian-tegangan-listrik-electric-voltage/>
<https://teknikelektronika.com/pengertian-tegangan-listrik-electric-voltage/>
<https://www.primaryconnections.org.au/themes/custom/connections/assets/SBR/data/Phy/sub/current-qual/current-qual.htm>
<https://www.primaryconnections.org.au/themes/custom/connections/assets/SBR/data/Phy/sub/current-qual/current-qual.htm>
https://www.youtube.com/watch?v=Ua5i26N_Kcs
<https://saintif.com/hukum-ohm/>
<https://diary-of-electric.blogspot.com/2020/01/what-is-the-difference-between-series-and-parallel-circuits.html>
<https://urip.wordpress.com/2012/12/03/fisika-tanpa-rumus-itu-bohong/>
<https://muh-amin.com/rangkaian-listrik-dc-seri-paralel-dan-hukum-kirchoff/>
<https://www.kelistrikanku.com/2017/03/rumus-cara-menghitung-arus-daya-tegangan.html>
<https://instrumentationtools.com/power-triangle/>
<https://electricalsynergy.edublogs.org/2015/11/30/knowledge-of-power-is-power/>
https://en.wikipedia.org/wiki/Power_factor
<http://elektronika-kelistrikan.blogspot.com/2018/07/pengertian-faktor-daya.html>
<http://elektronika-kelistrikan.blogspot.com/2018/07/pengertian-faktor-daya.html>
<http://elektronika-kelistrikan.blogspot.com/2018/07/pengertian-faktor-daya.html>
<http://elektronika-kelistrikan.blogspot.com/2018/07/pengertian-faktor-daya.html>
<https://steemit.com/voltage/@mahir9686/topic-voltage-and-current>
<https://circuitglobe.com/difference-between-ammeter-and-voltmeter.html>
<https://teknikelektronika.com/cara-menggunakan-multimeter-multitester/>
<https://circuitglobe.com/difference-between-ammeter-and-voltmeter.html>
<https://www.blibli.com/p/nankai-my-266-tang-ampere/pc--MTA-1032442>

<https://teknikelektronika.com/cara-menggunakan-tang-ampere-clamp-meter-prinsip-kerja/>
<https://www.allaboutcircuits.com/textbook/experiments/chpt-2/ohmmeter-usage/>
<https://www.transcat.ca/gossen-metrawatt-metramax-6-gtm3060000r0001-254741>
<https://garslandi.wordpress.com/2013/01/11/pengukuran-dengan-menggunakan-wattmeter/>
<https://indonesian.alibaba.com/product-detail/school-demonstration-power-meter-ac-dc-analog-power-meter-wattmeter-60083411025.html>
<https://id.aliexpress.com/item/32965845283.html>
<https://www.kele.com/content/blog/2014/10/29/47-ways-to-wire-your-power-meter-wrong>
<http://www.aelindia.com/index.php/dynamometric-1ph-3ph-power-power-factor-meter/> https://www.alibaba.com/product-detail/Acuvim-302-series-digital-power-factor_60177575605.html
<https://www.bukalapak.com/p/elektronik/komponen-elektronik/zqxe42-jual-ac-frequency-meter-digital-hertz-meter-pengukur-frekuensi-hz>
<https://www.kucari.com/alat-ukur-listrik/>
<https://www.bukalapak.com/p/elektronik/komponen-elektronik/zqxe42-jual-ac-frequency-meter-digital-hertz-meter-pengukur-frekuensi-hz>
[https://id.wikipedia.org/wiki/Berkas:Lissajous_figures_on_oscilloscope_\(90_degrees_phase_shift\).gif](https://id.wikipedia.org/wiki/Berkas:Lissajous_figures_on_oscilloscope_(90_degrees_phase_shift).gif)
<https://daengmatako.blogspot.com/2019/07/cara-menggunakan-oscilloskop-gw-instek.html>
<http://myelectronicnote.blogspot.com/2018/03/laptop-sebagai-oscilloscope.html>
<https://engineeringmasakini.wordpress.com/2017/10/11/pengertian-arus-listrik-ac-dan-dc/>
<https://engineeringmasakini.wordpress.com/2017/10/11/pengertian-arus-listrik-ac-dan-dc/>
<http://blog.unnes.ac.id/antosupri/penyearah-gelombang-dengan-filter-kapasitor/>
<https://www.kelasplc.com/perbedaan-listrik-1-phase-dan-3-phase/>
<https://www.kelasplc.com/perbedaan-listrik-1-phase-dan-3-phase/>
<https://abdulelektro.blogspot.com/2019/07/penyearah-tiga-3-phase.html>

<https://abdulelektro.blogspot.com/2019/07/penyearah-tiga-3-phase.html>
<https://www.slideshare.net/rahmatrimansah/1-karakteristik-sensor>
https://www.researchgate.net/publication/333686063_PENELITIAN_DAN_PENGEMBANGAN_SENSOR_AROMATIK_SEBAGAI_ALAT_DETEKSI_ALKOHOL_PADA_PARFUM_DAN_WEWANGIAN_UNTUK_AUTENTIKASI_PRODUK_PARFUM_HALAL/figures?lo=1&utm_source=google&utm_medium=organic
<https://www.tokopedia.com/fabric-tech/sensor-ldr-5mm-sensor-cahaya-1>
<https://id.aliexpress.com/item/32965201554.html>
<https://www.tokopedia.com/mkontrol/dht22-sensor-kelembaban-suhu-humidity-temperatur-dht-22-am2302-arduino>
<https://www.mreeco.com/lm35-temperature-sensor-price-in-pakistan>
https://www.researchgate.net/publication/229066236_Low_Cost_PC_Based_Real_Time_Data_Logging_System_Using_PCs_Parallel_Port_For_Slowly_Varying_Signals
<https://components101.com/sensors/ds18b20-temperature-sensor>
<https://www.best-microcontroller-projects.com/ds18b20.html>
<https://www.indiamart.com/proddetail/adxl345-accelerometer-sensor-20580907362.html>
<https://circuitdigest.com/microcontroller-projects/interface-adxl345-accelerometer-with-arduino-uno>
<https://breakrow.com/mili-ampere/membuat-penguat-sinyal-untuk-sensor-agar-pembacaan-sensor-lebih-akurat-Op-Amp/>
<https://habr.com/en/post/436248/>
https://www.researchgate.net/publication/310826046_Comparison_of_arterial_stiffness_assessed_by_pOpmetreR_with_arterial_stiffness_as_sessed_by_applanation_tonometry_a_clinical_study/figures?lo=1&utm_source=google&utm_medium=organic
<https://www.fierceelectronics.com/components/introduction-to-analog-filters>
<https://habr.com/en/post/436248/>
<http://boram.wikidot.com/imu-setup-with-extended-kalman-filtering>
<https://abdulelektro.blogspot.com/2019/07/rangkaian-Op-Amp-komparator.html>
<https://abdulelektro.blogspot.com/2019/07/rangkaian-Op-Amp-komparator.html>

<https://www.digikey.pt/en/articles/adc-dac-tutorial>
<https://control.com/textbook/digital-data-acquisition-and-networks/analog-digital-conversion/>
<https://www.nn-digital.com/blog/2019/06/09/contoh-pemrograman-modul-i2c-ads1115-dengan-arduino/>
https://www.researchgate.net/publication/317554109_4-bit_digital_to_analog_converter_using_R-2R_ladder_and_binary_weighted_resistors
<https://www.technobotsonline.com/mcp4725-i2c-dac-breakout-board.html>
https://www.electronics-tutorials.ws/transistor/tran_4.html
<https://sites.google.com/site/mrtcontrol/relay-driver-for-solenoids>
<https://www.designnews.com/industrial-machinery/whod-thunk-it-arduino-and-plcs-hook-rs232-and-modbus>
<http://cool-emerald.blogspot.com/2009/10/multidrop-network-for-rs232.html>
<https://student-activity.binus.ac.id/himtek/2017/05/08/motor-dc-dan-jenis-jenisnya/>
<https://arduinodiy.wordpress.com/2014/03/28/the-h-bridge/>
<https://forum.arduino.cc/index.php?topic=517689.0>
<https://id.aliexpress.com/item/32905512875.html>
https://www.researchgate.net/publication/305652767_Speed_Control_of_High_Performance_Brushless_DC_Motor
<http://www.insinyoer.com/prinsip-kerja-motor-brushless-dc-blcdc-motor/>
http://www.indiadiesel.com/blcdc_const.htm
<https://www.electricmotorwaterpump.com/sale-10559201-fuan-motor-ac-3-phase-induction-motor-with-rolled-steel-cover.html>
<http://elkasebelas.blogspot.com/2014/11/>
<http://margionoabdil.blogspot.com/2012/11/rangkaian-kontrol-kecepatan-motor-3.html>
<https://chifon0571.en.made-in-china.com/product/kdCEXQJVancr/China-Speed-Control-Single-Phase-220-240V-2-2kw-3HP-AC-Drive-for-Water-Pump.html>
<http://www.insinyoer.com/cara-kerja-motor-servo/>
<https://elektronika-dasar.web.id/motor-servo/>
<https://www.generationrobots.com/en/403005-widowxl-robot-arm-with-servo.html>

<https://macammacam servo.wordpress.com/2016/07/01/mengenal-servo/>
<https://www.andmotor.com/linear-motor/>
<https://12vactuators.com/catalogue/micro-linear-actuator>
<https://exoskeletonreport.com/product-tag/hand/>
<http://jagootomasi.com/motor-stepper-prinsip-kerja-dan-pengendalian-pada-otomasi-industri/>
<https://www.andalanelektro.id/2019/10/skema-rangkaian-pengatur-putaran-dan-kecepatan-motor-stepper-serta-cara-kerjanya.html>
<http://jagootomasi.com/motor-stepper-prinsip-kerja-dan-pengendalian-pada-otomasi-industri/>
<https://dronebotworkshop.com/stepper-motors-with-arduino/>
<https://teknikelektronika.com/pengertian-relay-fungsi-relay/>
<https://teknikelektronika.com/pengertian-relay-fungsi-relay/>
<https://www.indiamart.com/proddetail/omron-ac-relay-14340076812.html>
<https://roysoala.wordpress.com/2011/11/15/merancang-transistor-relay-driver/>
<http://www.electricaltech4u.com/what-is-magnetic-contactor/>
<https://www.indiamart.com/proddetail/thermal-overload-relay-7771102955.html>
<https://nz.rs-online.com/web/p/contactor-timers/3949841/>
<https://indonesian.alibaba.com/product-detail/3-ton-pneumatic-cylinder-60793596169.html>
<https://www.andalanelektro.id/2020/05/mengenal-pneumatik-sistem-kontrol-udara-bertekanan.html>
<http://trikueni-desain-sistem.blogspot.com/2013/08/apa-itu-pneumatik.html>
<https://www.amazon.com/Baomain-Pneumatic-Solenoid-Internally-Electrical/dp/B01J3C1LWG>
<https://www.tokopedia.com/ardushopid/modul-motor-driver-h-bridge-l298n-arduino>
<https://www.bukalapak.com/p/elektronik/komponen-elektronik/j0lrnj-jual-bldc-driver-controller-12v-36v-dc-500w-pwm-brushless-motor-hall-sensor>
<http://indomaker.com/index.php/2019/01/03/tutorial-menggunakan-modul-relay-pada-arduino/>
<https://sea.banggood.com/One-way-Solid-State-Relay-Module-p-9>

79853.html

<https://forum.arduino.cc/index.php?topic=482890.0>

<https://docplayer.info/49191166-Perancangan-sistem-pengaturan-mesin-sangrai-roaster-berdasarkan-warna-biji-kopi-berbasis-image-processing.html>

https://openlibrary.telkomuniversity.ac.id/pustaka/files/100419/jurnal_e_proc/sistem-peringatan-dan-monitoring-keamanan-perlintasan-kereta-api-otomatis-dengan-menggunakan-arduino-dan-android.pdf

<https://core.ac.uk/download/pdf/194449537.pdf>

<https://www.tokopedia.com/ardushopid/16-in-1-modul-sensor-kit-for-arduino-Raspberry-with-box>

<https://sites.google.com/site/hariomsaranhero/technical/arduino>

<https://teknikelektronika.com/pengertian-mikrokontrolerer-microcontroller-struktur-mikrokontrolerer/>

<https://mochammadfachrizaral.wordpress.com/macam-dan-jenis-mikrokontrolerer-populer/>

https://en.wikipedia.org/wiki/ATtiny_microcontroller_comparison_chart

<https://telinks.wordpress.com/2008/12/11/deskripsi-pin-attiny2313/>

<https://npx21.blog.uns.ac.id/2010/07/17/atmega8535/>

<https://avrhelp.mcselec.com/index.html?mega8535.htm>

<https://pccontrol.wordpress.com/2011/09/07/ccontoh-modul-dasar-mikrokontrolerler-buat-pemula/>

<https://www.elektor.com/arduino-uno-r3>

<https://embeddednesia.com/v1/bagaimana-memulai-codevisionavr/>

<https://massugenk.wordpress.com/tag/belajar-bascom-avr/>

<http://plcmicro.blogspot.com/2014/09/leader-logic-untuk-mikrokontroler-pic.html>

https://www.researchgate.net/figure/Arduino-IDE-Arduino-IDE-is-a-program-created-by-Arduino-firm-that-is-written-in-Java_fig6_317829748

<https://circuitdigest.com/microcontroller-projects/arduino-python-tutorial>

<https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/44003-developing-sharp-ir-proximity-sensor-model-in-simulink-r>

<http://blog.unnes.ac.id/widiyanti/2016/02/12/jenis-jenis-mikrokontrolerer/>

<https://www.indiamart.com/proddetail/at89s52-atmel-microcontroller-19926198030.html>

<http://blog.unnes.ac.id/widiyanti/2016/02/12/jenis-jenis-mikrokontroler/>

<http://philosophycode.blogspot.com/2015/10/software-simulator-assembler-dengan.html>

<https://telinks.wordpress.com/2012/10/12/tutorial-mikrokontroler-89s51-mengenal-mide-51-development-tools-mcs-51-gratis-dari-opcube/>

<https://www.kajianpustaka.com/2012/10/mikrokontroler-pic16f84.html>

<https://www.alliedelec.com/product/microchip-technology-inc/pic16f84-04-p/70045585/>

<https://www.kajianpustaka.com/2012/10/mikrokontroler-pic16f84.html>

<https://www.microchip.com/forums/m713828.aspx>

<https://wangready.wordpress.com/2011/03/24/ldmicro-ladder-diagram-compiler-untuk-mikrokontroler-pic-atau-avr-like-plc/>

<http://christianto.tjahyadi.com/pelatihan-mikrokontroler/mikrokontroler-arm-cortex-m.html>

<https://www.anandtech.com/show/8400/arms-cortex-m-even-smaller-and-lower-power-cpu-cores>

<http://schemobotics.com/product/due-at91sam3x8e-arm-cortex-m3-board-84mhz-512kb-board-compatible-with-arduino-w-o-cable/>

https://exploreembedded.com/wiki/Arduino_Setup_for_Explore_M3

<https://shopee.co.id/Promo-Jual-PLC-Murah-Omron-CP1E-N60SDR-A-i.54293093.1126599605>

<https://www.pinterest.com/pin/507077239273528924/>

<https://instrumentationtools.com/plc-program-for-star-delta-motor-starter/>

<https://instrumentationtools.com/plc-program-for-star-delta-motor-starter/>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168169916304513>

<http://a-plc.blogspot.com/2013/07/arsitektur-plc.html>

<https://shopee.co.id/Buruan-Beli-Plc-Omron-40-I-O-Rs232-Cp1E-N40Sdr-A-i.147693133.3217842487>

<http://jagootomasi.com/cara-konfigurasi-input-output-plc-omron-modular/>

<https://www.tokopedia.com/gudangautomation/plc-omron-cp1e-n30dr-d>

<https://www.tokopedia.com/resmi-supplier/zelio-smart-relay-sr3b261fuschneider>
<http://encara2.com/3xv/allen-bradley-plc-fault-reset.html>
<https://www.youtube.com/watch?v=Jc95gTsGzYI&app=desktop>
<http://mamentronika.blogspot.com/2015/06/fungsi-timer-dan-counter-pada-plc-smart.html>
<https://www.pinterest.com/pin/578782989582372742/>
https://www.researchgate.net/publication/3420351_A_Java_kernel_for_embedded_systems_in_distributed_process_control
<http://kendaliproses.blogspot.com/2015/04/6sequential-function-chart.html>
<https://kursusplcserang.blogspot.com/2017/12/structure-text-st-plc-mitsubishi.html>
<https://www.motioncontroltips.com/why-is-the-instruction-list-il-language-for-plcs-falling-out-of-favor/>
<http://jagootomasi.com/pemrogramman-plc-omron-dengan-cx-programmer/>
<https://zelio-soft-2.informer.com/>
<https://www.nesabamedia.com/tata-letak-komponen-komputer/>
<https://digiwarestore.com/id/mini-pc/LattePanda-4g-64gb-single-board-computer-without-win10-license-442295.html>
<http://LattePanda.blogspot.com/2018/07/LattePanda-project-c-arduino-gui-to.html>
<https://c-stem.ucdavis.edu/c-stembian/get-started/access-through-wi-fi/>
<https://www.Raspberrypi.org/blog/self-driving-car/>
<https://www.instructables.com/id/Automatic-Vision-Object-Tracking/>
<http://eprints.polsri.ac.id/4315/3/FILE%20III%20-%20BAB%20II.pdf>
<https://news.ralali.com/apa-itu-Raspberrypi/>
<https://news.ralali.com/apa-itu-Raspberrypi/>
<https://keytosmart.com/single-board-computers/Raspberrypi-4-gpio-pinout/>
<https://www.rs-online.com/designspark/interfacing-hardware-with-the-Raspberrypi>
http://kursuselektronikaku.blogspot.com/2015/05/komunikasi-serial-uart-Raspberrypi_21.html
<https://www.nn-digital.com/blog/2019/06/09/contoh-pemrograman-modul-i2c-adc-ads1115-dengan-arduino/>

<https://ncd.io/Raspberry-pi-analog-output-4-20ma-current-loop-transmitter/>
<https://www.Raspberrypi.org/forums/viewtopic.php?t=165524>
<https://dailysocial.id/post/komputer-mungil-orange-pi-siap-saingi-Raspberry-pi>
<https://forum.armbian.com/topic/7067-orange-pi-pc-how-to-use-gpio-for-push-buttons-tutorial/>
<https://www.element14.com/community/community/designcenter/single-board-computers/blog/2019/05/21/nvidia-jetson-nano-developer-kit-pinout-and-diagrams>
<https://www.element14.com/community/community/designcenter/single-board-computers/blog/2019/05/21/nvidia-jetson-nano-developer-kit-pinout-and-diagrams>
<https://www.tokopedia.com/electricarduino/LattePanda-delta>
<http://LattePanda.blogspot.com/2018/07/LattePanda-project-c-arduino-gui-to.html>
<https://twitter.com/LattePandacn/status/682236185914150912>
<https://www.inloox.es/empresa/blog/articles/the-importance-of-the-internet-of-things-iot-for-project-management/>
https://www.researchgate.net/publication/325510277_An_Optimization_Scheme_for_Water_Pump_Control_in_Smart_Fish_Farm_with_Efficient_Energy_Consumption
<https://www.mouser.lu/applications/saving-power-smart-grid-iot/>
https://www.researchgate.net/publication/325510277_An_Optimization_Scheme_for_Water_Pump_Control_in_Smart_Fish_Farm_with_Efficient_Energy_Consumption
<https://www.netstratum.com/blog/how-iot-smart-farming-improves-revenue-for-farmers/>
<https://www.engineering.com/ElectronicsDesign/ElectronicsDesignArticles/ArticleID/17760/Electronics-Weekly-Microchip-Digital-Signal-Controller-Teledyne-Cooled-GaN-FET-More.aspx>
<https://create.arduino.cc/projecthub/102513/iot-based-parking-system-b6a947>
<https://mobnasesemka.com/internet-of-things/>
<https://www.nyebarilmu.com/apa-itu-modul-esp8266/>
<https://www.cnx-software.com/2015/04/03/esp8266-wi-fi-module-is-now-supported-in-arduino-ide/>
<https://www.nyebarilmu.com/apa-itu-modul-esp8266/>

<https://www.immersa-lab.com/pengertian-ethernet-shield-dan-cara-kerjanya.htm>
<http://jif.fmipa.unand.ac.id/index.php/jif/article/download/159/125>
<https://nootropicdesign.com/projectlab/2017/09/03/solar-powered-lora-weather-station/>
<https://diandii17blog.wordpress.com/2013/04/06/sistem-komunikasi/>
<https://fit.labs.telkomuniversity.ac.id/jenis-jenis-modulasi-sinyal/>
<https://fit.labs.telkomuniversity.ac.id/jenis-jenis-modulasi-sinyal/>
<https://randomnerdtutorials.com/rf-433mhz-transmitter-receiver-module-with-arduino/>
https://www.twinschip.com/NRF24L01_Wireless_Module2.4GHz
<https://lastminuteengineers.com/nrf24l01-arduino-wireless-communication/>
<https://www.jualarduinojogja.com/fpv-radio-telemetry-kit-433mhz/>
<https://medium.com/electronza/dragino-lora-gateway-connecting-to-thingspeak-e5c792f5b355>
<https://medium.com/@yunusmuhammad007/1-lora-sistem-komunikasi-wireless-jarak-jauh-dan-berdaya-rendah-70dfc4d3c97d>
<https://www.tokopedia.com/Raspberrypi/lora-433mhz-gps-shield-for-arduino-dragino>
<https://www.seeedstudio.com/LG01-N-Single-Channel-LoRa-IoT-Gateway-p-2935.html>
https://openlab.citytech.cuny.edu/wisenet/_
<https://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/how-to-build-an-arduino-wireless-network-with-multiple-nrf24l01-modules>
https://smart-farming.tp.ugm.ac.id/2018/10/16/wireless-sensor-network-untuk-mendukung-penerapan-sistem-pertanian-presisi-pada-sistem-produksi-pertanian/_
<https://jurnal.polibatam.ac.id/index.php/JI/article/download/212/202/>
https://www.researchgate.net/publication/265396190_Belief_Functions_in_Telecommunications_and_Network_Technologies_An_Overview/figures?lo=1&utm_source=google&utm_medium=organic
<http://www.robo-dyne.com/en/shop/xbee-pro-60mw-wire-antenna-series-1-802-15-4/>
<https://forum.arduino.cc/index.php?topic=630849.0>
<http://akbarpens.blogspot.com/2018/04/pengenalan-modul-xbee.html>
<http://akbarpens.blogspot.com/2018/04/pengenalan-modul-xbee.html>

<http://elektronikagratis.blogspot.com/2016/03/tutorial-arduino-dan-xbee-v2.html>

<https://www.allaboutcircuits.com/technical-articles/an-introduction-to-scada-systems/>

<http://andireztu15.blogspot.com/2017/09/penjelasan-lengkap-tentang-scada-pada.html>

<https://scadasoftware.blogspot.com/2018/09/control.html>

<https://amarnotes.wordpress.com/2013/06/29/apa-itu-scada/>

<https://learnautomation.wordpress.com/2009/02/23/introduction-to-scada/>

<https://www.instructables.com/Modbus-TCP-Communication-Between-Arduino-and-Indus/>

<https://www.youtube.com/watch?v=tChSSNOTRGc>

<http://madelektro.blogspot.com/2013/09/plc-rangkaian-kontrol-packing-otomatis.html#.X4GBqtAzblU>

<https://www.amazon.com/Taiss-Momentary-Warranty-HB2-Start-Stop-Box/dp/B07H6KCX4R>

<https://www.aliexpress.com/i/32877099341.html>

<https://uk.rs-online.com/web/p/non-latching-relays/4881774/>

https://www.tokopedia.com/ahrar-1/relay-module-5v-1-channel-untuk-arduino-modul-relay-5v-5-v?trkid=f%3DCa0000L252P0W0S0Sh%2CCo0Po0Fr0Cb0_src%3Dsearch_page%3D1_ob%3D1000_q%3Drelay+module+5v_bmexp%3D0_po%3D10_catid%3D577_bmexp%3D0&whid=7256773

<https://www.addicore.com/Single-Channel-Relay-Module-p/ad317.htm>

<https://edukasirobotika.com/product/robot/>

<https://instrumentationtools.com/what-is-interposing-relay/>

http://www.jurnal.unsyiah.ac.id/JRE/article/download/7762/13_2_6_94_102

http://www.jurnal.unsyiah.ac.id/JRE/article/download/7762/13_2_6_94_102

<https://www.tokopedia.com/typicallyst/for-arduino-liquid-ph0-14-value-detect-sensor-module-ph-electrode>

<https://www.tokopedia.com/rajacell/active-buzzer-5v-high-quality-speaker-buzer-for-arduino>

<https://www.tokopedia.com/ardushopid/lcd-blue-16x2-1602-i2c-serial-connection-free-kabel-jumper-arduino>

<https://tinkersphere.com/wireless-modules-for-Raspberry-pi-and-arduino/1396-radio-telemetry-kit-433mhz.html>
<https://haraduno.blogspot.com/2020/04/cara-kalibrasi-sensor-ph-arduino.html>
<https://www.tokopedia.com/atsgenset/panel-genset-ats-amf-132-kva-200a-3phase-gave-with-dse-3110>
<http://margionoabdil.blogspot.com/2015/06/membuat-pengalih-daya-otomayis-ats.html>
<https://www.sonnecty-shop.com/en/ac-voltage-sensor-cyvs13-14u0-output-0-5-v-ac-power-supply-24-v-dc.html>
<https://www.multitel.com/product/ac-current-transducer-split-core-2-0/>
<https://www.nktechnologies.com/ac-current-transducers/atpr-current-transducers/>
<https://www.aliexpress.com/item/32820691068.html>
https://www.electronics-tutorials.ws/resistor/res_3.html
<https://www.samrasyid.com/2019/08/Op-Amp-sebagai-komparator.html>
<https://www.samrasyid.com/2019/08/Op-Amp-sebagai-komparator.html>
<https://www.samrasyid.com/2019/08/Op-Amp-sebagai-komparator.html>
<https://elmechtechnology.com/blog/monitoring-power-meter-pm5500-online-using-website-lan-arduino-rs485-and-modbus-rtu?page=2&header&footer&layout>
<https://m.bukalapak.com/p/industrial/mesin/suku-cadang-aksesoris-mesin/27c1mds-jual-plc-omron-cp1l-em30dt-d-internet-rs-485-rs232-analog>
<https://www.amanitekno.com/rangkaian-ats-amf-genset-otomatis/>
<https://www.amanitekno.com/rangkaian-ats-amf-genset-otomatis/h>
<http://eprints.ums.ac.id/79399/3/Naskah%20Publikasi%20Upload%20Perpus%20OK.pdf>
<https://www.tokopedia.com/rajacell/sensor-arus-dan-daya-dc-current-power-sensor-adafruit-ina219>
<https://www.programmersought.com/article/78172374554/>
<https://www.amazon.com/JBtek-Channel-Module-Arduino-Raspberry/dp/B00KTEN3TM>
<https://www.tokopedia.com/aisyahrobot/pressure-sensor-tekanan-mpx5700ap-mpx5700-mpx-5700ap>

<https://shopee.co.id/LM393-infrared-Kecepatan-Speed-Sensor-Counter-detection-arduino-uno-r3-i.141895738.2686044946>
<http://arduinolearning.com/code/arduino-hall-effect-sensor.php>
<https://learn.adafruit.com/adafruit-motor-selection-guide/continuous-rotation-servos>
<https://osoyoo.com/2018/11/06/arduino-lesson-voltage-sensor-module/>
https://longer-vision-robot.gitbook.io/arduino-full-stack/15_assembling/03_speed_sensors
http://www.benchtrophybrid.com/CS_Tachometer.html

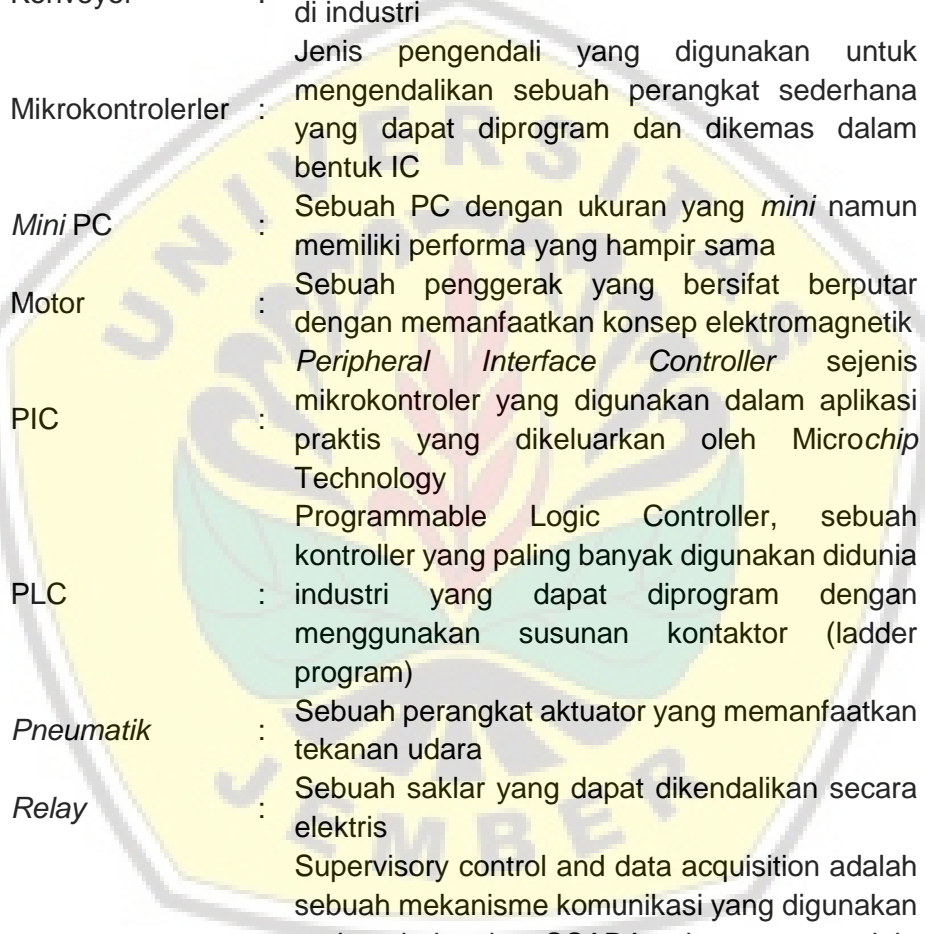
Referensi Tabel

<https://freslypotokatublog.wordpress.com/xi-tkj-1/pengertianfungsijenis-jenis-dan-manfaat-microcontroler/>
<https://mochammadfachrizar.wordpress.com/macam-dan-jenis-mikrokontroler-populer/>
<https://lastminuteengineers.com/nrf24l01-arduino-wireless-communication/>



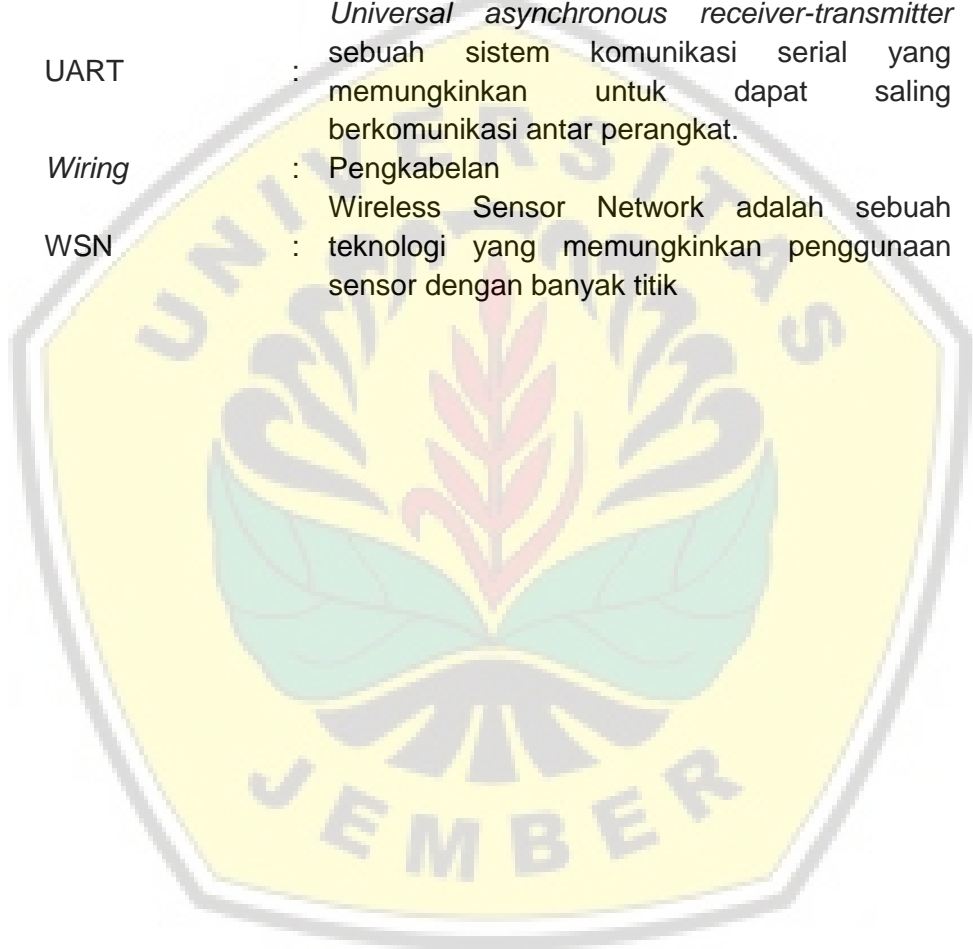
DAFTAR ISTILAH

Aktuator	: Peralatan mekanis ataupun elektrik yang menghasilkan gerakan tertentu
Arduino	: Sejenis mikrokontroler yang dapat digunakan secara praktis tanpa perlu melakukan pembuatan PCB
ATS	: <i>Automatic Transfer Switch</i> sebuah mekanisme untuk melakukan pemindahan sumber tegangan dari utama ke cadangan dan sebaliknya
AVR	: Singkatan dari Alf (Egil Bogen) and Vegard (Wollan) 's Risc processor yang merupakan mikrokontroler yang paling banyak digunakan
BLDC	: <i>Brushless DC Motor</i> merupakan motor sinkron yang digunakan secara luas didunia industri karena torsi yang besar
CAES	: <i>Compressed Air Energy Storage</i> adalah sejenis penyimpanan energi dalam bentuk tekanan udara
Faktor Daya	: Kualitas daya yang disimbolkan dalam bentuk $\cos \phi$. Merupakan sebuah istilah yang menggambarkan besar energi yang diserap dan energi yang tampak.
Filter	: Penyaring sinyal untuk dapat mengurangi derau tertentu atau sinyal yang tidak dibutuhkan
IGBT	: <i>Insulated-gate bipolar transistor</i> , sejenis transistor yang memanfaatkan teknologi MOSFET sehingga dapat menyalurkan arus yang besar
Inverter	: Konversi dari tegangan DC ke AC
IoT	: Internet of Things, sebuah teknologi yang memungkinkan antar <i>device</i> elektronik untuk dapat berkomunikasi secara internet
Kalibrasi	: Melakukan pencocokan nilai dari sebuah obyek dengan alat ukur yang akurat
Kontaktor	: Sebuah <i>relay</i> dengan ukuran yang besar



Kontroller	:	Sebuah pengendali yang mengolah sinyal masukan menjadi sinyal keluaran dengan menggunakan berbagai algoritma ataupun logika
Konversi	:	Melakukan perubahan dari suatu sifat ke sifat lain
Konveyor	:	Jalur yang berjalan yang paling banyak ditemui di industri
Mikrokontroler	:	Jenis pengendali yang digunakan untuk mengendalikan sebuah perangkat sederhana yang dapat diprogram dan dikemas dalam bentuk IC
Mini PC	:	Sebuah PC dengan ukuran yang <i>mini</i> namun memiliki performa yang hampir sama
Motor	:	Sebuah penggerak yang bersifat berputar dengan memanfaatkan konsep elektromagnetik
PIC	:	<i>Peripheral Interface Controller</i> sejenis mikrokontroler yang digunakan dalam aplikasi praktis yang dikeluarkan oleh <i>Microchip Technology</i>
PLC	:	<i>Programmable Logic Controller</i> , sebuah kontroller yang paling banyak digunakan di industri yang dapat diprogram dengan menggunakan susunan kontaktor (<i>ladder program</i>)
<i>Pneumatik</i>	:	Sebuah perangkat aktuator yang memanfaatkan tekanan udara
<i>Relay</i>	:	Sebuah saklar yang dapat dikendalikan secara elektrik
SCADA	:	<i>Supervisory control and data acquisition</i> adalah sebuah mekanisme komunikasi yang digunakan pada industri. SCADA bertugas selain melakukan pengawasan pada setiap perangkat input ataupun output juga sebagai salah satu teknologi untuk menginformasikan setiap kondisi sistem secara grafis

Sensor	: Sebuah teknologi masukan yang dapat mengukur besaran fisis dengan memanfaatkan energi listrik
Sinkronisasi	: Proses penyesuaian pada tiap <i>device</i> agar dapat saling berkomunikasi
Tranduser	: Sebuah teknologi masukan yang dapat mengukur besaran fisis
UART	: <i>Universal asynchronous receiver-transmitter</i> sebuah sistem komunikasi serial yang memungkinkan untuk dapat saling berkomunikasi antar perangkat.
<i>Wiring</i>	: Pengkabelan
WSN	: <i>Wireless Sensor Network</i> adalah sebuah teknologi yang memungkinkan penggunaan sensor dengan banyak titik



DAFTAR INDEKS

A

Aktuator, 90, 104, 136
alternating current (AC), 12, 51
Ampere, 13, 23, 70
Analog, 32, 61
Arduino, 127, 138
ATS, 291
AVOMeter, 65
AVR, 131

B

BLDC , 93, 94, 119

C

CAES, 276
Clamp Meter, 31

D

Daya nyata, 22, 23
Daya reaktif, 22, 23
Daya semu, 22, 23
Digital, 29, 34
direct curret (DC), 45
Dragino, 223, 224

E

ESP 8266, 211

F

Faraday, 5

Filter, 83

Frekuensi, 12, 36

I

Inverter, 121

IoT, 200

K

Kalibrasi, 242

Kirchoff, 19

Kontaktor, 128

Kontroller , 141

Konversi, 89

Konveyor, 2, 130

L

LoRA, 216

M

Master, 187

Mikrokontrolerler, 141

Mini PC, 199

Motor, 91

Motor AC,DC, 91

Motor Linear, 101

Motor Servo, 98

Motor Stepper , 103

N

NodeMCU, 273, 276

O

Ohm, 17

Oskilloskop, 38

P

Paralel, 17

Pengukuran, 19

PIC, 147

PLC, 155

Pneumatik, 132

Probe, 28

R

Relay, 110

Revolusi Industri, 3

S

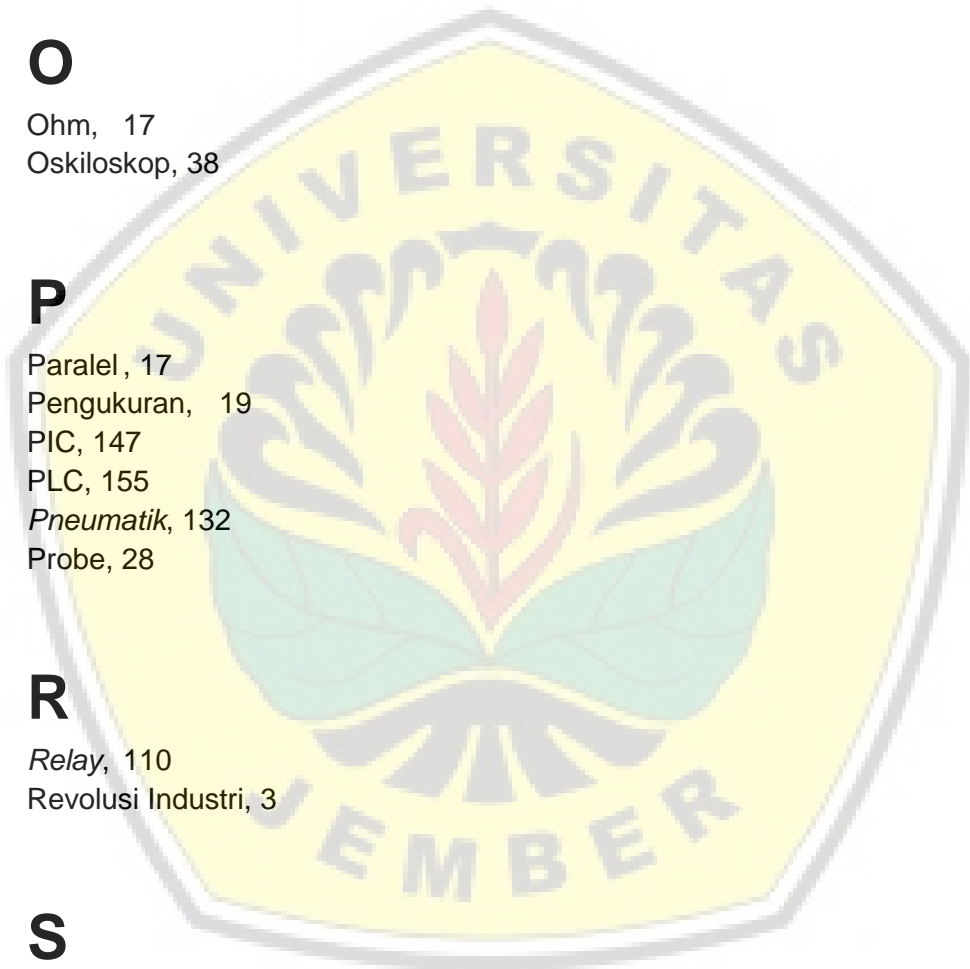
SCADA, 233

Sensor, 53

Seri, 233

Sinkronisasi, 69

Slave, 187



T

Tiga *Phase*, 47
Tranduser, 53

U

UART , 85

V

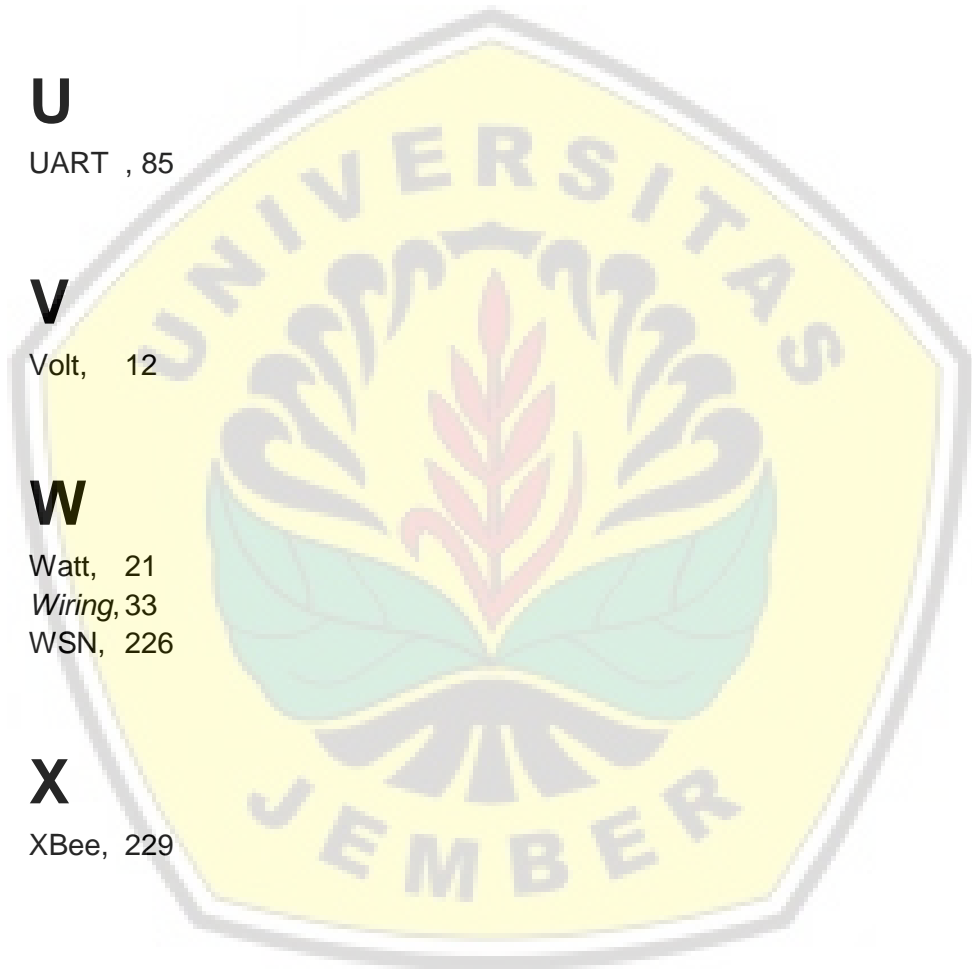
Volt, 12

W

Watt, 21
Wiring, 33
WSN, 226

X

XBee, 229



BIOGRAFI PENULIS



Lahir di Surabaya, pada tahun 1971. Selama studinya, beliau meraih gelar D3 dibidang Elektronika di Politeknik Universitas Brawijaya, kemudian S1 dibidang Teknik Elektro di Universitas Muhammadiyah Jember pada tahun 2003 dengan konsentrasi Sistem Tenaga dan melanjutkan studinya untuk mendapatkan gelar magister dibidang Teknik Sistem Pengaturan pada tahun 2008 di Institut Teknologi Sepuluh November. Terakhir, beliau mendapatkan gelar Doktor dibidang Konversi Energi pada jurusan Teknik Mesin, Universitas Brawijaya pada tahun 2019.

Beliau kini menjadi tenaga pengajar dan Kepala Program Studi S1 – Teknik Elektro di Universitas Jember. Beliau mengampu beberapa matakuliah seperti Elektronika Industri dan Otomatisasi, Pembangunan Tenaga Listrik, Energi Baru dan Terbarukan dan Teknologi Penyimpanan Energi Listrik. Selain itu beliau juga telah mengeluarkan buku pada tahun 2020 dengan judul Mengenal Pengembangan Konversi Energi Listrik.

Selain aktif menjadi assesor dibidang pembangunan energi listrik, beliau juga aktif dalam penelitian dibidang Energi dan penerapan Kecerdasaan Buatan dalam bidang Teknik Elektro dengan menulis beberapa artikel ilmiah internasional. Di samping itu beliau juga menjadi reviewer di jurnal ilmiah internasional terindeks Scopus.

RINGKASAN BUKU

Dengan semakin bertambahnya populasi manusia, tentu membuat perkembangannya kebutuhan manusia pada suatu produk. Baik dalam hal ini adalah produk yang nyata seperti makanan, minuman dan produk lainnya serta produk yang bersifat abstrak yang mendukung aktivitas manusia seperti alat bantu untuk pengolahan ladang, peternakan dan lain sebagainya. Namun permasalahan yang dihadapi dunia industri sekarang adalah permasalahan masifnya kebutuhan tersebut sedangkan jumlah industri yang ada terbatas.

Dengan perkembangan teknologi yang ada, tentu permasalahan dalam dunia industri sendiri sudah banyak terselesaikan, terlebih lagi dengan adanya revolusi industri 1.0 sampai dengan 4.0. Perkembangan ini juga sangat pesat dan semakin mendukung untuk manusia dapat lebih produktif lagi. Terutama di era 3.0 sampai 4.0 dimana penggunaan listrik telah menjadi kunci penting pada era tersebut. Dengan adanya listrik, telah membawa pada sebuah teknologi industri yang dapat memproduksi suatu produk dengan masif dan cepat. Oleh karena itu yang menjadi kunci penting dalam perkembangan ini adalah rangkaian elektrik.

Buku ini akan memberikan sekilas gambaran tentang beberapa pengetahuan dasar yang dapat digunakan untuk memahami, merancang dan mengimplementasikan rangkaian elektrik dibidang instrumentasi dan dunia industri. Pada buku ini konsep dibahas dengan menampilkan banyak ilustrasi untuk memudahkan pembaca dalam memahami maksud penulis. Disamping itu buku ini juga dilengkapi dengan soal yang dapat menunjang pengetahuan pembaca agar termotivasi dalam mengembangkan pengetahuannya terutama dalam pengembangan rangkaian elektrik pada instrumentasi dan dunia industri.